پژوهش‌های نوین در تصمیم‌گیری
دوره ۲، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۶

تخمین میزان اثر عوامل ایجاد اتلاف زمانی در پروژه‌های ساختمانی با استفاده از روش شبکه عصبی تعمیم‌یافته

مهدی محمدی قاضی محله[۱*]، محمود گلابچی[۲]

۱- دکتری، دانشکده معماری، پردیس هنرهای زیبا، دانشگاه تهران، تهران، ایران
۲- استاد، دانشکده معماری پردیس هنرهای زیبا، دانشگاه تهران، تهران، ایران

دریافت: ۱۳۹۶/۲/۸ پذیرش: ۱۳۹۶/۴/۱۸

چکیده

یکی از عوامل مهم موفقیت در مدیریت، کاهش زمان تولید است که موجب افزایش میزان تولید و کاهش انتظار مشتریان است. در پروژه‌های ساخت آپارتمان مسکونی، زمان تولید تفاوت زیادی با کشورهای پیشرفته‌ای همچون ژاپن و آمریکا دارد؛ لذا کاهش زمان تولید آپارتمان یکی از دغدغه‌های مدیران پروژه است. یکی از راه‌های کاهش زمان، کاهش یا حذف اتلاف‌های زمانی است که در فرآیند تولید اتفاق می‌افتد و هدف این مقاله، شناسایی و تعیین میزان اثر این اتلاف‌هاست. برای شناسایی علت‌ها بعد از مطالعه کتابخانه‌ای، از مصاحبه نیمه ساختاریافته و تحلیل مضمون استفاده شد و ۸ عامل به دست آمد که همگی دارای سه ویژگیِ حضور در مرحله اجرا، قابل‌کنترل بودن و تأثیر مستقیم بر زمان بودند. این ۸ عامل شامل جلوگیری ناظر، کمبود مصالح، کمبود تجهیزات، دوباره‌کاری، تأخیر پیمانکار، جابجایی و انبارش، تداخل کاری و درنهایت، انجام همه فعالیت‌ها درون کارگاه هستند. برای تعیین میزان اثر، پس از دریافت ۲۱۴ پاسخنامه قابل‌استفاده، از روش شبکه عصبی رگرسیونی تعمیم‌یافته استفاده شد. نتیجه به‌دست‌آمده به این صورت بود که در صورت وجود هر ۸ عامل، ۴۱/۴ درصد زمان پروژه، به اتلاف زمانی اختصاص دارد و تنها سه عامل تأخیر پیمانکار، انجام فعالیت‌ها درون کارگاه و دوباره‌کاری باعث ۳۱/۸ درصد اتلاف می‌شود. این نتایج، معیار مناسبی را برای تصمیم‌گیری مدیران پروژه نسبت به نوع رفتار با این عوامل، فراهم می‌سازد تا درنهایت بتوانند طول مدت پروژه را کاهش دهند.

---

* نویسنده مسئول مقاله: E-mail: maghazi@yahoo.com

کلیدواژه‌ها: آپارتمان مسکونی؛ اتلاف زمانی؛ پروژه ساخت؛ رویکرد ناب؛ شبکه عصبی رگرسیونی تعمیم‌یافته

۱- مقدمه

با توجه به نیاز روزافزون کشور به واحدهای مسکونی، پروژه‌های ساخت آپارتمان از اهمیت ویژه‌ای برخوردار هستند. امروزه، تقاضا برای واحدهای مسکونی مدام فزونی می‌گیرد و برای پاسخگویی به این تقاضا، نیاز به انجام تعداد زیادی پروژه-های ساخت آپارتمان است. به دلیل همین نیاز، عامل زمان که یکی از ارکان موفقیت در تمام پروژه‌هاست، در پروژه‌های آپارتمان‌سازی جایگاه ویژه‌ای پیداکرده و از اهمیت بیشتری برخوردار است. اما پروژه‌های ساخت آپارتمان که در چند سال اخیر به‌صورت انفرادی یا انبوه در کشور ما اجرا شده‌اند، نسبت به سایر کشورهای پیشرفته دنیا، ازنظر زمان اجرا و هزینه‌های ساخت قابل‌قبول نبوده و نیاز به تغییر و ارتقاء در این عرصه کاملاً محسوس است [۱]. رویکرد موردنیاز در این صنعت باید باعث کاهش زمان و هزینه ازیک‌طرف و توأم با آن، باعث افزایش کیفیت محصول نهایی شود. یکی از رویکردهای مدیریتی که باعث تحقق این امر می‌شود مدیریت ناب[1] است که پایه آن، کشف و تقلیل یا حذف اتلاف‌هایی است که در فرآیند تولید وجود دارد [۲]. در حالت کلی، اتلاف[2] عاملی است که زمان و هزینه را مصرف می‌کند اما باعث تکوین جزئی از اجزاء محصول نمی‌شود [۳]. در بین اتلاف‌ها، اتلاف‌های زمانی از اولویت برخوردارند، زیرا زمان منبعی برگشت‌ناپذیر است که در صورت هدررفت آن، امکان جبران وجود نخواهد داشت [۲]؛ ضمن اینکه اتلاف‌های زمانی زمینه‌ساز اتلاف‌های هزینه‌ای و همچنین مسبب کاهش کیفیت نیز هستند [۴]. نکته اساسی در اتلاف‌ها این است که این عوامل طی فرآیند تولید مرتباً تکرار می‌شوند که همین امر سبب می‌شود وجود و حضورشان جزء ذات فرآیند به‌حساب آمده و امری عادی جلوه نماید [۵]. هدف اصلی این تحقیق، شناسایی و تعیین میزان اثر عوامل اتلاف زمان در فرآیند اجرای ساخت آپارتمان‌هاست که گامی بنیادین جهت کاهش زمان اجرای پروژه‌ها است؛ ضمن آنکه زمینه را جهت کاهش هزینه و افزایش کیفیت فراهم

1 Lean Management
2 Waste

می‌کند. با توجه به تعریف اتلاف در حالت کلی، اتلاف زمانی در فرآیند ساخت آپارتمان، عاملی است که زمان پروژه را به خود اختصاص می‌دهد اما باعث پیشرفت تولید ساختمان نمی‌شود و حذف آن اثری بر فرآیند تولید نمی‌گذارد [۶]. در اکثر مقالاتی که در مورد زمان پروژه‌ها نوشته‌شده، تأخیر پروژه موردبررسی قرارگرفته که حاصل اختلاف نقطه زمانی قیدشده در قرارداد با نقطه زمانی واقعی اتمام پروژه است [۷]. از عوامل اصلی تأخیر پروژه‌ها می‌توان به پیش‌بینی نادرست و ریسک‌های غیرقابل‌کنترل اشاره نمود [۸]. تعدد و تنوع عوامل تأخیر زمانی غالباً بررسی میزان تأثیر آن‌ها را با مشکل مواجه می‌نماید اما این تحقیق به دنبال کشف و تعیین میزان اثر عواملی است که مرتباً در پروژه تکرار می‌شوند و قابل‌کنترل هستند و با حذف یا تقلیل آن‌ها می‌توان مدت‌زمان ساخت آپارتمان را تا آنجا که ممکن است کاهش داد ولی به دلیل تکرار زیاد در نظر عوامل پروژه امری عادی جلوه می‌کنند و از کانون توجه خارج شده‌اند. به‌طور مثال، دوباره‌کاری یا جابجایی و انبارش[1] مکرر مصالح در طول پروژه، بارها و بارها اتفاق می‌افتد و باعث اتلاف زمان می‌شود اما توجه لازم به آن‌ها نمی‌شود. تعیین میزان اثر هرکدام از عوامل اتلاف، چگونگی رفتار عوامل پروژه را با آن‌ها رقم خواهد زد. چنانچه میزان اثر، قابل‌ملاحظه باشد عامل اتلاف در کانون توجه قرارگرفته و اقدامات مؤثر برای حذف یا تقلیل آن صورت خواهد گرفت و درصورتی‌که میزان اثر در برابر مدت‌زمان کل پروژه رقم ناچیزی باشد، تخصیص منابع جهت حذف یا تقلیل عامل، توجیه منطقی نخواهد داشت و آن عامل موردتوجه قرار نخواهد گرفت.

ویژگی‌هایی که برای شناسایی اتلاف زمانی در نظر گرفته شد، به شرح زیر است [۹]:

- باعث افزایش زمان شود؛
- در تولید ساختمان نقشی نداشته باشد؛
- در طول اجرا تکرار شود؛
- تأثیرپذیر باشد؛ به این معنی که عوامل پروژه بتوانند آن را حذف کنند یا اثرش را تقلیل دهند. عوامل زیادی در فرآیند ساخت وجود دارند که باعث اتلاف زمان می‌شوند اما مدیر پروژه و عوامل آن هیچ کنترلی روی آن ندارند. هدف اصلی

1. Depot

پژوهش، کاستن زمان پروژه به‌وسیله کنترل اتلاف‌هاست؛ لذا اتلاف‌هایی مانند مشکلات مالی کارفرما، تورم و یا نوسانات قیمت مصالح به علت آنکه خارج از دایره نفوذ تیم مدیریت پروژه هستند، در نظر گرفته نمی‌شوند.

با توجه به تنوع ساختمان‌ها در تعداد طبقات و نوع کاربری، این مقاله روی ساختمان‌های مسکونی پنج تا هفت‌طبقه شهر تهران تمرکز نمود. دلیل انتخاب ساختمان‌هایی با مشخصه ذکرشده این بود که این ساختمان‌ها بیشترین تعداد را در سطح شهر تهران به خود اختصاص داده‌اند؛ لذا تعداد نمونه‌های موردنیاز برای تحقیق و دسترسی به داده‌های موردنیاز با انتخاب این نوع ساختمان‌ها میسر شد. تحقیق در گام شناسایی عوامل اتلاف با استفاده از مصاحبه با سازندگانی که کاملاً به فرآیند ساخت مسلط بوده و هم‌اکنون نیز مشغول فعالیت هستند و تحلیل مضمون این مصاحبه‌ها انجام گرفت. درنهایت، عوامل شناسایی‌شده، با استفاده از پرسشنامه و روش شبکه عصبی تعمیم‌یافته جدید، اولویت‌بندی شد.

۲- پیشینه تحقیق

در پیشینه موضوع، عوامل تأخیر زمانی شناسایی شدند تا انتخاب اتلاف‌های زمانی از میان آن‌ها میسر شود.

لارسن و همکارانش عوامل اصلی افزایش زمان و هزینه را تأمین مالی نادرست، طراحی ناقص و خطا در اجرا برمی‌شمرند [۱۰]. موکوکا و همکاران عوامل اصلی تأخیر زمانی را خطای طراحی، بی‌نظمی و تأخیر پرداخت به پیمانکاران فرعی و کمبود تأمین‌کنندگان مصالح و همچنین کمبود پیمانکاران فرعی می‌داند [۱۱]. فانیراج و اسریکومار ساختمان‌های بلندمرتبه را موردبررسی قرار داده و دلایل اصلی تأخیر زمانی را نامناسب بودن برنامه زمان‌بندی، شیوه‌های اجرای نامناسب، نیروی انسانی فاقد آموزش و کمبود تجهیزات و ماشین‌آلات مناسب را از عوامل اصلی تأخیر زمانی ذکر می‌نماید [۱۲]. مرزوک و الراساز صنعت ساخت‌وساز در مصر را موردبررسی قرار داده و مهم‌ترین دلایل تأخیر پروژه‌ها را به عوامل مربوط به کارفرما نسبت می‌دهد [۱۳]. گنزالز و همکارانش با بررسی روند ساخت دو آپارتمان در سانتیاگو، دلایل اصلی تأخیر را در هفت گروه برنامه‌ریزی، طراحی، نیروی انسانی، تجهیزات و

مصالح، پیمانکاران فرعی، شرایط آب‌وهوایی و شیوه اجرا طبقه‌بندی نموده اند [۱۴]. قدوسی و حسینی با بررسی عوامل اصلی افزایش زمان و هزینه در پروژه‌های ساخت ایران، آن‌ها را در هفت گروه مدیریت و برنامه‌ریزی، کنترل و نظارت، مصالح و تجهیزات، شیوه‌های اجرا، دوباره‌کاری‌ها، شرایط جوی و درنهایت، وضعیت کارگاه تقسیم‌بندی نموده اند [۱۵]. خاطری و همکاران دلایل اصلی تأخیر را به شش گروه کارفرما، پیمانکار، مصالح، تجهیزات، نیروی انسانی و عوامل خارجی تقسیم کرده است [۱۶]. گاندز، نیلسن و ازدمر در تحقیق جامعی، ۸۳ دلیل تأخیر زمانی را به دست آورده که هشت دلیل اصلی به ترتیب اهمیت شامل عدم تجربه لازم پیمانکار، ناکارآمدی مدیریت زمان پروژه، ضعف رئیس کارگاه در مدیریت، دوباره‌کاری به علت تغییر طرح، عدم تحویل به‌موقع مواد خام، بدقولی مربوط به پیمانکاران فرعی، عدم انجام آزمون و کنترل به‌موقع و درنهایت، عدم استفاده از کارگران آموزش‌دیده است [۱۷]. خوش‌گفتار و همکارانش عوامل اصلی تأخیر در پروژه‌های ساخت‌وساز در ایران را روش نادرست تأمین مالی و پرداخت، مدیریت کارگاه ضعیف، مدیریت قرارداد ضعیف و عدم تعامل مناسب بین گروه‌های کاری برشمرده اند [۱۸].

کوشکی و همکاران عوامل اصلی افزایش زمان و هزینه در پروژه ساخت ساختمان‌های مسکونی را تغییر محدوده پروژه، تأمین مالی نادرست، عدم تجربه کارفرما، کمبود مصالح، شرایط آب‌وهوایی، عوامل مربوط به نیروی انسانی و درنهایت، عوامل مربوط به پیمانکار برمی‌شمرد [۸]. الرازک، باسیونی و مبارک مهم‌ترین عامل تأخیر را تأمین مالی نادرست ذکر می‌کند [۱۹]. سامباسیوان و سون ضعف در برنامه‌ریزی توسط پیمانکار، ضعف مدیریت کارگاه، عدم‌کفایت پیمانکاران فرعی، تأمین مالی نامناسب و تأخیر پرداخت‌ها به پیمانکار، کمبود مصالح، کمبود نیروی انسانی آموزش‌دیده، خرابی و عدم کارایی تجهیزات و عدم تعامل بین گروه‌های کاری را مهم‌ترین عوامل افزایش زمان و هزینه در پروژه‌های ساخت می‌دانند [۲۰]. لو، فنگ و تانگ مهم‌ترین دلیل تأخیر زمانی را تأمین مالی نامناسب، پیشنهاد قیمت غیرواقعی، تجربه ناکافی پیمانکار، ناکارآمدی مدیریت کارگاه، پیش‌بینی نادرست زمان اتمام پروژه، قوانین محدودکننده زیست‌محیطی، فرآیند طولانی اخذ مجوز و دوباره‌کاری حاصل از تغییر نظر کارفرما ذکر کرده اند [۲۱]. آیبینو و آدینکا

فرآیند ساخت آپارتمان‌های مسکونی را موردبررسی قرار داده است و مهم‌ترین آن‌ها را تأمین مالی نامناسب پیمانکار اصلی، تأخیر و بی‌نظمی پرداخت کارفرما، نقشه‌های مبهم و تکمیل‌نشده، تأخیر و عدم سرعت لازم پیمانکاران، خرابی و کمبود تجهیزات، عدم تحویل به‌موقع تأمین‌کنندگان مصالح، زمان‌بندی نادرست پروژه، تورم و درنهایت، تأخیر و بی‌نظمی در پرداخت به پیمانکاران فرعی ذکر نموده اند [۲۲]. ذاکری و همکارانش عوامل اصلی اتلاف زمان و هزینه را کمبود مصالح، شرایط جوی نامناسب، نقشه‌های ناقص و نادرست، تغییرات طرح هنگام اجرا و کمبود تجهیزات برمی‌شمرند [۱].

۳- روش تحقیق

گام‌های روش تحقیق به دو بخش شناسایی و تعیین میزان اثر عوامل اتلاف زمانی تقسیم می‌شود. بخش اول مربوط به شناسایی عوامل اتلاف زمانی است که شامل مطالعات کتابخانه‌ای، مصاحبه نیمه ساختاریافته با خبرگان و درنهایت، تحلیل مضمون است. منظور از خبرگان، مدیران پروژه‌ای هستند که به کل فرآیند ساخت آپارتمان‌های مسکونی اشراف داشته و دارای تجربه کافی در این عرصه باشند. انتخاب افراد مصاحبه‌شونده توسط پژوهشگر انجام شد و با مصاحبه از ۱۵ نفر، داده‌های به‌دست‌آمده به حد اشباع رسید. تجزیه تحلیل داده‌ها از طریق روش تحلیل مضمون انجام گرفت که شامل رفت‌وبرگشت مستمر بین مجموعه داده‌ها و خلاصه‌های کدگذاری شده و تحلیل داده‌هاست [۲۳]. برای سنجش پایایی تحلیل مضمون از روش هولستی استفاده شد و کدگذاری توسط خودِ پژوهشگر و بافاصله زمانی معنادار تکرار شد و با مقایسه نتایج دو کدگذاری، توافق مشاهده‌شده با مقدار ۸۷ درصد به دست آمد که نشان‌دهنده پایایی قابل‌قبول است. پس از شناسایی عوامل با توجه به عوامل تعیین‌شده شامل حضور در فرآیند اجرا، تأثیر مستقیم بر زمان و قابل‌کنترل بودن، ۸ عامل اصلی اتلاف زمانی کشف شدند.

مرحله بعدی، تعیین میزان اثر این عوامل است که جهت تعیین آن از پرسشنامه و روش شبکه عصبی تعمیم‌یافته جدید استفاده شد. تنها منبع جمع‌آوری داده، تجارب مدیران پروژه بود. به این دلیل که در پروژه‌های آپارتمانی هیچ برنامه‌ریزی مشخص

و مدونی وجود ندارد و دلایل و میزان تأخیر روزانه ثبت نشده است، لذا تنها داده موجود دانسته‌های عوامل پروژه است که به‌وسیله پرسشنامه جمع‌آوری شد. درنتیجه، جامعه آماری مدیران پروژه‌های ساختمانی هستند که هم‌اکنون نیز مشغول به‌کارند. در طراحی پرسشنامه سعی شد سادگی در فهم و سهولت در پاسخ کاملاً رعایت شود. پرسشنامه، آخرین پروژه‌ای را که مدیر پروژه انجام داده مورد سؤال قرار می‌داد و دارای ۱۰ سؤال به شرح زیر بود:

- سؤال ۱ تا ۸ وجود یا عدم وجود هریک از عوامل را مورد پرسش قرار می‌داد؛ به‌طور مثال، آیا عامل «جلوگیری ناظر» در پروژه وجود داشت یا خیر؟ قاعدتاً، جواب سؤال بله یا خیر است و به مشاهدات مدیر پروژه بستگی دارد.

- سؤال ۹ بازه زمانی اجرای پروژه از زمان گودبرداری تا اتمام ساخت ساختمان را مورد پرسش قرار می‌داد؛ به این صورت که «پروژه از زمان گودبرداری تا اتمام ساخت آپارتمان چند روزه به اتمام رسید؟». جواب این سؤال نیز یک عدد است که مدیر پروژه بدون تخمین و با توجه به مقادیر واقعی پروژه قادر به تعیین آن به‌صورت صحیح است.

- سؤال ۱۰ تنها سؤالی بود که نیاز به تخمین مدیر پروژه داشت و به این صورت مطرح شد که «اگر عوامل اتلاف نامبرده در پروژه شما حضور نداشتند، پروژه چندروزه به اتمام می‌رسید؟»

روایی پرسشنامه توسط سه نفر از اساتید دانشکده مدیریت دانشگاه تهران تأیید شد و مشخصات پروژه و مدیر آن شامل تاریخ اتمام پروژه و تجربه مدیر پروژه نیز مورد سؤال واقع شد. پرسشنامه‌های تأییدشده آن‌هایی بودند که مدیر پروژه دارای سابقه کار بالای پنج سال، آخرین پروژه‌اش ساختمان مسکونی پنج‌تا هفت‌طبقه و زمان اتمام آخرین پروژه‌اش در بازه یک سال اخیر بوده است. دسترسی پژوهش‌گر به مدیران پروژه‌های ساختمانی جهت ارائه پرسشنامه به سه صورت انجام گرفت:

- رایزنی با عوامل برگزارکننده و توزیع پرسشنامه در دو همایش ۳۰۰ و ۲۰۰ نفره که افراد شرکت‌کننده در آن، مدیران پروژه‌های ساختمانی بودند؛

- حضور در کارگاه‌های ساختمانی شهر تهران و ارائه پرسشنامه به مدیر پروژه؛

- انتشار پرسشنامه به‌صورت الکترونیکی در ۱۱ گروه تلگرامی که اعضای آن در حوزه مرتبط فعالیت داشتند.

با توجه به شرایط پرسشنامه از بین ۴۳۲ پاسخنامه دریافت شده، ۲۱۴ مورد آن تمام شرایط را احراز نموده و برای تحلیل استفاده شد. پایایی پرسشنامه نیز با توجه به ضریب آلفای کرونباخ که مقدار ۰/۸۳۴ بود تأیید شد. روش تحلیل داده‌ها، روش شبکه عصبی رگرسیونی تعمیم‌یافته بود که یکی از کاربردهای آن، پیش‌بینی در هنگام محدودیت تعداد ورودی‌هاست. یکی از دلایل انتخاب روش شبکه عصبی، محدودیت تعداد داده‌های ورودی بوده است.

۴- روش شبکه عصبی رگرسیونی تعمیم‌یافته[1]

در سال‌های اخیر، شبکه‌های عصبی مصنوعی[2] که برگرفته از ساختار مغز انسان هستند، چه در بعد توسعه ساختاری و چه در بعد پیاده‌سازی سخت‌افزاری، در حال رشد و پیشرفت‌اند و جهت بهینه‌سازی، تخمین توابع، درون‌یابی، رگرسیون و سایر مواردی از این قبیل در شاخه‌های مختلف علوم کاربرد فراوانی داشته و مورداستفاده قرار می‌گیرند [۲۴]. شبکه‌های عصبی روشی غیرخطی برای تعیین توابع هستند که قادرند با پردازش سریع و کشف الگوهای بسیار مخفی و نامحسوس و پیش‌بینی نحوه عمل داده‌ها، مدلی ساخته‌شده را به سیستم اعمال می‌کنند [۲۵]. همچنین قادر به شناخت روابط پنهان غیرخطی بین داده‌های ورودی و خروجی هستند و به‌شرط داشتن داده‌های مناسب ورودی، یک پیش‌بینی سریع و قابل‌اطمینان را ارائه خواهند داد [۲۶]. شبکه عصبی روشی است که نیاز به هیچ‌گونه فرض اولیه‌ای در مورد رفتار داده‌ها و شکل توابع احتمالی برقرار بین آن‌ها ندارد و لذا نسبت به بسیاری از روش‌های دیگر هم کاربری ساده‌تر و هم هزینه بسیار کمتری دارد [۲۷]. با توجه به ویژگی‌های مذکور، این روش به‌منظور پیش‌بینی مقدار افزایش زمانی حاصل از اتلاف‌ها به‌کار گرفته می‌شود. شبکه‌های عصبی از لایه‌هایی شامل اجزای ساده پردازشگری به نام نرون[3] تشکیل‌شده است که به‌صورت موازی باهم عمل می‌کنند.

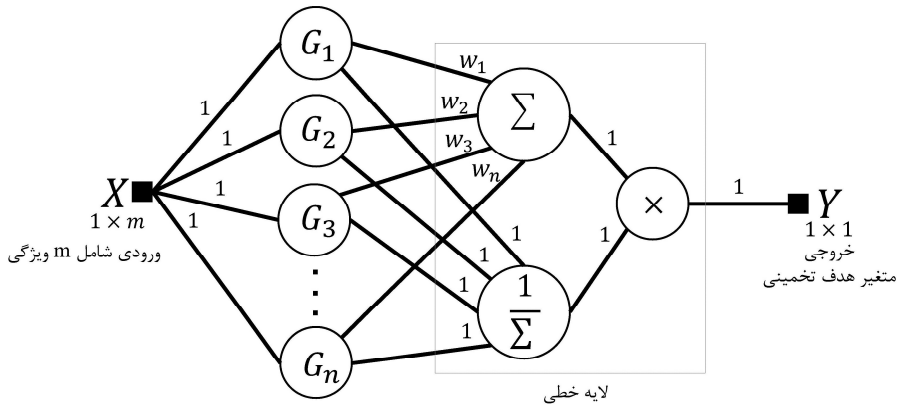
1. Generalized Regression Neural Network
2. Artificial Neural Network
3. Neuron

لایه اول، لایه ورودی[1] است که می‌توانند مؤلفه‌های آماری یا مؤلفه‌های حاصل از تبدیلات ریاضی روی توابع باشند. لایه دوم، لایه میانی یا پنهان[2] است که اساس ساختار یک شبکه را تشکیل می‌دهد. کار اصلی این لایه، استخراج اطلاعات طبقه‌بندی‌شده از داده‌های موجود است و درنهایت، لایه آخر یا لایه خروجی[3]، بر اساس انتظارات کاربر تعیین می‌شود. هر لایه دارای وزنی است که بیانگر میزان تأثیر دو نرون بر یکدیگر است. تخمین وزن‌ها توسط قوانین یادگیری صورت می‌پذیرد. در این حالت، پس از یادگیری شبکه و تشخیص تابع با متغیر مستقل ورودی و متغیر وابسته خروجی، شبکه می‌تواند داده‌های پیش‌بینی را به‌عنوان یک الگوی ورودی جدید استفاده نماید. در عملکرد شبکه، سه‌گام یادگیری یا آموزش، آزمایش و درنهایت، اعتبارسنجی وجود دارد و مبتنی بر این واقعیت داده‌ها به‌صورت تصادفی به دو مجموعه آموزشی که معمولاً ۶۰ تا ۷۰ درصد داده‌هاست و آزمایشی که ۳۰ تا ۴۰ درصد داده‌هاست تقسیم می‌شود و برای مرحله آزمون نیز از داده‌های آموزشی و آزمایشی به‌اندازه حداکثر ۲۰درصد داده‌ها از هر دودسته داده‌های آموزشی و آزمایشی انتخاب می‌شود. تخمین مؤلفه‌ها مبتنی بر مجموعه داده‌های آموزشی صورت می‌گیرد و انتظار می‌رود که در این مرحله شبکه قادر باشد که الگوی موجود در داده‌ها را بازشناسی کرده و در ادامه، در داده‌های جدید که همان داده‌های آزمایشی است، استفاده نماید. در گام آزمایش، شبکه بر اساس تابع حاصل از گام آموزش، داده‌های آزمایشی را پیش‌بینی می‌کند. درنهایت، داده‌های آزمون نیز جهت اعتبارسنجی پیش‌بینی به مدل داده‌شده و جواب حاصل ارزیابی خواهد شد [۲۸].

شبکه‌های عصبی دارای تنوع زیاد و کاربردهای مختلفی هستند که با توجه به توضیحاتی که در ادامه ذکر خواهد شد، روش شبکه عصبی رگرسیون تعمیم‌یافته تناسب بیشتری با مسئله مطرح‌شده در این مقاله دارد. این روش برای شناسایی و مدل‌سازی دستگاه‌ها توسعه داده شد و کاربرد اصلی آن تقریب تابع است [۲۹]. این نوع از شبکه‌ها دارای یک‌لایه پایه شعاعی و یک‌لایه خطی ویژه هستند که با تنظیم تعداد نرون‌های لایه پنهان می‌توان یک تابع پیوسته را با دقت دلخواه تقریب زد. این

1. Input Layer
2. Hidden Layer
3. Output Layer

روش دارای دولایه است و ازنظر ساختاری شبیه شبکه عصبی با توابع پایه شعاعی[1] بوده و تنها لایه دوم آن کمی متفاوت است [۳۰].



شکل ۱ ساختار کلی شبکه عصبی مصنوعی رگرسیونی تعمیم‌یافته

شکل ۱، ساختار کلی شبکه‌های عصبی تعمیم‌یافته را نشان می‌دهد که نمادهای نشان داده‌شده به شرح زیر هست.

Y: خروجی یا متغیر هدف که بر اساس ورودی X تخمین زده می‌شود؛

X: ورودی دارای m ویژگی. در این پژوهش مقدار m با ۸ برابر است، زیرا تعداد عوامل اتلاف ۸ تاست؛

$\sum$: عملگر جمع؛

$\frac{1}{\sum}$: معکوس عملگر جمع؛

$\times$: عملگر ضرب؛

n: تعداد نرون‌های لایه پایه شعاعی برابر تعداد الگوهای یادگیری؛

w_i: برابر با Y_i یعنی مقدار متغیر هدف متناظر با الگوی یادگیری i ام و بیانگر وزن لایه شعاعی؛

1. Radial Base Function

G_i: تابع پایه شعاعی یا تابع گوسی مربوط به نرون i ام در لایه پایه شعاعی که از رابطه ۱ به دست می‌آید؛

$$G_i = \exp\left(-\frac{\gamma\|X - X_i\|^2}{\sigma^2}\right)$$ رابطه ۱[۲۵]

$\| \|$: عملگر محاسبه کننده نرم اقلیدسی؛

X_i: بردار الگوی یادگیری i ام؛

γ: عدد ثابت برابر ۰.۵ یا $-Ln(0.5)$؛

σ: میزان پراکندگی توابع پایه شعاعی و تنها مؤلفه تنظیمی شبکه عصبی رگرسیونی تعمیم‌یافته.

۵- یافته‌های پژوهش

با توجه به بخش اول پژوهش، ۸ عامل اتلاف زمانی بانام‌های جلوگیری ناظر، کمبود مصالح، کمبود تجهیزات، دوباره‌کاری، تأخیر پیمانکار، جابجایی و انبارش، تداخل کاری و درنهایت، انجام فعالیت‌ها درون کارگاه شناسایی شدند که دارای هر سه ویژگی افزایش زمان، حضور در فرآیند اجرا و تأثیرپذیری از عوامل اجرایی بودند. توضیحات مربوط به هریک از این عوامل در ادامه ارائه شده است:

- جلوگیری ناظر: منظور از جلوگیری ناظر، زمان تلف‌شده‌ای است که ناظر بیرونی ساختمان به هر دلیلی، مانند مشاهده نقص در اجرا یا عدم تطابق نقشه، مانع ادامه کار می‌شود.

- کمبود مصالح: عدم امکان ادامه کار به علت نبود یا کمبود مصالح، یکی از عوامل اتلاف است که مستقیماً باعث افزایش زمان پروژه می‌شود.

- کمبود تجهیزات: تجهیزاتی که در فرآیند ساخت جهت حمل‌ونقل، به‌اندازه نمودن و نصب مصالح بکار گرفته می‌شود، گهگاه خراب‌شده و کارایی لازم را ندارد که همین امر باعث کندی یا توقف فرآیند ساخت می‌شود.

- دوباره‌کاری: یکی از معروف‌ترین عوامل اتلاف زمانی دوباره‌کاری‌هایی است که در اثر مواردی مانند خطاهای انسانی یا تغییر دستور نقشه حاصل می‌شود و باعث تکرار یک‌سری فعالیت‌ها در فرآیند ساخت می‌شوند که همین امر موجب افزایش زمان پروژه می‌شود.

- تأخیر پیمانکار: تأخیر در شروع کار و همچنین کندی انجام فعالیت‌ها توسط پیمانکاران یکی از عواملی است که مستقیماً باعث افزایش زمان پروژه می‌شود.

- جابجایی و انبارش: یکی از عوامل اتلاف زمانی، جابجایی و انبارش مکرر مصالح است که به علت عدم وجود سازمان‌دهی درست در فضای کارگاهی معمولاً در طول فرآیند ساخت، بارها و بارها صورت می‌گیرد. انبارش نادرست مصالح روند کار را با مشکل مواجه می‌نماید و جابجایی‌های مکرر موجب اتلاف زمان می‌شود. این عامل در مقالات موردبررسی، وجود نداشته و از یافته‌های منحصربه‌فرد این پژوهش است.

- تداخل کاری: به علت محدودیت فضا در کارگاه، در صورت عدم سازمان‌دهی درست، جبهه‌های کاری مختلف مزاحم یکدیگر شده و از سرعت کار می‌کاهند. این عامل نیز از یافته‌های پژوهش در گام شناسایی اتلاف‌هاست که در مقالات موردبررسی وجود نداشت.

- انجام اکثر فعالیت‌ها در فضای محدود کارگاه: بسیاری از فعالیت‌های ساختمان‌سازی را مانند بریدن و خم کردن میلگرد، برش سنگ نما یا بریدن لوله‌های تأسیسات می‌توان در شرایط فعلی بیرون از کارگاه و به‌صورت کارخانه‌ای، باکیفیت بهتر و به‌صورت توأمان انجام داد اما به دلیل انجام فعالیت‌ها به‌صورت استادکاری و به‌اندازه کردن مصالح بدون نقشه و در هنگام کار، تمام فعالیت‌ها در فضای کارگاه انجام می‌شود و به علت فضای کم و پر مانع کارگاه، معمولاً کار بسیار کند و با اتلاف زمان روبرو خواهد شد. این عامل نیز از یافته‌های منحصربه‌فرد این پژوهش است که در گام شناسایی اتلاف‌ها کشف شد.

در بخش دوم که تعیین میزان تأثیر هرکدام از عوامل است، داده‌های به‌دست‌آمده از پرسشنامه که روایی آن از طریق نظر سه تن از اساتید دانشکده مدیریت دانشگاه

تهران و پایایی آن از طریق ضریب آلفای کرونباخ بـه تأییـد رسـیده بـود، بـه‌صـورت ورودی برای نرم‌افزار متلب تعریف می‌شوند. همان‌طور کـه در مقدمـه بیـان شـد، در پرسشنامه وجود یا عدم وجود هرکدام از عوامل اتلاف در پروژه سـؤال شـده اسـت؛ درنتیجه، ماتریس X به‌صورت رابطه ۲ تعریف می‌شود.

$$X=[x_1,x_2,x_3,x_4,x_5,x_6,x_7,x_8]$$ رابطه ۲

تعریف و مقدار x_1 تا x_8 مطابق جدول ۱ اسـت و درصـورتی‌کـه عـاملی در پـروژه وجود داشته باشد، مقدار متغیر متناظر با آن عدد ۱ و در صورت عـدم وجـود عامـل، عدد صفر خواهد شد. مقدار Y نیز درصد اتلاف زمانی است که در اثر وجـود عوامـل اتلاف در پروژه ایجاد می‌شود. سؤال‌هـای ۹ و ۱۰ پرسشـنامه بـرای تعیـین مقـدار Y پرسیده می‌شوند که مقدار آن از رابطه ۳ به دست می‌آید.

t_e: پاسخ سؤال «پروژه از زمان گودبرداری تا اتمام ساخت آپارتمان چند روزه به اتمام رسید؟»

t_l: پاسخ سؤال «اگر عوامل اتلاف نامبرده در پروژه شما حضور نداشـتند، پـروژه چندروزه به اتمام می‌رسید؟»

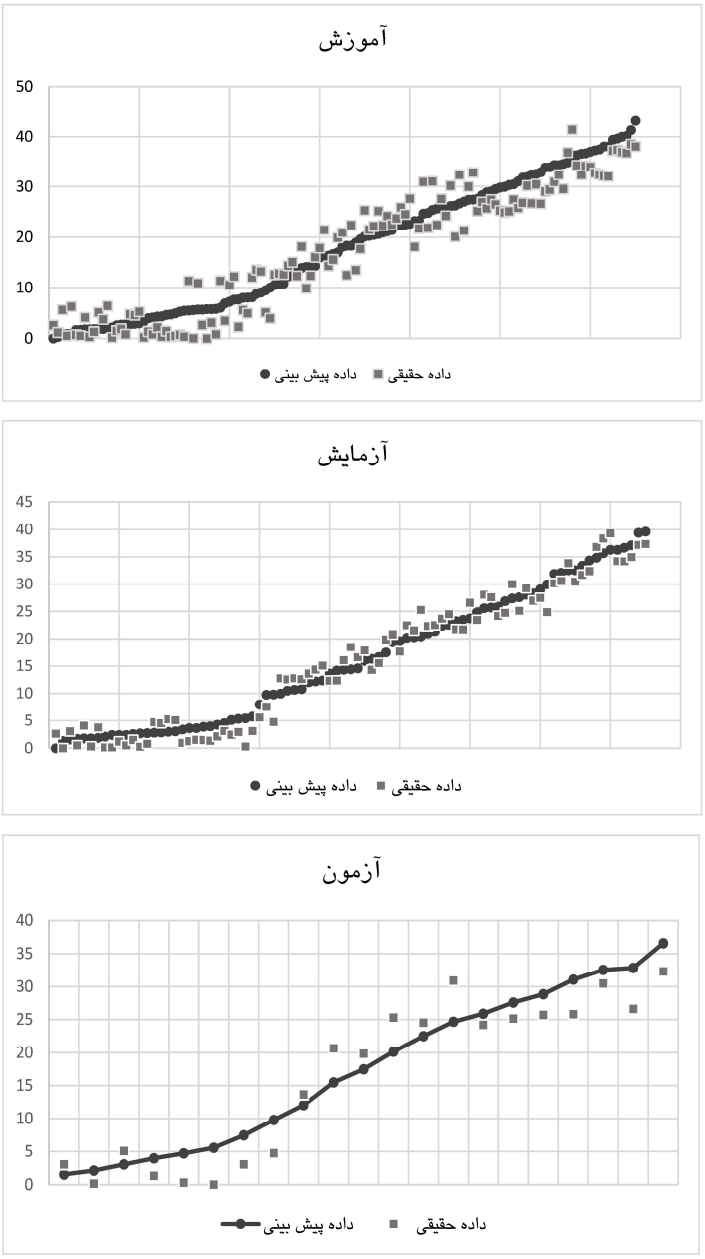
$$Y=\frac{t_e-t_l}{t_e}\times 100$$ رابطه ۳

پس به ازای هر پاسخنامه یک ماتریس X شامل هشت آرایه صفر و یکی و نیز یـک Y خواهیم داشت که مقدار اتلاف را با توجه به عـواملی کـه در پـروژه وجـود داشـته، پیش‌بینی نموده است. هدف اصلی مسئله این است که با تعیین یک ترکیـب انتخـابی از صـفر و یـک بـرای آرایـه‌هـای مـاتریس X، روش شـبکه عصـبی بتوانـد مقـدار Y را پیش‌بینی نماید.

جدول ۱ متغیرهای موجود در ماتریس X

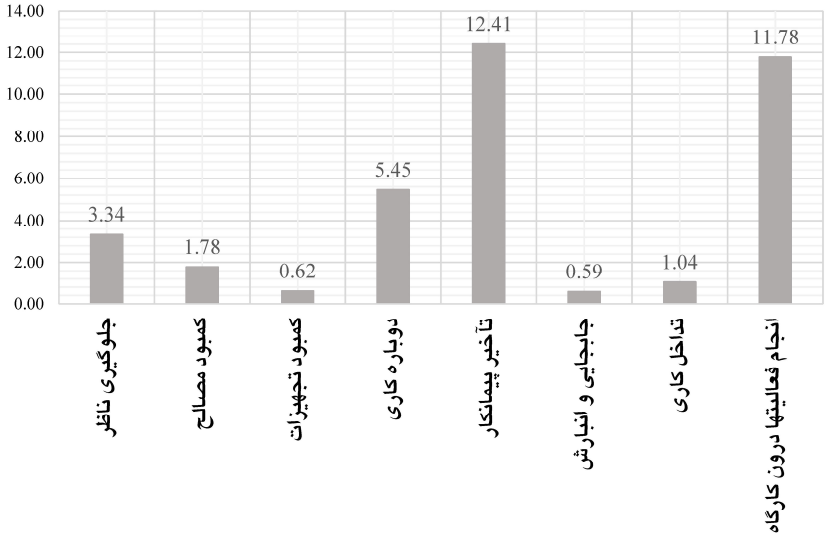
نام عامل اتلاف	نام متغیر	مقدار
جلوگیری ناظر	X_1	۱: در صورت وجود ۰: در صورت عدم وجود
کمبود مصالح	X_2	۱: در صورت وجود ۰: در صورت عدم وجود
کمبود تجهیزات	X_3	۱: در صورت وجود ۰: در صورت عدم وجود
دوباره‌کاری	X_4	۱: در صورت وجود ۰: در صورت عدم وجود
تأخیر پیمانکار	X_5	۱: در صورت وجود ۰: در صورت عدم وجود
جابجایی و انبارش	X_6	۱: در صورت وجود ۰: در صورت عدم وجود
تداخل کاری	X_7	۱: در صورت وجود ۰: در صورت عدم وجود
انجام فعالیت‌ها درون کارگاه	X_8	۱: در صورت وجود ۰: در صورت عدم وجود

تعریف داده‌های ورودی با تعیین X و Y کامل شد. تعداد پرسشنامه‌های توزیع‌شده ۶۰۰ عدد و تعداد پاسخنامه‌های به‌دست‌آمده ۴۳۲ عدد بود که تعداد ۲۱۴ پاسخنامه، کامل و بدون ایراد منطقی بودند. تعداد نمونه‌های موجود، برابر با تعداد پاسخنامه‌ها یعنی ۲۱۴ مورد است که از این تعداد ۶۰ درصد آن برابر با ۱۳۰ نمونه برای یادگیری تابع شبکه عصبی و بقیه برای آزمایش آن مورداستفاده قرار گرفت. انتخاب نمونه‌ها برای یادگیری، آزمون و اعتبارسنجی کاملاً تصادفی بوده و توسط نرم‌افزار انجام شد. مجموعه‌های انتخابی برای یادگیری و آزمون چندین بار تغییر نمودند اما جواب نهایی تغییری نکرد. نتیجه مهم حاصله این بود که تابع پیش‌بینی نسبت به انتخاب تصادفی نمونه‌ها حساس نیست. مقدار σ نیز ۰/۱ تعیین شد. مقادیر بیشتر نظیر ۱ و ۱۰ باعث پیش‌بینی‌های نزدیک به هم و غیرمنطقی می‌شدند و مقادیر کوچک‌تر نظیر ۰/۰۱ و ۰/۰۰۱ نیز تغییر چندانی در پیش‌بینی‌ها ایجاد نمی‌کردند. با توجه به ورودی‌ها و متغیرهای تعیین‌شده، پیش‌بینی‌های تابع برای ترکیب‌های مختلف به‌دست آمد و در شکل ۲، میزان اتلاف حاصل از پیش‌بینی و مقادیر حقیقی به‌دست‌آمده از پرسشنامه در سه حالت آموزش، آزمایش و آزمون نشان داده‌شده و باهم مقایسه شده‌اند. ضریب همبستگی در حالت آموزش، آزمایش و آزمون به ترتیب برابر ۹۵/۷ درصد، ۹۸/۳ درصد و ۹۴/۷ درصد به دست آمد.



شکل ۲ میزان اتلاف حاصل از پیش‌بینی و مقادیر به‌دست‌آمده از نمونه‌ها

یکی از راه‌های ارزیابی میزان اثر هریک از عوامل ایجاد اتلاف زمانی این است که پیش‌بینی تابع را زمانی که متغیر مربوط به آن عامل، مقدار ۱ و بقیه متغیرها ۰ است، به دست آوریم. به‌طور مثال، برای دستیابی به میزان اثر *دوباره‌کاری* به‌صورت مستقل، متغیر مربوط به آن یعنی X_4 را مساوی ۱ و بقیه متغیرها را مساوی صفر قرار می‌دهیم. به‌این‌ترتیب، میزان اثر هرکدام از عوامل، زمانی که به‌تنهایی در پروژه وجود داشته باشند، به دست خواهد آمد که در شکل ۳ نشان داده‌شده است. البته باید به این نکته توجه داشت که تأثیر متقابل عوامل، مجهول بوده و در مورد رابطه آن‌ها با یکدیگر، اعم از خطی و یا غیرخطی، نمی‌توان اظهارنظر نمود اما این راه دید جامعی در مورد اثر هریک از عوامل ایجاد خواهد نمود.



شکل ۳ میزان اثر هرکدام از عوامل بدون وجود سایر عوامل

عوامل اصلی با حضور یا عدم حضور خود، تعداد 2^8 یعنی ۲۵۶ ترکیب مختلف می سازند که از بین آن‌ها، ۸ ترکیب با در نظر گرفتن نتایج نشان داده‌شده در شکل۳ در نظر گرفته‌شده‌اند؛ به این صورت که ابتدا عاملی که در شکل۳ بیشترین اثر را به خود اختصاص داده و رتبه اول را دارد، به‌صورت مستقل، ترکیب اول را تشکیل می‌دهد.

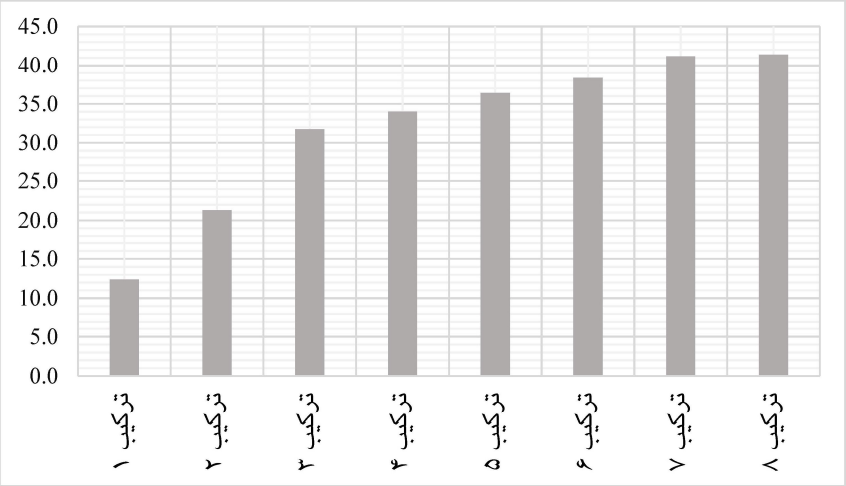
ترکیب دوم نشان‌دهنده عامل رتبه اول و عامل رتبه دوم خواهد بود و به همین ترتیبِ تجمعی، ترکیب هشتم تمام عوامل را در بر خواهد داشت. این ترکیب‌ها در جدول ۲ و اتلاف زمانی حاصل از آن‌ها در شکل۴ نشان داده شده است.

همان‌طور که در شکل ۴ نشان داده شده، در صورت وجود تمام عوامل، مقدار اتلاف زمانی مقدار قابل‌توجه ۴۱/۴ درصد خواهد شد که رقم قابل‌توجهی است. با توجه به این امر که معمولاً ساختمان‌های ۵ تا ۷ طبقه مسکونی ۱۱ تا ۱۶ ماه به طول می‌انجامد، تنها با کنترل اتلاف‌ها و بدون استفاده از فنّاوری‌های جدید، می‌توان این زمان را به ۷ تا ۱۰ ماه کاهش داد. از مقدار اتلاف ۴۱/۴ درصدی به‌دست‌آمده، ۳۱/۷ مربوط به ترکیب سوم و در صورت وجود سه عامل تأخیر پیمانکار، انجام فعالیت‌ها در درون کارگاه و دوباره‌کاری است که می‌توان به‌جای هدف قرار دادن همه عوامل، بر این سه عامل اصلی تمرکز نمود.

جدول ۲ ترکیبات مختلف عوامل و پیش‌بینی اتلاف زمانی حاصل از آن‌ها

نام ترکیب	متغیرهای با مقدار ۱ در ترکیب	پیش‌بینی میزان اتلاف
ترکیب ۱	X_5	۱۲/۴
ترکیب ۲	X_5, X_8	۲۱/۳
ترکیب ۳	X_5, X_8, X_4	۳۱/۷
ترکیب ۴	X_5, X_8, X_4, X_1	۳۴
ترکیب ۵	X_5, X_8, X_4, X_1, X_2	۳۶/۴
ترکیب ۶	$X_5, X_8, X_4, X_1, X_2, X_7$	۳۸/۴
ترکیب ۷	$X_5, X_8, X_4, X_1, X_2, X_7, X_3$	۴۱/۲
ترکیب ۸	$X_5, X_8, X_4, X_1, X_2, X_7, X_3, X_6$	۴۱/۴

همچنین با مقایسه ترکیب ۱، ۲ و ۳ نشان داده‌شده در شکل ۴ می‌توان نتیجه‌گیری نمود که اثر عامل تأخیر پیمانکار و انجام فعالیت‌ها در درون کارگاه، تقریباً مانند هم بوده و مقدار تأثیر از عامل دوباره‌کاری بیشتر است.



شکل ۴ پیش‌بینی اتلاف زمانی با توجه نوع ترکیب

۶- نتیجه‌گیری و پیشنهادها

از دستاوردهای منحصربه‌فرد این مقاله، تعیین میزان اثر عوامل اتلاف است که معیار مناسبی جهت تصمیم‌گیری مدیران پروژه راجع به حذف یا تقلیل این عوامل فراهم کرده و آنالیز هزینه-فایده را ممکن می‌سازد. یکی از ویژگی‌های هشت عامل شناسایی‌شده در تحقیق، تأثیرپذیر بودن است؛ به این معنا که گروه اجرایی پروژه می‌توانند این عوامل را کنترل نموده و اثرشان را تقلیل دهند. با توجه به این ویژگی مهم، میزان اتلاف این عوامل باهم به میزان ۴۱/۴ درصد زمان کل پروژه به‌دست آمده است. این رقمِ قابل‌توجه نشان‌دهنده میزان اتلافی است که در دایره نفوذ و حوزه اختیارات عوامل پروژه است و به عوامل بیرونی مانند کارفرما، تورم، نوسان قیمت و سایر مواردی از این قبیل وابسته نیست. نتیجه مهم دیگر این است که ۷۷ درصد میزان اتلاف کل، مربوط به سه عامل تأخیر پیمانکار، انجام فعالیت‌ها درون کارگاه و

دوباره‌کاری است، یعنی این سه عامل بدون وجود سایر عوامل باعث ایجاد ۳۱/۸ درصد اتلاف زمانی می‌شوند؛ پس نقطه شروع تقلیل یا حذف اتلاف‌ها قاعدتاً باید از این سه عامل آغاز شود.

یکی از عوامل اتلاف زمانی که شناسایی و تعیین میزان اثر آن منحصر به این مقاله است، *انجام همه فعالیت‌ها درون کارگاه* است که به‌تنهایی باعث ۱۱/۸ درصد افزایش زمان کل پروژه می‌شود. با توجه به یافته‌های حاصل از گام شناسایی عوامل اتلاف که با مصاحبه و تحلیل مضمون مصاحبه‌های انجام‌شده از مدیران پروژه‌های ساختمانی به دست آمد، بسیاری از فعالیت‌های اجرایی را می‌توان به بیرون از کارگاه منتقل نمود و انتقال این فعالیت‌ها با توجه به شرایط فعلیِ حاکم بر صنعت ساخت‌وساز میسر بوده و نیاز به دانش و فنّاوری جدیدی نیست؛ تنها تدقیق نقشه‌ها و تدبیر مدیریتی برای کاهش این عامل اتلاف، موردنیاز است.

در انتها، پیشنهادهای زیر جهت ادامه روند علمی مقاله پیشنهاد می‌شود:

- اثر متقابل عوامل نسبت به هم بررسی شده و عوامل ازنظر بیشترین مقدار تأثیر برهم نیز مقایسه شوند؛
- از روش‌های دیگری مانند روش لاسو[1] جهت پیش‌بینی میزان تأثیر عوامل اتلاف زمانی استفاده‌شده و نتایج آن با نتایج این مقاله مقایسه شود.

۷- منابع

[1] Zakeri M., Olomolaiye P. O., Holt G. D, and Harris F. C., "A survey of constraints on Iranian construction operatives' productivity," *Construction Management & Economics*, vol. 14, no. 5, pp. 417–426, 1996.

[2] Womack, J. P., Jones D. T., and Roos, D., *Machine that changed the world*. Simon and Schuster, 1990.

[3] Liker J. K., *The Toyota way*. Esensi, 2005.

[4] Koskela L. J, "Moving on-beyond lean thinking," *Lean Construction Journal*, vol. 1, no. 1, pp. 24–37, 2004.

1. LASSO: least absolute shrinkage and selection operator

[5] Koskela L., *An exploration towards a production theory and its application to construction*. VTT Technical Research Centre of Finland, 2000.

[6] Mottaghi H., and Ghadrdan A., "Reduction of lead-time Production by Using Value Stream Mapping and Simulation," *Journal of Management Researches in Iran*, vol. 18, no. 4, pp. 161–181, 2014.[In Persian]

[7] Perera N. A., Sutrisna M., and Yiu T. W., "Decision-Making Model for Selecting the Optimum Method of Delay Analysis in Construction Projects," *Journal of Management in Engineering*, vol. 32, no. 5, p. 4016009, 2016.

[8] Koushki P. A., Al Rashid K., and Kartam, N., "Delays and cost increases in the construction of private residential projects in Kuwait," *Construction Management and Economics*, vol. 23, no. 3, pp. 285–294, 2005.

[9] Womack J. P., and Jones D. T., *Lean thinking: banish waste and create wealth in your corporation*. Simon and Schuster, 2010.

[10] Larsen J. K., Brunoe T. D., and Lindhard S. M., "Analyzing Factors Affecting Time, Cost, and Quality between Diverse Public Construction Agencies," in *ICCREM 2015@ Environment and the Sustainable Building*, 2015, no. 2011, pp. 67–77.

[11] Mukuka M. J., Aigbavboa C. O., and Thwala W. D., "A Theoretical Review of the Causes and Effects of Construction Projects Cost and Schedule Overruns," pp. 16–19, 2014.

[12] Phaniraj K., and Sreekumar K. S., "Practical Factors Affecting Delay in High Rise Construction – A Case Study in a Construction Organization," *International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT)*, vol. 3, no. 5, pp. 875–881, 2014.

[13] Marzouk M. M., and El-Rasas T. I., "Analyzing delay causes in Egyptian construction projects," *Journal of Advanced Research*, vol. 5, no. 1, pp. 49–55, 2014.

[14] González P., González V., Molenaar K., and Orozco F., "Analysis of causes of delay and time performance in construction projects," *Journal of Construction Engineering and Management*, vol. 140, no. 1, p. 4013027, 2013.

[15] Ghoddousi P., and Hosseini M. R., "A survey of the factors affecting the productivity of construction projects in Iran," *Technological and Economic Development of Economy*, vol. 18, no. 1, pp. 99–116, 2012.

[16] Khattri T., Agarwal S., and Gupta V., "Causes and Effects of Delay in Construction Project," *International Journal of Engineering and Technology,* vol. 3, no. 10, pp. 564–568, 2016.

[17] Gündüz M., Nielsen Y., and Özdemir M., "Quantification of Delay Factors Using the Relative Importance Index Method for Construction Projects in Turkey," *Journal of Management in Engineering*, vol. 29, no. April, pp. 133–139, 2012.

[18] Khoshgoftar M., Bakar A. H. A., and Osman O., "Causes of delays in Iranian construction projects," *International Journal of Construction Management*, vol. 10, no. 2, pp. 53–69, 2010.

[19] Abd El-Razek M. E., Bassioni H. A., and Mobarak A. M., "Causes of delay in building construction projects in Egypt," *Journal of Construction Engineering and Management*, vol. 134 ,no. 11, pp. 831–841, 2008.

[20] Sambasivan M., and Soon Y. W., "Causes and effects of delays in Malaysian construction industry," *International Journal of Project Management*, vol. 25, no. 5, pp. 517–526, 2007.

[21] Lo T. Y., Fung I. W., and Tung K. C., "Construction Delays in Hong Kong Civil Engineering Projects," *Journal of Construction Engineering and Management*, vol. 132, no. 6, pp. 636–649, 2006.

[22] Aibinu A. A., and Odeyinka H. A., "Construction Delays and Their Causative Factors in Nigeria," *Journal of Construction Engineering and Management*, vol. 132, no. 7, pp. 667–677, 2006.

[23] Braun V., and Clarke V., "Using thematic analysis in psychology," *Qualitative Research in Psychology*, vol. 3, no. 2, pp. 77–101, Jan. 2006.

[24] Specht D. F., "A general regression neural network," *IEEE Transactions on Neural Networks*, vol. 2, no. 6, pp. 568–576, 1991.

[25] Haykin S. S., *Neural networks: a comprehensive foundation*. Tsinghua University Press, 2001.

[26] Mirfakhraddiny S. H., Babaei Meybodi H., and Morovati Sharifabadi A., "Predicting Energy Consumption of Iran via a Hybrid Model of Artificial Neural Networks and Genetic Algorithms and Comparing It with Traditional Models," *Journal of Management Researches in Iran*, vol. 17, no. 2, pp. 196–222, 2013. [In Persian]

[27] Bhatt A., and Helle H. B., "Committee neural networks for porosity and permeability prediction from well logs," *Geophysical Prospecting*, vol. 50, no. 6, pp. 645–660, 2002.

[28] Smith M., *Neural networks for statistical modeling*. Thomson Learning, 1993.

[29] Fausett L., *Fundamentals of neural networks: architectures, algorithms, and applications*. Prentice-Hall, Inc., 1994.

[30] Beale M. H., Hagan M. T., and Demuth H. B., "Neural Network Toolbox TM User's Guide," *Math Works Inc.*, 1992.