توسعه سامانه مبتنی بر شبکه و یادگیری ماشین برای مدیریت زمان پروژه‌های ساختمانی کوچک

مهران تواضعی[1] / احسان‌اله اشتهاردیان[2*]

تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۲/۱۲/۰۵ تاریخ پذیرش نهایی : ۱۴۰۳/۰۳/۰۳ تاریخ انتشار مقاله: ۱۴۰۳/۰۴/۰۱

آباد

شماره ۹۰، تابستان ۱۴۰۳

۷-۲۱

چکیده

پروژه‌های ساختمانی کوچک، نقش تعیین‌کننده‌ای در تأمین مسکن موردنیاز جوامع داشته و از مهم‌ترین محرک‌های اقتصاد کشورها محسوب می‌شوند. یکی از مهم‌ترین و رایج‌ترین مشکلات قابل مشاهده در پروژه‌های ساختمانی کوچک، مدیریت نامناسب زمان و وقوع تأخیرهای متعدد است. پژوهش حاضر، به دنبال معرفی یک ابزار کارآمد برای پاسخگویی به چالش‌های مدیریت زمان در پروژه‌های ساختمانی کوچک است. برای این منظور، یک سامانه مدیریت زمان با استفاده از قابلیت‌های شبکه و یادگیری ماشین، در هفت بخش مجزا ایجاد شده است. بخش‌های مختلف سامانه، امکان شناسایی فعالیت‌های پروژه و روابط پیش‌نیازی آن‌ها، تخمین حجم کار فعالیت‌ها، محاسبه مدت‌زمان اجرای فعالیت‌ها، پیگیری پیشرفت پروژه و همچنین پیش‌بینی وقوع عوامل تأخیر و پیشنهاد اقدامات پیشگیرانه و اصلاحی را فراهم می‌نماید. با اتمام مرحله توسعه، سامانه مدیریت زمان در چند پروژه در حال اجرا به کار گرفته شده و نظرات کارکنان شرکت‌های پیمانکاری، به عنوان کاربران سامانه جمع‌آوری شده است. بررسی نظرات کاربران نشان می‌دهد، با وجود رضایت نسبتاً کم آنان از میزان کاربرپسند بودن، سامانه مدیریت زمان عملکرد نسبتاً موفقی در بهبود مدیریت زمان و کاهش تأخیرها داشته است.

واژگان کلیدی: مدیریت زمان، پروژه‌های ساختمانی کوچک، مبتنی بر شبکه، یادگیری ماشین.

۱- کارشناسی ارشد مدیریت پروژه و ساخت، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران.
۲- دانشیار گروه مدیریت پروژه و ساخت، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران.

* نویسنده مسئول: eshtehardian@modares.ac.ir

[Downloaded from journalabadi.ir on 2025-09-06]

۱- مقدمه

پروژه‌های ساختمانی کوچک، با وجود نقش تعیین‌کننده‌ای که در وضعیت رفاهی شهروندان و توسعه کشورها دارند، همواره با چالش‌های فراوانی روبرو بوده‌اند. به‌کارگیری روش‌های غیرعلمی و تکیه‌بر آزمون‌وخطا را می‌توان از مشخصات بارز مدیریت پروژه‌ها در این حوزه دانست.

با وجود آگاهی نسبی از ضرورت ایجادِ تحولی مثبت، پروژه‌های ساختمانی کوچک که عمدتاً ساختمان‌های مسکونی اجرا شده در بخش خصوصی هستند، به‌اندازه کافی موردتوجه محققین قرار نگرفته‌اند[۱]. یکی از رایج‌ترین چالش‌های مشاهده شده در این پروژه‌ها، ضعف در مدیریت زمان و وقوع تأخیرهای متعدد و در برخی موارد طولانی‌مدت است. بررسی اجمالی فضای کاری این پروژه‌ها نشان می‌دهد عدم آشنایی کارکنان شاغل در این بخش با دانش مدیریت زمان و همچنین عدم دسترسی به ابزارهای کارآمد مدیریت زمان، از مهم‌ترین دلایل تداوم وضعیت موجود است.

با توجه به مطالب ذکر شده، می‌توان یکی از راه‌حل‌های احتمالی بهبود شرایط فعلی را توسعه و به‌کارگیری یک ابزار مدیریت زمان متناسب با توانایی‌ها و نیازهای شرکت‌های پیمانکاری فعال در این حوزه دانست. ابزار موردنظر، باید ضمن به‌کارگیری فناوری‌های نوین، دسترسی مناسبی را برای کارکنان، در داخل و خارج محیط کارگاه فراهم نماید. با توجه به بهبود وضعیت پوشش اینترنت و در دسترس قرار گرفتن سخت‌افزارهای مختلف با قابلیت اتصال به اینترنت، سامانه‌های مبتنی بر شبکه را می‌توان بستری مناسب برای توسعه ابزار مدیریت زمان دانست. همچنین به‌کارگیری اطلاعات پروژه‌های گذشته و اجرای خودکار بخش عمده فرآیند توسط ابزار مدیریت زمان، می‌تواند پاسخ مناسبی به چالش دانش و تجربه ناکافی کارکنان شرکت‌های پیمانکاری باشد. در ادامه، برخی از پژوهش‌های صورت گرفته در زمینه توسعه سامانه‌های مبتنی بر شبکه برای مدیریت پروژه‌های ساختمانی و همچنین به‌کارگیری اطلاعات پروژه‌های گذشته در بهبود مدیریت زمان پروژه‌های ساختمانی، مورد بررسی قرار خواهد گرفت.

با پیشرفت اینترنت در دهه‌های گذشته، شبکه جهانی اطلاعات تبدیل به بستری مناسب برای دسترسی به اطلاعات و برنامه‌های کاربردی شده است. برای استفاده از محتواهای موجود در شبکه، کاربران صرفاً باید به اینترنت دسترسی داشته و یک برنامه مرورگر روی سخت‌افزار خود داشته باشند؛ بنابراین شبکه مستقل از مکان بوده و به راحتی با استفاده از سخت‌افزارهای مختلف قابل دسترسی است[۲] و [۳]. با آشکار شدن قابلیت‌های شبکه و مزیت‌های به‌کارگیری آن، پژوهش‌های متعددی به‌منظور توسعه سامانه‌های مبتنی بر شبکه برای مدیریت حوزه‌های مختلف پروژه‌های ساختمانی انجام شده است. در یکی از این پژوهش‌ها، محققین یک سامانه مدیریت اطلاعات را برای پروژه‌های ساختمانی توسعه داده‌اند. سامانه مذکور، قابلیت ذخیره و دسترسی متمرکز به اطلاعات را در تمامی طول چرخه عمر پروژه برای تیم‌های طراحی و اجرا فراهم نموده است[۴]. در پژوهشی دیگر، محققین با توسعه یک سامانه مبتنی بر شبکه، امکان نظارت بر عملکرد پروژه را فراهم نموده‌اند. سامانه مذکور، با قابلیت اندازه‌گیری شاخص‌های عملکرد در حوزه‌های نیروی انسانی، زمان، هزینه، کیفیت، ایمنی، محیط‌زیست و رضایت مشتری، منجر به تسهیل در نظارت بر عملکرد پروژه شده است[۵]. در پژوهشی دیگر، محققین یک سامانه مبتنی بر شبکه را برای مدیریت یکپارچه زمان و هزینه توسعه داده‌اند. سامانه موردبحث، از یک مدل‌سازی شیءگرا بهره گرفته و شامل مجموعه‌ای از اشیاء کنترلی، شاخص‌های عملکرد منابع، الگوریتم‌های تخمین انحراف، معیارهای ارزیابی و همچنین الگوریتم‌های استدلال و پیش‌بینی است. قابلیت‌های ارائه شده در این سامانه عبارتند از ایجاد گزارش وضعیت پروژه براساس روش ارزش کسب شده، تحلیل انحراف‌ها و شناسایی عوامل مشکل‌آفرین و درنهایت، ایجاد یک محیط کارآمد برای اشتراک‌گذاری داده‌ها و تولید و انتشار به موقع گزارش‌های پیشرفت[۶]. در پژوهشی دیگر، محققین یک سامانه مبتنی بر شبکه را برای برنامه‌ریزی و کنترل یکپارچه مصالح در پروژه‌های ساختمانی توسعه داده‌اند. سامانه مذکور، قابلیت‌هایی مانند مدیریت انبارداری، تخمین موجودی، ثبت درخواست‌ها و همچنین نظارت بر مصرف مصالح را فراهم نموده است[۷]. در پژوهشی دیگر با هدف بهبود وضعیت مدیریت تدارکات، محققین یک سامانه مبتنی بر شبکه مناقصه الکترونیکی را برای نهادهای عمومی کشور نیجریه توسعه داده‌اند. این سامانه، تمامی فعالیت‌های اصلی چرخه حیات دوره تدارکات را پشتیبانی می‌کند[۸].

همان‌طور که در ابتدای این بخش اشاره شد، یکی از چالش‌های مهم در مسیر مدیریت مؤثر زمان در پروژه‌های ساختمانی، وابستگی شدید به دانش، مهارت و تجربه کارکنان است. برای پاسخ به چالش مذکور، گروهی از پژوهشگران سعی نموده‌اند امکان به‌کارگیری اطلاعات جمع‌آوری شده از پروژه‌های گذشته را در مراحل برنامه‌ریزی و کنترل زمان پروژه‌های جدید فراهم نمایند. پژوهش‌های صورت گرفته برای مرحله برنامه‌ریزی، بر دو هدف کلی "برآورد مدت‌زمان فعالیت‌ها" و "ایجاد نسخه اولیه زمان‌بندی" متمرکز بوده است. همچنین پژوهش‌های صورت گرفته برای مرحله کنترل، بیشتر به دنبال

[Downloaded from journalabadi.ir on 2025-09-06]

"شناسایی عوامل تأخیر، اقدامات اصلاحی و پیشگیرانه" و درنهایت، "توسعه ابزارهایی برای پایش وضعیت پیشرفت پروژه، شناسایی عوامل تأخیر احتمالی و پیشنهاد اقدامات اصلاحی و پیشگیرانه" بوده‌اند. در ادامه، گزیده‌ای از این پژوهش‌ها ارائه خواهد شد.

یکی از چالش‌های مهم در مراحل ابتدایی پروژه‌ها، ایجاد برنامه زمان‌بندی با سطح دقت مناسب است[۹]. سابقه و تجربه کارشناس مربوطه، نقش بسیار مهمی در شناسایی فعالیت‌های پروژه، تعیین روابط پیش‌نیازی و البته برآورد مدت‌زمان فعالیت‌ها دارد. می‌توان انتظار داشت، در شرایطی که مسئول برنامه‌ریزی از دانش کافی برخوردار نباشد، برنامه زمان‌بندی کارایی خود را از دست داده و منجر به اتلاف زمان و هزینه پروژه خواهد شد. برای حل این مشکلات، پژوهشگران به دنبال راه‌حل‌هایی برای به‌کارگیری تجربیات پروژه‌های پیشین و کاهش نقش نیروی انسانی بوده‌اند[۱۰] و [۱۱]. در یکی از این پژوهش‌ها، محققین یک سامانه خبره را معرفی نموده‌اند که با به‌کارگیری مجموعه‌ای از قوانین پایه و الگوهای از پیش تعریف شده، نسخه‌ای از زمان‌بندی اولیه را برای پروژه ایجاد می‌نماید[۹]. در پژوهشی دیگر با هدف بهبود برآورد مدت‌زمان اجرای فعالیت‌های ساختمانی، محققین نرم‌افزاری مبتنی بر شبکه‌های عصبی مصنوعی توسعه داده‌اند که قابلیت تخمین مدت‌زمان آرماتوربندی و بتن‌ریزی اجزاء ساختمان بتنی را فراهم می‌نماید[۱۱]. در پژوهشی دیگر، محققین ترکیبی از روش‌های داده‌کاوی و پردازش زبان طبیعی را برای استخراج و به‌کارگیری دانش موجود در زمان‌بندی پروژه‌های پیشین مورداستفاده قرار دادند. ابزار توسعه‌یافته در این پژوهش، قابلیت ایجاد برنامه زمان‌بندی پروژه را به‌صورت خودکار فراهم می‌نماید[۱۲].

با اتمام مرحله برنامه‌ریزی، نوبت به کنترل زمان‌بندی می‌رسد. کنترل مؤثر پروژه، نیازمند شناسایی دلایل عملکرد غیرقابل‌قبول و البته پیشنهاد اقدامات اصلاحی و پیشگیرانه است[۱۳]؛ بنابراین کسب دانش کافی در خصوص عوامل تأخیر و اقدامات اصلاحی و پیشگیرانه، از اهمیت فراوانی برخوردار بوده و پژوهش‌های متعددی در این زمینه صورت گرفته است. بررسی تحقیقات انجام شده در کشورهای مختلف نشان می‌دهد، مهم‌ترین عوامل تأخیر شناسایی شده در پروژه‌های ساختمانی، عبارتند از مشکلات مالی کارفرما و تأخیر در پرداخت‌ها، مشکلات مالی پیمانکار، ضعف در نقشه‌ها و مدارک فنی، نوسان قیمت و تورم، دستورات تغییر، دوباره‌کاری به علت خطاهای اجرایی، ضعف در مدیریت کارگاهی پیمانکار، ارتباط نامناسب بین بخش‌های مختلف پروژه، مشکلات در تأمین مصالح ساختمانی و شرایط نامساعد آب و هوایی[۱۴] تا [۲۱].

جمع‌بندی پژوهش‌های مذکور نشان می‌دهد تقریباً در تمامی موارد، محققین عوامل تأخیر را در گروه‌های مختلف طبقه‌بندی نموده‌اند و ضمن رتبه‌بندی عوامل تأخیر براساس اهمیت و فراوانی وقوع، به‌ندرت اقدامات اصلاحی و پیشگیرانه مناسبی برای مقابله با آن‌ها ارائه کرده‌اند[۲۲] تا [۲۴]. نکته قابل‌توجه دیگر اینکه، در اکثر پژوهش‌های مورد بررسی، شناسایی عوامل تأخیر و اقدامات اصلاحی و پیشگیرانه، به صورت کلی و در سطح پروژه انجام شده است. رویکرد مذکور باعث می‌شود امکان برنامه‌ریزی مناسب برای مقابله با عوامل تأخیر و اجرای اقدامات اصلاحی و پیشگیرانه وجود نداشته باشد. در نقطه مقابل، برخی از پژوهشگران سعی نموده‌اند ابزارهایی را برای شناسایی انحراف‌ها، پیش‌بینی عوامل تأخیر و ارائه پیشنهادات اصلاحی و پیشگیرانه در موقعیت مناسب توسعه دهند.

در یکی از اولین پژوهش‌های انجام شده در این زمینه، توسعه یک سامانه پشتیبان تصمیم به عنوان مکملی برای نرم‌افزارهای تجاری مدیریت زمان موردتوجه قرار گرفته است. سامانه مذکور، قابلیت شناسایی عوامل تأخیر و پیشنهاد اقدامات اصلاحی مناسب را فراهم نموده است[۲۵]. در پژوهشی دیگر، محققین چارچوب کلی سامانه‌ای را ارائه نموده‌اند که مشکلات موجود در اجرای فعالیت‌ها را با استفاده از اطلاعات درج شده در گزارش‌های روزانه کارگاهی شناسایی نموده و اقدامات اصلاحی مناسبی را با استفاده از منطق فازی پیشنهاد می‌نماید[۲۶]. در پژوهشی دیگر با هدف فراهم نمودن ابزاری برای کنترل یکپارچه زمان‌بندی و هزینه پروژه، محققین یک فرآیند استدلالی مبتنی بر منطق فازی را معرفی نموده‌اند. چارچوب فرآیند استدلال، شامل مجموعه‌ای از انحراف‌های ارزش کسب شده، شاخص‌های عملکرد، عوامل منجر به انحراف، اقدامات اصلاحی و همچنین روابط علّی است[۱۳]. در پژوهشی دیگر، محققین با استفاده از روش فازی- عصبی، پایگاه دانشی را ایجاد نموده‌اند که تأثیر مشکلات ایجاد شده در هر مرحله از پروژه را بر تأخیر در پیشرفت مراحل بعدی ارزیابی می‌نماید[۲۷]. در یکی از آخرین تحقیقات صورت گرفته در این زمینه، پژوهشگران با استفاده از جریان داده‌های بدست آمده از کارگاه و به‌کارگیری الگوریتم‌های یادگیری ماشین، تأخیرهای احتمالی در اجرای فعالیت‌ها را پیش‌بینی نموده و تخمین دقیق‌تری از مدت‌زمان اجرای فعالیت‌های آتی ارائه کرده‌اند[۲۸].

با توجه به مطالب ذکر شده در خصوص مدیریت زمان در پروژه‌های ساختمانی کوچک و ضرورت توسعه ابزاری کارآمد برای مقابله با چالش‌های موجود، پژوهش حاضر به دنبال توسعه و معرفی سامانه‌ای برای مدیریت زمان این پروژه‌ها است. بررسی پژوهش‌های پیشین نشان می‌دهد،

[Downloaded from journalabadi.ir on 2025-09-06]

به‌کارگیری قابلیت‌های موجود در شبکه و همچنین یادگیری ماشین می‌تواند راه‌حل مناسبی برای ایجاد سامانه مذکور باشد. در بخش بعد، مراحل مختلف توسعه سامانه مدیریت زمان‌بر مبنای فناوری‌های مذکور، شرح داده خواهد شد.

۲- توسعه سامانه مدیریت زمان

فرآیند توسعه نرم‌افزارها را می‌توان به چهار مرحله شناسایی و تحلیل الزامات، طراحی، پیاده‌سازی و ارزیابی تقسیم‌بندی نمود[۲۹]. در این بخش، سه مرحله اول توسعه سامانه مدیریت زمان را شرح داده و جزئیات مربوط به ارزیابی آن در بخش بعد ارائه خواهد شد.

۲. ۱ شناسایی و تحلیل الزامات

به منظور شناسایی الزامات کاربران، مصاحبه‌های نیمه ساختاریافته با تعدادی از کارشناسانی که تجربه مناسبی در شرکت‌های پیمانکاری ساختمانی داشته‌اند انجام شده است. با تحلیل داده‌های بدست آمده از مصاحبه‌ها و همچنین در نظر گرفتن محدودیت‌های فنی و زمانی پژوهش، الزامات نهایی سامانه مدیریت زمان به شرح زیر استخراج شده است:

۱) سادگی رابط کاربری
۲) دسترسی مداوم
۳) سرعت پاسخگویی
۴) امنیت
۵) امکان دسترسی از طریق سخت‌افزارهای مختلف
۶) امکان استخراج لیست فعالیت‌های پروژه
۷) امکان ایجاد خودکار برنامه زمان‌بندی
۸) امکان برآورد مدت‌زمان اجرای فعالیت‌ها
۹) قابلیت پیش‌بینی عوامل تأخیر احتمالی
۱۰) نمایش ساده زمان‌بندی
۱۱) قابلیت ثبت و پیگیری میزان پیشرفت فعالیت‌ها و پروژه
۱۲) قابلیت ثبت کارکرد یا عدم کارکرد روزانه
۱۳) پشتیبانی از زبان فارسی و تاریخ شمسی

۲. ۲ طراحی

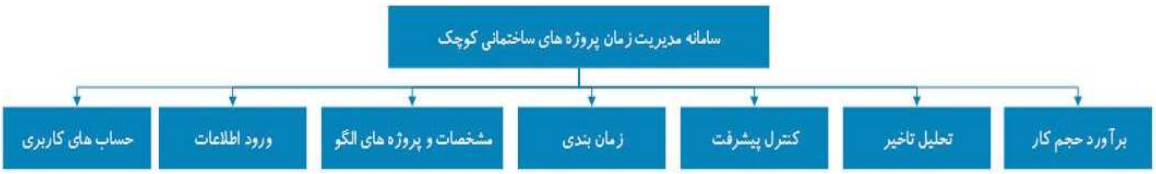
طراحی سامانه مدیریت زمان، با در نظر گرفتن الزامات ذکر شده در بخش قبل انجام شده است. در این مرحله، با توجه به اهداف پژوهش، عملکردهای مورد انتظار سامانه استخراج شده و برای هر یک از عملکردها، بخش مجزایی در نظر گرفته شده است. همچنین نحوه تعامل بخش‌های مختلف، اطلاعات موردنیاز هر بخش و نحوه ذخیره آن‌ها و درنهایت رابط کاربری سامانه طراحی شده است. در ادامه، توضیحاتی در خصوص عملکرد بخش‌های مختلف و همچنین رابط کاربری ارائه خواهد شد.

۲. ۲. ۱ بخش‌های مختلف سامانه مدیریت زمان

سامانه مدیریت زمان از هفت بخش یا اپلیکیشن تشکیل شده که هرکدام عملکرد مستقلی دارند. تصویر ۱ ساختار کلی سامانه را نمایش می‌دهد.

۱) *اپلیکیشن مدیریت حساب‌های کاربری:* این بخش از سامانه، امکان اعتبارسنجی و دسترسی کاربران به بخش‌های دیگر را فراهم می‌نماید.
۲) *اپلیکیشن ورود مقادیر:* این بخش از سامانه، امکان ورود مقادیر و تنظیمات اولیه توسط مدیر سایت را فراهم می‌نماید. این اطلاعات در جداول پایگاه داده ذخیره شده و در اختیار کاربران نهایی سامانه قرار خواهد گرفت.
۳) *اپلیکیشن مشخصات و پروژه‌های الگو:* این بخش از سامانه، اطلاعات پروژه در دست اجرای کاربر را دریافت نموده و پروژه‌های الگوی متناسب را به کاربر معرفی می‌نماید. همچنین در این بخش، سامانه براساس پروژه الگوی منتخب کاربر، یک پروژه منحصربه‌فرد ایجاد می‌نماید.
۴) *اپلیکیشن زمان‌بندی:* در این بخش از سامانه، مدت‌زمان اجرای فعالیت‌ها و تاریخ آغاز پروژه از کاربر دریافت شده و محاسبات مسیر بحرانی صورت می‌گیرد. همچنین تاریخ‌های آغاز و پایان فعالیت‌ها استخراج می‌شود.
۵) *اپلیکیشن کنترل پیشرفت:* در این بخش از سامانه، اطلاعات مربوط به میزان پیشرفت فعالیت‌ها از کاربر دریافت شده و امکان پیگیری پیشرفت پروژه فراهم می‌شود.
۶) *اپلیکیشن تحلیل تأخیر:* در این بخش از سامانه، وقوع یا عدم وقوع عوامل تأخیر برای فعالیت‌های مختلف پیش‌بینی می‌شود. برای پیش‌بینی تأخیر در این بخش، از اطلاعات پروژه‌های گذشته، مشخصات پروژه در دست اجرا و همچنین الگوریتم درخت تصمیم استفاده می‌شود.
۷) *اپلیکیشن برآورد حجم کار:* در این بخش از سامانه، حجم کار فعالیت‌های مختلف برآورد می‌شود. تخمین حجم کار، با استفاده از اطلاعات پروژه‌های گذشته،

[Downloaded from journalabadi.ir on 2025-09-06]



شکل ۱. ساختار کلی سامانه مدیریت زمان

مشخصات پروژه موردنظر و همچنین الگوریتم نزدیک‌ترین همسایگان صورت می‌گیرد.

۲. ۲. ۲ رابط کاربری سامانه مدیریت زمان

رابط کاربری سامانه را می‌توان به دو بخش کلی مدیریت و کاربر تقسیم نمود. تصویر ۲، صفحه مدیریت سامانه را نمایش می‌دهد. در این صفحه، مدیر سامانه می‌تواند مشخصات فنی از جمله فعالیت‌ها، عوامل تأخیر، پروژه‌های الگوی و غیره را تعریف نماید.

صفحات مربوط به کاربر سامانه عبارتند از حساب کاربری، تعیین مشخصات پروژه، انتخاب پروژه الگو، جزئیات پروژه الگو، تعیین مدت‌زمان فعالیت‌ها، جزئیات برآورد حجم کار فعالیت‌ها، محاسبات زمان‌بندی، نمایش زمان‌بندی، کنترل پیشرفت و جزئیات پیش‌بینی عوامل تأخیر. در ادامه این بخش، محتوای هر یک از صفحات ذکر شده و همچنین شیوه تعامل کاربر با سامانه شرح داده خواهد شد.

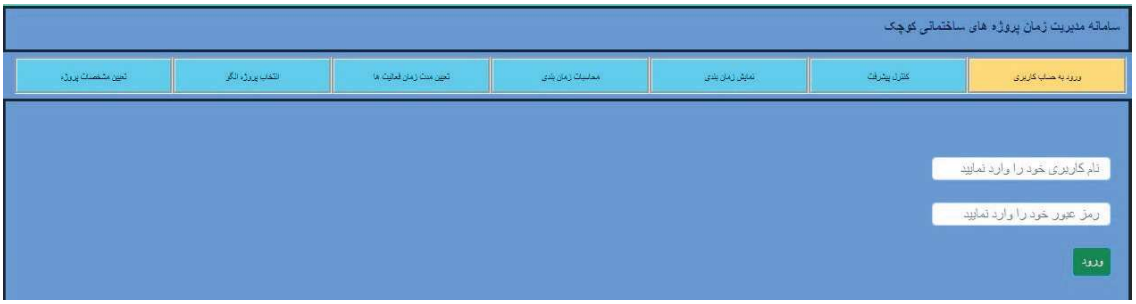
صفحه حساب کاربری: تصویر ۳، صفحه حساب کاربری سامانه را نمایش می‌دهد. در این صفحه، کاربر می‌تواند با وارد نمودن اطلاعات کاربری معتبر، وارد حساب خود شود

صفحه تعیین مشخصات پروژه: تصویر ۴، صفحه تعیین مشخصات پروژه را نمایش می‌دهد. در این صفحه، کاربر باید مشخصات پروژه در دست اجرای خود را وارد نماید. این اطلاعات عبارتند از کاربری ساختمان، تعداد طبقات ساختمان، تعداد طبقات پارکینگ، تعداد طبقات انبار، زیربنای هر یک از طبقات، نوع اسکلت، تعداد واحد در هر طبقه، تخریب، گودبرداری، نمای ساختمان، نوع فونداسیون، نوع سقف، تعداد اتاق‌خواب هر واحد، آسانسور، سیستم سرمایشی و گرمایشی و درنهایت کاربری هر یک از طبقات.

صفحه انتخاب پروژه الگو: تصویر ۵، صفحه انتخاب پروژه الگو را نشان می‌دهد. در این صفحه، سامانه پروژه‌های الگویی که با اطلاعات وارد شده توسط کاربر مطابقت داشته‌اند را نمایش می‌دهد. کاربر می‌تواند با کلیک کردن روی هر یک از پروژه‌ها وارد صفحه جزئیات پروژه الگو شود. درنهایت، کاربر پروژه‌های الگوی پیشنهادی را بررسی نموده و پروژه الگویی که بیشترین انطباق را با پروژه در دست اجرا دارد انتخاب می‌نماید.

شکل ۲. صفحه مدیریت

[Downloaded from journalabadi.ir on 2025-09-06]



شکل ۳. صفحه حساب کاربری

شکل ۴. صفحه تعیین مشخصات پروژه

شکل ۵. صفحه انتخاب پروژه الگو

شکل ۶. صفحه جزئیات پروژه الگو

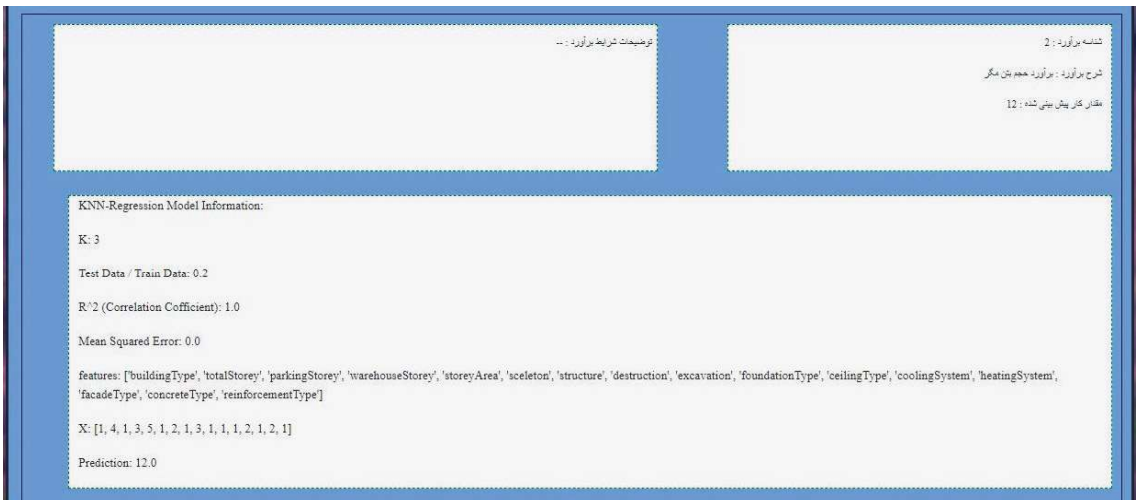
[Downloaded from journalabadi.ir on 2025-09-06]

شکل ۷. صفحه تعیین مدت‌زمان فعالیت‌ها

صفحه جزئیات پروژه الگو: تصویر ۶، صفحه جزئیات پروژه الگو را نمایش می‌دهد. در این صفحه، ویژگی‌های مختلف پروژه الگو با استفاده از چند تصویر ساده نمایش داده شده است.

صفحه تعیین مدت‌زمان فعالیت‌ها: تصویر ۷، صفحه تعیین مدت‌زمان فعالیت‌ها را نشان می‌دهد. در این صفحه، هر یک از فعالیت‌های پروژه در یک ردیف نمایش داده شده است. در سمت راست هر ردیف، از کاربر خواسته شده است مدت‌زمان هر یک از فعالیت‌ها را وارد نماید. همچنین کاربر می‌تواند فعالیت‌هایی را که در پروژه وجود ندارد و یا قبلاً اجرا شده و خاتمه یافته‌اند را حذف نماید. با توجه به اینکه تعیین مدت‌زمان اجرای فعالیت‌ها نیاز به دانش و تجربه کافی دارد، در این صفحه سعی شده است اطلاعات مناسبی در اختیار کاربر قرار داده شود. در بخش میانی هر ردیف، سامانه برآوردهایی از حجم کار فعالیت ارائه می‌نماید. کاربر می‌تواند با کلیک کردن روی هر یک از برآوردها، وارد صفحه جزئیات برآورد حجم کار فعالیت‌ها شود. پس از اینکه کاربر شناخت مناسبی از حجم کار فعالیت‌ها بدست آورد، می‌تواند مدت‌زمان اجرای فعالیت را محاسبه نماید. برای این منظور، سامانه اطلاعات مربوط به میزان کارکرد روزانه اکیپ‌های اجرایی مرسوم در اجرای فعالیت‌های مختلف را در سمت چپ هر ردیف نمایش می‌دهد. کاربر می‌تواند با وارد نمودن مقدار حجم کار فعالیت و همچنین انتخاب اکیپ اجرایی موردنظر خود، مدت‌زمان احتمالی هر فعالیت را محاسبه نماید.

صفحه جزئیات برآورد حجم کار فعالیت‌ها: تصویر ۸، صفحه جزئیات برآورد حجم کار فعالیت‌ها را نمایش می‌دهد. در این صفحه، مقدار برآورد شده برای حجم کار فعالیت موردنظر، همراه با توضیحاتی در خصوص شرایط برآورد ارائه شده است. همچنین در این صفحه، اطلاعاتی در خصوص مدل رگرسیون نزدیک‌ترین همسایگان نمایش داده شده است. لازم به ذکر است، اطلاعات مذکور، برای



شکل ۸. صفحه جزئیات برآورد حجم کار

[Downloaded from journalabadi.ir on 2025-09-06]

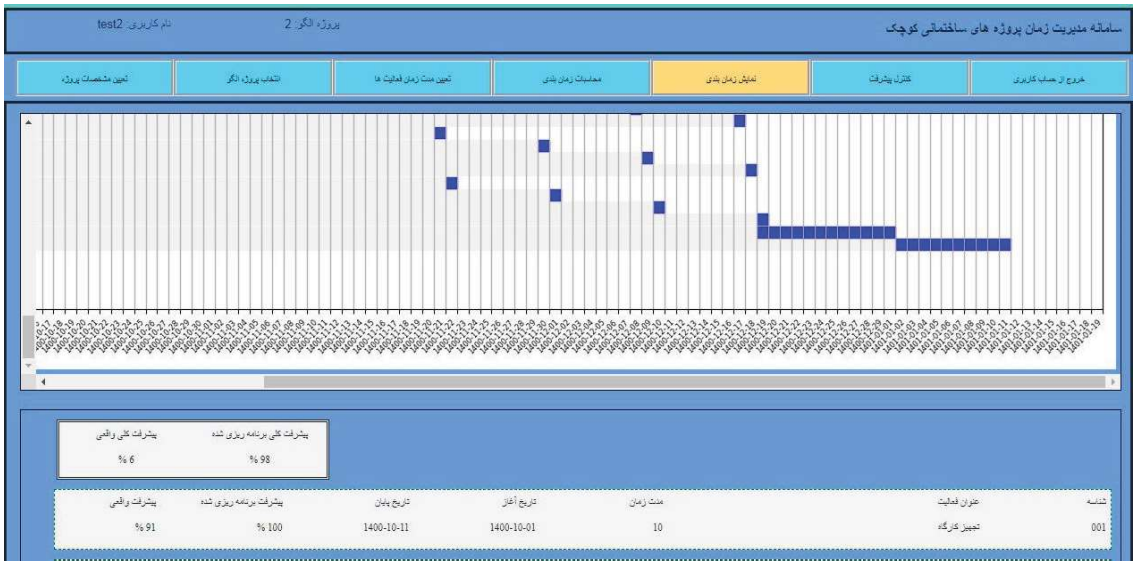
شکل ۹. صفحه محاسبات زمان‌بندی

اهداف پژوهشی مفید بوده و برای کاربران سامانه کاربرد خاصی ندارد.

صفحه محاسبات زمان‌بندی: تصویر ۹، صفحه محاسبه زمان‌بندی را نمایش می‌دهد. در این صفحه، اطلاعات مربوط به زمان‌بندی ایجاد شده در مراحل قبل، نمایش داده شده است. این اطلاعات شامل مدت‌زمان، پیش‌نیازها، زودترین زمان آغاز، زودترین زمان پایان، دیرترین زمان آغاز، دیرترین زمان پایان، شناوری و همچنین بحرانی یا غیربحرانی بودن هر یک از فعالیت‌ها است. در این صفحه، کاربر ضمن بررسی و اطمینان از صحت اطلاعات نمایش داده شده، تاریخ موردنظر خود برای آغاز پروژه را تعیین می‌نماید.

صفحه‌نمایش زمان‌بندی: تصویر ۱۰، صفحه‌نمایش زمان‌بندی را نشان می‌دهد. در قسمت بالای این صفحه، نمودار گانت پروژه نمایش داده شده است. نمودار مذکور، علاوه بر نمودار میله‌ای تاریخ‌های برنامه‌ریزی شده برای فعالیت‌ها، وضعیت واقعی اجرا یا عدم اجرای فعالیت‌ها را با درج علامت X در تاریخ‌های موردنظر مشخص می‌کند. در بخش پایین این صفحه نیز اطلاعاتی در خصوص تاریخ آغاز و پایان برنامه‌ریزی شده، پیشرفت برنامه‌ریزی شده و پیشرفت واقعی فعالیت‌ها نمایش داده شده است. همچنین کاربر می‌تواند پیشرفت برنامه‌ریزی شده و واقعی را در سطح پروژه مشاهده نماید. لازم به ذکر است، اطلاعات مربوط به پیشرفت فعالیت‌ها و همچنین وضعیت اجرای فعالیت‌ها، از اطلاعات وارد شده توسط کاربر در صفحه کنترل پیشرفت استخراج شده است.

صفحه کنترل پیشرفت: تصویر ۱۱، صفحه کنترل پیشرفت



شکل ۱۰. صفحه‌نمایش زمان‌بندی

[Downloaded from journalabadi.ir on 2025-09-06]

شکل ۱۱. صفحه کنترل پیشرفت

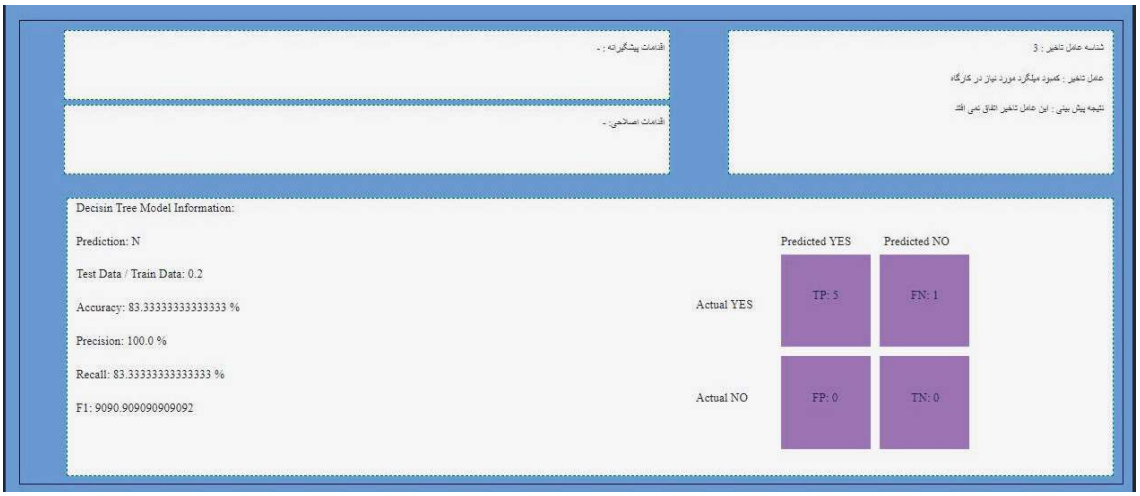
را نمایش می‌دهد. در این صفحه، کاربر باید اطلاعات مربوط به پیشرفت فعالیت‌ها را به صورت روزانه وارد نماید. همان‌طور که در تصویر مشاهده می‌شود، برای هر یک از فعالیت‌ها یک ردیف در نظر گرفته شده است. در سمت راست هر ردیف، کاربر باید درصد پیشرفت فعالیت را وارد نماید. همچنین کاربر باید تعیین نماید که آیا بخشی از فعالیت، در تاریخ موردنظر اجرا شده است یا خیر. در بخش میانی هر ردیف، کاربر می‌تواند عوامل تأخیر مشاهده شده در حین اجرای هر یک از فعالیت‌ها را ثبت نماید. در سمت چپ هر ردیف نیز، عوامل تأخیر احتمالی برای هر یک از فعالیت‌ها نمایش داده شده است. کاربر می‌تواند با کلیک کردن بر روی هر یک از عوامل مذکور، وارد صفحه جزئیات پیش‌بینی عوامل تأخیر شود.

صفحه جزئیات پیش‌بینی عوامل تأخیر: تصویر ۱۲، صفحه جزئیات پیش‌بینی عوامل تأخیر را نمایش می‌دهد. در این صفحه، وقوع یا عدم وقوع عامل تأخیر و همچنین اقدامات اصلاحی و پیشگیرانه مربوطه، قابل مشاهده است. همچنین اطلاعاتی در خصوص مدل درخت تصمیم مربوطه ارائه شده است که برای اهداف پژوهشی مفید بوده و برای کاربران سامانه کاربرد خاصی ندارد.

تصویر ۱۳، فرآیند طی شده توسط کاربر در حین تعامل با سامانه را به صورت خلاصه نمایش می‌دهد.

۲. ۳ پیاده‌سازی

پیاده‌سازی سامانه مدیریت زمان با استفاده از چارچوب



شکل ۱۲. صفحه جزئیات پیش‌بینی عوامل تأخیر

[Downloaded from journalabadi.ir on 2025-09-06]

شکل ۱۳. نحوه تعامل کاربر با سامانه

[Downloaded from journalabadi.ir on 2025-09-06]

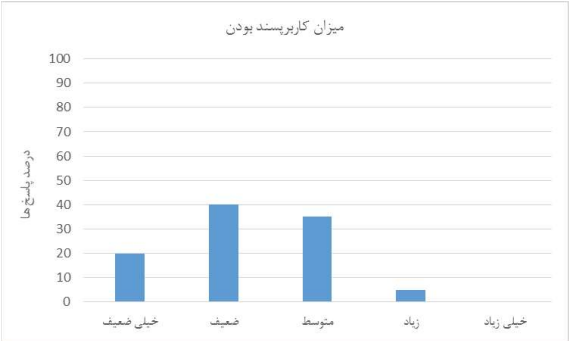
شبکه جنگو انجام شده است. چارچوب‌های شبکه، مجموعه‌ای از ابزارهای مدولار هستند که عملکردهای استاندارد و رایج در توسعه شبکه را انجام داده و به توسعه‌دهندگان اجازه می‌دهند بدون نیاز به انجام فعالیت‌های تکراری، بر قسمت‌های منحصربه‌فرد وب‌سایت خود متمرکز شوند[۳۰]. برنامه‌نویسی نرم‌افزار، با استفاده از زبان‌های Python، HTML، CSS و JavaScript در محیط نرم‌افزار Visual Studio Code انجام شده است. با اتمام مرحله برنامه‌نویسی و برطرف نمودن ایرادات ظاهری و فنی مشاهده شده، سامانه بر روی یک‌هاست اشتراکی و با آدرس دامنه اصلی www.tmosbproject.ir در دسترس کاربران قرار گرفته است. در مرحله بعد، با وارد نمودن مجموعه‌ای از اطلاعات فنی شامل فعالیت‌های اجرایی رایج در پروژه‌های ساختمانی، اکیپ‌های اجرایی و کارکرد روزانه آن‌ها، عوامل تأخیر و اقدامات اصلاحی و پیشگیرانه مربوطه، تعریف پروژه‌های الگو و درنهایت، وارد نمودن مجموعه داده‌های موردنیاز الگوریتم‌های یادگیری ماشین، سامانه مدیریت زمان برای به‌کارگیری در پروژه‌های واقعی آماده شده است.

۳- ارزیابی سامانه مدیریت زمان

به منظور ارزیابی عملکرد سامانه، حساب‌های کاربری برای تعدادی از پیمانکاران مشغول در پروژه‌های ساختمانی کوچک فعال شده است. از کارکنان شرکت‌های پیمانکاری خواسته شده است تا سامانه را برای مدیریت زمان یکی از پروژه‌های در دست اجرای خود به‌کارگیرند. با گذشت چند هفته از به‌کارگیری سامانه، نظرات کاربران در خصوص جنبه‌های مختلف عملکرد سامانه جمع‌آوری شده است. در ادامه، میزان رضایت کاربران براساس معیارهای مختلف مورد بررسی قرار می‌گیرد.

۳. ۱ میزان کاربرپسند بودن

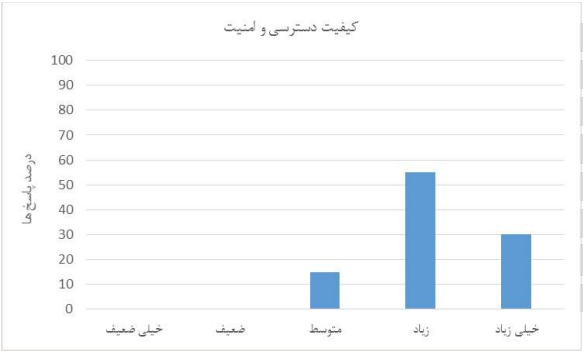
تصویر ۱۴، میزان کاربرپسند بودن سامانه مدیریت زمان را از دید کاربران نمایش می‌دهد. همان‌طور که در این تصویر مشاهده می‌شود، میزان رضایت نسبی از رابط کاربری و نحوه گردش کار سامانه در سطح پایینی قرار داشته است. به نظر می‌رسد ایجاد تغییرات کلی در شیوه تعامل کاربر با سامانه و بهبود رابط کاربری، برای افزایش میزان رضایت کاربران الزامی است.



شکل ۱۴. ارزیابی کاربران از میزان کاربرپسند بودن سامانه

۳. ۲ کیفیت دسترسی و امنیت

تصویر ۱۵، ارزیابی کاربران از کیفیت دسترسی و امنیت سامانه مدیریت زمان را نشان می‌دهد. همان‌طور که در تصویر مشاهده می‌شود، کاربران از سرعت پاسخگویی و دسترسی مداوم به سامانه رضایت نسبی داشته‌اند. همچنین به نظر می‌رسد کاربران نسبت به کیفیت ذخیره و نگهداری اطلاعات اطمینان حاصل نموده‌اند.

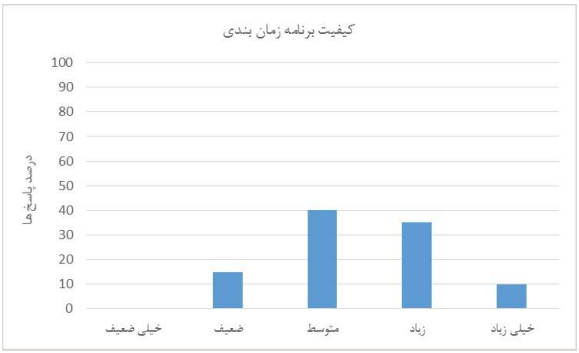


شکل ۱۵. ارزیابی کاربران از کیفیت دسترسی و امنیت سامانه

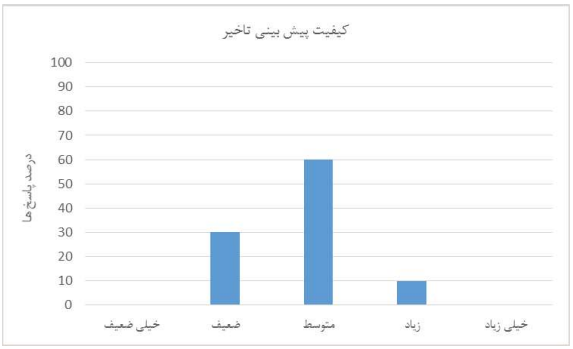
۳. ۳ کیفیت برنامه زمان‌بندی

تصویر ۱۶، ارزیابی کاربران را از کیفیت برنامه زمان‌بندی نشان می‌دهد. همان‌طور که از نمودار مذکور می‌توان دریافت، در این بخش نیز میزان رضایت کاربران بالاتر از حد متوسط بوده است. بازخوردهای دریافت شده از کاربران نشان می‌دهد، برخی از آنان تعداد محدود پروژه‌های الگوی تعریف شده در سامانه و عدم امکان انتخاب بین گزینه‌های مختلف را مهم‌ترین ایراد مشاهده شده در این بخش عنوان نموده‌اند.

[Downloaded from journalabadi.ir on 2025-09-06]



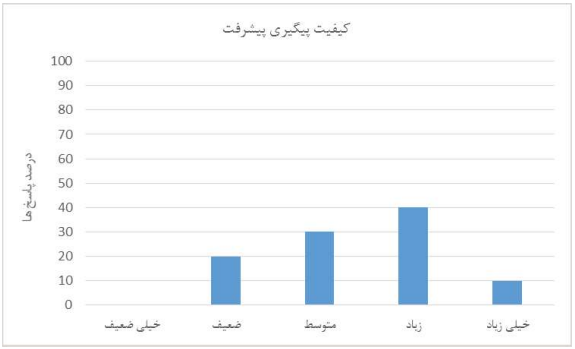
شکل ۱۶. ارزیابی کاربران از کیفیت برنامه زمان‌بندی



شکل ۱۸. ارزیابی کاربران از کیفیت پیش‌بینی تأخیر

۴،۳ کیفیت پیگیری پیشرفت

تصویر ۱۷، ارزیابی کاربران را از کیفیت پیگیری پیشرفت نشان می‌دهد. همان‌طور که از اطلاعات نمودار می‌توان دریافت، میزان رضایت کاربران در این زمینه نیز بالاتر از متوسط است. برخی از کاربران، عدم امکان ثبت گزارش پیشرفت مشروح را مهم‌ترین نقطه‌ضعف این بخش عنوان نموده‌اند.



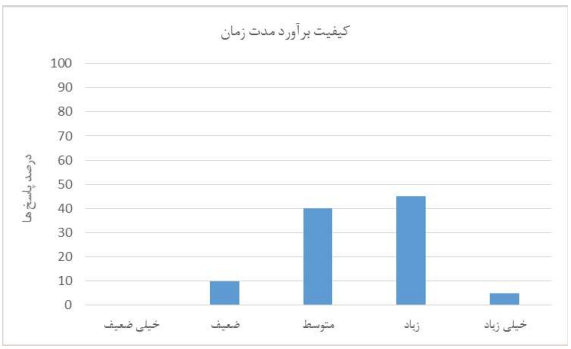
شکل ۱۷. ارزیابی کاربران از کیفیت پیگیری پیشرفت

۵،۳ کیفیت پیش‌بینی تأخیر

تصویر ۱۸، ارزیابی کاربران را از کیفیت پیش‌بینی تأخیر نمایش می‌دهد. با توجه به نمودار، میزان رضایت براساس این معیار پایین‌تر از حد متوسط است. بازخوردهای دریافت شده از کاربران نشان می‌دهد، تعداد محدود عوامل تأخیر ثبت شده در سامانه و در برخی موارد، پیش‌بینی‌های نادرست ارائه شده را می‌توان از مهم‌ترین دلایل عدم رضایت نسبی کاربران دانست. انتظار می‌رود با تکمیل اطلاعات موجود در پایگاه داده‌ها، بهبود قابل‌ملاحظه‌ای در این زمینه به وجود آید.

۶،۳ کیفیت برآورد مدت‌زمان

تصویر ۱۹، ارزیابی کاربران را از کیفیت برآورد مدت‌زمان فعالیت‌ها نمایش می‌دهد. با توجه به نمودار مذکور، سطح رضایت کاربران از کیفیت برآوردهای مدت‌زمان فعالیت‌ها، بالاتر از متوسط است. بازخوردهای دریافت شده از کاربران نشان می‌دهد، می‌توان با تکمیل اطلاعات موجود در پایگاه داده‌های سامانه و افزایش دقت برآوردها، سطح رضایت کاربران را در این زمینه افزایش داد.



شکل ۱۹. ارزیابی کاربران از کیفیت برآورد مدت‌زمان

۴- نتیجه‌گیری

پژوهش حاضر، به دنبال معرفی ابزاری برای بهبود وضعیت مدیریت زمان در پروژه‌های ساختمانی کوچک بوده است. برای این منظور، ضمن شناسایی الزامات شرکت‌های پیمانکاری فعال در این حوزه، یک سامانه مدیریت زمان مبتنی بر شبکه و یادگیری ماشین، توسعه داده شده است. سامانه مذکور، قابلیت ایجاد خودکار زمان‌بندی در مرحله برنامه‌ریزی و همچنین کنترل پیشرفت را در حین اجرای پروژه فراهم می‌نماید. نتایج ارزیابی کارآمدی نشان می‌دهد، سامانه مدیریت زمان معرفی شده در پژوهش حاضر، با وجود عدم دستیابی به سطح رضایت مناسب در

[Downloaded from journalabadi.ir on 2025-09-06]

معیار کاربرپسند بودن، به صورت کلی عملکرد موفقی در بهبود مدیریت زمان پروژه‌های ساختمانی کوچک داشته است.

مراجع

[۱] Koushki, P., et al. (2005). "Delays and cost increases in the construction of private residential projects in Kuwait." Construction Management and Economics 23(3): 285-294.

[2] Nitithamyong, P. and M. J. Skibniewski (2004). "Web-based construction project management systems: how to make them successful?" Automation in construction 13(4): 491-506.

[3] Huang, W., et al. (2010). "A novel lifecycle model for Web-based application development in small and medium enterprises." International Journal of Automation and Computing 7(3): 389-398.

[4] Lam, H. and T. Y. P. Chang (2002). "Web-based information management system for construction projects." Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering 17(4): 280-293.

[5] Cheung, S. O., et al. (2004). "PPMS: a web-based construction project performance monitoring system." Automation in construction 13(3): 361-376.

[6] Moselhi, O., et al. (2004). "Web-based integrated project control system." Construction Management and Economics 22(1): 35-46.

[7] Afolabi, A., et al. (2017). Characteristics of a web-based integrated material planning and control system for construction project delivery. World Conference on Information Systems and Technologies, Springer.

[8] Abdullahi, B., et al. (2019). "Development of web-based e-Tendering system for Nigerian public procuring entities." International Journal of Construction Management: 1-14.

[9] Chevallier, N. J. and A. D. Russell (2001). "Developing a draft schedule using templates and rules." Journal of construction engineering and management 127(5): 391-398.

[10] Faghihi, V., et al. (2015). "Automation in construction scheduling: a review of the literature." The International Journal of Advanced Manufacturing Technology 81(9): 1845-1856.

[11] Golizadeh, H., et al. (2016). "Automated tool for predicting duration of construction activities in tropical countries." KSCE Journal of Civil Engineering 20 (1): 12-22.

[12] Amer, F. and M. Golparvar-Fard (2019). Formalizing construction sequencing knowledge and mining company-specific best practices from past project schedules. Computing in Civil Engineering 2019: Visualization, Information Modeling, and Simulation, American Society of Civil Engineers Reston, VA: 215-223.

[13] Li, J., et al. (2005). "A reasoning process in support of integrated project control." Canadian journal of civil engineering 32 (3): 500-516

[۱۴] کاظمی، عالیه و کاظمی، محمدحسین و کاتبی، علی، ۱۴۰۰، اولویت‌بندی عوامل مؤثر بر تأخیر در پروژه‌های ساخت‌وساز در ایران، مهندسی عمران و محیط‌زیست دانشگاه تبریز، ۸۵-۹۸

[۱۵] الوانچی، امین و حاجی یخچالی، سیامک و فرمانی، نیما، ۱۳۹۸، ارزیابی و پیشنهاد راهکار مقابله با عوامل مؤثر در تأخیر در روند اجرای پروژه‌های مسکونی در شهر مشهد، مهندسی عمران شریف، ۳۰۰۰۲، ۳-۱۳

[۱۶] جباری، علیرضا و صبحیه، محمدحسین و عزیزی، مجتبی،۱۳۹۹، بررسی و طبقه‌بندی علل ایجاد تا خیرات در پروژه‌های عمرانی و ارائه راهکارهایی جهت کاهش زمان تأخیر در پروژه (مطالعه موردی: پروژه اداری تجاری در شهر تهران)، پانزدهمین کنفرانس بین‌المللی مدیریت پروژه ایران، تهران

[17] Ogunlana, S. O., et al. (1996). "Construction delays in a fast-growing economy: comparing Thailand with other economies." International journal of project Management 14(1): 37-45.

[18] Kaming, P. F., et al. (1997). "Factors influencing construction time and cost overruns on high-rise projects in Indonesia." Construction Management & Economics 15(1): 83-94.

[19] Amoatey, C. T., et al. (2015). "Analysing delay causes and effects in Ghanaian state housing construction projects." International Journal of Managing Projects in Business.

[20] Sweis, G., et al. (2008). "Delays in construction projects: The case of Jordan." International journal of project Management 26(6): 665-674.

[21] Kog, Y. C. (2018). "Project management and delay factors of public housing construction." Practice Periodical on Structural Design and Construction 23(1): 04017028.

[22] McCord, J., et al. (2015). "Understanding delays in housing construction: evidence from Northern Ireland." Journal of Financial Management of Property and Construction.

[23] Megha, D. and B. Rajiv (2013). "A methodology for ranking of causes of delay for residential construction projects in Indian context." International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering 3(3): 396-404.

[24] Bajjou, M. S. and A. Chafi (2020). "Empirical study of schedule delay in Moroccan construction projects." International Journal of Construction Management 20(7): 783-800.

[Downloaded from journalabadi.ir on 2025-09-06]

[25] Yates, J. K. (1993). “Construction decision support system for delay analysis ".Journal of construction engineering and management 119(2): 226-244.

[26] Russell, A. D. and A. Fayek (1994). “Automated corrective action selection assistant.” Journal of construction engineering and management 120(1): 11-33.

[27] Wang, C.-H., et al. (2007). “PCM in Taiwan: A diagnosis knowledge-base in PCM plan/design phase.” Journal of computing in civil engineering 21(2): 102-111.

[28] Awada, M., et al. (2021). “Data-Driven Machine Learning Approach to Integrate Field Submittals in Project Scheduling.” Journal of Management in Engineering 37(1): 04020104.

[29] Chan, S.-L. and N.-N. Leung (2004). “Prototype web-based construction project management system.” Journal of construction engineering and management 130(6): 935-943.

[30] Vincent, W. S. (2021). Django for beginners: Build websites with Python and Django ,WelcomeToCode.

[Downloaded from journalabadi.ir on 2025-09-06]

Development of machine learning and web-based system for time management of small building projects

Mehran Tavazoei[1], Ehsanollah Eshtehardian[2*]

Received: 2024/02/24 Accepted: 2024/05/23 Available Online: 2024/06/21

Abstract

Small building projects have an important role in providing housing for communities and are considered one of the most important drivers of countries' economy. One of the most important and common problems in small building projects is improper management of time and the occurrence of numerous and longtime delays. This study aims to introduce an efficient tool to answer the challenges of time management in small building projects. For this purpose, a time management system using web and machine learning capabilities has been developed. Different parts of the system, provide capabilities for identifying project activities and their precedencies, estimating the work volume of activities, tracking the progress of the project, and finally, predicting delay factors and proposing appropriate predictive and corrective actions. With the completion of the development phase, the time management system has been implemented in an ongoing project and the opinions of employees of contracting companies have been collected as users of the system. By reviewing the opinions of users, it was found that despite relatively low satisfaction with the level of user-friendliness, the time management system has been relatively successful in improving time management and reducing delays.

Keywords: time management, small building projects, web-based, machine learning.

لگوی لاتین نشریه

No. 90 / Summer 2024

7-21

1- Master's in Project Management and Construction, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran.
2- Associate Professor, Department of Construction and Project Management, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran.

* Corresponding Author: eshtehardian@modares.ac.ir

[Downloaded from journalabadi.ir on 2025-09-06]