

تدوین چهارچوبی برای تعیین جریان نقدینگی خروجی پیمانکار

در بستر مدل اطلاعاتی ساخت (BIM)

محمدحسین سلیمی^۱، وحید شاه حسینی^{۱*}

۱- دانشکده مهندسی عمران و محیط‌زیست، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تهران، ایران.

چکیده

تعیین دقیق جریان نقدینگی پروژه امری حیاتی برای پیمانکاران پروژه‌های عمرانی است. در این میان جریان نقدینگی خروجی پیمانکار از اهمیت بسزایی برخوردار بوده و عدم توجه به آن می‌تواند موجب بروز چالش کمبود نقدینگی در طول پروژه برای پیمانکار شود. با گسترش ابزارهای نوین رایانه‌ای به‌ویژه مدل‌سازی اطلاعات ساخت در صنعت ساخت‌وساز، می‌توان در هر لحظه از پروژه جریان نقدینگی خروجی پیمانکار را به‌راحتی و کمتر از چند دقیقه محاسبه نمود. در این مقاله، چهارچوبی مبتنی بر مدل‌های پرداختی پیمانکار برای نیروی انسانی، ماشین‌آلات و ابزار و مصالح ارائه و در یک پروژه ساختمانی واقعی پیاده‌سازی گردید. مدل با تأکید بر مفهوم فاصله زمانی میان استفاده از منابع و پرداخت هزینه آنها طراحی شده و جریان نقدینگی واقعی با نمودار هزینه کل مقایسه شد. نتایج نشان می‌دهد که منشأ اصلی تفاوت میان نمودار هزینه کل و جریان نقدینگی خروجی، اختلاف زمانی میان ثبت هزینه‌ها و پرداخت واقعی است. این تأخیر باعث ایجاد پیک‌های نقدینگی در هزینه‌های سرمایه‌بر و گسسته مانند مصالح می‌شود، در حالی که هزینه‌های پیوسته مانند نیروی انسانی تنها تغییرات جزئی زمانی ایجاد می‌کنند. استفاده از نمودار هزینه کل برای برآورد سودآوری، خطای محدودی حدود ۰/۳ تا ۲/۱ درصد دارد. با این حال، نیاز نقدینگی واقعی پیمانکار به دلیل تأخیر در پرداخت هزینه‌های مصالح می‌تواند تا ۶۴ درصد بیش‌برآورد شود، در حالی که پرداخت نیروی انسانی عمده‌تأ تنها باعث شیفت‌های زمانی جزئی در جریان نقدینگی می‌شود. بنابراین، مدیریت فعال پرداخت مصالح و چانه‌زنی با تأمین‌کنندگان ریسک کمبود نقدینگی را کاهش داده و تصمیم‌گیری مالی را بهبود می‌بخشد.

کلمات کلیدی

مدل‌سازی اطلاعات ساخت، جریان نقدینگی خروجی پیمانکار، هزینه‌های منابع پروژه، مدل‌های پرداختی، سودآوری.

^۱ Email: shahhosseini@aut.ac.ir

۱- مقدمه

جریان نقدینگی برای شرکت‌های ساخت‌وساز بسیار حائز اهمیت است، زیرا جریان نقدینگی نیازهای مالی آینده شرکت را نشان می‌دهد و قبل از این که شرکت دچار مشکل مالی و نقدینگی شود، فرصت برای تعیین راه‌حل‌ها فراهم می‌شود. به‌منظور مدیریت صحیح و بهنگام جریان نقدینگی پروژه ابتدا باید جریان نقدینگی پروژه را به‌صورت دقیق محاسبه نمود. جریان نقدینگی پروژه متشکل از جریان نقدینگی ورودی و خروجی است. با توجه به اینکه جریان نقدینگی خروجی بیانگر هزینه‌های پرداختی برای بکارگیری منابع مختلف از جمله نیروی انسانی، ماشین‌آلات، ابزار و مصالح است، توجه به آن برای پیمانکار اهمیت بسزایی دارد. چراکه پیمانکار می‌تواند با ایجاد تغییر در برنامه زمانبندی پروژه، تغییر در تکنولوژی ساخت، بهره‌مندی از شناوری فعالیت‌ها و به تعویق انداختن زمان پرداخت هزینه‌های نیروی انسانی، ماشین‌آلات و مصالح؛ جریان نقدینگی خروجی را در طول پروژه بهبود بخشیده و درنهایت سود بیشتری را دریافت نماید. در حال حاضر جریان نقدینگی خروجی عموماً به‌صورت دستی محاسبه شده که علاوه بر زمان بر بودن، امکان بروز خطای انسانی در آن وجود دارد. همچنین اگر در طول روند پروژه تغییراتی از جانب کارفرما در کار رخ دهد به‌روزرسانی این مقادیر امری وقت‌گیر است. اگر فرآیندی برای محاسبه دقیق و بهنگام جریان نقدینگی خروجی پیمانکار تدوین شود، مشکلات ناشی از تعیین دستی جریان نقدینگی مرتفع شده و فرآیند مدیریت به‌موقع و زودهنگام آن تسهیل می‌گردد.

در این پژوهش با تأکید بر عامل فاصله زمانی میان بکارگیری منابع مختلف توسط پیمانکار در پروژه و زمان پرداخت هزینه‌های آن، مدلی به‌منظور تعیین جریان نقدینگی خروجی پیمانکار تدوین شده است. سپس با استفاده از مدل تدوین‌شده بستری برای محاسبه جریان نقدینگی خروجی تجمعی و ترسیم نمودار مربوط به آن بر مبنای ابزارهای مبتنی بر مدل اطلاعاتی ساخت^۱ توسعه داده شده است. در انتها جریان نقدینگی خروجی و هزینه کل یک پروژه ساختمانی با استفاده از بستر ارائه‌شده، تعیین و با یکدیگر مقایسه می‌شود.

۲- پیشینه تحقیق

۱-۲- هزینه‌های پروژه

جریان نقدینگی خروجی پروژه ناشی از هزینه‌های پیمانکار برای انجام فعالیت‌های موضوع پیمان در مدت‌زمان قرارداد است. به همین دلیل برای شناخت جریان نقدینگی خروجی یک پروژه ابتدا باید انواع هزینه‌های موجود در یک پروژه‌ی عمرانی را شناسایی کرد. به‌طور کلی هزینه‌ی کل یک پروژه عمرانی شامل هزینه‌های مستقیم^۲ و غیرمستقیم^۳ فعالیت‌های مرتبط با آن است [۱].

الف) هزینه‌های مستقیم:

مجموع هزینه‌های مربوط به تمامی نیروهای انسانی، ماشین‌آلات، تجهیزات و مواد و مصالحی که مستقیماً برای انجام فعالیت‌های پروژه موردنیاز هستند را هزینه‌ی مستقیم می‌نامند. این هزینه‌ها بخش عمده‌ای از هزینه‌های یک پروژه را دربر می‌گیرد و تقریباً حدود ۹۰ الی ۹۵ درصد هزینه‌ها را به خود اختصاص می‌دهد [۱].

ب) هزینه‌های غیرمستقیم:

هزینه‌های غیرمستقیم هزینه‌هایی هستند که به فعالیت‌های پروژه مستقیماً ارتباطی نداشته و با صرف این هزینه‌ها فعالیت خاصی در پروژه انجام نمی‌شود اما این هزینه‌ها برای پیشبرد فعالیت‌های پروژه لازم هستند [۲، ۳].

براساس پیوست شماره ۳ فهرست بها، هزینه‌های غیرمستقیم (بالاسری) به طور کلی به هزینه بالاسری عمومی و هزینه بالاسری کار تقسیم بندی می‌شود. هزینه بالاسری عمومی از نوع هزینه‌هایی است که نمی‌توان آن‌ها را به کار مشخصی مربوط کرد مانند هزینه‌های دستمزد نیروی انسانی دفتر مرکزی، هزینه بیمه‌های عمومی و حق بیمه کارکنان دفتر مرکزی، هزینه نگهداری دفتر مرکزی. این درحالی است که هزینه بالاسری کار از نوع هزینه‌هایی است که می‌توان آن را به کار مشخصی مربوط کرد مانند هزینه‌های سرمایه‌گذاری شامل تنخواه در گردش پیمانکار یا هزینه ضمانت‌نامه‌ها شامل هزینه ضمانت‌نامه انجام تعهدات، پیش‌پرداخت، وجوه حسن اجرای کار، هزینه مالیات و سود پیمانکار. همچنین لازم به ذکر است که ضریب بالاسری طرح‌های عمرانی برای کارهایی که به صورت

¹ Building Information Modeling (BIM)

² Direct Cost

³ Indirect Cost

مناقصه و یا عدم الزام به برگزاری مناقصه ناشی از انحصار فرآیند مناقصه واگذار می‌شوند، برابر با ۱/۳۰ و برای کارهایی که به صورت ترک تشریفات مناقصه و یا عدم الزام به برگزاری مناقصه به استثنای انحصار ناشی از فرآیند مناقصه واگذار می‌شوند برابر ۱/۲۰ می‌باشد. ضریب بالاسری طرح‌های غیر عمرانی برای کارهایی که به صورت مناقصه و یا عدم الزام به برگزاری مناقصه ناشی از انحصار فرآیند مناقصه واگذار می‌شوند، برابر ۱/۴۱ و برای کارهایی که به صورت ترک تشریفات مناقصه و یا عدم الزام به برگزاری مناقصه به استثنای انحصار ناشی از فرآیند مناقصه واگذار می‌شوند، برابر ۱/۳ می‌باشد [۴].

۲-۲- هزینه کل

جمع هزینه‌های مستقیم و غیرمستقیم تمامی فعالیت‌های پروژه، هزینه کل پروژه را تشکیل می‌دهد. همچنین یک آهنگ خاصی در نمودارهای هزینه کل در صورتی که صحیح ترسیم شده باشند، وجود دارد. مطابق منحنی S (گرده‌ماهی)، با گذشت ۲۵ درصد زمان اجرای پروژه حدود ۱۵ درصد ریالی عملیات، با گذشت ۵۰ درصد زمان، ۵۰ درصد ریالی و پس از سپری شدن ۷۵ درصد زمان اجرا، حدود ۸۵ درصد ریالی پروژه به اتمام می‌رسد. در انتها نیز با گذشت ۱۰۰ درصد زمان، کل هزینه عملیات خاتمه پیدا می‌کند [۵].

۲-۳- تفاوت جریان نقدینگی خروجی با هزینه کل

شاید به اشتباه نمودار هزینه کل پروژه در طول زمان با نمودار جریان نقدینگی خروجی یکسان در نظر گرفته شود اما همان‌طور که ذکر شد منشأ جریان نقدینگی خروجی، هزینه‌های پروژه است و نه خود آن. تفاوت بین این دو مفهوم را می‌توان در موضوعی به نام "اختلاف زمان"^۱ یافت. منظور از اختلاف زمان، فاصله‌ی زمانی بین بکارگیری منابع مختلف در پروژه تا پرداخت هزینه آن توسط پیمانکار است. تأخیر در پرداخت هزینه‌ها توسط پیمانکار موضوعی حائز اهمیت در جریان نقدینگی خروجی است. هر کدام از گروه‌های هزینه‌ای که شامل هزینه‌های نیروی انسانی، مواد و مصالح، پیمانکاران جزء، تجهیزات و ماشین‌آلات می‌شود می‌تواند یک اختلاف زمان مختص به خود را داشته باشد. به‌عنوان مثال هزینه کارگران به‌صورت ماهانه، پیمانکاران جزء به‌صورت درصد پیشرفت کار و تأمین‌کنندگان مصالح و ماشین‌آلات بر اساس قرارداد بین پیمانکار و تأمین‌کننده پرداخت شود [۶].

۲-۴- بهره‌مندی از مدل‌های رایانه‌ای برای تعیین جریان نقدینگی

در سال ۲۰۱۲، هاناوکا و پالاپوس^۲ [۷] اقدام به بررسی میزان تأثیر ریسک عوامل مختلف بر روی جریان نقدینگی پروژه‌های راهسازی با استفاده از شبیه‌سازی مونت کارلو^۳ و تئوری بازی^۴ کردند. آن‌ها از مطالعه موردی دو شرکت راهسازی BOT^۵ در فیلیپین برای نشان دادن قابلیت کاربرد روش پیشنهادی خود استفاده کردند.

در سال ۲۰۱۷، محقق^۶ و همکاران [۸] مدلی برای پیش‌بینی جریان نقدینگی پروژه‌ها با استفاده از روش فازی نوع دو^۶ پیشنهاد کردند. مدل آن‌ها بر روی یک پروژه ساخت و ساز اعمال شد و بر اساس نتایج، این مدل توانایی بالایی برای در نظر گرفتن عدم قطعیت بر روی جریان نقدینگی پروژه داشت.

در سال ۲۰۱۹، طبایی و همکاران [۹] با استفاده از روش فازی اقدام به تعیین حد بالا و پایین جریان نقدینگی ورودی و خروجی با در نظر گرفتن ریسک موجود در پنج عامل زمان شروع پروژه، مدت زمان فعالیت‌ها، هزینه منابع انسانی و مواد و مصالح، مبلغ قرارداد و زمان دریافتی‌های پیمانکار کردند.

در سال ۲۰۲۲، کوچتا و زابور^۷ [۱۰] با بررسی پیشینه تحقیق دریافتند که مدل‌های فازی مطرح‌شده برای تعیین و کنترل جریان نقدینگی تنها با استفاده از رویکردهای پایه برگرفته از نظریه فازی تنظیم شده‌اند که ممکن است اعتبار مدل را مخدوش کنند. بنابراین آنها تلاش کردند که با بهره‌مندی از کل طیف محاسبات فازی اقدام به تهیه یک مدل قابل اطمینان نمایند.

1 Time lag

2 Hanaoka and Palapus

3 Monte Carlo simulation

4 Game theory

5 Build-Operate-Transfer (BOT)

6 Fuzzy Type-2

7 Kuchta and Zabor

با پیشرفت استفاده از مدل‌های کامپیوتری به خصوص مدل اطلاعاتی ساخت، استفاده از مدل ۵ بعدی اطلاعات ساخت به دلیل توانایی در نظر گرفتن زمان و هزینه، بهبود بخشیدن به جزئیات ساخت‌وساز، شناسایی ریسک‌ها پیش از وقوع آن‌ها و مهم‌تر از همه توانایی به‌روزرسانی خودکار و سریع جزئیات مختلف پروژه از جمله نماها، پلان‌ها، برنامه زمانبندی و هزینه پروژه، رواج یافت [۱۱]. به همین دلیل پژوهش‌های گوناگونی درباره استفاده از مدل ۵ بعدی اطلاعات ساخت در زمینه‌هایی نظیر برآورد مقادیر کار و احجام، برآورد هزینه‌ها، بودجه‌ریزی پروژه‌ها و کنترل هزینه‌ها انجام شده است.

در سال ۲۰۱۴، ایبینو و ونکاتش^۱ [۱۲] با بررسی ۴۰ شرکت مشاوره در استرالیا دریافتند که استفاده از مدل پنج بعدی اطلاعات ساخت می‌تواند فرآیند برآورد احجام را سریع‌تر و دقیق‌تر نماید. این در حالی است که هنوز از مدل پنج بعدی اطلاعات ساخت در استرالیا استفاده چندانی نمی‌شود.

در سال ۲۰۱۵، پلیبانکوویچ و همکاران^۲ [۱۳] با توسعه یک نرم‌افزار لهستانی به نام BIMestiMate اقدام به برآورد احجام و مقادیر کار و سپس برآورد هزینه آن‌ها بر پایه مدل‌سازی اطلاعات ساخت کردند.

در سال ۲۰۱۷، کهیلی^۳ [۱۴] روشی بر مبنای مدل پنج بعدی اطلاعات ساخت برای تعیین هزینه‌های چرخه حیات یک پروژه مطرح کرد. روش پیشنهادی او می‌تواند هزینه‌های چرخه حیات پروژه را با دقت بالا محاسبه کرده و در صورت نیاز به آسانی به‌روز شود و هزینه‌های به‌روز شده را نمایش دهد.

در سال ۲۰۱۸، مارزوک و همکاران^۴ [۱۵] چهارچوبی برای بهینه‌سازی هزینه‌های چرخه حیات پروژه با استفاده از شبیه‌سازی مونته کارلو و مدل پنج بعدی اطلاعات ساخت ارائه کردند. آن‌ها با بررسی میزان تأثیر مصالح مختلف بر روی هزینه‌های چرخه حیات پروژه اقدام به بهینه‌سازی آن نمودند.

لا و همکاران^۵ [۱۶] نیز در سال ۲۰۱۸ با تأکید بر لزوم استفاده از اطلاعات هزینه‌ای ذخیره شده در مدل اطلاعاتی ساختمان در فاز بهره‌برداری پروژه اقدام به تهیه نرم‌افزاری بر مبنای مدل رویت کردند. نرم‌افزار ارائه شده توسط آن‌ها توانایی استخراج داده‌های هزینه‌ای تجهیزات مختلف پروژه از مدل رویت به منظور اجرای فرآیند تصمیم‌گیری در فاز بهره‌برداری پروژه را دارا بود.

در سال ۲۰۲۳، عبدالحمید و عبدالحلیم^۶ [۱۷] به منظور اثبات این ادعا که استفاده از مدل‌سازی اطلاعات ساخت می‌تواند از افزایش هزینه‌ها و تأخیر در برنامه زمانبندی پروژه‌ها جلوگیری کند، اقدام به پیاده‌سازی مدل پنج بعدی اطلاعات ساخت در یک پروژه واقعی نمودند. نتایج حاصل از پژوهش آن‌ها نشان می‌دهد که اختلاف میان هزینه‌های برنامه‌ریزی شده و واقعی از دوازده درصد به پنج درصد در حالتی که از مدل پنج بعدی اطلاعات ساخت به‌جای روش‌های سنتی استفاده می‌شود، تقلیل می‌یابد.

در سال ۲۰۲۴، یلماز و همکاران^۷ [۱۸] به بررسی کاربرد روش‌های مدیریت هزینه PMBOK و کاربردهای مدل‌سازی اطلاعات ساخت در این زمینه پرداخته و چهارچوبی جامع برای مدیریت هزینه مبتنی بر BIM به منظور عملیاتی کردن این هم‌افزایی شامل مراحل برنامه‌ریزی، برآورد، بودجه، نظارت و کنترل معرفی کردند. همچنین کارایی این چهارچوب از طریق بکارگیری آن در یک مرکز صنعتی مورد ارزیابی قرار گرفت.

علی‌رغم اینکه بیشتر تحقیقات انجام‌شده در بستر فناوری مدل‌سازی اطلاعات ساختمان به‌ویژه مدل پنج بعدی اطلاعات ساختمان بر روی تعیین هزینه‌های چرخه حیات پروژه تمرکز دارد، اما مطالعاتی نیز در زمینه تعیین جریان نقدینگی پروژه با استفاده از این فناوری انجام شده است.

1 Aibinu and Venkatesh

2 Plebankiewicz et al.

3 Kehily

4 Marzouk et al.

5 Lau et al.

6 Abdel-Hamid and Abdelhaleem

7 Yilmaz et al.

در سال ۲۰۱۳، کیم و گرابلر^۱ [۱۹] با تأکید بر این موضوع که مدل اطلاعاتی ساخت می‌تواند فرآیند یکپارچه‌سازی زمان و هزینه را بهبود بخشد اقدام به ارائه یک چهارچوب اولیه برای ارتباط بین زمان و هزینه پروژه و درنهایت رسم جریان نقدینگی یک پروژه نمونه کردند.

در سال ۲۰۲۳، لی و کانگ^۲ [۲۰] یک سیستم یکپارچه مبتنی بر مدل اطلاعاتی ساخت برای برآورد جریان نقدینگی پروژه‌های ساختمانی که با هدف رفع محدودیت‌های روش‌های سنتی توسعه یافته بود، ارائه دادند. سیستم با ترکیب مدل سه‌بعدی اطلاعات ساخت (با سطح توسعه مدل ۴۰۰^۳)، برآورد هزینه با نرم‌افزار F1 (نرم‌افزاری برای انجام فرآیند متره و برآورد)، زمانبندی پروژه با Microsoft Project و مدیریت داده‌ها با Excel امکان محاسبه دقیق جریان نقدینگی را در مراحل اولیه چرخه حیات پروژه فراهم می‌کرد. نتایج مطالعه موردی حاکی از آن بود که این رویکرد با خودکارسازی متره، کاهش خطا و بهبود مدیریت داده‌ها دقت و کارایی محاسبات را نسبت به روش‌های سنتی افزایش می‌دهد. همچنین، این روش دارای محدودیت‌هایی از قبیل تمرکز بر سیستم‌های سازه‌ای و معماری، وابستگی به نرم‌افزارهای مشخص و نیاز به به‌روزرسانی منظم داده‌های دستی در F1، بود.

در سال ۲۰۲۴، محبوب و همکاران^۴ [۲۱] به مطالعه نقش مدل‌سازی اطلاعات ساختمان در بهبود پیش‌بینی جریان نقدینگی در شرکت‌های کوچک و متوسط ساختمانی عربستان سعودی پرداختند. آنها از طریق پرسشنامه، چالش‌های اصلی پیش‌بینی جریان نقدینگی شامل تغییرات محدوده و تأخیرات پروژه، ضعف برنامه‌ریزی، اختلال پرداخت‌ها، کمبود تخصص و نبود اطلاعات یکپارچه را شناسایی کردند. نتایج نشان داد که مدل اطلاعاتی ساخت با یکپارچه‌سازی اطلاعات هزینه، ایجاد محیط داده مشترک^۵ و بهبود همکاری میان ذینفعان، دقت پیش‌بینی جریان نقدینگی را افزایش می‌دهد.

آبما و همکاران^۶ [۲۲] نیز با تمرکز بر مفهوم تحلیل برنامه‌ریزی جریان نقدینگی بر اساس مدل اطلاعاتی ساخت رویکردی را برای توسعه استفاده از BIM در برنامه‌ریزی جریان نقدینگی پروژه به‌منظور مدل‌سازی و محاسبه صحیح آن ارائه نمودند. نتایج این پژوهش پس از ارزیابی مدل مطرح شده در یکی از پروژه‌های ساختمانی اندونزی حاکی از آن بود که استفاده از BIM در این حوزه می‌تواند فرآیندهای بودجه‌ریزی و ارائه برنامه زمانبندی مناسب برای پروژه را بهبود بخشد.

فیلی^۷ [۲۳] نیز در سال ۲۰۲۴ با اشاره به اهمیت مدل‌سازی اطلاعات ساخت در ویتنام به‌ویژه پس از انتشار نقشه راه مدل‌سازی اطلاعات ساخت در سال ۲۰۲۳ در این کشور اقدام به تهیه چهارچوبی برای محاسبه جریان نقدینگی پروژه‌های مقیاس بزرگ با ادغام مدل‌سازی اطلاعات ساخت، ماژول تخمین هزینه، سیستم زمانبندی پروژه و یک سیستم مبتنی بر صفحه گسترده اکسل نمود. نتیجه مورد انتظار این تحقیق افزایش قابلیت اطمینان در محاسبه جریان نقدی پروژه از طریق یک رویکرد ساده‌تر و دقیق‌تر مبتنی بر BIM است.

در سال ۲۰۲۵، توکلان و نیکوکار [۲۴] شیوه‌ای به نام "مدل‌سازی اطلاعات ساختمان و زمانبندی مالی مبتنی بر شبیه‌سازی"^۸ برای پروژه‌های فولادی ارائه دادند که با ترکیب مدل‌سازی اطلاعات ساختمان و شبیه‌سازی رویداد گسسته^۹، زمانبندی مالی واقعی و قابل اجرا ایجاد می‌کند و امکان محاسبه دقیق جریان نقدینگی و بهینه‌سازی هزینه تأمین مالی را فراهم می‌کند. نتایج نشان داد BSFS دقت و واقع‌گرایی بالاتری نسبت به روش‌های سنتی داشته و مدیریت منابع و زمانبندی را تسهیل می‌کند. با این حال، پیاده‌سازی BSFS به محیط شبیه‌سازی دقیق با BIM و DES و نرم‌افزارهایی مانند Symphony.Net نیاز دارد و بدون دسترسی به این ابزارها یا دانش کافی در استفاده از آنها، اجرای سیستم محدود می‌شود. همچنین دقت سیستم وابسته به داده‌های واقعی پروژه مانند ویژگی‌های سایت و تأمین‌کنندگان است و نبود داده کامل یا به‌روز می‌تواند اعتبار نتایج را کاهش دهد.

1 Kim and Grobler

2 Le and Cong

3 Level of Development (LOD)

4 Mahboob et al.

5 Common Data Environment (CDE)

6 Abma et al.

7 Hang Thu Thi Le

8 BIM and Simulation-Based Finance Scheduling (BSFS)

9 Discrete Event Simulation (DES)

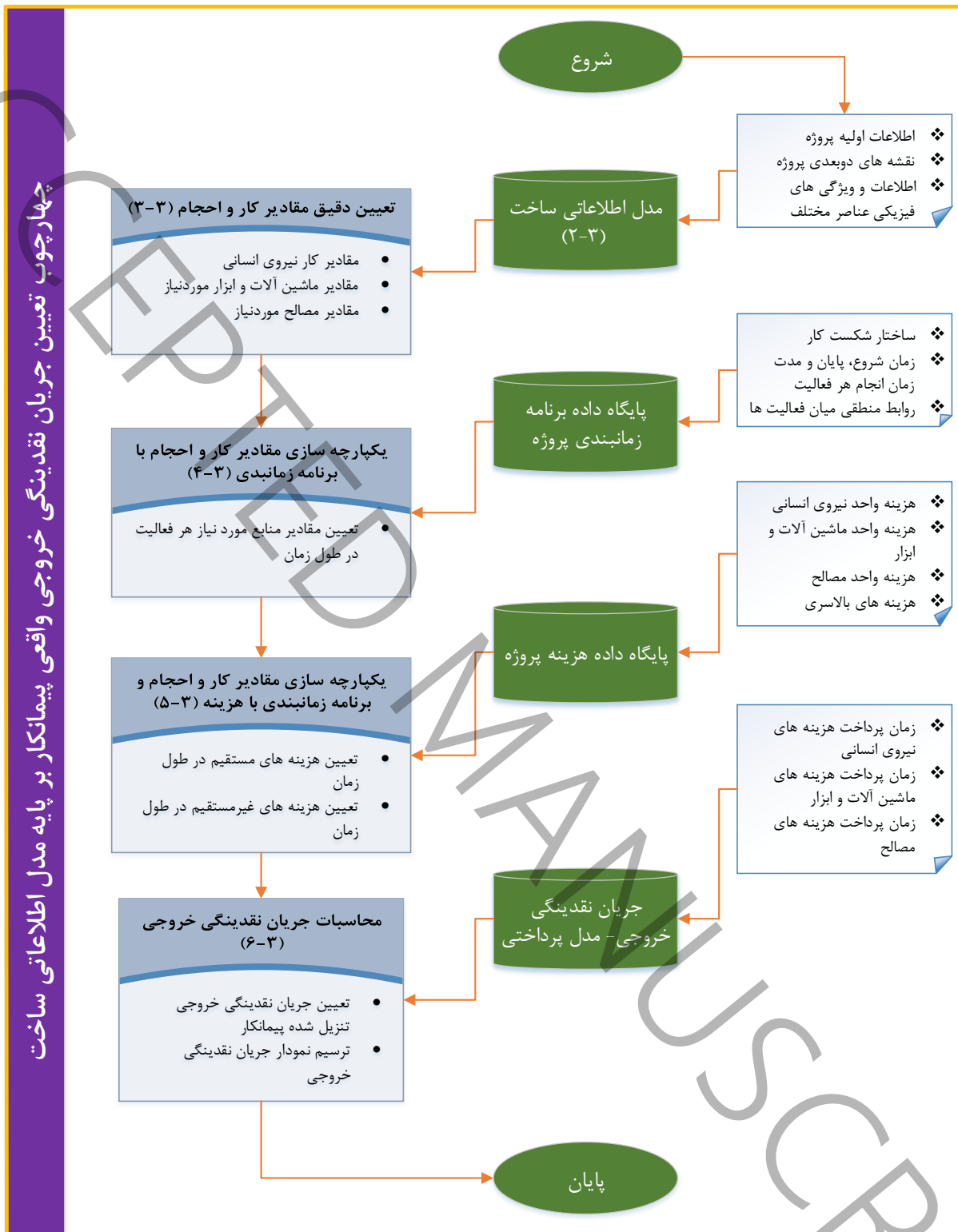
با جمع‌بندی مطالعات پیشین می‌توان دریافت که اگرچه رویکردهای متنوعی از جمله شبیه‌سازی، نظریه فازی و فناوری مدل‌سازی اطلاعات ساخت برای تحلیل و پیش‌بینی جریان نقدینگی پروژه‌ها ارائه شده‌اند، اما اغلب این مدل‌ها با محدودیت‌های اساسی مواجه هستند. نخست آنکه بخش قابل‌توجهی از مدل‌های موجود ماهیتی ایستا داشته و قادر به بازتاب پویایی‌های واقعی پروژه در طول اجرا نیستند. به‌گونه‌ای که در صورت بروز تغییرات در برنامه زمانبندی، مقادیر کار یا شرایط قراردادی، امکان بروزرسانی آنی و خودکار جریان نقدینگی در آن‌ها وجود ندارد. این در حالی است که پروژه‌های ساختمانی ذاتاً با تغییرات مکرر و تصمیمات لحظه‌ای همراه‌اند و نبود یک چارچوب پویا می‌تواند دقت پیش‌بینی‌ها را به‌شدت کاهش دهد. دوم آنکه علی‌رغم تأکید پژوهش‌های مبتنی بر مدل‌سازی اطلاعات ساخت بر یکپارچه‌سازی زمان و هزینه، در عمل این یکپارچه‌سازی غالباً به‌صورت دستی یا نیمه‌خودکار انجام شده است. سوم و مهمتر از همه آنکه جریان نقدینگی خروجی بدون در نظر گرفتن مفهوم «اختلاف زمان» بین استفاده از منابع و پرداخت هزینه‌های مربوطه تعیین شده است. به عبارت دیگر، در عمل به جای تعیین جریان نقدینگی خروجی واقعی، صرفاً برآورد هزینه‌ها ارائه شده است. بر این اساس، خلأ اصلی پژوهش حاضر را می‌توان در نبود یک مدل پویا، جامع و مبتنی بر داده‌های واقعی پروژه برای تعیین جریان نقدینگی خروجی پیمانکار دانست. مدلی که بتواند ضمن در نظر گرفتن عوامل اثرگذار و اختلافات زمانی میان مصرف منابع و پرداخت هزینه‌ها، امکان بروزرسانی سریع و دقیق را در طول اجرای پروژه فراهم آورد.

۳- روش پژوهش

در این بخش مدل تعیین جریان نقدینگی خروجی پیمانکار بر مبنای مدل اطلاعاتی ساخت تدوین شده است. در ابتدا مدل مفهومی پژوهش بیان شده و براساس این مدل و با بهره‌مندی از مدل اطلاعاتی ساخت، مقادیر دقیق کار و احجام هر یک از منابع فعالیت‌های پروژه مشخص می‌شود. سپس با متصل‌سازی برنامه زمانبندی و هزینه هر یک از منابع فعالیت‌های پروژه به مقادیر برآورد شده و با در نظر گرفتن مدل پرداختی پیمانکار، جریان نقدینگی خروجی وی محاسبه می‌گردد.

۳-۱- مدل مفهومی پژوهش

فرآیند کاری مدل تدوین شده به‌منظور تعیین جریان نقدینگی خروجی پیمانکار از چهار بخش اصلی تعیین دقیق مقادیر کار و احجام، یکپارچه‌سازی مقادیر کار و احجام با برنامه زمانبندی، یکپارچه‌سازی مقادیر کار و احجام و برنامه زمانبندی با هزینه و در نهایت محاسبات جریان نقدینگی خروجی، تشکیل شده است. بخش‌های بیان‌شده مدل مفهومی پژوهش در شکل ۱ آورده شده است.



شکل ۱ مدل مفهومی پژوهش.

Fig. 1. Conceptual model of the research.

۳-۲- مدل اطلاعاتی ساخت

مدل اطلاعاتی ساخت، یک مدل مجازی حاوی تمامی اطلاعات و ویژگی‌های هندسی و عملکردی المان‌های مختلف در طول چرخه حیات پروژه است. این اطلاعات پایه‌ای برای محاسبه مقادیر کار و احجام اجزاء مختلف پروژه هستند. به همین دلیل دقت محاسبات جریان نقدینگی پروژه بستگی به سطح توسعه مدل و دقت آن دارد. با توجه به اینکه در مدل اطلاعاتی ساخت با سطح توسعه LOD 300 محل دقیق اجزای پروژه و مشخصات هندسی و فیزیکی آن‌ها از قبیل طول، عرض، ارتفاع، مساحت، حجم و مصالح تشکیل‌دهنده مشخص است، داده‌های استخراج‌شده از این سطح، از دقت و قابلیت اتکای قابل قبولی برای محاسبات مالی و تحلیل جریان نقدینگی خروجی برخوردارند، در حالی که در سطوح پایین‌تر از آن، چنین دقتی حاصل نمی‌شود. بنابراین، حداقل سطح توسعه مدل اطلاعاتی ساختمان برای انجام فرآیند متره مقادیر کار و احجام به‌منظور محاسبه جریان نقدینگی پروژه، برابر با LOD 300 در نظر گرفته شده است.

۳-۳- متره دقیق مقادیر کار و احجام

با بهره‌مندی از ابزارهای مبتنی بر فناوری مدل‌سازی اطلاعات ساخت می‌توان مقادیر کار و احجام اجزاء مختلف پروژه را محاسبه نمود. این مقادیر می‌بایست براساس واحدهای مناسب خود شمارش شوند که در واقع همان واحدهایی هستند که در فهرست‌بهای منتشرشده توسط سازمان برنامه‌بودجه ذکر شده است. پس از تعیین مقادیر کار و احجام هرکدام از اجزاء پروژه، با اختصاص منابع به آن‌ها می‌توان مقادیر ماشین‌آلات و ابزار، نیروی انسانی و مصالح مصرفی برای انجام هرکدام از این فعالیت‌ها را محاسبه نمود.

۳-۴- یکپارچه‌سازی مقادیر کار و احجام با برنامه زمانبندی

با متصل‌سازی مقادیر کار و احجام برآورد شده از مدل اطلاعاتی ساخت با پایگاه داده برنامه زمانبندی پروژه، می‌توان مقادیر کار و احجام کاری هریک از منابع پروژه را در طول زمان تعیین نمود. به‌عبارت‌دیگر در این مرحله پیمانکار می‌تواند میزان منابع انسانی، ماشین‌آلات و ابزار و مصالح موردنیاز برای پیشبرد فعالیت‌های پروژه را براساس برنامه زمانبندی و در طول زمان مشاهده نماید.

۳-۵- یکپارچه‌سازی مقادیر کار و احجام و برنامه زمانبندی با هزینه

با متصل‌سازی مقادیر کار و احجام و برنامه زمانبندی با پایگاه داده هزینه پروژه که حاوی اطلاعات هزینه واحد نیروی انسانی، ماشین‌آلات و ابزار، مصالح مصرفی و هزینه‌های بالاسری پروژه است، می‌توان هزینه‌های مستقیم (هزینه منابع انسانی، ماشین‌آلات و ابزار و مصالح) و غیرمستقیم پروژه را در طول زمان مشاهده نمود.

۳-۶- محاسبات جریان نقدینگی خروجی

مدل یکپارچه مقادیر کار و احجام و برنامه زمانبندی با هزینه، تنها توانایی نمایش هزینه‌های روزانه نیروی انسانی، مواد و مصالح، ماشین‌آلات و ابزار موردنیاز در پروژه بدون در نظر گرفتن مفهوم اختلاف‌زمان را داشته و قادر به محاسبه جریان نقدینگی خروجی پیمانکار نیست. چراکه پیمانکاران هزینه‌های مربوط به منابع مصرفی در پروژه را در همان زمان استفاده از آن‌ها پرداخت نمی‌کنند و معمولاً یک فاصله‌ی زمانی بین زمان بکارگیری یک منبع در پروژه با زمان پرداخت هزینه‌های آن وجود دارد. بنابراین برای رسم دقیق جریان نقدینگی خروجی پیمانکار بایستی مدل‌های پرداختی پیمانکار برای نیروی انسانی، مواد و مصالح، ماشین‌آلات و تجهیزات مشخص شود.

۳-۶-۱- مدل پرداختی ماشین‌آلات و ابزار

پیمانکاران ماشین‌آلات و ابزار مصرفی در یک پروژه را از یک یا چند شرکت تأمین‌کننده، فراهم می‌کنند. هرکدام از این ماشین‌آلات و ابزار چه از یک شرکت یا چند شرکت تأمین شوند، مدل پرداختی مختص به خود را دارند. جریان نقدینگی خروجی پیمانکار ناشی از پرداخت هزینه‌های ماشین‌آلات و ابزار i بکارگرفته شده در فعالیت j از رابطه‌ی (۱) و فاصله‌ی زمانی بین شروع زمان بکارگیری ماشین‌آلات و ابزار i در فعالیت j و زمان پرداخت هزینه آن از رابطه‌ی (۲) محاسبه می‌شود.

$$CO_{j,MA_i} = MK_{j,MA_i} \times GV_{MA_i} \quad (1)$$

در رابطه فوق:

CO_{j,MA_i} : جریان نقدینگی خروجی پیمانکار ناشی از پرداخت هزینه‌های ماشین‌آلات و ابزار i بکارگرفته شده در فعالیت j

MK_{j,MA_i} : مقادیر موردنیاز ماشین‌آلات و ابزار i به‌منظور بکارگیری در فعالیت j

GV_{MA_i} : قیمت واحد ماشین‌آلات و ابزار i

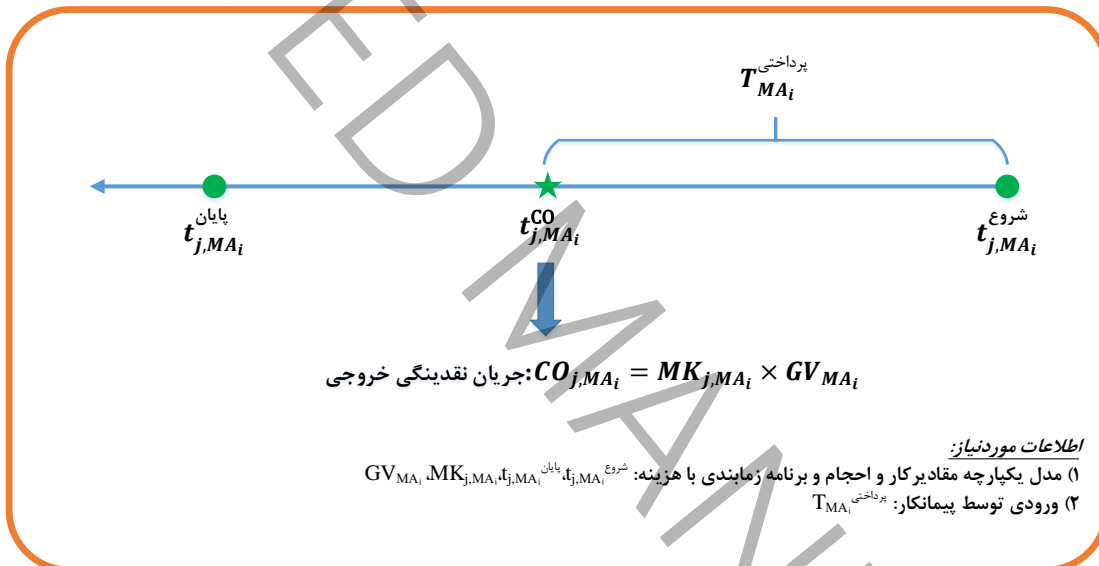
$$t_{j,MA_i}^{CO} = t_{j,MA_i}^{شروع} + T_{MA_i}^{پرداختی} \quad (2)$$

در رابطه فوق:

t_{j,MA_i}^{CO} : زمان پرداخت هزینه ماشین‌آلات و ابزار i بکار گرفته شده در فعالیت j

پایان t_{j,MA_i} : زمان پایان بکارگیری ماشین‌آلات و ابزار i در فعالیت j

T_{MA_i} : فاصله زمانی بین زمان شروع بکارگیری ماشین‌آلات و ابزار i و زمان پرداخت هزینه آن مدل پرداختی و جریان نقدینگی خروجی ماشین‌آلات و ابزار مصرفی در پروژه در شکل ۲ نشان داده شده است.



شکل ۲ مدل پرداختی و جریان نقدینگی خروجی ماشین‌آلات و ابزار.

Fig. 2. The payment model and cash outflow of equipment.

۳-۶-۲- مدل پرداختی نیروی انسانی

حق‌الزحمه نیروی انسانی بکارگرفته شده در پروژه براساس حجم کار انجام شده در هر بازه زمانی پرداختی مشخص، پرداخت می‌شود. به‌عنوان مثال حق‌الزحمه‌ی گروه بتن‌ریزی براساس مترمکعب بتن‌ریزی انجام شده توسط این گروه در بازه‌ی زمانی مشخص، پرداخت می‌شود.

مطابق شکل ۳، نیروی انسانی i (NE_i) کار خود را در زمان شروع $t_{j,NE_i}^{شروع}$ برای انجام فعالیت j آغاز کرده و پس از سپری شدن مدت‌زمان بکارگیری او در این فعالیت (زمان T_{j,NE_i}) در زمان پایان $t_{j,NE_i}^{پایان}$ ، کار خود را در این فعالیت به اتمام می‌رساند. پس از گذشت هر بازه زمانی پرداختی به نیروی انسانی (پرداختی T_{NE_i})، پیمانکار براساس حجم کاری که نیروی انسانی i در این دوره‌ی پرداختی انجام داده است، حق‌الزحمه‌ی او را می‌پردازد. تعداد پرداختی‌های انجام شده ($N_{j,i}$) به نیروی انسانی i از تقسیم مدت‌زمان بکارگیری او در فعالیت j به مدت‌زمان هر بازه پرداختی به او محاسبه می‌گردد (رابطه (۵)). جریان نقدینگی خروجی پیمانکار ناشی از پرداخت حق‌الزحمه نیروی انسانی i در فعالیت j در هر بازه زمانی پرداختی (CO_{j,NE_i}^n) و زمان هر کدام از این پرداخت‌ها ($t_{j,NE_i}^{CO^n}$) به ترتیب طبق روابط (۳) و (۴) محاسبه می‌شود.

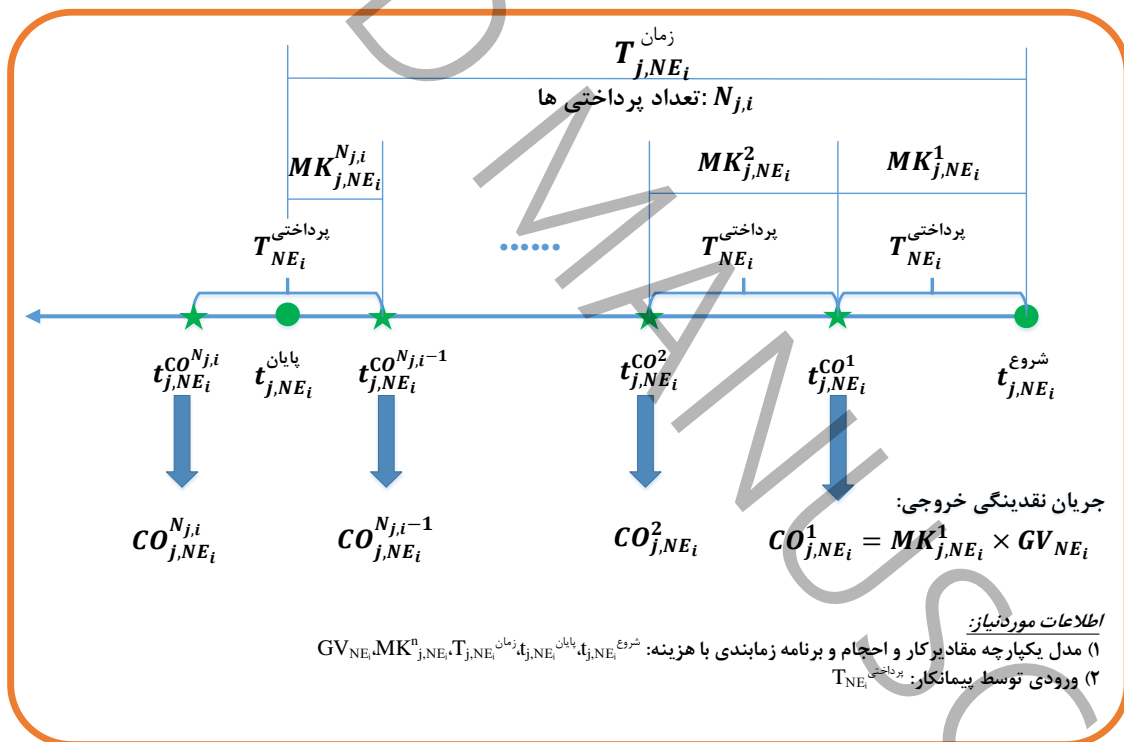
$$CO_{j,NE_i}^n = MK_{j,NE_i}^n \times GV_{NE_i} \quad (3)$$

$$t^{CO_{j,NE_i}^n} = t_{j,NE_i}^{شروع} + n \times T_{NE_i}^{پرداختی} \quad (4)$$

$$N_{j,i} = \left\lceil \frac{T_{j,NE_i}^{زمان}}{T_{NE_i}^{پرداختی}} \right\rceil \quad (5)$$

در روابط فوق:

CO_{j,NE_i}^n : جریان نقدینگی خروجی پیمانکار ناشی از پرداخت حق الزحمه‌ی نیروی انسانی i در فعالیت j و در زمان n امین پرداخت
 MK_{j,NE_i}^n : مقادیر کار انجام شده توسط نیروی انسانی i در فعالیت j و در زمان n امین پرداخت
 GV_{NE_i} : قیمت واحد نیروی انسانی i
 t^{CO_{j,NE_i}^n} : زمان پرداخت مبالغ کار انجام شده توسط نیروی انسانی i در فعالیت j و در زمان n امین پرداخت
 $t_{j,NE_i}^{شروع}$: زمان شروع بکارگیری نیروی انسانی i در فعالیت j
 $T_{NE_i}^{پرداختی}$: فاصله بین هر بازه زمانی پرداختی به نیروی انسانی i
 $N_{j,i}$: تعداد کل پرداختی‌های انجام شده به نیروی انسانی i در فعالیت j
 T_{j,NE_i} : مدت زمان بکارگیری نیروی انسانی i در فعالیت j



شکل ۳ مدل پرداختی و جریان نقدینگی خروجی نیروی انسانی.

Fig. 3. The payment model and cash outflow of human resources.

۳-۶-۳- مدل پرداختی مصالح مصرفی

در زمان سفارش مصالح، پیمانکار درصدی از مبلغ مصالح خریداری شده را به شرکت تأمین کننده پرداخت کرده و مبلغ باقی مانده را براساس توافق صورت گرفته با شرکت تأمین کننده مصالح در زمان مقرر پرداخت می کند. عموماً یک فاصله زمانی بین زمان سفارش مصالح تا ورود مصالح به کارگاه و همچنین فاصله زمانی بین زمان ورود مصالح به کارگاه تا زمان استفاده از آن در پروژه وجود دارد.

با توجه به شکل ۴ که نشان‌دهنده مدل پرداختی و جریان نقدینگی خروجی مصالح مصرفی در پروژه است، پیمانکار سفارش خود را برای تهیه مصالح i موردنیاز در فعالیت j در زمان سفارش t_{j,MS_i} ثبت کرده و در این تاریخ مبلغی از هزینه مصالح (CO^1_{j,MS_i}) را به شرکت تأمین‌کننده پرداخت می‌کند. پس از سپری شدن مدت زمان تحویل TMS_i از زمان ثبت سفارش پیمانکار، مصالح وارد کارگاه شده و بعد از گذشت مدت زمان شروع TMS_i مصالح موردنیاز در فعالیت j به کار گرفته می‌شود. در انتها پس از سپری شدن زمان پرداخت TMS_i از زمان ورود مصالح به کارگاه، پیمانکار در تاریخ پرداخت t_{j,MS_i} مبلغ باقی‌مانده هزینه مصالح دریافت شده (CO^2_{j,MS_i}) را تسویه می‌کند. جریان نقدینگی خروجی پیمانکار ناشی از پرداخت هزینه مصالح i در فعالیت j (CO^1_{j,MS_i}) و (CO^2_{j,MS_i}) و دیگر روابط حاکم بین زمان‌های شروع و پایان فعالیت و زمان‌های پرداختی به شرکت تأمین‌کننده در روابط (۶) الی (۱۰) آورده شده است.

$$CO^1_{j,MS_i} = MK_{j,MS_i} \times GV_{MS_i} \times PP\% \quad (6)$$

$$CO^2_{j,MS_i} = MK_{j,MS_i} \times GV_{MS_i} \times (1 - PP_i\%) \quad (7)$$

$$t_{j,MS_i}^L = t_{j,MS_i}^{سفر} + T_{MS_i}^L \quad (8)$$

$$t_{j,MS_i}^E = t_{j,MS_i}^{سفر} + T_{MS_i}^L + T_{MS_i}^E \quad (9)$$

$$t_{j,MS_i}^P = t_{j,MS_i}^E + T_{MS_i}^P \quad (10)$$

در روابط فوق:

CO^1_{j,MS_i} : جریان نقدینگی خروجی پیمانکار ناشی از پرداخت درصدی از هزینه مصالح i موردنیاز برای فعالیت j در زمان ثبت سفارش

MK_{j,MS_i} : مقادیر مصالح موردنیاز i به‌منظور بکارگیری در فعالیت j

GV_{MS_i} : قیمت واحد مصالح i

$PP_i\%$: درصدی از قیمت مصالح خریداری شده i که در هنگام ثبت سفارش پرداخت می‌شود

تحویل t_{j,MS_i} : زمان ورود مصالح i بکارگرفته شده در فعالیت j به کارگاه

سفارش t_{j,MS_i} : زمان ثبت سفارش مصالح i بکارگرفته شده در فعالیت j

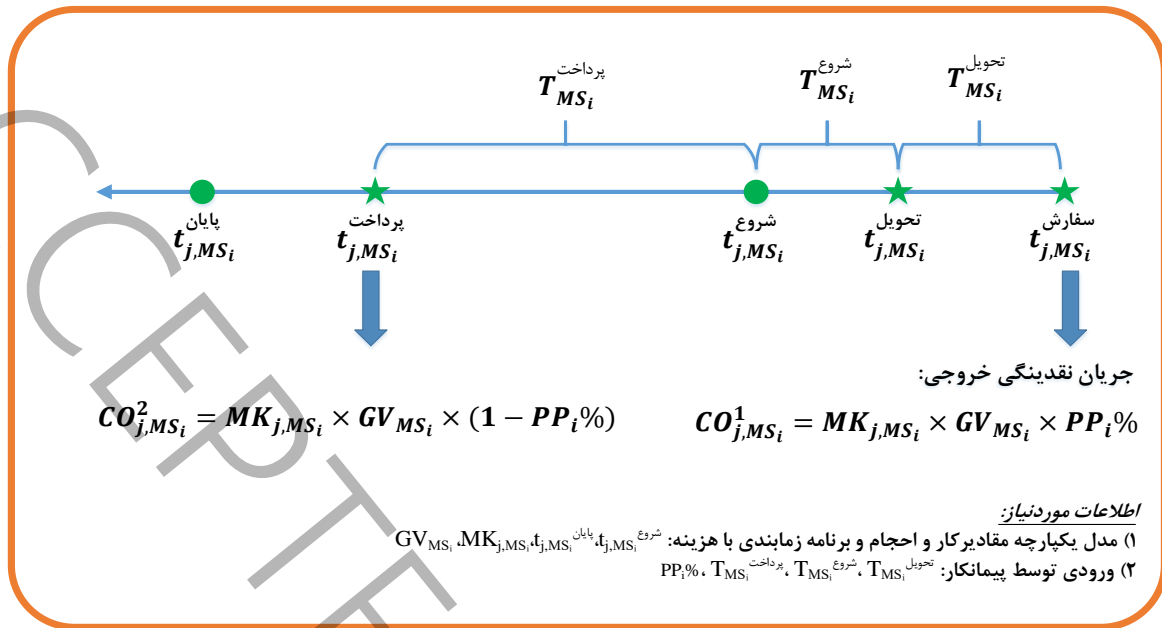
تحویل TMS_i : فاصله زمانی بین ثبت سفارش پیمانکار و زمان ورود مصالح i به کارگاه

شروع t_{j,MS_i} : زمان شروع اجرای فعالیت j که در آن مصالح i بکارگرفته شده است

شروع TMS_i : فاصله زمانی بین ورود مصالح i به کارگاه و زمان استفاده از آن

پرداخت t_{j,MS_i} : زمان پرداخت مبلغ باقی‌مانده هزینه مصالح i بکارگرفته شده در فعالیت j

پرداخت TMS_i : فاصله زمانی بین زمان شروع فعالیت j و زمان پرداخت مبلغ باقی‌مانده هزینه مصالح i



شکل ۴ مدل پرداختی و جریان نقدینگی خروجی مصالح مصرفی.

Fig. 4. The payment model and cash outflow of materials.

۳-۶-۴- تعیین جریان نقدینگی خروجی تنزیل شده

پس از تعیین جریان نقدینگی خروجی ماشین آلات و ابزار، نیروی انسانی و مصالح مصرفی در پروژه می توان جریان نقدینگی خروجی روزانه و جریان نقدینگی خروجی تنزیل شده را براساس روابط (۱۱) الی (۱۳) به دست آورد.

$$CO^t = CO_{MA}^t + CO_{NE}^t + CO_{MS}^t + CO_{BA}^t \quad (11)$$

$$Cash\ outflow = \frac{CO^t}{(1+i)^t} \quad (12)$$

$$Cumulative\ Cash\ outflow = \sum_{t=1}^T \frac{CO^t}{(1+i)^t} \quad (13)$$

در روابط فوق:

CO_{MA}^t : جریان نقدینگی خروجی پیمانکار ناشی از پرداخت هزینه های ماشین آلات و تجهیزات در روز t

CO_{NE}^t : جریان نقدینگی خروجی پیمانکار ناشی از پرداخت هزینه های نیروی انسانی در روز t

CO_{MS}^t : جریان نقدینگی خروجی پیمانکار ناشی از پرداخت هزینه های مصالح در روز t

CO_{BA}^t : جریان نقدینگی خروجی پیمانکار ناشی از پرداخت هزینه های بالاسری در روز t

CO^t : جریان نقدینگی خروجی پیمانکار در روز t

i : نرخ بازگشت سرمایه

۴- پیاده سازی و تحلیل نتایج

در این بخش، ابتدا بستری برای تعیین جریان نقدینگی خروجی پیمانکار و ترسیم نمودارهای مربوط به آن در محیط مدل سازی اطلاعات ساخت توسعه داده می شود. سپس به منظور تبیین توانمندی های بستر ارائه شده، تمایز آن با رویکردهای متداول برنامه ریزی و تعیین هزینه پروژه نظیر ابزارهایی مانند Microsoft Project نشان داده می شود. در نهایت، جریان نقدینگی خروجی پیمانکار در یک پروژه نمونه محاسبه شده و تأثیر در نظر گرفتن نمودار هزینه کل به جای نمودار جریان نقدینگی خروجی واقعی پیمانکار بر میزان نقدینگی پیمانکار در طول پروژه و مقدار سود وی بررسی می شود.

۴-۱- پیاده‌سازی بستر تعیین جریان نقدینگی خروجی پیمانکار

به‌منظور پیاده‌سازی مدل مطرح‌شده در بخش گذشته برای محاسبه جریان نقدینگی خروجی پیمانکار، بستری که برپایه اطلاعات جمع‌آوری‌شده از مدل اطلاعاتی ساخت و دیگر منابع از قبیل پایگاه داده برنامه زمانبندی پروژه و بهای فعالیت‌های پروژه است، توسعه داده شده است. بر اساس فرآیند کاری نشان‌داده شده در شکل ۵، پیاده‌سازی مدل شامل دو بخش اصلی است: تعیین دقیق مقادیر کار و احجام مبتنی بر مدل اطلاعاتی ساخت و فرآیند تعیین جریان نقدینگی خروجی پیمانکار. یکی از قابلیت‌های مدل‌سازی اطلاعات ساخت، برآورد دقیق مقادیر کار و احجام فعالیت‌های پروژه است. برای این منظور از نرم‌افزار Autodesk Navisworks که با Revit (نرم‌افزاری محبوب در زمینه ساخت مدل سه‌بعدی اطلاعات ساخت) سازگار است؛ بهره گرفته شد.

در طرف مقابل به‌منظور محاسبه جریان نقدینگی خروجی پروژه و ترسیم نمودار مربوط به آن ابتدا اطلاعات اولیه پروژه از قبیل نام پروژه، کارفرما، مشاور، پیمانکار و نرخ بازگشت سرمایه و فایل‌های موردنیاز پروژه همچون اطلاعات مربوط به فایل برنامه زمانبندی پروژه و محل فایل‌های منابع پروژه به برنامه داده می‌شود.

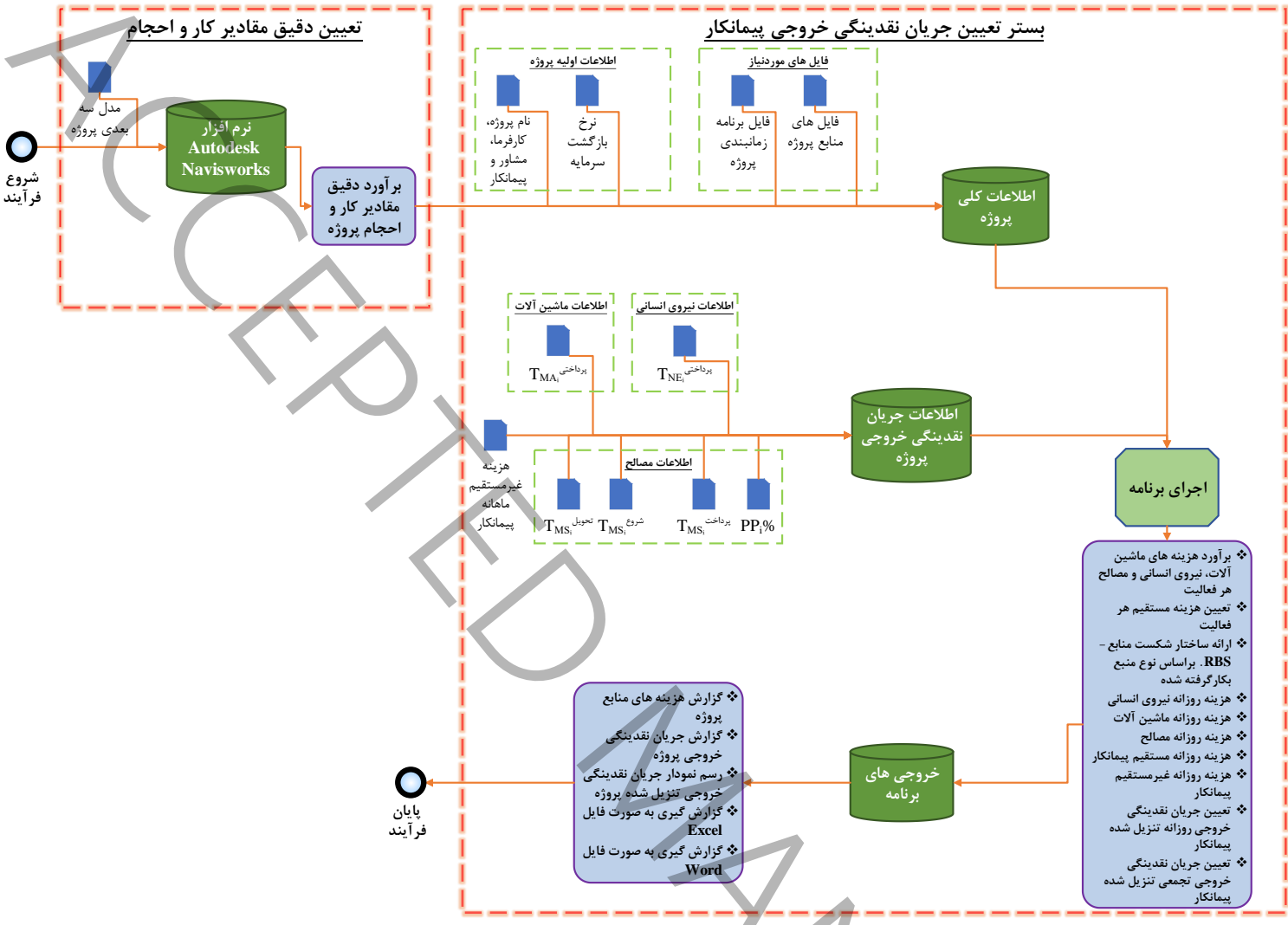
پس از واردکردن اطلاعات کلی پروژه با توجه به ساختار شکست منابع تهیه‌شده توسط برنامه، اطلاعات مربوط به جریان نقدینگی خروجی هریک از منابع نیروی انسانی (پرداختی TNE_i)، ماشین‌آلات و ابزار (پرداختی TMA_i) و مصالح (تحویل TMS_i، شروع TMS_i، پرداخت TMS_i و PP_i%) وارد بستر توسعه داده شده می‌شود. علاوه بر این؛ هزینه بالاسری (غیرمستقیم) ماهانه پیمانکار نیز در این قسمت از برنامه توسط پیمانکار وارد می‌شود. نمای این قسمت از برنامه به‌صورت شکل ۶ است.

در پایان براساس اطلاعات دریافتی از قسمت اطلاعات کلی پروژه و اطلاعات جریان نقدینگی خروجی پروژه، هزینه‌های روزانه منابع نیروی انسانی، ماشین‌آلات و مصالح و به‌تبع آن هزینه‌های مستقیم روزانه پیمانکار محاسبه می‌شود. سپس با توجه به هزینه‌های غیرمستقیم روزانه، جریان نقدینگی خروجی روزانه و تجمعی تنزیل شده پیمانکار تعیین می‌شود.

تمامی محاسبات انجام شده و اطلاعات ذخیره‌شده در بستر تدوین‌شده به‌عنوان خروجی‌های برنامه که عبارتند از: گزارش هزینه‌های منابع پروژه، گزارش جریان نقدینگی خروجی پروژه و ترسیم نمودار جریان نقدینگی خروجی پروژه با فرمت‌های اکسل^۱ و ورد^۲ قابل مشاهده است.

¹ Microsoft Excel

² Microsoft Word



شکل ۵ روند کاری پیاده سازی مدل مطرح شده.

Fig. 5. Workflow of implementing the proposed model.

اطلاعات جریان نقدینگی خروجی پروژه

لطفا اطلاعات مربوط به جریان نقدینگی خروجی را در جدول زیر تکمیل نمایید:

TMAi (Days)	TNEi (Days)	نوع منبع بکارگرفته شده	منابع بکارگرفته شده	RBS	ردیف
-	-	ماشین آلات و ابزار	بهای پرکردن کیسول ۱۱ کیلویی بوتان و پروپان	۰۲۲۷	۵۹
-	-	ماشین آلات و ابزار	جرقه زنی کامیونی دوکلینه حدود ۲۰ تن بارانده	۰۲۲۸	۶۰
-	-	ماشین آلات و ابزار	موتور جوش دیزیلی ۴۰۰ امپر	۰۲۲۹	۶۱
-	-	ماشین آلات و ابزار	دستگاه برش roll-form	۰۲۳۰	۶۲
-	-	ماشین آلات و ابزار	دستگاه بیج خودکار	۰۲۳۱	۶۳
-	-	مصالح	مصالح مورد نیاز برای تامین شبکه آبرسانی	۰۳۰۱	۶۴
-	-	مصالح	مصالح مورد نیاز برای تامین شبکه برق	۰۳۰۲	۶۵
-	-	مصالح	آب چاه و قنات	۰۳۰۳	۶۶
-	-	-	-	۰۳۰۴	۶۷

هزینه بالاسری (غیرمستقیم) ماهانه پیمانکار (ریال):

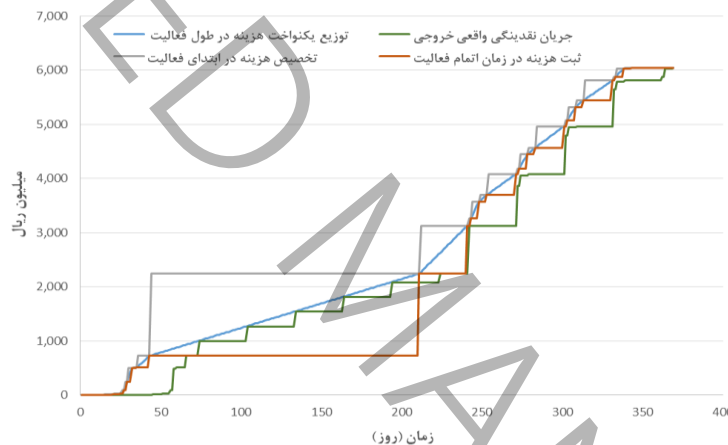
بازگشت به صفحه اصلی تایید

شکل ۶ صفحه اطلاعات جریان نقدینگی خروجی پروژه در نرم افزار.

Fig. 6. Project cash outflow information page in the software.

۲-۴- مقایسه الگوهای شناسایی هزینه در Microsoft Project با جریان نقدینگی خروجی واقعی

در نرم‌افزار Microsoft Project، برای منابع تنها سه الگوی اصلی شناسایی هزینه در نظر گرفته می‌شود: تخصیص هزینه در ابتدای فعالیت، توزیع یکنواخت هزینه در طول مدت فعالیت و یا ثبت هزینه در زمان اتمام آن. بر این اساس، امکان ترسیم نمودار تغییرات هزینه منابع در طول زمان فراهم می‌شود. با این حال، این خروجی‌ها بیانگر زمان واقعی خروج وجه نقد از سوی پیمانکار نیستند. جریان نقدینگی خروجی در ذات خود متضمن فاصله زمانی میان وقوع هزینه و زمان پرداخت آن است و مدل‌سازی آن مستلزم لحاظ کردن نوع منبع و رویه‌های واقعی پرداخت در پروژه می‌باشد. برای مثال، پرداخت دستمزد نیروی انسانی در بسیاری از پروژه‌ها به صورت دوره‌ای (معمولاً در پایان هر ماه) انجام می‌شود و هزینه مصالح نیز غالباً به صورت اعتباری، با تأخیر زمانی مشخص یا به شکل ترکیبی از پرداخت نقدی و اعتباری تسویه می‌گردد. این الگوهای پرداخت در مدل مبتنی بر نرم‌افزار MSP^۱ قابل نمایش نیستند. به منظور تبیین این محدودیت، سه نمودار حاصل از الگوهای شناسایی هزینه در Microsoft Project شامل تخصیص هزینه در ابتدای فعالیت، توزیع یکنواخت در طول فعالیت و ثبت هزینه در زمان اتمام فعالیت برای منابع انسانی پروژه رسم و با نمودار جریان نقدینگی خروجی واقعی مقایسه می‌شود. از آنجا که سازوکار شناسایی هزینه در MSP برای سایر انواع منابع نیز به همین سه الگو محدود است، نمونه ارائه شده برای نیروی انسانی نمایانگر رفتار این نرم‌افزار در قبال سایر منابع نیز خواهد بود.



شکل ۷ مقایسه میان جریان نقدینگی خروجی واقعی با مدل‌های شناسایی هزینه در MSP.

Fig. 7. Comparison between actual cash outflow and cost identification models in MSP.

شکل ۷ مقایسه جریان نقدینگی خروجی واقعی پیمانکار با سه حالت شناسایی هزینه در MSP را نشان می‌دهد. مقایسه این نمودارها حاکی از آن است که:

- تخصیص هزینه در ابتدای فعالیت باعث ایجاد پیک‌های غیرواقعی شده و ممکن است نیاز نقدینگی پیمانکار را بیش از حد برآورد کند، زیرا هزینه‌ها زودتر از واقعیت در نمودار ظاهر می‌شوند.
 - شاید بتوان گفت، توزیع یکنواخت هزینه نزدیک‌ترین الگو به جریان واقعی است، اما همچنان پراکندگی پرداخت‌ها و اثرات زمانی واقعی را منعکس نمی‌کند و نمی‌تواند اختلاف میان زمان وقوع هزینه و زمان پرداخت واقعی را نشان دهد.
 - ثبت هزینه در پایان فعالیت باعث ایجاد فاصله زمانی با جریان نقدینگی واقعی شده و ممکن است برنامه‌ریزی تأمین مالی پیمانکار را به تأخیر بیندازد. زیرا نمودار MSP به اشتباه نشان می‌دهد که پرداخت‌ها دیرتر انجام می‌شوند، در حالی که در واقع بخشی از هزینه‌ها پیش از اتمام فعالیت پرداخت شده است.
- این مقایسه به وضوح محدودیت‌های MSP در بازنمایی جریان نقدینگی واقعی را نشان می‌دهد و ضرورت مدل و بستر پیشنهاد شده برای تعیین دقیق و مدیریت بهنگام نیاز نقدینگی پیمانکار را برجسته می‌کند.

¹ Microsoft Project (MSP)

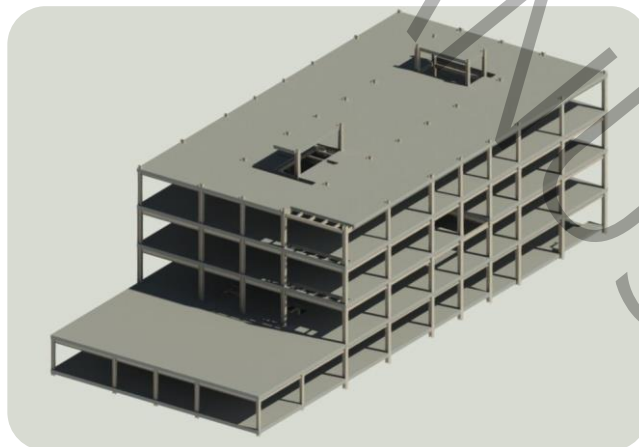
۳-۴- مطالعه موردی و تعیین جریان نقدینگی خروجی

به منظور پیاده سازی مدل مطرح شده و تعیین جریان نقدینگی خروجی پیمانکار با استفاده از بستر توسعه داده شده، پروژه ای عملی در نظر گرفته شده است. پروژه مذکور، انجام عملیات گودبرداری و سفت کاری ساختمان ۴ طبقه اسکلت فلزی اداری با زیربنای تقریبی ۵۰۰۰ مترمربع است. مشخصات کلی و نمایی از مدل سه بعدی پروژه به ترتیب در جدول ۱ و شکل ۸ آورده شده است.

جدول ۱ مشخصات کلی پروژه مورد مطالعه.

Table 1. General specifications of the case study project.

مشخصه	مقدار
مدت زمان پروژه	۳۴۳ روز
هزینه کل پروژه	۴۴,۹۲۹,۵۰۶,۱۸۸ ریال
نرخ تنزیل	۱۸ درصد
ضریب طبقات	۱/۰۲
ضریب بالاسری	۱/۳
کسورات حق بیمه	۵ درصد از مبلغ هر صورت وضعیت
تضمین حسن انجام کار	۱۰ درصد از مبلغ هر صورت وضعیت



شکل ۸ مدل سه بعدی پروژه مورد مطالعه.

Fig. 8. Three-dimensional model of the case study project.

با توجه به اطلاعات دریافتی از پروژه بستر تعیین جریان نقدینگی خروجی پیمانکار اجرا شده و گزارش هزینه های منابع پروژه و گزارش جریان نقدینگی خروجی پروژه با فرمت های اکسل و ورد و تهیه شده و به صورت اشکال ۹ و ۱۰ است.

شکل ۹ گزارش جریان نقدینگی خروجی پروژه در فرمت اکسل.

Fig. 9. Project cash outflow report in Excel format.

15,000,000	15,000,000	مصلح	-	1.00	04/09/2019	04/04/2019	6 days	مصلح موروثی برای تعیین شبکه آبیاری	03.1
60,000,000				1.00	04/09/2019	04/04/2019	6 days	تعمیرات شبکه برق	1.8
12,000,000	12,000,000	نیروی انسانی	-	1.00	04/06/2019	04/04/2019	6 days	نیروی انسانی موروثی برای تعیین شبکه برق	03.2
18,000,000	18,000,000	مکانین آلات و ابزار	-	1.00	04/09/2019	04/04/2019	6 days	تعمیرات موروثی برای تعیین شبکه برق	02.7
30,000,000	30,000,000	مصلح	-	1.00	04/09/2019	04/04/2019	6 days	مصلح موروثی برای تعیین شبکه برق	03.2
171,028,982			m ³	7,611.35	04/14/2019	04/10/2019	5 days	گرمخانه برای بی گسی	2.1
3,154,846	81,273	نیروی انسانی	تعمیرات	38.82	04/14/2019	04/10/2019	5 days	سنگ تراش	01.3
8,178,999	70,696	نیروی انسانی	تعمیرات	115.69	04/14/2019	04/10/2019	5 days	کارگر سازه	01.4
159,695,137	737,735	مکانین آلات و ابزار	تعمیرات	180.39	04/14/2019	04/10/2019	5 days	اتصال کابل برق به قدرت حدود 1000	02.8
184,371,053			m ³	162.84	04/16/2019	04/15/2019	2 days	اجرای بتن مگر	2.2
6,325,337	94,086	نیروی انسانی	تعمیرات	84.04	04/16/2019	04/15/2019	2 days	ساخته سازه های بتن مگر (توسعه)	01.5
39,291,177	70,696	نیروی انسانی	تعمیرات	694.72	04/16/2019	04/15/2019	2 days	کارگر سازه	01.4
2,735,337	122,050	نیروی انسانی	تعمیرات	28.01	04/16/2019	04/15/2019	2 days	اتصال کابل های بتنی	01.6
6,370,583	94,759	نیروی انسانی	تعمیرات	84.04	04/16/2019	04/15/2019	2 days	بنای بتن کار	01.7

شکل ۱۰ گزارش جریان نقدینگی خروجی پروژه در فرمت ورد.

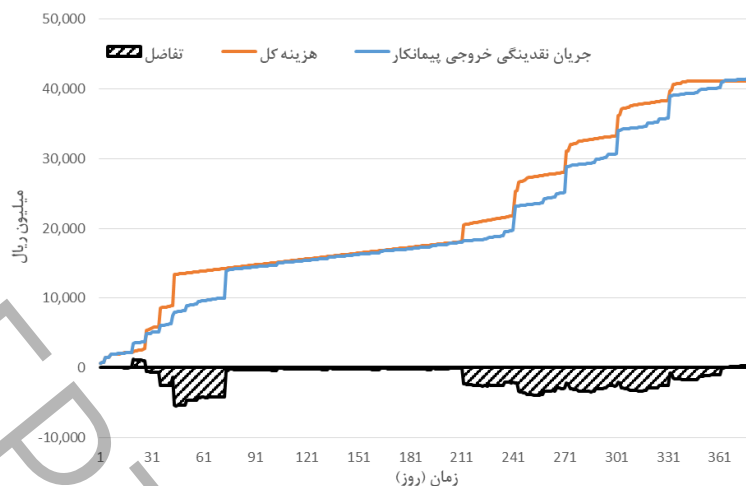
Fig. 10. Project cash outflow report in Word format.

۴-۴- مقایسه جریان نقدینگی خروجی و هزینه کل پروژه

به منظور شناسایی تمایز میان هزینه کل و جریان نقدینگی خروجی و بررسی میزان تأثیر در نظر گرفتن یا نگرفتن مدل های واقعی پرداختی پیمانکار در میزان نقدینگی و سود حاصله؛ ابتدا جریان نقدینگی واقعی خروجی پیمانکار در پروژه مورد مطالعه با هزینه کل مقایسه می شود، سپس با در نظر گرفتن چند سناریو توانمندی مدل مطرح شده به ویژه در زمینه در نظر گرفتن مدل واقعی پرداخت بابت مصالح و نیروی انسانی مطرح می گردد. در نهایت سناریوهای مطرحه بایکدیگر از منظر سودآوری و نقدینگی مقایسه می شوند.

۴-۴-۱- بررسی تمایز میان جریان نقدینگی خروجی پروژه و هزینه کل

در شکل ۱۱ نمودارهای مربوط به هزینه کل پروژه و جریان نقدینگی خروجی واقعی پیمانکار به انضمام تفاضل میان این دو نمودار آورده شده است. همان طور که انتظار می رفت، نمودار هزینه کل قادر به نمایش دقیق هزینه های واقعی پیمانکار در زمان وقوع آنها نیست. اگرچه این نمودار سودآوری پروژه را تنها حدود ۰/۹ درصد کمتر از میزان واقعی خود برآورد می کند، اما میزان نقدینگی مورد نیاز پیمانکار را حدود ۴۱ درصد بیش از مقدار واقعی نشان می دهد. این بیش برآورد قابل توجه می تواند پیمانکار را به اتخاذ تدابیر تأمین مالی بیش از نیاز واقعی سوق دهد.

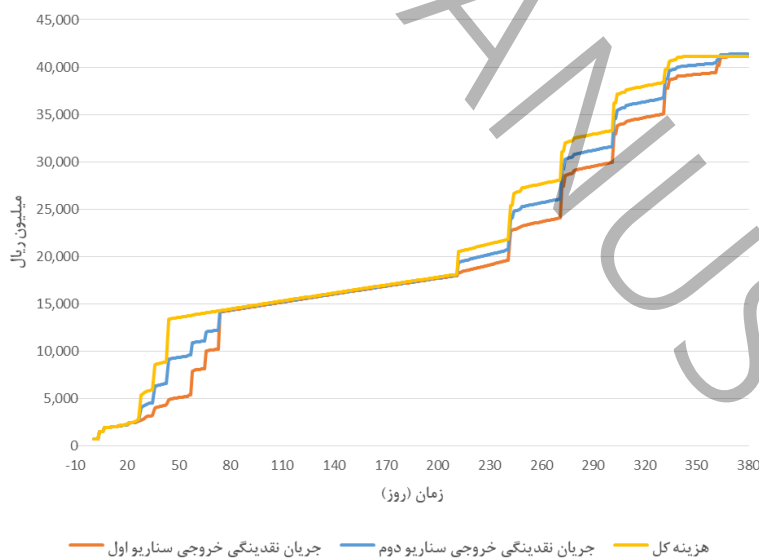


شکل ۱۱ مقایسه جریان نقدینگی خروجی پیمانکار با هزینه کل.

Fig. 11. Comparison of contractor's cash outflow with total cost.

۲-۴-۴- سناریوهای مرتبط با پرداخت هزینه مصالح

در این قسمت دو سناریو مرتبط با پرداخت هزینه‌های مواد و مصالح مصرفی مطرح می‌گردد. در سناریو اول کل مبالغ مربوط به مصالح یک ماه پس از استفاده در هر یک از فعالیت‌های پروژه به تأمین کنندگان پرداخت شده و مبلغی به عنوان پیش پرداخت در زمان سفارش پرداخت نمی‌شود (خرید کاملاً اعتباری). این درحالی است که در سناریو دوم، پنجاه درصد هزینه‌های مربوط به مصالح در زمان سفارش و پنجاه درصد مبلغ آن یک ماه پس از استفاده در هر فعالیت پرداخت می‌گردد. لازم به ذکر است شیوه پرداختی بابت نیروی انسانی و ماشین آلات و ابزار در هر دو سناریو یکسان در نظر گرفته شده است. نمودارهای مربوط به هزینه کل و جریان نقدینگی خروجی پروژه در دو سناریو مطرح شده در شکل ۱۲ ترسیم شده است.



شکل ۱۲ نمودار جریان نقدینگی خروجی و هزینه کل پروژه برای سناریوهای اول و دوم.

Fig. 12. Cash outflow and total project cost diagram for the first and second scenarios.

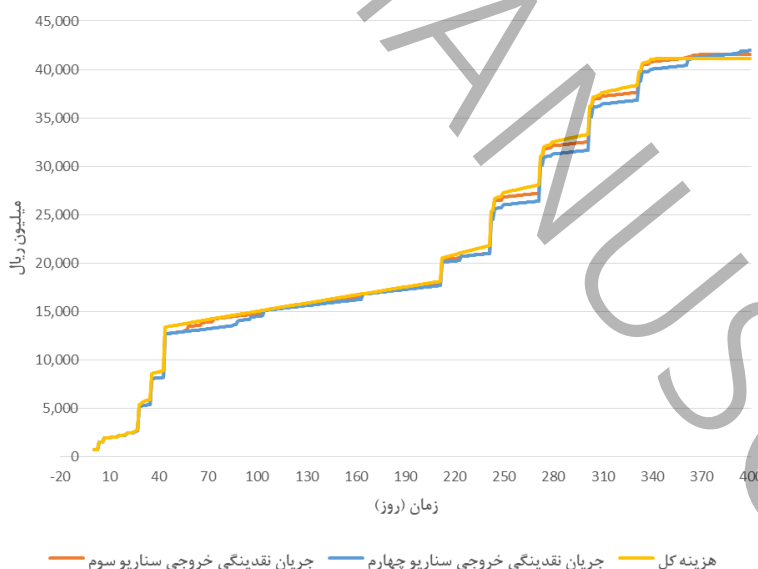
در صورت ثابت در نظر گرفتن نمودار جریان نقدینگی ورودی پروژه در هر دو حالت مربوط به نمودار هزینه کل و نمودار جریان نقدینگی خروجی پیمانکار برای هر دو سناریو، میزان سودآوری پروژه با در نظر گرفتن نمودار جریان نقدینگی خروجی واقعی پیمانکار

حدود ۰/۳، ۰/۷ درصد به ترتیب برای سناریوهای اول و دوم بیشتر از این مقدار با در نظر گرفتن نمودار هزینه کل است. بنابراین می توان گفت که از منظر تعیین میزان سودآوری پیمانکار نمودار هزینه کل نسبت به نمودار جریان نقدینگی خروجی واقعی پیمانکار خطای بسیار کمی دارد و موضوع ارزش زمانی پول که موجب بروز این تغییر شده، بر پروژه مورد مطالعه تأثیر چندانی ندارد. با وجود درصد خطای پایین نمودار هزینه کل در تعیین سودآوری پروژه، عدم در نظر گرفتن مدل های واقعی پرداختی برای مصالح، موجب می شود تا بیشترین میزان نقدینگی پیمانکار در طول پروژه به اشتباه حدود ۶۴ درصد برای سناریو اول و ۳۲ درصد برای سناریو دوم بیشتر از میزان واقعی خود در نظر گرفته شود. این موضوع می تواند پیمانکار را برای تأمین این میزان نقدینگی که نیازی به آن نیست وارد چالش کند. همچنین همان طور که مشاهده می شود تفاضل میان نمودارهای جریان نقدینگی خروجی پیمانکار و هزینه کل پروژه در طول مدت زمان اجرای پروژه برای هر دو سناریو در اکثر زمان ها (۹۳ و ۹۲ درصد کل زمان پروژه به ترتیب برای سناریوهای اول و دوم) منفی بوده که این موضوع حاکی از برآورد بیش از حد هزینه های روزمره توسط نمودار هزینه کل نسبت به نمودار جریان نقدینگی خروجی است. برآورد اشتباهی که پیمانکار را وارد چالشی برای تأمین مالی مورد نیاز می کند که اصلاً نیازی به آن نیست.

۳-۴-۴- سناریوهای مرتبط با پرداخت هزینه نیروی انسانی

به منظور بررسی اثر تغییر در شیوه پرداخت به نیروی انسانی پروژه، سناریوهای سوم و چهارم مورد تحلیل قرار گرفته اند که نتایج آن ها در شکل ۱۳ ارائه شده است. نتایج نشان می دهد که از منظر سودآوری، اختلاف میان هزینه کل و جریان نقدینگی خروجی در سناریوهای سوم و چهارم به ترتیب حدود ۱ و ۲/۱ درصد است که بیانگر حساسیت نسبتاً محدود شاخص های سودآوری به تغییر زمان پرداخت دستمزد نیروی انسانی است.

همچنین از منظر نقدینگی، اگرچه این اختلاف افزایش یافته و به حدود ۳ و ۶ درصد در سناریوهای سوم و چهارم می رسد، اما این مقادیر همچنان نشان دهنده جابه جایی محدود در زمان وقوع خروج جریان های نقدی بوده و حاکی از تغییر ساختاری یا معنادار در نیاز نقدینگی پروژه نیست. به عبارت دیگر، تغییر شیوه پرداخت نیروی انسانی عمدتاً منجر به شیفت زمانی جزئی در نمودار جریان نقدینگی خروجی می شود.



شکل ۱۳ نمودار جریان نقدینگی خروجی و هزینه کل پروژه برای سناریوهای سوم و چهارم.

Fig. 13. Cash outflow and total project cost diagram for the third and fourth scenarios.

۴-۴-۴- مقایسه اثر سناریوهای پرداخت مصالح و نیروی انسانی بر سودآوری و نقدینگی

مقایسه نتایج حاصل از سناریوهای مرتبط با پرداخت هزینه مصالح و نیروی انسانی (مطابق جدول ۲) نشان می‌دهد که ماهیت هزینه‌ها نقش تعیین‌کننده‌ای در میزان اثرگذاری بر رفتار مالی پروژه دارد. در هر دو گروه سناریو، استفاده از نمودار هزینه کل به‌عنوان جانشین جریان نقدینگی خروجی، منجر به خطای ناچیزی در برآورد سودآوری نهایی پروژه می‌شود؛ به‌گونه‌ای که اختلاف‌های مشاهده‌شده همواره در بازه‌ای محدود قرار دارند. این یافته بیانگر آن است که از منظر سود نهایی، ارزش زمانی پول و جابه‌جایی زمانی پرداخت‌ها در پروژه مورد مطالعه اثر تعیین‌کننده‌ای ندارد.

با این حال، تفاوت اصلی سناریوها در بعد نقدینگی و برآورد نیاز مالی کوتاه‌مدت پیمانکار نمایان می‌شود. نتایج نشان می‌دهد که تغییر در شیوه پرداخت هزینه مصالح، در مقایسه با نیروی انسانی، تأثیر به‌مراتب بیشتری بر پروفایل نقدینگی پروژه دارد. چراکه تغییر در شرایط پرداخت هزینه‌های پیوسته مانند نیروی انسانی، عمدتاً منجر به جابه‌جایی‌های جزئی زمانی در منحنی جریان نقدینگی خروجی می‌شود، در حالی که تغییر شرایط پرداخت هزینه‌های گسسته و سرمایه‌بر مانند مصالح، به دلیل ایجاد یا حذف پیک‌های نقدینگی، اثر ساختاری و قابل‌توجهی بر وضعیت نقدینگی پروژه دارد.

در سناریوهای مرتبط با مصالح، عدم لحاظ مدل واقعی پرداخت می‌تواند به بیش‌برآورد قابل‌توجه نیاز نقدینگی منجر شود، به‌طوری که این بیش‌برآورد در سناریوی خرید کاملاً اعتباری به بیشترین مقدار خود می‌رسد. در مقابل، تغییر شیوه پرداخت نیروی انسانی عمدتاً موجب جابه‌جایی زمانی محدود در خروج جریان‌های نقدی شده و اثر آن بر میزان حداکثر نقدینگی موردنیاز پروژه ناچیز است.

از منظر مقایسه میان سناریوها، می‌توان گفت سناریوی دوم پرداخت مصالح (پرداخت ترکیبی نقدی-اعتباری) نسبت به سناریوی خرید کاملاً اعتباری، تصویر واقع‌بینانه‌تری از نیاز نقدینگی پروژه ارائه می‌دهد و ریسک بیش‌برآورد منابع مالی را به‌طور محسوسی کاهش می‌دهد. در مقابل، در سناریوهای نیروی انسانی، هیچ‌یک از روش‌های پرداخت منجر به تغییر معنادار در رفتار مالی پروژه نمی‌شود و انتخاب میان آن‌ها بیشتر به ملاحظات اجرایی و قراردادی وابسته است تا ملاحظات مالی.

در مجموع، این نتایج نشان می‌دهد که مدیریت فعال قراردادهای تأمین مصالح و چانه‌زنی در خصوص شرایط پرداخت می‌تواند به‌عنوان یکی از مؤثرترین اهرم‌های کاهش ریسک نقدینگی پروژه مطرح شود، در حالی که تغییر در سازوکار پرداخت نیروی انسانی، در پروژه مورد مطالعه، نقش ثانویه و محدودتری در بهبود وضعیت مالی پیمانکار ایفا می‌کند.

جدول ۲ مقایسه سناریوهای پرداخت مصالح و نیروی انسانی از منظر سودآوری و نیاز نقدینگی پیمانکار.

Table 2. Comparison of payment scenarios for materials and human resources from the perspective of profitability and contractor's liquidity needs.

سناریو	سودآوری (درصد خطا نسبت به نمودار هزینه کل)	نقدینگی (درصد خطا نسبت به نمودار هزینه کل)
اول	۰/۳۱	۶۳/۶۵
دوم	۰/۷۱	۳۱/۸۳
سوم	۰/۹۹	۳/۰۸
چهارم	۲/۰۹	۵/۹۶

۴-۴-۵- جمع‌بندی و تحلیل علت اختلاف میان هزینه کل و جریان نقدینگی خروجی

تحلیل علیّی اختلاف مشاهده‌شده نشان می‌دهد که منشأ اصلی فاصله قابل‌توجه میان نمودار هزینه کل و جریان نقدینگی خروجی را باید در «اختلاف زمانی» میان ثبت هزینه و زمان واقعی پرداخت جستجو کرد. نمودار هزینه کل هزینه‌ها را در زمان مصرف منابع منعکس می‌کند و به‌طور ضمنی فرض می‌کند بار مالی فعالیت‌ها همزمان با اجرای آن‌ها بر پیمانکار تحمیل می‌شود. در حالی که در واقعیت،

خروج وجه نقد تابع شرایط قراردادی پرداخت، دوره‌های تسویه با تأمین‌کنندگان و زمانبندی پرداخت دستمزد است و معمولاً با تأخیر نسبت به زمان وقوع هزینه تحقق می‌یابد. این اختلاف زمانی موجب می‌شود منحنی هزینه کل در اکثر مقاطع نیاز نقدینگی پیمانکار را بیش از مقدار واقعی خود برآورد کند.

بررسی نتایج همچنین نشان می‌دهد که ارتباط این اختلاف با پیک‌های نقدینگی به ماهیت هزینه‌ها وابسته است. هزینه‌های سرمایه‌بر و گسسته مانند مصالح، به دلیل وابستگی به نقاط تحویل مشخص و شرایط پرداخت عمده، مستعد تمرکز در بازه‌های زمانی محدود هستند. این تمرکز زمانی پرداخت‌ها باعث شکل‌گیری پیک‌های نقدینگی می‌شود؛ پدیده‌ای که بیانگر افزایش ناگهانی فشار مالی بر پیمانکار در مقاطع خاص پروژه است. از این رو، خطا در پیش‌بینی زمان وقوع این پرداخت‌ها، حتی در صورت برآورد صحیح مجموع هزینه‌ها، می‌تواند به بروز پیک‌های نقدینگی پیش‌بینی نشده یا جابه‌جایی زمانی آن‌ها منجر شده و موجب شود پیمانکار در مقاطع بحرانی واقعی با کمبود منابع مالی مواجه گردد. در مقابل، هزینه‌های پیوسته‌ای مانند نیروی انسانی به دلیل توزیع یکنواخت در طول زمان و دوره‌های پرداخت کوتاه‌تر، عمدتاً موجب جابه‌جایی‌های زمانی محدود در جریان نقدینگی شده و کمتر به ایجاد پیک‌های شدید منجر می‌شوند.

از منظر تحلیل مالی پروژه، نتایج نشان می‌دهد که سودآوری شاخصی نسبتاً کم حساسیت به زمانبندی پرداخت‌ها است. در حالی که نیاز نقدینگی ماهیتی پویا دارد و به شدت به زمانبندی پرداخت‌های پروژه وابسته است. بنابراین، اختلاف میان نمودار هزینه کل و جریان نقدینگی خروجی نه ناشی از افزایش واقعی هزینه‌ها، بلکه حاصل اثرات زمانی، تمرکز پرداخت‌ها و شکل‌گیری پیک‌های نقدینگی در طول اجرای پروژه است. در چنین شرایطی، استفاده از نمودار هزینه کل به‌عنوان جانشین جریان نقدینگی خروجی می‌تواند به برآورد نادرست نیاز مالی کوتاه‌مدت و اتخاذ تصمیم‌های تأمین مالی بیش از نیاز واقعی منجر شود؛ موردی که در مطالعه توکلان و نیکوکار [۲۴] نیز مورد تأکید قرار گرفته است.

۵- محدودیت‌های پژوهش و توسعه‌های آتی

با وجود دستاوردهای ارائه‌شده، پژوهش حاضر با محدودیت‌هایی همراه است که در تعمیم نتایج باید مورد توجه قرار گیرند. نخست، در مدل پیشنهادی فرض شده است که پرداخت‌های مربوط به نیروی انسانی تابع احجام کاری انجام‌شده است. این در حالی است که در شماری از پروژه‌ها، پرداخت‌ها بر اساس حقوق ثابت ماهانه یا قراردادهای زمانی صورت می‌گیرد. از این رو، کاربرد مدل در پروژه‌هایی با این ساختار، نیازمند اصلاحاتی در مدل پرداختی نیروی انسانی است. دوم، اگرچه مدل ارائه‌شده ماهیتی پویا دارد و امکان روزرسانی آن در طول پروژه از طریق تغییر مدل اطلاعاتی ساخت و اصلاح احجام کاری، برنامه زمانبندی، قیمت منابع و سایر پارامترهای مؤثر فراهم است، اما در توسعه اولیه، عدم قطعیت‌های رایج مانند تأخیر در پرداخت‌ها، نوسانات قیمت منابع و تغییرات برنامه زمانبندی لحاظ نشده‌اند. بنابراین، نتایج پژوهش عمدتاً در چارچوب مفروضات قطعی و شرایط با ثبات نسبی قابل اتکا هستند.

در راستای گسترش دامنه کاربرد مدل ارائه‌شده، پژوهش‌های آتی می‌توانند بر بهینه‌سازی جریان نقدینگی خروجی پیمانکاران با بهره‌گیری از مدل مطرح‌شده تمرکز کنند و همچنین مدل را برای شناسایی و ارزیابی ریسک‌های نقدینگی با استفاده از شاخص‌های عملکرد مالی و سناریوهای احتمالاتی گسترش دهند. علاوه بر این، تعمیم مدل به پروژه‌های بزرگ‌مقیاس همچون مترو، سدسازی و راهسازی و ارزیابی عملکرد آن در مقایسه با پروژه‌های ساختمانی می‌تواند بینش‌های عملی و کاربردی بیشتری برای تعیین و مدیریت جریان نقدینگی خروجی ارائه نماید.

۶- نتیجه‌گیری

تعیین دقیق و در لحظه جریان نقدینگی پیمانکار در طول پروژه، پیشنیاز مدیریت مؤثر مالی و کاهش ریسک مشکلات نقدینگی است. بررسی روزانه جریان نقدینگی به پیمانکار این امکان را می‌دهد که قبل از بروز مشکلات نقدینگی، راهکارهای مناسب برای مدیریت آن اتخاذ کند؛ راهکاری که با حفظ یا کاهش حداقلی سود مورد انتظار، موجب بهبود نقدینگی در طول پروژه شود. فرآیند سنتی محاسبه جریان نقدینگی دستی و زمان‌بر است و احتمال خطای انسانی بالایی دارد، در حالی که ترکیب فناوری مدل‌سازی اطلاعات ساخت با مدل‌های دریافتی و پرداختی امکان محاسبه و مدیریت جریان نقدینگی با دقت بالا را فراهم می‌کند.

در این پژوهش، با در نظر گرفتن فاصله زمانی میان مصرف منابع و پرداخت هزینه‌ها، مدلی پویا برای تعیین جریان نقدینگی خروجی پیمانکار ارائه شد و بستری مبتنی بر مدل سازی اطلاعات ساخت توسعه یافت. نتایج نشان داد استفاده از نمودار هزینه کل، اگرچه خطای سودآوری کمتر از ۲/۱ درصد دارد، می‌تواند نیاز نقدینگی پیمانکار را تا ۳۲ الی ۶۴ درصد بیش از مقدار واقعی برآورد کند، به‌ویژه در هزینه‌های سرمایه‌بر و گسسته مانند خرید مصالح. در حالی که تغییر شیوه پرداخت نیروی انسانی تنها موجب جابه‌جایی‌های ۳ الی ۶ درصدی شد. نتایج حاکی از آن بود که هزینه‌های سرمایه‌بر و گسسته بیشترین اثر را بر پیک‌های نقدینگی دارند، در حالی که هزینه‌های پیوسته مانند نیروی انسانی تأثیر محدودی دارند. در طرف دیگر اما سود نهایی نسبتاً کم حساسیت به زمانبندی پرداخت‌ها است. علاوه بر این، استفاده از نمودار هزینه کل به‌عنوان جانشین نمودار جریان نقدینگی واقعی خروجی پیمانکار می‌تواند منجر به برآورد نادرست نیاز مالی کوتاه‌مدت و تصمیم‌های تأمین مالی بیش از حد واقعی شود.

نوآوری اصلی پژوهش در ارائه مدلی پویا، جامع و مبتنی بر داده‌های واقعی پروژه است که ضمن مدلسازی عوامل اثرگذار و اختلافات زمانی میان مصرف منابع و پرداخت‌ها، امکان بروزرسانی سریع و مدیریت لحظه‌ای جریان نقدینگی خروجی پیمانکار را فراهم می‌کند. برخلاف مدل‌های پیشین که ایستا، ساده‌سازی شده یا نیمه‌خودکار هستند و به اثر زمانبندی و مصرف واقعی منابع توجه کافی ندارند، این مدل با یکپارچه‌سازی خودکار داده‌های زمانی و هزینه‌ای، دقت پیش‌بینی و کارایی مدیریت مالی عملیاتی را به‌طور قابل توجهی افزایش می‌دهد. این قابلیت به پیمانکار امکان می‌دهد تصمیمات عملیاتی نظیر برنامه‌ریزی خرید مصالح عمده و تنظیم پرداخت‌های منابع را بر اساس نیاز واقعی نقدینگی اتخاذ کند و از تأمین مالی بیش از حد یا دیر هنگام جلوگیری نماید.

با وجود این، مدل فرض کرده است که پرداخت نیروی انسانی تابع احجام کاری است و عدم قطعیت‌هایی نظیر تأخیر در پرداخت، نوسانات قیمت منابع و تغییرات برنامه زمانبندی در آن لحاظ نشده است. بنابراین، نتایج پژوهش عمدتاً در چارچوب مفروضات قطعی و شرایط با ثبات نسبی قابل اتکا هستند. پژوهش‌های آینده می‌توانند بر بهینه‌سازی جریان نقدینگی خروجی پیمانکار، شناسایی و ارزیابی ریسک‌های نقدینگی با شاخص‌های مالی و سناریوهای احتمالاتی و تعمیم مدل به پروژه‌های بزرگ مقیاس مانند مترو، سدسازی و راه‌سازی متمرکز کنند تا کاربرد عملی و جامعیت مدل افزایش یابد.

۷- منابع

- [1] M. Aliparast, Predicting and optimizing construction projects cash flow, Pazhohandegan rah danesh Publising, Ahvaz, Iran, 2016 (in persian).
- [2] A. Etehad, Knowledge of contracting profession, Behineh Publishing, Tehran, Iran, 2005 (in persian).
- [3] M. Aliparast, J. Salahshoor, M. Aliparast, Optimizing construction projects cash flow using linear programming techniques, in: The National Conference On Civil Engineering And Sustainable Development, Estahban, Iran, 2011 (in persian).
- [4] I.R.o.I. National Budget and Planning Organization, Base Unit Price List for Buildings, Year 1404, National Budget and Planning Organization, 2025 (in persian).
- [5] M. Ravanshadniya, B. Esmaeili, M.t. Banki, Predicting construction projects cash flow, in: National Conference on the Development of the Executive System of Civil, Industrial and Urban Projects, Tehran, Iran, 2007 (in persian).
- [6] M.O. Kim, H.K. Park, The algorithm of cash flow forecasting in planning stage for construction project, in: 2012 IEEE International Conference on Management of Innovation & Technology (ICMIT), IEEE, 2012, pp. 674-677.
- [7] S. Hanaoka, H.P. Palapus, Reasonable concession period for build-operate-transfer road projects in the Philippines, International Journal of Project Management, 30(8) (2012) 938-949.
- [8] V. Mohagheghi, S.M. Mousavi, B. Vahdani, Analyzing project cash flow by a new interval type-2 fuzzy model with an application to construction industry, Neural Computing and Applications, 28(11) (2017) 3393-3411.
- [9] S.M.A. Tabei, M. Bagherpour, A. Mahmoudi, Application of fuzzy modelling to predict construction projects cash flow, Periodica Polytechnica Civil Engineering, 63(2) (2019) 647-659.

- [10] D. Kuchta, A. Zabor, Fuzzy modelling and control of project cash flows, *Journal of Intelligent & Fuzzy Systems*, 42(1) (2022) 155-168.
- [11] R. Stanley, D. Thurnell, The benefits of, and barriers to, implementation of 5D BIM for quantity surveying in New Zealand, (2014).
- [12] A. Aibinu, S. Venkatesh, Status of BIM adoption and the BIM experience of cost consultants in Australia, *Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice*, 140(3) (2014) 04013021.
- [13] E. Plebankiewicz, K. Zima, M. Skibniewski, Analysis of the first Polish BIM-Based cost estimation application, *Procedia Engineering*, 123 (2015) 405-414.
- [14] D. Kehily, Embedding life cycle costing in 5D BIM, (2017).
- [15] M. Marzouk, S. Azab, M. Metawie, BIM-based approach for optimizing life cycle costs of sustainable buildings, *Journal of cleaner production*, 188 (2018) 217-226.
- [16] C. Lau, M.-x. Yang, L. Allan, C.J. Ku, Cost analysis of equipment in a building using BIM-based Methods, in: *ISARC. Proceedings of the International Symposium on Automation and Robotics in Construction*, IAARC Publications, 2018, pp. 1-5.
- [17] M. Abdel-Hamid, H.M. Abdelhaleem, Project cost control using five dimensions building information modelling, *International Journal of Construction Management*, 23(3) (2023) 405-409.
- [18] S. Yilmaz, D. Kumar, S. Hada, S. Demirkesen, C. Zhang, H. Li, A PMBOK-based construction cost management framework for BIM integration in construction projects, *International Journal of Construction Management*, (2024) 1-15.
- [19] H. Kim, F. Grobler, Preparing a construction cash flow analysis using building information modeling (BIM) technology, *Journal of Construction Engineering and Project Management*, 3(1) (2013) 1-9.
- [20] H.T.T. Le, T.D. Cong, Bim-integrated system: a successful alternative for estimating cash flow in building projects, *ASEAN Engineering Journal*, 13(4) (2023) 103-112.
- [21] A. Mahboob, A. Rathnasinghe, A. Ekanayake, P. Tennakoon, Evaluating BIM' s Role in Transforming Cash Flow Forecasting Among Construction SMEs: A Saudi Arabian Narrative, *Sustainability*, 16(23) (2024) 10221.
- [22] V. Abma, A. Farhana, S. Rachmawati, Cash flow simulation planning based on building information modeling for construction projects, in: *AIP Conference Proceedings*, AIP Publishing, 2024.
- [23] H.T.T. Le, BIM-Integrated System: A Successful Alternative for Calculating Cash Flow in Large-Scale Projects, in: *International Conference series on Geotechnics, Civil Engineering and Structures*, Springer, 2024, pp. 201-209.
- [24] M. Tavakolan, S. Nikoukar, A BIM and simulation-based finance scheduling method for the steel structure construction project, *KSCE Journal of Civil Engineering*, 29(5) (2025) 100124.