مهندسی عمران شریف (زمستان ۱۳۹۵)
دوره‌ی ۲-۳۲، شماره‌ی ۴/۲، ص. ۱۱۱-۱۱۹، (یادداشت فنی)

Research Note

تجزیه و تحلیل روش‌های آنالیز تأخیر مبتنی بر پنجره‌ها در برنامه‌ی Easy Plan و ارائه‌ی چهارچوب انتخاب مناسب‌ترین روش آنالیز تأخیر

مجید پرچمی جلال* **(استادیار)**
محمود گلابچی (استاد)
الهام یوسفی (کارشناس ارشد)
دانشکده‌ی معماری، دانشگاه تهران

یکی از مهم‌ترین مشکلات در پروژه‌های ساخت، بروز تأخیر در اجرا و بهره‌برداری پروژه است، که اغلب باعث ایجاد ادعاهایی میان کارفرما و پیمانکار می‌شود. این موضوع برای عوامل درگیر در پروژه، پدیده‌یی حائز اهمیت است. وجود روش‌های مختلف آنالیز تأخیر، این اهمیت را دو چندان کرده و این موضوع جدال‌برانگیز شده است. در این پژوهش، ابتدا به معرفی و مقایسه‌ی کلی روش‌های موجود آنالیز تأخیر در پروژه‌ها پرداخته شده است، و سپس روش‌های مبتنی بر پنجره‌ها، که نسبت به سایر روش‌ها به‌عنوان روش‌های با دقت بیشتر شناسایی شده‌اند، با بررسی نمونه‌ی موردی در برنامه‌ی Easy Plan، نتایج حاصل از هر روش تجزیه و تحلیل و با هم مقایسه شده‌اند. روش‌های مبتنی بر پنجره‌ها تا حدودی مشابه‌اند، ولی تفاوت‌هایی نیز دارند و برخی نتایج حاصل از آنالیز آنها متفاوت است. نتایج حاصل ازاین پژوهش، محدودیت‌های هر یک از روش‌های مذکور را نشان می‌دهد و به تحلیل‌گر در انتخاب روش آنالیز کمک می‌کند.

واژگان کلیدی: برنامه‌ی Easy Plan، پروژه‌های ساخت، روش‌های آنالیز تأخیر، روش‌های مبتنی بر پنجره‌ها.

parchamijalal@ut.ac.ir
golabchi@ut.ac.ir
elham.yousefi1365@gmail.com

۱. مقدمه

امروزه مشکلات زیادی پیش روی تکمیل یک پروژه وجود دارد. یکی از مهم‌ترین مشکلات در اجرای پروژه‌های ساخت، بروز تأخیر در اجرا و بهره‌برداری پروژه است. به‌طورکلی تأخیر هرگونه فراتررفتن از توافقات زمان‌بندی تحت تأثیر پاره‌یی از عوامل داخلی یا خارجی پروژه است، که اغلب باعث بروز مشکلات و ادعاهایی بین کارفرما و پیمانکار می‌شود. این تأخیرات معمولاً بسیار پیچیده است و ذی‌نفعان و عوامل زیادی درگیر آن هستند.[۱] طرفین درگیر در پروژه باید فهم درستی از انواع تأخیرات ساخت و علل و دسته‌بندی آن برای بازیابی خسارت داشته باشد. تأخیرات زمانی می‌توانند به روش‌های مختلفی براساس توانایی جبران خسارت، زمان، و منشأ آن طبقه‌بندی، و براساس منشأ به تأخیرات ناشی از کارفرما، پیمانکار، و عامل سوم طبقه‌بندی شوند. همچنین براساس قابلیت جبران، تأخیرات به: ۱. تأخیرات قابل‌بخشش و قابل‌جبران که ناشی از کارفرماست؛ ۲. تأخیرات غیرقابل‌جبران که منشأ آن ناشی از پیمانکار است؛ ۳. تأخیرات قابل‌بخشش غیرقابل‌جبران که ناشی از عامل سوم است، طبقه‌بندی می‌شوند.[۲] براساس زمان، تأخیرات به تأخیرات هم‌زمان و مستقل دسته‌بندی می‌شوند. تأخیرات هم‌زمان به ۲ یا تعداد بیشتری از تأخیرات مستقل گفته می‌شود که در یک زمان رخ دهند و تا حدی با یکدیگر هم‌پوشانی داشته باشند.[۳]

مدیران پروژه و تحلیل‌گران زمان‌بندی، اغلب با مشکل چگونگی آنالیز تأخیرات پیچیده و حل ادعاهای ناشی از آن مواجه‌اند. علاوه بر این، در بیشتر قراردادهای ساخت مشخص نشده است که از چه روشی برای ارزیابی و آنالیز تأخیرات استفاده شود. از طرفی پیمانکار و کارفرما، دیدگاه‌های متفاوتی در برابر آنالیز و تعیین مسئولیت تأخیر دارند. در نتیجه، محاسبه‌ی اثر تأخیرات و تعیین مسئولیت هر یک از طرفین موضوعی حائز اهمیت است. بنابراین مدیران پروژه باید روشی سیستماتیک برای آنالیز تأخیر و تخصیص مسئولیت داشته‌باشند. از آنجایی که روش‌های مختلفی از قبیل: اثر فراگیر[۱]، اثر خالص[۲]، زمان‌بندی هدف اثرشده[۳]، فروریخته[۴]، تأخیر مجزاشده[۵]، و پنجره‌ها[۶] برای ارزیابی تأخیرات وجود دارد، لذا انتخاب یک روش آنالیز تأخیر مناسب برای محاسبه‌ی اثرات تأخیر در پروژه، یک تصمیم حیاتی است که توسط تحلیل‌گر گرفته می‌شود. ایجاد قواعدی با توجه به شرایط پروژه می‌تواند تحلیل‌گر را در انتخاب روش یاری رساند.[۱]

انجمن حقوقی ساختمان[۷] تعدادی از عواملی را که باید در انتخاب روش آنالیز

---

* نویسنده مسئول
تاریخ: دریافت ۱۳۹۳/۸/۲۴، اصلاحیه ۱۳۹۴/۱/۱۷، پذیرش ۱۳۹۴/۳/۱۱.

Archive of SID
www.SID.ir

تأخیر در نظر داشت، شناسایی کرده‌اند، که شامل: شرایط مربوط به قرارداد، ماهیت رویدادهای علّی، ارزش ادعا، زمان در دسترس، اطلاعات ثبت‌شده، اطلاعات برنامه‌ی زمانی موجود، و تجربه‌ی برنامه‌ریز در پروژه است.[۴]

عوامل مشابهی نیز برای انتخاب روش پیشنهاد شده است و ۴ معیار: داده‌های موردنیاز، زمان آنالیز، ظرفیت و قابلیت روش، و زمان و هزینه‌ی موردنیاز را برای انتخاب عنوان شده است.[۳] روش آنالیز تأخیر معمولاً به‌دنبال کشف اطلاعات تأخیر مشتق‌شده از زمان‌بندی هدف[۸] و چون‌ساخت[۹] است، که مبنای حل اختلافات و ادعاهای تأخیر است.[۵]

اغلب روش‌های آنالیز نواقصی دارند از قبیل اینکه: ۱. در برخی از روش‌ها، تأخیرات هم‌زمان شناسایی و یا محاسبه نمی‌شود، ۲. به تغییرات مسیر بحرانی توجه نمی‌شود، ۳. به هزینه‌ی مصرف شناوری توجه نمی‌شود، ۴. آنالیز تأخیر، هم‌زمان با زمان رویداد تأخیر نیست، ۵. اغلب روش‌ها به فعالیت‌های تأخیرشده توجه می‌کنند و به اثر کاهش زمان فعالیت‌ها در مدت زمان کل پروژه توجهی ندارند.[۶]

روش‌های آنالیز باید بر روی ۳ نوع از فعالیت‌ها دقت کنند: تأخیرشده، بدون اثر، تسریع‌شده.[۷] ۳ معیار نیز برای دقت در آنالیز تأخیرات ذکر شده است که شامل: طبقه‌بندی نوع تأخیر، تأخیرات هم‌زمان و آنالیز زمان واقعی است.[۸]

دربین روش‌های اشاره‌شده، قابل‌قبول‌ترین روش آنالیز تأخیرات، روش پنجره‌هاست. این روش معایبی دارد که برای رفع هر یک از آن‌ها، روش‌های اصلاح‌شده‌یی ایجاد شده است،[۹] که در این نوشتار همه‌ی روش‌هایی که از روش پنجره‌های سنتی مشتق‌شده است، را روش‌های مبتنی بر پنجره‌ها می‌نامیم. روش‌های مبتنی بر پنجره‌ها، آنالیز تأخیر را براساس قاب‌های زمانی استخراج‌شده که پنجره نامیده می‌شوند، انجام می‌دهند. دادگاه‌های انگلیس، برخی از روش‌های مبتنی بر پنجره‌ها را پذیرفته‌اند، زیرا می‌تواند اثر انواع تأخیرات قابل‌جبران، غیرقابل‌بخشش و قابل‌بخشش، یعنی تأخیرات ناشی از کارفرما، پیمانکار و عامل سوم را محاسبه کند. با توجه به اینکه روش‌های مبتنی بر پنجره‌ها، روش‌های دقیق‌تری نسبت به سایر روش‌ها هستند، اما پژوهش‌های زیادی بر روی این روش‌ها انجام نشده است.[۱۰] سه مورد از این روش‌های اصلاح‌شده‌ی مبتنی بر پنجره‌ها با بررسی نمونه‌ی موردی ساده‌یی با یکدیگر مقایسه شده‌اند، ولی نمونه‌ی موردی بررسی‌شده‌ی آنها برخی از ویژگی‌ها را در نظر نگرفته است.[۱۰] در این پژوهش با استفاده از نمونه‌ی موردی که موارد فوق را در برگرفته است و همچنین بررسی دو روش دیگر از روش‌های مبتنی بر پنجره‌ها، با استفاده از برنامه‌ی Easy Plan به مقایسه و تجزیه و تحلیل نتایج حاصل از ۵ روش ذکرشده پرداخته شده است.

۲. پیشینه‌ی پژوهش

آردیتی و پاتانکیچامرون[۳] مقایسه‌یی بین ۴ روش چون‌ساخت فروریخته[۱۰]، پنجره‌ها، زمان‌بندی هدف اثرشده، و مسیر بحرانی چون‌ساخت تنظیم‌شده[۱۱] را در جدولی همراه با انواع زمان‌بندی (برنامه‌یی، چون‌ساخت، به‌روزشده، و تنظیم‌شده) و نوع اطلاعاتی (گزارش پیشرفت، نمودار میله‌یی و شبکه‌ی به‌روزشده) که در انتخاب کمک می‌کند، ارائه داده‌اند. در واقع کار پژوهشی آنها براساس بررسی مقالات مختلف در زمینه‌ی آنالیز تأخیر و جمع‌آوری نظر خبرگان بوده است. پژوهش‌های دیگری نیز به بررسی روش‌های مختلف آنالیز پرداخته‌اند، ولی هیچ‌کدام به طور واضح و مشخص به بررسی و مقایسه‌ی تمامی روش‌های آنالیز مبتنی بر پنجره‌ها نپرداخته است. همان‌طور که در مقدمه نیز اشاره شده است، تنها در پژوهشی در سال ۲۰۰۹،[۱۰] سه مورد از این روش‌های اصلاح‌شده‌ی مبتنی بر پنجره‌ها با بررسی نمونه‌ی موردی ساده‌یی با یکدیگر مقایسه شده‌اند، ولی در نمونه‌ی بررسی‌شده‌ی مذکور برخی از ویژگی‌ها و شاخص‌ها از قبیل تأخیر درگام‌ها، تغییر در روابط، و تخصیص منابع در نظر گرفته نشده است.

جدول ۱، محدودیت‌ها و قابلیت‌های روش‌های بررسی‌شده در مقالات مختلف،

جدول ۱. مقایسه‌ی روش‌های آنالیز تأخیر.

روش آنالیز	آنالیز مسیر	شناسایی تأخیر	شناسایی تأخیرات	
	بحرانی اصلی	در زمان واقعی	همزمان	درگام‌ها
روش اثر فراگیر[۸]	×	×	×	×
روش اثر خالص[۱۰]	×	×	×	×
روش مسیر بحرانی چون‌ساخت تنظیم‌شده[۸]	×	×	×	×
روش زمان‌بندی هدف اثرشده[۸و۱۰]	×	×	×	×
روش فروریخته[۸]	×	×	×	×
روش But-for چون‌ساخت[۱۰]	•	×	•	×
روش چون‌ساخت فروریخته[۱۲]	×	×	•	×
روش تأخیر مجزاشده[۸]	•	×	•	×
روش تأخیر مجزاشده‌ی فروریخته[۱۳]	•	×	•	×
روش تأخیر مجزاشده‌ی اصلاح‌شده[۱۱]	•	×	•	×
روش پنجره‌ها[۱۰]	•	•	•	×

• قابلیت را در شاخص موردنظر دارند. × قابلیت را در شاخص موردنظر ندارند.

Archive of SID

www.SID.ir

که توسط پژوهشگران این نوشتار تدوین شده است، را به‌طور خلاصه نشان می‌دهد. در ادامه، در این بخش به بررسی و مرور روش‌های آنالیز تأخیر مبتنی بر پنجره‌ها پرداخته شده است.

۱.۲. روش تصویر لحظه‌یی[۱۲] یا پنجره‌های سنتی[۱۳]

این روش براساس برنامه‌ی زمانی هدف، چون‌ساخت، و تنظیم‌شده[۱۴] است، که در طول اجرای پروژه انجام می‌شود. مدت زمان کل پروژه به دوره‌هایی تقسیم می‌شود که پنجره یا تصویر لحظه‌یی نامیده می‌شود. تاریخ‌های این دوره‌ها معمولاً مطابق با مایل‌استون‌های اصلی پروژه، تغییرات مهم در برنامه یا هنگام وقوع تأخیرات مهم یا گروهی از تأخیرات است. ارتباطات و مدت زمان برنامه‌ی زمانی چون‌ساخت در داخل دوره‌ی مورد بررسی به برنامه‌ی زمانی هدف[۱۵] تحمیل می‌شود، در حالی که ارتباطات و مدت زمان برای فعالیت‌های پس از آن دوره حفظ می‌شود. دقت این روش، توجه به تأخیرات هم‌زمان و تغییرات مسیر بحرانی، بستگی به تعداد دوره‌های بررسی‌شده دارد.[۸] این روش محدودیت‌هایی بدین شرح دارد:

۱. از آنجایی که زمان‌بندی واقعی عنصر اصلی، آنالیز تأخیر دقیق است، اما به‌صورت دستی پس از واقعیت (پس از پایان پروژه) تهیه می‌شود. همچنین به‌دلیل مشکل ثبت داده‌ها در سایت، رویدادها را نمی‌توان نشان داد؛ بنابراین، زمان‌بندی واقعی ممکن است در معرض خطا و حذف باشد، که مانع از آنالیز تأخیر صحیح می‌شود.[۱۰]

۲. فقط بر مسیر بحرانی، که در پایان هر پنجره‌ی زمانی وجود دارد، تمرکز می‌شود. بنابراین، این روش به نوسانات مسیر بحرانی توجه نمی‌کند.[۱۴]

۳. با توجه به موارد ذکرشده، این روش حساسیت به تأخیرات ناشی از کارفرما یا پیمانکار و همچنین به رویدادهای تسریع در هر دوره را از دست می‌دهد.[۱۰]

۴. این روش مکانیزمی برای توجه به تسریعات مستقیم کارفرما در مقابل پیمانکار را ندارد.

۵. فرایند آنالیز پنجره‌ها، رویکردی سیستماتیک برای محاسبه‌ی مسئولیت تأخیرات با به‌روز رسانی خطوط متعدد مبنا، که در فازهای مختلف ساخت استفاده می‌شود، ندارد. در واقع، برای تغییر در روابط بین فعالیت‌ها، به‌طور واضح رویکردی ارائه نکرده است.

۶. به اثر تخصیص مازاد منابع، که موجب تأخیر در پروژه می‌شود، توجهی نمی‌کند.[۱۵]

۷. این روش فقط توقف در کار را به‌عنوان تأخیر محاسبه می‌کند، در واقع به کُندی اجرا یا تأخیر در گام‌ها[۱۶] توجهی ندارد.

۲.۲. روش آنالیز با استفاده از برش‌های تأخیر[۱۷]

این روش برای غلبه بر دو مورد از محدودیت‌های روش پنجره‌های سنتی، شامل ابهام در آنالیز تأخیرات هم‌زمان و توجه ناکافی به فعالیت‌های تسریع‌شده پیشنهاد شده است. برای غلبه بر این دو محدودیت، دو فرضیه در این روش پیشنهاد می‌شود: ۱. برش تأخیر[۱۸]؛ ۲. شناوری پیمانکار[۱۹].[۷] در این روش مبنای انتخاب پنجره‌ها به ۳ صورت است:

۱. دوره یا برشی که تأخیری رخ نداده است: ابتدا زمان‌بندی مبنا با واردکردن فعالیت‌های واقعی به‌روزرسانی می‌شود. امکان این وجود ندارد که مدت زمان کل افزایش یابد، چون تأخیری در این بخش رخ نداده است. اما ممکن است مدت زمان کل پروژه کاهش یابد، که در این صورت به شناوری پیمانکار اضافه می‌شود.[۷]

۲. برشی که شامل تأخیر منفرد است (بدون هم‌پوشانی)، پس از به‌روزرسانی:

الف) اگر $TF_{Dij} \geq TD_{Si}$ باشد، بدون توجه به اینکه چه کسی مسئول برای D_{i1} است، روش آنالیز مشابه برش فعالیت‌های بدون تأخیر است.[۶]

ب) اگر $TF_{Dij} < TD_{Si}$ باشد، درصورتی که مدت زمان کل پروژه پس از زمان‌بندی دوباره افزایش یابد، مسئولیت به‌عهده‌ی طرفی است که تأخیر ناشی از آن بوده است. درصورتی که مدت زمان کل پروژه کاهش یابد، روش آنالیز مشابه موردی است که در برش بدون تأخیر مدت زمان کل پروژه کاهش یابد.[۷]

لازم به ذکر است که D_{ij} بخش i تأخیر j، TF_{Dij} شناوری آن و TD_{Si} طول برش است.

۳. برشی که شامل ۲ یا تعداد بیشتری از تأخیرات است (هم‌پوشانی‌شده): آنالیز در این بخش مشابه برش با تأخیر منفرد است. فقط یک متغیر Q_i که شمار D_{ij} را نشان می‌دهد، در اینجا اضافه می‌شود. آنالیز نتایج زمان‌بندی در این بخش براساس مقدار Q_i انجام می‌شود:

الف) اگر $Q_i = 0$، یعنی هیچ D_{ij} مواجه با شرایط $TF_{Dij} < TD_{Si}$ نمی‌شود و هیچ اثری در مدت زمان کل پروژه ندارد. بدون توجه به مسئولیت‌های D_{ij}، روش آنالیز مشابه برش فعالیت‌های بدون تأخیر است.

ب) $Q_i = 1$، یعنی فقط یک D_{ij} با شرایط $TF_{Dij} < TD_{Si}$ مواجه شده است و در مدت زمان کل پروژه اثر دارد. این آنالیز مشابه شرایط مشابه‌اش در هنگام تأخیر منفرد است.

ج) اگر $Q_i = 2$، یعنی ۲ یا تعداد بیشتر از D_{ij} با شرایط $TF_{Dij} < TD_{Si}$ مواجه می‌شود.[۷]

این روش به مصرف شناوری توجه می‌کند، در نتیجه تأخیر در گام‌ها را نیز در نظر می‌گیرد و آن را همواره ناشی از کُندی سرعت اجرای پیمانکار فرض می‌کند. همچنین شناوری ناشی از تسریع همواره به پیمانکار تعلق می‌گیرد. در واقع به تسریع ناشی از کارفرما توجهی ندارد.

۳.۲. روش آنالیز تأخیر مبنی بر اثر[۲۰]

این روش نیز مانند روش اخیر برای حل مؤثرتر تأخیرات هم‌زمان و توجه به تسریعات پیشنهاد شده است، که در آن برای انتخاب پنجره‌ها رویکردی مشابه روش برش‌های تأخیر ارائه شده است، همچنین در تعیین سهم طرفین در تأخیر هم‌زمان از رویکرد ایبز و همکارانش[۱۶] استفاده شده است. رویکرد انتخاب پنجره‌ها در این روش به دو صورت است: ۱. دوره‌یی که تأخیری رخ نداده است؛ ۲. دوره‌یی که تأخیر رخ داده است. برای محاسبه‌ی دقیق اثرات تأخیر در پروژه‌های ساخت، دوره‌های با تأخیر با کمینه‌ی قاب‌های زمانی، به عبارت دیگر ۱ روز یا ۱ هفته انتخاب می‌شود. مزیت این روش مشابه روش اخیر، شامل استخراج سیستماتیک پنجره‌ها، آنالیز مبتنی بر فرایند برای شناسایی تأخیرات هم‌زمان، توجه به تسریع، و علاوه بر آن ایجاد رویکرد توزیع برای تعیین سهم مسئولیت تأخیرات هم‌زمان است.[۶]

Archive of SID

www.SID.ir

۴.۲. روش پنجره‌های روزانه[۲۱]

این روش که در سال ۲۰۰۵ ارائه شده است،[۱۶] نمایشی جدید از اطلاعات پیشرفت و داده‌های تأخیر به شکل بارچارت‌های هوشمند (IBC)[۲۲] ارائه می‌دهد. این نمودار میله‌یی که از سلول‌های صفحه‌ی گسترده[۲۳] تشکیل شده است، هر یک نماینده‌ی ۱ روز (یا ۱ هفته یا هر واحد زمانی) برای فعالیت است. در واقع گروهی از سلول‌های مجاور هم، مدت زمان فعالیت را ایجاد می‌کنند. این سلول‌ها درصد تکمیل روزانه‌ی[۲۴] فعالیت‌ها، تأخیرات و مسئولیت طرفین برای تأخیر، تأخیرات هم‌زمان و هر اطلاعات مربوط دیگری را ثبت می‌کند. با درصد تکمیل،که به‌طور روزانه نمایش داده شده است، IBC می‌تواند تسریع یا کُندی سرعت در اجراکه در طول مدت زمان فعالیت رخ می‌دهد را ثبت کند. این روش برای پروژه‌های با مقیاس کوچک تا متوسط مطلوب است. این تذکر لازم است که از آنجایی که طول دوره‌ها ثابت است، کمتر در معرض دستکاری قرار دارد.[۱۷] این روش طی چندین سال بهبود یافته است و علاوه بر مزایای روش‌های قبلی، مزیت توجه به تسریعات مستقیم کارفرما در مقابل پیمانکار، توجه به تغییر در روابط بین فعالیت‌ها و رویکرد سیستماتیک برای محاسبه‌ی مسئولیت تأخیرات با به‌روزرسانی خطوط متعدد مبنا در فازهای مختلف ساخت را دارد.

۵.۲. روش آنالیز تحت به‌روزرسانی خطوط متعدد مبنا[۲۵]

این روش مزیت روش پنجره‌های روزانه را دارد، و علاوه بر آن، به اثر نتایج تخصیص مازاد منابع ناشی از تأخیرات طرفین توجه می‌شود، که برای حل این مشکل از به‌روزرسانی خطوط متعدد مبنا استفاده می‌شود. همچنین در این روش از اندازه‌ی پنجره‌های روزانه به منظور توجه به مسیر بحرانی و از اطلاعات پیشرفت برای تقسیم صحیح تأخیرات و تسریع‌ها بین طرفین پروژه استفاده می‌شود.[۱۸]

۳. روش‌شناسی پژوهش

همان‌طورکه در پیشینه‌ی پژوهش ذکر شده است، هیچیک از مقالات پیشین، تمامی روش‌های آنالیز مبتنی بر پنجره‌ها را با هم مقایسه نکرده است. همچنین برخی از شاخص‌ها از قبیل تأخیر درگام‌ها، تغییر در روابط، و تخصیص منابع را برای مقایسه‌ی قابلیت روش‌ها در نظر نگرفته است، در حالی که این موارد در برنامه‌ی زمان‌بندی واقعی بیشتر پروژه‌ها مشاهده می‌شود و باید در محاسبه‌ی تأخیرات این موارد را در نظر گرفت. در این پژوهش، ۵ روش شناسایی‌شده از روش‌های مبتنی بر پنجره‌ها با افزودن ویژگی‌ها و شاخص‌های ذکرشده با یکدیگر مقایسه شده است.

از یک نمونه‌ی موردی برای مقایسه‌ی نتایج و تجزیه و تحلیل قابلیت‌های روش‌های مبتنی بر پنجره‌ها استفاده شده است. در اینجا از برنامه‌ی Easy Plan برای نمایش زمان‌بندی استفاده شده است. این برنامه را طارق حجازی[۱۷و۱۸] در سال ۲۰۰۲ الی ۲۰۰۶ با زبان VBA [۲۶] در محیط مایکروسافت اکسل[۲۷] کدنویسی کرده و شامل: تخمین هزینه، زمان‌بندی، مدیریت منابع، و کنترل پروژه است. از بین روش‌های ذکرشده، فقط روش آنالیز تأخیر پنجره‌های روزانه و آنالیز تحت به‌روزرسانی خطوط متعدد مبنا را می‌توان با این برنامه تحلیل کرد، اما برای تحلیل سایر روش‌های آنالیز مبتنی بر پنجره پاسخ‌گو نیست. بنابراین، در این پژوهش برای سایر روش‌ها و فقط به‌منظور نمایش زمان‌بندی هدف و چون‌ساخت و نمایش چارچوب‌های زمانی استفاده شده و تجزیه و تحلیل‌های ضروری به‌صورت دستی انجام شده است.

در این پژوهش، برای مقایسه‌ی روش‌های مذکور از یک نمونه‌ی موردی با ۸ فعالیت استفاده شده و در جدول ۲، فعالیت‌های مذکور، ارتباطات بین آنها، تخمین‌ها، و منابع موردنیاز برای هر فعالیت نشان داده شده است. البته برای تعدادی از فعالیت‌ها، ۲ تخمین در نظرگرفته شده است: تخمین ۱، شامل مدت زمان متداول فعالیت با هزینه‌ی کمتر؛ و تخمین ۲، شامل مدت زمان کمتر با هزینه‌ی بیشتر.

جدول ۲. تخمین‌ها و پیش‌نیازهای فعالیت‌ها.

شماره	فعالیت	پیش نیاز	تخمین ۱			تخمین ۲		
			هزینه	مدت زمان	منابع	هزینه	مدت زمان	منابع
۱	A	-	۶۰۰۰	۲	۳	-	-	-
۲	B	۱	۶۰۰۰	۳	۱	۵۰۰۰	۲	۱
۳	C	۱	۶۰۰۰	۳	۱	۵۰۰۰	۲	۱
۴	D	۱	۶۰۰۰	۳	۲	۵۰۰۰	۲	۲
۵	E	-	۶۰۰۰	۵	۲	۵۰۰۰	۴	۲
۶	F	۵, ۳, ۲	۶۰۰۰	۴	۳	۵۰۰۰	۳	۳
۷	G	۵, ۳, ۲	۶۰۰۰	۷	۳	۵۰۰۰	۶	۳
۸	H	۷, ۶, ۴	۶۰۰۰	۳	۳	-	-	-

فعالیت‌هایی که برای آن تخمین دوم در نظرگرفته نشده است، فقط با یک روش قابل اجراست. پیمانکار زمان‌بندی هدف را با توجه به درنظرگرفتن محدودیت منابع، ۱۵ روز تعیین کرده است، که توسط کارفرما نیز این برنامه‌ی زمان‌بندی تأیید شده است. نوع منبع برای همه‌ی فعالیت‌ها L_1 و بیشینه‌ی تعداد منبع به ازاء هر روز ۶ واحد در نظرگرفته شده است.

برنامه‌ی زمان‌بندی هدف این پروژه مطابق شکل ۱ است و باید طی ۱۵ روز، پروژه به اتمام برسد؛ اما پیشرفت واقعی پروژه، زمان‌بندی هدف را تغییر می‌دهد و مدت زمان واقعی اجرای پروژه، به ۱۷ روز افزایش می‌یابد (شکل ۲).

جدول ۳، رویدادهای تأخیر را در طول اجرای پروژه نشان می‌دهد. براساس زمان‌بندی چون‌ساخت روش آنالیز، دوره‌های آنالیز هر یک از روش‌های مذکور طبق شکل ۳ مشخص می‌شود.

شکل‌های ۱ و ۲ به ترتیب زمان‌بندی هدف و چون‌ساخت را طبق پیش‌نیازها و ارتباطات و تأخیرات ذکرشده در جدول‌های ۲و ۳ نشان می‌دهد.

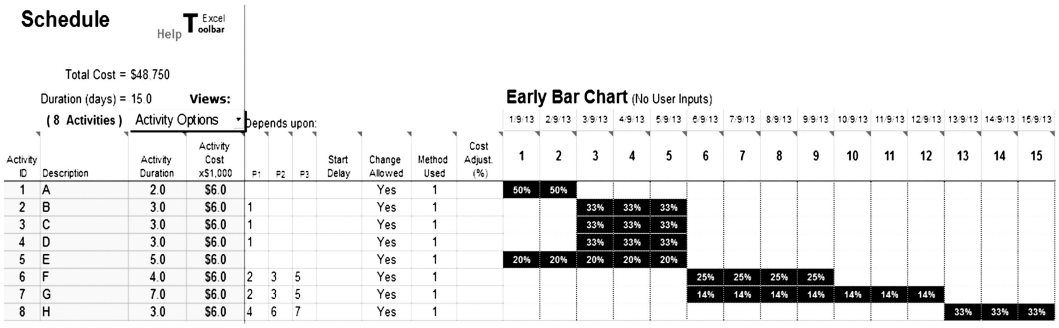
۴. یافته‌های پژوهش و تحلیل نتایج

جدول ۴، نتایج آنالیز حاصل از هر یک از روش‌ها را نشان می‌دهد. در ادامه، به تحلیل و توجیه نتایج پرداخته شده است.

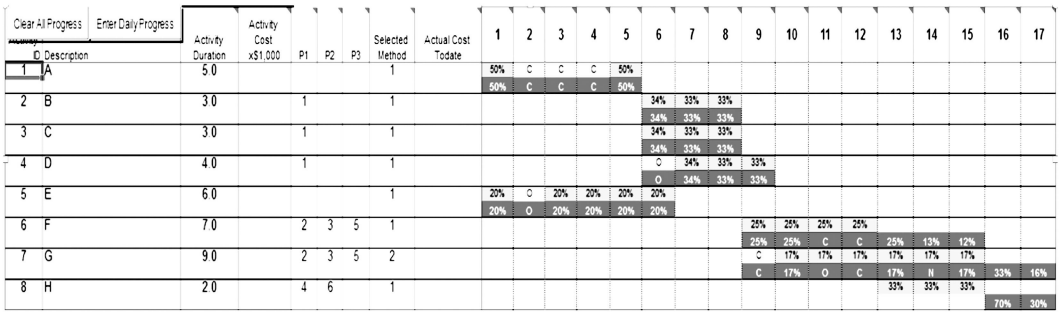
همان‌طورکه در پیشینه‌ی پژوهش، در توضیح و بررسی روش‌های آنالیز اشاره شده است، در روش پنجره‌های سنتی با توجه به اینکه انتخاب پنجره‌ها بر طبق وقوع تأخیرات مهم یا گروهی از تأخیرات است، به تأخیرات هم‌زمان ناشی از روز دوم توجه نمی‌کند. همچنین با توجه به اینکه در روش مذکور، ارتباطات و مدت زمان برنامه‌ی زمانی چون‌ساخت فقط در داخل دوره‌ی مورد بررسی به برنامه‌ی زمانی هدف تحمیل می‌شود و تخصیص منابع یا تغییر در روش اجرا و تسریع را در نظر نمی‌گیرد، به تغییر روابط فعالیت H، تغییر در روش اجرای فعالیت G در همان زمان، تسریع ناشی از کارفرما، و مسیر بحرانی واقعی در طول اجرای پروژه توجهی نمی‌کند. همچنین به کُندی سرعت در اجرا، در واقع تأخیر درگام‌ها در روز ۱۴ و ۱۵اُم بی‌توجه است. این روش در مورد کاهش مدت پروژه ایده‌یی ندارد.

در روش برش‌های تأخیر با توجه به سیستماتیک‌ساختن انتخاب دوره‌های آنالیز

Archive of SID
www.SID.ir



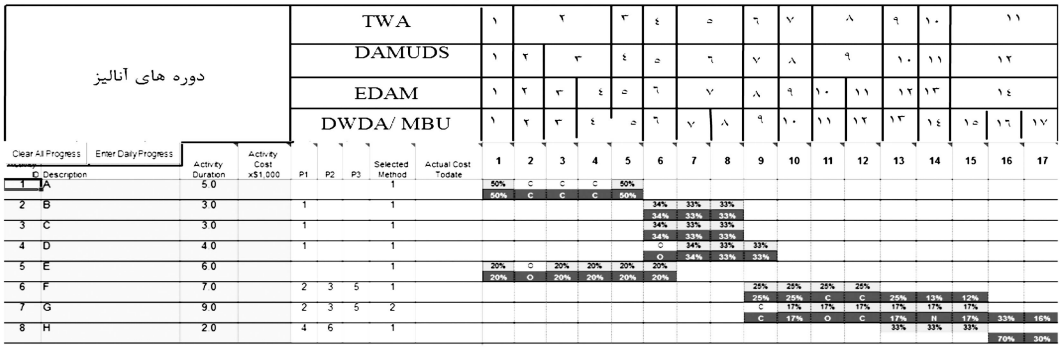
شکل ۱. زمان‌بندی هدف نمونه‌ی موردی.



شکل ۲. زمان‌بندی چون‌ساخت نمونه‌ی موردی.

جدول ۳. رویدادهای تأخیر و آثار آن.

روز	توضیحات
۲	پیمانکار و کارفرما به ترتیب در فعالیت‌های A و E، معادل ۱ روز تأخیر کرده‌اند.
۳ و ۴	پیمانکار در این روزها، معادل ۲ روز در فعالیت A تأخیر کرده است و متعاقباً انتظار می‌رود که پروژه باید در روز ۱۸ تکمیل شود. برای جبران این ۳ روز تأخیر، پیمانکار دریافت که بهترین انتخاب این است که فعالیت G را موازی با H انجام دهد، تا مدت زمان پروژه دوباره ۱۵ روز شود.
۶	کارفرما در شروع فعالیت D، ۱ روز تأخیر کرده است؛ بنابراین، مازاد تخصیص منابع در روزهای آتی انتظار می‌رود.
۹	پیمانکار در شروع فعالیت G، ۱ روز تأخیر کرده است. زیرا به‌دلیل محدودیت منابع نمی‌تواند فعالیت F،D و G را هم‌زمان اجرا کند. بنابراین پیمانکار به‌صورت داوطلبانه پروژه را با استفاده از روش گران‌تر برای فعالیت G، که مدت زمان این فعالیت را یک روز کوتاه‌تر می‌کند، تسریع می‌کند.
۱۱	هم کارفرما و هم پیمانکار موجب تأخیر در پروژه شده‌اند. کارفرما بر روی فعالیت G تأخیر کرده است، در حالی که پیمانکار در فعالیت F، ۱ روز تأخیر کرده است.
۱۲	پیمانکار هم بر روی فعالیت F و G تأخیر کرده است.
۱۴	فعالیت F به‌دلیل پیشرفت کُند پیمانکار معادل ۱ روز تأخیر شده است، در حالی که فعالیت G به‌دلیل شرایط نامساعد آب و هوایی متوقف شده است.
۱۶	پروژه یک روز از طرف کارفرما در فعالیت G تسریع شده و پیمانکار فعالیت H را تسریع کرده است.



شکل ۳. دوره‌های آنالیز در هر یک از روش‌ها.

Archive of SID
www.SID.ir

جدول ۴. مقایسه‌ی نتایج آنالیز روش‌های مبتنی بر پنجره‌ها.

روش آنالیز	منشأ	تأخیر/ تسریع	۲	۳	۴	۵	۶	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۴	۱۶	۱۷	مجموع
TWA	O	تأخیر	-	-	-	-	-	-	-	۱	-	-	-	-	۱
		تسریع	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	C	تأخیر	۱	۱	۱	-	-	۱	-	-	۱	-	-		۵
		تسریع	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	۵	۵*
	N	تأخیر	-	-	-	-	-	-	-	-	-	۱	-	-	۱
DAMUDS	O	تأخیر	۰/۵ هم‌زمان	-	-	-	-	-	-	۱	-	-	-	-	۱/۵
		تسریع	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	C	تأخیر	۰/۵ هم‌زمان	۱	۱	-	-	۱	-	-	۱	-	-	-	۴/۵
		تسریع	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	۵	۵
	N	تأخیر	-	-	-	-	-	-	-	-	-	۱	-	-	۱
EDAM	O	تأخیر	۰/۵ هم‌زمان	-	-		-	-	-	۱	-	-	-	-	۱/۵
		تسریع	-	-	-		-	-	-	-	-	-	-	-	-
	C	تأخیر	۰/۵ هم‌زمان	۱	۱		-	۱	-	-	۱		-		۴/۵
		تسریع	-	-	-		-	-		-	-	-	-	۵	۵
	N	تأخیر	-	-	-		-	-	-	-	-	۱	-	-	۱
DWDA	O	تأخیر	۰/۵ هم‌زمان	-	-	-	-	-	-	۰/۵ هم‌زمان	-	-	-	-	۱
		تسریع	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	۰/۵ هم‌زمان	-	۰/۵
	C	تأخیر	۰/۵ هم‌زمان	۱	۱	-	-	۱	-	۰/۵ هم‌زمان	۱	۰/۵ هم‌زمان	-	-	۵/۵
		تسریع	-	-	-	۳	-	-	۱	-	-	-	۰/۵ هم‌زمان	-	۴/۵
	N	تأخیر	-	-	-	-	-	-	-	-	-	۰/۵ هم‌زمان	-	-	۰/۵
MBU	O	تأخیر	۰/۵ هم‌زمان		-	-	۱	-	-	۰/۵ هم‌زمان	-	-	-	-	۲
		تسریع	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	۰/۵ هم‌زمان	-	۰/۵
	C	تأخیر	۰/۵ هم‌زمان	۱	۱	-	-	-	-	۰/۵ هم‌زمان	۱	۰/۵ هم‌زمان		-	۴/۵
		تسریع	-		-	۳	-	-	۱	-	-	-	۰/۵ هم‌زمان	-	۴/۵
	N	تأخیر	-	-	-	-	-	-	-	-	-	۰/۵ هم‌زمان	-	-	۰/۵

O کارفرما، C پیمانکار و N عامل سوم.

* در این روش مشخص نمی‌شود که تسریع ناشی از کارفرماست یا پیمانکار.

و همچنین توجه به محاسبه‌ی مصرف شناوری، تأخیرات هم‌زمان و کُندی سرعت اجرا را در نظر می‌گیرد. بنابراین تأخیر هم‌زمان در روز دوم و همچنین کُندی سرعت اجرا در روز ۱۴ اُم توجه کرده است. اما این روش مشابه روش پنجره‌های سنتی به تغییر در روابط و روش اجرا، فقط در پنجره‌ی مربوط به آن توجه می‌کند و همواره تمامی تسریعات را ناشی از پیمانکار می‌داند.

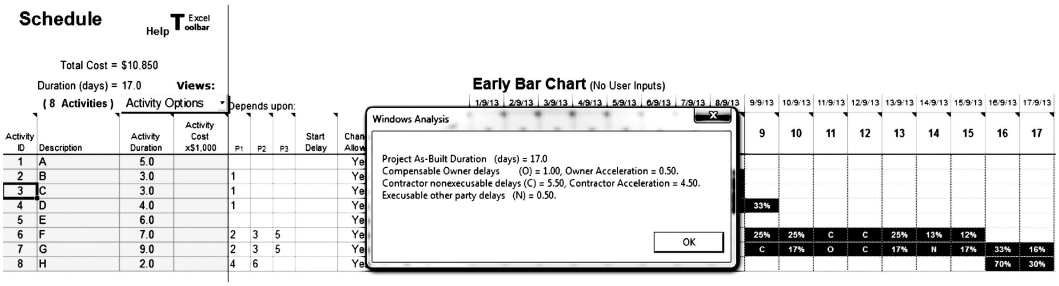
در مواردی که نمونه شامل تعداد زیادی فعالیت است، این روش کاراتر از روش قبلی است، زیرا با استفاده از رویکرد محاسبه‌ی مصرف شناوری، بهتر به شناسایی تأخیرات هم‌زمان و تسریعات می‌پردازد.

روش آنالیز تأخیر مبنی بر اثر، نتایجی مشابه روش برش‌های تأخیر دارد؛ اما این روش با بیشترکردن تعداد دوره‌های آنالیز، توجه بیشتری به تأخیرات هم‌زمان می‌کند. همچنین برای تأخیرات هم‌زمان، از رویکرد ۵۰/۵۰ برای آنالیز استفاده نمی‌کند، بلکه الگوریتمی برای توزیع مسئولیت در نظرگرفته است. این روش معایب روش قبل را نیز دارد.

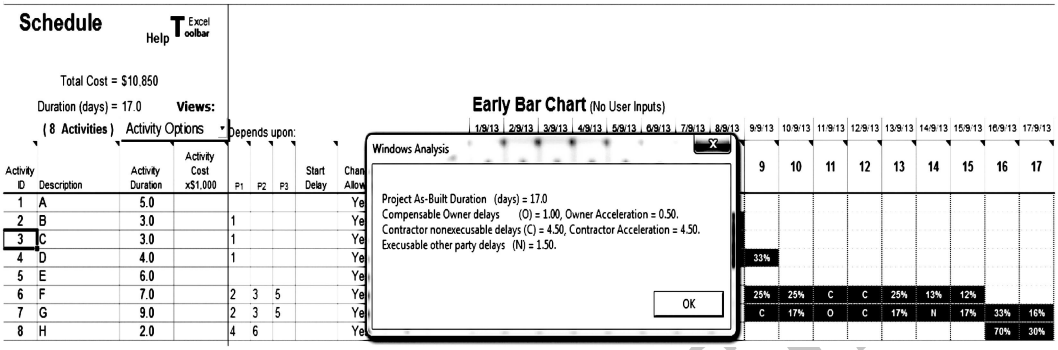
در بین روش‌های اشاره‌شده فقط آنالیز پنجره‌های روزانه و روش آنالیز تحت به‌روزرسانی خطوط متعدد مبنا، به تغییر در روابط، تسریع کارفرما، و بیشتر محدودیت‌های ذکرشده در روش آنالیز پنجره‌های سنتی غلبه کرده‌اند. برای توجه به تغییر در روابط

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۴. خلاصه‌یی از نتایج روش پنجره‌های روزانه در برنامه.



شکل ۵. خلاصه‌یی از نتایج روش آنالیز تحت به‌روز رسانی‌های خطوط مبنای متعدد در برنامه.

و تسریعات، از خطوط مبنایی که در انتهای روز ۴ و ۹ فرض می‌شود، استفاده شده است. مسیر بحرانی روش آنالیز پنجره‌های روزانه، مسیر بحرانی واقعی است؛ اما در روش آنالیز تحت به‌روزرسانی خطوط متعدد مبنا، مسیرهایی که مازاد تخصیص منابع هم دارند، را به‌عنوان مسیر بحرانی در نظر گرفته است. در واقع رویکردی نوین برای شناسایی مسیر بحرانی تعریف کرده است. تفاوت روش آنالیز تحت به‌روزرسانی خطوط متعدد مبنا با روش پنجره‌های روزانه فقط در این است که تخصیص منابع را در نظر گرفته است و تأخیر در روز ۶اُم ناشی از کارفرما، با اینکه بر روی مسیر بحرانی نیست، اما باعث تخصیص مازاد منابع در روز ۹اُم و تأخیر در فعالیت G ناشی از پیمانکار می‌شود، که این تأخیر را به حساب کارفرما می‌آورد.

با توجه به توضیحات ذکرشده، شکل‌های ۴ و پیوست الف، نتایج آنالیز تأخیر روش DWDA و شکل‌های ۵ و پیوست ب، نتایج آنالیز روش MBU را در برنامه‌ی Easy Plan نشان می‌دهد.

لازم به توضیح است که در برنامه‌ی مذکور در روش MBU، تأخیر ناشی از کارفرما در روز ۶اُم، که موجب مازاد تخصیص منابع شده است، را در قسمت تأخیرات ناشی از عامل سوم یا N ثبت کرده است. در واقع این برنامه طوری تنظیم شده است که همواره تأخیرات ناشی از تخصیص مازاد کارفرما را در این بخش ثبت می‌کند.

با توجه به بررسی نمونه‌ی موردی مذکور و تحلیل نتایج حاصل از آن در جدول ۴ و همچنین بررسی مقالات مختلف در توضیح چگونگی آنالیز هر روش و انتخاب دوره‌ها، جدول ۵ با درنظرگرفتن تحلیل کاو و همکارانش[۱۹] برای مقایسه‌ی قابلیت‌های روش‌های مبتنی بر پنجره‌ها کامل می‌شود.

زمان‌بندی موردنیاز برای آنالیز تأخیر در هر ۵ روش شامل: زمان‌بندی هدف، چون‌ساخت، و به‌روزشده است. به‌دلیل محاسبه‌ی شناوری و توجه به تغییر روابط و تغییر در مسیر بحرانی در روش‌های پنجره‌های روزانه و آنالیز تحت به‌روزرسانی‌های خطوط مبنای متعدد، می‌توان در طول اجرای پروژه، تأخیرات را تجزیه و تحلیل کرد؛ ولی در سایر روش‌ها پس از تکمیل پروژه، محاسبه‌ی تأخیرات امکان‌پذیر است.

در تمامی روش‌های مذکور از رویکرد شناوری متعلق به پروژه استفاده شده است، یعنی کارفرما یا پیمانکار با توجه به فعالیت اجرایی می‌توانند از شناوری استفاده کنند.

از آنجایی که در دو روش پنجره‌های روزانه و آنالیز تحت به‌روزرسانی‌های خطوط مبنای متعدد، دوره‌ها کوتاه‌تر و روزانه است، تغییر در مسیر بحرانی و تغییر در روابط با دقت بیشتری محاسبه خواهد شد.

در روش‌های پنجره‌های روزانه و آنالیز تحت به‌روزرسانی خطوط متعدد مبنا، به تسریع ناشی از کارفرما توجه می‌شود و در سایر روش‌ها، تسریع را همواره ناشی از پیمانکار می‌دانند. با توجه به اینکه تعداد پنجره‌های بررسی‌شده در این دو روش نسبت به سایر روش‌ها بیشتر است، تلاش و زمان بیشتری برای آنالیز موردنیاز است.

در محاسبه‌ی تأخیرات هم‌زمان در روش آنالیز تأخیر مبنی بر اثر، مدت زمان آنالیز هر فعالیت بر مدت زمان آنالیز کل فعالیت‌ها تقسیم می‌شود. ولی در سایر روش‌ها برای محاسبه‌ی تأخیرات هم‌زمان، به‌طور مساوی این تأخیر بین کارفرما و پیمانکار تقسیم می‌شود.

در جدول ۵، ردیف ۱۳اُم، با فرض در دسترس‌بودن تمامی اسناد و مدارک آنالیز تأخیر و با معیارهایی که در روش‌های اشاره‌شده نسبت به هم بررسی و مقایسه شده‌اند، اولویت‌بندی شده است.

همان‌طورکه در بررسی روش‌ها ذکر شده است، از آنجایی که روش آنالیز تحت به‌روز رسانی خطوط متعدد مبنا، به مازاد تخصیص مازاد منابع توجه می‌کند، این روش را از دیدگاه طرفین پروژه می‌توان روش نسبتاً منصفانه‌یی دید و تفاوت این روش نسبت به روش پنجره‌های روزانه، فقط در توجه به تخصیص منابع است، که همین امر موجب شده است تا با رویکردی جدید به مسیر بحرانی توجه شود؛ یعنی مسیری که مازاد تخصیص منابع در آن وجود دارد، نیز بحرانی در نظر گرفته شود.

Archive of SID
www.SID.ir

جدول ۵. مقایسه‌ی قابلیت‌های روش‌های مبتنی بر پنجره‌ها و چهارچوب انتخاب مناسب‌ترین روش آنالیز تأخیرات.

ردیف	معیار مقایسه		TWA	DAMUDS	EDAMS	DWDA	MBU
		هدف	•	•	•	•	•
۱	زمان‌بندی موردنیاز	چون‌ساخت	•	•	•	•	•
		به‌روزشده	•	•	•	•	•
۲	زمان کاربرد	زمان واقعی	×	×	×	•	•
		تکمیل پروژه	•	•	•	•	•
۳	دوره‌ی آنالیز	زمان شروع	اولین تأخیر	اولین تأخیر	اولین تأخیر	اولین تأخیر	اولین تأخیر
		دوره‌ی به‌روزرسانی	اختیاری	برش تأخیر	هنگامی که تأخیر رخ داده است، روزانه و در موارد بدون تأخیر نیز یک دوره.	روزانه	روزانه
۴	مصرف شناوری		×	•	•	•	•
۵	رویکرد مالکیت شناوری		متعلق به پروژه	متعلق به پروژه	متعلق به پروژه	متعلق به پروژه	متعلق به پروژه
۶	توجه به تغییر مسیر بحرانی		×	×	×	•	•
۷	توجه به تغییر در روابط و برنامه‌ی زمان‌بندی		×	×	×	•	•
۸	شناسایی تأخیر یا تسریع	تأخیر هم‌زمان	×	•	•	•	•
		تأخیر درگام‌ها	×	×	×	•	•
		تأخیر پروژه	•	•	•	•	•
		تسریع پیمانکار	×	•	•	•	•
		تسریع کارفرما	×	×	×	•	•
۹	درنظرگرفتن اختلالات*		×	×	×	همواره ناشی از پیمانکار	همواره ناشی از پیمانکار
۱۰	میزان تلاش		بستگی به اندازه‌ی پنجره	کارامد	زیاد	خیلی زیاد	خیلی زیاد
۱۱	الگوریتم و رویکرد برای تأخیرات هم‌زمان		۵۰٪۵۰	۵۰٪۵۰	مدت زمان آنالیز هر فعالیت/ مدت زمان آنالیز کل فعالیت‌ها	۵۰٪۵۰	۵۰٪۵۰
۱۲	توجه به تخصیص مازاد منابع		×	×	×	×	•
۱۳	نتیجه‌ی آنالیز		متوسط	نسبتاً خوب	خوب	عالی	عالی و منصفانه

• قابلیت را در شاخص مورد نظر دارند.
× قابلیت را در شاخص مورد نظر ندارند.
TWA: روش پنجره‌های سنتی
DAMUDS: روش آنالیز با استفاده از برش‌های تأخیر
EDAMS: روش آنالیز تأخیر مبنی بر اثر
DWDA: روش پنجره‌های روزانه
MBU: روش آنالیز تحت به‌روزرسانی‌های خطوط مبنای متعدد
* Disruption

۵. نتیجه‌گیری

روش‌های متعددی برای آنالیز تأخیرات توسط پژوهشگران در سال‌های اخیر پیشنهاد شده است، که در بین آن‌ها، روش‌مبتنی بر پنجره‌ها به‌عنوان روش‌با دقت بیشتر معرفی شده است. اما روش‌های مشتق‌شده از روش مذکور، با توجه به جزئیات و تلاش لازم در تحلیل و آنالیز تأخیرات، نتایج متفاوتی ایجاد می‌کنند. بنابراین انتخاب یک روش آنالیز مناسب، اغلب موضوعی حیاتی است. در این پژوهش، ۵ روش آنالیز تأخیر مبتنی بر پنجره‌ها با استفاده از بررسی یک نمونه‌ی موردی و با درنظرگرفتن ۱۳ شاخص، از جمله: شاخص‌های تأخیر درگام‌ها، تغییر در روابط، و تخصیص منابع با یکدیگر مقایسه و تجزیه و تحلیل شده‌اند، تا مزایا و محدودیت‌های هر یک از روش‌ها شناسایی شود.

روش TWA نسبت به روش‌های دیگر، دقت کمتری دارد. روش‌های DAMUDS و EDAMS، نیاز به صرف زمان و دسترسی به اطلاعات بیشتر و نسبت به روش قبل، دقت بیشتری دارند و به مصرف شناوری توجه می‌کنند، ولی به تغییر در روابط و تغییر در مسیر بحرانی ناشی از آن توجهی نمی‌کنند. روش‌های DWDA و MBU، زمان‌بر ولی با دقت بیشتری هستند، زیرا به تغییر در روابط و تغییر در مسیر بحرانی توجه می‌کنند. در واقع هر چه به جزئیات بیشتر در آنالیز توجه شود و داده‌های بیشتری موجود باشد، می‌توان به نتیجه‌ی مطلوبی برای آنالیز تأخیرات دست یافت. بنابراین انتخاب روش آنالیز تأخیر بستگی به زمان صرف‌شده، میزان دقت موردنیاز،

Archive of SID
www.SID.ir

پانوشت‌ها

1. global impact technique
2. net impact technique
3. impacted as-planned technique
4. collapsing technique (as-planned technique)
5. isolated delay type technique
6. windows analysis
7. the society of construction law (SCL)
8. as-planned schedule
9. as-built schedule
10. collapsed as-built
11. adjusted as-built CPM technique
12. snapshot technique
13. traditional windows analysis (TWA)
14. adjusted schedule
15. as-planned schedule
16. pacing delay
17. delay analysis method using delay section (DAMUDS)
18. delay section
19. contractor's float (CF)
20. effect-based delay analysis method (EDAM)
21. daily windows delay analysis (DWDA)
22. intelligent bar chart (IBC)
23. spreadsheet cell
24. daily percentage completes
25. delay snalysis under multiple baseline updates (MBU)
26. visual basic for application
27. microsoft excel

منابع (References)

1. Hoshino, K.P., Livengood, J.C. and Carson, C.W., *Forensic Schedule Analysis*, AACE International Recommended Practice, 29R-03 (2011).
2. Kartam, S. "Generic methodology for analyzing delay claims", *Journal of Construction Engineering and Management,* **125**(6), pp. 409-419 (1999).
3. Arditi, D. and Pattanakitchamroon, T. "Selecting a delay analysis method in resolving construction claims", *International Journal of Project Management,* **24**(2), pp. 145-155 (2006).
4. *Delay and Disruption Protocol*, 1 Edn., Society of Construction Law (S.C.L.), Oxford, UK, pp. 20-80 (2002).
5. Braimah, N. "Construction delay analysis techniques: A review of application issues and improvement needs", *Buildings,* **3**(3), pp. 506-531 (2013).
6. Yang, J.B. and Kao, C.K. "Critical path effect based delay analysis method for construction projects", *International Journal of Project Management*, **30**(3), pp. 385-397 (2012).
7. Kim, Y. and Kim, K. "Delay analysis method using delay section", *Journal of Construction Engineering and Management*, **131**(11), pp. 1155-1164 (2005).
8. Alkass, S., Mazerolle, M. and Harris, F. "Construction delay analysis techniques", *Construction Management and Economics,* **14**(5), pp. 375-394 (1996).
9. Mohan, S.B. and Al-Gahtani, K.S. "Current delay analysis techniques and improvements", *Cost Engineering*, **48**(9), pp. 12-21 (2006).
10. Kao, C.K. and Yang, J.B. "Comparison of windows-based delay analysis methods", *International Journal of Project Management*, **27**(4), pp. 408-418 (2009).
11. Golnaraghi, S. and Alkass, S. "Modified isolated delay type technique", *In Construction Research Congress,* American Society of Civil Engineers, pp. 90-99 (2012).
12. Farrow, T. "Developments in the analysis of extensions of time", *Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice,* **133**(3), pp. 218-228 (2007).
13. Yang, J.B. and Yin, P.C. "Isolated collapsed but-for delay analysis methodology", *Journal of Construction Engineering and Management,* **135**(7), pp. 570-578 (2009).
14. Hegazy, S. "Delay analysis methodology in UAE construction projects", *PM World Journal*, **11**(2), pp. 2-21 (2012).
15. Mohammed, S.R. and Jafar S.S. "Construction delay analysis using daily windows", *Journal of Engineering*, **11**, pp. 186-196 (2011).
16. Ibbs,W. and Nguyen,L.D. Simonian,L "Concurrent delays and apportionment of damage" . *Journal of Construction Engineering and Management* ,**137**(2), pp .119 -126(2010).
17. Hegazy, T. and Zhang, K. "Daily windows delay analysis", *Journal of Construction Engineering and Management,* **131**(5), pp. 505-512 (2005).
18. Hegazy, T. and Menesi, W. "Delay analysis under multiple baseline updates", *Journal of Construction Engineering and Management,* **134**(8), pp. 575-582 (2008).
19. Koa,C.K. and Yang.J.B. "Comparison of windows-based delay analysis methods", *International Journal of Project Management*, **27**(4), pp.408-418 (2009).

پیوست

Archive of SID

www.SID.ir

```
File  Edit  Format  View  Help
Project has 3 baseline(s)

Analysis of days 1 to 4: A new baseline has been entered.
Day: 1 (یکشنبه, سپتامبر ۱ ۲۰۱۲)
    Previous Duration = 15.0
    Progress data of Day 1 is now entered. The result is:
    Current  Duration = 15.0
    Compensable Owner delays (O) = 0.00, Owner Acceleration= 0.00.
    Contractor delays        (C) = 0.00, Contractor Acceleration= 0.00.
    Execusable delays        (N) = 0.00.

Day: 2 (دوشنبه, سپتامبر ۲ ۲۰۱۲)
    Previous Duration = 15.0
    Progress data of Day 2 is now entered. The result is:
    Current  Duration = 16.0
    Subcontractor S4 is partly responsible for the delay.
    Subcontractor S4 is partly responsible for the delay.
    Compensable Owner delays (O) = 0.50, Owner Acceleration= 0.00.
    Contractor delays        (C) = 0.50, Contractor Acceleration= 0.00.
    Execusable delays        (N) = 0.00.

Day: 3 (سه‌شنبه, سپتامبر ۳ ۲۰۱۲)
    Previous Duration = 16.0
    Progress data of Day 3 is now entered. The result is:
    Current  Duration = 17.0
    Subcontractor S4 is partly responsible for the delay.
    Compensable Owner delays (O) = 0.50, Owner Acceleration= 0.00.
    Contractor delays        (C) = 1.50, Contractor Acceleration= 0.00.
    Execusable delays        (N) = 0.00.

Day: 4 (چهارشنبه, سپتامبر ۴ ۲۰۱۲)
    Previous Duration = 17.0
    Progress data of Day 4 is now entered. The result is:
    Current  Duration = 18.0
    Subcontractor S4 is partly responsible for the delay.
    Compensable Owner delays (O) = 0.50, Owner Acceleration= 0.00.
    Contractor delays        (C) = 2.50, Contractor Acceleration= 0.00.
    Execusable delays        (N) = 0.00.

Analysis of days 5 to 9: A new baseline has been entered.
Day: 5 (پنجشنبه, سپتامبر ۵ ۲۰۱۲)
    The new baseline saves 3 days, which will be credicted as Contractor Acceleration.
    Previous Duration = 15.0
    Progress data of Day 5 is now entered. The result is:
    Current  Duration = 15.0
    Compensable Owner delays (O) = 0.50, Owner Acceleration= 0.00.
    Contractor delays        (C) = 2.50, Contractor Acceleration= 3.00.
    Execusable delays        (N) = 0.00.

Day: 6 (جمعه, سپتامبر ۶ ۲۰۱۲)
    Previous Duration = 15.0
    Progress data of Day 6 is now entered. The result is:
    Current  Duration = 15.0
    Compensable Owner delays (O) = 0.50, Owner Acceleration= 0.00.
    Contractor delays        (C) = 2.50, Contractor Acceleration= 3.00.
    Execusable delays        (N) = 0.00.

Day: 7 (شنبه, سپتامبر ۷ ۲۰۱۲)
    Previous Duration = 15.0
    Progress data of Day 7 is now entered. The result is:
    Current  Duration = 15.0
    Compensable Owner delays (O) = 0.50, Owner Acceleration= 0.00.
    Contractor delays        (C) = 2.50, Contractor Acceleration= 3.00.
    Execusable delays        (N) = 0.00.

Day: 8 (یکشنبه, سپتامبر ۸ ۲۰۱۲)
    Previous Duration = 15.0
    Progress data of Day 8 is now entered. The result is:
    Current  Duration = 15.0
    Compensable Owner delays (O) = 0.50, Owner Acceleration= 0.00.
    Contractor delays        (C) = 2.50, Contractor Acceleration= 3.00.
    Execusable delays        (N) = 0.00.

Day: 9 (دوشنبه, سپتامبر ۹ ۲۰۱۲)
    Previous Duration = 15.0
    Progress data of Day 9 is now entered. The result is:
    Current  Duration = 16.0
    Subcontractor S4 is partly responsible for the delay.
    Subcontractor S4S4 is partly responsible for the delay.
    Compensable Owner delays (O) = 0.50, Owner Acceleration= 0.00.
    Contractor delays        (C) = 3.50, Contractor Acceleration= 3.00.
    Execusable delays        (N) = 0.00.

Analysis of days 10 to 17: A new baseline has been entered.
Day: 10 (سه‌شنبه, سپتامبر ۱۰ ۲۰۱۲)
    The new baseline saves 1 days, which will be credicted as Contractor Acceleration
    Previous Duration = 15.0
    Progress data of Day 10 is now entered. The result is:
    Current  Duration = 15.0
    Compensable Owner delays (O) = 0.50, Owner Acceleration= 0.00.
    Contractor delays        (C) = 3.50, Contractor Acceleration= 4.00.
    Execusable delays        (N) = 0.00.

Day: 11 (چهارشنبه, سپتامبر ۱۱ ۲۰۱۲)
    Previous Duration = 15.0
    Progress data of Day 11 is now entered. The result is:
    Current  Duration = 16.0
    Subcontractor S4 is partly responsible for the delay.
    Subcontractor S4 is partly responsible for the delay.
    Compensable Owner delays (O) = 1.00, Owner Acceleration= 0.00.
    Contractor delays        (C) = 4.00, Contractor Acceleration= 4.00.
    Execusable delays        (N) = 0.00.

Day: 12 (پنجشنبه, سپتامبر ۱۲ ۲۰۱۲)
    Previous Duration = 16.0
    Progress data of Day 12 is now entered. The result is:
    Current  Duration = 17.0
    Subcontractor S4 is partly responsible for the delay.
    Subcontractor S4S5 is partly responsible for the delay.
    Compensable Owner delays (O) = 1.00, Owner Acceleration= 0.00.
    Contractor delays        (C) = 5.00, Contractor Acceleration= 4.00.
    Execusable delays        (N) = 0.00.

Day: 13 (جمعه, سپتامبر ۱۳ ۲۰۱۲)
    Previous Duration = 17.0
    Progress data of Day 13 is now entered. The result is:
    Current  Duration = 17.0
    Compensable Owner delays (O) = 1.00, Owner Acceleration= 0.00.
    Contractor delays        (C) = 5.00, Contractor Acceleration= 4.00.
    Execusable delays        (N) = 0.00.

Day: 14 (شنبه, سپتامبر ۱۴ ۲۰۱۲)
    Previous Duration = 17.0
    Progress data of Day 14 is now entered. The result is:
    Current  Duration = 18.0
    Subcontractor S4 is partly responsible for the delay.
    Subcontractor S4 is partly responsible for the delay.
    Compensable Owner delays (O) = 1.00, Owner Acceleration= 0.00.
    Contractor delays        (C) = 5.50, Contractor Acceleration= 4.00.
    Execusable delays        (N) = 0.50.

Day: 15 (یکشنبه, سپتامبر ۱۵ ۲۰۱۲)
    Previous Duration = 18.0
    Progress data of Day 15 is now entered. The result is:
    Current  Duration = 18.0
    Compensable Owner delays (O) = 1.00, Owner Acceleration= 0.00.
    Contractor delays        (C) = 5.50, Contractor Acceleration= 4.00.
    Execusable delays        (N) = 0.50.

Day: 16 (دوشنبه, سپتامبر ۱۶ ۲۰۱۲)
    Previous Duration = 18.0
    Progress data of Day 16 is now entered. The result is:
    Current  Duration = 17.0
    Compensable Owner delays (O) = 1.00, Owner Acceleration= 0.50.
    Contractor delays        (C) = 5.50, Contractor Acceleration= 4.50.
    Execusable delays        (N) = 0.50.

Day: 17 (سه‌شنبه, سپتامبر ۱۷ ۲۰۱۲)
    Previous Duration = 17.0
    Progress data of Day 17 is now entered. The result is:
    Current  Duration = 17.0
    Compensable Owner delays (O) = 1.00, Owner Acceleration= 0.50.
    Contractor delays        (C) = 5.50, Contractor Acceleration= 4.50.
    Execusable delays        (N) = 0.50.
```

پیوست الف) تحلیل نتایج روش پنجره‌های روزانه، به تفکیک روز به روز در برنامه.

www.SID.ir

File Edit Format View Help

File Name = D:\arshad\payan nameh\final presentation\paper\paper\paper2\EASY PLAN\DWDA.txt - Result of Delay Analysis.

Project has 3 baseline(s)

Analysis of days 1 to 4: A new baseline has been entered.
Day: 1 (یکشنبه,سپتامبر ۱ ۲۰۱۲)
Previous Duration = 15.0
Progress data of Day 1 is now entered. The result is:
Current Duration = 15.0
Compensable Owner delays (O) = 0.00, Owner Acceleration= 0.00.
Contractor delays (C) = 0.00, Contractor Acceleration= 0.00.
Execusable delays (N) = 0.00.
Considering Resource Allocation:
Current Duration = 15.0

Day: 2 (دوشنبه,سپتامبر ۲ ۲۰۱۲)
Previous Duration = 15.0
Progress data of Day 2 is now entered. The result is:
Current Duration = 16.0
Subcontractor S4 is partly responsible for the delay.
Subcontractor S4 is partly responsible for the delay.
Compensable Owner delays (O) = 0.50, Owner Acceleration= 0.00.
Contractor delays (C) = 0.50, Contractor Acceleration= 0.00.
Execusable delays (N) = 0.00.
Considering Resource Allocation:
Current Duration = 16.0

Day: 3 (سه‌شنبه,سپتامبر ۳ ۲۰۱۲)
Previous Duration = 16.0
Progress data of Day 3 is now entered. The result is:
Current Duration = 17.0
Subcontractor S4 is partly responsible for the delay.
Compensable Owner delays (O) = 0.50, Owner Acceleration= 0.00.
Contractor delays (C) = 1.50, Contractor Acceleration= 0.00.
Execusable delays (N) = 0.00.
Considering Resource Allocation:
Current Duration = 17.0

Day: 4 (چهارشنبه,سپتامبر ۴ ۲۰۱۲)
Previous Duration = 17.0
Progress data of Day 4 is now entered. The result is:
Current Duration = 18.0
Subcontractor S4 is partly responsible for the delay.
Compensable Owner delays (O) = 0.50, Owner Acceleration= 0.00.
Contractor delays (C) = 2.50, Contractor Acceleration= 0.00.
Execusable delays (N) = 0.00.
Considering Resource Allocation:
Current Duration = 18.0

Analysis of days 5 to 9: A new baseline has been entered.
Day: 5 (پنجشنبه,سپتامبر ۵ ۲۰۱۲)
The new baseline saves 3 days, which will be credicted as Contractor Acceleration.
Previous Duration = 15.0
Progress data of Day 5 is now entered. The result is:
Current Duration = 15.0
Compensable Owner delays (O) = 0.50, Owner Acceleration= 0.00.
Contractor delays (C) = 2.50, Contractor Acceleration= 3.00.
Execusable delays (N) = 0.00.
Considering Resource Allocation:
Current Duration = 15.0

Day: 6 (جمعه,سپتامبر ۶ ۲۰۱۲)
Previous Duration = 15.0
Progress data of Day 6 is now entered. The result is:
Current Duration = 15.0
Compensable Owner delays (O) = 0.50, Owner Acceleration= 0.00.
Contractor delays (C) = 2.50, Contractor Acceleration= 3.00.
Execusable delays (N) = 0.00.
Considering Resource Allocation:
Current Duration = 16.0
Modified (N) Delay= 1.00

Day: 7 (شنبه,سپتامبر ۷ ۲۰۱۲)
Previous Duration = 15.0
Progress data of Day 7 is now entered. The result is:
Current Duration = 15.0
Compensable Owner delays (O) = 0.50, Owner Acceleration= 0.00.
Contractor delays (C) = 2.50, Contractor Acceleration= 3.00.
Execusable delays (N) = 1.00.
Considering Resource Allocation:
Current Duration = 16.0

Day: 8 (یکشنبه,سپتامبر ۸ ۲۰۱۲)
Previous Duration = 16.0
Progress data of Day 8 is now entered. The result is:
Current Duration = 16.0
Compensable Owner delays (O) = 0.50, Owner Acceleration= 0.00.
Contractor delays (C) = 2.50, Contractor Acceleration= 3.00.
Execusable delays (N) = 1.00.
Considering Resource Allocation:
Current Duration = 16.0

Day: 9 (دوشنبه,سپتامبر ۹ ۲۰۱۲)
Previous Duration = 16.0
Progress data of Day 9 is now entered. The result is:
Current Duration = 16.0
Compensable Owner delays (O) = 0.50, Owner Acceleration= 0.00.
Contractor delays (C) = 2.50, Contractor Acceleration= 3.00.
Execusable delays (N) = 1.00.
Considering Resource Allocation:
Current Duration = 16.0

Analysis of days 10 to 17: A new baseline has been entered.
Day: 10 (سه‌شنبه,سپتامبر ۱۰ ۲۰۱۲)
The new baseline saves 1 days, which will be credicted as Contractor Acceleration
Previous Duration = 15.0
Progress data of Day 10 is now entered. The result is:
Current Duration = 15.0
Compensable Owner delays (O) = 0.50, Owner Acceleration= 0.00.
Contractor delays (C) = 2.50, Contractor Acceleration= 4.00.
Execusable delays (N) = 1.00.
Considering Resource Allocation:
Current Duration = 15.0

Day: 11 (چهارشنبه,سپتامبر ۱۱ ۲۰۱۲)
Previous Duration = 15.0
Progress data of Day 11 is now entered. The result is:
Current Duration = 16.0
Subcontractor S4 is partly responsible for the delay.
Subcontractor S4 is partly responsible for the delay.
Compensable Owner delays (O) = 1.00, Owner Acceleration= 0.00.
Contractor delays (C) = 3.00, Contractor Acceleration= 4.00.
Execusable delays (N) = 1.00.
Considering Resource Allocation:
Current Duration = 16.0

Day: 12 (پنجشنبه,سپتامبر ۱۲ ۲۰۱۲)
Previous Duration = 16.0
Progress data of Day 12 is now entered. The result is:
Current Duration = 17.0
Subcontractor S4 is partly responsible for the delay.
Subcontractor S4S5 is partly responsible for the delay.
Compensable Owner delays (O) = 1.00, Owner Acceleration= 0.00.
Contractor delays (C) = 4.00, Contractor Acceleration= 4.00.
Execusable delays (N) = 1.00.
Considering Resource Allocation:
Current Duration = 17.0

Day: 13 (جمعه,سپتامبر ۱۳ ۲۰۱۲)
Previous Duration = 17.0
Progress data of Day 13 is now entered. The result is:
Current Duration = 17.0
Compensable Owner delays (O) = 1.00, Owner Acceleration= 0.00.
Contractor delays (C) = 4.00, Contractor Acceleration= 4.00.
Execusable delays (N) = 1.00.
Considering Resource Allocation:
Current Duration = 17.0

Day: 14 (شنبه,سپتامبر ۱۴ ۲۰۱۲)
Previous Duration = 17.0
Progress data of Day 14 is now entered. The result is:
Current Duration = 18.0
Subcontractor S4 is partly responsible for the delay.
Subcontractor S4 is partly responsible for the delay.
Compensable Owner delays (O) = 1.00, Owner Acceleration= 0.00.
Contractor delays (C) = 4.50, Contractor Acceleration= 4.00.
Execusable delays (N) = 1.50.
Considering Resource Allocation:
Current Duration = 18.0

Day: 15 (یکشنبه,سپتامبر ۱۵ ۲۰۱۲)
Previous Duration = 18.0
Progress data of Day 15 is now entered. The result is:
Current Duration = 18.0
Compensable Owner delays (O) = 1.00, Owner Acceleration= 0.00.
Contractor delays (C) = 4.50, Contractor Acceleration= 4.00.
Execusable delays (N) = 1.50.
Considering Resource Allocation:
Current Duration = 18.0

Day: 16 (دوشنبه,سپتامبر ۱۶ ۲۰۱۲)
Previous Duration = 18.0
Progress data of Day 16 is now entered. The result is:
Current Duration = 17.0
Compensable Owner delays (O) = 1.00, Owner Acceleration= 0.50.
Contractor delays (C) = 4.50, Contractor Acceleration= 4.50.
Execusable delays (N) = 1.50.
Considering Resource Allocation:
Current Duration = 17.0

Day: 17 (سه‌شنبه,سپتامبر ۱۷ ۲۰۱۲)
Previous Duration = 17.0
Progress data of Day 17 is now entered. The result is:
Current Duration = 17.0
Compensable Owner delays (O) = 1.00, Owner Acceleration= 0.50.
Contractor delays (C) = 4.50, Contractor Acceleration= 4.50.
Execusable delays (N) = 1.50.

پیوست ب) بخشی از تحلیل نتایج در روش آنالیز تحت به‌روزرسانی‌های خطوط مبنای متعدد به تفکیک روز به روز.

www.SID.ir