



ارائه شده توسط:

سایت ترجمه فا

مرجع جدیدترین مقالات ترجمه شده

از نشریات معتبر

زمانبندی منابع پروژه و سطح بندی با استفاده از مدل های تصمیم چند مشخصه ای

(ویژگی): پیاده سازی مدل ها و مطالعه موردی

چکیده

زمانبندی پروژه یکی از حیاتی ترین فرایندها در مدیریت پروژه است. در مورد این عنوان در چرخه های آکادمیک و عملی زیادی صحبت شده است و این به دلیل اهمیت و پیچیدگی آن است. نوع بشر، ماشین آلات، مواد و تجهیزات برای اجرای فعالیت های پروژه استفاده شده اند، اما این موارد عمدتاً دسترسی محدودی دارند که می تواند رویه های زمان بندی پروژه را محدود کند. منابع پروژه می توانند بیشتر با کمتر از تقاضای منبع در افق زمانی پروژه باشند. این ملاحظات مسائلی برای مدیران پروژه ایجاد می کنند که باید سعی کنند در میان این تقاضاها تخصیص درست را انجام دهند تا به بهره برداری نزدیک بهینه در طول مدت پروژه دست یابند. سطح بندی منبع از بزرگترین چالش هایی است که مدیران پروژه برای موفقیت پروژه وابستگی زیادی به آن دارند. این به دلیل نقاط اوج و دره هایی است که در هیستوگرام مصرف منبع مسئول تراج هزینه ایجاد شده به دلیل بکارگیری الزامی، برکناری و آموزش پرسنل وجود دارد. به علاوه موضوعاتی در رابطه با مدیریت موثر منابع موجود با توجه به این مطلب پدیدار می شوند که نقاط اوج بزرگ متناظر با نوساناتی هستند که در تخصیص منبع در عرض سیکل زندگی یک پروژه یا دوره ساخت آن رخ می دهند. برای هدایت این موضوعات، سطح بندی منبع رویه ها و چارچوب های ارائه می کند که از مدیریت کارای منابع برای حصول نمایه های مصرف منبع هموار اطمینان می دهند. این رویه ها سعی در شناسایی فعالیت هایی دارند که باید برای حل تخصیص بیش از حد منبع تحت محدودیت های زمانی و هزینه ای به تعویق بیافتند. با توجه به وجود انواع مختلف قوانین موجود که می توانند توسط مدیران برای اولویت بندی فعالیت ها دنبال شوند، این مقاله پیده سازی پنج مدل تصمیم گیری چند مشخصه ای را می -آزماید و نشان می دهد که آن ها چگونه در زمانبندی پروژه ساخت پارک خورشیدی عمل می کنند. یعنی این مدل ها روش مجموع وزن دهی شده، فرایند سلسه مراتب تحلیلی، PROMETHEE، TOPSIS، میانگین وزن دهی شده مرتب سازی شده (OWA) و

میانگین وزن دهی شده پیوندی (HWA) هستند. در نهایت در مورد نتایج حاصل شده در مقایسه با نتایج بدست آمده با رویه های سطح بندی منبع استاندارد MS-Project صحبت شده است.

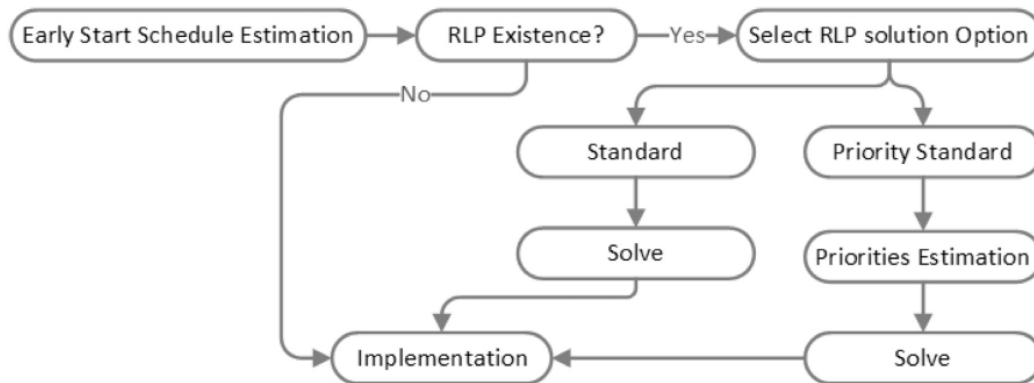
کلید واژه ها: مدیریت پروژه، زمانبندی پروژه، سطح بندی منبع، مدل های تصمیم چند مشخصه ای

1- مقدمه

مدیریت کارآمد منابع موجود یکی از بزرگترین و پیچیده ترین مشکلاتی است که مدیران پروژه (PM ها) باید بر آن غلبه کنند. مشکل سطح بندی منبع (RLP) یک مشکل مدیریت منبع کلاسیک است که متخصصین، مدیران و محققان با آن مواجهند. سطح بندی منبع سعی در به حداقل رساندن نقاط اوج و دره ها در هیستوگرام منبع بدون افزایش مدت پروژه فرای دوره مسیر بحرانی اصلی دارد. اما علاوه بر این مسأله می تواند در موارد منابع محدود نیز وجود داشته باشند، که در اغلب موارد منجر به بسط هایی از دوره پروژه اولیه می شود. در عرض شش دهه گذشته، چندین رویکرد مختلف برای حل مشکل RLP توسعه یافته اند. الگوریتم های دقیقی در مقالات پیشنهاد شده اند که شامل تکنیک های برنامه نویسی کامل و پویا می باشند. این رویکردها برای شبکه هایی با اندازه کوچک مناسبند و این به دلیل رخداد باصطلاح انفجار ترکیبی است. چندین رویه اکتشافی نیز برای غلبه بر RLP توسعه یافته اند که اغلب آن ها مبتنی بر تغییر اکتشافات یا روش های قانون اولویت بوده اند. به علاوه، رویکردهای فرا اکتشافی نظیر الگوریتم های ژنتیکی و الگوریتم های با دوام کردن شبیه سازی شده سعی در یافتن راه حل بهینه برای این مشکل دارند. اخیراً الگوریتم های ابر اکتشافی برای اصلاح مشکلات تخصیص منبع و RLP پیشنهاد شده اند. و چندین نتیجه امیدبخش ارائه کرده اند. ایده اصلی و اولیه این رویکردها ایجاد نمایه منبع بر مبنای زمانبندی آغاز ابتدایی محاسبه شده از روش مسیر بحرانی (CPM) و سپس تغییر روند فعالیت های غیر حیاتی طبق قوانین اکتشافی ثابت است.

این مقاله کاربرد روش های تصمیم گیری چند مشخصه ای (MADM) را برای تعریف اولویت های فعالیت برای صلاح سطح بندی منبع تحت محدودیت ها ارائه می کند، زمانی که روش های قانون اولویت پیاده سازی شده اند. هدف چارچوب پیشنهادی بهینه سازی مصرف منبع بدون تجاوز از حد منبع از پیش تعیین شده می باشد. این هدف

با فراهم آوردن امکان مشارکت pm در فاز تعیین اولویت ها حاصل شده است. انواع مختلف مدل های madm شناخته شده پیاده سازی شده اند که امکان عملکرد انواع مختلف تمایلات تصمیم را فراهم می آورند.



شکل 1. گزینه های راه حل RLP.

2- مشکل سطح بندی منبع

دستیابی به نمایه های منبع هموار هدفی بزرگ در عرض پیاده سازی پروژه است. RLP تکنیکی است که تاریخ شروع و پایان فعالیت ها را طبق محدودیت های منبع که هدف آن ها ایجاد تعادل تقاضای آن ها با منبع موجود است را تعیین می کند. نوسانات در هیستوگرام ای مصرف منبع نشان دهنده هزینه های علاوه بر سازمان در نمایه مصرف منبع هستند. نمایه مصرف منبع ایده آل هیستوگرام های منبع پیوسته و فلات ظلکی دارد که در آن ها نمونه هایی از تخصیص بیشینه (بیش از حد) و کمینه (کمتر از حد نیاز) به حداقل رسانده شده اند. سطح بندی منبع برای برطرف کردن محدودیت های دسترسی منبع با کاهش نقطه اوج الزامات منبع روزانه و تعیین حداقل مقدار منابع لازم برای تکمیل یک پروژه با تاریخ پایان تعیین شده لازم است. برای مدلسازی RLP، یک نمودار فعالیت روی گره غیر چرخه ای (AoN) از شبکه پروژه استفاده شده است. شبکه از n فعالیت (گره) و روابط اولویت (کمان ها) میان فعالیت ها تشکیل شده است. ما با d_i و f_i به ترتیب طول مدت (دوره) و زمان خاتمه فعالیت i را نشان می دهیم و فرض را بر این می گذریم که گره $1(n)$ فعالیت ساختگی آغاز پروژه (تکمیل) بدون هیچ کمان داخل شونده ای

است. پس RLP را می توان به عنوان مسأله برنامه نویسی ریاضی بهینه سازی طبق معادلات 1 تا 5 تعریف کرد.

$$\min M_x = \sum_{t=1}^{f_n} u_t^2 \quad (1)$$

subject to

$$f_i \leq f_j - d_j \quad \text{for all precedence relations } (i, j) \quad (2)$$

$$f_1 = 0, \quad d_1 = 0, \quad d_n = 0 \quad (3)$$

$$f_n \leq f_n^P \quad (4)$$

$$\sum_{i \in P_t} u_{it} \leq U \quad \text{for } t = 1, \dots, f_n \quad (5)$$

رویه راه حل سعی در یافتن زمانبندی عملی به گونه ای دارد که وهله M_x حول محور افقی هیستوگرام مصرف منبع به حداقل رسانده شده باشد (معادله 1). معادله 2 اطمینان می دهد که از روابط اولویت تعدی نشده است و معادله 3 مشخص می کند که پروژه در نقطه زمانی صفر آغاز می شود (0). یک منبع منفرد R به هر فعالیت اختصاص یافته است و فرض بر این گذاشته شده که مصرف آن منبع در کل مدت پیشرفت فعالیت ثابت باقی می ماند. دسترس پذیر منبع U نیز در طول اجرای پروژه ثابت است. مجموع مصرف منبع u_{it} تمام فعالیت های وارد شده P_t در هر دوره زمانی t نمی تواند از U بالاتر برود (معادله 5).

TarjomeFa.Com

3- چارچوب ریاضیاتی

1-3- فلوجارت تصمیم

چارچوب پیشنهادی سعی در بیرون کشیدن اولویت ها در زمانی دارد که رویه های اکتشافی قوانین اولویت پیاده سازی شده اند (شکل 1). به عنوان مثال، MS-Project به کاربران امکان تعیین اولویت ها را برای وظایف خاصی برای کنترل این مورد می دهند که آن ها چگونه در رابطه با یکدیگر سطح بندی شده اند. اولویت ها با اعداد (0-1000) یا مقادیر زبانی (پایین ترین تا بالاترین) با بالاترین (یا 1000) اولویت متناظر با "سطح بندی نکنید" تخصیص یافته اند. چون اولویت های وظیفه تأثیری روی زمانبندی دارند، تأثیر گذاشتن بر سطح بندی با تغییر اولویت های اختصاص یافته ممکن می باشد. زمانبندی نهایی فعالیت های و محاسبه CPM با MS-Project انجام

شده است. اما فقدان رویه های منسجم برای بنا نهادن اولویت ها و ملاحظات ادراکی از انواع مختلف قوانین انتخاب تأخیر فعالیت ها، می توانند باعث ایجاد جعبه های سیاه در عرض فاز اولویت بندی شوند. با توجه به این که راه حل های موجود برای RLP سعی در رتبه بندی مجموعه گسسته ای از جایگزین ها تحت ملحظات طیفی از قوانین تصمیم دارند (قوانین اولویت)، این مقاله مشخص م کند که چگونه انواع مختلف مدل های MADM در استباط اولویت های فعالیت پروژه و ارائه انعطاف پذیری در عرض رویه حل تخصیص منبع عمل می کنند. در مقابل رویکردهای اکتشافی استاندارد هیچ دانش قبلی در مورد فضای جستجو و مشخصه های خاص هر مسأله ندارند و به همین دلیل باید چندی ن مرتبه اجرا شوند تا به راه حل نزدیک بهینه دست یابیم.

2-3- قوانین شرطی اولویت بندی فعالیت ها

برای پشتیبانی از PM ها در عرض فرایند اولویت بندی، انواع مختلف قوانین اولویت وجود دارند که به انتخاب فعالیت در عرض رویه اکتشافی کمک می کنند. قوانین اولویت ترتیبی را مشخص می کنند که در آن فعالیت در عرض رویه اکتشافی انتخاب خواهد شد، و آن را در یک لیست اولویت با توجه به وابستگی های آن ها رتبه بندی می کند. به همین دلیل، یک فعالیت نمی تواند قبل از فعالیت قبلی انتخاب شود. انتخاب قوانین اولویت در عرض فاز زمانبندی پروژه مبتنی بر مشخصه های پروژه است؛ قوانین برای تسهیل فرایند زمانبندی بسته به فرضیات و تجربه تیم زمانبندی پروژه انتخاب شده اند. طبق مقالات، قوانین اولویت به چهار رده عمومی بر مبنای نوع اطلاعات مورد نیاز برای ساخت آن لیست های اولویت رده بندی شده اند. می توان گفت این موارد به شرح ذیل هستند: (الف) قوانین مبتنی بر فعالیت (ب) قوانین مبتنی بر شبکه، (ج) قوانین مبتنی بر مسیر بحرانی و (د) قوانین مبتنی بر منبع. قوانین مبتنی بر فعالیت سه قانون اولویت متفاوت معرفی می کنند: SPT، یا کوتاه ترین زمان پردازش؛ LPT یا بلندترین زمان پردازش؛ و RND یا تصادفی. دو قانون ال مبتنی بر دوره های فعالیت هستند در حالی که آخرین قانون اولویت زمانی استفاده شده که دانشو اطلاعات اندک و محدودی در مورد پروژه وجود دارد. در این موارد RNd به عنوان محمی استفاده شده که دیگر قوانین اولویت می توانند با آن مقایسه شوند.

| Activity based rules | Network based rules | Critical path based rules | Resource based rules |
|--------------------------------|--|----------------------------|---|
| Shortest Processing Time (SPT) | Most Immediate Successors (MIS) | Earliest Start Time (EST) | Greatest Resource Demand (GRD) |
| Longest Processing Time (LPT) | Most Total Successors (MTS) | Earliest Finish Time (EFT) | Greatest Cumulative Resource Demand (GCRD) |
| Random (RND) | Least Non-Related Jobs (LNRJ) | Latest Start Time (LST) | Resource Equivalent Duration (RED) |
| | Greatest Rank Positional Weight (GRPW) | Latest Finish Time (LFT) | Weighted Resource Utilization and Precedence (WRUP) |
| | Greatest Rank Positional Weight* (GRPW*) | Minimum Slack (MSLK) | |

شکل 2.



قوانین مبتنی بر شبکه شامل قوانین اولویت مبتنی بر دیاگرام شبکه پروژه هستند. پنج قانون مختلف بر مبنای روابط اولویت فعالیت های پروژه وجود دارد: MIS یا سریع ترین جانشین ها؛ MTS یا کلی ترین جانشین ها، LNRJ یا حداقل کارهای غیر مرتبط؛ GRPW یا وزن موقعیتی با بالاترین رتبه. دو قانون اولویت مبتنی بر شبکه اول از روابط اولویت مستقیم فعالیت ها برای ایجاد یک لیست اولویت استفاده می کنند. قانون سوم فعالیت هایی را تعیین می کند که می توانند همراه با روابط اولویت با دوره فعالیت های متناظر زمانبندی شوند. دو قانون اولویت آخر روابط اولویت را با دوره فعالیت های متناظر وزن می کنند. تفاوت بین آن ها این است که GRPW مجموع دوره های فعالیت های جانشین های آنی را در نظر می گیرد در حال که GRPW تمام مجموع دوره های جانشین های آن را می آزماید.

قوانین مبتنی بر مسیر بحرانی از قوانین اولویت بر مبنای مسیر بحرانی پروژه تشکیل می شوند. این موارد شامل EST یا سریع ترین زمان شروع؛ EFT یا سریع ترین زمان پایان؛ LST یا دیرترین زمان شروع؛ LFT یا دیرترین زمان پایان و MSLK یا مینیمم کسادی می باشد.

رده چهارم شامل قوانین اولویت مبتنی بر بهره بردای منبع فعالیت های پروژه است. این موارد GRD یا بیشترین تقاضای منبع؛ GCRD یا بالاترین تقاضای منبع تجمیعی؛ RED یا دوره مشابه منبع و WRUP یا بهره بردی و

اولویت منبع وزن دهی شده هستند. WRUP که توسط Ulusoy و Ozdamar (1995) و Ozdamar (1999)

ارائه شده مجموع وزن دار تعداد جانشین ها و بهره برداری منبع میانگین برای تمام انواع منبع است.

قوانین اکتشافی انتخاب شده مهم ترین قوانین در نظر گرفته شده اند و بیشتر از تمام هفتاد و سه قانون اولویت

ارزیابی شد در کار Klein (2000) مورد استفاده قرار گرفته اند. هر کاربرد قانون اولویت منجر به ساخت برنامه

زمانبندی با انتخاب و برنامه ریزی اولویت بندی فعالیت ها طبق شرایط تعریف شده توسط هر قانون می شود. به

عنوان مثال به کار بردن قانون MSLK یعنی با توجه به روابط اولویت، اولویت فعالیت انتخاب شده که باید به تعویق

بیفتد فعالیت است که دارای کمترین کسادی است. از آن نظر لیستی از فعالیت های اولویت بندی شده خروجی

است. مشابهاً اعمال قانون GRD منجر به ایجاد لیست متفاوتی می شود، چون فعالیت را در هر حلقه با توجه به

روابط اولویت و بیشترین تقاضا برای منابع انتخاب می کند. شکل 2 نمونه آموزشی پیاده سازی قوانین بالا را برای

یک پروژه با محدودیت منبع هفت واحدی نشان می دهد. هر پیاده سازی قانون اولویت راه حلی برای RKP ارائه

می کند اما زمانبندی های حاصله متفاوت هستند. اولین خروجی RLP را بدون تحریک تاراج در پنجره زمان آغار

حل می کند، در حالی که دومین مورد دوره پروژه ها را دو واحد زمانی بسط می دهد. از این رو هزینه های غیر

مستقیم ثابت می مانند در حالی که از ریسک کلایزینگ جریمه محتمل با زمانبندی مبتنی بر MSLK اجتناب شده

است. به هر حال با توجه به تخصیص، منبع زمان بندی مبتنی بر GRD نمایه تخصیص منبع هموارتری ارائه می

کند و یک واحد کمتر از موجودی منبع تقاضا می کند. در نتیجه پروژه موضوعات مصرف منبع تحت تخصیص را به

حداقل می رساند و علاوه بر آن می تواند برای هدایت کسری منابع پیش بینی نشده در طول اجرای پروژه سازگاری

یابد. به علاوه زمانبندی مبتنی بر MSLK می تواند بیزاری از ریسک را در نظر گرفته باشد چون از نظر فنی هیچ

یک از فعالیت ها نمی توانند بدون ایجاد مسائل تخصیص بیش از حد به تعویق بیافتند.

3-3- مدل های تصمیم چند مشخصه ای

این مدل ها ابزارهای پیچیده ای برای کنترل مشکلات تصمیم نیمه ساختار یافته ارائه می کنند که در آن ها انواع

مختلف جایگزین ها باید تحت ملاحظات انواع شرایط ارزیابی شوند و برای انتخاب و رتبه بندی راه حل های کاندید

مناسب می باشند. هدف چارچوب حاضر بنا نهادن اولویت های فعالیت ها با استفاده از مدل های MADM است. در طول سال ها انواع مختلف رویکردهای MADM توسعه یافته اند. در کل این مدل ها می توانند به عنوان مدل های تصمیم جبرانی یا مدل های تصمیم غیر جبرانی رده بندی شوند. تمایز بالا بر مبنای تبادل های فوق العاده مدل های تصمیم در میان ویژگی ها ایجاد شده است. در یک مدل جبرانی عملکردهای درجه دوم یک جایگزین برای شرط هزینه می توانند با تفوق اضافی برای شرط سود موازنه شوند. در مقابل مدل های تصمیم غیر جبرانی رویه هایی ارائه می کنند که به تصمیم گیرندگان (DM ها) امکان کنترل سطح تبادلات مجاز را می دهند. با توجه به چارچوب فعلی، انواع مختلف رویکردها باید به PM ها ارائه شوند تا آن ها قادر به تعریف تصمیم خودشان با توجه به محیط تحلیل باشند. به خصوص، این مقاله انواع مختلف پیاده سازی مدل های تصمیم جبرانی و غیر جبرانی را می آزماید تا RLP را از طریق نمونه مورد واقعی حل کند. روش مجموع وزن دهی شده (WSM)، فرایند سلسله مراتب تحلیلی (AHP)، روش سازمان رتبه بندی اولویت برای غنی سازی ارزیابی (PROMETHEE) به عنوان نماینده های مدل های جبرانی انجام شده اند. از طرف دیگر تکنیکی برای مرتب سازی اولویت با مشابهت برای راه حل های ایده آل (OWA) یا کمیت سنج های زبانی و میانگین وزن دهی شده پیوندی (HWA) به عنوان رویکردهای غیر جبرانی در نظر گرفته شده اند.

1-3-3- روش مجموع وزن دهی شده

WSM پر استفاده ترین مدل MADM است و می توان آن را به شرح زیر نشان داد: با توجه به مسأله تصمیم با m جایگزین (فعالیت ها) و n شرط (قوانین اولویت)، رتبه هر جایگزین از مجموع وزن دهی شده عملکرد استاندارد شده آن در شرط تحلیل (معادله 6) مشتق شده است. با توجه به این که عملکردهای جایگزین ها در شرط تحلیل بر مبنای مقیاس های مختلف ارزیابی تخمین یافته اند، استانداردسازی به کاربر امکان بدست آوردن مقیاس های قابل قیاس و سازگار از شدت اولویت را برای مقایسه می دهد. این مهم از طریق رتبه ماکسیمم، بردار با رویکردهای نرمال سازی طیف رتبه حاصل شده که در آن X_{ij} عملکرد i امین جایگزین در j امین شرط ماکسیمم / مینیمم f_j عملکرد ماکسیمم / مینیمم مشاهده شده در همان شرط است. بنابراین رتبه WSM طبق معادله 6 تخمین زده شده است

$$U_i^{wsm} = \sum_{j=1}^n u_{ij} = \sum_{j=1}^n w_j \times r_{ij} \quad (6)$$

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{x_j^{max}} \quad (7)$$

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m x_{ij}^2}} \quad (8)$$

$$r_{ij} = \frac{x_{ij} - x_j^{min}}{x_j^{max} - x_j^{min}} \quad (9)$$

که u_{ij} عملکرد استاندارد شده وزن دهی شده u_{ij} جایگزین برای z امین شرط برای هر مقدار i از 1 تا m است، r_{ij} عملکرد استاندارد شده و w_j وزن شرط است. بهترین جایگزین بالاترین مقدار مجموع است.

2-3-3- فرایند سلسله مراتب تحلیلی

فرایند سلسله مراتب تحلیلی (AHP) یک مدل تصمیم گیری است که توسط Saaty (1980) توسعه یافته است. این مدل در مسائل تصمیمی استفاده شده که در آن چندین ویژگی متناقض وجود دارند. هدف آن شناسایی بهترین جایگزین با رتبه بندی تمام راه حل های پیشنهادی در زمانی است که تمامی شرایط مشکل به طور همزمان در نظر گرفته شده اند. AHP شامل پیاده سازی چهار مرحله می باشد. اولین مرحله شکل گیری ساختارهای سلسله مراتبی برای تحلیل مسأله تصمیم گیری با بخش های متکشل آن است. مسأله در ساختار تفکیک سلسله مراتبی تعریف شده که در آن هدف تحلیل کلی سطح بالای سلسله مراتب را می سازد، و پس از آن سطح اهداف فرعی و شرایط تصمیم هستند. سناریوهای جایگزین در سطح پایین پایه گذاری شده اند. شرایط مسأله بواسطه قضاوت های کارشناسان بر مبنای مشخصه های تصمیم حاضر معین شده اند. دومین مرحله بنا نهادن چارچوبی برای استنباط وزن شرط است. این تخمین بواسطه شکل گیری ماتریس های مقایسه زوجی حاصل شده که امکان ارزیابی شرط تحلیل را با مقایسه اهیت گره های فرزند با توجه به گره های والدشان می دهد. مقایسات زوجی با استفاده از عبارات لفظی یک قضاوت DM ها ایجاد شده اند که با استفاده از مقیاس عددی از 1 تا 9 کمیت سنجی شده اند. مقدار a_{ij}

مربوط به A نشان دهنده اهمیت شرط i نسبت به شرط j است که با اهمیت نسبی آن ها که از مجاورت اصلی ماتریس مقایسات زوجی استنباط شده است همراه است. این مهم با شکل گیری ماتریس مقایسه زوجی جایگزین ها برای هر شرط تصمیم حاصل شده است. در نهایت، جایگزین ها طبق مقدار افزایشی نرمال سازی شده شان (معادله 6) رتبه بندی شده اند که در آن ها w_j وزن شرط کلی با توجه به هدف اصلی تحلیل است. هر ماتریس مقایسه زوجی در روش AHP متمحمل آزمون سازگاری می شود که منجر به ایجاد نتایج ثابتی می شود. روش AHP بنابراین مسأله تصمیم را به عنوان ساختاری سلسله مراتبی مدلسازی می کند که مسأله را به روش ساده ای شرح می دهد.

PROMETHEE -3-3-3

PROMETHEE روشی است که برای ساخت روابط برتر میان مجموعه ای از جایگزین ها برای یافتن راه حل بهینه استفاده شده است. این چارچوب قادر به تلفیق اطلاعات میان شرها با استفاده از وزن های شرط، و اطلاعات درون شرط با استفاده از بزرگی انحرافات میان هر زوج (i,k) از جایگزین ها در شرط تحلیل N می باشد. برای کنترل اثر مقیاس بندی، PROMETHEE شش نوع شرط تعمیمی یافته مختلف F_j برای تخمین حیطه نامتمایز یک جایگزین نسبت به دیگری تحت ملاحظات شرط j (معادله 11) ارائه می نماید.

$$d_j(i, k) = x_{ij} - x_{kj} \quad (10)$$

$$P_j = F_j(d_j(i, k)) \quad (11)$$

درجه اولویت جایگزین i نسبت به جایگزین k برای تمام شرایط تحلیل طبق معادله (12) مشتق شده است. وقتی $\pi(i,k)$ به صفر میل کند، نشان دهنده اولویت ضعیف i نسبت به k است در حالی که مقادیر نزدیک تر به 1 نشان دهنده اولویتی قوی می باشند. برای ساخت گراف برتری، PROMETHEE جریان خارج شونده و وارد شده را برای هر گره طبق معادلات 13 و 14 محاسبه می کند.

$$\pi(i, k) = \sum_{j=1}^n w_j P_j(i, k) \quad (12)$$

$$\Phi^+(i) = \frac{1}{n-1} \sum_{k=1}^m \pi(i, k) \quad (13)$$

$$\Phi^-(i) = \frac{1}{n-1} \sum_{k=1}^m \pi(k, i) \quad (14)$$

روش PROMETHEE قادر به ارائه رتبه بندی های جزئی (PROMETHEE I) و کامل (PROMETHEE II) جایگزین ها می باشد.

رتبه بندی جزئی با استفاده از مقایسات زوجی از جریان های جایگزین خارج شونده و داخل شونده به دست آمده است. از طریق رتبه بندی جزئی، این روش می تواند این نتیجه را بگیرد که یک جایگزین نسبت به دیگری ترجیح داده می شود (معادله 15) که دو جایگزین نامتمایزند (I) (معادله 16) یا این که دو جایگزین غیر قابل مقایسه اند (R) (معادله 17).

$$iPk = \begin{cases} \Phi^+(i) > \Phi^+(k) & \text{and} & \Phi^-(i) < \Phi^-(k) \\ \Phi^+(i) = \Phi^+(k) & \text{and} & \Phi^-(i) < \Phi^-(k) \\ \Phi^+(i) > \Phi^+(k) & \text{and} & \Phi^-(i) = \Phi^-(k) \end{cases} \quad (15)$$

$$ilk = \{ \Phi^+(i) = \Phi^+(k) \text{ and } \Phi^-(i) = \Phi^-(k) \} \quad (16)$$

$$iRk = \begin{cases} \Phi^+(i) > \Phi^+(k) & \text{and} & \Phi^-(i) > \Phi^-(k) \\ \Phi^+(i) < \Phi^+(k) & \text{and} & \Phi^-(i) < \Phi^-(k) \end{cases} \quad (17)$$

PROMETHEE III قادر به رتبه بندی جایگزین ها با تخمین هر جیان شبکه جایگزین به عنوان تفاوت میان جریان های مثبت و منفی می باشد (معادله 18) و پس از آن آن جریان های شبکه را مرتب سازی می کند. در مقابل رتبه بندی جزئی، PROMETHEE II اطلاعاتی در رابطه با ناسازگاری های ممکن ارائه نمی کند. جایگزین با بالاترین جریان شبکه به عنوان ارجح ترین جایگزین در نظر گرفته شده است (معادله 19) در حالی که جایگزین ها با جریان های شبکه معادل، نامتمایز در نظر گرفته شده اند (معادله 20).

$$\Phi^{net} = \Phi^+(i) - \Phi^-(k) \quad (18)$$

$$iPk = \Phi(i) > \Phi(k) \quad (19)$$

$$ilk = \Phi(i) = \Phi(k) \quad (20)$$

TOPSIS -3-3-4

روش TOPSIS برای رتبه بندی جایگزین ها طبق فاصله آن ها از راه حل های ایده آل مثبت و منفی می باشد. TOPSIS مبتنی بر مفهومی است که ارجح ترین جایگزین ها باید جایگزین هایی باشند که تا حد ممکن به راه حل ایده آل نزدیکند و تا حد ممکن از راه حل ضد ایده آل دور هستند. مقیاس جداسازی با استفاده از سنج فاصله اقلیدسی حاصل شده است. برای پیاده سازی TOPSIS شش مرحله لازم هستند. عملکرد جایگزین ها باید ابتدا برای بدست آوردن مقیاس قابل قیاس برای ارزیابی استاندارد سازی شده باشد. سپس ماتریس نرمال سازی شده وزن دهی شده u_{ij} می تواند طبق معادله (21) بدست آید که در آن w_j وزن شرط j است.

$$u_{ij} = w_j * r_{ij} \quad (21)$$

در طول مدتی که ماتریس نرمال سازی شده وزن دار شکل می گیرد، هم راه حل های ایده آل و هم راه غیر ایده آل می توانند حاصل شوند. بخصوص، راه حل ایده آل با بالاترین رتبه های جایگزین های در مجموعه ویژگی های سود I و پایین ترین رتبه ها در مجموعه ویژگی های هزینه I حاصل شده است (معادله 22). متناظراً راه حل ضد ایده آل به شیوه ای قابل قیاس با معادله 23 حاصل شده است.

$$A^+ = \{u_1^+, \dots, u_m^+\} = \{(max_i u_{ij} | j \in I'), (min_i u_{ij} | j \in I'')\} \quad (22)$$

$$A^- = \{u_1^-, \dots, u_m^-\} = \{(min_i u_{ij} | j \in I'), (max_i u_{ij} | i \in I'')\} \quad (23)$$

وقتی هم راه حل های ایده آل و هم راه حل های ضد ایده آل تخمین زده شده باشند، فواصل از راه حل های جایگزین از آن ها با استفاده از سنجه فاصله اقلیدسی محاسبه شده است (معادله 24 و 25). در نهایت رتبه بندی جایگزین ها از طریق تخمین نزدیکی نسبی c_i با استفاده از معادله 26 حاصل شده است.

$$D_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n (u_{ij} - u_i^+)^2} \quad (24)$$

$$D_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (u_{ij} - u_i^-)^2} \quad (25)$$

$$c_i = \frac{D_i^-}{(D_i^+ + D_i^-)} \quad (26)$$

3-3-5- میانگین وزنی مرتب شده (OWA)

OWA می تواند گرایش ریسک DM را با معرفی اپراتور تراکم مبتنی بر کمیت سنج های لفظی شرح دهد. این روش از دو نوع وزن مختلف استفاده می کند: وزن های شرط توسط DM در عرض ارزیابی مسأله تعریف شده اند و وزن های ترتیبی بواسطه اپراتور تراکم حین در نظر گرفتن درجه بهینگی DM حاصل شده اند. این اپراتور می تواند یک کمیت سنج تک حالت افزایشی معمول (RIM) باشد که در معادله 27 نشان داده شده است. در اینجا $Q(R)$ یک مجموعه فازی در بازه $[0,1]$ است. با تعیین پارامتر α ما می توانیم مجموعه های متفاوتی از وزن ها در رابطه با گرایش ریسک DM ایجاد کنیم. برای $\alpha = 1$ گرایش ریسک DM نامتمایز در نظر گرفته شده است. چون α به سمت صفر میل می کند، پذیرش ریسک افزایش می یابد، و این نشان دهنده DM بسیار خوش بینانه است. با میل α به بی نهایت، پذیرش ریسک DM کاهش می یابد و DM گرایشی بدبینانه پیدا می کند. با توجه به این ملاحظات، وزن های ترتیبی طبق معادله (28) حاصل شده اند.

$$Q(r) = r^a, a > 0 \quad (27)$$

$$u_j = \left(\sum_{k=1}^j u_k \right)^a - \left(\sum_{k=1}^{j-1} u_k \right)^a \quad (28)$$

به محض این که ترتیب u_j و وزن های شرط w_j محاسبه شوند، شاخص OWA هر جایگزین با مرتب سازی مقادیر شرط به ترتیب نزولی محاسبه شده است. وزن های شرط پس از آن مشابهاً مرتب سازی مجدد شده اند و در نهایت رتبه بندی های جایگزین طبق معادله (29) بدست آمده اند. OWA می تواند حین در نظر گرفتن سناریوهای ریسک مختلف با اعمال پارامترهای مختلف α پیاده سازی شده باشد.

$$OWA_i = \sum_{j=1}^n \left(\frac{u_j v_j}{\sum_{j=1}^n u_j v_j} \right) z_{ij} \quad (29)$$

6-3-3- میانگین وزن دهی شده پیوندی (HWA)

HWA روشی مشابه با OWA است که هم مقادیر شرط و هم اهمیت شرط را در نظر می گیرد. HWA یک اپراتور تراکم است و می توان آن را با استفاده از معادله 30 محاسبه کرد. در اینجا v_j وزن های ترتیب محاسبه شده به همان شیوه OWA هستند، b_j بزرگترین مقدار مجموعه $n w_i a_i$ در ترتیب صعودی است، $W = (w_1, w_2, \dots, w_n)^T$ اشاره به وزن های شرط دارد، $a_i (i = 1, 2, \dots, n)$ است، و n پارامتر تعادل است. اگر

$W = (w_1, w_2, \dots, w_n)^T$ به سمت $(\frac{1}{n}, \frac{1}{n}, \dots, \frac{1}{n})^T$ میل کند، بنابراین $n w_i a_i = a_i$ و HWA مساوی با

$$HWA_{v,w}(a_1, a_2, \dots, a_n) = \sum_{j=1}^n v_j b_j \quad (30)$$

TarjomeFa.Com هستند.

4- پیاده سازی چارچوب

برای شرح چگونگی هدایت RLP توسط روش های MADM، ما این رویکردها را در یک مطالعه مورد که با ساخت یک پارک خورشیدی در ناحیه Thessaloniki در شمال یونان مرتبط است به کار می بندیم. حیطة مکان ساخت پیشنهادی 19856 متر مربع است و اندازه ساخت واقعی تأسیسات 1600 متر مربع می باشد.

در حالی که مطالعه عملی باید انجام شود این مقاله بر روی چارچوب مدیریت پروژه تمرکز دارد تا آن عناصر که خارج از حوزه هستند شامل نشده باشند. در اولین مراحل سیکل زندگی پروژه، حیطة پروژه و شرایط موفقیت پروژه

باید مشخص شده باشند و مورد توافق تمامی سهامداران باشند. در عرض فاز برنامه ریزی پروژه تمام کار لازم برای تکمیل پروژه، طبق حیطة آن، باید شناسایی شده و در ساختار تفکیک کاری (WBS) و فرهنگ لغات WBS مستند سازی شده باشد. WBS یک تجزیه سلسله مراتبی از حیطة پروژه است که شامل تمام کاری است که باید برای تکمیل پروژه اجرا شوند و به اهداف پروژه دست یافته و شرط موفقیت آن را برقرار سازند. جدول 2 WBS، فعالیت ها، محدودیت های زمانبندی و دوره را نشان می دهد.

جدول 2.

| Level 1 project | Level 2 work packages | Level 3 activities | Relationship with predecessor activity | Relationship with successor activity | Duration |
|-----------------------|--------------------------------------|-----------------------------------|--|--------------------------------------|----------|
| Solar park project | 1. Landscaping | 1.1 Site preparation and leveling | - | 1.2SS | 2 |
| | | 1.2 Fence installation | 1.1SS | 2.1SS | 1 |
| | 2. Earthworks | 2.1 Base holes excavation | 1.2SS | 2.2SS + 1d; 3.1FS | 1 |
| | | 2.2 Ditches excavation | 2.1SS + 1d | 2.3SS + 1d; 2.4SS + 1d; 5.1SS | 5 |
| | | 2.3 Concrete implementation | 2.2SS + 1d | 5.8FS | 2 |
| | | 2.4 Pillar excavations | 2.2SS + 1d | 5.8FS | 1 |
| | 3. Bases construction | 3.1 Bases construction | 2.1FS | 3.2FS | 2 |
| | | 3.2 Bases audit | 3.1FS | 5.6FS | 1 |
| | 4. Panel delivery | 4.1 Panel delivery | | 5FS | 0 |
| | 5. Electrical infrastructure | 5.1 Grounding | 2.2SS | 5.2SS + 1d; 5.3FF | 6 |
| | | 5.2 DC cables installation | 5.1SS + 1d | 5.3SS + 1d; 5.4SS; 5.9FS | 7 |
| | | 5.3 AC cables installation | 5.2SS + 1d; 5.1FF | 5.7FS | 6 |
| | | 5.4 Security System cables | 5.2SS | 6.1SF | 1 |
| | | 5.5 Panel & Inverter delivery | | 5.6FS; 5.7FS | 1 |
| | 5.6 Panel installation | 3.2FS; 5.5FS | 5.9FS | 2 | |
| | 5.7 Inverter installation | 5.3FS; 5.5FS | 5.9SS | 1 | |
| | 5.8 Pillars installation | 2.3FS; 2.4FS | 5.9FS | 1 | |
| | 5.9 Connection of modules | 5.2FS; 5.7SS; 5.6FS; 5.8FS | 6.1FS; 7.1FS | 2 | |
| 6. Security system | 6.1 Surveillance system installation | 5.4SF; 5.9FS | 7.1SS | 1 | |
| 7. Testing | 7.1 Test runs | 5.9FS; 6.1SS | 8.1FS + 1d | 1 | |
| 8. Project completion | 8.1 Connection with national grid | 7.1FS + 1d | 8.2FS | 1 | |
| | 8.2 Closing proceedings | 8.1FS | 9.1FS | 2 | |
| 9. Project delivery | 9.1 Project takeover instruction | 8.2FS | - | 0 | |

زمانبندی شروع زوهورنگام (ESS) ساخته شده توسط CPM دوره مجموع 16 واحد زمانی دارد، اما این زمانبندی زمانبندی عملی نیست چون موجودی منبع در نظر گرفته نشده است. ESS در شکل 3 نشان داده شده است. برای حل این مسأله و ساخت زمانبندی پروژه عملی با توجه به موجودی منبع، فعالیت ها باید در زمان لازم تغییر یابند (به تعویق بیافتند). برای حل ایت تخصیص های بیش از حد، MS-Project گزینه های سطح بندی منبع را به کاربران خود ارائه می کند. با انتخاب گزینه استاندارد در پنجره سطح بندی، MS-Project زمانبندی پروژه ای با توجه به محدودیت های منبع ارائه می کند. این زمانبندی پروژه عملی، پس از رویه سطح بندی، حداقل طول مدت 22 واحد زمانی دارد. در عرض این فرایند، قوانین اولویتی که ترتیب فعالیت هایی که باید زمانبندی شوند را انتخاب می کنند، مشخص نیستند. شکل 4 زمانبندی پروژه را پس از سطح بندی استاندارد MS-Project نشان می دهد.

برای رفع این موضوع، MS-Project گزینه سطح بندی استاندارد اولویت را ارائه می کند که به کاربران امکان درج وزن های خود و از این رو تعیین لیست اولویت فعالیت های پروژه را برای زمانبندی می دهد. متدلوژی پیشنهادی قوانین اولویت را از مقالات به عنوان شرط مسأله و فعالیت های پروژه را به عنوان راه حل های جایگزین در نظر می گیرد. نتایج حاصل شده نشان دهنده اولویت هر فعالیت هستند که باید توسط MS-Project برای اجرای فرایند سطح بندی استاندارد اولویت استفاده شوند که زمانبندی پروژه را ایجاد می کند. قوانین اولویت برای حل مشکل RLP با محدودیت های منبع ترتیب فعالیت هایی که باید زمانبندی شوند را مشخص می کند؛ این کار در عرض رویه اکتشافی یک لیست اولویت متشکل از فعالیت های پروژه انجام شده است. ما نه قانون اولویت را به عنوان زیر شرط ها در چهار شرط کلی در نظر می گیریم.

شکل 3.

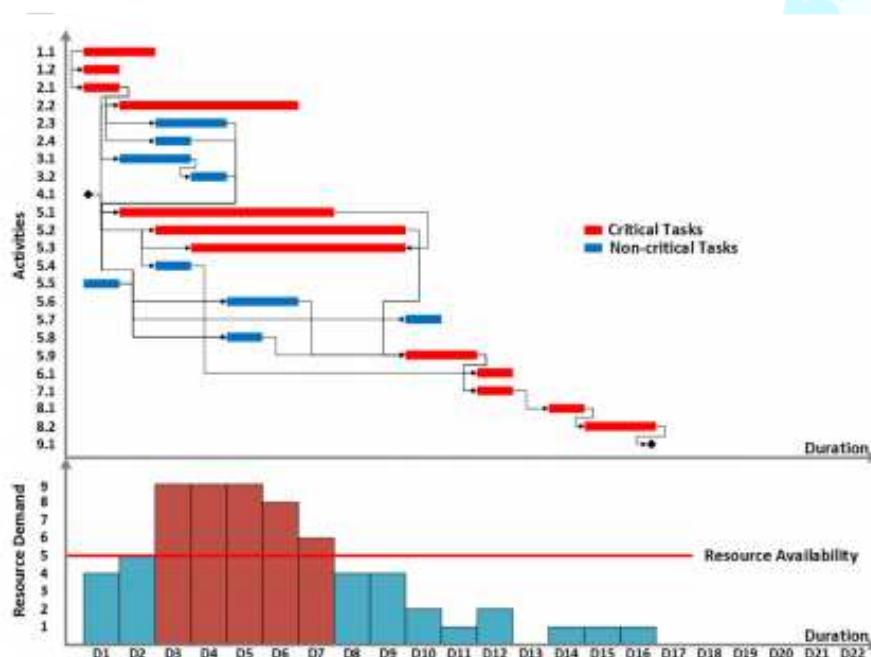
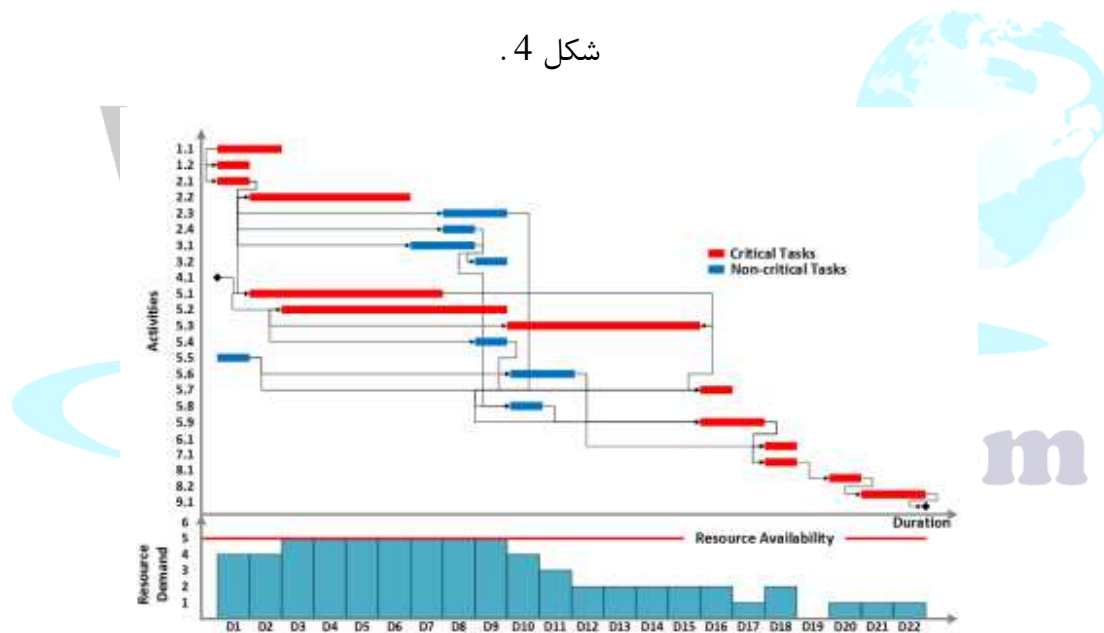


Fig. 3. Early start schedule before leveling.

این قوانین اولویت به عنوان شرط تصمیم اصلاح شده اند و وزن های آن ها طبق تجربه DM و قضاوت آ تعریف شده اند. وزن های شرط زبق AHP با مقایسه شرط تصمیم در زوج ها برای تخمین اهمیت نسبی آن ها به دست آمده اند. جدول 3 شرط تحلیل و وزن های آن ها را نشان می دهد. پس از تعریف تمام شرایط، زیر شرط ها و وزن های آن ها و همچنین راه حل های جایگزین، ماتریس تصمیم بدست آمده است (جدول 4) و مشکل کمیت سنجی می

شود. عملکرد فعالیت ها در قوانین اولویت نشان می دهند که هیچ تفوقی از یک فعالیت نسبت به تمام قوانین تصمیم وجود ندارد، از این رو نه رتبه بندی راه حل چیره و نه فعالیت های غالب موجود نیستند. اگر این مسل راه حل واضحی داشته باشد این راه حل پدیدار خواهد شد. به علاوه، هیچ عملکرد فعالیت منحصر بفردی در هیچ یک از قوانین اولویت آزموده شده وجود ندارد که بتواند منجر به مستثنی کردن آن از تحلیل شود. برای حل مشکل، تمام روش های MADM برای تولید یک شماره اولویت برای هر فعالیت پیاده سازی شده است. از این رو، شش لیست اولویت مختلف برای استفاده آن ها در عملیات سطح بندی استاندارد اولویت در MS-Project تخمین زده خواهد شد. نتایج هر لیست اولویت مقایسه خواهد شد و در مورد آن ها صحبت خواهد شد تا استنباط هایی در مورد آن ها بدست آیند.

شکل 4.



جدول 3.

| Criterion | Criterion weights | Sub-criterion | Sub-criterion weights | Global weights |
|------------------------------|-------------------|---------------|-----------------------|----------------|
| Activity based criteria | 0.10 | LPT | 1 | 0.10 |
| Network based criteria | 0.36 | MIS | 0.16 | 0.06 |
| | | MTS | 0.30 | 0.11 |
| | | CRPW | 0.54 | 0.20 |
| Critical path based criteria | 0.15 | EST | 0.25 | 0.04 |
| | | MLSK | 0.75 | 0.11 |
| | | CRD | 0.17 | 0.06 |
| Resource based criteria | 0.39 | GCLMRD | 0.39 | 0.15 |
| | | WRUP | 0.44 | 0.17 |

5- نتایج و بحث

برای افتراق نتایج حاصل شده با WSM با توجه به AHP وزن های شرط فرمی تعمیم یافته ترر دارند. تمام رویکردهای سودمندی تطبیقی بواسطه تخمین مجموع نرمال سازی شده وزنی از داده های سط ویژگی پیاده سازی شده اند. TOPSIS به صورت جداسازی های فاصله اقلیدسی از مجموع راه حل های ایده آل و ضد ایده آل انجام شده است. برای PROMETHEE II یک تابع اولویت برای هر شرط تعریف شده است که نشان دهنده اولویت DM یک فعالیت در مقایسه با تمام فعالیت های دیگر است. DM ها از قضاوت و تجربه قبلی خود برای تعریف هر نوع شرط مسأله و کمیت سنجی هر آستانه تابع شرطی در تطابق با داده های پروژه استفاده می کنند. جدول 5 اطلاعاتی در رابطه با نوع هر شرط و آستانه ها استفاده شده برای پروژه پارک خورشیدی ارائه می کند.

شاخص اولویت برای هر جایگزین می تواند از مقایسه زوجی از تمام جایگزین ها نسبت به تمام شروط مسأله محاسبه شود. برای منتج کردن اولویت هر فعالیت، PROMETHEE II روش رتبه بندی کامل با محاسبه جریان شبکه برای هر شرط استفاده شده است. OWA گرایش های ریسک و عدم قطعیت DM ها را در فرایند تصمیم گیری کنترل و مدیریت می کند. کمیت سنج لفظی برای شرح سه سناریوی مختلف استفاده شده است. همانند OWA، HWA هم موقعیت های جایگزین ها را در ترتیب اولویت در نظر می گیرد و هم وزن های شرط را. وزن های ترتیبی به همین شیوه OWA محاسبه شده اند. ضریب تعادل n برابر 10 است. جدول 6 نتایج مشتق شده از چارچوب های متدلورژیکی آزموده شده را نشان می دهد و با توجه به OWA و HWA، سه سناریوی ریسک آزموده شده اند.

نتایج مشتق شده لیست های متفاوتی از رتبه های فعالیت ها ارائه می کنند. مورد دوم مطابق با استفاده از گزینه نرمال سازی رتبه ماکسیمم تعدیل شده است (معادله 7) تا سازگار با هنجار اولویت های درج شده در MS-Project باشد. رویه رتبه ماکسیمم با توجه به توانایی آن در ثابت نکه داشتن ترتیب نسبی بزرگی میان عملکردهای طبیعی و نرمال سازی شده انتخاب شده است. این اولویت ها در MS-Project تعبیه شده اند و رویه سطح بندی منبع یک زمانبندی پروژه برای هر رویکرد در نظر گرفته شده ایجاد می کند. برای ارزیابی کارایی منبع، چهار زمان

منبع مختلف محاسبه شده اند. سطح نوسانات منبع در محدوده عمر پروژه با استفاده از اهمیت واریانس (M_x) محاسبه شده است که مجموع مجذور استفاده منبع از یک دوره زمانی (معادله 31)، و اهمیت زمان (M_v) است که مجموع مجذور تفاوت استفاده منبع از دو دوره زمانی پشت سر هم است (معادله 32). برای ارزیابی عدم قطعیت تقاضا و تأمین برای منابع آینده، شاخص M_y استفاده شده است که با مجموع حاصل زمان هایی منبع بهره برداری شده و سطح موجودی آن ها محاسبه شده است (معادله 33). شاخص RR نرخ استفاده منبع را در مقایسه با ماکسیمم مقدار منابع استفاده شده ارزیابی می کند (معادله 34). نتایج این شاخص ها، همراه با طول مدت پروژه مجموع برای هر روش با نتایج استاندارد سطح بندی برای استنباط نتایج مقایسه شدند.

$$M_x = \sum_{i=1}^n (D_i)^2 \quad (31)$$

$$M_v = \sum_{i=1}^n (D_{i-1} - D_i)^2 \quad (32)$$

$$M_y = \sum_{i=1}^n (D_i \times i) \quad (33)$$

$$RR = \sum_{i=1}^n \left(\frac{D_i}{n \times \max D_i} \right) \quad (34)$$

جدول 4.

| | LPT | MIS | MTS | GRPW | EST | MILSK | GRD | GCLMRD | WRUP |
|-----|-----|-----|-----|------|-----|-------|-----|--------|------|
| alt | max | max | max | max | min | min | max | max | max |
| 1.1 | 2 | 1 | 19 | 3 | 0 | 0 | 2 | 3 | 0,76 |
| 1.2 | 1 | 1 | 18 | 2 | 0 | 0 | 1 | 2 | 0,76 |
| 2.1 | 1 | 2 | 17 | 8 | 0 | 0 | 1 | 8 | 1,46 |
| 2.2 | 5 | 3 | 16 | 14 | 1 | 0 | 5 | 20 | 2,16 |
| 2.3 | 2 | 1 | 7 | 3 | 2 | 4 | 2 | 3 | 0,76 |
| 2.4 | 1 | 1 | 7 | 2 | 2 | 5 | 1 | 2 | 0,76 |
| 3.1 | 2 | 1 | 8 | 3 | 1 | 3 | 2 | 3 | 0,76 |
| 3.2 | 1 | 1 | 7 | 3 | 3 | 3 | 1 | 3 | 0,76 |
| 5.1 | 6 | 2 | 7 | 19 | 1 | 0 | 12 | 38 | 1,52 |
| 5.2 | 7 | 3 | 6 | 16 | 2 | 0 | 14 | 29 | 2,22 |
| 5.3 | 6 | 1 | 6 | 7 | 3 | 0 | 12 | 13 | 0,82 |
| 5.4 | 1 | 1 | 4 | 2 | 2 | 10 | 1 | 2 | 0,76 |
| 5.5 | 1 | 2 | 6 | 4 | 0 | 6 | 1 | 4 | 1,46 |
| 5.6 | 2 | 1 | 7 | 4 | 4 | 3 | 2 | 4 | 0,76 |
| 5.7 | 1 | 1 | 5 | 3 | 5 | 0 | 1 | 3 | 0,76 |
| 5.8 | 1 | 1 | 6 | 3 | 4 | 4 | 1 | 3 | 0,76 |
| 5.9 | 2 | 2 | 4 | 4 | 5 | 0 | 2 | 4 | 1,46 |
| 6.1 | 1 | 1 | 3 | 2 | 6 | 0 | 1 | 2 | 0,76 |
| 7 | 1 | 1 | 3 | 2 | 6 | 0 | 1 | 2 | 0,76 |
| 8.1 | 1 | 1 | 2 | 3 | 7 | 0 | 1 | 3 | 0,76 |
| 8.2 | 2 | 1 | 1 | 2 | 8 | 0 | 2 | 2 | 0,76 |

جدول 5.

| Criterion | Criterion type | Preference function |
|-----------|-------------------------------------|--|
| IPT | U-shape criterion | $F_j(d) = \begin{cases} 0, & \text{if } d \leq 2 \\ 1, & \text{if } d > 2 \end{cases}$ |
| MS | V-shape criterion | $F_j(d) = \begin{cases} 0, & \text{if } d \leq 0 \\ d, & \text{if } 0 < d \leq 1 \\ 1, & \text{if } d > 1 \end{cases}$ |
| MTS | V-shape with indifference criterion | $F_j(d) = \begin{cases} 0 & \text{if } d \leq 2 \\ (d-2)/4 & \text{if } 2 < d \leq 6 \\ 1 & \text{if } 6 < d \end{cases}$ |
| GRPW | V-shape with indifference criterion | $F_j(d) = \begin{cases} 0 & \text{if } d \leq 3 \\ (d-3)/4 & \text{if } 3 < d \leq 7 \\ 1 & \text{if } 7 < d \end{cases}$ |
| EST | U-shape criterion | $F_j(d) = \begin{cases} 0, & \text{if } -d \leq 2 \\ 1, & \text{if } -d > 2 \end{cases}$ |
| MSK | U-shape criterion | $F_j(d) = \begin{cases} 0, & \text{if } -d \leq 3 \\ 1, & \text{if } -d > 3 \end{cases}$ |
| GRD | U-shape criterion | $F_j(d) = \begin{cases} 0, & \text{if } d \leq 3 \\ 1, & \text{if } d > 3 \end{cases}$ |
| GCUMKD | V-shape criterion | $F_j(d) = \begin{cases} 0, & \text{if } d \leq 0 \\ d/7, & \text{if } 0 < d \leq 7 \\ 1, & \text{if } d > 7 \end{cases}$ |
| WRUP | Level criterion | $F_j(d) = \begin{cases} 0, & \text{if } d \leq 0.69 \\ 1/2, & \text{if } 0.69 < d \leq 1.51 \\ 1, & \text{if } 1.51 < d \end{cases}$ |

جدول 6.

| ID | WSM | AHP | TOPSIS | PROMETHEE | OWA | | | HWA | | |
|-----|------|------|--------|-----------|------------|---------|-------------|------------|---------|-------------|
| | | | | | Optimistic | Neutral | Pessimistic | Optimistic | Neutral | Pessimistic |
| 1.1 | 486 | 494 | 325 | 320 | 999 | 494 | 215 | 550 | 388 | 155 |
| 1.2 | 442 | 448 | 304 | 290 | 999 | 448 | 144 | 550 | 350 | 69 |
| 2.1 | 631 | 631 | 404 | 672 | 999 | 631 | 193 | 560 | 524 | 69 |
| 2.2 | 925 | 922 | 704 | 914 | 783 | 922 | 970 | 825 | 816 | 362 |
| 2.3 | 351 | 348 | 164 | 89 | 750 | 348 | 215 | 330 | 291 | 155 |
| 2.4 | 300 | 296 | 143 | 82 | 750 | 296 | 144 | 290 | 243 | 69 |
| 3.1 | 376 | 374 | 185 | 203 | 875 | 374 | 215 | 385 | 301 | 155 |
| 3.2 | 335 | 334 | 172 | 173 | 700 | 334 | 193 | 385 | 291 | 69 |
| 4.1 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 5.1 | 973 | 978 | 1000 | 998 | 1000 | 978 | 1000 | 1000 | 1000 | 603 |
| 5.2 | 1000 | 1000 | 862 | 1000 | 1000 | 1000 | 859 | 850 | 864 | 517 |
| 5.3 | 595 | 607 | 412 | 588 | 999 | 607 | 859 | 550 | 544 | 345 |
| 5.4 | 223 | 211 | 69 | 0 | 611 | 211 | 0 | 290 | 165 | 0 |
| 5.5 | 425 | 409 | 156 | 280 | 999 | 409 | 193 | 560 | 330 | 69 |
| 5.6 | 365 | 367 | 189 | 189 | 700 | 367 | 285 | 145 | 350 | 1000 |
| 5.7 | 342 | 347 | 191 | 161 | 999 | 347 | 193 | 550 | 291 | 69 |
| 5.8 | 309 | 308 | 149 | 75 | 600 | 308 | 193 | 330 | 262 | 69 |
| 5.9 | 467 | 466 | 205 | 324 | 999 | 466 | 285 | 560 | 360 | 155 |
| 6.1 | 305 | 310 | 173 | 100 | 998 | 310 | 144 | 550 | 301 | 69 |
| 7.1 | 305 | 310 | 173 | 100 | 998 | 310 | 144 | 550 | 301 | 69 |
| 8.1 | 309 | 315 | 178 | 106 | 998 | 315 | 193 | 550 | 311 | 69 |
| 8.2 | 299 | 307 | 170 | 59 | 998 | 307 | 0 | 550 | 291 | 0 |
| 9.1 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |

جدول 7.

| Method | Mx | Mv | My | IR | Project duration |
|---------------------------|-----|----|-----|------|------------------|
| MS-Standard | 260 | 28 | 551 | 0.63 | 22 |
| WSM | 282 | 30 | 521 | 0.66 | 20 |
| AHP | 282 | 30 | 521 | 0.66 | 20 |
| PROMETHEE | 282 | 30 | 521 | 0.66 | 20 |
| TOPSIS | 282 | 30 | 521 | 0.66 | 20 |
| OWA-Extremely optimistic | 282 | 30 | 521 | 0.66 | 20 |
| OWA-Neutral | 282 | 30 | 521 | 0.66 | 20 |
| OWA-Extremely pessimistic | 280 | 32 | 486 | 0.66 | 20 |
| HWA-Extremely optimistic | 282 | 30 | 521 | 0.66 | 20 |
| HWA-Neutral | 282 | 30 | 521 | 0.66 | 20 |
| HWA-Extremely pessimistic | 280 | 32 | 486 | 0.66 | 20 |

طبق جدول 7، روش سطح بندی استاندارد در MS-Project بهترین عملکرد را طبق وهله های M_x و M_v دارد. سنجه دوم نشان می دهد که گزینه پیش فرض نرم افزار نتایج بهتری در کاهش نوسانات مصرف منبع در ول مدت پروژه ارائه می کند که منطقی است چون این نتایج در یک برنامه زمانبندی با دوره بلندتر با دو واحد زمانی حاصل شده اند. اما اگر لازم باشد تصمیم در محیط غیر قطعی برای منابع آینده اتخاذ شود، سناریوهای بدبینانه OWA و HWA رتبه بالاتری ارائه می کنند چون DM هیچ گونه ریسکی در این سناریوها نمی پذیرد، در عوض به دنبال مینیمم عدم قطعیت برای این پروژه است. با توجه به دوره پروژه کوتاه؛ محدودیت منبع، که به پنج واحد منبع تعیین شده است؛ و وابستگی روابط میان فعالیت ها، شاخص RR تقریباً برای تمام روش های بابا مشابه است. با در نظر گرفتن مجموع دوره پروژه، روش سطح بندی استاندارد MS-Projecct یک زمانبندی پروژه با 22 واحد زمانی حاصل می کند. از طرف دیگر، پیاده سازی روش های MADM باعث کاهش دوره پروژه کلی به میزان دو واحد زمانی می شوند که بعث می شود دوره پروژه 10 درصد کوتاه تر شود. به علاوه اشاره شده که مدل های آزموده شده همان عملکرد سنجه های تحلیل را ارائه می کنند. حوزه پروژه آزموده شده و گزینه محدود برای زمانبندی فعالیت ها حوزه راه حل های ممکن را محدود می کند. اما این نباید منجر به این استنباط شود که زمانبندی های مشتق شده مشابهند. به خصوص با استثنای واضح نتیجه MS-standard، چهار زمانبندی مختلف رخ می دهند، و همان طور که در جدول 6 نشان داده شده اس، فعالیت های مختلف برای تأخیر بواسطه هر مدل تصمیم انتخاب شده اند. به خصوص WSM، AHP، OWA، خوش بینانه و OWA بی طرفانه باعث همین خروجی می شوند، HWA، TOPSIS، PROMETHEE بی طرفانه یک زمانبندی معمول ایجاد می کنند و ره حل سوم بواسطه نسخه های بد بینانه از OWA و HWA حاصل شده است در حالی که پیاده سازی خوش بینانه HWA منجر به چارت Gantt خودش می شود. در نهایت نتایج اغلب روش های MADM ارزشمند هستند چون در برخی موارد آن ها نمرات بهتری در یک یا چند شرط حاصل می کنند.

6- نتیجه گیری ها

چارچوب ارائه شده در مورد یک مسأله غامض ابتدایی در زمان آزمودن راه حل های RLP صحبت می کند. در مجموع، DM ها باید تصمیم به تخصیص منبع کارتر یا کاهش دوره پروژه بگیرند. برای تصمیم گیری درست، آن ها باید علاوه بر این محیط مدیریت پروژه را برای کنترل تأثیرات این دو گزینه در نظر بگیرند. بنابراین DM ها باید بهترین گزینه را برای سطح بندی پروژه های خود بر مبنای افکار و اولویت های خودشان اتخاذ کنند. برای سازمان ها، این تأثیرات در جنبه های مالی نظیر سرریزهای هزینه ایجاد شده به دلیل تخصیص منبع ضعیف یا مدت زمان پروژه طولانی تر حس شده اند. برای هدایت صحیح این ملاحظات، اطلاعاتی بیشتری باید در نظر گرفته شوند. به عنوان مثال بهره برداری از منبع ثابت فرصتی برای سازمان برای داشتن روند هموارتری از موارد تدارک ایجاد می کند و بدین وسیله به قیمت های خرید کمتری از تأمین کنندگان خود می رسد. اما کاهشی در طول مدت پروژه فرصتی برای سازمان ها برای اجتناب از هزینه های غیر مستقیم و هزینه های ایجاد شده به دلیل تأخیر ها و همچنین توانایی اثبات خود در تکمیل پروژه های بیشتر در زمان زودتر از قبل فراهم می آورد. در نتیجه، انتخاب مسأله غامض از میان بهره برداری از منبع و مدت پروژه برای سازمان ها باید از طریق بنا نهادن گرایش تصمیمی حل شود که تحت محدودیت های موجودی منبع، زمان و بودجه و حتی گرایش مستعدتر ریسک دنبال خواهد شد.

با توجه به شرایط و شرایط فرعی پیاده سازی شده ادغام مدل های MADM برای مسأله RLP می تواند به اندازه کافی ژنریک در نظر گرفته شود چون این مورد معمول ترین قوانین اولویت را برای تغییر فعالیت ها در نظر می گیرد. اما می توان به سادگی آن را برای رفع اولویت های DM ها با توجه به پیاده سازی دیگر قوانین اولویت آن ها اتخاذ کرد. به عنوان مثال در مواردی که در آن ها قوانین کمتری باید پیاده سازی شوند تحلیل می تواند با تخصیص وزن های صفر به آن ها از قبل مورد بهره برداری قرار گیرد. به علاوه ملاحظات قوانین اولویت مختلف می توانند کمک کننده باشند چون فرم وظایف Ms-Project قادر به حمایت از انواع مختلف تخمین های شخص های می باشند. عملکرد همواره و موازی کار توأم MADM و رویه های استاندارد تسهیل شده بواسطه MS-Project نشان داده اند که اولین مورد می تواند کارآمد باشد. از این رو فرایند راه حل به مزیتی از تلاش محاسباتی تقاضا شده بواسطه مدل های MADM دست می یابد.

رویکردهای راه حل RLP بواسطه عملکرد الگوریتم های اکتشافی تسلط یافته اند که هیچ دانش قبلی در مورد فضای جستجو و مشخصه های خاص هر مسأله ندارد، و لازم است چندین مرتبه اجرا شوند تا به راه حل نزدیک بهینه دست یافته شود. روش پیشنهادی فاز راه حل را با دانش خاصی در مورد مسأله با مشارکت دادن سیستم اولویت DM غنی می سازد. چارچوب از طریق مطالعه موردی واقعی شرح داده شده که با توجه به حوزه آن انتخاب شده است و از این رو می تواند به عنوان یک نمونه آموزشی که دنبال کردن آن ساده است بکار رود. در نهایت چارچوب پیشنهادی ارزش بیشتری دارد و این بواسطه توسعه یک برنامه همراه MS-Project برای حمایت از عملکرد مدل های MADM حاصل شده است. به علاوه پیاده سازی رویکردهای تصادفی باعث تقویت توانایی چارچوب ها برای کمک به تحلیل حساسیت خواهد شد.

References

- Anagnostopoulos, K. P., & Koulinas, G. K. (2010). A simulated annealing hyperheuristic for construction resource levelling. *Construction Management and Economics*, 28(2), 163-175.
- Bandelloni, M., Tucci, M., & Rinaldi, R. (1994). Optimal resource leveling using non-serial dynamic programming. *European Journal of Operational Research*, 78(2), 162-177.
- Brans, J., Vincke, P., & Mareschal, B. (1986). How to select and how to rank projects: The PROMETHEE method. *European Journal of Operational Research*, 24(2), 228-238.
- Brans, J. P., & Mareschal, B. (2005). PROMETHEE methods. In multiple criteria decision analysis: State of the art surveys. In J. Figuera, S. Greco, & M. Ehrgott (Eds.), *International series in operations research management science* (pp. 133-162). Springer.
- Burgess, A. R., & Killebrew, J. B. (1962). Variation in activity level on a cyclic arrow diagram. *Industrial Engineering*, 13(2), 76-83 March-April.
- Chang, Y., & Yeh, C. (2001). Evaluating airline competitiveness using multi-attribute decision making. *Omega*, 29, 405-415.
- Demeulemeester, E., & Herroelen, W. (2002). *Project scheduling: A research handbook*. Leuven, Belgium: Kluwer academic Publishers.
- Figuera, J., Greco, S., & Ehrgott, M. (2005). *Multiple criteria decision analysis: State of the art surveys*. Springer.
- Harris, R. B. (1990). Packing method for resource leveling (PACK). *ASCE Journal of Construction Engineering and Management*, 116(2), 331-350.
- Hartmann, S. (1999). *Project scheduling under limited resources - models, methods and applications*. USA: Springer.
- Hiyassat, M. A. S. (2001). Applying modified minimum moment method to multiple resource leveling. *ASCE Journal of Construction Engineering and Management*, 127(3), 192-198.
- Hwang, C.-L., Lai, Y.-J., & Liu, T.-Y. (1993). A new approach for multiple objective decision making. *Computers & Operations Research*, 20(8), 889-899.
- Hwang, C., & Yoon, K. (1981). *In multi attribute decision making: Methods and applications*. New York, USA: Springer.
- Jaejun, K., Kyughwan, K., Namyoung, J., & Yungasang, Y. (2005). Enhanced resource leveling technique for project scheduling. *Journal of Asian Architecture and Building Engineering*, 4(2), 461-466.
- Klein, R. (2000). *Scheduling of resource constrained projects*. Boston: Kluwer Academic Publishers.
- Koulinas, G. K., & Anagnostopoulos, K. P. (2011). Construction resource allocation and leveling using a threshold accepting-based hyperheuristic algorithm. *Journal of Construction Engineering and Management*, 138(7), 854-863.
- Koulinas, G. K., Kotsikas, L., & Anagnostopoulos, K. P. (2014). A particle swarm optimization based hyper-heuristic algorithm for the classic resource constrained project scheduling problem. *Information Sciences*, 277, 680-693.
- Kyriklidis, C., & Dounias, G. (2016). Evolutionary computation for resource leveling optimization in project management. *Integrated Computer-Aided Engineering*, 23(2), 173-184.
- Kyriklidis, C., Vassiliadis, V., Kirytopoulos, K., & Dounias, G. (2014). Hybrid nature-inspired intelligence for the resource leveling problem. *Operational Research*, 14(3), 387-407.
- Leu, S. S., Yang, C. H., & Huang, J. C. (2000). Resource leveling in construction by genetic algorithm-based optimization and its decision support system application. *Automation in Construction*, 10(1), 27-41.
- Li, H., & Demeulemeester, E. (2016). A genetic algorithm for the robust resource leveling problem. *Journal of Scheduling*, 19(1), 43-60.
- Małczewski, J. (2006). Ordered weighted averaging with fuzzy quantifiers: GIS-based multicriteria evaluation for land-use suitability analysis. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 8(4), 270-277.
- Mirabi, M., Mianabadi, H., Zarghami, M., Sharifi, M.-B., & Mostert, E. (2014). Risk-based evaluation of wastewater treatment projects: A case study in Niasar city, Iran. *Resources, Conservation and Recycling*, 93, 168-177.
- Neumann, K., & Zimmermann, J. (2000). Procedures for resource leveling and net present value problems in project scheduling with general temporal and resource constraints. *European Journal of Operational Research*, 127(2), 425-443.
- Özdamar, L. (1999). A genetic algorithm approach to a general category project scheduling problem. *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics*, 28(1), 44-59.
- PMBOK Guide, P. M. (2013). *A guide to the project management body of knowledge* (5th ed.). Newtown Square, USA: Project Management Institute, Inc.
- Ponz-Tienda, J., Yepes, V., Pellicer, E., & Moreno-Flores, J. (2013). The resource leveling problem with multiple resources using an adaptive genetic algorithm. *Automation in Construction*, 29, 161-172.
- Saaty, T. (1980). *The analytical hierarchy process*. New York, USA: McGraw-Hill.
- Shtub, A., Bard, J., & Globerson, S. (2005). *Project management: Processes, methodologies and economics engineering, technology and implementation*.
- Son, J., & Skibniewski, M. J. (1999). Multiheuristic approach for resource leveling problem in construction engineering: Hybrid approach. *ASCE Journal of Construction Engineering and Management*, 125(1), 23-31.
- Ulusoy, G., & Özdamar, L. (1995). Survey on the resource-constrained project scheduling problem. *IEE Transactions*, 27(5), 574-586.
- Xu, Z., & Da, Q. (2003). An overview of operators for aggregating information. *International Journal of Intelligent Systems*, 18(9), 953-969.
- Yager, R. R. (1988). On ordered weighted averaging aggregation operators in multi-criteria decision making. *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics*, 18, 183-190.
- Yager, R. R. (1996). Quantifier guided aggregation using OWA operators. *International Journal of Intelligent Systems*, 11, 49-73.
- Yoon, K. P., & Hwang, C.-L. (1995). *Multiple attribute decision making: An introduction* (pp. 07-104). Sage University Paper Series on Quantitative Applications in the Social Sciences. Sage.

برای خرید فرمت ورد این ترجمه، بدون واتر مارک، اینجا کلیک نمایید.



این مقاله، از سری مقالات ترجمه شده رایگان سایت ترجمه فا میباشد که با فرمت PDF در اختیار شما عزیزان قرار گرفته است. در صورت تمایل میتوانید با کلیک بر روی دکمه های زیر از سایر مقالات نیز استفاده نمایید:

لیست مقالات ترجمه شده ✓

لیست مقالات ترجمه شده رایگان ✓

لیست جدیدترین مقالات انگلیسی ISI ✓

سایت ترجمه فا ؛ مرجع جدیدترین مقالات ترجمه شده از نشریات معتبر خارجی