فشرده سازی پروژه‌ها با استفاده از تصمیم‌گیری چند معیاره با در نظر گرفتن ارزش پول

مسعود ربانی
استادیار گروه مهندسی صنایع دانشکده فنی دانشگاه تهران
mrabani@ut.ac.ir
سید امیر حسین تقوی
دانشجوی فوق لیسانس مهندسی صنایع دانشگاه تهران
Amh_taghavi@yahoo.com
محمد رضا شهریاری
دانشجوی دکترای مدیریت دانشگاه آزاد واحد علوم و تحقیقات
M_r_shahriari@yahoo.com

لغات کلیدی:
فشرده سازی، تصمیم‌گیری چند معیاره، مدیریت پروژه، ارزش فعلی پول NPV

چکیده
کوتاه نمودن زمان پروژه‌ها که از طریق افزایش در منابع لازم جهت انجام فعالیتهای مورد نظر حاصل می‌شود معمولا در هنگام اجرای پروژه‌ها تبدیل به یک ضرورت خواهد شد. مجموعه روشها، الگوریتمها و نگرشهای موجود برای حل این مسئله با در نظر گرفتن شیب هزینه فعالیتها به عنوان تنها شاخص محوری و با روشهای مختلفی تعریف شده است. روشهای دستی، برنامه‌ریزی ریاضی، الگوریتم زیمنس، الگوریتم ژنتیک و شبیه سازی از جمله رویکرد های موجود جهت حل این مساله بوده‌اند. در این مقاله ضمن اضافه کردن دو شاخص کیفیت و ریسک که از شاخصهای حیاتی مورد تاکید استاندارد مدیریت پروژه PMBOK می‌باشند؛ به زمان وقوع فشرده‌سازی و ارزش پول نیز توجه ویژه‌ای شده است. این مقاله مساله فشرده سازی را به عنوان یک مساله تصمیم‌گیری چند شاخصه MADM و بر مبنای الگوریتم TOPSIS در نظر گرفته و به نتایج مورد نظر دست یافته است.

۱- مقدمه

محاسبات تاریخ تکمیل پروژه بر این فرض متکی می‌باشند که فعالیتهای لازم برای اجرای پروژه، مخصوصاً فعالیت‌های واقع بر مسیر بحرانی، همگی در زمان معمولی خود که تخمین زده شده‌اند قابل انجام باشند. اما در موارد بسیاری، لازم می‌شود پروژه را زودتر از تاریخ محاسبه شده بر روی شبکه تکمیل نمود. در چنین شرایطی یکی از راه حلهای ممکن برای کوتاه نمودن زمان اجرای پروژه، تسریع در انجام فعالیتها می‌باشد. برای کاهش زمان یک فعالیت باید میزان منابع مورد استفاده در آن فعالیت را افزایش داد، یا در روش‌های فنی اجرای آن فعالیت ، تغییراتی در جهت تسریع زمان اجرا ایجاد نمود. به عبارت دیگر، برای اجرای یک فعالیت در زمانی کوتاه‌تر از زمان معمولی، لازم است به حجم منابعی نظیر نیروی کار و تعداد تجهیزات و ماشین آلات افزوده شود یا تجهیزات گران‌تر و دارای توان بیشتری را به کار گرفت و یا در روشهای فنی اجرا تغییراتی را به وجود آورد.

کاهش زمان اجرای فعالیت از زمان معمولی به زمان کوتاه‌تر، همواره با صرف هزینه همراه است. در مقابل، با کاهش زمان تکمیل پروژه، صرفه‌جوئیهایی برای پیمانکاران و صاحب کار عاید می‌شود؛ سرمایه‌های دربند پروژه زودتر به کار می‌افتند. در پروژه‌های مربوط به تولید محصولات جدید، مخصوصا در شرایطی که رقابت بین تولید کنندگان مختلف وجود دارد، عرضه سریع‌تر یک فرآورده نو ممکن است قسمت اعظم کشش بازار را به خود اختصاص دهد.

به عنوان مثال، امور تعمیرات اساسی در یک کارخانه دارای تولید پیوسته به هر میزان که سریعتر انجام گیرد، به همان میزان تاریخ شروع تولید را به جلو خواهد راند و یا در پروژه‌های ساختمانی، نظیر بنای یک هتل، در صورتی که تاریخ تکمیل، تسریع شده و با جای اوایل پاییز به اوایل تابستان و شروع فصل تعطیلات همان سال تغییر یابد منافع قابل توجهی را برای سرمایه‌گذار عاید خواهد نمود.

آنچه هم اکنون مطرح خواهد شد اینست که یک پروژه را تا چه حدی باید تسریع نمود؟ آیا سود حاصل از تسریع تاریخ تکمیل، هزینه‌های اضافی بابت کاهش زمان فعالیتها را جبران خواهد نمود؟ آیا اهداف کیفی پروژه با وجود فشرده سازی محقق خواهد شد؟ شرایط ناشی از فشرده سازی تا چه حد ریسک انجام پروژه را تحت تاثیر قرار می‌دهد؟ در شرایطی که لازم است پروژه‌ای بطور حتم در تاریخی زودتر از آنچه که محاسبات معمولی شبکه نشان داده است تکمیل شود، اقتصادی‌ترین ترکیب کاهش زمانهای اجرای فعالیتها چه خواهد بود؟

۲- مرور ادبیات

چانگ[1] در مقاله‌ای که در مجله بین‌المللی مهندسی عمران چاپ شده است، با سعی در ارائه یک رویکرد احتمالی به استفاده از شبیه سازی برای حل مساله روی آورده است. [1] چن آنتینگ [2] و لئو سن[3] با ارائه مقاله‌ای در مجله بین‌المللی مدیریت پروژه و با استفاده از الگوریتم ژنتیک بر مبنای نظریه فازی، اثرات عدم قطعیت در زمینه تبادل هزینه و زمان را بررسی نموده‌اند.[2] هنگ لی [4] و جی ان کائو [5] از دانشگاه پلی تکنیک هنگ کنگ با ترکیبی از الگوریتم ژنتیک و متدهای Learning Machine دست به ایجاد تکنیکی به نام MLGAS زده‌اند و ادعا کرده‌اند درحالتی که رابطه بین هزینه‌ها و فعالیتها غیر خطی باشد، این تکنیک جوابهای بهتری بدست خواهد داد .[3] .در میان پژوهشهای انجام شده، پژوهش چانگ وی فنگ [6] و اسکات برنز [7] ضمن ارائه الگوریتمی بر پایه الگوریتم ژنتیک، یک برنامه محاسباتی نیز در زمینه محاسبه کارایی الگوریتم تهیه کرده است. این پژوهش کاملترین پژوهشی است که با استفاده از الگوریتم ژنتیک، در زمینه تبادل هزینه و زمان انجام شده است .[4]

فرزاد خسروشاهی و کاکا [8] در پژوهشی که انجام داده‌اند به مطرح کردن این موضوع پرداخته‌اند که، رابطه بین هزینه‌های پروژه و طول زمان پروژه به صورت غیر خطی است .[5] .البته محققین دیگری نظیر فولکرسون [9] نیز مدلها و راه‌حلهایی را بر اساس رابطه غیرخطی بین هزینه و زمان اتمام فعالیتها در نظر گرفته‌اند که به آسانی قابل برنامه ریزی و حل است.[6]. سرش و بابئو در مقاله‌ای به بررسی تاثیرات فشرده‌سازی بر کیفیت انجام پروژه پرداخته‌اند و یک مدل برنامه‌ریزی خطی برای تبادل هزینه، زمان، و کیفیت ارائه کرده‌اند. در این مدل یک حد پائین کیفیت برای هر فعالیت در نظر گرفته شده است و سایر محدودیتها مشابه مدلهای کلاسیکی است که ذکر گردید .شایان ذکر است مفهوم شیب کیفیت در این مقاله از تقسیم تفاضل سطوح کیفیت نرمال و

1 Chang
2 Chen anting
3 Leu sen
4 Heng lee
5 J. n. cao
6 Chung – Wei Feng
7 Scott . A .Burns
8 Amar kaka
9 Fulkerson .d

فشرده شده بر میزان فشرده سازی هر فعالیت بدست می‌آید .[8] تکنیک دیگری که در سال ۱۹۸۷ توسط ایمن[10] تحت عنوان CAPERTSIM بوجود آمد به آموزش تصمیم‌گیری تحت شرایط عدم قطعیت و تبادل هزینه و زمان و رابطه بین آنها پرداخت.[9] در میان کلیه مطالعات به عمل آمده آنچه مسلم است اینکه کلیه پژوهشها در این زمینه با در نظر گرفتن شیب هزینه به عنوان تنها شاخص معتبر جهت فشرده سازی بوده و هیچیک از دیگر زمینه‌های مورد تاکید مدیریت پروژه همچون کیفیت، ریسک و ... در نظر گرفته نشده است، همچنین زمان فشرده سازی (و به تبع آن زمان پرداخت هزینه مربوطه) در هیچیک از روشها مورد توجه قرار نگرفته است.

۳- الگوریتم پیشنهادی

به طور کلی از نظر مفهومی‌مساله تبادل هزینه و زمان و انتخاب یک یا چند فعالیت از بین فعالیتهای یک پروژه جهت فشرده سازی یک تصمیم‌گیری صرف است، زیرا در این مساله آنچه بدست خواهد آمد تصمیم برای فشرده‌سازی یک فعالیت با در نظر گرفتن شاخصهایی چون شیب هزینه، شیب کیفیت، ریسک و ... می‌باشد. از این رو حل مساله با استفاده از متدهای تصمیم‌گیری پیشنهاد گردیده است.

۳-۱ شاخصهای تصمیم‌گیری

همانگونه که گفته شد شیب هزینه هر فعالیت به عنوان مهمترین و تنها شاخص مورد استفاده در فشرده سازی همواره مطرح بوده است. این شاخص در این پژوهش نیز نقش پررنگی را به خود اختصاص خواهد داد. مطابق تعریف داریم:

$$\Delta C = \frac{C_c - C_n}{T_c - T_n} \qquad \text{(فرمول ۱)}$$

که در رابطه فوق

C_c هزینه انجام فعالیت در حالت انجام فشرده سازی

C_n هزینه انجام فعالیت در حالت عادی

T_c زمان انجام فعالیت در حالت انجام فشرده سازی

T_n زمان عادی انجام فعالیت می‌باشند.

همچنین با توجه به نرخ تنزیل در نظر گرفته شده برای پروژه می‌توان با در نظر گرفتن زمان انجام فشرده سازی در پروژه‌های طولانی، قضاوت دقیقتری را بر مبنای ارزش فعلی هزینه فشرده سازی ارائه نمود. از سوی دیگر شاخص کیفیت در واقع نمایانگر لحاظ نمودن چگونگی انجام کار در یک فعالیت است کیفیت انجام برخی فعالیتها ممکن است در هنگام فشرده سازی افت نماید و این موضوع می‌تواند دستمایه خوبی برای دخیل نمودن این شاخص باشد . مفهوم شیب کیفیت را می‌توان به صورت حاصل تقسیم میزان افت کیفیت بر زمان کوتاه شده مطرح نمود. با استفاده از این شاخص می‌توان نمایش داد که به ازای هر روز فشرده سازی چه میزان از کیفیت فعالیت فشرده شده افت می‌نماید.

$$\Delta Q = \frac{Q_c - Q_n}{T_c - T_n} \qquad \text{(فرمول ۲)}$$

در رابطه فوق

Q_c کیفیت انجام فعالیت در حالت انجام فشرده سازی

Q_n کیفیت انجام فعالیت در حالت عادی

T_c زمان انجام فعالیت در حالت انجام فشرده سازی

T_n زمان عادی انجام فعالیت می‌باشند.

شاخص سوم ریسک انجام هر فعالیت است بدیهی است که مدیر پروژه تمایل کمتری برای فشرده سازی فعالیتهایی با ریسک بالا خواهد داشت. ریسک هر

---

10 Ameen

فعالیت عبارت از رویدادها یا وضعیتهای ممکن‌الوقوع نامعلومی‌است که در صورت وقوع بصورت پیامدهای منفی یا مثبت بر اهداف پروژه موثر خواهد بود. هر یک از این رویدادها یا وضعیتها دارای علل مشخص و نتایج و پیامدهای قابل تشخیص هستند. پیامدهای این رویدادها مستقیما در زمان، هزینه و کیفیت مصوب پروژه موثر می‌باشد. علل وقوع این رویدادها نیز محدود به محیط داخلی پروژه نیست بلکه بنابر ماهیت پروژه و روشهای اجرایی؛ بسیاری از شرایط محیط پیرامون پروژه بر روند چگونگی اجرا و تحقق اهداف آن موثر است. رویدادهای با منشا خارجی پروژه معمولا قابل کنترل نمی‌باشند البته برخی از رویدادهای با منشا داخلی، مانند ضعف دانش مجریان پروژه و یا عدم کفایت تجهیزات و امکانات اجرایی نیز قابل کنترل نیستند. نکته حائز اهمیت اینکه قبل از شناسایی ریسک، تعیین میزان پیامدهای مثبت یا منفی آن بر اهداف پروژه امکان‌پذیر نیست و این به تنهایی یکی از فاکتورهای مهم اجرای پروژه‌ها در شرایط غیر قطعی و نامطمئن می‌باشد. ریسکهای معلوم پس از شناسایی و تجزیه و تحلیل قابل برنامه‌ریزی و هدایت می‌باشند. در حالی که ریسکهای نامعلوم هر پروژه (حتی با تکیه بر تجربیات مجریان در پروژه‌های مشابه قبل و یا بکارگیری تکنیکهای با رویکرد اقتضایی) مدیریت‌پذیر نمی‌باشند. ریسک هر پروژه به طور مستقیم با حاصل جمع ریسکهای هر فعالیت رابطه مستقیم دارد، لذا درجه ریسک برای هر فعالیت می‌تواند شاخص مهمی‌برای فشرده سازی تلقی گردد زیرا فشرده سازی عموما ریسک انجام فعالیت را افزایش می‌دهد.[9]

$$\Delta R = \frac{R_c - R_n}{T_c - T_n} \qquad \text{(فرمول ۳)}$$

در رابطه فوق

R_c ریسک انجام فعالیت در حالت انجام فشرده سازی

R_n ریسک انجام فعالیت در حالت عادی

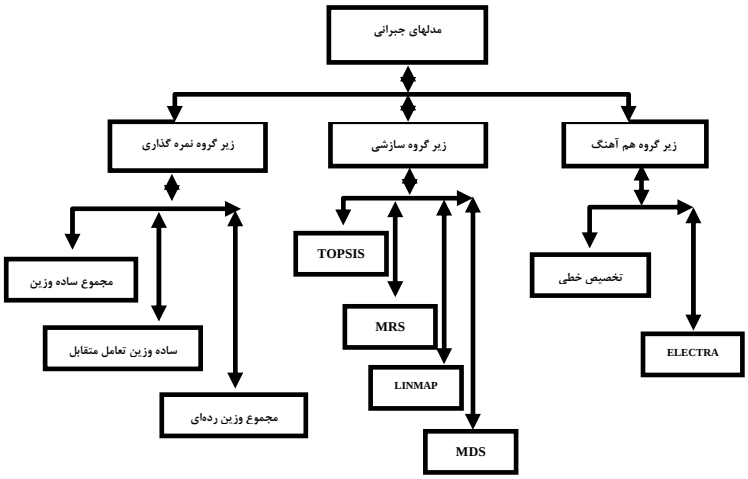
T_c زمان انجام فعالیت در حالت انجام فشرده سازی

T_n زمان عادی انجام فعالیت می‌باشند.

۳-۲ مدل تصمیم‌گیری

با توجه به وجود سه معیار برای فشرده سازی هر فعالیت و با توجه به ماهیت مساله این مساله به یک مدل تصمیم‌گیری چند معیاره (MCDM[11]).و به طور اخص مجموعه مدلهای MADM[12] منجر خواهد شد. Hwang & yoon تصمیم‌گیری چند شاخصه را چنین تعریف کرده‌اند: "تصمیم‌گیری چند شاخصه به تصمیمات ترجیحی (همچون ارزشیابی، اولویت‌بندی و انتخاب) از بین گزینه‌های موجود دسته‌بندی شده توسط شاخص‌های چندگانه (و معمولاً متضاد) اطلاق می‌شود. که در این بین تفاوت مدلهای MODM[13] با MADM در این است که مدلهای MODM برای طراحی بهترین گزینه بر اساس مجموعه اهداف متضاد بکار می‌رود در حالی که مدلهای MADM برای انتخاب گزینه برتر بکار می‌روند."[10]

شکل ۱- نمایش مدلهای جبرانی و تکنیکهای مربوطه



11 Multi criteria decision making

12 Multi attribute decision making

13 Multi objective decision making

نمودار فوق مجموعه روشهایی را که در MADM تعریف شده است نمایش می‌دهد. در اینجا باید زیر گروه و روش مناسب جهت حل مساله برگزیده شود.. لذا ابتدا باید ویژگیهای هر زیر گروه مطرح و با مقتضیات مساله تطابق داده شود. در بین زیر گروههای سه‌گانه "زیر گروه نمره گذاری و امتیاز دهی" به این دلیل که فرض مدلهای آن بر استقلال ارجحیت و مجزا بودن آثار شاخصها از یکدیگر است نمی‌تواند زیر گروه مناسب تلقی شود. زیرا تغییرات در کیفیت انجام هر فعالیت ارتباط قوی با هزینه انجام آن و ریسکهای مترتب برآن می‌باشد.[10]

به طور کلی اگر شاخصها از نظر ارجحیت مستقل از هم نبوده و آثار مکملی یا جایگزینی بروی هم داشته باشند (مثلا امتیاز عالی از یک شاخص مستلزم کاهش مطلوبیت از داشتن امتیاز عالی برای شاخص دیگری بشود و یا برعکس) آنگاه مشکل بتوان از فرم جمع پذیری و تفکیک استفاده نمود. بلکه حداقل باید از فرم "ترکیبات خطی چندگانه" بهره‌مند شد. به طور کلی بکارگیری فرمهای مطلوبیت حداقل نیازمند وجود استقلال ارجحیت در بین شاخصها دارند.

زیر گروه هماهنگ نیز با توجه به اینکه خروجی مدلهای آن همواره به صورت یک مجموعه از رتبه‌ها به نحوی که هماهنگی لازم را به مناسبترین صورت تامین نماید می‌باشد، نمی‌تواند بهترین زیر گروه برای مساله تلقی گردد. با توجه به موارد فوق و اینکه زیر گروه "سازشی" نزدیکترین گزینه را به راه‌حل بهینه ارائه می‌دهد در این پژوهش این زیر گروه به عنوان زیر گروه مناسب مد نظر قرار گرفته است. از جمله مدلهای این زیر گروه می‌توان به LINAMP, TOPSIS, MRS و MDS اشاره نمود. برای انتخاب مدل مناسب از بین این چهار مدل مقایسه‌ای در جدول زیر انجام شده است. [10]

جدول ۱- مقایسه متدهای زیر گروه سازشی

Method	Input	Output	تناسب	ملاحظات
MRS	نرخ تبادل زوجهای اولیه	ماتریس تصمیم گیری	استقلال شاخصها در طبقه اول	
TOPSIS	بردار اوزان	رتبه بندی گزینه‌ها	مطلوبیت شاخصها باید به طور یکنواخت تغییر کند.	
LINAMP	روابط رتبه بندی شده	یک مجموعه از اوزان	تعداد گزینه‌ها باید از تعداد شاخصها بیشتر باشد.	
MDS	نقاط نظیر گزینه‌ها	رتبه بندی زوجها	شاخصهای فراوان	نیاز به قضاوتهای ظریف و متعدد دارد و اجرای آن مشکل است.
AHP	ماتریس مقایسات زوجی	اهمیت شاخصهای سلسله مراتبی	باید ستونهای ماتریس تصمیم گیری مستقل از هم باشند.	

با توجه به جدول فوق روش TOPSIS به عنوان روش مناسب جهت حل مساله مورد نظر برگزیده می‌شود. در روش TOPSIS اطلاعات ورودی شامل بردار اوزان برای شاخصها بوده و خروجی آن بصورت رتبه‌بندی برای گزینه‌ها می‌باشد. همچنین فرض TOPSIS بر این است که مطلوبیت برای هر یک از شاخصها بطور یکنواخت افزایشی یا کاهشی است که این فرض برای اکثر موارد نیز فرض معتبری است.

در این مساله و سایر مسائل MCDM و بخصوص بخش MADM نیاز به دانستن اهمیت نسبی شاخصهای موجود داریم، به طوری که مجموع انها برابر با واحد نرمالیزه شده و این اهمیت نسبی درجه ارجحیت هر شاخص را نسبت به بقیه برای تصمیم‌گیری مورد نظر بسنجد روشهای مختلف عبارتند از: آنتروپی، Linamp، کمترین مجذورات وزین شده و روش بردار ویژه که در جدول زیر به مقایسه این روشها با یکدیگر پرداخته می‌شود:

جدول ۲- مقایسه تکنیکهای وزن دهی

روش	ویژگیها
آنتروپی	۱. وجود ماتریس تصمیم‌گیری ۲. دخالت DM در رتبه بندی
linamp	۱.اوزان مستقل از شرط نرمال بودن ۲.تعداد گزینه ها باید بیش از شاخصها باشد. ۳.تابع مطلوبیت از توان دوم تعریف می‌شود. ۴.ورودی باید روابط رتبه بندی شده باشد.
کمترین مجذورات وزین شده	۱. در دسترس نبودن ماتریس تصمیم‌گیری ۲. قضاوت زوجی
بردار ویژه	۱. عدم وجود ثبات کامل

با توجه به ماهیت مساله تکنیک آنتروپی برای این مساله در نظر گرفته شده است. [10]

۳-۳ تکنیک آنتروپی

آنتروپی یک مفهوم عمده در علوم فیزیکی، علوم اجتماعی و تئوری اطلاعات می‌باشد به طوری که نشاندهنده مقدار عدم اطمینان موجود از محتوای مورد انتظار اطلاعاتی از یک پیام است. به لفظ دیگر، آنتروپی در تئوری اطلاعات معیاری است برای مقدار عدم اطمینان بیان شده توسط یک توزیع احتمال گسسته به طوری که این عدم اطمینان، در صورت پخش بودن توزیع بیشتر از مواردی است که توزیع فراوانی تیزتر باشد. این عدم اطمینان به صورت ذیل تشریح می‌گردد (ابتدا ارزشی را با نماد E محاسبه می‌نماییم:

$$E \approx S\{P_1, P_2, ..., P_n\} = -k\sum_{i=1}^{n}[p_I \cdot LnP_i] \qquad \text{(فرمول ۴)}$$

به طوری که K یک عدد ثابت مثبت است. به منظور تامین $0 \le E \le 1$

E از توزیع احتمال P_I بر اساس مکانیزم آماری محاسبه شده و مقدار آن در صورت تساوی P ها با یکدیگر ماکزیمم مقدار ممکن خواهد بود، بدین صورت:

$$-K\sum P_i \cdot LnP_i = -K\left\{\frac{1}{n}Ln\frac{1}{n}+\frac{1}{n}Ln\frac{1}{n}+000+\frac{1}{n}Ln\frac{1}{n}\right\} = -K\left\{Ln\frac{1}{n}\right\} = -KLn\frac{1}{n} \qquad \text{(فرمول ۵)}$$

یک ماتریس تصمیم‌گیری از یک مدل MADM حاوی اطلاعاتی است که آنتروپی می‌تواند به عنوان معیاری برای ارزیابی آن بکار رود. یک ماتریس تصمیم‌گیری را به صورت زیر در نظر می‌گیریم:

$$\begin{matrix} A_1 \\ A_2 \\ . \\ A_i \end{matrix}\begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & ... & r_{1n} \\ . & . & . & . \\ . & . & . & . \\ r_{m1} & r_{m2} & ... & r_{mn} \end{bmatrix}$$

محتوی اطلاعاتی موجود از این ماتریس را ابتدا به صورت P_{ij} در ذیل محاسبه می‌نماییم:

$$P_{ij} = \frac{r_{ij}}{\sum_{i=1}^{m} r_{ij}} \qquad \text{(فرمول ۶)}$$

و برای E_J از مجموعه P_{ij} ها به ازای هر مشخصه خواهیم داشت:

$$E_j = -k\sum p_{ij} \cdot LnP_{ij} \qquad \text{(فرمول ۷)}$$

به طوری که (فرمول ۸) $k = \frac{1}{Lnm}$ است.

اینک عدم اطمینان یا درجه انحراف d_j از اطلاعات ایجاد شده به ازای شاخص j ام بدین قرار است:

$$d_j = 1 - E_j \qquad \text{(فرمول ۹)}$$

و سرانجام برای اوزان W_J از شاخصهای موجود خواهیم داشت:

$$W_J = \frac{D_J}{\sum d_j} \qquad \text{(فرمول ۱۰)}$$

چنانچه تصمیم گیرنده از قبل دارای یک قضاوت ذهنی Δ_i به عنوان اهمیت نسبی برای شاخص j ام باشد آنگاه می‌توان W_J محاسبه شده از طریق آنتروپی را به صورت زیر تعدیل نمود. [10]

$$W_j' = \frac{\Delta_j \times W_J}{\sum_{J=1}^{n} \Delta_J w_J} \qquad \text{(فرمول ۱۱)}$$

۴- الگوریتم پیشنهادی

قدم اول؛ مسیرهای بحرانی پروژه را شناسایی کنید و فعالیتهایی را که قابل فشرده سازی هستند لیست نمایید. در صورتی که بیش از یک مسیر بحرانی موجود باشد باید کلیه ترکیبهایی را که منجر به کاهش زمان پایان پروژه می‌شوند لیست نمود.

قدم دوم؛ ماتریس اولیه تصمیم‌گیری با در نظر گرفتن شیب هزینه، شیب کیفیت و ریسک ناشی از فشرده سازی هر فعالیت را تشکیل دهید.

قدم سوم؛ با استفاده از نرخ تنزیل پول مفروض در پروژه و برآورد زمانی که هزینه فشرده سازی باید در پروژه شارژ شود ارزش فعلی هزینه فشرده سازی گزینه مورد نظر را تعیین نمایید.

قدم چهارم؛ با توجه به استفاده از روش آنتروپی برای ارزیابی اوزان شاخصها ماتریس ارزیابی اوزان را تشکیل می‌دهیم.

قدم پنجم؛ با استفاده از روابط تعریف شده در روش آنتروپی اوزان هر شاخص را محاسبه می‌نماییم.

قدم ششم؛ در صورتی که تصمیم گیرنده برآوردی از اوزان شاخصها به صورت تجربی داشته باشد این تصحیحات را با استفاده از ضرب ماتریسی اعمال نمایید.

قدم هفتم؛ ماتریس بی‌مقیاس وزین V را تشکیل دهید.

قدم هشتم؛ گزینه ایده‌آل مثبت A^+ و گزینه ایده‌آل منفی A^- را تعریف نمایید.

قدم نهم؛ فاصله تمام گزینه‌ها را از ایده‌آل مثبت و منفی با روابط تعریف شده در روش TOPSIS محاسبه و سپس نزدیکی هر راه حل را به راه حل ایده‌آل محاسبه نمایید. گزینه‌ای که نزدیکی بیشتری به راه حل ایده‌آل داشته باشد گزینه بهینه است.

قدم دهم؛ با توجه به فاصله نزدیکترین مسیر بحرانی به مسیر (های) بحرانی در نظر گرفته شده میزان فشرده سازی را تعیین و در صورتی که فشرده سازی به میزان مورد نظر انجام نگرفته به قدم اول بروید. در صورتی که فشره سازی به حد کفایت رسیده است به قدم یازدهم بروید.

قدم یازدهم؛ مجموعه هزینه‌های فشرده سازی گزینه‌های انتخابی در هر مرحله را جمع و میزان افت کیفیت و ریسک پروژه را در حالتی که پروژه به زمان مطلوب رسیده است محاسبه نمایید.

۵- صحه‌گذاری مدل پیشنهادی

آنچه تا کنون به عنوان راه حل جهت حل مسائل فشرده سازی در پروژه‌ها ارائه شده است مبتنی بر چند رویکرد حل می‌باشد که عبارتند از:

۱. روشهای دستی و ابتکاری

عیب عمده در روشهای دستی و ابتکاری این است که این مدلها در یکنوع سعی و خطای جایگشتی قرار می‌گیرند این نقیصه باعث می‌شود که با افزایش محدودیتها و متغیرهای مساله زمان لازم برای حل به صورت نمایی افزایش یابد و عملا امکان دسترسی به جواب بهینه را در مسائل واقعی کم خواهد شد. این رویکرد سبب می‌شود میزان نزدیکی جواب بدست آمده به جواب بهینه حقیقی روشن نشود و معیاری برای سنجش بهینگی وجود نخواهد داشت. از دیگر محدودیتهای این روشها این است که زمان فعالیتها را به صورت اعداد صحیح از واحد زمان کاهش می‌دهند و چنانچه واحد زمان گسسته باشد عملا استفاده از این روشها امکان پذیر نخواهد بود. برای رفع این نقیصه فرض بر خطی بودن توابع هزینه ها قرار گرفته است که خود جای بحث فراوانی دارد.

۲. الگوریتم ژنتیک و روشهای شبیه سازی

مجموعه روشهای مبتنی بر الگوریتم ژنتیک و شبیه سازی در واقع روشهای هیوریستیک (سر انگشتی، heuristic) هستند که در این روشها در نهایت نمی‌توان گفت جواب بدست آمده در چه نقطه‌ای از فضای ایجاب قرار دارد و تا چه حد به جواب بهینه نزدیک است نیز معیاری برای سنجش بهینگی در آنها وجود ندارد. با این حال این روشها از منطق محاسباتی قویتری نسبت به روشهای دستی و برنامه ریزی ریاضی برخوردارند.

۳. الگوریتم زیمنس

این روش نیز از منطق محاسباتی روشهای دستی استفاده می‌کند و تنها از شکل ساخت یافته تری برخوردار است.

۴. روشهای برنامه ریزی ریاضی

این روشها بر پایه اصول مدلهای L.P[14] استوار بوده و دارای اصول اولیه تناسب، قطعیت، جمع پذیری و استقلال است. فرض تناسب بیان کننده میزان مصرف متناسب متغیرها از منابع، میزان ایجاد ارزش انتظاری یکسان برای تابع هدف و ... است. در حالیکه بدیهی است که ارزش فشرده سازی زمان برای هر یک از فعالتها متغیر و نامتناسب با تابع هدف است. این موضوع مساله را به سمت مدلهای غیر خطی سوق می‌دهد. از سوی دیگر نقض این شرط سبب زیر سوال رفتن قطعیت و جمع پذیری نیز خواهد شد. از سوی دیگر در مدلهای شبکه وجود پیش نیازها نوعی وابستگی ایجاد می‌کند که این امر سبب پیدایش احتمالی ستونهای غیر مستقل می‌شود و عملا وجود پایه های مستقل خطی را در فضای برداری موجود نقض می‌کند. از دیگر محدودیتهای این روش نیز دسترسی پر هزینه به جواب مساله است. زیرا در حالتی که تعداد محدودیتها و یا تغیرها زیاد باشد معمولا نقاط گوشه‌ای نیز به تبع آن افزایش یافته و این افزایش در ماتریس محدودیتها و ماتریس مرکب محدودیتهای رتبهء کامل می‌تواند تا حداکثر $\frac{(m+n)!}{m!n!}$ (که در آن m تعداد محدودیتها و n تعداد متغیرها است) پیش برود و این امر سبب پیچیدگی مساله خواهد شد.

علاوه بر کلیه موارد فوق نکته اساسی در این میان اینست که اساس حل در کلیه روشهای فوق شیب هزینه هر فعالیت تعریف شده است. به این معنا که هر رویکرد در واقع راه‌حلی جدید برای کمینه کردن شیب هزینه‌ها بوده است. حال آنکه در صورتی که به فشرده سازی به عنوان یک مساله تخصصی در پروژه‌ها نگاه کنیم عرصه‌های دیگری نیز پیش چشم ما گشوده خواهد شد. مطابق استاندارد مدون PMI[15] (موسسه مدیریت پروژه امریکا) در خصوص مدیریت پروژه باید مفاهیم و عرصه‌های نه‌گانه: محدوده، یکپارچگی، زمان، هزینه، کیفیت، منابع انسانی، ارتباطات، ریسک و مواد؛ در هر پروژه مورد توجه دقیق قرار گیرند تا آن پروژه بتواند به اهداف از پیش تعیین شده خود دست یابد. اما سوال اساسی این است که چه میزان هزینه را به ازای چه میزان فایده حاضر به تبادل هستیم؟ و یا از کدام شاخص حاضر به پرداخت هزینه هستیم؟ و یا از شاخص مایل به دریافت فایده هستیم؟

در این راستا این پژوهش علاوه بر هزینه به عنوان یک فاکتور مورد توجه در فشرده سازی، فاکتورهای کیفیت و ریسک را نیز لحاظ نموده است. همچنین محاسبه ارزش زمانی هزینه‌های درگیر در فشرده سازی به عنوان یک فاکتور فرعی نقش مناسبی ایفا می‌نماید.

آنچه به عنوان نتایج فشرده‌سازی با سه فاکتور اهمیت دارد اینست که نتایج حاصله بخش عمده‌ای از منافع و عوامل کلیدی پروژه را پوشش می‌دهد و صرفا با دیدگاه هزینه‌نگر تنظیم نگردیده است. بدیهی است افزایش ریسک پروژه یا افت کیفیت آن می‌تواند ماهیت آنرا با سوال مواجه نماید یا چشم پوشی از ارزش زمانی پول در شرایطی که تورم شدید یا زمان طولانی برای یک پروژه وجود دارد خطای مهمی‌را به دنبال خواهد داشت.

از بین روشهای فوق مجموعه روشهای دستی و الگوریتم زیمنس قادر به حل مساله با چند معیار نمی‌باشند نیز حل مساله با سه فاکتور از طریق الگوریتم ژنتیک آن را به یک مساله حجم بالا تبدیل می‌کند. از سویی دیگر در مواردی که مساله با استفاده از تکنیکهای شبیه سازی حل شده است نیز تنها فاکتور

---

14 liner programming

15 Project management institute

شیب هزینه در نظر گرفته شده است و الگوریتم یا متدی تعریف نگردیده است که ضمن در نظر گرفتن چند معیار بتواند ترکیب بهینه فشرده سازی را بدست آورد.

به منظور درک بهتر از پنج رویکرد موجود و الگوریتم پیشنهادی با مطرح کردن فاکتورهایی نسبت به مقایسه اقدام می‌نماییم. به این منظور ابتدا شاخصهای مورد نظر جهت مقایسه مطرح می‌شود.

ارزش پول؛ به این معناست که متد مورد نظر آیا ارزش زمانی پول (هزینه فشرده سازی) را در نظر می‌گیرد یا خیر؟ نیز آیا از نظر ماهوی امکان لحاظ نمودن این فاکتور وجود دارد یا خیر ؟ نگرش تخصصی؛ به این معنا که رویکرد حل مساله رویکرد ریاضی صرف بوده است یا هویت پروژه و مقتضیات مدیریت پروژه را نیز در نظر گرفته است؟ و اساسا آیا از نظر ماهوی امکان لحاظ نمودن این فاکتور وجود دارد یا خیر ؟ در نظر گرفتن چندین معیار؛ به این معنا که در رویکرد مورد نظر مساله تنها با در نظر گرفتن یک شاخص حل شده است یا شاخصهای دیگری وجود دارد؟ و اساسا آیا از نظر ماهوی امکان لحاظ نمودن این فاکتور وجود دارد یا خیر؟ تعریف معیار جدید؛ به این معنا که آیا در رویکرد مورد نظر امکان حذف و یا اضافه کردن شاخص جدید برای حل مساله وجود دارد یا خیر؟

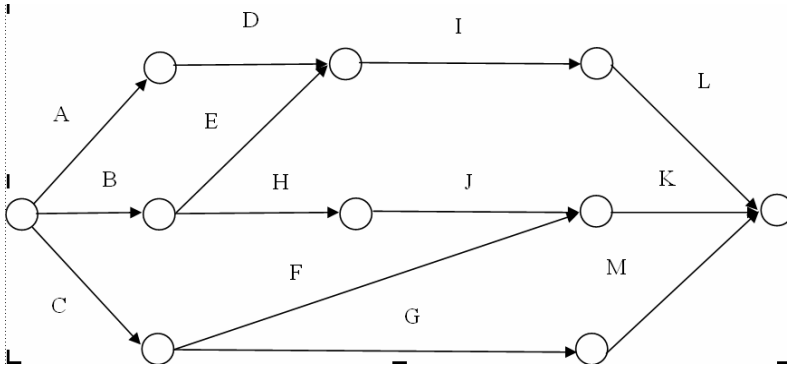
جدول ۳ – مقایسه بین روشهای موجود و الگوریتم پیشنهادی

ردیف	روش / الگوریتم	معیار					
		ارزش پول	انعطاف پذیری	دید تخصصی	وجود چندین معیار	امکان بهینه سازی	تعریف معیار جدید
1	الگوریتم پیشنهادی	●	●	●	●	●	●
2	الگوریتم زیمنس	■	□	□	□	□	□
3	روش دستی	■	■	■	□	□	□
4	الگوریتم ژنتیک	■	□	□	■	■	■
5	روشهای شبیه سازی	■	■	□	■	■	■
6	برنامه ریزی ریاضی	■	■	□	■	■	□

مفهوم علامات : ● در نظر می‌گیرد □ غیر قابل پوشش ■ قابل پوشش

۶- یک نمونه موردی

شبکه پیش نیازی زیر جهت ساخت یک پلاژ ساحلی مفروض است.



شکل۲- شبکه پیش نیازی مساله

اطلاعات مربوط به شیب هزینه فشرده سازی به ازای هر ماه، شیب کیفیت فعالیتها، ریسک ناشی از فشرده سازی، زمان انجام فشرده سازی و نیز طول انجام هر فعالیت در حالت عادی در جدول زیر منعکس گردیده است.

جدول ۴- اطلاعات مربوط به نمونه موردی

فعالیت	شیب هزینه	شیب کیفیت	درجه ریسک	زمان فشرده سازی	حداکثر کاهش	طول فعالیت
A	۲۰۰۰	۱	پائین	ماه ۴	۲ ماه	۷
B	۱۰۰۰	۳	پائین	ماه ۳	۱ ماه	۶
C	۵۰۰	۲	متوسط	ماه ۱	۱ ماه	۴
D	۵۰۰	۳	متوسط	ماه ۱۰	۲ ماه	۵
E	۲۰۰۰	۳	متوسط	ماه ۸	۱ ماه	۴
F	∞	۲	پائین	ماه ۵	۰ ماه	۳
G	۲۰۰۰	۲	پائین	ماه ۱۲	۵ ماه	۱۰
H	۲۰۰۰	۳	پائین	ماه ۸	۱ ماه	۴
I	۱۲۰۰	۲	بالا	ماه ۱۸	۱ ماه	۸
J	۱۵۰۰	۳	متوسط	ماه ۱۲	۳ ماه	۵
K	۱۴۰۰	۲	بالا	ماه ۱۸	۳ماه	۶
L	۴۰۰۰	۳	بالا	ماه ۲۲	۱ ماه	۴
M	۳۰۰۰	۱	بالا	ماه ۱۶	۲ ماه	۵

با توجه به زمان شروع پروژه که در ماه مرداد آغاز شده است، زمان پایان پروژه به مرداد ماه دو سال بعد موکول خواهد شد و این به معنای از دست دادن یک سال کاری برای مجموعه خواهد بود. مدیر پروژه تصمیم گرفته است زمان پایان پروژه را ۴ ماه کوتاه نماید حالت بهینه انجام این فشرده سازی مورد نظر مساله خواهد بود.

با توجه به اطلاعات موجود از نخستین مسیر بحرانی به طول ۲۴ فعالیتهای A,D,I,L جهت فشرده سازی کاندیدا می‌شوند . با در نظر گرفتن اینکه ریسک پائین با عدد یک ، ریسک متوسط با عدد دو و ریسک بالا با عدد سه متناظر قرار داده شده است . لذا ماتریس اولیه D به شرح زیر تعریف خواهد شد.

$$D=\begin{matrix}A\\D\\I\\L\end{matrix}\begin{bmatrix}2000 & 1 & 1\\ 500 & 3 & 2\\ 1200 & 2 & 3\\ 4000 & 3 & 3\end{bmatrix}$$

پس از تاثیر نرخ تنزیل پول معادل ماهانه ۲٪ ستون شیبهای فشرده سازی دچار تغییراتی می‌گردند لازم به ذکر است زمان پرداخت هزینه فشرده سازی با توجه به جدول اطلاعات اولیه در نظر گرفته شده است.

$$D=\begin{bmatrix}1847.69 & 1 & 1\\ 410.17 & 3 & 2\\ 840.19 & 2 & 3\\ 2587.36 & 3 & 3\end{bmatrix}$$

با توجه به استفاده از روش آنتروپی برای ارزیابی اوزان شاخصها ماتریس روبرو در نخستین گام بدست می‌آید.

$$P_{ij}=\begin{bmatrix}0.32 & 0.11 & 0.11\\ 0.07 & 0.33 & 0.22\\ 0.15 & 0.22 & 0.33\\ 0.46 & 0.33 & 0.33\end{bmatrix}$$

$$k=\frac{1}{Lnm}=0.72$$

$$E_j=-k\sum p_{ij}\cdot LnP_{ij}$$

داریم:

$$E_1=0.86, E_2=0.44, E_3=0.95$$

$$D_1=0.14, D_2=0.56, D_3=0.05$$

با توجه به نتایج بدست آمده داریم:

$$\sum d_{ij}=0.75$$

$$W_J=\frac{D_J}{\sum d_j}\Rightarrow W_1=0.18, W_2=0.74, W_3=0.07$$

اوزان محاسبه شده بدون دخالت نظر تصمیم گیرنده به شرح روبرو است. که با تاثیر نظر DM تغییر خواهد نمود.
به نظر DM اهمیت شاخص شیب هزینه ۰/۶ شاخص کیفیت ۰/۱۵ و شاخص ریسک ۰/۲۵ خواهد بود. با ضرب ماتریس اوزان بدست آمده در اهمیت قائل شده از طرف DM اوزان تصحیح شده به شرح زیر بدست خواهد آمد.

$$W'=\begin{bmatrix}0.46 & 0.47 & 0.08\end{bmatrix}$$

$$N_D=\begin{bmatrix}0.558 & 0.209 & 0.209\\ 0.124 & 0.626 & 0.417\\ 0.254 & 0.417 & 0.626\\ 0.781 & 0.626 & 0.626\end{bmatrix}$$

$$V=N_D\cdot W_{n\times n}=\begin{bmatrix}0.558 & 0.209 & 0.209\\ 0.124 & 0.626 & 0.417\\ 0.254 & 0.417 & 0.626\\ 0.781 & 0.626 & 0.626\end{bmatrix}\times\begin{bmatrix}0.458 & 0 & 0\\ 0 & 0.466 & 0\\ 0 & 0 & 0.076\end{bmatrix}$$

$$V=\begin{bmatrix}0.255 & 0.097 & 0.016\\ 0.057 & 0.292 & 0.032\\ 0.116 & 0.194 & 0.047\\ 0.358 & 0.292 & 0.047\end{bmatrix}$$

$$A_+=\{0.057 \quad 0.097 \quad 0.016\}$$
$$A_-=\{0.358 \quad 0.292 \quad 0.047\}$$

$$d_i^+ = \{0.2 \quad 0.2 \quad 0.12 \quad 0.31\}$$
$$d_i^- = \{0.22 \quad 0.30 \quad 0.26 \quad 0.00\}$$
$$CL_i^+ = \{0.20 \quad 0.61 \quad 0.36 \quad 0.00\}$$

با توجه به مقادیر بدست آمده اولویت فشرده سازی در درجه نخست به فعالیت D تعلق می‌گیرد و با توجه به اینکه نزدیکترین مسیر بحرانی دارای طول ۲۲ ماه است لذا این فعالیت دو ماه کوتاه خواهد شد.

با توجه به لزوم کاهش زمان فشرده سازی تا ۲۰ ماه مسیر بحرانی بعدی مسیرهای در حال حاضر مسیرهای A,D,I,L و B,E,I,L هستند برای کاهش مجدد زمان پروژه کاهش مجدد روی فعالیت D امکان پذیر نبوده و با توجه به تعریف مسیر بحرانی کاهش زمان روی هر دو مسیر باید صورت بگیرد ترکیبهای موثر جهت فشرده سازی عبارتند از:

جدول ۵- ترکیبات موجود جهت فشرده سازی

ترکیب	شیب هزینه
A,B	۲۰۰۰+۱۰۰۰
A,E	2000+2000
I,B	۱۲۰۰+۱۰۰۰
I,E	۱۲۰۰+۲۰۰۰
L,B	۴۰۰۰+۱۰۰۰
L,E	۴۰۰۰+۲۰۰۰

$$D = \begin{matrix} A,B \\ A,E \\ I,B \\ I,E \\ L,B \\ L,E \end{matrix} \begin{bmatrix} 3000 & 4 & 2 \\ 4000 & 4 & 3 \\ 2200 & 5 & 4 \\ 3200 & 5 & 5 \\ 5000 & 6 & 4 \\ 6000 & 6 & 5 \end{bmatrix}$$

پس از تاثیر نرخ تنزیل پول معادل ماهانه ۲٪ ستون شیبهای فشرده سازی دچار تغییراتی می‌گردند لازم به ذکر است زمان پرداخت هزینه فشرده سازی با توجه به جدول اطلاعات اولیه در نظر گرفته شده است.

$$D = \begin{matrix} A,B \\ A,E \\ I,B \\ I,E \\ L,B \\ L,E \end{matrix} \begin{bmatrix} 2771.54 & 4 & 2 \\ 3695.38 & 4 & 3 \\ 1804.77 & 5 & 4 \\ 2473.70 & 5 & 5 \\ 53492.46 & 6 & 4 \\ 4458.08 & 6 & 5 \end{bmatrix}$$

با توجه به استفاده از روش آنتروپی برای ارزیابی اوزان شاخصها ماتریس روبرو در نخستین گام بدست می‌آید.

$$P_{IJ} = \begin{bmatrix} 0.14 & 0.13 & 0.09 \\ 0.19 & 0.13 & 0.13 \\ 0.09 & 0.17 & 0.17 \\ 0.13 & 0.17 & 0.22 \\ 0.21 & 0.20 & 0.17 \\ 0.23 & 0.20 & 0.22 \end{bmatrix}$$

$$k = \frac{1}{Lnm} = 0.56$$

$$E_j = -k\sum p_{ij} \cdot LnP_{ij}$$

$$E_1 = 0.98, E_2 = 0.99, E_3 = 0.98$$

$$D_1 = 0.02, D_2 = 0.01, D_3 = 0.02$$

$$\sum d_{ij} = 0.05$$

اوزان محاسبه شده بدون دخالت نظر تصمیم گیرنده به شرح روبرو است. که با تاثیر نظر $W_J = \frac{D_J}{\sum d_j} \Rightarrow W_1 = 0.44, W_2 = 0.14, W_3 = 0.43$ DM تغییر خواهد نمود. به نظر DM اهمیت شاخص شیب هزینه ۰/۶ شاخص کیفیت ۰/۱۵ و شاخص ریسک ۰/۲۵ خواهد بود. با ضرب ماتریس اوزان بدست آمده در اهمیت قائل شده از طرف DM اوزان تصحیح شده به شرح زیر بدست خواهد آمد.

$$W' = [0.67 \quad 0.05 \quad 0.27]$$

$$V = N_D \cdot W_{m\times n} = \begin{bmatrix} 0.341 & 0.322 & 0.205 \\ 0.454 & 0.322 & 0.308 \\ 0.222 & 0.403 & 0.410 \\ 0.304 & 0.403 & 0.513 \\ 0.485 & 0.483 & 0.410 \\ 0.548 & 0.483 & 0.513 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 0.673 & 0 & 0 \\ 0 & 0.053 & 0 \\ 0 & 0 & 0.274 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.229 & 0.017 & 0.056 \\ 0.306 & 0.017 & 0.084 \\ 0.149 & 0.021 & 0.113 \\ 0.205 & 0.021 & 0.141 \\ 0.326 & 0.026 & 0.113 \\ 0.369 & 0.026 & 0.141 \end{bmatrix}$$

$$A_+ = \{0.15 \quad 0.017 \quad 0.056\}$$

$$A_- = \{0.37 \quad 0.026 \quad 0.141\}$$

$$d_i^+ = \{0.08 \quad 0.16 \quad 0.06 \quad 0.10, 0.19, 0.24\}$$

$$d_i^- = \{0.16 \quad 0.08 \quad 0.22 \quad 0.16, 0.05, 0.00\}$$

$$CL_i^+ = \{0.67 \quad 0.35 \quad 0.80 \quad 0.62, 0.22, 0.00\}$$

با توجه به مقادیر بدست آمده اولویت فشرده سازی در درجه نخست به فعالیت I وB تعلق می‌گیرد و با توجه به اینکه نزدیکترین مسیر بحرانی دارای طول ۲۱ ماه است لذا این دو فعالیت یک ماه کوتاه خواهند شد. با توجه به لزوم کاهش زمان فشرده سازی تا ۲۰ ماه مسیر بحرانی بعدی مسیرهای در حال حاضر مسیرهای A,D,I,L و B,E,I,L و B,H,J,K هستند برای کاهش مجدد زمان پروژه کاهش مجدد روی فعالیت D امکان پذیر نبوده و با توجه به تعریف مسیر بحرانی کاهش زمان روی هر دو مسیر باید صورت بگیرد ترکیبهای موثر جهت فشرده سازی عبارتند از:

جدول ۶- مقایسه ترکیبات موجود

ترکیب	شیب هزینه
A,E,H	۶۰۰۰
A,E,J	۵۵۰۰
A,E,K	۵۴۰۰
L,E,H	۸۰۰۰
L,E,J	۷۵۰۰
L,E,K	۷۴۰۰

$$D = \begin{matrix} A,E,H \\ A,E,J \\ A,E,K \\ L,E,H \\ L,E,J \\ L,E,K \end{matrix} \begin{bmatrix} 6000 & 6 & 4 \\ 5500 & 7 & 5 \\ 5400 & 6 & 6 \\ 8000 & 9 & 6 \\ 7500 & 9 & 7 \\ 7400 & 8 & 8 \end{bmatrix}$$

پس از تاثیر نرخ تنزیل پول معادل ماهانه ۲٪ ستون شیبهای فشرده سازی دچار تغییراتی می‌گردند لازم به ذکر است زمان پرداخت هزینه فشرده سازی با توجه به جدول اطلاعات اولیه در نظر گرفته شده است.

$$D = \begin{matrix} A,E,H \\ A,E,J \\ A,E,K \\ L,E,H \\ L,E,J \\ L,E,K \end{matrix} \begin{bmatrix} 5327.83 & 6 & 4 \\ 4883.84 & 7 & 5 \\ 4429.88 & 6 & 6 \\ 6184.26 & 9 & 6 \\ 5684.06 & 9 & 7 \\ 5390.50 & 8 & 8 \end{bmatrix}$$

با توجه به استفاده از روش آنتروپی برای ارزیابی اوزان شاخصها ماتریس روبرو در نخستین گام بدست می‌آید.

$$P_{IJ} = \begin{bmatrix} 0.17 & 0.13 & 0.11 \\ 0.15 & 0.16 & 0.14 \\ 0.14 & 0.13 & 0.17 \\ 0.19 & 0.20 & 0.17 \\ 0.18 & 0.20 & 0.19 \\ 0.17 & 0.18 & 0.22 \end{bmatrix}$$

$$k = \frac{1}{Lnm} = 0.56$$

$$E_j = -k \sum p_{ij} \cdot LnP_{ij}$$

$$E_1 = 1, E_2 = 0.99, E_3 = 0.99$$

$$D_1 = 0, D_2 = 0.01, D_3 = 0.01$$

$$\sum d_{ij} = 0.02$$

$$W_J = \frac{D_J}{\sum d_j} \Rightarrow W_1 = 0.13, W_2 = 0.33, W_3 = 0.54$$

اوزان محاسبه شده بدون دخالت نظر تصمیم گیرنده است که با تاثیر نظر DM تغییر خواهد نمود.
به نظر DM اهمیت شاخص شیب هزینه ۰/۶ شاخص کیفیت ۰/۱۵ و شاخص ریسک ۰/۲۵ خواهد بود. با ضرب ماتریس اوزان بدست آمده در اهمیت قائل شده از طرف DM اوزان تصحیح شده به شرح زیر بدست خواهد آمد.

$$W' = [0.29 \quad 0.19 \quad 0.52]$$

$$A_+ = \{0.10 \quad 0.091 \quad 0.213\}$$

$$A_- = \{0.14 \quad 0.136 \quad 0.426\}$$

$$V = N_D \cdot W_{n\times n} = \begin{bmatrix} 0.407 & 0.483 & 0.410 \\ 0.373 & 0.564 & 0.513 \\ 0.338 & 0.483 & 0.616 \\ 0.472 & 0.725 & 0.616 \\ 0.434 & 0.725 & 0.718 \\ 0.412 & 0.645 & 0.821 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 0.293 & 0 & 0 \\ 0 & 0.188 & 0 \\ 0 & 0 & 0.519 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.119 & 0.091 & 0.213 \\ 0.109 & 0.106 & 0.266 \\ 0.099 & 0.091 & 0.320 \\ 0.139 & 0.136 & 0.320 \\ 0.127 & 0.136 & 0.373 \\ 0.121 & 0.121 & 0.426 \end{bmatrix}$$

$$d_i^+ = \{0.02 \quad 0.06 \quad 0.11 \quad 0.12,0.17,0.22\}$$

$$d_i^- = \{0.22 \quad 0.17 \quad 0.12 \quad 0.11,0.05,0.02\}$$

$$CL_i^+ = \{0.91 \quad 0.75 \quad 0.53 \quad 0.48,0.24,0.10\}$$

با توجه به مقادیر بدست آمده اولویت فشرده سازی در درجه نخست به فعالیت A,E,H تعلق می‌گیرد و با توجه به اینکه پروژه باید در بیست ماه به پایان می‌رسید هم اینک فشرده سازی پایان خواهد گرفت.

۷- نتیجه‌گیری

در این مقاله ضمن برشماری نقاط ضعف متدهای موجود در زمینه فشرده سازی پروژه‌ها ، یک الگوریتم نوین بر اساس مدلهای تصمیم گیری چند معیاره و روش Topsis پیشنهاد گردیده است. الگوریتم پیشنهادی از بین حوزه‌های نه‌گانه استاندارد بین‌المللی مدیریت پروژه (PMBOK) حوزه‌های هزینه ، زمان، کیفیت و ریسک را مد نظر قرار داده و با تعریف شاخصهای سه‌گانه تصمیم گیری (شیب هزینه، شیب ریسک و شیب کیفیت) و نیز لحاظ نمودن ارزش پول به عنوان یک نکته اساسی که در پروژه‌های گرانقیمت و طولانی می‌تواند نقش مهمی داشته باشد، اقدام به کوتاه نمودن زمان پروژه‌ها می‌نماید. از نقاط قوت این مقاله می‌توان به دید تخصصی مدیریت پروژه در حل مساله اشاره نمود که آنرا تا حد زیادی کاربردی می‌نماید.

۸- مراجع و ماخذ

[1] Chang –Wei, “Stochastic Construction Time-Cost Trade-Off Analysis” civil engineering journal 2001

[2] Leu, S.-S. / Chen, A.-T. / Yang, C.-H., "A GA-based fuzzy optimal model for construction time-cost trade-off" International Journal of Project Management, Jan 2001

[3] Heng Li, ,J.-N. Cao,” Using Machine Learning and GA to Solve Time-Cost Trade-Off Problems” 1999

[4] Chung Wei feng, Scott .a. burns, “Using Genetic Algorithms to Solve Construction Time-Cost Trade-Off Problems” 1997.

[5] Farzad khosroshahi, amar kaka, "the mathematics of cost – duration trade- off curves", 2002

[6] Foken, Thomas," review of the development of project management technology", February 2002

[7] Journal of Construction Engineering and Management, Vol. 125, No. 5, September/October 1999, pp. 347-353

[8] Ameen, D .A.. "A computer assisted pert simulation". Journal of systems management 6-9 (1987.April)

[9] "استاندارد دانش مدیریت پروژه" آلادپوش، حمید، چاپ دوم، تهران، حامی،۱۳۸۰

[10] اصغر پور، محمد جواد "تصمیم‌گیریهای چند معیاره" چاپ دوم، تهران، انتشارات دانشگاه تهران، ۱۳۸۱