Mazandaran University of Science and Technology

Available online at www.icors2019.ir

12th International Conference of Iranian Operations Research Society

(ICORS 2019)

Iranian Operations Research Society

مدلسازی اعتبار فازی مسأله موازنه هزینه-کیفیت-ریسک پروژه در شرایط محدودیت زمانی

محمدحسین حقیقی[1]، سید میثم موسوی[2]

[1]کارشناس ارشد مهندسی صنایع، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه شاهد، تهران، ایران؛ mh.haghighi.ie@gmail.com

[2]دانشیار گروه مهندسی صنایع، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه شاهد، تهران، ایران؛

چکیده

برای دستیابی به موفقیت کامل در پروژه‌ها، در نظر گرفتن تمامی معیارهایی که می توانند بر روی پروژه تأثیر بگذارند، حیاتی می‌باشد. رویکرد تبادل زمان-هزینه کلاسیک هنگامی مورد استفاده قرار می‌گیرد که زمان تکمیل برنامه‌ریزی شده پروژه، مورد قبول مدیران ارشد پروژه و یا مشتریان واقع نشود و در نتیجه باید زمان پایان پروژه کاهش یابد. در این پژوهش، یک مدل ریاضی جدید برای مسأله موازنه هزینه-کیفیت-ریسک تحت محدودیت زمانی و در شرایط عدم قطعیت ارائه می‌شود. به دلیل ماهیت منحصر به فرد پروژه‌ها، در نظر گرفتن مقدار قطعی برای برخی پارامترهای پروژه‌ها مناسب نمی‌باشد؛ از همین رو در این مقاله از مجموعه‌های فازی استفاده می‌شود تا ضعف عدم وجود اطلاعات کامل را برطرف کند. در این پژوهش به دلیل انطباق با مسأله و مزیت‌های فراوان، از نظریه اعتبار فازی و روش نیل به آرمان برای حل مدل چند هدفه ارائه شده، بهره گرفته می‌شود. به منظور نشان دادن کارایی مدل ارائه شده نیز پروژه ای از ادبیات موضوع، انتخاب و حل می‌شود.

کلمات کلیدی

مسأله موازنه زمان-هزینه، نظریه اعتبار فازی، مجموعه های فازی، بهینه‌سازی چند هدفه

مجموعه مقالات کنفرانس Conference Proceedings

Fuzzy credibility modeling of project cost-quality-risk trade-off in time-constrained conditions

Mohammadhossein Haghighi, Seyed Meysam Mousavi

Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Shahed University, Tehran, Iran

ABSTRACT

To achieve full success in projects, it is vital to consider all the criteria that can affect the project. The classic time-cost trade-off approach is used when the planned completion time of the project is not accepted by top project managers or clients, and thus the completion time of the project should be reduced. In this study, a new mathematical model for the cost-quality-risk trade-off problem under time-constrained is presented under uncertainty conditions. Due to the unique nature of the projects, it is not appropriate to consider the crisp amount for some project parameters. Hence, in this paper, fuzzy sets are used to resolve the weakness of the lack of complete information. In this research, due to the adaptation to the problem and also, the many advantages, fuzzy credibility theory and goal attainment method are applied for solving the multi-objective model. To demonstrate the effectiveness of the proposed model, a project of the literature review is adopted and solved.

KEYWORDS

Time-cost trade-off problem, fuzzy credibility theory, fuzzy sets, multi-objective optimization.

1- مقدمه و مرور ادبیات

مدیریت پروژه به عنوان کاربرد دانش، مهارت ها، ابزارها و تکنیک‌ها در فعالیت‌های پروژه به منظور دستیابی به الزامات پروژه، نقش مهمی در مدیریت مدرن ایفا می‌کند[1]. در پروژه‌ها گاهی پیش می‌آید که زمان پایان پروژه که از سمت پیمانکار زمانبندی می‌شود، مورد قبول مشتری و یا مدیران ارشد نمی‌باشد؛ از همین رو پیمانکار باید زمان پایان پروژه را کاهش دهد[2]. موازنه زمان-هزینه (TCT) رویکرد بسیار رایج و کاربردی است که توسط مدیران پروژه برای رسیدن به زمان لازم برای تکمیل پروژه‌ها با حداقل هزینه اضافی مورد استفاده قرار می گیرد[4,3].

فشرده‌سازی زمان انجام فعالیت‌ها می‌تواند بر روی کیفیت انجام فعالیت‌ها و در نتیجه کیفیت کل پروژه تاثیر داشته باشد[5]. از همین رو مسأله مورد بررسی از دو بعد زمان و هزینه به تحلیل به سه بعد زمان و هزینه وکیفیت تبدیل می‌شود. از طرف دیگر معمولا پروژه‌ها دارای ویژگی‌های منحصر به فردی هستند. در نتیجه، غالبا داده‌های تاریخی مرتبط با پروژه‌ها وجود ندارد؛ از همین رو استفاده از رویکرد فازی ترجیح داده می‌شود.

از گذشته تا به امروز مطالعات فراوانی در مسأله موازنه زمان-هزینه انجام شده است. کاسترو و همکاران[6] زمانبندی پروژه ساخت با درنظرگرفتن زمان، هزینه و محدودیت منابع ارائه کرده‌اند. کیم و همکاران[7] یک رویکرد کاربردی برای زمانبندی پروژه با در نظر گرفتن هزینه بالقوه فقدان کیفیت در مسأله موازنه زمان-هزینه ارائه کرده‌اند. اُرم و جونت[8] یک مرور مطالعاتی در مسأله تبادل زمان-هزینه-کیفیت با توجه ویژه به نحوه ارزیابی کیفیت در مطالعات مرتبط ارائه کرده‌اند. سالاری و همکاران[9]، کاربرد مدلسازی آماری و آنالیز ارزش حاصله را برای مسأله تبادل زمان-هزینه در محیط فازی ارائه کرده‌اند. هی و همکاران[10] الگوریتم‌های جستجوی همسایگی متغیر و جستجوی ممنوعه در یک مسأله موازنه زمان-هزینه گسسته را ارائه کرده‌اند که تابع هدف مسأله حداقل کردن، حداکثر اختلاف بین جریان‌های نقدی ورودی و خروجی پیمانکار می‌باشد. ترن و لانگ[11] مسأله زمانبندی پروژه با موازنه زمان-هزینه-ریسک را ارائه کرده‌اند. در این پژوهش، مفهوم ریسک به عنوان تابعی ادغام‌شده از شناوری کل و نوسانات منابع در زمانبندی پروژه معرفی شده است. السایق و الحاج[3] کاهش شناوری فعالیت‌ها به منظور رسیدن به زمان پایان زودتر پروژه را مد نظر قرار داده و مفهوم فقدان شناوری را در مسأله تبادل زمان-هزینه در نظرگرفته‌اند.

در ادامه به بررسی شکاف‌ها و کاستی‌های موجود در این مطالعات پرداخته می‌شود و نوآوری های این پژوهش ارائه می‌شود:

در نظر گرفتن ریسک علاوه بر زمان و هزینه و کیفیت در مسأله تبادل زمان-هزینه ضروری می‌باشد؛ زیرا با کاهش مدت زمان انجام فعالیت‌ها ریسک مربوط به فعالیت‌ها و در نتیجه کل پروژه افزایش می‌یابد که می‌تواند منجر به شکست پروژه شود و مطالعات بسیار اندکی وجود دارند که ریسک را در مسأله تبادل زمان-هزینه در نظر گرفته باشند.

فشرده‌سازی زمان انجام فعالیت‌ها می‌تواند بر روی کیفیت انجام فعالیت‌ها و در نتیجه کیفیت کل پروژه تاثیر داشته باشد از همین رو در این پژوهش نیز معیار کیفیت که نقش تاثیر گذاری در موفقیت پروژه ها دارد نیز در نظر گرفته می‌شود. در مطالعات گذشته، عدم قطعیت در مدت زمان انجام فعالیت‌ها در مسأله موازنه زمان-هزینه به ندرت دیده شده است و به دلیل ماهیت منحصر به فرد پروژه‌ها استفاده از این مجموعه‌ها با توجه به شرایط مسأله مورد نظر موثر و مفید می‌باشد. در جدول 1 تعدادی از مطالعات گذشته آورده شده است.

2- توصیف مسأله و مدل ریاضی ارائه شده

در این پژوهش یک مدل ریاضی جدید در مسأله موازنه زمان-هزینه ارائه می‌شود. فشرده‌سازی زمان اجرای هر فعالیت می‌تواند بر روی معیارهای موفقیت پروژه‌ها مانند زمان، هزینه، کیفیت و ریسک تاثیر گذار باشد. از همین رو در این پژوهش یک مدل جدید موازنه هزینه-کیفیت-ریسک پروژه تحت محدودیت زمانی در شرایط عدم قطعیت ارائه می‌شود. برای معیار ریسک تعریف کاملتری بر اساس PMBOK [15] ارائه شده و شدت اثر ریسک بر روی چهار هدف پروژه ارائه می‌شود: زمان کل پروژه (مدت زمان حیات پروژه)، هزینه کل پروژه (هزینه حیات پروژه)، محدوده محصول و پروژه (نیازمندی‌ها و معین‌های که مربوط به محصول پروژه می‌باشد) و کیفیت محصول (کیفیت محصول که قابل درک برای مشتری می‌باشد). پس از آنکه مدل فازی ارائه شده در ادامه با استفاده از نظریه اعتبار، مدل معادل ساخته می‌شود. سپس مدل چندهدفه ارائه شده از طریق روش نیل به آرمان مورد حل قرار می‌گیرد.

2-1- مدل ریاضی

نمادها:

i: پیشنیازی(های) فعالیت j

j: فعالیت‌های پروژه $j=1,\ldots,n$

k: پسنیازی(های) فعالیت j

r: شماره اهداف پروژه که به وسیله ریسک حاصل از کاهش زمانی فعالیت تحت تأثیر قرار می‌گیرند. $r=1,\ldots,m$

t: تعداد واحد کاهش زمان فعالیت

L: آخرین فعالیت

پارامترها:

C_j: هزینه اضافی فازی مربوط به کاهش یک واحد زمانی از فعالیت j

d_j: مدت زمان فازی فعالیت j

MR_j: حداکثر واحد زمانی فشرده‌سازی فعالیت j

Conference Proceedings مجموعه مقالات کنفرانس

جدول 1. تعدادی از مطالعات گذشته مسأله تبادل زمان-هزینه

نویسنده	سال	زمان	هزینه	کیفیت	ریسک	مجموعه‌های فازی	نظریه اعتبار فازی
چن و تیسای[12]	2011	✓	✓			✓	
یو و همکاران[13]	2012	✓	✓			✓	
کیم و همکاران[7]	2012	✓	✓	✓			
منقسمی و همکاران[14]	2014	✓	✓	✓			
محمدی پور و سجادی[2]	2016	✓	✓	✓	✓		
هی و همکاران[10]	2017	✓	✓				
ترن و لانگ[11]	2018	✓	✓		✓		
مقاله حاضر		✓	✓	✓	✓	✓	✓

ft: زمان پایان یا زمان تحویل پروژه که توسط مدیران ارشد یا مشتریان تعیین می‌شود.

$FS_{ij}^{\min}$: ارتباط‌های پایان به شروع بین دو فعالیت i و j با حداقل تأخیر/تعجیل

$SS_{ij}^{\min}$: ارتباط‌های شروع به شروع بین دو فعالیت i و j با حداقل تأخیر/تعجیل

$FF_{ij}^{\min}$: ارتباط‌های پایان به پایان بین دو فعالیت i و j با حداقل تأخیر/تعجیل

$SF_{ij}^{\min}$: ارتباط‌های شروع به پایان بین دو فعالیت i و j با حداقل تأخیر/تعجیل

P_{Jt}: احتمال رخداد فازی ریسک که به وسیله کاهش t واحد زمانی از فعالیت j ایجاد می‌شود.

I_{rJt}: اثر فازی ریسک بر روی هدف پروژه r که به وسیله کاهش t واحد زمانی از فعالیت j ایجاد می‌شود.

Q_{Jt}: کیفیت کاهش‌یافته فازی به دلیل کاهش t واحد زمانی از فعالیت j

W_j: وزن هر فعالیت

متغیرهای تصمیم:

y_{jt}: یک متغیر دودویی که معادل با 1 می‌باشد اگر فعالیت j به میزان t واحد کاهش زمانی داشته باشد، در غیر اینصورت 0

s_j^E: زودترین زمان شروع فعالیت j

f_j^l: دیرترین زمان پایان فعالیت j

مدل ریاضی با سه تابع هدف حداقل‌سازی به صورت زیر ارائه می‌شود:

$$\min z_1 = \sum_{j=1}^{n}\sum_{t=1}^{MR_j} t.\tilde{c}_j.y_{jt} \quad (1)$$

$$\min z_2 = \sum_{j=1}^{n}\sum_{t=1}^{MR_j} P_{jt}.(\sum_{r=1}^{m} I_{rjt}).y_{jt} \quad (2)$$

$$\min z_3 = \sum_{j=1}^{n} w_j \sum_{t=1}^{MR_j} Q_{jt}.y_{jt} \quad (3)$$

$$f_L^l = ft \quad (4)$$

$$\sum_{t=1}^{MR_j} y_{jt} \le 1 \qquad \forall j \quad (5)$$

$$f_j^l - s_j^E \ge (\tilde{d}_j - \sum_{t=1}^{MR_j} ty_{jt}) \qquad \forall j \quad (6)$$

$$s_j^E - s_i^E \ge (\tilde{d}_i - \sum_{t=1}^{MR_i} ty_{it}) + FS_{ij}^{\min} \quad (7)$$

$\forall i,j \in FS$ relationships

$$f_k^l - f_j^l \ge (\tilde{d}_k - \sum_{t=1}^{MR_k} ty_{kt}) + FS_{jk}^{\min} \quad (8)$$

$\forall j,k \in FS$ relationships

$$s_j^E - s_i^E \ge SS_{ij}^{\min} \qquad \forall i,j \in SS \text{ relationships} \quad (9)$$

$$f_k^l - f_j^l \ge (\tilde{d}_k - \sum_{t=1}^{MR_k} ty_{kt}) - (\tilde{d}_j - \sum_{t=1}^{MR_j} ty_{jt}) + SS_{jk}^{\min} \quad (10)$$

$\forall j,k \in SS$ relationships

$$s_j^E - s_i^E \ge (\tilde{d}_i - \sum_{t=1}^{MR_i} ty_{it}) - (\tilde{d}_j - \sum_{t=1}^{MR_j} ty_{jt}) + FF_{ij}^{\min} \quad (11)$$

$\forall i,j \in FF$ relationships

$$f_k^l - f_j^l \ge FF_{jk}^{\min} \qquad \forall j,k \in FF \text{ relationships} \quad (12)$$

$$s_j^E - s_i^E \ge SF_{ij}^{\min} - (\tilde{d}_j - \sum_{t=1}^{MR_j} ty_{jt}) \quad (13)$$

$\forall i,j \in SF$ relationships

$$f_k^l - f_j^l \ge SF_{jk}^{\min} - (\tilde{d}_j - \sum_{t=1}^{MR_j} ty_{jt}) \quad (14)$$

$\forall j,k \in SF$ relationships

مجموعه مقالات کنفرانس Conference Proceedings

$$s_j^E, f_j^l \geq 0 \qquad \forall j \tag{15}$$

$$y_{jt} \in \{0,1\} \qquad \forall j,t \tag{16}$$

فرمول‌های 1-3 توابع هدف مدل را نشان می‌دهند که به ترتیب حداقل کردن هزینه اضافی کل، حداقل کردن ریسک تهدیدآمیز پروژه و حداقل کردن کیفیت کاهش‌یافته پروژه می‌باشند. محدودیت شماره 4، محدودیت زمانی را نشان می‌دهد که باید پروژه تا زمان تحویل مشخص شده به اتمام برسد. محدودیت شماره 5 برای اطمینان از کاهش زمانی خاص برای فعالیت‌ها می‌باشد یعنی یک فعالیت نمی‌تواند دو حالت زمانی فشرده‌سازی داشته باشد. فرمول‌های 6-14 محدودیت‌های مربوط به ارتباطهای پیشنیازی فعالیت‌ها برای تحلیل مسیر بحرانی پروژه هستند که به ترتیب مربوط پایان به شروع (*FS*)، شروع به شروع (*SS*)، پایان به پایان (*FF*) و شروع به پایان (*SF*) می‌باشند.

2-2- مدل قطعی کمکی معادل برای مدل مسأله موازنه هزینه-کیفیت-ریسک ارائه شده تحت محدودیت زمانی با داده‌های فازی ذوزنقه‌ای

روش‌های متفاوتی برای محاسبه مدل قطعی کمکی معادل برای یک مدل فازی وجود دارند اما در میان آن‌ها به دلیل انطباق با مسأله، روش نظریه اعتبار مورد استفاده قرار می‌گیرد. این نظریه به دلیل کارایی بالا در حل مسائل برنامه‌ریزی خطی و همچنین به دلیل افزایش ندادن توابع هدف و محدودیت های مدل، بسیار مناسب می‌باشد[16].

$$\min z_1 = \sum_{j=1}^{n}\sum_{t=1}^{MR_j} t.\left(\frac{c_j^1 + c_j^2 + c_j^3 + c_j^4}{4}\right).y_{jt} \tag{17}$$

$$\min z_2 = \sum_{j=1}^{n}\sum_{t=1}^{MR_j} P_{jt}.\sum_{r=1}^{m} I_{rjt}.y_{jt} \tag{18}$$

$$\min z_3 = \sum_{j=1}^{n} w_j \sum_{t=1}^{MR_j} Q_{jt}.y_{jt} \tag{19}$$

$$f_L^l = ft \tag{20}$$

$$\sum_{t=1}^{MR_j} y_{jt} \leq 1 \qquad \forall j \tag{21}$$

$$f_j^l - s_j^E \geq (((2-2\alpha)d_3 + (2\alpha-1)d_4) - \sum_{t=1}^{MR_j} ty_{jt}) \tag{22}$$

$\forall j$

$$s_j^E - s_i^E \geq (((2-2\alpha)d_3 + (2\alpha-1)d_4) - \sum_{t=1}^{MR_i} ty_{it}) \tag{23}$$

$+FS_{ij}^{\min} \qquad \forall i,j \in FS$ relationships

$$f_k^l - f_j^l \geq (((2-2\alpha)d_3 + (2\alpha-1)d_4) - \sum_{t=1}^{MR_k} ty_{kt}) \tag{24}$$

$+FS_{jk}^{\min} \qquad \forall j,k \in FS$ relationships

$$s_j^E - s_i^E \geq SS_{ij}^{\min} \qquad \forall i,j \in SS \text{ relationships} \tag{25}$$

$$f_k^l - f_j^l \geq (((2-2\alpha)d_3 + (2\alpha-1)d_4) - \sum_{t=1}^{MR_k} ty_{kt})$$

$$-(((2-2\alpha)d_3 + (2\alpha-1)d_4) - \sum_{t=1}^{MR_j} ty_{jt}) + SS_{jk}^{\min} \tag{26}$$

$\forall j,k \in SS$ relationships

$$s_j^E - s_i^E \geq (((2-2\alpha)d_3 + (2\alpha-1)d_4) - \sum_{t=1}^{MR_i} ty_{it})$$

$$-(((2-2\alpha)d_3 + (2\alpha-1)d_4) - \sum_{t=1}^{MR_j} ty_{jt}) + FF_{ij}^{\min} \tag{27}$$

$\forall i,j \in FF$ relationships

$$f_k^l - f_j^l \geq FF_{jk}^{\min} \qquad \forall j,k \in FF \text{ relationships} \tag{28}$$

$$s_j^E - s_i^E \geq SF_{ij}^{\min} - (((2-2\alpha)d_3 + (2\alpha-1)d_4) - \sum_{t=1}^{MR_j} ty_{jt}) \qquad \forall i,j \in SF \text{ relationships} \tag{29}$$

$$f_k^l - f_j^l \geq SF_{jk}^{\min} - (((2-2\alpha)d_3 + (2\alpha-1)d_4) - \sum_{t=1}^{MR_j} ty_{jt}) \qquad \forall j,k \in SF \text{ relationships} \tag{30}$$

$$s_j^E, f_j^l \geq 0 \qquad \forall j \tag{31}$$

$$y_{jt} \in \{0,1\} \qquad \forall j,t \tag{32}$$

روش نیل به آرمان

روش نیل به آرمان یک روش بسیار مناسب برای برخورد با مسائل و بهینه‌سازی با اهداف چندگانه و متناسب با مدل ارائه شده در این مقاله می‌باشد. مدل چندهدفه ارائه شده برای حل به صورت زیر تبدیل می‌شود:

$$\min G \tag{33}$$

Subject to

$$\sum_{j=1}^{n}\sum_{t=1}^{MR_j} t.\left(\frac{c_j^1 + c_j^2 + c_j^3 + c_j^4}{4}\right).y_{jt} - W_1 G \leq B_1 \tag{34}$$

$$\sum_{j=1}^{n}\sum_{t=1}^{MR_j} P_{jt}.\sum_{r=1}^{m} I_{rjt}.y_{jt} - W_2 G \leq B_2 \tag{35}$$

$$\sum_{j=1}^{n} w_j \sum_{t=1}^{MR_j} Q_{jt}.y_{jt} - W_3 G \leq B_3 \tag{36}$$

$Eqs.(22)-(34)$

$$G \geq 0 \tag{37}$$

Conference Proceedings مقالات کنفرانس

3- کاربرد مدل

برای اعتبار سنجی مدل ارائه شده یک پروژه از مطالعات گذشته در این حوزه (محمدی پور و سجادی، 2016) انتخاب شده است. مدیر پروژه می خواهد از روش فشرده سازی(CRASH) برای کوتاه کردن مدت زمان انجام فعالیت ها استفاده کند. اطلاعات مربوط به فعالیت‌های پروژه در جدول 2 ارائه شده است.

جدول2. اطلاعات مسأله مورد نظر

فعالیت	پیش نیازی	مدت زمان فازی هر فعالیت	هزینه واحد فشرده سازی	کیفیت کاهش یافته $y_{jt}=1,2$		ارزش ریسک (P*I) $y_{jt}=1,2$								حداکثر زمان فشرده سازی
						1		2		3		4		
				1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	
1	-	(3,4,5,6)	(670,690,710,730)	0.1	0.25	0.04	0.12	0.01	0.02	0.01	0.02	0.04	0.32	2
2	1 FS(0)	(2,3,4,5)	(135,145,155,165)	0.2	-	0.01	-	0.01	-	0.02	-	0.02	-	1
3	2 SS(0)	(3,4,5,6)	(275,290,300,330)	0.5	-	0.01	-	0.01	-	0.01	-	0.08	-	1
4	3 SS(2)	(7,9,10,12)	(470,490,500,530)	0.25	0.4	0.01	0.02	0.02	0.12	0.01	0.06	0.02	0.08	2
5	4 FS(-7)	(7,8,9,10)	(480,490,500,525)	0.25	0.4	0.01	0.02	0.02	0.12	0.01	0.06	0.02	0.08	2
6	5 FS(0)	(14,17,18,19)	(580,585,595,630)	0.2	0.4	0.01	0.02	0.02	0.12	0.01	0.06	0.02	0.08	2
7	6 FS(0)	(3,4,5,6)	(94,96,100,108)	0.4	-	0.02	-	0.02	-	0.01	-	0.08	-	1
8	7 FF(0)	(11,12,15,17)	(970,980,990,1050)	0.2	0.5	0.02	0.08	0.02	0.12	0.01	0.04	0.02	0.1	2
9	6 FS(0), 8 FS(0)	(16,18,19,24)	(570,580,610,635)	0.05	0.25	0.01	0.02	0.01	0.02	0.01	0.01	0.02	0.08	2
10	8 FS(0), 9 FF(0)	(13,14,15,16)	(380,385,410,420)	0.1	0.25	0.02	0.08	0.01	0.02	0.01	0.01	0.08	0.32	2
11	1 FS(0), 2 SS(0)	(2,3,4,5)	(125,140,155,160)	0.2	-	0.01	-	0.01	-	0.02	-	0.02	-	1
12	3 SS(0), 11 SS(0)	(3,4,5,6)	(280,300,305,315)	0.5	-	0.01	-	0.01	-	0.01	-	0.08	-	1
13	4 SS(0), 12 SS(2)	(6,8,10,11)	(490,495,500,515)	0.25	0.4	0.01	0.02	0.02	0.12	0.01	0.06	0.02	0.08	2
14	13 FS(-7)	(7,8,9,10)	(475,485,505,520)	0.25	0.4	0.01	0.02	0.02	0.12	0.01	0.06	0.02	0.08	2
15	14 FS(0)	(14,15,17,22)	(575,580,600,630)	0.2	0.4	0.01	0.02	0.02	0.12	0.01	0.06	0.02	0.08	2
16	15 FS(0)	(3,4,5,6)	(85,95,100,110)	0.4	-	0.02	-	0.02	-	0.01	-	0.08	-	1
17	8 FS(0), 15 FS(0)	(17,18,19,24)	(590,595,610,615)	0.05	0.25	0.01	0.02	0.01	0.02	0.01	0.01	0.02	0.08	2
18	10 FF(0), 16 FF(0), 17 FF(0)	(13,14,15,16)	(370,385,400,420)	0.1	0.25	0.02	0.08	0.01	0.02	0.01	0.01	0.08	0.32	2

در ابتدا با استفاده از داده‌های موجود، مدل ریاضی مسأله موازنه هزینه-کیفیت-ریسک تحت محدودیت زمانی ساخته می‌شود. سپس مدل قطعی کمکی معادل با به کارگیری تئوری اعتبار محاسبه می‌شود. روش نیل به آرمان نیز به منظور حل مدل به کار گرفته می‌شود. مدل ارائه شده با استفاده از نرم‌افزار گمز مورد حل قرار گرفته و جواب‌های بهینه پارتویی در جدول 3 ارائه می‌شود:

نتیجه‌گیری

مسأله زمانبندی پروژه. یکی از موضوعات بسیار مهم در مدیریت و کنترل پروژه به حساب می‌آید. در این مقاله یک رویکرد جدید از مسأله موازنه هزینه-کیفیت-ریسک تحت شرایط عدم قطعیت ارائه شد. مدل معادل کمکی مدل فازی ارائه شده با استفاده از نظریه اعتبار فازی ساخته شد و سپس به منظور حل مدل چند هدفه ارائه شده، روش نیل به آرمان به کار گرفته شد. رویکرد ارائه شده به مدیران پروژه این توانایی را خواهد داد تا با توجه به شرایط عدم قطعیت دنیای واقعی بتوانند پروژه را با تحت کنترل قرار دادن تمامی معیارهای تأثیر گذار بر روی آن مدیریت کنند. به منظور اعتبارسنجی مدل ارائه شده یک مسأله زمانبندی پروژه از ادبیات موضوع انتخاب و حل شده است. برای

مجموعه مقالات کنفرانس Conference Proceedings

مطالعات آتی می‌توان از سایر الگوریتم‌های حل فازی برای مدل چندهدفه ارائه شده استفاده نمود و نتایج را مقایسه کرد. علاوه بر این می‌توان یک موازنه بین هزینه فشرده‌سازی و هزینه تاخیر پروژه انجام داد. و در نهایت به منظور در نظر گرفتن بهتر عدم قطعیت بالا در دنیای واقعی می‌توان از مجموعه‌های فازی توسعه یافته استفاده نمود.

جدول 3. تعدادی از جواب‌های بهینه پارتویی

W_1	W_2	W_3	B_1	B_2	B_3	OF_1	OF_2	OF_3	G	$y_{jt}=1$
0.3	0.3	0.4	3500	0.635	0.043	3494	1.17	0.052	1.78	$\{y_{1,2}, y_{4,2}, y_{5,2}, y_{7,1}\}$
0.45	0.45	0.1	4000	0.735	0.063	3996	0.89	0.55	0.344	$\{y_{1,1}, y_{4,2}, y_{5,2}, y_{7,1}, y_{9,1}, y_{17,1}\}$
0.025	0.025	0.95	4050	0.65	0.06	3996	0.89	0.055	9.6	$\{y_{1,1}, y_{4,2}, y_{5,2}, y_{7,1}, y_{9,1}, y_{17,1}\}$
0.1	0.8	0.1	3700	0.6	0.065	3593	1.01	0.057	0.512	$\{y_{1,2}, y_{4,2}, y_{5,1}, y_{6,1}\}$
0.6	0.3	0.1	3900	0.65	0.06	3888	0.91	0.065	0.867	$\{y_{1,1}, y_{4,2}, y_{5,2}, y_{6,1}, y_{7,1}, y_{14,1}\}$
0.3	0.5	0.2	4200	0.55	0.07	4095	0.73	0.061	0.36	$\{y_{1,1}, y_{4,2}, y_{5,1}, y_{6,1}, y_{7,1}, y_{9,1}, y_{17,1}\}$

منابع

[1] Singh, G., & Ernst, A. T. (2011). Resource constraint scheduling with a fractional shared resource. *Operations Research Letters*, 39(5), 363-368.

[2] Mohammadipour, F., & Sadjadi, S. J. (2016). Project cost–quality–risk tradeoff analysis in a time-constrained problem. *Computers & Industrial Engineering*, 95, 111-121.

[3] El-Sayegh, S. M., & Al-Haj, R. (2017). A new framework for time-cost trade-off considering float loss impact. *Journal of Financial Management of Property and Construction*, 22(1), 20-36.

[4] Ke, H., & Ma, J. (2014). Modeling project time–cost trade-off in fuzzy random environment. *Applied Soft Computing*, 19(1), 80-85.

[5] Babu, A. J. G., & Suresh, N. (1996). Project management with time, cost, and quality considerations. *European Journal of Operational Research*, 88(2), 320-327.

[6] Castro-Lacouture, D., Süer, G. A., Gonzalez-Joaqui, J., & Yates, J. K. (2009). Construction project scheduling with time, cost, and material restrictions using fuzzy mathematical models and critical path method. *Journal of Construction Engineering and Management*, 135(10), 1096-1104.

[7] Kim, J., Kang, C., & Hwang, I. (2012). A practical approach to project scheduling: considering the potential quality loss cost in the time–cost tradeoff problem. *International Journal of Project Management*, 30(2), 264-272.

[8] Orm, M. B., & Jeunet, J. (2018). Time-cost-quality trade-off problems: A survey exploring the assessment of quality. *Computers & Industrial Engineering*, 118(1), 319-328.

[9] Salari, M., Bagherpour, M., & Reihani, M. H. (2015). A time-cost trade-off model by incorporating fuzzy earned value management: A statistical based approach. *Journal of Intelligent & Fuzzy Systems*, 28(4), 1909-1919.

[10] He, Z., He, H., Liu, R., & Wang, N. (2017). Variable neighbourhood search and tabu search for a discrete time-cost trade-off problem to minimize the maximal cash flow gap. *Computers & Operations Research*, 78(1), 564-577.

[11] Tran, D. H., & Long, L. D. (2018). Project scheduling with time, cost and risk trade-off using adaptive multiple objective differential evolution. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 25(5), 623-638.

[12] Chen, S. P., & Tsai, M. J. (2011). Time–cost trade-off analysis of project networks in fuzzy environments. *European Journal of Operational Research*, 212(2), 386-397.

[13] Xu, J., Zheng, H., Zeng, Z., Wu, S., & Shen, M. (2012). Discrete time–cost–environment trade-off problem for large-scale construction systems with multiple modes under fuzzy uncertainty and its application to Jinping-II Hydroelectric Project. *International Journal of Project Management*, 30(8), 950-966.

[14] Monghasemi, S., Nikoo, M. R., Fasaee, M. A. K., & Adamowski, J. (2015). A novel multi-criteria decision making model for optimizing time–cost–quality trade-off problems in construction projects. *Expert Systems with Applications*, 42(6), 3089-3104.

[15]PMI. ‘‘The standard for portfolio management”.(2nd ed), Pennsylvania, Project Management Institute, Inc, 2008.

[16] Cheraghi, S., & Hosseini-Motlagh, S. M. (2017). Optimal blood transportation in disaster relief considering facility disruption and route reliability under uncertainty. *International Journal of Transportation Engineering*, 4(3), 225-254.

Conference Proceedings مجموعه مقالات کنفرانس