Archive

دوازدهمین کنفرانس ملی شهرسازی ،معماری،عمران ومحیط زیست

بهینه سازی تخصیص نیروی انسانی در پروژه‌های ساخت با در نظر گرفتن شایستگی با استفاده از الگوریتم ژنتیک

پریسا غلامی[۱]، محمدجواد طاهری امیری[۲]، میلاد همتیان[۳]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی و مدیریت ساخت موسسه آموزش عالی طبری

۲- استادیار گروه عمران موسسه اموزش عالی پردیسان فریدونکنار

۳- دکتری مهندسی صنایع دانشگاه علوم فنون مازندران

فقط آدرس پست الکترونیک نویسنده رابط (Gholami_p1385@yahoo.com)

چکیده

تخصیص مناسب نیروی انسانی در مسئله زمان‌بندی پروژه یکی از مسائل با اهمیتی است که امروزه مورد توجه سازمان‌ها قرار گرفته است. تخصیص نیروی انسانی گام مهمی در فرایند تصمیم گیری بـه منظـور حداکثرسـازی عملکـرد سیسـتم و کـاهش هزینه‌ها می‌باشد. از سوی دیگر انجام پروژه در کوتاه ترین زمان ممکن و با کمترین هزینه برای هر سازمانی مطلوب مـی‌باشـد. در مسئله زمان‌بندی پروژه با در نظر گرفتن تخصیص نیروی انسانی سعی می‌شود نیروی انسانی با شایستگی کافی به فعالیـت-های پروژه به نحوی تخصیص یابند که میزان مقادیر بدست آمده برای اهداف از مقدار مورد انتظار کمتـرین اخـتلاف را داشـته باشند. بدلیل افزایش روز افزون مسائل زمان‌بندی پروژه، در این مطالعه یک مدل تخصیص منابع انسانی بر اساس شایستگی در مسئله زمانبندی پروژه های ساختمانی ارائه می‌شود. نیروی انسانی بکارگرفته شده در این تحقیق دارای معیارهـای شایسـتگی مختلفی می‌باشند. بر اساس نظر خبرگان چند معیار شایستگی با استفاده از روش تصمیم گیری تحلیل سلسله مراتبی استخراج و وزن دهی گردیدند. در ادامه یک مدل برنامه ریزی ریاضی آرمانی شامل حداقل سازی انحـراف زمـان تکمیـل پـروژه، هزینـه اجرای پروژه، تعداد نیروی انسانی و سطح شایستگی از مقدار مورد انتظار ارائه شده است. به منظور ارزیابی مدل پیشنهادی یک مسئله نمونه در ابعاد کوچک طراحی و بطور دقیق در نرم افزار GAMS حل شده است. همچنـین بـرای حـل مسـئله در ابعـاد بزرگ یک الگوریتم فراابتکاری ژنتیک توسعه داده شده است. اعتبارسنجی الگوریتم پیشنهادی از طریق مقایسـه نتـایج بدسـت آمده از دو روش دقیق و فراابتکاری انجام پذیرفته است. در نهایت برای ارزیابی الگوریتم پیشنهادی، چند مسئله در ابعاد بـزرگ طراحی و حل شده است. نتایج بدست آمده حاکی از عملکرد مطلوب الگوریتم پیشنهادی می‌باشد.

کلمات کلیدی: زمان‌بندی پروژه، تخصیص نیروی انسانی، شایستگی، برنامه ریزی آرمانی

۱- مقدمه

هر زمان که صحبت از پروژه‌های عمرانی می‌شود، سه فاکتور زمان، هزینه و کیفیت از اهمیت بالایی برخوردار است. در پروژه لازم است دو فاکتور زمان و هزینه به حداقل مقدار ممکن خود برسد، اما فاکتور کیفیت حداکثر شود. در این مساله یک پروژه عمرانی با در نظرگرفتن منابع چند مهارته و با استفاده از الگوریتم‌های فرا ابتکاری برنامه‌ریزی شده است[۲-۱]. علاوه بر حداقل کردن دو فاکتور زمان و هزینه و حداکثر کردن کیفیت، به دنبال کاهش تعداد نیروی انسانی مصرفی نیز هستیم. در این پروژه تعدادی فعالیت داریم که هر فعالیت ممکن است چند حالت برای انجام شدن داشته باشد که ممکن است زمان فعالیت

www.SID.ir

Archive

در حالت‌های مختلف تغییر کند، اما در نهایت هر فعالیت می‌تواند فقط در یک حالت انجام شود[۳] . بین فعالیت‌ها، روابط پیش‌نیازی حاکم است، به این ترتیب که یک فعالیت زمانی می‌تواند شروع شود که فعالیت پیش‌نیاز آن تمام شده باشد همچنین در انجام فعالیت‌ها انقطاع جایز نیست، یعنی نمی‌توان یک فعالیت را متوقف کرد و ادامه آن را به بعد موکول کرد و یک فعالیت، زمانی می‌تواند شروع شود که تمام نیروهای انسانی با سطح مهارت مورد نیازش آماده فعالیت باشند و نیروی انسانی از ابتدا تا به انتهای فعالیت مشغول کار در آن فعالیت باشد. هر فعالیت بر حسب میزان اهمیتش یک عدد به عنوان وزن به خود اختصاص می‌دهد که در محاسبات لحاظ می‌شود[۴]. چند نوع مهارت در این تحقیق در نظر گرفته شده است که هر مهارت از اهمیت، هزینه و کیفیت متفاوتی برخوردار هستند، حال ممکن است دو نیروی انسانی با یک نوع مهارت، سطح تجربه متفاوتی داشته باشند که این تجربه در میزان دستمزد و کیفیت کار تاثیرگذار است. امروزه با توجه به تحولات شگرف در حوزه مدیریت منابع انسانی و گرایش مدیران به شایسته سالاری در برنامه‌ریزی‌های سازمانی، برنامه‌ریزی منابع انسانی مبتنی برشایستگی‌ها جایگاه ویژه‌ای پیدا کرده است[۶-۵]. علاوه بر این یکی از شروط اصلی موفقیت و پیشرفت هر سازمان، منابع انسانی آن و شایسته سالاری در حوزه منابع سازمانی است. از این رو، پایه‌ای‌ترین کار برای ایجاد مدیریت منابع انسانی مبتنی بر شایستگی در سازمان‌ها، برنامه‌ریزی نیروی انسانی مبتنی بر شایستگی است. بنابراین در این تحقیق به زمان‌بندی پروژه با در نظر گرفتن منابع چندمهارته و شایستگی نیروی انسانی پرداخته شده است. از آنجایی که این مسئله از نوع مسائل NP-hard محسوب می‌شود، به منظور حل مسئله از الگوریتم‌های فراابتکاری بهره گرفته شده است[۷].

هیمرل و کولیچ (۲۰۱۰) مسئله زمان‌بندی و تخصیص نیروی کار را در چند پروژه فناوری اطلاعات مورد مطالعه قرار دادند. در این مطالعه فرض شده است علاوه بر اینکه نیروی کار دارای چندین مهارت می‌باشد، می‌تواند از خارج از سازمان نیز انتخاب شود. نتایج بدست آمده حاکی از برتری استفاده از مدل برنامه‌ریزی عدد صحیح مختلط در مقایسه با الگوریتم‌های ابتکاری ساده ارائه شده در عمل برحسب دستیابی به جواب‌های شدنی و با هزینه کم می‌باشد[۸]. بالستروس و همکاران (۲۰۱۲) مسئله مدیریت تخصیص نیروی انسانی در چند پروژه را با استفاده از تکنیک‌های جامعه‌سنجی[1] مورد بررسی قرار دادند. مدیر پروژه با استفاده از این رویکرد جدید، قادر به انتخاب افراد مورد نیاز و ترکیب آنها با هم در قالب یک تیم کاری به منظور دستیابی به حداکثر کارایی از تعاملات بین آنها خواهد بود. فرایند بهینه‌سازی با استفاده از محاسبات ماتریسی در کامپیوتر انجام می‌گیرد[۹]. چن و همکاران (۲۰۱۴) مسئله زمان‌بندی چند پروژه‌ای و تخصیص نیروی انسانی را براساس ضریب زمان کاری نیروی انسانی و برنامه‌ریزی پویا مطالعه نمودند. در این تحقیق اشاره شده است که اثر نیروی کاری بر فعالیت‌ها نقش مهمی در پیاده‌سازی زمان‌بندی چند پروژه‌ای نیروی انسانی دارد. بدین منظور فرمول ضریب زمانی نیروی کار تخمین زده شد. برای بدست آوردن جواب بهینه، یک مدل برنامه‌ریزی پویا ارائه گردیده است. نتایج محاسباتی نشان داده است که روش پیشنهادی در مقایسه با توالی اولیه بطور مؤثر باعث کاهش زمان تکمیل پروژه‌ها شده است[۱۰]. بهلولی و همکاران (۲۰۱۶) شایستگی در حوزه مدیریت نیروی انسانی را ارزیابی نمودند. بدین منظور از تکنولوژی نرم‌افزاری، روش‌های ریاضی و آماری برای ارزیابی و تحلیل شایستگی استفاده شده است. براساس مدل استاندارد شایستگی که درخت شایستگی حرفه‌ای، نوآوری و اجتماعی نامیده می‌شود، چهارچوب پیشنهادی ابزار انعطاف‌پذیری در محیط واقعی برای متخصصان جهت ارزیابی نیروی انسانی فراهم آورده است[۱۱]. آلمیدا و همکاران(۲۰۱۶) مطالعه‌ای انجام داده‌اند و به این نتیجه رسیده‌اند که یکی از عمده-ترین مسائل زمانبندی پروژه با منابع محدود(RCPSP[2]) ، زمانبندی پروژه با منابع چند مهارته محدود است. برای حل این مساله از طرح برنامه‌ریزی موازی استفاده شده است. یکی از این نوع طرح‌ها با موفقیت بر روی مسئله زمانبندی پروژه با منابع محدود (RCPSP) انجام شده است. اما برای پیاده‌سازی آن بر روی مسائل زمانبندی با منابع چند مهارته محدود، ابتدا دو مفهوم وزن منبع و فعالیت گروه پیشرفت داده شد[۱۲].

[1] Sociometric
[2] Resource Constrained Scheduling Problem

www.SID.ir

Archive

کیانتو و همکاران (۲۰۱۷) مسئله مدیریت نیروی انسانی مبتنی بر دانش را مورد مطالعه قرار دادند. این ایده بطور عملی در مجموعه داده‌های ۱۸۰ شرکت اسپانیایی با استفاده از روش مدلسازی معادلات ساختاری (SEM)[1] و حداقل مربعات جزئی (PLS)[2] اجرا شده است. نتایج حاصل از مطالعات نشان داده است که مدیریت صحیح نیروی انسانی مبتنی بر دانش منجر به اثرگذاری مثبت بر بازگشت سرمایه و عملکرد نوآورانه شرکت خواهد شد[۱۳]. طاهری امیری و همکاران (۲۰۱۸)، مسئله موازنه زمان-هزینه را در شرایط محدودیت منابع با استفاده از الگوریتم بهینه‌سازی ژنتیک با مرتب‌سازی نامغلوب در شرایط چندپروژه‌ای حل نموده است. در این تحقیق سه پروژه با تعداد فعالیت‌های ۷، ۸ و ۱۰ به طور همزمان مورد برنامه‌ریزی تحت محدودیت منابع قرار گرفته است، همچنین روش زمانبندی پروژه در این تحقیق روش زنجیره بحرانی بوده است. نتایج نشان می‌دهد الگوریتم ارائه شده عملکرد مناسبی به منظور حل مسئله زمان- هزینه در شرایط محدودیت منابع داشته است[۱۴].
برک و همکاران (۲۰۱۹) مسئله برنامه ریزی نیروی انسانی را مورد مطالعه قرار دادند. در این مطالعه عدم قطعیت در پیش‌بینی درآمدها در نظر گرفته شده است. بدین منظور از روش بهینه سازی استوار برای حل مسئله با هدف حداکثرسازی سود استفاده شده است[۱۵]. لامبولا و همکاران (۲۰۲۰) به بررسی موازنه زمان و هزینه برنامه‌ریزی کارآمد گردش کار در فضای ابری پرداختند. این مقاله شامل چهار مرحله اصلی انتخاب وظیفه، ارزیابی محدوده انواع نمونه‌های درخواست شده ضمنی، ارزیابی بودجه اضافی و انتخاب ماشین مجازی است. ارزیابی محدوده انواع نمونه‌های درخواست شده ضمنی یک مفهوم جدید برای برنامه‌ریزی است که هدف آن تعیین طیف وسیعی است که به بهترین وجهی برای اجرای گردش کار مناسب هستند. نتایج بدست آمده نشان می‌دهد که توجه به نوع منابع و تعداد آنها حیاتی است[۱۶].
لذا هدف از انجام این تحقیق، ایجاد یک راه حل برای تصمیم گیری به منظور حداکثرسازی عملکرد سیستم و کاهش هزینه‌ها با تخصیص مناسب نیروی انسانی در زمان‌بندی یک پروژه عمرانی می‌باشد.پس، بر اساس نظر خبرگان چند معیار شایستگی با استفاده از روش تصمیم گیری تحلیل سلسله مراتبی استخراج و وزن دهی خواهد شد. یک مدل برنامه ریزی ریاضی آرمانی شامل حداقل سازی انحراف زمان تکمیل پروژه، هزینه اجرای پروژه، تعداد نیروی انسانی و سطح شایستگی از مقدار مورد انتظار ارائه خواهد شد. همچنین برای حل مسئله در ابعاد بزرگ یک الگوریتم فراابتکاری ژنتیک توسعه داده می‌شود. اعتبارسنجی الگوریتم پیشنهادی از طریق مقایسه نتایج بدست آمده از دو روش دقیق و فراابتکاری انجام خواهد گرفت.

۲- تعریف مسئله

در این مطالعه یک مدل تخصیص منابع انسانی بر اساس شایستگی در مسئله زمانبندی پروژه ارائه می‌شود. در این مسئله منابع انسانی دارای سطوح شایستگی مختلفی می‌باشند. بدین منظور ابتدا لازم است معیارهای شایستگی منابع انسانی مشخص گردند. بنابراین ابتدا شاخص‌های شایستگی براساس نظرات خبرگان و مطالعات پیشین استخراج می‌گردند. در ادامه این شاخص‌ها با استفاده از روش تصمیم‌گیری چند معیاره AHP وزن دهی و اولویت بندی می‌گردند. شاخص‌ها با اولویت بالا انتخاب شده و به عنوان پارامترهای ورودی در مدل در نظر گرفته می‌شوند. مدل پیشنهادی شامل چهار هدف زمان تکمیل پروژه، هزینه اجرای پروژه، تعداد نیروی انسانی و اختلاف از سطح شایستگی مورد انتظار می‌باشد. یک فعالیت، زمانی می‌تواند شروع شود که تمام نیروهای انسانی با سطح مهارت مورد نیازش آماده فعالیت باشند و نیروی انسانی از ابتدا تا به انتهای فعالیت مشغول کار در آن فعالیت باشد. بدین منظور یک مدل برنامه ریزی ریاضی آرمانی توسعه داده شده است. بدین ترتیب که برای هر یک از اهداف یک مقدار مورد انتظار در نظر گرفته شده و سعی می‌شود اختلاف توابع هدف بدست آمده از مقادیر مورد انتظار حداقل گردد. هدف نهایی مدل پیشنهادی، تخصیص منابع انسانی به فعالیت‌های پروژه بر اساس شایستگی و

[1] Structrual Equation Modelling
[2] Partial Least Squares

www.SID.ir

Archive

زمانبندی اجرای آنها به نحوی که حداقل اختلاف از زمان، هزینه، تعداد نیروی انسانی تخصیص یافته و سطح شایستگی مورد انتظار حاصل گردد. در ادامه مفروضات تحقیق ارائه می‌گردد.

۲- ۱- مفروضات پژوهش

مفروضات در نظر گرفته شده در این تحقیق شامل موارد زیر می‌باشد.

- منابع انسانی دارای سطوح شایستگی متفاوتی می‌باشند.
- تعداد فعالیت‌های پروژه از پیش مشخص می‌باشد.
- فعالیت‌ها براساس روابط پیش نیازی حاکم بین آنها اجرا می‌شوند.
- امکان انقطاع فعالیت‌ها وجود ندارد. یعنی زمانی یک فعالیت آغاز می‌شود باید تا اتمام بطور پیوسته اجرا شود.
- منابع انسانی براساس سطح شایستگی شان به فعالیت‌ها تخصیص می‌یابند.

۲- ۲- نمادگذاری‌ها برای حل مسئله

I	مجموعه نیروی انسانی	
J	مجموعه فعالیت‌ها	
K	مجموعه معیارها	
T	افق زمانی	
I	اندیس نیروی انسانی	$i=1,2,...,I$
J	اندیس فعالیت	$j=1,2,...,J$
K	اندیس معیار شایستگی	$k=1,2,...,K$
T	اندیس دوره زمانی	$t=1,2,...,T$

۲- ۳- پارامترهای مسئله

w_k	وزن معیار k
b_{ik}	میزان شایستگی نیروی انسانی i در معیار k
eb_{jk}	میزان شایستگی مورد انتظار فعالیت j در معیار k
c_{ij}	هزینه نیروی انسانی i برای اجرای فعالیت j
d_{ij}	زمان انجام فعالیت j توسط نیروی انسانی i
a_{ij}	اگر نیروی انسانی i توانایی انجام فعالیت j را داشته باشد ۱ و در غیر اینصورت ۰
$pr_{jj'}$	اگر فعالیت j بلافاصله بعد فعالیت 'j انجام شود ۱ و در غیر اینصورت ۰
N	یک عدد خیلی بزرگ
Pr_T	ضریب اهمیت تابع هدف زمان
Pr_C	ضریب اهمیت تابع هدف هزینه
Pr_H	ضریب اهمیت تابع هدف تعداد نیروی انسانی
Pr_{comp}	ضریب اهمیت تابع هدف شایستگی نیروی انسانی
ET	زمان تکمیل مورد انتظار پروژه
EC	هزینه اجرای مورد انتظار پروژه

www.SID.ir

Archive

ENH	تعداد نیروی انسانی تخصیصی مورد انتظار
$Ecomp$	میزان شایستگی مورد انتظار

۲- ۴- متغیرهای مسئله

x_{ijt}	اگر نیروی انسانی i به فعالیت j در دوره t تخصیص یابد ۱ و در غیر اینصورت ۰
y_{ij}	اگر نیروی انسانی i به فعالیت j تخصیص یابد ۱ و در غیر اینصورت ۰
z_{jt}	اگر فعالیت j در دوره t آغاز شود ۱ و در غیر اینصورت ۰
C_{max}	زمان تکمیل پروژه
st_j	زمان شروع فعالیت j
ct_j	زمان تکمیل فعالیت j
TC	هزینه کل اجرای پروژه
NH	تعداد کل نیروی انسانی بکارگرفته شده
$Comp$	میزان شایستگی بدست آمده
d_t^+	میزان انحراف مثبت از زمان تکمیل مورد انتظار
d_c^+	میزان انحراف مثبت از هزینه مورد انتظار
d_H^+	میزان انحراف مثبت از تعداد نیروی مورد انتظار
d_{comp}^+	میزان انحراف مثبت از میزان شایستگی مورد انتظار
d_{comp}^-	میزان انحراف منفی از میزان شایستگی مورد انتظار

۲- ۵- مدل ریاضی چند هدفه پیشنهادی

همانطورکه اشاره گردید در این تحقیق یک مدل برنامه‌ریزی ریاضی آرمانی شامل چهار هدف زمان تکمیل، هزینه اجرا، تعداد نیروی انسانی استخدامی و میزان شایستگی نیروی انسانی ارائه شده است. در ادامه مدل ریاضی پیشنهادی ارائه شده است.

$$\text{Min} \quad Pr_T\, d_t^+ + Pr_C\, d_c^+ + Pr_H\, d_H^+ + Pr_{Competency}\left(d_{comp}^+ + d_{comp}^-\right) \qquad (۱)$$

$$C_{max} - d_t^+ = ET \qquad (۲)$$

$$TC - d_c^+ = EC \qquad (۳)$$

$$NH - d_H^+ = ENH \qquad (۴)$$

$$Comp - d_{comp}^+ + d_{comp}^- = Ecomp \qquad (۵)$$

$$TC = \sum_{j=1}^{J}\sum_{i=1}^{I} c_{ij} \times d_{ij} \times y_{ij} \qquad (۶)$$

www.SID.ir

Archive

$$NH = \sum_{j=1}^{J} \sum_{i=1}^{I} y_{ij} \quad (۷)$$

$$Comp = \sum_{j=1}^{J} \sum_{i=1}^{I} \sum_{k=1}^{K} w_k \times |eb_{jk} - b_{ik} y_{ij}| \quad (۸)$$

$$\sum_{i=1}^{I} y_{ij} = 1 \qquad \forall j \quad (۹)$$

$$y_{ij} \leq a_{ij} \qquad \forall i,j \quad (۱۰)$$

$$\sum_{j=1}^{J} x_{ijt} \leq 1 \qquad \forall i,t \quad (۱۱)$$

$$st_j = \sum_{t=1}^{T} z_{jt} \times t \qquad \forall j \quad (۱۲)$$

$$ct_j = st_j + \sum_{i=1}^{I} d_{ij} \times y_{ij} - 1 \qquad \forall j \quad (۱۳)$$

$$C_{max} \geq ct_j \qquad \forall j \quad (۱۴)$$

$$st_j - st_{\acute{j}} \geq \sum_{i=1}^{I} d_{i\acute{j}} \times y_{i\acute{j}} \times pr_{j\acute{j}} - N \times \left(1 - pr_{j\acute{j}}\right) \qquad \forall j,\acute{j} \quad (۱۵)$$

$$x_{ijt}, y_{ij}, z_{jt} \in \{0,1\} \qquad \forall i,j,t \quad (۱۶)$$

$$C_{max}, st_j, ct_j \geq 0 \qquad \forall j,t \quad (۱۷)$$

رابطه (۱) تابع هدف آرمانی مدل را نشان می‌دهد که از مجموع حاصل‌ضرب میزان اهمیت هر یک از اهداف و میزان انحراف آن بدست می‌آید. رابطه (۲) نحوه محاسبه میزان انحراف از زمان مورد انتظار را نشان می‌دهد. رابطه (۳) نیز میزان اختلاف از هزینه مورد انتظار برای اجرای پروژه را بیان می‌نماید. رابطه (۴) میزان انحراف از تعداد نیروی انسانی مورد انتظار را محاسبه می‌نماید. در نهایت رابطه (۵) انحراف از شایستگی مورد انتظار نیروی انسانی را بدست می‌آورد. رابطه (۶) به دنبال محاسبه مجموع هزینه‌های پروژه شامل هزینه بکارگیری نیروی انسانی می‌باشد. رابطه (۷) تعداد نیروی انسانی بکار گرفته شده در طی اجرای پروژه را محاسبه می‌نماید. رابطه (۸) میزان شایستگی مورد انتظار را نشان می‌دهد که بصورت حداقل‌سازی اختلاف شایستگی مورد انتظار و میزان شایستگی نیروی انسانی تخصیص یافته محاسبه می‌شود. رابطه (۹) بیان می‌نماید که هر فعالیت تنها به یک نیروی انسانی تخصیص داده می‌شود. رابطه (۱۰) تضمین می‌کند تنها زمانی یک نیروی انسانی به فعالیتی تخصیص می‌یابد که شایستگی انجام آن را داشته باشد. رابطه (۱۱) تضمین می‌کند که هر نیروی انسانی در هر دوره تنها می‌تواند بر روی فعالیتی که به آن تخصیص یافته کار انجام دهد. نحوه محاسبه شروع و تکمیل هر فعالیت به ترتیب در رابطه (۱۲) و (۱۳) نشان داده شده است. رابطه (۱۴) نحوه محاسبه زمان تکمیل پروژه را بیان می‌نماید. رابطه (۱۵) روابط پیش نیازی بین فعالیت را نمایش می‌دهد. در نهایت روابط (۱۶) و (۱۷) به ترتیب متغیرهای صفر و یک و صحیح مسئله را نشان می‌دهند.

۲- ۶- شناسایی معیارهای شایستگی نیروی انسانی

در این بخش براساس نظرات خبرگان و مطالعات پیشین انجام گرفته در این حوزه معیارهای شایستگی نیروی انسانی استخراج گردیده و در جدول (۱) نشان داده شده است.

www.SID.ir

Archive

جدول شماره (۱): معیارهای شایستگی نیروی انسانی

مولفه	معیار
شایستگی های مدیریتی	توانایی رهبری
	توانایی ایجاد مشارکت
	ساختن تیم
	انعطاف پذیری
مهارت های مربوط به کار	دانش فنی
	تعهد به نتیجه
	آموزش و توسعه
توانایی های فردی	تجربه
	مهارت و توانایی
	تعهد
	انگیزه یادگیری
	سطح سواد
	درک و شناخت
کار گروهی	کار با دیگران
	وظیفه تیمی
	کیفیت های شخصی
خلاقیت	انتخاب تصمیم مناسب در شرایط بحرانی
	خلاقیت
	توانایی مشاهده
آمادگی تغییر	مدیریت چالش
	تطبیق پذیری
	پیشرفت
کارآفرینی	برنامه ریزی استراتژیک
	تعامل بین فردی
	استفاده از نوآوری

در ادامه با استفاده از روش فرایند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) وزن دهی معیارهای شایستگی به ازای هر مولفه انجام پذیرفت و سپس با استفاده از نرم‌افزار Expert Choice نتیجه نهایی مربوط به وزن معیارها بدست آمد که در جدول (۲) مشخص است.

جدول شماره (۲): معیارهای شایستگی نیروی انسانی

مولفه	معیار	وزن
شایستگی های مدیریتی	**توانایی رهبری**	**۰.۵۷۶**
	توانایی ایجاد مشارکت	۰.۱۴
	ساختن تیم	۰.۲۲۹
	انعطاف پذیری	۰.۰۵۵
مهارت های مربوط به کار	دانش فنی	۰.۱۰۵
	تعهد به نتیجه	**۰.۶۳۷**
	آموزش و توسعه	۰.۲۵۸
توانایی های فردی	تجربه	۰.۱۳۸
	مهارت و توانایی	۰.۲۶
	تعهد	**۰.۴۶۶**

www.SID.ir

Archive

	انگیزه یادگیری	۰.۰۷۱
	سطح سواد	۰.۰۳۷
	درک و شناخت	۰.۰۲۷
کار گروهی	کار با دیگران	۰.۲۵۸
	وظیفه تیمی	**۰.۶۳۷**
	کیفیت های شخصی	۰.۱۰۵
خلاقیت	**انتخاب تصمیم مناسب در شرایط بحرانی**	**۰.۶۳۷**
	خلاقیت	۰.۲۵۸
	توانایی مشاهده	۰.۱۰۵
آمادگی تغییر	**مدیریت چالش**	**۰.۶۳۷**
	تطبیق پذیری	۰.۲۵۸
	پیشرفت	۰.۱۰۵
کارآفرینی	**برنامه ریزی استراتژیک**	**۰.۶۳۷**
	تعامل بین فردی	۰.۲۵۸
	استفاده از نوآوری	۰.۱۰۵

وزن هر یک از معیارهای انتخابی برابر با وزن مولفه می‌باشد. بدین ترتیب وزن معیارهای انتخابی مطابق جدول (۳) می‌باشد.

جدول شماره (۳): وزن معیارها

معیار	وزن
توانایی رهبری	۰.۴۰۲
تعهد به نتیجه	۰.۲۴۷
تعهد	۰.۱۵۱
وظیفه تیمی	۰.۰۹۱
انتخاب تصمیم مناسب در شرایط بحرانی	۰.۰۵۵
مدیریت چالش	۰.۰۳۴
برنامه ریزی استراتژیک	۰.۰۲۱

۲-۷- معرفی مسئله نمونه

پس از شناسایی و استخراج معیارهای شایستگی نیروی انسانی، در این بخش یک مسئله نمونه در ابعاد کوچک تشریح می-گردد. در این مسئله یک پروژه با ۷ فعالیت در نظر گرفته شده است. برای اجرای این پروژه ۹ نیروی انسانی با سطوح شایستگی مختلف مد نظر قرار گرفته‌اند که بسته به سطح مهارت و هزینه، به فعالیت‌های مختلف تخصیص می‌یابند تا در نهایت پروژه در کمترین زمان و هزینه ممکن تکمیل شده و در عین حال کمترین اختلاف از میزان شایستگی مورد انتظار پروژه حاصل گردد. شبکه پروژه و رابطه پیش‌نیازی بین فعالیت‌ها به ترتیب در جدول (۴) نشان داده شده است.

جدول شماره (۴): رابطه پیش‌نیازی فعالیت‌ها

فعالیت	A	B	C	D	E	F	G
پیش نیاز	-	A	A	A	B,C	D	E,F

www.SID.ir

Archive

از آنجایی که هر یک از نیروهای انسانی دارای سطوح شایستگی و میزان توانایی متفاوتی می‌باشند، ممکن است هر یک قابلیت اجرای تمامی فعالیت‌ها را نداشته باشند. بر این اساس جدول (۵) قابلیت اجرای هر یک از فعالیت‌ها توسط نیروهای انسانی را نشان می‌دهد.

جدول شماره (۵): قابلیت اجرای فعالیت توسط نیروی انسانی

فعالیت / نیروی انسانی	A	B	C	D	E	F	G
۱	■	■			■	■	
۲	■	■	■		■	■	■
۳			■	■	■		
۴		■	■	■	■	■	■
۵	■	■		■	■	■	
۶	■			■			■
۷		■			■		
۸	■		■			■	
۹		■	■	■			■

همچنین زمان و هزینه انجام هر یک از فعالیت‌ها توسط هر یک از نیروهای انسانی به ترتیب در جدول (۶) و (۷) گزارش شده است.

جدول (۶): زمان اجرای فعالیت‌ها توسط نیروی انسانی (روز)

فعالیت / نیروی انسانی	A	B	C	D	E	F	G
۱	۷	۱۰			۸	۱۳	
۲	۵	۷	۴		۵	۹	۸
۳			۶	۸	۸		
۴		۷	۴	۶	۵	۱۲	۷
۵	۵	۱۰		۷	۷	۱۲	
۶	۹			۹			۱۱
۷		۱۱			۱۰		
۸	۹		۶			۱۳	
۹		۱۰	۷	۸			۱۰

جدول شماره (۷): هزینه اجرای فعالیت‌ها توسط نیروی انسانی (هزار تومان)

فعالیت / نیروی انسانی	A	B	C	D	E	F	G

www.SID.ir

Archive

۱	۳۵۰۰	۴۲۰۰			۴۸۰۰	۳۸۰۰	
۲	۴۵۰۰	۵۵۰۰	۵۱۰۰		۶۰۰۰	۵۲۰۰	۴۴۰۰
۳			۴۳۰۰	۳۵۰۰	۵۰۰۰		
۴		۵۰۰۰	۵۵۰۰	۴۸۰۰	۶۰۰۰	۴۵۰۰	۵۰۰۰
۵	۴۵۰۰	۴۲۰۰		۴۰۰۰	۵۵۰۰	۴۵۰۰	
۶	۳۰۰۰			۳۸۰۰			۳۵۰۰
۷		۳۵۰۰			۴۰۰۰		
۸	۳۰۰۰		۴۰۰۰			۳۲۰۰	
۹		۴۲۰۰	۴۱۰۰	۳۵۰۰			۴۰۰۰

پس از ارائه زمان و هزینه مربوط به فعالیت‌ها، در ادامه میزان شایستگی هر یک از نیروهای انسانی در هر معیار مشخص شده و در جدول (۸) مشخص گردیده است. همانطورکه اشاره گردید پس از شناسایی و وزن‌دهی معیارهای شایستگی در نهایت ۷ معیار با بیشترین وزن انتخاب گردیده‌اند. لازم بذکر است بیشترین امتیاز شایستگی تخصیص یافته به نیروی انسانی معادل ۱۰ بوده است. همچنین میزان شایستگی مورد انتظار برای هر یک از فعالیت‌های پروژه در جدول (۹) گزارش شده است.

جدول (۸): میزان شایستگی نیروی انسانی

نیروی انسانی / معیار		۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹
توانایی رهبری		۸	۸	۶	۱۰	۹	۴	۵	۷	۹
تعهد به نتیجه		۹	۷	۸	۸	۶	۵	۳	۶	۶
تعهد		۸	۱۰	۷	۹	۸	۷	۴	۸	۹
وظیفه تیمی		۵	۸	۶	۷	۹	۵	۲	۶	۸
انتخاب تصمیم مناسب در شرایط بحرانی		۹	۹	۸	۱۰	۵	۶	۴	۸	۷
مدیریت چالش		۶	۹	۹	۹	۱۰	۵	۴	۵	۸
برنامه ریزی استراتژیک		۸	۷	۶	۸	۸	۷	۵	۹	۹

جدول شماره (۹): میزان شایستگی مورد انتظار فعالیت‌ها

فعالیت / معیار	A	B	C	D	E	F	G
توانایی رهبری	۹	۸	۸	۹	۷	۸	۵
تعهد به نتیجه	۸	۹	۸	۸	۶	۷	۷
تعهد	۱۰	۱۰	۷	۱۰	۸	۹	۶
وظیفه تیمی	۸	۸	۹	۹	۹	۷	۸
انتخاب تصمیم مناسب در شرایط بحرانی	۹	۹	۸	۷	۶	۹	۷
مدیریت چالش	۷	۸	۷	۹	۱۰	۸	۶
برنامه ریزی استراتژیک	۸	۸	۶	۶	۸	۷	۸

همانطورکه اشاره گردید در این مطالعه از رویکرد برنامه‌ریزی آرمانی برای حل مدل چند هدفه استفاده شده است. بدین منظور ضریب اهمیت توابع هدف و مقادیر مورد انتظار توابع هدف در جدول (۱۰) گزارش شده است.

جدول شماره (۱۰): مقادیر پارامترهای مدل آرمانی

پارامتر	مقدار	پارامتر	مقدار

www.SID.ir

Archive

ضریب اهمیت تابع هدف زمان	۰.۳	زمان تکمیل مورد انتظار پروژه	۲۹
ضریب اهمیت تابع هدف هزینه	۰.۳	هزینه اجرای مورد انتظار پروژه	۲۴۵۰۰۰۰۰
ضریب اهمیت تابع هدف تعداد نیروی انسانی	۰.۲	تعداد نیروی انسانی تخصیصی مورد انتظار	۳
ضریب اهمیت تابع هدف شایستگی نیروی انسانی	۰.۲	میزان اختلاف از شایستگی مورد انتظار	۱۰

۳- تحلیل نتایج

۳-۱-طراحی الگوریتم ژنتیک برای مسئله پیشنهادی

به منظور حل مدل پیشنهادی یک الگوریتم ژنتیک توسعه داده شده است. از اینرو در این بخش، نحوه تنظیم پارامترهای الگوریتم پیشنهادی ارائه خواهد شد. بدین منظور مطابق جدول (۱۱) مقادیر مختلفی بازای هر پارامتر در نظر گرفته شده است.

جدول شماره (۱۱): مقادیر پارامترهای الگوریتم ژنتیک

پارامتر	تعریف	مقادیر		
Npop	تعداد جمعیت اولیه	۵۰	۸۰	۱۰۰
Max_iteration	تعداد نسل ها (تکرار)	۱۰۰	۲۰۰	۳۰۰
Cross_rate	نرخ عملگر تقاطع	۰.۶	۰.۸	۰.۹
Mut_rate	نرخ عملگر جهش	۰.۴	۰.۲	۰.۱

پس از تنظیم پارامتر و تعیین مقادیر مربوط به پارامترهای الگوریتم، مسئله نمونه در نرم‌افزار MATLAB پیاده‌سازی شده است. مقادیر مربوط به توابع هدف و میزان انحراف هر یک از آنها در جدول (۱۲) گزارش شده است. به منظور نرمال‌سازی نتایج بدست آمده، مقادیر اختلاف بدست آمده را بر مقدار مورد انتظار تقسیم کرده و مقادیر نرمال می‌گردند بدین صورت که هر چه این مقادیر به عدد صفر نزدیک‌تر باشند یعنی اختلاف از مقادیر مورد انتظار کمتر می‌باشد.

جدول شماره (۱۲): مقادیر تابع هدف، میزان اختلاف و مقادیر نرمال

تابع هدف	مقدار	اختلاف از مقدار مورد انتظار	مقدار نرمال شده
زمان	۳۲	۳	۰.۱
هزینه	۲۸۲۰۰۰۰۰	۳۷۰۰۰۰۰	۰.۱۵
تعداد نیروی انسانی	۴	۱	۰.۳۳
میزان اختلاف از شایستگی	۸.۷۹	۱.۲۱	۰.۱۲

همانطورکه در جدول (۱۳) مشاهده می‌شود ستون دوم مقادیر هر یک از توابع هدف را نشان می‌دهد. ستون سوم میزان اختلاف از مقدار مورد انتظار که در جدول (۱۰) بیان شده بود را نشان می‌دهد. ستون اخر نیز مقدار نرمال شده اختلاف را بیان می‌کند. با توجه به نتایج بدست آمده از جدول (۱۳) و ضریب اهمیت توابع هدف مطابق جدول (۱۰)، مقدار آرمانی مسئله برابر با ۱۱۱۰۰۰۱ شده است. با توجه به مقادیر نرمال شده میزان تابع هدف آرمانی برابر با ۰.۱۶۵ خواهد شد.

۳-۲- اعتبارسنجی الگوریتم ژنتیک پیشنهادی

به منظور بررسی صحت الگوریتم ژنتیک پیشنهادی، مسئله ارائه شده که در بخش قبل توسط الگوریتم ژنیتک حل شده، در این بخش بصورت دقیق توسط نرم‌افزار GAMS حل شده و نتایج آن مورد مقایسه قرار گرفته و در جدول (۱۳)گزارش شده است.

جدول شماره (۱۳): مقایسه جواب بدست آمده از حل دقیق و فراابتکاری

www.SID.ir

Archive

تابع هدف	جواب بدست آمده از حل دقیق توسط GAMS			جواب بدست آمده توسط الگوریتم ژنتیک			میزان انحراف (٪)
	مقدار	اختلاف از مقدار مورد انتظار	مقدار نرمال شده	مقدار	اختلاف از مقدار مورد انتظار	مقدار نرمال شده	
زمان	۳۱	۲	۰.۰۷	۳۲	۳	۰.۱	۰.۴
هزینه	۲۶۸۰۰۰۰۰	۲۳۰۰۰۰۰	۰.۰۹	۲۸۲۰۰۰۰۰	۳۷۰۰۰۰۰	۰.۱۵	۰.۷
تعداد نیروی انسانی	۴	۱	۰.۳۳	۴	۱	۰.۳۳	۰
میزان اختلاف از شایستگی	۸.۹۲	۱.۰۸	۰.۱۱	۸.۷۹	۱.۲۱	۰.۱۲	۰.۱

همانطورکه در جدول (۱۳) نشان داده شده میزان اختلاف جواب بدست آمده از دو روش برای توابع هدف کمتر از یک درصد بوده است که حاکی از عملکرد مناسب الگوریتم فرااابتکاری داشته است. در ادامه برای بررسی کارایی الگوریتم پیشنهادی چند مسئله در ابعاد بزرگ طراحی شده و با استفاده از الگوریتم ژنتیک حل شده است.

۳-۳- حل مسئله در ابعاد بزرگ

به منظور بررسی قابلیت حل مسئله در ابعاد بزرگ توسط الگوریتم پیشنهادی، چند مسئله بصورت تصادفی تولید و حل شده است. نحوه تولید پارامترهای مسئله در جدول (۱۴) ارائه شده است.

جدول شماره (۱۴): نحوه تولید مسائل نمونه

پارامتر	بازه تولید
تعداد نیروی انسانی	۲۰-۵
تعداد فعالیت	۳۰-۱۰
زمان فعالیت (روز)	۱۵-۵
هزینه فعالیت (هزار تومان)	۷۰۰-۳۰۰

براساس مقادیر در نظر گرفته شده برای هر یک از پارامترها، چند نمونه مسئله در ابعاد بزرگ تولید و توسط الگوریتم ژنتیک پیشنهادی حل شده که در جدول (۱۵) گزارش شده است.

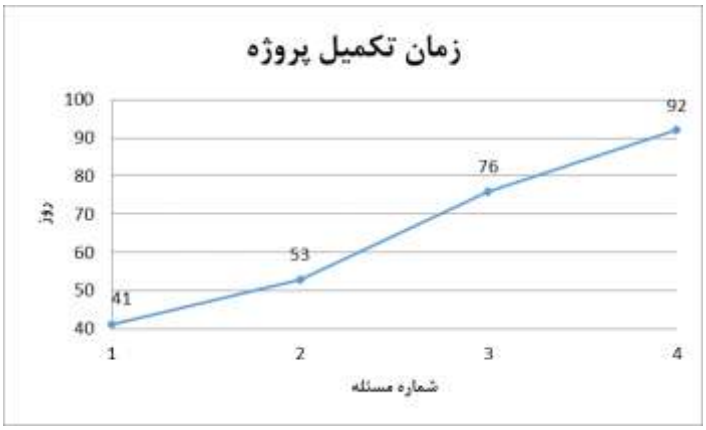
جدول شماره (۱۵): نحوه تولید مسائل نمونه

شماره مسئله	تعداد نیروی انسانی	تعداد فعالیت	مقادیر تابع هدف			
			Z_1	Z_2	Z_3	Z_4
۱	۵	۱۰	۴۱	۳۰۴۷۵۰۰۰	۴	۱۳.۲۴
۲	۱۰	۱۵	۵۳	۳۷۶۰۲۰۰۰	۷	۱۶.۰۴
۳	۱۵	۲۰	۷۶	۵۱۳۶۰۰۰۰	۱۱	۱۹.۵۶
۴	۲۰	۳۰	۹۲	۶۷۸۴۵۰۰۰	۱۴	۲۳.۷۳

همانطورکه در جدول (۱۶) نشان داده شده، الگوریتم پیشنهادی قابلیت حل مسئله در ابعاد مختلف را داشته است. در ادامه روند تغییر بهترین مقادیر توابع هدف به ازای تغییر ابعاد مسئله نشان داده شده است. شکل (۱) روند تغییر مدت زمان اجرای پروژه را براساس افزایش ابعاد مسئله نشان می‌دهد. همانطورکه مشاهده می‌شود هر چه تعداد فعالیت‌ها افزایش یافته، زمان تکمیل پروژه نیز افزایش یافته است که این روند نشان‌دهنده عملکرد صحیح الگوریتم پیشنهادی می‌باشد.

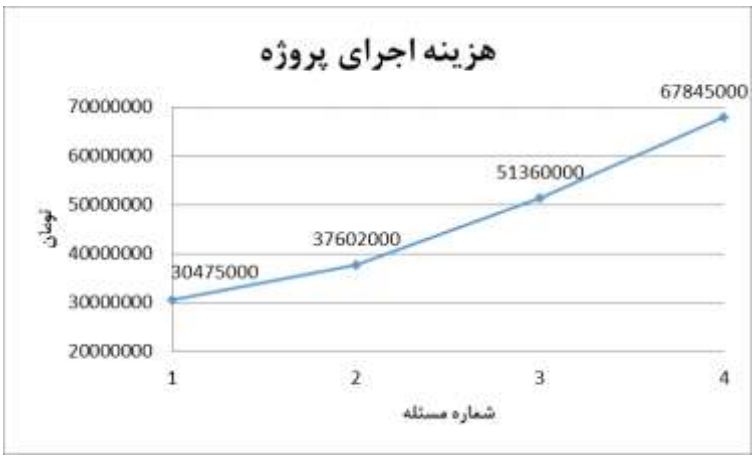
www.SID.ir

Archive



شکل شماره (۱): روند تغییر تابع هدف زمان

در ادامه روند تغییر تابع هدف حداقل‌سازی هزینه اجرای پروژه نیز مورد بررسی قرار گرفته است. مطابق شکل (۲) مشاهده می‌گردد که با افزایش تعداد فعالیت‌ها و همچنین تعداد نیروی انسانی بکار گرفته شده، مجموع هزینه‌های پروژه افزایش یافته است.

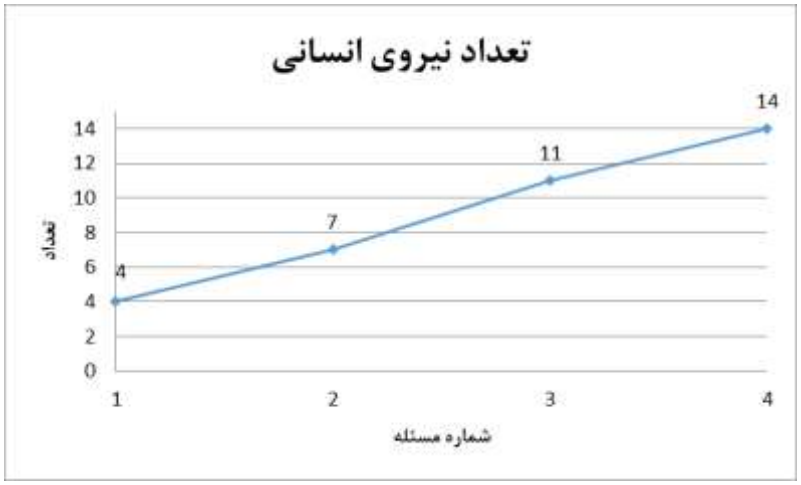


شکل شماره (۲): روند تغییر تابع هدف هزینه

همچنین شکل (۳) روند تغییر تابع هدف تعداد نیروی انسانی مورد نیاز را نشان می‌دهد که با افزایش تعداد فعالیت‌ها تعداد نیروی بکار رفته هم افزایش یافته است.

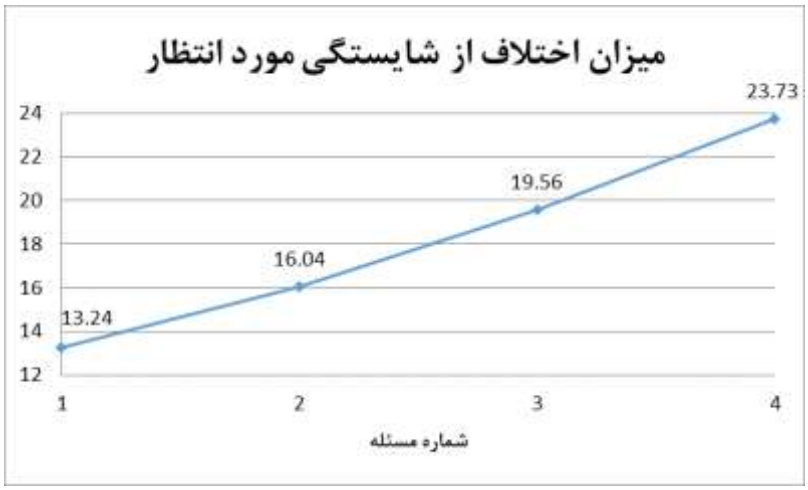
www.SID.ir

Archive



شکل شماره (۳): روند تغییر تابع هدف تعداد نیروی انسانی

در نهایت روند تغییر تابع هدف حداقل‌سازی اختلاف میزان شایستگی مورد انتظار ارزیابی گردیده است. در این حالت نیز مشاهده گردیده با افزایش تعداد نیروی انسانی و تعداد فعالیت‌ها، تخصیص نیروها به فعالیت‌ها دارای پیچیدگی بیشتری شده و تخصیص آنها به سادگی امکان‌پذیر نمی‌باشد. از این‌رو ممکن است اختلاف از شایستگی مورد انتظار با افزایشی روبرو گردد که این امر در شکل (۴) نشان داده شده است.



شکل شماره (۴): روند تغییر تابع هدف میزان اختلاف از شایستگی مورد انتظار

۴- نتیجه‌گیری

در این تحقیق یک مدل برنامه‌ریزی ریاضی غیرخطی عدد صحیح مختلط برای مسئله تخصیص نیروی انسانی به فعالیت‌های پروژه با در نظر گرفتن سطوح شایستگی ارائه گردید. در این مطالعه چهار هدف زمان تکمیل پروژه، هزینه اجرای پروژه، تعداد نیروی انسانی و میزان اختلاف از شایستگی مورد انتظار مدنظر قرار گرفته است. بدین منظور از رویکرد برنامه‌ریزی آرمانی برای حل مسئله استفاده شده است طوریکه برای هر هدف یک مقدار مودر انتظار در نظر گرفته شده و سعی می‌شود مقادیر بدست آمده از مقادیر مورد انتظار کمترین اختلاف را داشته باشند. به منظور حل مدل پیشنهادی، یک مسئله نمونه در ابعاد کوچک طراحی شده و از الگوریتم فراابتکاری ژنتیک برای حل آن استفاده شد. همچنین چند مسئله در ابعاد بزرگ طراحی شده و توسط الگوریتم فراابتکاری پیشنهادی حل گردیده است. نتایج حاکی از صحت عملکرد الگوریتم پیشنهادی در حل مسئله در دنیای واقعی در ابعاد مختلف می‌باشد.

www.SID.ir

Archive

مراجع

1. Hamidreza Maghsoudlou , Behrouz Afshar-Nadjafi , Seyed Taghi Akhavan Niaki, (2016), *A multi-objective invasive weeds optimization algorithm for solving multi-skill multi-mode resource constrained project scheduling problem*, Computer & Chemical Engineering, Vol.88, pp.157-169.
2. Batarlienė, Nijolė et al. (2017), *The Impact of Human Resource Management on the Competitiveness of Transport Companies*, Procedia Engineering, Vol. 187, pp. 110–16.
3. Taheri Amiri, M. J., Haghighi, F., Eshtehardian, E., Hematian, M., Kordi, H., (2017), *Optimization of Time and Costs in Critical Chain Method Using Genetic Algorithm* , Journal of Engineering and Applied Sciences, Vol 12, No 4, 871-876.
4. Taheri Amiri, M. J., Haghighi, F., Eshtehardian, E., Abessi, O., (2017), *Optimization of Time, Cost, and Quality in Critical Chain Method Using Simulated Annealing*, International Journal of Engineering, Vol. 30, No. 5, PP. 705-713.
5. Lian, Jie, ChenGuang Liu, WenJuan Li, and Yong Yin., (2018), *A Multi-Skilled Worker Assignment Problem in Seru Production Systems Considering the Worker Heterogeneity*, Computers & Industrial Engineering, Vol. 118, pp. 366–382.
6. Taheri Amiri, M. J., Haghighi, F., Eshtehardian, E., Abessi, O., (2019), *Time-Cost-Quality trade off in Critical Chain Method with multi mode activities by Multi Objective Particle Swarm Optimization*, Journal of Structural and Construction Engineering, Vol. 6, No. 1, pp. 134-154 (in persian).
7. Liu, R., Liu, M., Chu, F., Zheng, F., Chu, C., (2020), *Eco-friendly multi-skilled worker assignment and assembly line balancing problem*, Computers & Industrial Engineering (In press).
8. Heimerl, C., and Kolisch, R., (2010),*Scheduling and staffing multiple projects with a multi-skilled workforce*, Operation Research Spectrum, Vol. 32, pp. 343-368.
9. Ballesteros-Pérez, P., González-Cruz, M.C., and Fernández-Diego, M., (2012), *Human resource allocation management in multiple projects using sociometric techniques*, International Journal of Project Management, Vol. 30, pp. 901-913.
10. Chen, Jun-jie, Zhu, Jiang-li, Zhang, Ding-ning, (2014),*Multi-project Scheduling Problem with Human Resources Based on Dynamic Programming and Staff Time Coefficient*, International Conference on Management Science & Engineering.
11. Bohlouli, Mahdi et al. (2017), *Competence Assessment as an Expert System for Human Resource Management: A Mathematical Approach*, Expert Systems with Applications, Vol. 70, pp. 83–102.
12. Bernardo F. Almeida , Isabel Correia , Francisco Saldanha-da-Gama, (2016), *Priority-based heuristics for the multi-skill resource constrained project scheduling problem*, Expert Systems with Applications, Vol.57, pp.91-103.
13. Kianto, Aino, Josune Sáenz, and Nekane Aramburu, (2017), *Knowledge-Based Human Resource Management Practices, Intellectual Capital and Innovation*, Journal of Business Research,Vol. 81, pp. 11–20.
14. Taheri Amiri, M. J., Haghighi, F., Eshtehardian, E., Abessi, O., (2018), *Multi-project time-cost optimization in critical chain with resource constraints*, KSCE Journal of Civil Engineering, Vol. 12, No. 10, PP. 3738-3752.
15. Berk, Lauren, Dimitris Bertsimas, Alexander M. Weinstein, and Julia Yan, (2019), *Prescriptive Analytics for Human Resource Planning in the Professional Services Industry*, European Journal of Operational Research, Vol.272, No. 2, pp. 636-641.
16. Mboula, J., Kamla, V., Djamegni, C., (2020), *Cost-time trade-off efficient workflow scheduling in cloud*, Simulation Modelling Practice and Theory, Vol. 103, 102107.

www.SID.ir