

مهندسی مدیریت ساخت

شماره شاپا : ۲۵۷۸-۲۵۳۸

- تعیین چارچوبی برای مهمترین عوامل حادثه ساز در گودبرداری های شهری در قالب توسعه پایدار به روش دلفی
کیوان زندیه، امیر حسین حاجی بابایی
- افزایش بهره‌وری مدیریت منابع انسانی در پروژه‌های ساخت بر اساس استاندارد PMBOK
حسین قربانی، محسن الویری، سمانه جدلی
- زمان بندی پروژه با منابع محدود
کیانا احقری
- بازسازی و نوسازی ساختمان های مسکونی فرسوده با تمرکز بر عوامل مؤثر در پایداری اجتماعی
روح اله طاهرخانی، میترا لطفی
- شبکه های بیزین، رویکردی نوین برای مدل سازی عدم قطعیت ها در مدیریت پروژه های ساخت
کیازاد عباس نژاد، رامین انصاری
- نقش مصالح در ساختمان های سبز : شناسایی ریسک ها و موانع
توران کریمایی، فائزه طاهرخانی، شادی معتمدی

Journal of Engineering & Construction Management



Volume 5 , Number 1
Spring 2020

ISSN : 2538-2578

- **Establishment of a framework based on sustainable development for key incident-causing factors in urban excavation incidents using Delphi method**
Keivan Zandieh, Amirhossein Hajibabaei
- **Increasing human resource management productivity in construction projects based on PMBOK**
Hossein Ghorbani, Mohsen Alviri, Samaneh Jadali
- **Project scheduling with limited resources**
Kiana Ahghari
- **Reconstruction and renovation of worn-out residential buildings focusing on the contributory factors of social sustainability**
Roohollah Taherkhani, Mitra Lotfi
- **Bayesian network, a new method for modeling uncertainty in construction project management**
Kiazad Abbasnezhad, Ramin Ansari
- **The role of materials in green buildings: identifying risks and barriers**
Turan Karimayi, Faezeh Taherkhani, Shadi Motamedi

اللَّهُ الرَّحْمَنُ الرَّحِيمُ

فصلنامه پژوهشی مهندسی و مدیریت ساخت

شماره شاپا : ۲۵۷۸-۲۵۳۸

مهندسی و مدیریت ساخت

صاحب امتیاز و مدیر مسئول : دکتر روح اله طاهرخانی
سر دبیر : دکتر محمدعلی نکوئی
دبیر تخصصی : دکتر مرتضی فیروزی
مدیر اجرایی : مهندس فائزه طاهرخانی

اعضای هیئت تحریریه :

دکتر رضا ضیائی موید	استاد دانشگاه بین المللی امام خمینی (ره) قزوین
دکتر عباس رصافی	استاد دانشگاه بین المللی امام خمینی (ره) قزوین
دکتر علی عبدی کردانی	دانشیار دانشگاه بین المللی امام خمینی (ره) قزوین
دکتر مهدی روانشادنیا	دانشیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم تحقیقات تهران
دکتر روح اله طاهرخانی	استادیار دانشگاه بین المللی امام خمینی (ره) قزوین
دکتر مهدی مهدی خانی	استادیار دانشگاه بین المللی امام خمینی (ره) قزوین
دکتر رامین انصاری	استادیار دانشگاه بین المللی امام خمینی (ره) قزوین
دکتر محمد علی نکوئی	استادیار دانشگاه صنعتی مالک اشتر تهران
دکتر حمیدرضا عباسیان جهرمی	استادیار دانشگاه صنعتی خواجه نصیر الدین طوسی
دکتر سعید بنی هاشمی	استادیار دانشگاه کانبرا استرالیا
دکتر علی کیوانفر	استادیار دانشگاه ایالتی کنزائو
دکتر مرتضی فیروزی	استادیار دانشگاه البرز

همکاران اجرایی : نجمه هاشم پور، امیرحسین حاجی بابایی، شادی معتمدی، کیمیا آرام
صفحه آرائی و طراحی : مریم حدادی
ویراستار فارسی : زهرا شعرباغچی زاده
ویراستار انگلیسی : سمیه میرزابابایی

نشانی : تهران، خیابان دماوند، میدان امامت، خیابان شهید تیموری فر، پلاک ۱۹۳، واحد ۳، کدپستی ۱۷۴۳۶۹۵۳۸۱
تلفن و نمابر : ۰۲۱۷۷۴۲۸۰۰۶
وبگاه : www.jecm.ir
رایانامه : info@jecm.ir

Journal of Engineering & Construction Management

ISSN : 2538-2578

Director-in-Charge : Dr. Roohollah Taherkhani
Editor-in-Chief : Dr. Mohammad Ali Nekooie
Associate Editor : Dr. Morteza Firouzi
Administration Manager : Faezeh Taherkhani



Editorial Board :

Dr. Reza Ziyae Moayed	Prof. at Imam Khomeini International University (IKIU)
Dr. Abbas Rassafi	Prof. at Imam Khomeini International University (IKIU)
Dr. Ali Abdi Kordani	Assoc. Prof. at Imam Khomeini International University (IKIU)
Dr. Mehdi Ravanshadnia	Assoc. Prof. at Islamic Azad University (Tehran Branch)
Dr. Roohollah Taherkhani	Assist. Prof. at Imam Khomeini International University (IKIU)
Dr. Mahdi Mahdikhani	Assist. Prof. at Imam Khomeini International University (IKIU)
Dr. Ramin Ansari	Assist. Prof. at Imam Khomeini International University (IKIU)
Dr. Mohammad Ali Nekooie	Assist. Prof. at Malek Ashtar University of Technology
Dr. Hamidreza Abbasianjahromi	Assist. Prof. at K. N. Toosi University of Technology (KNTU)
Dr. Saeed Banihashemi	Assist. Prof. at University of Canberra
Dr. Ali Keyvanfar	Assist. Prof. at Kennesaw State University
Dr. Morteza Firouzi	Assist. Prof. at Alborz University

Journal Colleagues : Najmeh Hashempour, Amirhossein Hajibabaei, Shadi Motamedi, Kimiya Aram
Layout and design : Maryam Haddadi
Persian editor : Zahra Sharbafchizadeh
English editor : Somayeh Mirzababayi

Address : Unit. 3, No. 193, Teymurifar St., Emamat Sq., Damavand St., Tehran, Iran, 1743695381
Tel & Fax : +9821-77428006
Site : www.jecm.ir
Email : info@jecm.ir

فهرست

۱-۸	تعیین چارچوبی برای مهمترین عوامل حادثه ساز در گودبرداری های شهری در قالب توسعه پایدار به روش دلفی کیوان زندیه، امیر حسین حاجی بابایی
۹-۱۷	افزایش بهره‌وری مدیریت منابع انسانی در پروژه‌های ساخت بر اساس استاندارد PMBOK حسین قربانی، محسن الویری، سمانه جدلی
۱۸-۲۵	زمان بندی پروژه با منابع محدود کیانا احقری
۲۶-۳۴	بازسازی و نوسازی ساختمان های مسکونی فرسوده با تمرکز بر عوامل مؤثر در پایداری اجتماعی روح اله طاهرخانی، میترا لطفی
۳۵-۴۴	شبکه‌های بیزین، رویکردی نوین برای مدل سازی عدم قطعیت ها در مدیریت پروژه‌های ساخت کیازاد عباس نژاد، رامین انصاری
۴۵-۵۶	نقش مصالح در ساختمان های سبز : شناسایی ریسک ها و موانع توران کریمایی، فائزه طاهرخانی، شادی معتمدی



Content

Establishment of a framework based on sustainable development for key incident-causing factors in urban excavation incidents using Delphi method Keivan Zandieh, Amirhossein Hajibabaei	1-8
---	-----

Increasing human resource management productivity in construction projects based on PMBOK Hossein Ghorbani, Mohsen Alviri, Samaneh Jadali	9-17
---	------

Project scheduling with limited resources Kiana Ahghari	18-25
---	-------

Reconstruction and renovation of worn-out residential buildings focusing on the contributory factors of social sustainability Roohollah Taherkhani, Mitra Lotfi	26-34
---	-------

Bayesian network, a new method for modeling uncertainty in construction project management Kiazad Abbasnezhad, Ramin Ansari	35-44
---	-------

The role of materials in green buildings: identifying risks and barriers Turan Karimayi, Faezeh Taherkhani, Shadi Motamedi	45-56
--	-------

Establishment of a framework based on sustainable development for key incident-causing factors in urban excavation incidents using Delphi method

Keivan Zandieh *

M Sc. Graduate, Department of Civil Engineering, Karaj Islamic Azad University, Karaj, Iran

Amirhossein Hajibabaei

B. Eng. in Civil Engineering, Imam Khomeini International University (IKIU), Qazvin, Iran

*Corresponding author's email address:
k1zandie@gmail.com

تعیین چارچوبی برای مهمترین عوامل حادثه ساز در گودبرداری های شهری در قالب توسعه پایدار به روش دلفی

کیوان زندیه*

کارشناسی ارشد، گروه مهندسی عمران، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد کرج، کرج

امیر حسین حاجی بابایی

کارشناسی مهندسی عمران، دانشگاه بین المللی امام خمینی (ره)، قزوین

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۱/۱۹، تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۲/۰۱

Abstract

Increasing population and high land value have led to an increasing need for taller buildings. In this regard, with the need to excavate deeper to provide more parking spaces, the number of deep excavations is increasing. Observing safety issues in reducing excavation incidents is a matter with a long history. In this article, the factors and risks involved in excavation-related incidents have been identified using the Delphi method. In this method, first in the first round, a group of experienced experts is formed who are fully familiar with the technical issues of excavation and its incidents, and then by identifying the factors and risks in the existing literature, a Delphi method questionnaire is prepared and distributed in the second round. Finally, the main effective risks in excavation incidents, according to the opinions of the team of the experts, have been prioritized in the sustainable development framework and 5 factors have been identified as the key factors.

Keywords

Excavation incidents, accident-causing factors, risk assessment, risk prioritization, Delphi method

چکیده

افزایش جمعیت و ارزش بالای زمین باعث نیاز روزافزون به ساختمانهای بلندتر شده است. در این راستا با نیاز به حفر گودهایی عمیقتر برای تامین پارکینگ، تعداد گودبردهای عمیق در حال افزایش میباشد. رعایت مسائل ایمنی در کاهش حوادث گودبرداری موضوعی با پیشینه گسترده است. در این مقاله به شناسایی عوامل و ریسکهای دخیل در ایجاد حوادث مرتبط به گودبرداری با استفاده از روش دلفی پرداخته شده است. در این روش ابتدا در دور اول یک گروه تخصصی مجرب که آشنایی کامل به مسائل فنی گودبرداری و حوادث آن دارند، تشکیل شده است و سپس با شناسایی عوامل و ریسکها در ادبیات موجود، پرسشنامه روش دلفی تهیه و در دور دوم بین اعضای گروه تخصصی توزیع شده است و در نهایت ریسکهای اصلی موثر در حوادث گودبرداری در قالب توسعه پایدار، با توجه به نظرات تیم کارشناسی، اولویت بندی و ۵ عامل بعنوان مهمترین عوامل موثر شناخته شده اند.

کلمات کلیدی

حوادث گودبرداری، عوامل حادثه ساز، ارزیابی ریسک، اولویت بندی ریسک ها، روش دلفی



5 (1), 2020

دوره ۵، شماره ۱

بهار ۱۳۹۹

فصلنامه پژوهشی



است: نزدیک ۴۱ درصد پاسخ دهندگان اذعان داشته اند که یک ریزش گود در یکی از کارهایشان تجربه کرده اند. از این گروه، ۲۹/۴ درصد صدمه یا کشته شدن افرادی در این ریزش ها را تایید کرده اند [۲]. بر اساس تحلیل سامانه اطلاعاتی تامین دیه کارگران در سازمان آماری کار در آمریکا (BLS)، حدود ۱۰۰۰ مورد از صدمات کارگران به طور سالانه مربوط کارهای گودبرداری است، از این تعداد، حدود ۱۴۰ مورد از کارافتادگی دائم و ۷۵ مورد مرگ گزارش شده است [۳]. تلفات سایت های ساخت مترو و تونل در طی سالهای ۱۹۹۳-۱۹۹۷ که توسط بخشهای دولت کشور کره پشتیبانی می شدند، ۸۳ درصد از کل تلفات صنعت ساخت و ساز را در بر می گیرد [۴]. بر اساس آمار سازمان ایمنی و سلامت شغلی (OSHA)، نرخ

۱- مقدمه

با توجه به گستردگی عملیات عمرانی و ساختمانی، این صنعت در بیشتر کشورهای جهان در صدر فعالیت های حادثه ساز قرار دارد. وجود خطرات و عوامل حادثه ساز گوناگون در کارگاه های ساختمانی، این صنعت را به یکی از مخاطره آمیزترین صنایع در دنیا تبدیل کرده است [۱]. علاوه بر این، تلفات و صدمات کارهای گودبرداری همواره صنعت ساختمان را مورد تهدید قرار میدهند. در حالی که آمارهای دقیق و کاملی از تعداد واقعی تلفاتی که در حوادث گودبرداری رخ میدهد، در دسترس نیست. یافته های آمارگیری که توسط "دنیای تجهیزات" در سال ۱۹۹۸ صورت گرفته است نشانگر آمارهای ذیل

تلفات حوادث حفاری و گودبرداری ۱۱۲ درصد بیشتر از کلیه حوادث ساخت و ساز می باشد. سازمان ملی ایمنی و سلامت شغلی (NIOSH) اعلام کرده است که حوادث حفاری و گودبرداری ۱ درصد همه تلفات شغلی و حداقل ۱۰۰۰ صدمه منجر به از کارافتادگی را به صورت سالیانه در ایالات متحده، شامل می شوند [۵]. علاوه بر احتمال دفن شدن در ریزشها هنگام حفاریها، همچنین ممکن است کارگران در شرایطی از قبیل: غرق شدن در آب و فاضلاب، قرار گرفتن در معرض گازهای خطرناک یا کمبود اکسیژن، سقوط از ارتفاع، سقوط تجهیزات و مصالح، تماس با کابل های فشار قوی، آسیب ببیند و یا کشته شوند [۲].

۲- پیشینه تحقیق

مطالعات بسیاری دلایل ایجاد حوادث را به طور کلی در صنعت ساخت و ساز مورد بررسی قرار داده اند (Kenneth). و همکارش در سال ۱۹۸۷، دلایل ریزش سازه را به صورت اختصاصی در ساخت و ساز، هدف قرار داده اند. آنها به طور کلی علل ریزش سازه را در ۶ گروه شامل: خطا در انتخاب محل و گسترش محل کار، ایراد در برنامه ریزی، خطا در طراحی، خطا در ساخت (گودبرداری در این دسته قرار گرفته است)، مشکلات مصالح، خطا در اجرا، دسته بندی کرده اند (Hinze). [5] و همکاران در سال ۱۹۹۸، در جستجوی علل ریشه ای صدمات در ساخت و ساز، با پیشنهاد به (OSHA) برای شفافسازی بیشتر در دسته بندی حوادث، ۲۰ گروه علل ممکن حوادث را بعنوان جایگزین دسته بندی ۵ بخشی سنتی شامل: سقوط، برخورد با اجسام، شک الکتریکی، گیر افتادن درون و بین اجسام، معرفی نموده اند [۶].

مقاله دیگری که در جستجوی علل ریشه ای صدمات در ساخت و ساز توسط عبدالحمید در سال ۲۰۰۰ به نگارش در آمده است، روش (ARCTM) را مبنای کار قرار داده است. بر اساس این روش، سه علل اصلی عواملی شامل: عدم شناسایی موقعیت خطرناک که قبل از شروع فعالیت نیز وجود داشته است، یا پس از آغاز فعالیت، شکل گرفته است؛ تصمیم بر ادامه کار علیرغم شناسایی موقعیت غیرایمن توسط کارگر؛ تصمیم به اقدام غیرایمن علیرغم عدم وجود شرایط اولیه لازم در محیط کار؛ شناخته شده اند. علاوه بر این، آنها اشاره داشته اند که ۴ دلیل اصلی وجود موقعیت های غیرایمن شامل: اقدامات/عدم اقدام مدیریت، اقدامات غیرایمن کارگران، شرایط غیرمرتبط به عوامل انسانی، طبیعت و ذات سایت ساخت و ساز، می باشد [۷]. مقاله دیگری در سال ۲۰۰۴ توسط (Chua) و همکاران، مدل اصلاح شده علل تلفات (MLCM) را بکار گرفته است. در این مطالعه، مدل مذکور بر روی ۱۴۰ مورد حادثه واقعی برگرفته از بخش ایمنی شغلی وزارت نیروی انسانی سنگاپور، پیاده شده است [۸].

در سال ۲۰۰۵، مقاله (Haslam) و همکاران یافته های ۱۰۰ حادثه در ساخت و ساز مورد بررسی قرار داده است. درصد مشارکت عوامل کلیدی در حوادث در بریتانیا بدین صورت بیان شده است که مشکلات ناشی از تیم کار و یا کارگران در ۷۰ درصد حوادث، مشکلات ناشی از محل کار نیز در ۴۹ درصد، کمبود تجهیزات در ۵۶ درصد، مشکلات در تناسب و شرایط مصالح در ۲۷ درصد، و کوتاهی در مدیریت ریسک در ۸۴ درصد حوادث، مشاهده شده است [۹] (Ale).

و همکاران در سال ۲۰۰۸، با استفاده از روش واقعه سازی سعی داشته اند رویکردی کیفی در علل و عواقب حوادث در صنعت ساخت و ساز هلدن داشته باشند [۱۰] (Lopez). و همکاران در همین سال، حوادث صنعت ساخت و ساز اسپانیا را، با تحلیل جامع ۱،۶۳۰،۴۵۲ حادثه در بازه زمانی سالهای ۱۹۹۰-۲۰۰۰ مورد بررسی قرار داده اند [۱۱]. (Arquillos) و همکاران نیز همین کار را با تحلیل ۱،۱۶۳،۱۷۸ حادثه در بازه زمانی سالهای ۲۰۰۳-۲۰۰۸ انجام داده اند [۱۲].

(Nenonen) در سال ۲۰۱۳، حوادث شغلی فنلاند را در سالهای ۲۰۰۶-۲۰۰۷ برای تحلیل عوامل مربوط به لیز خوردن، و سقوط مورد بررسی قرار داده است [۱۳] (Irumba)، در سال ۲۰۱۴، با بررسی ۲۰۱ پروژه ساختمانی بزرگ در شهر کامپالا (اوگاندا) مهمترین علل حوادث را، سه عامل شامل: خطرات مرتبط به ماشین آلات، برخورد با اجسام در حال سقوط، و سقوط از ارتفاع، معرفی میکند [۱۴].

مقالاتی نیز به طور اختصاصی حوادث گودبرداری و حفاری را هدف قرار داده اند (Arboleda). و همکارش در سال ۲۰۰۴، ۲۹۶ گزارش مرتبط به حوادث حفاری و گودبرداری در OSHA را در بازه زمانی ۲۰۰۱-۱۹۹۷، مورد بررسی قرار داده اند. دو مدل جهت تحلیل این گزارشها برای یافتن رابطه بین (چگونه) و (چرا) رخ دادن حوادث و تلفات در حفاریها، بکار گرفته شده است. مدل اول روند فیزیکی کار، و مدل دوم دلایل مرتبط به رفتار انسان را مبنای کار قرار داده است [۱۵] (Jannadi). در سال ۲۰۰۸، با گردآوری اطلاعات از پیمانکاران تاسیسات عمومی شهری، ریسکهای همراه در کارهای حفاری آنها در کشور عربستان سعودی را مورد بررسی قرار داده است [۱۶].

با بررسی جامع ادبیات تحقیق مزبور، آشکار است که محققین در دو دیدگاه به تحقیقات پرداخته اند، برخی از محققین عوامل موثر در ایجاد حوادث گودبرداری ها، و برخی دیگر انواع حوادثی را که کارکنان پروژه با آنها مواجه بوده اند، مورد بررسی قرار داده اند. هدف این مقاله با توجه به آمارهای ارائه شده و اهمیت مسئله، یافتن مهم ترین عوامل موثر در ایجاد حوادث گودبرداری ها و اولویت بندی آنها بر اساس نظر متخصصین است. در همین راستا با بررسی ادبیات موجود در گام اول تعدادی از عوامل موثر در حوادث گودبرداری ها در ادبیات، شناسایی شده اند. در گام بعد پس از دسته بندی اولیه این عوامل، با بحث با متخصصین این حوزه، تعدادی از این عوامل تغییر یافتند و در دسته بندی متفاوتی قرار گرفتند. در نهایت با تنظیم پرسشنامه ای، درجه اهمیت هر یک از عوامل توسط متخصصین تعیین می شود.

۳- روش تحقیق

نام تکنیک دلفی از افسانه معبد آپولو (ارباب دلفی) در جزیره دلفی یونان گرفته شده که به پیشبینی و پیشگویی آینده مشهور بوده است. این تکنیک در ابتدا بر مبنای حدس، قضاوت و الهام افراد مطرح شد، اما بتدریج شکل علمی گرفت و اولین بار در اواخر دهه ۱۹۵۰ توسط ((Olaf Helmer, Norman Dalkey)) و ((T.J. Gordon)) در کمپانی RAND (RAND Corporation-Santa Monica, California) برای بررسی علمی نظرات کارشناسان در پروژه دفاعی ارتش آمریکا، طراحی و توسعه یافت اما به دلایل امنیتی تا ۱۲ سال بعد منتشر نگردید. اولین کاربرد غیرنظامی آن نیز در برنامه ریزی توسعه



5 (1), 2020

دوره ۵، شماره ۱

بهار ۱۳۹۹

فصلنامه پژوهشی

مهندسی مدیریت ساخت

تعیین چارچوبی برای مهمترین عوامل حادثه ساز در گودبرداری های شهری
در قالب توسعه پایدار به روش دلفی

اقتصادی پیشنهاد شد. در کل، دلفی، از نیمه دهه ۱۹۶۰ به عنوان یک روش مهم علمی شناخته شد و اکنون برای طیف گسترده ای از سوالات آینده محور و پیچیده، و در طیف گسترده ای از زمینه ها استفاده میشود. روش دلفی، همان اجماع کارشناسان روی مسئله ای خاص است. از این روش برای دستیابی به بهترین گزینه هنگامی که نظر افراد دیگر مهم است یا هرگاه که پیچیدگی مسئله به گونه ای است که نمیتوان از روشهای معمول، مسئله را حل کرد، استفاده میشود [۱۷-۲۰].

۳-۱- پیشینه روش دلفی

بیشتر مقالات پیرامون استفاده از روش دلفی، با استفاده از چند سری پرسش نامه انجام شده اند. گرچه، برخی از نویسندگان به امکان استفاده از این روش از طریق مصاحبه اشاره داشته اند یا از مصاحبه در مطالعات خود با استفاده از روش دلفی، بهره برده اند (نویسندگانی نظیر: Luck and de la Cruz et al 2008, Bendana et al., 2008, Rojas, 2010). در مطالعات مرتبط به ساخت و ساز، تعداد محدودی از روش Delphi بهره برده اند. بر اساس مرور جامع بر ادبیات تحقیق، طبق مصاحباتی که با محققین در زمینه مدیریت ساخت صورت پذیرفته است، و تجربه استفاده از این روش، نویسندگان متوجه شده اند که آگاهی و آشنایی کمی نسبت به این روش وجود دارد. همچنین عدم وجود راهنما و دستورالعمل شفافی در ادبیات تحقیق، جهت شفاف سازی نحوه کارکرد این روش در مرتبط کردن فاکتورهای مربوطه، در تحقیقات مدیریت ساخت، دلیلی دیگر بر کمبود استفاده از روش دلفی در مطالعات ساخت و ساز است. (Hollowel و Gambatese) در سال ۲۰۱۰، اشاره داشته اند که روش دلفی، استفاده وسیعی در مطالعات مهندسی و مدیریت ساخت نداشته است و در عین حال، تفاوت های وسیعی در کیفیت و رویکرد نسبت به روش مطالعاتی که این روش را بکار گرفته اند، مشاهده می شود. وجود یک دستورالعمل شفاف برای روش دلفی، به چند علت شامل: فهم نادرست از روند مناسب اجرای روش، پراکندگی بکارگیری در مطالعات ساخت و ساز، و عدم بیان توضیحات آشکار در ادبیات تحقیق، مورد نیاز است.

بردلی و همکارش در سال ۲۰۰۲، نشان داده اند که از روش دلفی در زمینه های وسیعی، از تحقیقات پزشکی تا مسائل تجاری استفاده شده است. (Gupta) و همکارش بکارگیری روش دلفی در گستره و تعداد وسیعی شامل: آموزش، مدیریت، کشاورزی، صنعت اتوموبیل، بانکداری، قوه قضاییه، اقتصاد، تحصیلات زیست محیطی، مسائل مالی، مراقبت فردی، املاک، بیمه، فروش، برنامه ریزی استراتژیک، گردشگری، حمل و نقل، و تاسیسات، را یافته اند. به طور کلی، دلفی برای دستیابی به هر هدفی با استفاده از تشکیل کمیته ای قابل استفاده است [۲۱].

۳-۱-۱- ویژگیها و نکات مهم روش دلفی

۱- علیرغم دستاوردهای کمی روش سنتی دلفی نظیر استفاده از پرسشنامه، این روش توسط چندین محقق از قبیل (Feret & Padel & Midmore & Marcinek, 1999)، ترجیحا بعنوان روشی کیفی شناخته شده است.

- ۲- در انتخاب و تعداد متخصصین، بطور معمول از تعداد متفاوتی استفاده شده است. با بررسی ادبیات موجود، تعداد مشخصی تعیین نگردیده است، گرچه برخی محققین از قبیل: (Hollowell & Gambatese, ۲۰۱۰)، تعداد حداقل ۷ یا ۸ متخصص را پیشنهاد میکنند [۲۱]. اما بطور معمول تعداد متخصصین بین یک تا ده نفر انتخاب میگردد [۲۲].
- ۳- تعداد دورهای روش دلفی نیز در مطالعات مختلف، متفاوت است اما با بررسی ادبیات برخی محققین از قبیل: (Luko & Rojas, ۲۰۱۰)، بر روی اینکه بیشتر یافته ها در دو دور بدست می آیند، اتفاق نظر داشته اند.
- ۴- مطالعات مدیریت ساخت اغلب روشهایی مثل پرسشنامه را بکار میگیرند. مشاهدات نشانگر کمتر شناخته شدن روش دلفی است که میتواند یکی از دلایل استفاده کم این روش در این حوزه است. پیشنهاد شده است که پتانسیل بالای این روش نادیده گرفته نشود [۲۱].

۳-۲- مراحل انجام شده روش دلفی در مطالعه حاضر

- ۱- تشکیل یک گروه تخصصی جهت فعالیت و نظارت بر انجام روش دلفی (اعضای این گروه از اساتید برجسته گروه عمران دانشگاه و کارشناسان و مجریان با سابقه در گودبرداری، انتخاب گردید).
- ۲- تنظیم پرسشنامه بر اساس عوامل استخراج شده از ادبیات تحقیق حوادث مرتبط
- ۳- بررسی پرسشنامه ها از نظر نوشتاری (رفع ابهامات استنباطی)
- ۴- توزیع پرسشنامه ها (پرسشنامه های تهیه شده در میان اساتید محترم متخصص در این زمینه و همچنین کارشناسان و مجریان با سابقه در گودبرداری، توزیع گردید).
- ۵- تجزیه و تحلیل پاسخهای گردآوری شده
- ۶- آماده سازی گزارش

۳-۳- نحوه بدست آوردن عوامل

ابتدا با بررسی ادبیات تحقیق به شناسایی عوامل کلیدی حوادث گودبرداری و حفاری، و بطور کلی حوادث صنعت ساخت و ساز، تعدادی از عوامل استخراج گشت. لازم به ذکر است که این مطالعات بطور معمول در دو بخش به عوامل اشاره داشته اند؛ برخی از مطالعات بر نوع حوادث و فراوانی آنها تاکید داشته اند، و برخی از آنها به عواملی که زمینه ساز حوادث هستند پرداخته اند. در مقاله حاضر تمرکز اصلی بر روی عوامل زمینه ساز حوادث گودبرداری بوده است. جدول ۱ به عوامل موثر در حوادث و مراجعی که عوامل مذکور از آنها استخراج شده اند، اشاره دارد. از سوی دیگر، مقالاتی بر نوع حوادث و فراوانی آنها تاکید داشته اند، که انواع این گونه حوادث شامل: برخورد با تجهیزات و مصالح، گیر افتادن در مصالح، سقوط مصالح و تجهیزات، ماندن زیر آوار و تجزیهات، دلایل طبیعی، برق گرفتگی، غرق شدن، آتشسوزی، گاز گرفتگی، کمبود اکسیژن میباشد [۶، ۱۵].



5 (1), 2020

دوره ۵، شماره ۱

بهار ۱۳۹۹

فصلنامه پژوهشی



جدول ۱ عوامل موثر در حوادث گودبرداری ها و حفاری ها و به طور کلی

صنعت ساختمان	
عوامل موثر در حوادث	مراجع مربوطه
۱. خطا در انتخاب محل و شرایط غیرایمن آن	[5, 9, 15]
۲. مشکلات و عدم تناسب مصالح	[5, 9]
۳. خطا در طراحی	[5, 9]
۴. خطاهای اجرایی در هنگام ساخت (تجهیزات، انتخاب روشهای غیرایمن و اولویت بندی اشتباه کارها، عدم وجود سازه های پشتیبان موقت)	[5, 15, 16, 23]
۵. خطا در برنامه ریزی	[5]
۶. اقدام/ عدم اقدام مدیریت	[7, 9]
۷. شرایط آب و هوایی، نور/ صدا/ گرما و سرما/ رطوبت محیط	[9]
۸. عدم توانایی در شناسایی موقعیت خطرناک	[7]
۹. تصمیم کارگر بر ادامه فعالیت با وجود شناسایی موقعیت خطرناک	[7]
۱۰. تصمیم به اقدام غیرایمن علیرغم عدم وجود شرایط اولیه لازم در محیط کار	[7]
۱۱. بی توجهی و رویکرد ضعیف کارگران نسبت به ایمنی بخصوص در تجهیزات غیراتوماتیک	[15, 16]
۱۲. عدم تامین تجهیزات ایمنی یا معیوب بودن آنها	[15, 16]
۱۳. تخطی ناگهانی در رفتار ایمن (بدلیل خستگی و ...)	[15]
۱۴. کنترلرهای ناکافی مهندسین و مسئولین	[23]
۱۵. قرار گرفتن در معرض مواد سمی و آلاینده موجود در محیط	[15]
۱۶. عدم وجود تمرینات و آموزش صحیح	[15]
۱۷. عدم استفاده از تجهیزات ایمنی تامین شده	[15]
۱۸. بی نظمی و درهم ریختگی محل کار و سطوح خطرناک کار	[16, 23]
۱۹. خطاهای هنگام حمل مصالح و تجهیزات	[16, 23]
۲۰. شرایط خاک	[16]
۲۱. موانع و تاسیسات عمومی عبوری در محل حفاری	[16]
۲۲. خطا حین عملیات تجهیزات حفاری	[16]
۲۳. اپراتورهای تجهیزات/ کارگران/ سرکارگران آموزش ندیده و بی تجربه	[16]
۲۴. ریزش بخشی از سازه	[23]
۲۵. بخشهای محافظت نشده و درست محافظت نشده کارگاه، چاله ها/ لبه ها/ نزدیابها	[23]
۲۶. اجسام متحرک/ در حال سقوط	[23]
۲۷. باد و عوامل مربوط به شرایط آب و هوایی	[23]

۴- بحث و یافته ها

۴-۱- روند اجرای دوره های دلفی

روش دلفی بکارگرفته شده در این تحقیق شامل دو دور است. در دور اول دلفی، با مصاحبه با ۳ متخصص دانشگاهی با قرار دادن عوامل استخراج شده از ادبیات تحقیق در اختیار آنها، پس از چندین جلسه بحث پیرامون انتخاب مهم ترین عوامل، در نهایت به یافتن چارچوبی معین در قالب توسعه پایدار، منتهی گشت. در دور دوم روش دلفی با استفاده از پرسشنامه، از متخصصین درخواست شد تا درجه اهمیت هر یک از ۱۶ عامل بدست آمده از دور اول دلفی را، مشخص نمایند.

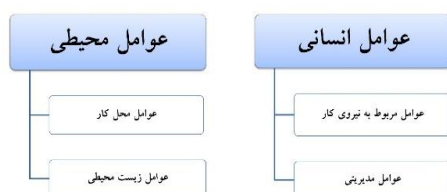
۴-۲- انتخاب پنل متخصصین

توفیق در روش دلفی مبتنی بر انتخاب صحیح پنل متخصصین است. گروهی از متخصصین انتخاب شدند تا نظرات تخصصی خود را برای تعیین عوامل مرتبط به حوادث گودبرداری ارائه دهند. از اینرو که، تعیین این عوامل نیازمند دانش کافی و عمیق، و تجربه کافی در زمینه حفاری و گودبرداری است، رویکردی هدفمند برای انتخاب پنل متخصصین بکار گرفته شد. معیارهای ذیل جهت شناسایی متخصصین شایسته بکار گرفته شده اند [۲۴]:

- ۱- متخصصین اجرایی پیمانکار: افرادی که تجربه گسترده و کافی در گودبرداری های کشور دارند.
 - ۲- متخصصین طراح و مشاور و ناظر: افرادی که در حال حاضر بصورت مستقیم با کارهای حفاری و گودبرداری، در مدیریت و هدایت این کارها نقش دارند.
 - ۳- متخصصین دانشگاهی: افرادی که دانش کافی و جامعی، پیرامون مسائل علمی و فنی گودبرداری و حفاری دارند.
- جهت بدست آوردن نظرات ارزشمند، فقط متخصصینی که این معیارها را داشته اند، انتخاب شده اند. ۱۱ نفر از متخصصین به نمایندگی جامعه وسیعی از افراد حرفه ای در این زمینه، که در این میان ۳ نفر از اعضای هیئت علمی دانشگاه، باقی متخصصین از مشاورین و ناظران و پیمانکاران شرکتهای خصوصی و مدیران متخصص در گودبرداری انتخاب شده اند. ترکیب این گروه از متخصصین میتواند باعث دیدگاه متعادل در پرسشنامه دلفی شود. فهرستی از اعضا و سمت آنها در جدول ۲ به نمایش در آمده است. لازم به ذکر است اسامی متخصصین و سازمانهای آنها جهت حفظ گمنامی آنها فاش نشده است.

۴-۳- دور اول دلفی

در دور اول روش دلفی، پس از مصاحبه با متخصصین، با ارائه عوامل مذکور در اختیار آنها، برخی از عوامل تغییر یافتند و در نهایت، چارچوب معینی، شکل گرفت. پس از بحث پیرامون این عوامل در گام اول، دسته بندی اولیه مطابق شکل ۱ بدست آمد.



شکل ۱ دسته بندی اولیه عوامل حادثه ساز طبق ادبیات موجود

پس از بررسی بیشتر با نظر متخصصین تصمیم بر این شد تا چارچوب توسعه پایدار بعنوان مبنا قرار گیرد و عوامل در سه گروه این چارچوب قرار بگیرند. در همین راستا، پس از دسته بندی نهایی، در نهایت چارچوب ارائه شده بر اساس عوامل استخراج شده از ادبیات تحقیق و نظر متخصصین در دور اول دلفی در شکل ۲ به نمایش در آمده است.

جدول ۲ فهرست متخصصین جهت بررسی به روش دلفی

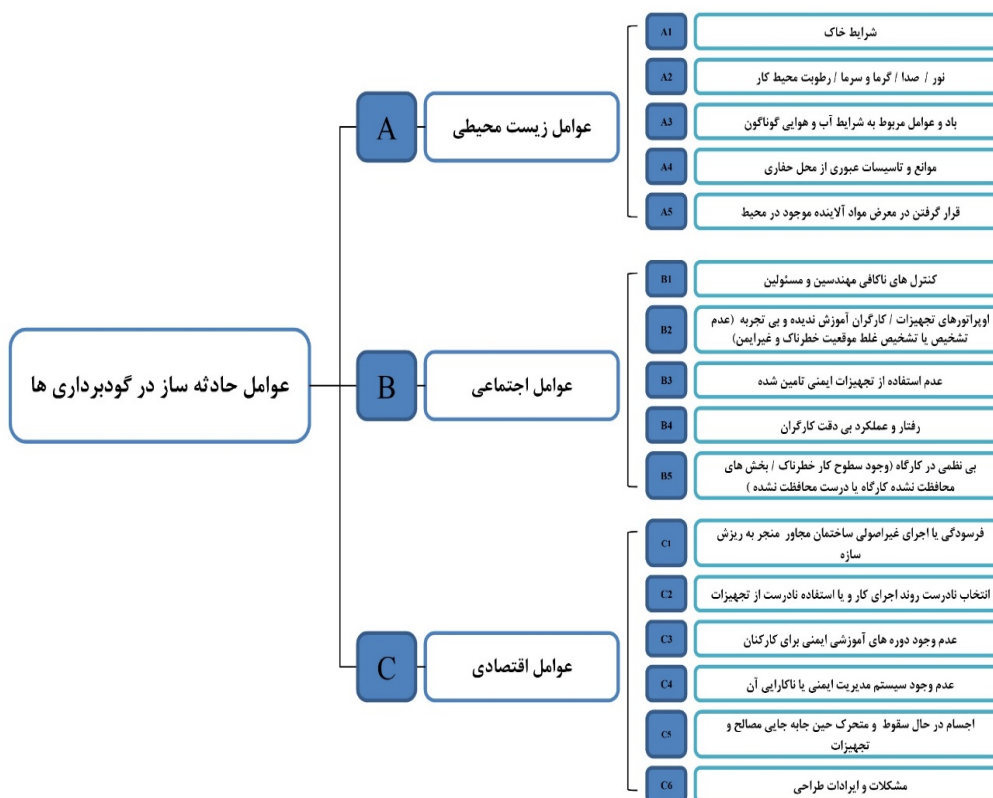
نام	تخصص	سمت	سازمان محل خدمت	سابقه
۱. دکتر الف	دکتری تخصصی ژئوتکنیک	دانشیار و عضو هیئت علمی و نظارت عالیه	دانشگاه ۱	بیش از ۱۰ سال
۲. دکتر ب	دکتری تخصصی ژئوتکنیک	استادیار و عضو هیئت علمی و نظارت عالیه	دانشگاه ۱	۶ تا ۱۰ سال
۳. دکتر ج	دکتری تخصصی ژئوتکنیک	استادیار و عضو هیئت علمی و طراح	دانشگاه ۲	بیش از ۱۰ سال
۴. مهندس د	دانشجوی دکتری ژئوتکنیک	طراح سیستمهای پایدارسازی گود و مشاور	شرکت طراح و پیمانکار پایدارسازی گود ۳	۳ تا ۶ سال
۵. مهندس ه	کارشناس ارشد ژئوتکنیک	مدیر عامل و پیمانکار	شرکت مشاور و پیمانکار پایدارسازی گود ۴	۶ تا ۱۰ سال
۶. مهندس و	کارشناس ارشد ژئوتکنیک	پیمانکار و مشاور و ناظر	شرکت مشاور و پیمانکار پایدارسازی گود ۴	۶ تا ۱۰ سال
۷. مهندس ز	کارشناس ارشد ژئوتکنیک	پیمانکار و مشاور و ناظر	شرکت مشاور و پیمانکار پایدارسازی گود ۴	۳ تا ۶ سال
۸. مهندس ح	کارشناس ارشد مدیریت ساخت	سرپرست کارگاه	کارگاه با عمق گود ۳۰ متر ۵	۳ تا ۶ سال
۹. مهندس ط	کارشناس ارشد ژئوتکنیک	مدیر پروژه	کارگاه با عمق گود ۳۰ متر ۵	۳ تا ۶ سال
۱۰. مهندس ی	کارشناس معماری طراحی بافت فرسوده	سرپرست کارگاه	کارگاه با عمق گود ۱۴ متر ۶	بیش از ۱۰ سال
۱۱. مهندس کی	کارشناس ارشد سازه	مدیر عامل و پیمانکار	شرکت پیمانکار پایدارسازی گود ۷	۶ تا ۱۰ سال

۴-۴- چارچوب توسعه پایدار

توسعه پایدار مفهومی است که نقش بسیار مهمی در صنعت و تجارت در قرن بیست و یکم ایفا میکند. صنعت همانقدر که مسئول جریان محسوس مصالح در جامعه انسانی است، در تبادل مصالح و انرژی با محیط زیست نیز مسئول است. تاثیر صنعت توسط ابعاد سه گانه پایداری که شامل عملکرد زیست محیطی، مسئولیت اجتماعی و مشارکت اقتصادی میباشد، میتواند ارزیابی گردد [۲۵]. در این مقاله با قرار دادن عوامل حادثه ساز و ریسکهای گودبرداری در ابعاد سه گانه توسعه پایدار، با نظر متخصصین، چارچوبی کاربردی برای استفاده در تحقیقات آتی در این زمینه، ارائه شده است.

۴-۵- دور دوم دلفی

در دور دوم با طراحی پرسشنامه ای پیرامون ۱۶ عامل بدست آمده از دور اول، اولویت بندی این عوامل با نظر تمامی متخصصین صورت گرفت، بدین شکل که متخصصین به هر عامل در یک مقیاس ۵ گانه، از ۱ تا ۵ امتیازی اختصاص داده اند (۱-بی اهمیت ۲-اهمیت کم ۳- با اهمیت ۴-اهمیت زیاد ۵-اهمیت بسیار زیاد). در نهایت با بررسی پاسخ متخصصین امکان اولویت بندی عوامل میسر شده است



شکل ۲ عوامل حادثه ساز در حوادث گودبرداری در چارچوب توسعه پایدار

جدول ۳ نتایج حاصل از دور دوم دلفی در اولویت‌بندی عوامل حادثه ساز گودبرداری ها

ردیف	نماد	عوامل حادثه ساز گودبرداریها	درصد موافقان	مجموع موافقان	با اهمیت	اهمیت زیاد	اهمیت بسیار زیاد
1	A1	شرایط خاک	100%	11		2	9
2	C1	فرسودگی یا اجرای غیراصولی ساختمان مجاور منجر به ریزش سازه	100%	11		4	7
3	C6	مشکلات و ایرادات طراحی	100%	11	1	3	7
4	B1	کنترل های ناکافی مهندسی و مسئولین	100%	11	3	2	6
5	C2	انتخاب نادرست روند اجرای کار و یا استفاده نادرست از تجهیزات	100%	11	3	3	5
6	C3	عدم وجود دوره های آموزشی ایمنی برای کارکنان	100%	11	7	1	3
7	B2	اوپراتورهای تجهیزات / کارگران آموزش ندیده و بی تجربه (عدم تشخیص یا تشخیص غلط موقعیت خطرناک و غیرایمن)	100%	11	4	5	2
8	B3	عدم استفاده از تجهیزات ایمنی تامین شده	9/90%	10	5	1	4
9	B4	رفتار و عملکرد بی دقت کارگران	9/90%	10	5	2	3
10	A4	موانع و تاسیسات عبوری از محل حفاری	9/90%	10	5	2	3
11	C4	عدم وجود سیستم مدیریت ایمنی یا ناکارایی آن	81/81 %	9	3	3	3
12	B5	بی نظمی در کارگاه (وجود سطوح کار خطرناک / بخش های محافظت نشده کارگاه یا درست محافظت نشده)	81/81 %	9	5	3	1
13	C5	اجسام در حال سقوط و متحرک حین جابه جایی مصالح و تجهیزات	63/63 %	7	4	1	2
14	A2	نور / صدا / گرما و سرما / رطوبت محیط کار	27/27 %	3	2	1	
15	A5	قرار گرفتن در معرض مواد آلاینده موجود در محیط	27/27 %	3	2	1	
16	A3	باد و عوامل مربوط به شرایط آب و هوایی گوناگون	9%	1	1		

۴-۶- قابلیت اعتماد یا پایایی پرسشنامه

قابلیت اعتماد یا پایایی، یکی از ویژگی های فنی ابزار اندازه گیری است. مفهوم یادشده با این امر سروکار دارد که ابزار اندازه گیری در شرایط یکسان تا چه اندازه نتایج یکسانی بدست می آورد. پایایی به دقت و صراحت ابزار سنجش اشاره دارد و شرط لازم برای روایی است اما کافی نیست. به عبارت دیگر یک ابزار سنجش بدون احراز پایایی دارای روایی نخواهد بود [۲۶]. منظور از روایی این است که مقیاس و محتوای ابزار یا سوالات مندرج در ابزار دقیقاً متغیرها و موضوع مورد مطالعه را بسنجد [۲۷].

دامنه ضریب قابلیت اعتماد از صفر (عدم ارتباط) تا ۱+ (ارتباط کامل) است. ضریب قابلیت اعتماد نشانگر آن است که تا چه اندازه ابزار اندازه گیری ویژگی های با ثبات آزمودنی و یا ویژگی های متغیر و موقتی آن را می بسنجد. برای محاسبه ضریب قابلیت اطمینان از روشهای مختلفی استفاده می شود که می توان از جمله آنها به روش باز آزمایی، روش موازی یا همتا و روش آلفای کرونباخ اشاره کرد. این روش برای محاسبه هماهنگی درونی ابزار اندازه گیری که خصیصه های مختلف را اندازه گیری می کند به کار می رود. برای محاسبه ضریب آلفای کرونباخ ابتدا باید واریانس نمره های هر زیرمجموعه سوال های پرسشنامه و واریانس کل را محاسبه کرد. سپس با استفاده از رابطه ۱ مقدار ضریب آلفا را محاسبه نمود:

$$r_{\alpha} = \frac{J}{1-J} \left[1 - \frac{\sum_{j=1}^n S_j^2}{S^2} \right] \quad (1)$$

که در آن J تعداد زیرمجموعه های سوال های پرسشنامه یا آزمون، S واریانس زیر آزمون آم، و واریانس کل پرسشنامه یا آزمون میباشد.

در این آزمون اگر مقدار آلفا بزرگتر یا مساوی ۰/۷ باشد میتوان نتیجه گرفت که سوالات پرسشنامه از اعتبار لازم برخوردارند. برای محاسبه ضریب آلفای کرونباخ، از نرم افزار SPSS استفاده شده است. جدول ۴ و ۵ نتایج این نرم افزار آماری را نمایش میدهند. در نهایت با توجه به نتایج جدول ۴ و جدول ۶ مشاهده میگردد که تمامی ضرایب آلفای کرونباخ بیشتر از ۰/۷ هستند؛ بنابراین میتوان به اعتبار سوالات پرسشنامه اطمینان داشت.

۵- نتیجه گیری

برای اطمینان از چارچوب بدست آمده، ابتدا با بررسی گستره وسیعی از ادبیات تحقیق فهرستی از عوامل حادثه ساز در گودبرداری ها، در اختیار متخصصین این حوزه، در دور اول دلفی قرار گرفت؛ که به مراتب کار مشکل تری از بهره گیری از چارچوب دیگران است. اثبات شده است که دلفی روشی مناسب جهت بدست آوردن عوامل، با توافق متخصصین است. گرچه، مشکلات بسیاری در راه گردآوری پاسخ ها در دوره های مختلف دلفی، و بدست آمدن توافق در چنین موضوعی قرار دارد. علاوه بر این، روش دلفی به شدت متکی بر ارتباط تنگاتنگ با متخصصین است. از این رو روش مناسبی جهت بکارگیری در پروژه هایی با محدودیت زمانی نمیباشد. با وجود استفاده محققین از این روش در چندین دهه اخیر در برنامه ریزی استراتژیک، اخیراً محققین در صنعت ساخت و ساز به بکارگیری این روش روی آورده اند. نتایج بدست آمده نشانگر پیوستگی پاسخ ها در دوره های موفق دلفی هستند؛ بنابراین روش دلفی ابزاری مناسب جهت بدست آوردن نظرات گروهی برای انتخاب عوامل حادثه ساز با هدف رسیدن به یک توافق میباشد. در این مطالعه ۲ دور دلفی بکار گرفته شده است. ۱۶ عامل حادثه ساز در دور اول دلفی شناسایی شدند. دور دوم دلفی به



5 (1), 2020

دوره ۵، شماره ۱

بهار ۱۳۹۹

فصلنامه پژوهشی



ناکافی مسئولین و مهندسين، و انتخاب نادرست روند اجرای کار و یا استفاده نادرست از تجهیزات، بترتیب مهمترین عوامل حادثه ساز در گودبرداری ها شناخته شده اند.

قصد وزن دهی و اولویت بندی عوامل توسط تمامی متخصصین، بکار گرفته شد. در نهایت پس از امتیازاتی که متخصصین انتخاب شده بعنوان نماینده جامعه وسیعی در این حوزه به عوامل اختصاص دادند، ۵ عامل شامل: شرایط خاک، فرسودگی یا اجرای غیراصولی ساختمان مجاور، منجر به ریزش سازه، مشکلات و ایرادات طراحی، کنترل های

جدول ۴ ضرایب کرونباخ هر یک از سوالات پرسشنامه

Symbol of factors	Factors	Scale Mean if Item Deleted	Scale Variance if Item Deleted	Corrected Item-Total Correlation	Cronbach's Alpha if Item Deleted
A1	VAR00001	51.4545	62.473	-.003	.836
A2	VAR00002	54.2727	57.818	.250	.833
A3	VAR00003	54.6364	57.455	.461	.821
A4	VAR00004	52.6364	52.255	.627	.809
A5	VAR00005	54.3636	56.855	.297	.831
B1	VAR00006	52.0000	55.400	.475	.819
B2	VAR00007	52.4545	55.273	.608	.813
B3	VAR00008	52.6364	49.255	.649	.806
B4	VAR00009	52.6364	55.055	.427	.822
B5	VAR00010	53.0000	57.000	.351	.826
C1	VAR00011	51.6364	58.655	.480	.823
C2	VAR00012	52.0909	54.891	.538	.816
C3	VAR00013	52.6364	53.055	.647	.809
C4	VAR00014	52.6364	54.255	.431	.822
C5	VAR00015	53.2727	51.618	.517	.817
C6	VAR00016	51.7273	59.218	.277	.829

جدول ۵ میانگین و انحراف معیار پاسخهای متخصصین

Symbol of factors	Factors	Mean	Std. Deviation	N
A1	VAR00001	4.8182	.40452	11
A2	VAR00002	2.0000	1.00000	11
A3	VAR00003	1.6364	.67420	11
A4	VAR00004	3.6364	1.02691	11
A5	VAR00005	1.9091	1.04447	11
B1	VAR00006	4.2727	.90453	11
B2	VAR00007	3.8182	.75076	11
B3	VAR00008	3.6364	1.28629	11
B4	VAR00009	3.6364	1.02691	11
B5	VAR00010	3.2727	.90453	11
C1	VAR00011	4.6364	.50452	11
C2	VAR00012	4.1818	.87386	11
C3	VAR00013	3.6364	.92442	11
C4	VAR00014	3.6364	1.12006	11
C5	VAR00015	3.0000	1.26491	11
C6	VAR00016	4.5455	.68755	11

جدول ۶ ضریب آلفای کرونباخ کل آزمون

Cronbach's Alpha	Cronbach's Alpha Based on Standardized Items	N of Items
.830	.826	16

Journal of Emergency Management, vol. 7, no. 2, pp. 81-91, 2018.

- [4] E.-S. Hong, I.-M. Lee, H.-S. Shin, S.-W. Nam, and J.-S. Kong, "Quantitative risk evaluation based on event tree analysis technique: Application to the design of shield TBM," *Tunnelling and Underground Space Technology*, vol. 24, no. 3, pp. 269-277, 2009/05/01/2009, doi: <https://doi.org/10.1016/j.tust.2008.09.004>.
- [5] K. L. Carper, "Structural Failures During Construction," *Journal of Performance of Constructed Facilities*, vol. 1, no. 3, pp. 132-144, 1987, doi: 10.1061/(ASCE)0887-3828(1987)1:3(132).
- [6] J. Hinze, C. Pedersen, and J. Fredley, "Identifying Root Causes of Construction Injuries," *Journal of*

۶- مراجع

- [1] K. Zandie, R. Taherkhani, and R. Ziaie-Moayed, "History of safety in Iranian construction industry," (in Persian), *Journal of Engineering and Construction Management*, vol. 1, no. 1, 2016.
- [2] J. Lew, D. Abraham, R. Wirahadikusumah, J. Irizarry, and C. Arboleda, "Excavation and Trenching Safety: Existing Standards And Challenges," presented at the CIB W099 Conference, University of Hong Kong, 2002.
- [3] K. Zandie, R. Taherkhani, and R. Ziaie-Moayed, "Prioritizing the common urban excavation supporting systems using AHP method: A step to crisis management in urban constructions," (in Persian),



5 (1) , 2020

دوره ۵، شماره ۱

بهار ۱۳۹۹

فصلنامه پژوهشی



تعیین چارچوبی برای مهمترین عوامل حادثه ساز در گودبرداری های شهری
در قالب توسعه پایدار به روش دلفی

- [17] F. Ahmadi, K. Nasiriani, and P. Abazari, "Delphi Technique: A Tool in Research," (in Persian), *Iranian Journal of Medical Education*, vol. 8, no. Spring and Summer, 1, pp. 175-177, 2008.
- [18] H. Pashaeizad, "A brief look at the Delphi method," (in Persian), *Peik Noor*, vol. 6, no. 2, pp. 63-65, 2007.
- [19] M. Riahi Khorram, N. Ork, and A. Farhadi Ramin, "Identification of activities and aspects of safety and health risk of Shahid Mofteh thermal power plant in Hamedan using Delphi method," presented at the The first national conference on environmental assessment, management and testing in Iran, 2014.
- [20] A. Renzi and S. Freitas, "The Delphi Method for Future Scenarios Construction," *Procedia Manufacturing*, vol. 3, pp. 5785-5791, 12/31 2015, doi: 10.1016/j.promfg.2015.07.826.
- [21] A. Sourani and M. Sohail, "The Delphi Method: Review and Use in Construction Management Research," *International Journal of Construction Education and Research*, vol. 11, no. 1, pp. 54-76, 2015/01/02 2015, doi: 10.1080/15578771.2014.917132.
- [22] A. Jamali, N. Azimi, and J. Ariani, "Application of Delphi method in determining the priority of strategic objectives of HSE management of oil, gas and petrochemical industries," presented at the First National Conference of HSE Engineering Students, 2006 (in Persian).
- [23] G. Mistikoglu, I. H. Gerek, E. Erdi, P. E. Mumtaz Usman, H. Cakan, and E. E. Kazan, "Decision tree analysis of construction fall accidents involving roofers," *Expert Systems with Applications*, vol. 42, no. 4, pp. 2256-2263, 2015/03/01/ 2015, doi: <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2014.10.009>.
- [24] A. P. C. Chan, E. H. K. Yung, P. T. I. Lam, C. M. Tam, and S. O. Cheung, "Application of Delphi method in selection of procurement systems for construction projects," *Construction Management and Economics*, vol. 19, no. 7, pp. 699-718, 2001/11/01 2001, doi: 10.1080/01446190110066128.
- [25] D. Krajnc and P. Glavič, "A model for integrated assessment of sustainable development," *Resources, conservation and recycling*, vol. 43, no. 2, pp. 189-208, 2005.
- [26] M. Hafez Nia, *Introduction to the method of research in the humanities*, 8 ed. Organization for the Study and Compilation of University Humanities Books: Samt (in Persian), 2003.
- [27] Z. Sarmad, A. Bazargan, and E. Hejazi, *Research Methods in Behavioral Sciences*. Tehran Advertising Publications (in Persian), 2004.
- Construction Engineering and Management*, vol. 124, no. 1, pp. 67-71, 1998/01/01 1998, doi: 10.1061/(ASCE)0733-9364(1998)124:1(67).
- [7] S. Abdelhamid Tariq and G. Everett John, "Identifying Root Causes of Construction Accidents," *Journal of Construction Engineering and Management*, vol. 126, no. 1, pp. 52-60, 2000/01/01 2000, doi: 10.1061/(ASCE)0733-9364(2000)126:1(52).
- [8] D. K. H. Chua and Y. M. Goh, "Incident Causation Model for Improving Feedback of Safety Knowledge," *Journal of Construction Engineering and Management*, vol. 130, no. 4, pp. 542-551, 2004/08/01 2004, doi: 10.1061/(ASCE)0733-9364(2004)130:4(542).
- [9] R. A. Haslam et al., "Contributing factors in construction accidents," *Applied Ergonomics*, vol. 36, no. 4, pp. 401-415, 2005/07/01/ 2005, doi: <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2004.12.002>.
- [10] B. J. M. Ale et al., "Accidents in the construction industry in the Netherlands: An analysis of accident reports using Storybuilder," *Reliability Engineering & System Safety*, vol. 93, no. 10, pp. 1523-1533, 2008/10/01/ 2008, doi: <https://doi.org/10.1016/j.ress.2007.09.004>.
- [11] M. A. C. López, D. O. Ritzel, I. Fontaneda, and O. J. G. Alcantara, "Construction industry accidents in Spain," *Journal of safety research*, vol. 39, no. 5, pp. 497-507, 2008.
- [12] Arquillos.A.L., Romero.J.C.R., and Gibb.A., "Analysis of construction accidents in Spain, 2003-2008," *Journal of Safety Research*, 2012.
- [13] N. Nenonen, "Analysing Factors Related to Slipping, Stumbling, and Falling Accidents at Work: Application of Data Mining Methods to Finnish Occupational Accidents and Diseases Statistics Database," *Applied ergonomics*, vol. 44, 08/07 2012, doi: 10.1016/j.apergo.2012.07.001.
- [14] R. Irumba, "Spatial analysis of construction accidents in Kampala, Uganda," *Safety Science*, vol. 64, pp. 109-120, 2014/04/01/ 2014, doi: <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2013.11.024>.
- [15] C. A. Arboleda and D. M. Abraham, "Fatalities in Trenching Operations—Analysis Using Models of Accident Causation," *Journal of Construction Engineering and Management*, vol. 130, no. 2, pp. 273-280, 2004, doi: 10.1061/(ASCE)0733-9364(2004)130:2(273).
- [16] O. A. Jannadi, "Risks associated with trenching works in Saudi Arabia," *Building and Environment*, vol. 43, no. 5, pp. 776-781, 2008/05/01/ 2008, doi: <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2007.01.034>.

Increasing human resource management productivity in construction projects based on PMBOK

Hossein Ghorbani *

M. Sc. of Engineering and Construction Management,
Department of Civil Engineering, Danesh Alborz University,
Abyek, Qazvin, Iran.

Mohsen Alviri

M. Sc. of Engineering and Construction Management,
Department of Civil Engineering, Danesh Alborz University,
Abyek, Qazvin, Iran.

Samaneh Jadali

M. Sc. of Public Administration, Administrative and executive
affairs of Disciplinary Council, Tehran Construction
Engineering Organization, Tehran, Iran.

*Corresponding author's email address:
montazer.g05@gmail.com

افزایش بهره‌وری مدیریت منابع انسانی در پروژه‌های ساخت بر اساس استاندارد PMBOK

حسین قربانی*

کارشناسی ارشد مهندسی و مدیریت ساخت، گروه مهندسی عمران، دانشگاه
دانش البرز، آبیک، قزوین، ایران.

محسن الویری

کارشناسی ارشد مهندسی و مدیریت ساخت، گروه مهندسی عمران، دانشگاه
دانش البرز، آبیک، قزوین، ایران.

سمانه جدلی

کارشناسی ارشد مدیریت دولتی، امور اداری و اجرایی شورای انتظامی، سازمان
نظام مهندسی ساختمان تهران، تهران، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۱/۲۶، تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۲/۱۵

Abstract

The importance of human resources is an inescapable issue that its lack of proper management leads to many costs, on the other hand, its proper management will increase productivity in construction projects. Research shows that 22 to 24 percent of construction projects face to lack of productivity. Due to the importance of profitability of projects, productivity is one of the most important issues in the construction industry that should be considered. In this regard, in the present study, human resources as one of the key factors of productivity, will be addressed. In order to increase the productivity of human resource management, the main factors in this field are identified according to the PMBOK standard. The executive teams of Mehr housing project are considered as the statistical population of the study. The importance of each factor is determined by sending a questionnaire to these experts and the final prioritization is done by SPSS statistical analysis software. One of the main results of this prioritization in order to increase productivity is to reduce cost-time and increase quality and potential customers' satisfaction.

Keywords

Human resource management, productivity,
construction projects, Mehr housing project, PMBOK

چکیده

اهمیت منابع انسانی، مسأله‌ای غیر قابل اغماض می‌باشد که عدم مدیریت صحیح آن هزینه‌های بسیاری را در پی دارد، از طرفی مدیریت صحیح آن سبب افزایش بهره‌وری در پروژه‌های ساخت خواهد شد. تحقیقات نشان می‌دهد ۲۲ تا ۲۴ درصد پروژه‌های ساخت و ساز با فقدان بهره‌وری مواجه می‌باشند. به علت اهمیت سودآوری پروژه‌ها، بهره‌وری یکی از مهمترین موضوعات صنعت ساخت و ساز است که می‌بایست مورد توجه قرار گیرد. در همین راستا در تحقیق حاضر به یکی از عوامل کلیدی بهره‌وری یعنی منابع انسانی پرداخته خواهد شد. به منظور افزایش بهره‌وری مدیریت منابع انسانی فاکتورهای اصلی در این حوزه مطابق استاندارد PMBOK شناسایی می‌شوند. عوامل اجرایی پروژه مسکن مهر به عنوان جامعه آماری مطالعه در نظر گرفته شده‌اند. میزان اهمیت هر یک از عوامل از طریق ارسال پرسشنامه به این خبرگان مشخص می‌شود و توسط نرم افزار تحلیل آماری اس پی اس اس اولویت بندی نهایی انجام می‌پذیرد. از نتایج اصلی این اولویت بندی در راستای افزایش بهره‌وری می‌توان به کاهش هزینه-زمان و افزایش کیفیت و جلب رضایت مشتریان بالقوه اشاره نمود.

کلمات کلیدی

مدیریت منابع انسانی، بهره‌وری، پروژه‌های ساخت، پروژه مسکن مهر، PMBOK

۱- مقدمه

هرساله حجم زیادی از بودجه کشور به پروژه‌های عمرانی تخصیص می‌یابد که مدیریت صحیح این پروژه‌ها از بعد منابع انسانی درگیر در کار می‌تواند میزان بهره‌وری را افزایش دهد. آنچه مقوله تحول را حیات می‌بخشد و بقای سازمان را نیز تضمین می‌کند، منابع انسانی است، هر روز نقش منابع انسانی در پروژه‌ها و سازمان‌ها پررنگتر شده و اکنون از آن به عنوان تنها عامل کسب موفقیت و مزیت رقابتی پایدار در سازمان یاد می‌شود؛ این امر به خصوص در اقتصاد دانش امروز بیش از پیش به حقیقت پیوسته است. با این وجود مدیریت

منابع انسانی در سازمانها با چالشهای متعددی مواجه است که از آن جمله می‌توان به جهانی شدن، کمبود نیروی کار ماهر و متعهد، هرم تصمیم‌گیری، عدم شناخت نیاز کارکنان، بی‌برنامگی، عدم شایسته‌سالاری، تبعیض، بهره‌وری ناکافی منابع انسانی، بی‌انگیزگی، عدم مشارکت کارکنان، ترک همکاری کارکنان با سابقه سازمان و... اشاره نمود. در این میان، این وظیفه مدیران منابع انسانی است که از طریق توانمندسازی کارکنان خود این چالشها را رفع کرده و یا از بروز اکثر آنها پیشگیری نمایند، آنچه از این پژوهش برمیآید اولویت بندی مهمترین عواملی است که منابع انسانی را تحت تاثیر قرار میدهد و



5 (1), 2020

دوره ۵، شماره ۱

بهار ۱۳۹۹

فصلنامه پژوهشی



در این راستا اسباب ارتقاء بهره‌وری را فراهم می‌آورد که امید است با این شناسایی، راهکارهایی مورد توجه قرار گیرد و اولویت توجه مدیران و سازمان‌ها قرار گیرد.

۲- پیشینه تحقیق

۲-۱- مدیریت منابع انسانی

منابع انسانی در تمام مراحل بخش‌های صنعت نقش بسیار مهمی را ایفا می‌کند. در سده اخیر آمارها نشان می‌دهد که حداقل ۴۴٪ و حداکثر ۹۵٪ علت اصلی رویدادهای صنعتی مختلف، منابع انسانی می‌باشد [۱]. هدف از مدیریت منابع انسانی بهینه‌سازی بهره‌وری پرسنل برای رساندن تولید به بالاترین سطح می‌باشد فرآیند مدیریت مرکب از پنج مأموریت اساسی است که عبارتند از برنامه‌ریزی، سازماندهی، جذب نیروی کار، رهبری و هدایت و نظارت و کنترل. مدیریت منابع انسانی اشاره به سیاستها و فعالیتهایی دارد که برای تحقق بخشیدن به دیدگاه‌های افراد و کارکنان در حرفه مدیریت به آنها نیاز است. تیم مدیریت منابع انسانی وظایف مختلفی دارد که شامل استخدام افراد، ارزیابی عملکرد کارکنان، آموزش کارکنان و انگیزه بخشیدن به آنها و ایجاد امنیت و سلامت شغلی می‌باشد [۱].

۲-۲- بهره‌وری و ارتباط آن با منابع انسانی

برای تعریف بهره‌وری^۱ ابتدا با دو مفهوم کارایی^۲ و بازده^۳ آشنا می‌شویم: کارایی به وسیله مقدار زمان، منابع انسانی، بودجه و انرژی (تمام منابع مختلف) که برای رسیدن به نتیجه مطلوب لازم است، تعیین می‌شود. بازده به وسیله مقایسه بین چیزی که یک فرآیند یا کارکنان می‌توانند تولید کنند با چیزی که در واقع تولید می‌شود، تعیین می‌گردد. (مقایسه خروجی طراحی شده و به دست آمده) بهره‌وری به وسیله در نظر گرفتن تولید به دست آمده (بازده) در برابر تلاشی که برای رسیدن به نتیجه سرمایه‌گذاری شده است (کارایی)، تعیین می‌گردد. یعنی اگر بتوانیم مقدار تولید را با تلاش کمتری افزایش بدهیم، بهره‌وری افزایش می‌یابد [۱]. چنانچه بخواهیم ارتباط بهره‌وری و منابع انسانی را مورد بحث قرار دهیم، باید عارض شد که نیروی کار نقش اساسی در صنعت ساخت و ساز دارد [۲] و هزینه نیروی انسانی تقریباً نیمی از کل هزینه ساخت را تشکیل می‌دهد [۳]. در واقع سازمانها بدون وجود نیروی انسانی نه تنها مفهومی ندارند، بلکه اداره آنها نیز میسر نخواهد بود. حتی با ورود فناوریهای جدید به سازمانها و تبدیل آنها به توده‌های از تجهیزات و دستگاهها، همچنان نقش انسان به عنوان عاملی حیاتی و راهبردی در بقای سازمان، کاملاً مشهود است.

۲-۳- آسیب‌شناسی بهره‌وری در کشور

امروزه بیش‌ترین تمرکز بهره‌وری روی منابع انسانی می‌باشد، لذا از همین ناحیه دچار بیشترین آسیب‌ها نیز می‌باشد. از نقاط ضعف این بخش می‌توان به پایین بودن کارایی کارکنان اشاره نمود، طبق آمار سازمان بهره‌وری ملی ایران، کارایی برخی افراد در محل کار، کمتر از ۲۵ درصد است و اکثر سازمانها، نیروی مازاد بر نیاز دارند [۴]. طبق پژوهش‌های انجام شده حسین بافکار عوامل دیگری همچون:

ضعف کاردانی، پایین بودن کیفیت اشتغال، آفت تعطیلات به عنوان بخشی از آسیب‌های بهره‌وری منابع انسانی شناسایی گردیده که هر کدام نقش به‌سزایی در بهره‌وری دارند [۵].

۲-۴- توانمندسازی در مدیریت منابع انسانی

برخی بر این باورند که تواناسازی، دادن قدرت اجرایی و اختیار به کارکنان است، برخی نیز این مفهوم را رد کرده و معتقدند با توجه به اینکه کارکنان به خودی خود، سرمایه‌هایی از دانش و انگیزه هستند، لذا توانایی انجام کار را به خودی خود و به نحو عالی دارا هستند و بر این اساس توانمندسازی را فراهم کردن زمینه در جهت آزادسازی این قدرت بالقوه تعریف می‌نمایند. توانمندسازی اشاره به رویکردهای رهبری دارد و باعث می‌شود که کارکنان کار را از خود بدانند. به عبارت دیگر فرآیند واگذاری اختیار در تصمیم‌گیری به کارکنان در ارتباط با فرآیند و فعالیتهای شغل در محدوده تعریف شده توسط مدیریت است، البته با این فرض که مسئولیت را کاملاً بپذیرند و برای کارشان ریسک کنند. و اما، توانمندسازی یک اقدام یا اتفاق فیزیکی نیست. بدین معنی که با اعمال فشار مدیران و دستورکارها بدست نمی‌آید، بلکه فرآیندی است که لازمه اش پذیرش فرهنگ توانمندسازی و مشارکت کارکنان است. رشد و شناخت کارکنان، کنترل‌کننده رفتارهای آنها در محیط کاراست، بنابراین دیدگاه مثبت، در موفقیت توانمندسازی نقش اساسی را ایفا می‌کند. لذا اجرای توانمندسازی، سازماندهی مجدد روش تفکر و انجام کار است، این شناخت دقیق باید توسط تمام کارکنان سازمان پذیرفته و پیاده شوند

مطالعات انجام شده بر روی مهارت‌های رهبری و مدیریتی حاکی از این است که فعالیت‌های مرتبط با توانمندسازی کارکنان، جزء اصلی فعالیت‌های اثربخش مدیریتی و سازمانی است. توانمندسازی در سازمان‌ها به عنوان ابزاری است که موجب تسهیل در ایجاد رفتار انگیزشی و رفتاری که موجب افزایش بهره‌وری می‌گردد، شناخته شده است [۶]. به عبارت دیگر، توانمندسازی اقدام درجهت تقویت باورهای فردی در رابطه با اثربخشی- فرآیند تغییر باورهای درونی افراد یا خودکارآمدی که منجر به افزایش انگیزه و بهره‌وری می‌شود می‌باشد [۷].

۲-۵- مسکن مهر و رابطه آن با بهره‌وری مدیریت منابع انسانی

طرح مسکن مهر، که یکی از بزرگترین طرح‌های ملی کشور محسوب می‌شود، از نمونه پروژه‌های عظیم عمرانی است که مقادیر چشمگیری از منابع مادی و فیزیکی و تعداد قابل توجهی منابع انسانی را به خود اختصاص داده و از ویژگی‌های مهم آن، انبوه بودن و حجم وسیع واحدهای آن و به تبع آن وجود تعداد زیاد نیروی انسانی درگیر میباشد، این طرح در ابتدا در قالب بند (د) تبصره ۴ قانون بودجه سال ۱۳۳۴ آغاز شد و سپس بر مبنای قانون ساماندهی و حمایت از تولید و عرضه ی مسکن، بصورت پیوسته در دستور کار قرار گرفت.



5 (1), 2020

دوره ۵، شماره ۱

بهار ۱۳۹۹

فصلنامه پژوهشی

مهندسی مدیریت ساخت

مسکن مهر به عنوان پروژه ای ملی و با هدف رفع مشکل مسکن برای اقشار کم درآمد، شکل گرفت؛ پروژه ای که ضمن اعلام فراخوان عمومی و ثبت نام متقاضیان واجد شرایط، بسیاری از نهادها؛ از جمله وزارت راه و شهرسازی، وزارت تعاون، کار و رفاه اجتماعی، وزارت نیرو، بانک مسکن، ادارات کل ثبت اسناد و را به صورت مستقیم یا غیرمستقیم درگیر خود ساخت. با مرور در تاریخچه این نوع مسکن، ردپاهایی از ساخت آن در کشورهایی همچون کانادا، مکزیک، کلمبیا، هونگ کونگ و... دیده می شود. به عنوان نمونه دولت برزیل در مارس ۲۵۵۹ طرح مسکن عمومی یا اجتماعی را با بودجه ای بالغ بر ۱۳ میلیارد دلار نهادهای نمود و شروع به ساخت حدود یک میلیون واحد مسکن نمود و تا سه میلیون واحد پیش رفت. مبنای اصلی آن بر این امر مبتنی است که ارزش زمین، بخش قابل توجهی از هزینه ی تمام شده مسکن را به خود اختصاص میدهد این سهم در کل کشور در دوره ی ۳۰ ساله برابر ۲۵ درصد و در دهه ی اخیر برابر ۲۰ درصد بوده است، که بر این مبنای حذف یا کاهش ارزش زمین از هزینه تمام شده مسکن، میتوان تاحدود زیادی هزینه ی مسکن را کاهش می دهد، که البته به دلیل ساختارها و سیاست های نادرست با مشکلاتی روبه رو گردید ولی آنچه در خور این پژوهش میباشد، پرداختن به شناسایی عوامل بهره وری منابع انسانی در این نوع پروژه های انبوه میباشد. پورمحمدی و اسدی در سال ۱۳۹۳ به ارزیابی پروژه های مسکن مهرشهر زنجان پرداختند. نتایج حاصل از پژوهش آنها نشان داد که مجتمع های مسکن مهر در این شهر دارای مشکلاتی از قبیل ضعف سازه، طراحی نامناسب، ضعف دسترسی به کاربری ها و برخورداریهاست، که این امر نشان از بهره وری نامناسب منابع انسانی در این شهر دارد.

آنچه قابل بیان است این است که، از میان دو میلیون و دویست و بیست هزار واحد مسکن مهر در کشور، عاملی که سبب توجه ما به این حوزه ساخت شده است را، از حیث عملکرد نیروی انسانی آن به دلیل وجود تعداد انبوه منابع انسانی، جهت پیشبرد اهداف ارتقاء بهره وری، مورد ارزیابی و شناسایی قرار دهد. به طوریکه طبق اعلام آمار رسمی کشور در سال ۹۰، سهم شاغلان بخش صنعت حدود ۳۲،۵ درصد از کل جمعیت می باشد که این میزان، اهمیت نیروی انسانی درگیر راه جهت افزایش بهره وری میرساند. به عنوان نمونه در شهر قزوین، مسکن مهر در ناحیه شهری مهرگان در فضایی بالغ بر ۷۷۵ هکتار، با ۲۳ هزار و ۷۰۷ واحد، شرایط زندگی حدود ۱۳۵ هزار نفر را مهیا نموده، که این امر نشانگر توجه خاص به مدیریت نیروی انسانی درگیر پروژه، در راستای ارتقاء بهره وری و افزایش رضایت مشتریان و بهبود هزینه-زمان و کیفیت می باشد [۸].

۲-۶- شناسایی عوامل موثر بر بهره وری منابع انسانی در پروژه های ساخت و ساز

با بررسی نظرات نویسندگان و محققین مختلف در زمینه مدیریت نیروی انسانی، مهم ترین فاکتورهای موثر در بهره وری در جدول ۱ قابل مشاهده است.

جدول ۱ فاکتورهای بهره وری

نویسنده/محقق :
مهم ترین فاکتورهای شناسایی شده موثر بهره وری منابع انسانی

(۱) شهنام طاهری (۱۳۸۸) : آموزش شغلی مستمر مدیران و کارکنان-ارتقاء انگیزش میان کارکنان برای کار بهتر و بیشتر-ایجاد زمینه های مناسب بمنظور ابتکار و خلاقیت مدیران و کارکنان -برقراری نظام مناسب پرداخت مبتنی بر عملکرد و برقراری نظام تنبیه و تشویق -وجدان کاری و انضباط اجتماعی -تحول در سیستم و روشهایی که نقش حساس و کلیدی دارند-تقویت حاکمیت و تسلط سیاستهای سازمان بر امور
(۲) الله وردی و همکاران (۱۳۸۹) : شیوه و سبک مدیریتی سازمان (تفویض اختیارات)
(۳) خانزادی و همکاران (۱۳۸۹) : مدیریت منابع انسانی (آموزش، امنیت شغلی، رضایت شغلی، مسئولیت دادن به افراد، قرار معتبر با کارگران، ارتقا شغلی، تأیید صلاحیت فنی)، مدیریت مالی (پرداخت به موقع، پاداش ها، میزان حقوق)، مدیریت فنی (تعامل سازنده کارفرما و مشاور، برنامه ریزی، صدور به موقع مجوز، ایمنی و بهداشت)، شرایط محیطی غیر فیزیکی (تنوع فرهنگی، محیط رقابتی، افزایش شیفت، ارتباط با سایر کارکنان، شرایط سیاسی و اقتصادی، عضویت در اتحادیه ها)، شرایط محیطی فیزیکی (شرایط آب و هوایی، امکانات، فاصله از محل)، مشخصه های کار (کامل بودن نقشه ها، دوباره کاری، پیچیدگی کار، بازرسی)، مشخصه های نیروی کار (تخصص، تحصیلات)
(۴) چاخلولی و طاحونی (۱۳۹۰) : وجود استراتژی دقیق سازمانی- سطح بالای مهارت شغلی- به کارگیری سیستم مشارکتی- آموزشهای ضمن خدمت- کیفیت بالای زندگی کاری- ایجاد و گسترش فرهنگ مناسب سازمانی- تشویق به خلاقیت و نوآوری- عوامل محیطی
(۵) سلحشور و میثاقی (۱۳۹۰) : برنامه ریزی و توسعه نیروی انسانی
(۶) محسن پدرام (۱۳۹۰) : از عمده ترین عوامل کاهش بهره وری منابع انسانی، نامتوازن بودن درآمد و هزینه- وجود تبعیض بین کارکنان (ناشی از ضعف مدیریت -) نا امنی شغلی- موفق نبودن و بی میلی بربرنامه ریز یهای میان مدت یا بلندمدت (ضعف مدیریت -) مساعد نبودن محیط کاری مناسب- کنترل نکردن (بی ثباتی در برنامه های کنترلی -) نااهم انگیزی رشته تحصیلی و شغلی- استفاده نکردن از تخصصها در مشاغل مربوط (ضعف مدیریت -) بی برنامه گی مدیریت- فقدان کارآموزی (ضعف مدیریت -) نااهم انگیزی استعدادهای فردی و شغلی (ضعف مدیریت -) بی کفایتی سرپرست- بی علاقگی به کار فعلی و انتقال پی در پی نیروی انسانی- تورم نیروی انسانی می باشد
(۷) کاخکی و زاهدی (۱۳۹۱) : با توجه به نتایج پژوهش های پیشین، مهمترین و عمده ترین عوامل کاهش بهره وری منابع انسانی، نامتوازن بودن درآمد و هزینه نیروی کار است ؛ یعنی همان عاملی که مهم ترین نقش را برای ایجاد انگیزه در نیروی کار ایفا می کند، مدیریت مشارکتی عامل دیگر در بهره وری است
(۸) خوشبختی و همکاران (۱۳۹۱) : مشارکت دادن کارکنان در تصمیم گیری های سازمانی
(۹) غلامرضا بردبار (۱۳۹۲) : عوامل فردی (داشتن تخصص و تجربه و سابقه کار- قاطع بودن در حین انجام وظایف- سلامت جسمی و روانی- اعتماد به نفس و وجدان کاری و انضباط اجتماعی (عوامل مدیریتی) سبک رهبری- رعایت عدالت سازمانی- وجود نظام مدیریت مشارکتی- وجود نظام ارزشیابی براساس عملکرد (عوامل حمایت سازمانی) پاداش نقدی و غیرنقدی- امکانات رفاهی و مزایا- شایستگی فردی- حمایت مافوق از کارکنان (عوامل تقویت حس تعهد) برگزاری دوره های آموزشی- مشارکت کارکنان در تصمیم گیری- رقابت کارکنان (عوامل مرتبط به برنامه ریزی و هدایت عملکرد کارکنان) واگذاری انجام اختیار کار به کارکنان- اطلاع یافتن کارکنان از ارزیابی عملکردشان- ترغیب کارکنان (عوامل ایجاد کننده صمیمیت) ایجاد علاقه مندی و همکاری نسبت به شغل- ارتباط صمیمانه کارکنان و احترامات متقابل (میزان آزادی و استقلال کارکنان در انجام امور) مشورت مدیریت با کارکنان- اعتماد به کارکنان در انجام صحیح امور (شرایط فیزیکی محیطی) امکانات و تجهیزات مناسب- مناسب بودن شرایط محل- احساس ایمنی.
(۱۰) ایبلی و همکاران (۱۳۹۲) : عوامل فردی (شایستگی، رضایت شغلی، توان و مهارت) سازمانی (مشارکت، انگیزش، ارتباطات، آموزش) شغلی (کار با معنی و چالش برانگیز، آزادی و استقلال عمل، وضوح نقش)
(۱۱) امانی و همکاران (۱۳۹۳) : عوامل انگیزشی- عوامل محیط داخلی سازمان- عوامل محیط خارجی سازمان
(۱۲) هاشمیان و همکاران (۱۳۹۳) : مدیریت زمان کارکنان

(۱۳) سیدعلی حسینی (۱۳۹۳): (فاکتورهای اقتصادی) توجه به تلاش فرد و تاثیر دادن آن در میزان پرداختی-مقدار دستمزد- به موقع بودن دستمزد-عدم تفاوت دستمزد برای نیروی انسانی با شرایط یکسان و در یک منطقه جغرافیایی .
فاکتورهای مرتبط با نیروی انسانی مهارت و تجربه در انجام کار-رضایت فرد از شغل خود-آموزش-احساس مسئولیت در قبال کار-انگیزه برای عملکرد خوب .
فاکتورهای اجتماعی و روانی وجود رقابت بین نیروی کار-نظم و انضباط در کار-اعطای مسئولیت (فاکتورهای مرتبط با ویژگی های کار) تکنولوژی ساخت مصالح-شرایط آب و هوایی .(فاکتورهای مدیریتی) یکپارچه سازی پروژه ها و فن آوری اطلاعات و استفاده از سیستم مدیریتی نوین-طرح های تشویقی-صلاحیت رهبری مدیریت پروژه-توجه به سیستم ایمنی و بهداشت-برنامه ریزی و مدیریت صحیح مواد و مصالح-علم و توانایی نظارت-تخصیص منابع مناسب در زمان برنامه ریزی پروژه)

(۱۴) پزشک همدانی (۱۳۹۳): نظارت (نظارت کافی بر کار نیروهای اجرایی-رفتار و برخورد مثبت سرپرست، بازنگری عادلانه و منصفانه کار اجرا شده توسط ناظر، جلوگیری از تاخیر در شروع کار و زود تمام کردن کار، جلوگیری از استراحت های بدون برنامه در طول روز کاری، جلوگیری از تعلیق، تعطیلی و انقطاع کار، جلوگیری از جابجایی ها و غیبت نیروهای کار-همه‌انگیزی) همه‌انگیزی بین فعالیت های مختل، در نظر گرفتن ترتیب و توالی کارها، تنظیم فعالیت ها جهت جلوگیری از تداخل و ازدحام- (ارتباطات) ارتباط موثر و سازنده بین واحد مدیریت و نیروی اجرایی، تعامل بین دفتر فنی و واحد اجرایی- (تصمیم گیری) تصمیم گیری های کند، تاخیر در اجازه برای انجام کارها، تاخیر در پاسخ به درخواست اطلاعات، تاخیر در پاسخ به سوالات در مورد طرح ها و نقشه ها- (برنامه ریزی) برنامه ریزی زمانی مناسب و نزدیک به واقعیت، تعداد و ترکیب مناسب نیروهای کار، تخصیص صحیح منابع HSE- (برنامه ایمنی و سلامت سایت جهت جلوگیری از تصادفات و صدمات کارکنان، آموزش های ایمنی و سلامت- (فشرده سازی اجرا) اضافه کاری، کار شیفتی، نیروی کاری مضاعف- (فنی) وضوح، خوانایی، دسترسی و کامل بودن طرح ها و نقشه ها، روش ها و تکنولوژی ساخت، کاهش سطح پیچیدگی طراحی- (چیدمان کارگاه) راههای ارتباطی و دسترسی های مناسب، فضای کافی برای انبار کردن، مناسب بودن مکان انبارها- (دستور تغییرات) تغییرات نقشه ها، تغییرات زمان اجرای فعالیت ها، تغییرات در ترتیب و توالی فعالیت ها- (مصالح، ابزارآلات و تجهیزات) خرابی مصالح، عیب و نقص وسایل و تجهیزات، کمبود و در دسترس نبودن تعمیرکار برای وسایل و تجهیزات، نگهداری نامطلوب مصالح- (شایستگی افراد) مهارت فردی، تجربه کاری، سطح تحصیلات، حس مسئولیت، دوره های آموزشی فرا گرفته- (انگیزه و روحیه کاری) احترام به نیروهای اجرایی، پراخت های به موقع، پاداش ها و برنامه های تشویقی، فضای استراحت مناسب و کافی برای نیروهای اجرایی، سرویس ها و تسهیلات حمل و نقل کافی برای نیروهای اجرایی- (شرایط خارجی) (شرایط جوی نامساعد (دمای بالا/پایین، عوامل محیطی (آلودگی صوتی، گرد و غبار...))، شرایط نامطلوب سیاسی، اجتماعی و اقتصادی

(۱۵) علی اکبر جالیان (۱۳۹۴): عوامل مرتبط بر انگیزش کارکنان (تاخیر در پرداخت حقوق کارکنان، مناسب بودن حقوق کارکنان با مسئولیت محوله، موقعیت مناسب شغلی بر اساس تجربه و تحصیلات، داشتن اختیارات کافی جهت انجام مسئولیت، روابط مناسب کاری و اخلاقی بین افراد، پاداش ها و مشوق های مالی، احساس امنیت شغلی)، عوامل مرتبط با خصوصیات کار (دوباره کاری، ابهام در نقشه های اجرایی دسترسی به مصالح، دسترسی به تجهیزات و ماشین آلات، پیچیدگی و اندازه پروژه یا فعالیت، اضافه کاری)، عوامل مرتبط با شرایط محیطی فیزیکی (شرایط جوی، کمبود فضای کافی کاری، ایمنی کافی)، عوامل مرتبط با خصوصیات نیروی کار (آموزش، مهارت، غیبت کارگران، تعداد نیروی انسانی)، عوامل مرتبط با مدیریت پروژه (استفاده از روش های جدید ساخت، فشارهای خارجی برای کاهش مدت پروژه به دلیل تاخیرات، کافی بودن تعداد ناظران در حین کار، باصلاحیت بودن ناظران از لحاظ تجربه و دانش، مدیریت و راهبری کارآمد پروژه، استفاده از تکنولوژی های جدید و آی تی در اجرا)

(۱۶) محمود ربیعی (۱۳۹۵): فاکتورهای اقتصادی- فاکتورهای مدیریتی- فاکتورهای مرتبط با نیروی انسانی- فاکتورهای مرتبط با ویژگی های کار- فاکتورهای اجتماعی و روانی که ۱۵ عامل اصلی مؤثر بر بهره وری نیروی کار

در پروژه های عمرانی کشور با بیشترین درجه اهمیت به ترتیب به صورت زیر میباشند: مقدار دستمزد-توجه به تلاش افراد و تاثیر دادن آن در میزان پرداختی- استفاده از سیستمهای مدیریتی نوین-صلاحیت رهبری مدیریت پروژه-عدم تفاوت دستمزد برای نیروی انسانی با شرایط یکسان-مهارت و تجربه در انجام کار-تکنولوژی ساخت و ساز- وجود رقابت بین نیروی کار-انگیزه برای عملکرد خوب- رضایت فرد از شغل خود

(۱۷) میرزاوند و پناهی (۱۳۹۵): برنامه ریزی مدیریت نیروی انسانی (استفاده از مستندات پروژه های مشابه قبلی، پیش بینی برنامه های آموزشی جهت دریافت گواهینامه برای پیشرفت پروژه، شناسایی مهارت ها بر اساس WBS بررسی رزومه قبلی نیروها، ایمنی و بهداشت- (تشکیل تیم پروژه) استخدام نیروی کار چند مهارت، کمبود نیروی کار ماهر به دلیل هزینه زیاد آموزشی، شناسایی نقاط ضعف و قوت انتصاب نیروها در پروژه های مشابه، عدم حمایت شرکت ها از سوی نهاد دولتی جهت استفاده از کارگران ماهر، زمانبندی اندوخته برای مواقع احتیاط- (توسعه تیم پروژه) میزان بازخورد و موفقیت فنی و تخصصی براساس اهداف از پیش تعیین شده، بررسی عملکرد براساس نتیجه محوری، نحوه برخورد عوامل پیمانکار و کارفرما با نیروها، بهبود فرهنگ کار تیمی، پایین بودن تخصص و مهارت نیروی کار- (مدیریت تیم پروژه) عدم ارتباط مناسب بین دفتر فنی و کارگاه، ارزشیابی عملکرد اعضای تیم، عدم برنامه ریزی و کنترل پروژه مناسب، تعامل سازنده و متقابل کارفرما و پیمانکار و مشاور، روش اجرای نامناسب

(۱۸) Singer, Kevin (2002): مشارکت کارکنان در تصمیم گیری و افزایش انگیزه کارکنان- شایستگی فردی و اثر آن بر دیگر کارکنان

(۱۹) Sunil Ramlall (2004): عوامل انگیزشی- امنیت شغلی
 (۲۰) Mustafa E. Shehataa, Khaled M. El-Gohary (2012): کاهش ساعت کاری- عوامل مرتبط با فرد- فرهنگ- ساختار سازمانی- سیستم های پاداش- دوره های آموزشی- عوامل مربوط به فضای فیزیکی سازمان- غنی سازی شغلی- برنامه ریزی آموزشی طبق نیاز- تفویض اختیار به مدیران سطوح میانی و سرپرستی جهت تصمیم گیری

(۲۱) Soekiman (2011): عوامل طراحی- طرح اجرایی- مواد- تجهیزات- نیروی کار- بهداشت و ایمنی- نظارت- زمان کاری- عامل پروژه- کیفیت- عوامل مالی- رهبری و همه‌انگیزی- سازمان- مالک/مشاور عوامل خارجی

۳- روش تحقیق

۳-۱- جامعه آماری

تشخیص جامعه آماری در تحقیق بسیار اهمیت دارد زیرا تجزیه و تحلیل آماری بر اساس حجم نمونه صورت میگیرد، جامعه آماری تحقیق حاضر را عوامل و مدیران اجرایی خبره و با سابقه صنعت ساخت و ساز شرکتهای عمرانی استان قزوین تشکیل می دهند که با پروژه های مسکن مهر اجرا شده در این استان درگیر بوده اند.

۳-۲- روش نمونه گیری و حجم نمونه

به دلیل عدم دسترسی گسترده به تعداد دقیق جامعه آماری، جهت محاسبه حجم نمونه مورد نیاز برای این پژوهش از روش نمونه گیری تصادفی ساده و فرمول کوکران^۴ طبق معادله زیر استفاده شده است:

$$n = \frac{Nt^2pq}{Nd^2 + t^2pq} \quad (1)$$

که در این رابطه، n حجم نمونه آماری؛ N جمعیت جامعه آماری؛ t^2 مقدار توزیع نرمال؛ q نسبت عدم وجود صفت در جامعه آماری؛ p نسبت وجود صفت در جامعه آماری و d^2 سطح خطا می باشد.

در این رابطه جمعیت جامعه آماری ۲۵ نفر، مقدار سطح خطا برابر ۹۰٪ (سطح اطمینان)، مقدار توزیع نرمال از جدول سطح زیر منحنی نرمال با ۹۰٪ اطمینان برابر ۱٫۹۶ و مقادیر p و q از آمار و

اطلاعات گذشته با مقداری برابر با ۰,۵ جایگزین شده است بر این اساس مقدار حجم نمونه برابر با ۳۶ نفر تعیین گردیده است.

۴- یافته‌ها

پس از شناسایی مهمترین عوامل موثر بر بهره‌وری صنعت ساخت و ساز، نیاز به تقسیم‌بندی مطابق استاندارد PMBOK می باشد و پس از غربالگری عوامل شناسایی شده، از طریق ارائه پرسشنامه به مهندسين با تجربه حوزه مسکن مهر غربالگری نهایی و شناسایی عوامل موثر پیرامون حوزه مسکن مهر انجام میپذیرد، که در جدول ۲ در قالب ۵۲ عامل و در ۲ گروه اصلی مطابق استاندارد PMBOK تقسیم بندی شده است

که پس از شناسایی این عوامل از طریق مطالعات کتابخانه‌ای و نظر کارشناسان متخصص حوزه مسکن مهر، جهت اولویت‌بندی نهایی، پرسشنامه‌ای تهیه و در جامعه آماری توزیع میگردد، که برای طراحی آن از طیف ۵ گزینه ای لیکرت استفاده گردید. پس از جمع آوری پاسخ ها جهت تجزیه و تحلیل داده ها از آزمون آماری SPSS v16 استفاده گردید و جهت سنجش پایایی پرسشنامه از آلفای کرونباخ در نرم افزار SPSS v16 استفاده گردید که مقدار محاسبه شده بیش از ۰,۷ می باشد.

۴-۱- تحلیل داده ها

در این بخش به بررسی فرضیه‌های مطرح شده و آزمون آماری مورد استفاده در پژوهش پرداخته می شود و به طور کلی یافته‌های به دست آمده تحلیل میشوند تا از نظر آماری نیز بتوان صحت و سقم فرضیات را مورد بررسی قرار داد، قبل از هر کاری باید مشخص کنیم که از آزمون های پارامتری استفاده شود و یا غیر پارامتری ، جهت تعیین این موضوع از آزمون آماری کلموگروف اسمیرنوف K-S استفاده میشود. که نتایج این آزمون را برای عامل برنامه ریزی مدیریت نیروی انسانی و سه عامل تشکیل-توسعه و مدیریت تیم پروژه به ترتیب در جداول 3 و 2 مشاهده می کنیم. بررسی فرض نرمال بودن داده ها با استفاده از آزمون کلموگروف اسمیرنوف K-S در صورت نرمال بودن توزیع داده‌های جمع آوری شده: برای آزمون فرضها ما توانیم از آزمون پارامتری استفاده کنیم و در صورت غیر نرمال بودن از آزمون های ناپارامتری



5 (1) , 2020

دوره ۵، شماره ۱

بهار ۱۳۹۹

فصلنامه پژوهشی

مهندسی مدیریت ساخت

افزایش بهره‌وری مدیریت منابع انسانی در پروژه‌های ساخت بر اساس استاندارد PMBOK

۱. برنامه ریزی مدیریت نیروی انسانی

- ایمنی و بهداشت کارکنان در سایت
- برنامه ایمنی و سلامت سایت و آموزش‌های لازم جهت جلوگیری از صدمات کارکنان
- تطابق و تفویض اختیارات با انجام مسئولیت و مشارکت در تصمیم‌گیری کارکنان
- مهارت و دانش فردی بر اساس WBS
- میزان تجربه کاری
- انتخاب برنامه‌های آموزشی جهت پیشرفت پروژه
- تنظیم فعالیت‌ها جهت جلوگیری از تداخل و ازدحام بیش از حد سایت
- استفاده از اطلاعات و مستندات پروژه‌های مشابه قبلی
- دسترسی به کارگاه
- نبود مهندس ایمنی در سایت
- تسهیلات حمل و نقل کافی و امکانات رفاهی نیروها
- مکان پروژه و فاصله از مرکز جمعیت
- شرایط جوی نامساعد و تغییرات آب و هوایی اعم از گرما-سرما
- میزان سطح تحصیلات و سطح تحصیلات مرتبط با کار
- عوامل محیطی اعم از آلودگی صوتی-تهویه نامطلوب-گرد و غبار

۲. تشکیل تیم پروژه

- استفاده از نیروهای کاری چند مهارته
- نیروی کاری مضاعف
- عدم حمایت شرکت‌های وابسته به دولت
- جهت استفاده از کارگران ماهر
- کمبود نیروی ماهر به دلیل بالا بودن هزینه دوره‌های آموزشی
- تعداد و ترکیب مناسب نیروهای کار
- در نظر گرفتن ترتیب و توالی کارها
- تخصیص صحیح منابع



5 (1), 2020

دوره ۵، شماره ۱

بهار ۱۳۹۹

فصلنامه پژوهشی

مهندسی مدیریت ساخت

۳. توسعه تیم پروژه

حس مسئولیت، فاطمیت و وجدان کاری

جلوگیری از تاخیر در شروع کار و زود تمام کردن کار و غیبت نیروها

پاداش های نقدی و غیر نقدی

عدم دخالت دادن مشکلات شخصی کارگران

پرداخت های به موقع و مکفی حقوق متناسب با تلاش و شغل عوامل اجرایی

قرهنگ کار تیمی

فرهنگ انضباط اجتماعی و پایبندی به اصول اخلاقی

نحوه برخورد عوامل پیمانکار-کارفرما و سرپرست با نیروها

۴. مدیریت تیم پروژه

برنامه ریزی زمانی نزدیک به واقعیت و مدیریت زمان

تغییرات ترتیب و توانی کارها و فعالیت ها

مدیریت کارآمد مصالح و تجهیزات و استفاده از مواد و وسایل با کیفیت

روش و تکنولوژی ساخت و سطح پیچیدگی طراحی و تکنولوژی

تصمیم گیری های کند و تأخیر در پاسخ و یا درخواست اطلاعات نقشه ها

بیمه و امنیت شغلی کارگران

اضافه کاری

نادیده گرفتن هشدار های ایمنی در سایت

ارزیابی عملکرد اعضای تیم

تغییرات نقشه ها و دوباره کاری حاصل از تغییرات و خطاها

تأخیر در اخذ مجوزات لازمه

وضوح دسترسی و کامل بودن طرح و نقشه ها

نقص و خرابی وسایل و تجهیزات

هماهنگی بین فعالیت های مختلف

شرایط نامطلوب سیاسی

نظارت کافی بر کار نیروهای اجرایی

بازرسی عادلانه و متصفانه کار اجرا شده توسط ناظر وعدم تاخیر بازرسی

جلوگیری از استراحت های بدون برنامه در طول روز

استفاده از نیروی کار ماهر

جلوگیری از تعلیق، تعطیلی و انقطاع کار

ارتباط موثر و سازنده بین واحد مدیریت و نیروی اجرایی

تعامل بین دفتر فنی و واحد اجرایی

آزمون نرمال بودن K-S «» برای توزیع عوامل موثر بر بهره وری پروژه های عمرانی صورت زیر می باشد

- H0 : عامل برنامه ریزی مدیریت نیروی انسانی در بهره وری پروژه های عمرانی دارای توزیع نرمال است
- H1 : عامل برنامه ریزی مدیریت نیروی انسانی در بهره وری پروژه های عمرانی دارای توزیع نرمال نیست

جدول ۳ آزمون کلموگروف اسمیرنوف K-S برای عامل برنامه ریزی مدیریت نیروی انسانی

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test		
		poseshname 1
N		32
Normal Parameters ^a	Mean	51.6875
	Std. Deviation	10.08172
Most Extreme Differences	Absolute	.153
	Positive	.111
	Negative	-.153
Kolmogorov-Smirnov Z		.867
Asymp. Sig. (2-tailed)		.440

a. Test distribution is Normal.

همانطور که مشاهده می کنیم سطح معنی داری بز رگتر از مقدار خطای ۰.۰۵ می باشد پس فرض صفر پذیرفته می شود و می پذیریم که عامل مورد نظر در بهره وری پروژه های عمرانی موثر می باشد

جدول ۴ آزمون کلموگروف اسمیرنوف K-S برای سه عامل تشکیل-توسعه و مدیریت تیم پروژه

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test				
	poseshname 2	poseshname 3	poseshname 4	
N	34	36	31	
Normal Parameters ^a	Mean	26.0294	31.8889	83.9355
	Std. Deviation	4.71288	4.50890	11.17418
Most Extreme Differences	Absolute	.186	.121	.104
	Positive	.087	.057	.043
	Negative	-.186	-.121	-.104
Kolmogorov-Smirnov Z	1.086	.726	.581	
Asymp. Sig. (2-tailed)	.189	.669	.889	

a. Test distribution is Normal.

برای دیگر عوامل (تشکیل تیم پروژه ، توسعه تیم پروژه ، مدیریت تیم پروژه) که باعث بهره وری پروژه های عمرانی میباشند هم به همین منوال پیش میرویم. سطح معنیداری هریک از عوامل را بررسی و در جدول فوق ذکر کردیم در نتیجه در میابیم که سطح معنیداری هر ۴ پرسشنامه بیشتر از ۰.۰۵ میباشد پس دارای توزیع نرمال میباشند. بنابراین جهت بررسی فرضیات پژوهش از آزمونهای آمار پارامتری استفاده خواهیم کرد. سپس به منظور سنجش فرضیه اساسی بودن هر عامل در صورتی که مفروضه نرمال بودن هر متغیر توسط آزمون آماری کلموگروف اسمیرنوف K-S رد نگردد از آزمون آماری پارامتریک تک نمونههای استفاده میگردد. در صورت رد شدن فرضیه صفر میتوان نتیجه گرفت که عامل مربوطه دارای اهمیت میباشد

۴-۲- آزمون فریدمن جهت اولویت بندی عوامل موثر بهره وری پروژه های مسکن مهر

آزمون فریدمن در اولویت بندی فاکتورهای لحاظ شده در قالب جداولی در نرم افزار SPSS v16 بیان میشود: از جدول ۵ (جدول

میانگین رتبه ها) در آزمون فریدمن، مشاهده می کنیم که ۳۲ نفر عامل پنجم یعنی میزان تاثیر تجربه بر بهره وری را در فاکتور برنامه ریزی مدیریت نیروی انسانی بیشتر از باقی عوامل موثر می دانند. (میانگین رتبه ی ۱۱.۷۷ مهمترین عامل مدیریت نیروی انسانی میباشد). نتیجه این آزمون با مقدار $\chi^2=63.026$ و در سطح معنی داری $\text{sig}=0.0000$ معنی دار است. برای دومین، سومین و چهارمین متغیر هم به همین ترتیب عمل میکنیم یعنی مطابق جدول ۶، لحاظ کردن ترتیب و توالی کارها بر بهره وری منابع انسانی را بیشتر از باقی عوامل موثر می دانند. (میانگین رتبه ی ۴.۸۸ مهمترین عامل تشکیل تیم پروژه میباشد) و طبق جدول ۷، میزان حس مسئولیت، قاطعیت و وجدان کاری نیروها بر بهره وری منابع انسانی را بیشتر از باقی عوامل موثر می دانند. (میانگین رتبه ی ۵.۵۳ مهم ترین عامل توسعه ی تیم پروژه میباشد) و طبق جدول ۸، استفاده از نیروی کار ماهر و در نتیجه اهمیت استفاده از نیروی کار ماهر بر بهره وری منابع انسانی را بیشتر از باقی عوامل موثر می دانند (میانگین رتبه ی ۱۵.۸۷ مهم ترین عامل مدیریت تیم پروژه می باشد

جدول ۵ میانگین رتبه عامل تجربه

Friedman	
Ranks	
	Mean Rank
1	5.47
2	6.26
3	8.23
4	8.34
5	11.77
6	7.52
7	9.08
8	8.90
9	8.20
10	4.77
11	8.50
12	8.38
13	7.86
14	8.25
15	7.28

Test Statistics ^a	
N	32
Chi-Square	63.026
df	14
Asymp. Sig.	.000

a. Friedman Test

جدول ۶ میانگین رتبه ها عامل لحاظ کردن ترتیب و توالی کارها

Friedman	
Ranks	
	Mean Rank
16	3.81
17	3.31
18	3.13
19	4.25
20	4.69
21	4.88
22	4.72

Test Statistics ^a	
N	34
Chi-Square	29.359
df	6
Asymp. Sig.	.000

a. Friedman Test

جدول ۷ میانگین رتبه ها عامل حس مسئولیت، قاطعیت و وجدان کاری

نیروها

	Mean Rank
31	12.00
32	12.29
33	13.73
34	12.48
35	11.60
36	10.00
37	8.08
38	7.19
39	8.08
40	11.08
41	10.37
42	13.79
43	13.03
44	12.88
45	8.19
46	12.06
47	10.89
48	0.66
49	13.60
50	15.08
51	12.77
52	14.45

Test Statistics^a

N	31
Chi-Square	105.213
df	21
Asymp. Sig.	.000

a. Friedman Test

جدول ۸ میانگین رتبه ها عامل استفاده از نیروی کار ماهر

	Mean Rank		
1	13.64		
2	16.03		
3	23.98	28	31.71
4	22.07	29	30.57
5	34.47	30	35.12
6	19.74	31	28.83
7	24.90	32	29.45
8	25.91	33	32.71
9	23.22	34	30.14
10	17.38	35	29.48
11	25.22	36	25.28
12	24.86	37	16.03
13	21.33	38	18.55
14	23.48	39	22.33
15	19.33	40	26.78
16	24.41	41	26.66
17	21.91	42	32.66
18	21.03	43	31.16
19	30.00	44	29.79
20	31.21	45	18.97
21	33.34	46	28.50
22	26.69	47	27.19
23	35.40	48	23.43
24	27.83	49	32.41
25	24.12	50	35.71
26	22.57	51	30.60
27	35.40	52	34.48

Test Statistics^a

N	29
Chi-Square	248.437
df	51
Asymp. Sig.	.000

a. Friedman Test

۵- جمع بندی و نتیجه گیری

با توجه به نتایج حاصله میتوان نتیجه گرفت که یکی از مهمترین عوامل عدم موفقیت پروژهها، عدم توجه کافی به مدیریت منابع انسانی میباشد که جهت رفع موانع و جلوگیری از کاهش بهره وری با توجه به اولویتهای انجام شده جهت پیشرفت لازمه باید تدابیری اندیشید. پس از تحلیل آماری نتایج، با توجه به تقسیم بندی کلیه عوامل طبق استاندارد PMBOK، عوامل کلیدی و مهم در هر ۴ فاکتور به شرح زیر میباشد:

الف) توسعه تیم پروژه:

۱- نحوه برخورد عوامل پیمانکار-کارفرما و سرپرست با

نیروها

۲- احساس مسئولیت، قاطعیت و وجدان کاری نیروها

۳- پرداخت های به موقع و مکفی حقوق متناسب با تلاش و

شغل فردی

ب) مدیریت تیم پروژه

۱- استفاده از نیروی کار ماهر

۲- مدیریت کارآمد مصالح و تجهیزات و استفاده از مواد و

وسایل با کیفیت

۳- تعامل بین دفتر فنی و واحد اجرایی

۴- وضوح-دسترسی و کامل بودن طرح و نقشه ها

ج) تشکیل تیم پروژه:

۱- در نظر گرفتن ترتیب و توالی کارها

۲- تعداد و ترکیب مناسب نیروهای کار

د) برنامه ریزی مدیریت نیروی انسانی:

۱- میزان تجربه کاری

۶- مراجع

- [1] Azadeh A, Zarrin M. An intelligent framework for productivity assessment and analysis of human resource from resilience engineering, motivational factors, HSE and ergonomics perspectives. Safety science; 89:55-71, 2016 Nov 30.
- [2] El-Gohary KM, Aziz RF. Factors influencing construction labor productivity in Egypt. Journal of Management in Engineering; 30(1):1-9, 2013 Jan 7.
- [3] El-Batreek AH, Ezeldin AS, Elbarkouky MM. A Framework for Construction Labor Productivity Improvement in Egypt. In AEI 2013, Building Solutions for Architectural Engineering; (pp. 1007-1007), 2013.
- [4] Proceedings of the 2nd National Productivity Congress of Iran, National Iranian Productivity Organization (NPO), 1996
- [5] Yang SB, Ok Choi S. Employee empowerment and team performance: Autonomy, responsibility, information, and creativity. Team Performance Management: An International Journal; 15(5/6):289-301, 2009 Aug 21.
- [6] H., Afkar, Productivity in the lessons of Islam, Islamic Republic of Iran Broadcasting Islamic Research Center, 2005.
- [7] Fellows, Richard and others. Enhancing Commitment Through Work Empowerment. Engineering Construction and Architectural Management; pp 568-580, 2007.
- [8] M., pourmohammadi, A., Asadi, Evaluation of Mehr housing projects in Zanjan city, Journal of Applied Research in Geographical Sciences, 14 (33), 2014, pp 171-192.

¹ productivity

² efficiency

³ effectiveness

⁴ Cochran

Project scheduling with limited resources

Kiana Ahghari

Faculty of Engineering, Higher Education and Development
Institute, hamedan, iran

*Corresponding author's email address:
k.ahghari@gmail.com

Abstract

Scheduling a project with limited resources is an NP issue. One of the innovative approaches to solve this problem is to use the rules of prioritization in planning activities. In this paper, eleven prioritization rules are implemented in two methods, in series and in parallel, and we compare these methods with the criterion of completing the project in a shorter time, by one hundred and twenty standardized test questions containing 30 to 120 activities. The results show that, firstly, the parallel approach is more effective in applying prioritization rules than the series approach. Second, in order to benefit from the greater efficiency of the parallel approach, it is sufficient to apply a maximum of three arbitrary prioritization rules in parallel.

Keywords

Project scheduling, limited resources, innovative problem solving approaches

زمان بندی پروژه با منابع محدود

کیانا احقری

دانشکده مهندسی، موسسه آموزش عالی عمران و توسعه، همدان، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۲/۱۵، تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۲/۲۸

چکیده

زمان بندی پروژه با منابع محدود یک مسأله NP است. یکی از رویکردهای ابتکاری حل این مسأله استفاده از قواعد اولویت بندی در برنامه ریزی فعالیتهاست. در این مقاله یازده قاعده اولویت بندی را به دو شیوه سری و موازی به صورت ایستای پیاده سازی کرده و این شیوه ها را با معیار تکمیل پروژه در زمان کوتاه تر، به وسیله یکصد و بیست مسأله آزمون استاندارد حاوی ۳۰ تا ۱۲۰ فعالیت، با یکدیگر مقایسه کرده ایم. نتایج به دست آمده نشان می دهد که اولاً رویکرد موازی در به کارگیری قواعد اولویت بندی از رویکرد سری کارآمدتر است. ثانیاً به منظور بهره جستن از کارایی بیشتر رویکرد موازی، تنها کفایت حداکثر سه قاعده اولویت بندی دلخواه به صورت موازی به کار گرفته شوند.

کلمات کلیدی

زمان بندی پروژه، منابع محدود، رویکردهای ابتکاری حل مسأله



5 (1), 2020

دوره ۵، شماره ۱
بهار ۱۳۹۹

فصلنامه پژوهشی



۱- مقدمه

مسأله زمان بندی پروژه با منابع محدود^۱ یک مسأله NP است و برای نخستین بار در سال ۱۹۶۳ مطرح شد [۱]. این مسأله "یکی از پیچیده ترین مسائل تحقیق در عملیات است که در دهه های اخیر پیشرفتهای قابل توجهی در تدوین روشهای حل دقیق و ابتکاری آن به وجود آمده و اخیراً روشهای جدید بهینه سازی در حل آن به کار گرفته شده اند" [۲]. در این مسأله، پروژه به کمک روشهایی مانند روش شکست کار^۲ به تعدادی فعالیت تجزیه می شود. این فعالیتها به لحاظ روابط منطقی متفاوتی که حاکم بر آنهاست با یکدیگر ارتباط پیدا می کنند. رابطه های منطقی و بلا فصل بین هر دو فعالیت به کمک یک یا چند رابطه کنترل کننده مانند رابطه پایان به شروع^۳، رابطه شروع به شروع^۴، رابطه پایان به پایان^۵، و رابطه شروع به پایان^۶ تبیین می شوند. البته در پروژه های پیچیده تر امکان تعریف رابطه های کنترل کننده بیشتری مانند توازی اجرا بین دو فعالیت^۷ وجود دارد [۳]. برای اجرای هر فعالیت به منابع متفاوتی از قبیل زمان، سرمایه، نیروی انسانی و ... نیاز است. این منابع غالباً به دو دسته تجدیدشدنی^۸ مثل نیروی انسانی و تجدیدنشدنی^۹ مانند سرمایه تقسیم می شوند. هر فعالیت می تواند در چندین حالت^{۱۰} مختلف مثلاً به صورت دستی، نیمه مکانیزه و یا مکانیزه اجرا شود. اجرای هر حالت نیازمند نوع و میزان منابع متفاوتی است [۴]. در مساله برنامه ریزی پروژه با منابع

محدود برای انجام هر فعالیت مثل i به r_{ik} واحد از منبع k ، $k = 1, \dots, m$ ، در هر واحد زمان از مدت زمان اجرای آن فعالیت (d_i) نیاز است. این در حالیست که منبع k دارای محدودیت b_k در هر واحد زمان است. متغیرهای d_i ، r_{ik} و b_k نامنفی و معین هستند. هدف این مساله غالباً تعیین زمان شروع و حالت اجرای هر فعالیت به گونه ای است که زمان اجرای پروژه را کمینه نماید. واضح است که پاسخ این مساله باید قیود مربوط به ارتباط منطقی فعالیتها را تامین کند، و به محدودیت منابع نیز توجه داشته باشد. مساله زمان بندی پروژه با منابع محدود، با توجه به شرایط متفاوت، به صورتهای مختلف مدلسازی می شود. در اینجا فرض می کنیم پروژه به صورت یک شبکه فعالیت - روی - گره^{۱۱} مثل گراف $G = (V, E)$ که در آن V مجموعه گرهها و بیانگر فعالیتهای پروژه و E مجموعه یالها و بیانگر روابط منطقی بین فعالیتهاست، تعریف شده باشد. فعالیتها از ۱ تا n شماره گذاری شده اند. فعالیتهای ۱ و n مجازی هستند و شروع و پایان پروژه را نشان می دهند. فعالیتها پس از شروع تا پایان چرخه عمر خود بدون وقفه اجرا می شوند. کلیه رابطه های کنترل پیش گفته در تبیین رابطه های منطقی مابین فعالیتهای پروژه نقش دارند. در چنین شرایطی این مساله را می توان به صورت زیر مدلسازی کرد:

$$\text{Min } t_n \quad (1)$$

subject to:

$$t_j - t_i \geq d_j - d_i + SS_{ij}, \quad \forall (i, j) \in R_1 \quad (2)$$

$$t_j - t_i \geq -d_i + SF_{ij}, \quad \forall (i, j) \in R_2 \quad (3)$$

$$t_j - t_i \geq d_j + FS_{ij}, \quad \forall (i, j) \in R_3 \quad (4)$$

$$t_j - t_i \geq FF_{ij}, \quad \forall (i, j) \in R_4 \quad (5)$$

$$\sum_{i \in A_k} r_{ik} \leq b_k \quad k = 1, \dots, m \quad (6)$$

$$t_i \geq 0 \quad i = 1, \dots, n. \quad (7)$$

که در آن متغیرها به صورت زیر تعریف می‌شوند:

n	:	تعداد فعالیت‌های پروژه.
m	:	انواع منابع.
d_i	:	مدت زمان انجام فعالیت i ($i = 1, \dots, n$).
t_i	:	زمان شروع فعالیت i .
r_{ik}	:	مقدار نیاز فعالیت i به منبع k .
b_k	:	موجودی منبع تجدیدشدنی k .
A_t	:	مجموعه فعالیت‌هایی که در فاصله زمانی $[t - 1, t]$ انجام می‌شوند $A_t = \{i \mid f_i - d_i < t \leq f_i\}$ که در آن f_i مدت زمان لازم جهت انجام فعالیت i است.
R_i	:	مجموعه زوج فعالیت‌هایی که بین آنها به ترتیب رابطه‌های شروع به شروع، شروع به پایان، پایان به شروع و پایان به پایان برقرار است ($i = 1, \dots, 4$).



5 (1), 2020

دوره ۵، شماره ۱

بهار ۱۳۹۹

فصلنامه پژوهشی



بسیاری از رویکردهای ابتکاری حل مساله برنامه‌ریزی پروژه با منابع محدود در سال ۲۰۰۶ میلادی مورد بررسی قرار گرفتند [۱۲]. آنها این رویکردها را در چهار گروه با عناوین (۱) رویکردهای مبتنی بر قواعد اولویت‌بندی^{۱۲} مانند روش نمونه‌گیری تصادفی [۱۳]؛ (۲) رویکردهای مبتنی بر روش‌های ابر ابتکاری^{۱۳} مانند الگوریتم ژنتیک [۱۴-۱۵]، مانند الگوریتم جستجوی ممنوع [۱۶]؛ مانند الگوریتم شبیه سازی تبریدی [۱۷]؛ مانند الگوریتم مورچه^{۱۴} [۱۸]؛ (۳) رویکردهای مبتنی بر روش‌های ابتکاری غیر متعارف^{۱۵} مانند روش‌های مبتنی بر جستجوی محلی [۱۹]؛ مانند روش‌های تکاملی و مبتنی بر جمعیتی از جواب مثل الگوریتم جستجوی پراکنده^{۱۶} [۲۰]؛ و بالاخره (۴) رویکردهای مبتنی بر سایر روش‌های ابتکاری مانند بهسازی پیشرو پسر^{۱۷} [۲۱]؛ مانند روش‌های تجزیه شبکه [۲۲]؛ دسته‌بندی کردند. در ادامه مقاله حاضر، قواعد اولویت‌بندی از گروه ۱ را مورد بررسی بیشتر قرار می‌دهیم تا به طور خاص عملکرد آنها را در شرایطی که به صورت سری و به صورت موازی پیاده‌سازی شده‌اند، با یکدیگر مقایسه کنیم.

با توجه به (۱)، هدف مساله مدل‌سازی شده در ۱-۶ کمینه‌سازی زمان تکمیل پروژه است. در این مدل قیدهای ۲ تا ۵ بیانگر روابط پیش‌نیازی بین فعالیت‌ها و قید ۶ نیز بیان‌کننده برقراری محدودیت منابع است.

۳- پیشینه مساله

مساله زمان‌بندی پروژه با منابع محدود پیشینه‌ای بیش از ۴۰ سال دارد. برای حل این مساله دو رویکرد بهینه و ابتکاری وجود دارند [۵]. حل مصادیق واقعی این مساله به دلیل پیچیدگی، گستردگی و دشواری با رویکردهای بهینه نظیر برنامه‌ریزی ریاضی، برنامه‌ریزی پویا و یا شاخه و کران غیر عملی است [۶]. البته در ادبیات موضوع کاربرد رویکردهای بهینه در حل مصادیق کوچکتر این مساله نیز گزارش شده است. به عنوان نمونه، خواننده علاقمند را به [۷] در خصوص برنامه‌ریزی ریاضی، به [۸-۹] در خصوص روش‌های شمارشی مثل برنامه‌ریزی پویا و به [۱۰-۱۱] در خصوص روش‌های شاخه و کران ارجاع می‌دهیم. به دلیل ناکارآمد بودن رویکردهای بهینه، اکثر مسائل واقعی زمان‌بندی پروژه با منابع محدود با رویکردهای ابتکاری حل می‌شوند.

۴- قواعد اولویت‌بندی و نحوه پیاده سازی آنها

استفاده از قواعد اولویت‌بندی در تخصیص منابع در پروژه‌هایی که با محدودیت منابع روبرو هستند، یکی از رویکردهای ابتکاری حل مساله برنامه‌ریزی پروژه با منابع محدود است. در این رویکرد، در هر مقطع زمانی از چرخه عمر پروژه که می‌خواهیم فعالیتها را از نظر نیاز به منابع، برنامه‌ریزی کنیم، به دلیل محدودیت منابع، نمی‌توانیم به کلیه فعالیت‌های واجد شرایط، منابع مورد نیازشان را تخصیص دهیم. بنابراین لازم می‌آید تا ترکیب مناسبی از فعالیتها را جهت تخصیص منابع انتخاب کنیم. این انتخاب به کمک قواعد اولویت‌بندی صورت می‌گیرد. قواعد اولویت‌بندی بسیاری وجود دارند که در ادبیات موضوع به ۱۱ قاعده بیشتر اشاره شده است (مشخصات این قواعد در پیوستار آمده است). سوالاتی که در این مقاله مورد بررسی قرار می‌گیرند عبارتند از: "آیا در برنامه‌ریزی منابع با رویکرد قواعد اولویت‌بندی از یک قاعده استفاده کنیم یا بهتر است تا ترکیبی از آنها را مورد استفاده قرار دهیم؟ و در صورتی که استفاده ترکیبی آنها مناسبتر باشد چند قاعده را به صورت ترکیبی به کار بگیریم؟"

در این مقاله از طریق حل مسائل آزمون بدواً ترکیب مناسبی از قواعد اولویت‌بندی را شناسایی می‌کنیم. برای این منظور قواعد اولویت‌بندی پیش‌گفته را با دو رویکرد سری و موازی پیاده‌سازی می‌کنیم. در رویکرد سری، در کلیه مقاطع برنامه‌ریزی از چرخه عمر پروژه، از یک قاعده اولویت‌بندی ثابت استفاده می‌کنیم. در برنامه‌ریزی فعالیتها به صورت موازی، ترکیب مناسبی از قواعد اولویت‌بندی را به کار می‌گیریم. برای تعیین ترکیب مناسبی از این قواعد به صورت زیر عمل می‌کنیم. ابتدا در رویکرد سری، قواعد اولویت‌بندی را مستقلاً بررسی می‌کنیم تا قواعدی را که نسبت به سایر قواعد، از عملکرد بهتری برخوردارند، شناسایی کنیم. معیار

سنجش عملکرد بهتر، تکمیل پروژه در زمان کوتاهتر است. برای ارزیابی عملکرد ۱۱ قاعده اولویت‌بندی، چهار مجموعه مسائل آزمون استاندارد با معیارهای پیچیدگی متفاوت و حاوی مسائل ۳۰، ۶۰، ۹۰ و ۱۲۰ فعالیتی که توسط باکتر مورد استفاده قرار گرفته‌اند، را به کار می‌گیریم [۲۳]. یادآوری می‌کنیم که در تولید هر مجموعه، پارامترهای مسائل به کمک طرح آزمون فاکتوریل^{۱۸} مقداردهی شده‌اند [۲۴]. این مسائل برای ارزیابی رویکردهای ابتکاری حل این مساله، توسط محققین بسیاری مورد استفاده قرار گرفته‌اند و از کتابخانه زمان‌بندی پروژه قابل پیاده‌سازی هستند [۲۵].

۵- بحث و بررسی نتایج

به منظور ارزیابی عملکرد قواعد اولویت‌بندی و پاسخگویی به سوالات مطرح شده، ۱۳۲۰ اجرا (برای هر یک از یازده قاعده اولویت‌بندی، ۳۰ اجرای تصادفی به ازای هر مجموعه مساله آزمون) از مسائل آزمون را به کار می‌گیریم. در این اجراها، قواعد به صورت ایستا پیاده‌سازی می‌شوند، یعنی با گذر زمان مقادیر مربوط به معیارهای اولویت‌بندی تغییر نکرده و همان مقادیر اولیه خود را حفظ می‌کنند. نتایج حاصل از ارزیابی قواعد اولویت‌بندی در رویکرد سری در جدولهای ۱ تا ۴ آمده است. این جداول تعداد مسائلی را که جواب حاصل از حل آنها به کمک هر یک از قواعد اولویت‌بندی در مقایسه با سایر جوابها از نظر کیفیت در رتبه‌های ۱ تا ۵ قرار گرفته‌اند، نشان می‌دهند. در این جداول، احتمال وجود بهترین جواب در رتبه‌های ۱ تا ۵، P نیز آورده شده است. در جدول ۱ ملاحظه می‌کنیم که جوابهای حاصل از به کارگیری مثلاً قواعد اولویت‌بندی ۳، ۶ و ۷ با احتمالی بیش از ۷۶٪ در بین ۵ جواب بهتر قرار گرفته‌اند. این در حالی است که جوابهای حاصل از به کارگیری قاعده اولویت‌بندی ۱ تنها با احتمالی قریب به ۴۳٪ در بین ۵ جواب بهتر می‌باشد.

جدول ۱ نتایج حاصل از ۲۳۰ اجرای مسائل آزمون ۳۰ فعالیتی.

رتبه ۱	رتبه‌های ۱-۲		رتبه‌های ۱-۳		رتبه‌های ۱-۴		رتبه‌های ۱-۵		قاعده
	تعداد	(p)	تعداد	(p)	تعداد	(p)	تعداد	(p)	
۱	۲	۰.۰۶۷	۶	۰.۲۰۰	۷	۰.۲۳۳	۱۳	۰.۴۳۳	۱
۲	۸	۰.۲۶۷	۱۶	۰.۵۳۳	۱۹	۰.۶۳۳	۲۱	۰.۷۰۰	۲
۳	۵	۰.۱۶۷	۱۱	۰.۳۶۷	۲۱	۰.۷۰۰	۲۳	۰.۷۶۷	۳
۴	۱	۰.۰۳۳	۱۲	۰.۴۰۰	۱۳	۰.۴۳۳	۱۷	۰.۵۶۷	۴
۵	۷	۰.۱۶۷	۱۴	۰.۴۶۷	۱۷	۰.۵۶۷	۲۱	۰.۷۰۰	۵
۶	۱	۰.۰۳۳	۸	۰.۲۶۷	۱۴	۰.۴۶۷	۲۳	۰.۷۶۷	۶
۷	۵	۰.۱۶۷	۱۵	۰.۵۰۰	۲۰	۰.۶۶۷	۲۳	۰.۷۶۷	۷
۸	۱	۰.۰۳۳	۴	۰.۱۳۳	۱۰	۰.۳۳۳	۱۴	۰.۴۶۷	۸
۹	۲	۰.۰۶۷	۸	۰.۲۶۷	۱۵	۰.۵۰۰	۱۶	۰.۵۳۳	۹
۱۰	۱	۰.۰۳۳	۴	۰.۱۳۳	۶	۰.۲۰۰	۱۸	۰.۶۰۰	۱۰
۱۱	۹	۰.۳۰۰	۱۷	۰.۵۶۷	۲۳	۰.۷۶۷	۳۰	۱.۰۰۰	۱۱

جدول ۲ نتایج حاصل از ۳۳۰ اجرای مسائل آزمون ۶۰ فعالیتی.

رتبه	رتبه‌های ۱ - ۲		رتبه‌های ۱ - ۳		رتبه‌های ۱ - ۴		رتبه‌های ۱ - ۵		قاعده
	تعداد	(p)	تعداد	(p)	تعداد	(p)	تعداد	(p)	
۱	۱	۰.۰۳۳	۴	۰.۱۳۳	۶	۰.۲۰۰	۱۱	۰.۳۶۷	۱۶
۲	۹	۰.۳۰۰	۱۲	۰.۴۰۰	۱۸	۰.۶۰۰	۲۲	۰.۷۳۳	۲۵
۳	۲	۰.۰۶۷	۵	۰.۱۶۷	۱۰	۰.۳۳۳	۱۲	۰.۴۰۰	۱۲
۴	۱	۰.۰۳۳	۴	۰.۱۳۳	۵	۰.۱۶۷	۸	۰.۲۶۷	۹
۵	۲	۰.۰۶۷	۳	۰.۱۰۰	۵	۰.۱۶۷	۹	۰.۳۰۰	۱۳
۶	۳	۰.۱۰۰	۸	۰.۲۶۷	۱۳	۰.۴۳۳	۱۵	۰.۵۰۰	۱۹
۷	۷	۰.۲۳۳	۱۱	۰.۳۶۷	۱۵	۰.۵۰۰	۱۶	۰.۵۳۳	۲۲
۸	۱	۰.۰۳۳	۲	۰.۰۶۷	۴	۰.۱۳۳	۶	۰.۲۰۰	۸
۹	۳	۰.۱۰۰	۵	۰.۱۶۷	۷	۰.۲۳۳	۱۲	۰.۴۰۰	۱۵
۱۰	۱	۰.۰۳۳	۲	۰.۰۶۷	۷	۰.۲۳۳	۱۰	۰.۳۳۳	۱۱
۱۱	۵	۰.۱۶۷	۱۱	۰.۳۶۷	۱۳	۰.۴۳۳	۱۸	۰.۶۰۰	۲۳

جدول ۳ نتایج حاصل از ۳۳۰ اجرای مسائل آزمون ۹۰ فعالیتی.

رتبه	رتبه‌های ۱ - ۲		رتبه‌های ۱ - ۳		رتبه‌های ۱ - ۴		رتبه‌های ۱ - ۵		قاعده
	تعداد	(p)	تعداد	(p)	تعداد	(p)	تعداد	(p)	
۱	۳	۰.۱۰۰	۶	۰.۲۰۰	۹	۰.۳۰۰	۱۲	۰.۴۰۰	۱۹
۲	۳	۰.۱۰۰	۶	۰.۲۰۰	۱۴	۰.۴۶۷	۱۹	۰.۶۳۳	۲۵
۳	۲	۰.۰۶۷	۴	۰.۱۳۳	۶	۰.۲۰۰	۱۰	۰.۳۳۳	۱۱
۴	۱	۰.۰۳۳	۵	۰.۱۶۷	۱۱	۰.۳۶۷	۱۳	۰.۴۳۳	۱۸
۵	۰	۰.۰۰۰	۲	۰.۰۶۷	۳	۰.۱۰۰	۴	۰.۱۳۳	۹
۶	۲	۰.۰۶۷	۵	۰.۱۶۷	۱۱	۰.۳۶۷	۱۴	۰.۴۶۷	۱۸
۷	۱۰	۰.۳۳۳	۱۳	۰.۴۳۳	۲۰	۰.۶۶۷	۲۵	۰.۸۳۳	۲۷
۸	۲	۰.۰۶۷	۲	۰.۰۶۷	۲	۰.۰۶۷	۲	۰.۰۶۷	۴
۹	۰	۰.۰۰۰	۴	۰.۱۳۳	۱۱	۰.۳۶۷	۱۴	۰.۴۶۷	۱۷
۱۰	۲	۰.۰۶۷	۴	۰.۱۳۳	۴	۰.۱۳۳	۸	۰.۲۶۷	۱۳
۱۱	۵	۰.۱۶۷	۱۰	۰.۳۳۳	۱۶	۰.۵۳۳	۲۰	۰.۶۶۷	۲۳

جدول ۴ نتایج حاصل از ۳۳۰ اجرای مسائل آزمون ۱۲۰ فعالیتی.

رتبه	رتبه‌های ۱ - ۲		رتبه‌های ۱ - ۳		رتبه‌های ۱ - ۴		رتبه‌های ۱ - ۵		قاعده
	تعداد	(p)	تعداد	(p)	تعداد	(p)	تعداد	(p)	
۱	۰	۰.۰۰۰	۵	۰.۱۶۷	۸	۰.۲۶۷	۱۱	۰.۳۶۷	۱۴
۲	۵	۰.۱۶۷	۱۲	۰.۴۰۰	۱۳	۰.۴۳۳	۱۶	۰.۵۳۳	۱۹
۳	۳	۰.۱۰۰	۴	۰.۱۳۳	۶	۰.۲۰۰	۷	۰.۲۳۳	۱۱
۴	۴	۰.۱۳۳	۶	۰.۲۰۰	۱۰	۰.۳۳۳	۱۷	۰.۵۶۷	۲۱
۵	۰	۰.۰۰۰	۰	۰.۰۰۰	۱	۰.۰۳۳	۵	۰.۱۶۷	۷
۶	۴	۰.۱۳۳	۶	۰.۲۰۰	۱۳	۰.۴۳۳	۱۹	۰.۶۳۳	۲۲
۷	۹	۰.۳۰۰	۱۶	۰.۵۳۳	۲۲	۰.۷۳۳	۲۴	۰.۸۰۰	۲۸
۸	۰	۰.۰۰۰	۰	۰.۰۰۰	۱	۰.۰۳۳	۱	۰.۰۳۳	۲
۹	۱	۰.۰۳۳	۲	۰.۰۶۷	۷	۰.۲۳۳	۱۱	۰.۳۶۷	۱۴
۱۰	۰	۰.۰۰۰	۱	۰.۰۳۳	۱	۰.۰۳۳	۲	۰.۰۶۷	۳
۱۱	۶	۰.۲۰۰	۱۴	۰.۴۶۷	۱۷	۰.۵۶۷	۱۹	۰.۶۳۳	۲۳

جدول ۱ نشان می‌دهد که در مسائل با تعداد فعالیت کمتر (۳۰ فعالیتی)، جوابهای حاصل از به کارگیری قاعده اولویت‌بندی ۱۱، به یقین در بین ۵ جواب برتر قرار دارد. این در حالی است که در مسائل با فعالیت بیشتر (جداول ۲، ۳ و ۴)، جوابهای حاصل از به کارگیری قاعده اولویت‌بندی ۱۱ تنها با احتمال ۷۶٪ در بین ۵ جواب بهتر قرار می‌گیرد. جدول ۵ رتبه‌بندی قواعد اولویت‌بندی در حل مسائل ۳۰ تا ۱۲۰ فعالیتی را نشان می‌دهد. به طور مثال در مسائل ۳۰ فعالیتی پس از پیاده‌سازی ۱۱ قاعده اولویت‌بندی و مرتب‌کردن آنها بر حسب زمان تکمیل پروژه قواعد ۱۱، ۳، ۶، ۷، ۲، ۵، ۱۰، ۴، ۹، ۸ و ۱ به ترتیب در رتبه‌های اول تا یازدهم قرار می‌گیرند. با توجه به این جدول ملاحظه می‌شود که به کارگیری سری قواعد اولویت‌بندی ۲، ۶، ۷ و ۱۱ در حل مسائل مختلف جوابهایی را به دست داده است که از نظر کیفیت همواره در ۵ رتبه اول قرار داشته است (در زوج پرانتر قرار داده شده اند). از طرفی به کارگیری سری قواعد اولویت‌بندی ۵،

۸، ۹ و ۱۰ در حل مسائل مختلف جوابهایی را به دست داده است که از نظر کیفیت همواره در ۵ رتبه آخر قرار داشته‌اند (در زوج قرار گرفته اند). حال که عملکرد قواعد اولویت‌بندی را که به صورت سری پیاده‌سازی شده‌اند، با یکدیگر مقایسه کرده و بهترین آنها یعنی قواعد ۲، ۶، ۷ و ۱۱ را مشخص کرده‌ایم، عملکرد ترکیبی آنها را با یکدیگر مقایسه می‌کنیم. در پیاده‌سازی رویکرد موازی و به کارگیری ترکیبی از قواعد، از ترکیبات ۲تایی، ۳تایی و ۴تایی استفاده کرده‌ایم. نتایج حاصل در جدول ۶ آورده شده است. این جدول نشان می‌دهد که مثلاً ترکیب دو قاعده ۲ و ۶ توانسته است در ۱۹ پروژه از ۳۰ پروژه سی فعالیتی و با احتمال ۶۳ درصد جواب بهتری نسبت به بهترین جواب حاصل از پیاده‌سازی سری یازده قاعده اولویت‌بندی بر روی همان مسائل به دست آورد.

جدول ۵ رتبه‌بندی قواعد اولویت‌بندی در حل مسائل مختلف.

مسائل رتبه	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱
۳۰ فعالیتی	(۱۱)	۳	(۶)	(۷)	(۲)	<۵>	<۱۰>	۴	<۹>	<۸>	۱
۶۰ فعالیتی	(۲)	(۱۱)	(۷)	(۶)	۱	<۹>	<۵>	۳	<۱۰>	۴	<۸>
۹۰ فعالیتی	(۷)	(۲)	(۱۱)	۱	(۶)	۴	<۹>	<۱۰>	۳	<۵>	<۸>
۱۲۰ فعالیتی	(۷)	(۱۱)	(۶)	۴	(۲)	۱	<۹>	۳	<۵>	<۱۰>	<۸>

جدول ۶ تعداد مسائلی که در استفاده موازی قواعد، جوابشان از بهترین جواب سری بهتر بوده و احتمال مربوطه.

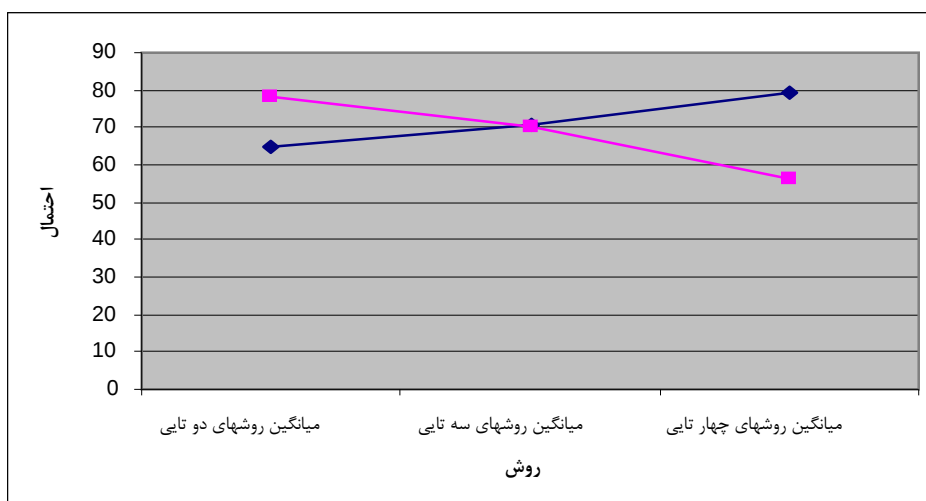
مسائل	۲،۶	۲،۷	۲،۱۱	۶،۷	۶،۱۱	۷،۱۱	۲،۶،۷	۲،۷،۱۱	۶،۷،۱۱	۲،۶،۱۱	۲،۷،۱۱
۳۰ تایی	۱۹	۲۰	۲۰	۱۵	۱۲	۱۴	۱۸	۲۰	۱۴	۲۱	۲۶،۷،۱۱
احتمال	۰،۶۳	۰،۶۷	۰،۶۷	۰،۵۰	۰،۴۰	۰،۴۷	۰،۶۰	۰،۶۷	۰،۴۷	۰،۷۰	۰،۶۷
۶۰ تایی	۲۲	۲۳	۲۰	۱۶	۱۸	۲۰	۲۴	۲۳	۱۹	۱۸	۲۵
احتمال	۰،۷۳	۰،۷۷	۰،۶۷	۰،۵۳	۰،۶۰	۰،۶۷	۰،۸۰	۰،۷۷	۰،۶۳	۰،۶۰	۰،۸۳
۹۰ تایی	۲۲	۲۶	۲۳	۱۹	۱۷	۲۰	۲۱	۲۴	۱۹	۲۷	۲۴
احتمال	۰،۷۳	۰،۸۷	۰،۷۷	۰،۶۳	۰،۵۷	۰،۶۷	۰،۷۰	۰،۸۰	۰،۶۳	۰،۹۰	۰،۸۰
۱۲۰ تایی	۲۲	۲۵	۲۳	۱۷	۲۱	۱۸	۲۳	۲۷	۲۱	۲۱	۲۶
احتمال	۰،۷۳	۰،۸۳	۰،۷۷	۰،۵۷	۰،۷۰	۰،۶۰	۰،۷۷	۰،۹۰	۰،۷۰	۰،۷۰	۰،۸۷
۳۰-۱۲۰	۸۵	۹۴	۸۶	۶۷	۶۸	۷۲	۸۶	۹۴	۷۳	۸۷	۹۵
احتمال	۷۰،۸	۷۸،۳	۷۱،۷	۵۵،۸	۵۶،۷	۶۰	۷۱،۶۷	۷۸،۳۳	۶۰،۸۳	۷۲،۵	۷۹،۱۷

باتوجه به سطر آخر جدول ۶ ملاحظه می‌شود که با به کارگیری موازی قواعد اولویت‌بندی، با احتمال دست کم ۵۵،۸٪ جواب بهتری نسبت به حالتی که این قواعد به صورت سری پیاده‌سازی شده‌اند، حاصل می‌شود. سوالی که در اینجا مطرح می‌شود این است که آیا کیفیت بهتر جوابها در رویکرد موازی تنها متأثر از به کارگیری ترکیبی قواعد اولویت‌بندی است؟ برای پاسخگویی به این سوال قواعد اولویت‌بندی ۵، ۸، ۹ و ۱۰ که از نظر کیفیت حل مساله همواره در ۵ رتبه آخر قرار داشته‌اند را به صورت ترکیبی به کار می‌گیریم تا ببینیم آیا به کارگیری موازی آنها می‌تواند در کیفیت عملکردشان در حل مسائل تاثیرگذار باشد؟

جدول ۷ نتایج حاصل از به کارگیری ترکیبی این قواعد را نشان می‌دهد. باتوجه به سطر آخر جدول ۷ ملاحظه می‌شود که وقتی همین قواعد اولویت‌بندی به صورت موازی به کار گرفته می‌شوند دست کم با احتمال ۵۶٪ جواب بهتری نسبت به حالتی که این قواعد به صورت سری پیاده‌سازی شده‌اند، به دست می‌دهد. حال که بر اساس آزمونهای به کار گرفته شده مشخص شد که استفاده موازی قواعد اولویت‌بندی نسبت به استفاده سری آنها عملکرد بهتری را به دست می‌دهد باید سوال دوم را در خصوص این که ترکیب چندتایی این قواعد عملکرد بهتری را نتیجه می‌دهد بررسی کنیم. در شکل ۱ منحنی میانگین احتمال کسب جواب بهتر در رویکرد موازی وقتی ۲، ۳ و ۴ قاعده اولویت‌بندی با هم ترکیب شده‌اند را آورده‌ایم.

جدول ۷ تعداد مسائلی که با استفاده موازی قواعد ۵، ۸، ۹ و ۱۰ عملکرد بهتری نسبت به بهترین جواب سری داشته و احتمال آنها.

مسائل	۸، ۱۰	۸، ۵	۸، ۹	۵، ۱۰	۹، ۱۰	۵، ۹	۵، ۸، ۱۰	۸، ۹، ۱۰	۵، ۸، ۹، ۱۰
۳۰ تایی	۲۷	۲۸	۲۸	۲۴	۲۴	۲۴	۲۶	۲۲	۲۰
احتمال	۰،۹۰	۰،۹۳	۰،۹۳	۰،۸۰	۰،۸۰	۰،۸۰	۰،۸۷	۰،۷۳	۰،۶۷
۶۰ تایی	۲۵	۲۶	۲۴	۲۸	۲۴	۲۷	۲۳	۲۳	۱۹
احتمال	۰،۸۳	۰،۸۷	۰،۸۰	۰،۹۳	۰،۸۰	۰،۹۰	۰،۷۷	۰،۷۷	۰،۶۳
۹۰ تایی	۲۳	۲۶	۲۷	۲۵	۲۹	۲۹	۲۰	۲۴	۱۷
احتمال	۰،۷۷	۰،۸۷	۰،۹۰	۰،۸۳	۰،۹۷	۰،۹۷	۰،۶۷	۰،۸۰	۰،۵۷
۱۲۰ تایی	۲۲	۲۲	۲۳	۲۶	۲۶	۲۶	۲۳	۲۱	۲۳
احتمال	۰،۷۳	۰،۷۳	۰،۷۷	۰،۸۷	۰،۸۷	۰،۸۷	۰،۷۷	۰،۷۰	۰،۷۷
۳۰ - ۱۲۰	۹۷	۱۰۲	۱۰۲	۱۰۳	۱۰۳	۱۰۶	۹۲	۹۰	۷۹
احتمال	۰،۷۵	۰،۸۰	۰،۷۹	۰،۷۷	۰،۷۷	۰،۸۰	۰،۶۹	۰،۶۹	۰،۵۶



شکل ۱ منحنی میانگین احتمال کسب جواب بهتر در رویکرد موازی با ترکیب ۲، ۳ و ۴ قاعده اولویت‌بندی.

همان طور که ملاحظه می‌شود بدون توجه به کیفیت عملکرد مستقل هر قاعده، ترکیب حداکثر سه قاعده اولویت‌بندی با احتمال حدود ۷۰ درصد جواب بهتری نسبت به پیاده‌سازی مستقل و سری همان قواعد به دست می‌دهد. سؤالی که در حال حاضر محققین مشغول بررسی آن هستند، پیدا کردن حداکثر تعداد قواعدی است که به کارگیری ترکیبی آنها، منجر به کسب بهترین جواب ممکن می‌گردد.

۶ - نتیجه گیری

در این مقاله دو رویکرد سری و موازی در به کارگیری قواعد اولویت‌بندی برای حل مساله زمان‌بندی پروژه با منابع محدود را با یکدیگر مقایسه کرده‌ایم. نتایج به دست آمده نشان می‌دهد که اولاً رویکرد موازی در به کارگیری قواعد اولویت‌بندی نسبت به رویکرد سری از کارایی بیشتری برخوردار است. ثانیاً به منظور بهره جستن از کارایی بیشتر رویکرد موازی تنها کافیست حداکثر سه قاعده اولویت‌بندی دلخواه به صورت موازی به کار گرفته شوند. نتایج حاصل از این کار تحقیقاتی می‌تواند در برنامه‌ریزی پروژه‌های عمرانی ملی و استانی در ایران به ویژه در موقعیتهایی که منابع مورد نیاز این پروژه‌ها دارای محدودیت هستند به کار گرفته شوند. در ایران، طی سالیهای ۱۳۷۹ تا ۱۳۸۳ متوسط تعداد طرحهای عمرانی ملی و استانی در

دست اجرا به ترتیب ۱۸۷۹ و ۱۳۷۵۹ طرح با اعتباراتی معادل ۱۷۹،۸ هزار میلیارد ریال برای طرحهای عمرانی ملی و ۵۹،۹ هزار میلیارد ریال برای طرحهای عمرانی استانی بوده است. به طور متوسط در طول برنامه سوم توسعه، به ترتیب ۶۱،۶ و ۲۹،۸ درصد از پروژههای عمرانی ملی و استانی در سالهای مختلف برنامه نسبت به برنامه زمانی تعیین شده، تاخیر داشته‌اند. تاخیر در زمان اتمام پروژهها سبب طولانی شدن مدت اجرای آنها شده (میانگین وزنی مدت اجرای پروژه های عمرانی ملی و استانی خاتمه یافته طی سالهای ۸۳-۷۹ به ترتیب به ۹،۵ و ۳،۲ سال رسیده است) و خسارات عمده‌ای به اقتصاد کشور وارد می‌کند. بدیهی است چنانچه به کارگیری اثربخش نتایج این مقاله بتواند تنها ۱٪ از زمان به تاخیر افتادن پروژهها بکاهد، مقدار قابل توجهی در هزینه‌های اقتصادی، اجتماعی این پروژهها صرفه جویی خواهد کرد.

۷- مراجع

- [1] Wiest, J. D. (1963), *The scheduling of large projects with limited resources*. Ph.D. dissertation, Carnegie Institute of Technology.
- [2] Mohring, R., Schulz, A., Stork, F., and Uetz, M. (2003), *Solving project scheduling problems by minimum cut computations*. Management Science, 49, 3, 330-350.

- [16] Nonobe, K. and Ibaraki, T. (2002), *Formulation and tabu search algorithm for the resource constrained project scheduling problem*. In C. C. Ribeiro and P. Hansen, editors, *Essays and Surveys in Metaheuristics*, Kluwer Academic Publishers, 557-588.
- [17] Valls, V., Perez, M. A. and Quintanilla, M. S. (2004), *Justification and RCSP: A technique that pays*. *European Journal of Operations Research*, 152, 134-149.
- [18] Merkle, D., Middendorf, M. and Schmeck, H. (2002), *Ant colony optimization for resourceconstrained project scheduling*. *IEEE Transactions on Evolutionary Computation*, 6, 333-346.
- [19] Fleszar, K. and Hindi, K. (2004), Solving the resource-constrained project scheduling problem by a variable neighbourhood search. *Euro. J. Operational Research*, 155, 402-413.
- [20] Debels, D., De Reyck, B., Leus, R. and Vanhoucke, M. (2006), *A hybrid scatter search Electromagnetism meta-heuristic for project scheduling*. *European Journal of Operational Research*, 169(2), 638-653.
- [21] Tormos P. and Lova, A. (2003), *An efficient multi-pass heuristic for project scheduling with constrained resources*. *International J. of Production Research*, 41, 5, 1071-1086.
- [22] Sprecher, A. (2002), *Network decomposition techniques for resource-constrained project scheduling*. *Journal of the Operational Research Society*, 53, 4, 405-414.
- [23] Boctor, F. (1990), Some efficient multi-heuristic procedures for resource-constrained project scheduling. *European Journal of O.R.*, 49, 3-13.
- [24] Kolisch, R., Sprecher, A. and Drexel, A. (1995), Characterization and generation of a general class of resource-constrained project scheduling problem. *Mgmt Sci.*, 41, 10, 1693-1703.
- [25] Kolisch, R. and Sprecher, A. (1996), *PSPLIB - A project scheduling problem library*. *European Journal of O.R.*, 96, 205-216.
- [3] Hajdu, M. (1997), *Network Scheduling Techniques for Construction Project Management*. Kluwer Academic Publishers.
- [4] Drexel, A. and Grunewald, J. (1993), Nonpreemptive multi-mode resource constrained project scheduling. *IIE Trans.*, 25, 74-81.
- [5] Herroelen, W., De Reyck, B. and Demeulemeester, E. (1998), *Resource-constrained project scheduling: A survey of recent developments*. *Computers Ops Res.*, 25, 4, 279-302.
- [6] Brucker, P., Schoo, A. and Thiele, O. (1966), *A branch and bound algorithm for the resource constrained project scheduling problem*. *European Journal of O.R.*, 1998, 17, 143-158.
- [7] Kelly, J. E., Jr. *The critical path method: Resource planning and scheduling*. Ch. 21 in *Industrial Scheduling*, J.F. Muth and G.L. Thompson (eds.), Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ, 347-365.
- [8] Icmeli, O. and Rom, W. O., (1996), solving the resource-constrained project scheduling problem with optimization subroutine library. *Computers and O. R.*, 23, 801-817.
- [9] Carruthers, J. A. and Battersby, A. *Advances in critical path methods*. *Operational Research Quarterly*, 17, 359-380.
- [10] Petrovic, R. (1968), Optimisation of resource allocation in project planning. *Operations Research*, 16, 559-586.
- [11] Demeulemeester, E. and Herroelen, W. (1997), *New benchmark results for the resource-constrained project scheduling problem*. *Management Science*, 43, 1485-1492.
- [12] Kolisch, R., and Hartmann, S. (2006), Experimental Investigation of Heuristics for Resource-Constrained Project Scheduling: An Update. *European Journal of Operations Research*, 174, 23-37.
- [13] Coelho, J. and Tavares, L. (2003), *Comparative analysis of meta-heuristics for the resource constrained project scheduling problem*. Technical report, Department of Civil Engineering, Instituto Superior Tecnico, Portugal.
- [14] Alcaraz, J., Maroto, C. and Ruiz, R. (2004), *Improving the performance of genetic algorithms for the RCPS problem*. *Proceedings of the Ninth International Workshop on Project Management and Scheduling*, Nancy, 40-43.
- [15] Tareghian, H. R., Farahi, M. H. and Moarrab, M. (2007), *Solving Resource Constrained Scheduling Problem by Genetic Algorithm*. *Shahid Chamran Univ. Journal of Science*, 16, 24-35.



5 (1), 2020

دوره ۵، شماره ۱

بهار ۱۳۹۹

فصلنامه پژوهشی



زمان بندی پروژه با منابع محدود

- ۱ Resource-Constrained Project Scheduling Problem – RCSP
- ۲ Work Breakdown Structure - WBS
- ۳ Finish to Start – FS
- ۴ Start to Start – SS
- ۵ Finish to Finish – FF
- ۶ Start to Finish – SF
- ۷ Lag
- ۸ Renewable Resources
- ۹ Nonrenewable Resources
- ۱۰ Mode
- ۱۱ Activity-on-node Network
- ۱۲ Priority rule-based X-pass methods
- ۱۳ Metaheuristics
- ۱۴ Ant systems
- ۱۵ Non-standard metaheuristics
- ۱۶ Scatter search
- ۱۷ Forward backward improvement – FBI
- ۱۸ Full Factorial Design

شماره قاعده	نام قاعده	چگونگی عملکرد قاعده در انتخاب فعالیت بعدی جهت تخصیص منابع
۱	SA	فعالیتی که دارای کوتاهترین زمان است
۲	LA	فعالیتی که دارای طولانی‌ترین زمان است
۳	SRD	فعالیتی که کمترین نیاز به منابع را دارد
۴	GRD	فعالیتی که بیشترین نیاز به منابع را دارد
۵	SAD	فعالیتی که دارای کمترین فعالیت‌های وابسته به آن است
۶	GAD	فعالیتی که دارای بیشترین فعالیت‌های وابسته به آن است
۷	SLFT	فعالیتی که دیرترین زمان پایان آن کوچکتر است
۸	GLFT	فعالیتی که دیرترین زمان پایان آن بزرگتر است
۹	SEST	فعالیتی که زودترین زمان شروع آن کوچکتر است
۱۰	GEST	فعالیتی که زودترین زمان شروع آن بزرگتر است
۱۱	MINSLK	فعالیتی که دارای کمترین مقدار مجموع تاخیر است

Reconstruction and renovation of worn-out residential buildings focusing on the contributory factors of social sustainability

Roohollah Taherkhani

Assistant Professor, Department of Civil Engineering, Faculty of Technical and Engineering, Imam Khomeini International University (IKIU), Qazvin, Iran.

Mitra Lotfi *

M. Sc. of Engineering and Construction Management, Department of Civil Engineering, Danesh Alborz University, Abyek, Qazvin, Iran.

بازسازی و نوسازی ساختمان های مسکونی فرسوده با تمرکز بر عوامل مؤثر در پایداری اجتماعی

روح اله طاهرخانی

استادیار، گروه مهندسی عمران، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه بین المللی امام خمینی (ره)، قزوین، ایران.

میترا لطفی *

کارشناسی ارشد مهندسی و مدیریت ساخت، گروه مهندسی عمران، دانشگاه دانش البرز، آبیک، قزوین، ایران.

*Corresponding author's email address:

mitralotfi0462@gmail.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۲/۱۱، تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۲/۲۶

Abstract

In recent years, the construction industry has had a great impact on social, economic and environmental issues, so one of the current goals of the construction industry is to reduce the negative impact on the components of sustainable development, including social, economy and environmental. Due to the increasing problems in the field of construction in the world, sustainable systems and sustainable development are among the policy priorities of developing countries, including Iran. Due to the current problems in the construction industry, Iran needs to implement solutions to solve the problems in the field of reconstruction of residential buildings with regard to sustainable development policies. Sustainable development consideration in reconstruction is not a new issue in the world, but it need to establish new policies depend on its widespread use in Iran. The reconstruction process can be considered as a capacity in sustainable development factors implementation. Eventually there will be a traditional building based on sustainable development factors. Although the concept of sustainable development is clear enough, the actual interpretation and definition of sustainable development has created much debate about the proposed new models of social sustainable development and management. With this attitude, the need to reduce problems, create green buildings and renovate dilapidated buildings based on the principles of sustainable development is highlighted according to the existing environmental, economic and social problems. In this research, while introducing the issue of sustainable development, the benefits and necessity of its importance and the social dimension of renovation are briefly reviewed. The social sustainability dimension factors is presented and classified.

Keywords

Reconstruction, renovation, residential buildings, worn-out buildings, social sustainability, sustainable development

چکیده

در سال های اخیر صنعت ساختمان تاثیرات فراوانی بر موضوعات اجتماعی، اقتصادی و زیست محیطی گذاشته است، به همین جهت یکی از اهداف کنونی صنعت ساختمان کاهش تاثیرات منفی بر مولفه های توسعه پایدار اعم از اجتماع و اقتصاد و محیط زیست، است. با توجه به افزایش مشکلات در زمینه ی ساخت و ساز در جهان، سامانه های پایدار و توسعه پایدار از جمله اولویت های سیاستگذاری کشورهای در حال توسعه از جمله ایران است. ایران با توجه به مشکلات کنونی در در صنعت ساخت و ساز نیازمند اجرای راهکارهایی برای حل مشکلات در زمینه بازسازی ساختمان های مسکونی با توجه به سیاست های توسعه پایدار می باشد. موضوع توسعه ی پایدار در زمینه ی بازسازی در جهان موضوع جدیدی نیست، اما در کشور ما نیازمند تامل و سیاست های جدید در گرو استفاده گسترده و کلان از آن می باشد. ملاحظات توسعه ی پایدار در زمینه ی بازسازی در جهان موضوع جدیدی نیست، اما به دلیل استفاده گسترده از آن در ایران، نیازمند ایجاد سیاست های جدید می باشد. فرایند بازسازی می تواند به صورت یک ظرفیت تلقی شود که باعث اجرای فاکتور های توسعه ی پایدار شود و در نهایت امر یک ساختمان سنتی بر اساس فاکتور های توسعه پایدار وجود خواهد داشت. هر چند مفهوم توسعه پایدار به قدر کافی روشن است لیکن تفسیر و تعریف واقعی توسعه پایدار مباحث زیادی را در خصوص مدل های پیشنهادی جدید توسعه پایدار اجتماعی و مدیریت آن، بوجود آورده است. با این نگرش ولزوم کاهش مشکلات، ایجاد ساختمانهای سبز و نوسازی ساختمان های فرسوده بر اساس اصول توسعه پایدار با توجه به مشکلات زیست محیطی و اقتصادی و اجتماعی که وجود دارد برجسته می شود. در این تحقیق ضمن معرفی مساله توسعه پایدار، مزایا و ضرورت اهمیت آن و بعد اجتماعی نوسازی به طور اجمالی بررسی می شود و در نهایت بر اساس فاکتورهای ذکر شده در تحقیقات پیشین و نظر مهندسين صنعت ساختمان و با استفاده از پرسشنامه ذکر شده، فاکتورهای بعد اجتماعی پایداری ارائه و طبقه بندی گردیده است.

کلمات کلیدی

نوسازی، بازسازی، ساختمان های مسکونی، ساختمان های فرسوده، پایداری اجتماعی، توسعه پایدار



5 (1), 2020

دوره ۵، شماره ۱
بهار ۱۳۹۹

فصلنامه پژوهشی



بازسازی و نوسازی ساختمان های مسکونی فرسوده با تمرکز بر عوامل مؤثر

در پایداری اجتماعی

۱- مقدمه

در سال های اخیر توجه به کاهش تاثیرات اجتماعی ، اقتصادی و محیط زیست ناشی از ساخت و ساز در کنار افزایش کیفیت زندگی از جمله چالش های موجود در زمینه ساخت و ساز می باشد لذا ساخت و ساز از منظر توسعه پایدار اهمیت پیدا می کند [۱]. امروزه ساخت و ساز به ایجاد مشکلات زیست محیطی متهم شده است، چرا که به طور فراوان از منابع موجود در زمین استفاده می کند. تاثیرات زیست محیطی ساختمان ها و طراحی برای بازیافت مواد مورد استفاده در ساخت و ساز، در کل جهان مورد توجه قرار گرفته است [۲ و ۳]. بهترین راه برای ذخیره ی بهینه ی انرژی ، تخریب و بازسازی ساختمان های حاضر می باشد ، استفاده دوباره از ساختمان ها نسبت به ساخت و ساز باید مورد تشویق قرار بگیرد . (بنابراین دولت ها باید به طور فعالانه تخریب و بازسازی را ترویج دهند [۴]. تخریب و بازسازی بر مبنای توسعه پایدار در خانه ها - چه به صورت مجموعه ای باشد چه به صورت فردی - همگی بر مبنای اصول کاهش مصرف انرژی می باشد . نوسازی پایدار در خانه ها بر مبنای معیارهای امروزی به منظور داشتن خانه های بهتر و حفظ ظرفیت نیازهای آینده بدون بوجود آوردن مشکلات زیست محیطی برای نسل های امروز و آینده می باشد [۵]. برای ایجاد یک پیشرفت بر مبنای توسعه پایدار، باید نیاز های انسانی در طول زمان سنجیده شود و طوری برنامه ریزی شود که کمترین آسیب به محیط زیست وارد شود بر این اساس باید تحقیقات گسترده ای صورت گیرد و به همه ابعاد توسعه پایدار توجه شود [۶].

فرسودگی ساختمان های مسکونی و در پی آن بافت های شهری یکی از معضلاتی است که در چند دهه اخیر کشور ایران با آن مواجه بوده است. از آنجا که اقدامات گوناگونی به صورت نوسازی و بازسازی بافت های فرسوده در کشورمان صورت گرفته است، نتیجه چندان نداشته است و روند بهسازی و نوسازی بافت های فرسوده شهری در گذشته و حال نمایانگر آن است که اقدامات دولت و شهرداری ها در این زمینه ، در مقیاس محدود و بدون در نظر گرفتن ابعاد اقتصادی، زیست محیطی و اجتماعی بوده است ، بنابراین هدف این مقاله این است که مساله نوسازی و بازسازی را بر اساس اصول توسعه پایدار بررسی کرده و چارچوبی برای ارتقای سیاست های بازسازی بناهای مسکونی فرسوده از نظر بعد اجتماعی در راستای اهداف توسعه ی پایدار ارائه دهد.

۲- پیشینه پژوهش

۲-۱- پایداری و توسعه

تلاش های بسیاری صورت گرفته است تا مفهوم پایداری توضیح داده شود. توسعه پایدار در هر یک از عبارات و از نقطه نظر های مختلف تعریف می شود. توسعه پایدار، در مورد حصول اطمینان از کیفیت بهتر زندگی برای همه، در حال حاضر و برای نسل های آینده است. این امر مستلزم ملاقات چهار هدف کلیدی در همان زمان در جهان به عنوان یک کلیت است.

- پیشرفت اجتماعی که نیازهای همه را به رسمیت می شناسد

- حفاظت موثر از محیط زیست
- استفاده عاقلانه از منابع طبیعی

• تعمیر و نگه داری سطوح بالا با ثبات رشد اقتصادی و اشتغال ایده اصلی پایداری، تمرکز بر روی شرایط محیطی برای رسیدن به یک محصول طراحی شده با حداکثر ویژگی های داخلی محیط زیست است به طوری که جنبه های نامطلوب از این سازه را به حداقل رساند [۱].

اصطلاح توسعه پایدار یا پایا* در اوایل سالهای دهه ۱۹۷۰ درباره محیط و توسعه بکار رفت. توسعه پایدار فرآیندی است برای بدست آوردن پایداری در هر فعالیتی که نیاز به منابع و جایگزینی سریع و یکپارچه آن وجود دارد. توسعه پایدار در کنار رشد اقتصادی و توسعه بشری در یک جامعه یا یک اقتصاد توسعه یافته، سعی در تحصیل توسعه مستمر، ورای توسعه اقتصادی دارد.

۲-۲- مزایای توسعه پایدار

ساختمان های پایدار و نوسازی ساختمان های فرسوده بر اساس اصول توسعه پایدار مزایای بسیاری دارند که به چند نمونه از آن ها اشاره می شود [۹]:

- استفاده از انرژی های طبیعی در مصرف روزمره
- ثبات وضعیت محیط داخلی
- استفاده از ضایعات و پساب در تولید آب مورد نیاز برای آبیاری فضای سبز
- به کارگیری شیوه های مناسب برای کاهش انرژی هدر تلف شده و یا کنترل آن و بهینه سازی مصرف انرژی
- توجه به خواص اقلیمی منطقه استفاده از مصالح قابل بازیافت غیر شیمیایی و مصالحی که سلامت انسان را به خطر نمیاندازد.
- طراحی با مصالح نزدیک به طبیعت
- استفاده از گیاهان طبیعی به عنوان الهام دهنده طراحی زنده
- اجتناب از صدمه رساندن به وضعیت اراضی به منظور سود بیشتر رسیدن به بیشترین کیفیت زندگی در سایه اتکا به محیط زیست
- نحوه استفاده از زمین
- توجه به شخصیت اکولوژی منطقه.

۲-۳- اهداف توسعه پایدار

- بالدوین در سال ۱۹۹۶ بر اساس یک سند نوشته شده در انگلستان که حاوی شاخص های توسعه پایدار می باشد، اهداف اصلی برای ساختمان های پایدار را به صورت زیر ارائه می نماید [۱۰]:
- کاهش تغییرات آب و هوایی از طریق کاهش انتشار گاز CO2 به اتمسفر با توجه به مصرف انرژی در ساختمان کاهش انتشار ترکیبات شیمیایی که باعث نازک شدن لایه ازن می شود.
 - به حداقل رساندن ضایعات از طریق :
 - بازیافت و استفاده دوباره از مواد
 - جمع آوری و مرتب سازی زباله های قابل بازیافت خانگی و تجاری مانند کاغذ و پلاستیک
 - حذف یا کاهش مواد در سایت های ساخت و ساز
 - حفظ زیستگاه های حیات وحش از طریق جلوگیری از ساخت و ساز در سایت های ارزشمند محیط زیست و حفظ و افزایش محیط



5 (1), 2020

دوره ۵، شماره ۱

بهار ۱۳۹۹

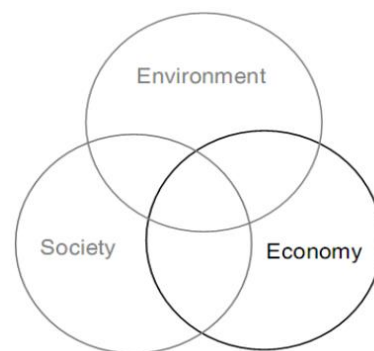
فصلنامه پژوهشی



- زیست محلی : ساخت در مناطقی که از نظر زیست محیطی ارزش کمی دارند و استفاده مجدد از ساختمان هاس موجود شاید با تغییر کاربری آن ها
- استفاده بهینه از منابع غیرقابل تجدید (محدود) یعنی انرژی، زمین، مواد معدنی و دیگر منابع طبیعی.
- استخدام منابع تجدیدپذیر مانند انرژی خورشیدی برای گرم کردن خانه ها ، انرژی باد و آب برای انباشتگی
- استفاده از چوب به عنوان مواد اصلی ساخت و ساز

۲-۴- موانع و مشکلات توسعه پایدار

ترس از هزینه های سرمایه گذاری بالاتر ساختمان های پایدار در مقایسه با ساختمان های سنتی و ریسک های پیش بینی نشده هزینه ها، اغلب به عنوان مانعی برای ساختمان های پایدار شناخته شده است. تکنیک های ناآشنا، عدم تجربه قبلی، تست های اضافی و بازرسی در ساخت و ساز، عدم تولیدکننده و عرضه پشتیبانی و فقدان اطلاعات عملکردی از جمله موانع ساخت و ساز پایدار هستند [۱۱]. یکی از چالش های بزرگ توسعه پایدار نیاز شدید به نوآوری ، دانش و یادگیری جدید در سازمان هاست. فقدان چارچوب مناسب مدیریت پروژه، هزینه زیاد پروژه، کمبود دانش مربوط به توسعه ی پایدار در صنعت ساخت و ساز در کشور از جمله موانع و مشکلات توسعه پایدار است [۱۲]. در سال ۱۹۹۷ هاردی توسعه پایدار را به سه بخش اقتصادی اجتماعی و محیط زیست تقسیم بندی کرده است. در سال ۲۰۰۰ بارتن معتقد است که این سه فاکتور مانند شکل زیر بصورت سه حلقه با یکدیگر در تماس هستند [۱۳].



شکل ۱ ابعاد پایداری

۲-۵- اصول اساسی توسعه پایدار در ساخت و ساز

مقوله توسعه پایدار از دو زاویه قابل بحث است: اول توسعه پایدار در ابعاد اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی و دوم توسعه پایدار از نظر سطوح بین المللی ، ملی و محلی. که در این تحقیق سعی بر آن شده است تا مقوله اول بصورت ریز بررسی شود و میزان تاثیر فاکتورهای توسعه پایدار بر مساله نوسازی و بازسازی ساختمان های مسکونی فرسوده بررسی شود. اصول اساسی توسعه پایدار شامل سه بعد زیر است :

- ابعاد زیست محیطی : برای استفاده از مواد و اتخاذ اشکال طراحی و ساخت و ساز از منابع موثر استفاده شود طوری که موارد زیر را

- پوشش دهد، به حداقل رساندن ضایعات و آلودگی، حفظ و افزایش تنوع زیستی و ایجاد یک محیط سالم است.
- ابعاد اقتصادی : ایجاد کیفیت بالا محیط که منجر به توسعه مکان های مناسبی جهت اشتغال و افزایش بهره وری شود [۱۴].
- ابعاد اجتماعی : ساخت یک محیط که بتواند نیازهای مردم را در هر شرایطی فراهم کند. خانه های مقرون به صرفه و سالم، خدمات دسترسی و امکانات تفریحی، به طوری که همه مردم بتوانند با کیفیت خوب از زندگی لذت ببرند.

۲-۶- پایداری اجتماعی در ساخت و ساز

محیط ساختمانی میتواند هم تاثیر منفی و هم تاثیر مثبت بر روی کیفیت زندگی ساکنان بگذارد. تاثیرات منفی شامل بیماری، خستگی ، ناراحتی، استرس و حواسپرتی شود که ناشی از کیفیت پایین هوای داخل، وضعیت گرمایشی، نور و ویژگی های خاص طراحی داخلی است. با کاهش این مشکلات حین طراحی پایدار، عملکرد و سلامت بهبود پیدا می کند. بهبود کیفیت هوای فضای داخلی و افزایش کنترل شخصی بر روی درجه حرارت و سیستم تهویه، تاثیر مثبت فراوانی دارد. به علاوه برای کاهش ریسک ها و ناراحتی های موجود، ساختمان ها همچنین باید شامل ویژگی ها و نسبت ها باشند که روانشناسی مثبت و تجربه های اجتماعی را شامل می شوند. اگرچه ویژگی های کمتر ساختمان پایدار که شامل افزایش کنترل شخصی بر روی وضعیت محیط داخلی ساختمان است، دسترسی به روشنی روز و نمای مناسب از بیرون، و ارتباط به محیط احتمال ایجاد حالت مثبتی از سلامتی و عملکرد مثبتی را دارد . در سطح اجتماعی ساختمان ها از منافع اجتماعی حاصل از طراحی بر مبنای توسعه پایدار شامل انتقال دانش، بهبود کیفیت محیط، مساله همسایگی، و کاهش ریسک سلامتی ناشی از آلودگی مرتبط با انرژی، سلامت بهتر ساکنان، بهبود راحتی، رضایت و تندرستی ساکنان بهره مند می شوند. بر اساس مطالعات متون گذشته ، محققان فاکتورهای زیر را در مساله پایداری اجتماعی و بازسازی بافت های فرسوده مهم می دانند.

جدول ۱ زیر فاکتورهای بعد اجتماعی از نظر محققان

منبع	فاکتورها
چان ۲۰۰۷ [۱۵]، سیوام ۲۰۱۵ [۱۶]، جعفری ۱۳۹۳ [۱۷]	ارائه زیرساخت های اجتماعی
الوانی ۱۳۸۰ [۱۸]، عباسزاده ۱۳۸۷ [۱۹]، قدیمی ۱۳۸۹ [۲۰]، سیوام ۲۰۱۵ [۲۱]	نقش دولت و NGOها
چان ۲۰۰۷ [۱۵]، اژدری ۱۳۷۸ [۲۱]، یونسکو ۲۰۱۲ [۲۲]	ترویج توسعه پایدار
سیوام ۲۰۱۵ [۱۶]، هیرواگن ۱۹۹۲ [۲۳]، چان ۲۰۰۷ [۱۵]	حفاظت از منابع طبیعی
هیرواگن ۱۹۹۲ [۲۳]، چان ۲۰۰۷ [۱۵]، راپاپورت ۱۹۸۲ [۲۴]	حس و ذهنیت
لیتیچ ۲۰۰۵ [۲۵]، اندی ۲۰۰۲ [۲۶]، چیو ۲۰۰۳ [۲۷]، چان ۲۰۰۷ [۱۵]	کیفیت زندگی
لیتیچ ۲۰۰۵ [۲۵]، سیوام ۲۰۱۵ [۱۶]	در نظر گرفتن نیازهای بشر
چیو ۲۰۰۳ [۲۷]، مصطفایی ۱۳۹۳ [۲۷]	سلامتی
لی ۲۰۰۷، چان ۲۰۰۷ [۱۵]، سیوام ۲۰۱۵ [۱۶]	دسترسی به فضای باز

امنیت افراد	کمیسیون ملی یونسکو ۲۰۱۰ [۲۱]. کاروانا ۲۰۱۱ [۳۰]
توانمند سازی و آموزش	احمدزاده ۱۳۸۸ [۳۱]. آل ابراهیم ۱۳۸۰ [۳۲]. کمیسیون ملی یونسکو ۲۰۱۰ [۲۱]
همانگی با محیط اطراف	اندی ۲۰۰۲ [۲۶]. چان ۲۰۰۷ [۱۵]

۲-۷- بافت های فرسوده در جهان و ایران

در سالهای اخیر توجه به ثبت بافت های شهری در فهرست میراث جهانی به عنوان یکی از چالشهای مدیریت شهری مطرح بوده است. بافت های کهن شهری به عنوان میراثی در ارتباط با گذشته تعریف می شوند که امروزه باقی مانده و ما مسئول حفاظت از آنها برای نسل های آینده هستیم تا نه تنها به حیات بافت ها و ارتقاء آگاهی های عمومی درباره ویژگیهای آنها، بلکه به تبدیل شدن آنها به عنوان عرصه های پویای تعاملات بینا فرهنگی بیانجامد. این موضوع در کشورهای توسعه یافته و نیز در حال توسعه با توجه به کمک های مالی سازمانهایی مانند یونسکو و یا سازمان شهرهای تاریخی جهان از اهمیت بسزایی برخوردار است [۳۳].

حفاظت و احیای بافت با ارزش شهر های قدیمی و مداخله در آن به یکی از موضوعات اساسی و محوری دوران حاضر بدل شده است. در بسیاری از کشور ها، با تغییر روند گسترش و توسعه شهر، بافت قدیم مورد بی توجهی قرار گرفته و با خطر فرسودگی، تخریب و انهدام کامل روبه روست. این روند به رها شدن خانه های قدیمی در بخش درونی شهر یا جایگزینی ساکنان اصلی آن با طبقات پایین تر درآمدی و اجتماعی منجر شده است که روند تخریب را سرعت می بخشد [۳۴].

کشورهای مختلف در دهه های مختلف برخی از مکان های عمومی و محله های شهر های خود را بازسازی و نوسازی کرده اند که چند نمونه از آن ها را در اینجا ذکر میکنیم. در سال ۲۰۰۶ سونای سوئیک و همکاران بازسازی برخی محله از محله های فرسوده و تاریخی شهر تریزون ترکیه را بررسی کرده اند. این شهر در طول تاریخ سابقه تمدن بسیاری داشته است. او همچنین در این تحقیق ادعان داشته است که شهرها هویت تاریخی و تداوم فرهنگی خود را دارند و نوسازی و بازسازی نقش مهمی در حفظ این تداوم فرهنگی دارد [۳۵].

وایتاتوس مارتینیاتیز و همکاران در سال ۲۰۰۵ درباره بازسازی ساختمان های فرسوده صحبت کردند که شامل هدف های مختلفی از جمله کاهش مصرف انرژی، نگهداری ساختمان، افزایش امنیت و افزایش قیمت فروش ساختمان و افزایش راحتی ساکنان می باشد. وی در این مقاله خاطرنشان کرده است که در طول ۱۵ سال گذشته کشورهای مرکزی و اروپای شرقی پیشرفت قابل توجهی در بازسازی خود داشته اند و در تلاش بستن شکاف بین اروپای قدیم و جدید هستند [۳۶].

ایران به عنوان یکی از کشورهای در حال توسعه در دهه های اخیر به ویژه بعد از اصلاحات ارضی ۱۳۴۱ و تغییر شیوه تولید، با روند رو به گسترش شهرنشینی و مشکلات آن به خصوص در بخش مسکن مواجه گردیده است. تأمین مسکن در چند دهه اخیر، یکی از مهمترین معضلات اقشار گوناگون به ویژه خانواده های کم درآمد بوده است. افزایش جمعیت و ازدیاد تمایل به شهرنشینی و مهاجرت

از روستا به شهر از یک سو و کاربرد مصالح کم دوام، تأثیر مسائلی نظیر جاذبه مسکن ملکی و سن جوان متقاضیان در ورود به بازارمسکن، ترکیب بهینه و نابرابریهای منطقه های سرمایه گذاری از سوی دیگر، مشکل مسکن را حادث از پیش نشان میدهد [۳۷]. شعبی در سال ۱۳۸۶ نگاهی به بافت قدیم شهر بوشهر و احیا و نوسازی آن داشته است. او در این مقاله خاطر نشان شده است که بافت قدیم شهر بوشهر، که از نمونه های با ارزش معماری و شهر سازی در جنوب کشور است، و به تدریج دارد از سیمای شهر به طور کامل محو می شود. یکی از راهبرد های اساسی برای رفع این معضل، بازگرداندن این بافت به چرخه زندگی شهری و باز زنده سازی آن است. در این مورد تعریف فعالیت های جدید و ورود کاربری های مناسب در بافت موثر است. احداث دانشکده معماری، شهر سازی و هنر های کاربردی در بافت قدیم با هدف باز زنده سازی منطقه در برنامه قرار گرفت. بی شک ورود این دانشکده همراه با کاربری های ضمیمه آن به بافت قدیم سبب فعال شدن و زندگی دوباره بافت خواهد شد [۳۸].

بر اساس آمار و اطلاعات گردآوری شده توسط سازمان عمران و بهسازی شهری در خصوص ۳۳۰ شهر منتخب در سطح کشور، مساحت بافت های فرسوده شهری بالغ بر ۶۰ هزارهکتار یا ۹،۲ درصد از مساحت کل شهرهای منتخب می باشد [۳۹].

از این رو با در نظر گرفتن این موضوع و اینکه بافت فرسوده شهری منجر به کاهش کیفیت زندگی ساکنان شده است و مشکلات اجتماعی فراوانی را به همراه دارد توجه به بهسازی و نوسازی ساختمان های مسکونی امری مهم تلقی می شود. در ادامه به مفهوم بهسازی و نوسازی و عوامل و فاکتورهای مهم را بررسی خواهیم کرد.

۲-۸- مفهوم بهسازی و نوسازی

بهسازی سلسله اقداماتی است که در جهت بهبود کالبد، که در نتیجه فرسایش فعالیت تحقق یافته است و در کوتاه مدت صورت می گیرد. در واقع بهسازی زمانی انجام می گیرد که فرسودگی نسبی فضا از لحاظ عملکردی اتفاق افتاده باشد [۴۰]. نوسازی بازآفرینی و معاصر سازی بافت و عناصر درونی آن با حفظ ماهیت شکلی در ابعاد کالبدی و معاصر سازی همنواخت با زندگی نوین را در ابعاد غیر کالبدی در دستور کار دارد [۴۱].

در اجرای نوسازی ساختمان، باید بر اساس یک شناخت کلی از فرهنگ و قوانین آن کشور تبعیت کرد و اجرای نوسازی باید با توجه به معیارهای اصلی و خاص مربوط به آن محسوط و منطبق باشد، به عنوان مثال در نوسازی ساختمان باید به شرایط آب و هوایی منطقه توجه ویژه ای داشت چرا که به عنوان مثال نوسازی ساختمان در مناطق خشک و کویری بسیار متفاوت تر از نوسازی در مناطق مرطوب و بارانی است. در بازسازی واحد های مسکونی می توان با توجه به مصالح به روز و زیبایی دنیا واحد های مسکونی را به روز رسانی نمود و به هر شکل دلخواه کار فرما تغییر داد، البته بحث بازسازی با توجه به نوع ساخت اولیه ساختمان دارای محدودیتهایی نیز می باشد که نمی توان آن را نادیده گرفت، اما به دلیل اینکه خرید واحد های نوساز مستلزم پرداخت هزینه های بسیار بالاتر است، بازسازی واحد های مسکونی مقرون به صرفه تر بوده و بهتر میباشد.



5 (1), 2020

دوره ۵، شماره ۱
بهار ۱۳۹۹

فصلنامه پژوهشی



بوجورن آستمارسون در سال ۲۰۱۳ نوسازی را ظاهر و عملکرد بهتر ساختمان در مقایسه با حالت قبلی خود می داند. وی معتقد است که نیاز به نوسازی زمانی رخ می دهد که به دلیل گذر زمان و تاثیرات آب و هوایی وضعیت ساختمان شروع به وخامت پیدا می کند [۴۲]. کاکلاسکاس و نایماویسین در سال ۲۰۰۷ به این نتایج رسیدند که در حال حاضر، تنها سود بازسازی ساختمان ها، صرفه جویی در مصرف انرژی است. با این حال واضح است که نه تنها باعث صرفه جویی در مصرف انرژی می شود بلکه شرایط ساختمان را بهبود می بخشد که به نوبه خود باعث افزایش ارزش ساختمان می شود [۴۳]. گیپینگ و شریز در سال ۱۹۹۶ با توجه به محیط زیست، بازسازی سبز را در ساختمان تجاری در نظر گرفته اند. آن ها در این مطالعه به این نتیجه رسیده اند که در واقع، بازسازی پایدار قابل درک است و در هر کشوری به صورت متفاوت اجرا می شود که بستگی به وضعیت مسکن در حال حاضر، اقدامات قانونی، سیاست های دولت، نیازهای اجتماعی، اقتصادی بالقوه و ... دارد از این رو باید توجه بیشتری به دانش مدیریت ابزار برای بازسازی، بهترین عملکرد، ترکیب و راضی کردن گروه های مختلف و ترکیب درک بازسازی پایدار داشت [۴۴]. آلاانه در سال ۲۰۰۴ یک مدل چندمعیاره برای کمک به طراحان نشان داده است که عملی ترین فعالیت بازسازی در فاز مفهومی پروژه نوسازی می باشد [۴۵]. زاواداسکاس و همکاران در سال، ۲۰۰۵ ادغام های مختلفی از مدیریت دانش حمایت، پشتیبانی تصمیم گیری، مدل های متخصص برای مدیریت چرخه عمر ساختمان و ارزیابی و بهینه سازی پروژه های نوسازی را انجام داده است [۴۶]. ووس در سال ۲۰۰۰ به بررسی انرژی خورشیدی در تخریب و بازسازی مجدد ساختمان ها و یا بحث نوسازی ساختمان ها پرداخته است. وی در این مطالعه بررسی کرده است اگر استفاده از انرژی خورشیدی به این معنی است که سوخت فسیلی قابل توجهی به میزان کمتری مصرف می کنند، سیستم های خورشیدی باید به آسانی با ساختمان های موجود و همچنین ساختمان های جدید سازگاری داشته باشند. در این مقاله، تجزیه و تحلیل عملکرد به روز شده در پروژه های بازسازی خورشیدی موجود، انرژی خورشیدی در نوسازی ساختمان ها و انرژی در ساختمان ها بررسی می شود. با توجه به اطلاعات بدست آمده از این مطالعات، توجه به صرفه جویی انرژی و پتانسیل تکثیر شناسایی مورد بررسی قرار گرفته و توسط مطالعات شناسایی شده است [۴۷]. پاپادوپولوس و همکاران در سال، ۲۰۰۲ انرژی موثر بازسازی ساختمان های موجود را یک ابزار مهم برای کاهش مصرف انرژی در بخش ساختمان و بهبود آسایش حرارتی داخل ساختمان و همچنین بهبود شرایط زیست محیطی در مناطق شهری در نظر گرفته است [۴۸].

رضا مختاری ملک آبادی در سال ۱۳۹۳ عوامل موثر بر نوسازی و بازسازی را به دو بخش عوامل بیرونی و درونی تقسیم بندی می کند. که عوامل داخلی شامل علاقه ساکنین برای بهسازی و نوسازی، میزان درآمد افراد و مشکلات دریافت وام برای بهسازی وسازگار نبودن ساختمان ها با زندگی امروزی و ... می شود و عوامل خارجی شامل تهدیدها و فرصت ها، شرایط محیطی، وجود مشکلات فرهنگی، عدم اطلاع رسانی عمومی مناسب و... می باشد [۴۹]. سید حسین بحرینی در سال ۱۳۹۳ رویکرد های بازسازی و نوسازی را بررسی کرده است

وی رویکردهای بازسازی و نوسازی را در چند بعد بررسی می کند از جمله بعدهای اقتصادی، کالبدی، اجتماعی، زیست محیطی، و از جمله اندیشه های و رویدادهای موثر می باشد [۵۰].

۳- روش تحقیق

روش تحقیق در این پژوهش توصیفی و کیفی است که با استفاده از داده های کتابخانه ای و شکل اسنادی به گردآوری شاخص ها و فاکتورهای بعد اجتماعی توسعه پایدار پرداخته شده است که توسط محققان که در مقالات و تحقیقات و کنفرانس ها ذکر شده اند و در مرحله بعد از پرسشنامه و روش دلفی استفاده شده است تا بین متخصصان و صاحبان نظر به یک اجماع نظر رسیده شود. در نهایت ۵ فاکتور زیر بیشترین رای را از نظر اهمیت بدست آوردند. پس از استفاده از روش دلفی و انتخاب ابعاد مهم اجتماعی توسعه پایدار از پرسشنامه دوم استفاده شد که در این پرسشنامه ۱۱ سوال از ابعاد برجسته انتخاب گردید و تعداد ۱۱۵ مهندس و متخصص در زمین های عمرانی و فعالیت های ساختمانی به این سوال ها پاسخ دادن و تا بعد از گردآوری پاسخ ها، ابعاد نیز رتبه بندی شوند. روش دلفی شامل فرایندهای بررسی اصلاح شده است، که برای پالایش اطلاعات گردآوری شده از قضاوت یک گروه افراد متخصص منتخب مورد استفاده قرار می گیرد. فرآیند اجرای روش دلفی در این تحقیق بدین شرح است:

- ۱- در این مطالعه متخصصان در حوزه توسعه پایدار انتخاب شدند که شرکت کنندگان در این مطالعه شامل ۱۵ نفر از مهندسان متخصص می باشند. در مرحله اول متخصصان به مجموعه ای از سوالات پرسشنامه بسته که از مرحله اول تحقیق (مطالعات کتابخانه ای) بوده است، پاسخ دادند و افکار و پیشنهادات و نظرات خود را بدون ذکر نام خود ارائه دادند.
- ۲- پس از دریافت تمامی پرسش نامه های شرکت کنندگان مرحله اول، داده ها تجزیه و تحلیل می شوند) برای مثال میانه و دامنه میانه پاسخ ها بدست می آید، سپس معیارها بر اساس رتبه هایی که بدست آوردند مجدد تنظیم می شوند و در قالب پرسشنامه دیگری برای استفاده در دور دوم مطالعه آماده می شوند و نتایج پرسشنامه دور اول نیز ذکر می شود .
- ۳- پس از جمع آوری پرسشنامه دور دوم و تحلیل داده ها از پاسخ دهندگانی که نظراتشان خارج از دامنه میان چارکی است، خواسته می شود تا علت نظرات خود را توضیح دهند و در نهایت این کار آنقدر تکرار می شود تا به یک اتفاق نظر رسیده شود و داده ها را رتبه بندی می کنند.

۴- یافته ها

از مجموع زیرفاکتورهای ذکر شده با استفاده از روش دلفی، متخصصین موارد زیر را مورد تایید و تاکید قرار داده و همچنین فاکتور های امنیت و سلامتی را نیز جزیی از فاکتور کیفیت زندگی دانستند، بنابراین مطابق شکل ۲ زیرفاکتورهای زیر در نظر گرفته شده اند که با توجه به نتایج حاصل از جمع آوری پرسشنامه ها، اهمیت آن ها را از نظر متخصصین مورد بررسی قرار خواهیم داد:

- ۱- ترویج توسعه پایدار



5 (1), 2020

دوره ۵، شماره ۱

بهار ۱۳۹۹

فصلنامه پژوهشی



- ۲- توانمند سازی
- ۳- نقش دولت و سازمان های غیردولتی
- ۴- حس و ذهنیت
- ۵- کیفیت زندگی

۴-۱- ترویج توسعه پایدار

فرهنگ هر جامعه هویت آن جامعه را تشکیل می دهد و با انحراف فرهنگ، هر چند جامعه ای در ابعاد اقتصادی، سیاسی، صنعتی و نظامی قدرتمند و قوی باشد، آینده آن و سلامتی آن جامعه تضمین نخواهد شد. به طور کلی فرهنگ و توسعه پایدار در جامعه با یکدیگر ارتباط مستقیم دارند به بیان دیگر ایجاد توسعه پایدار در جامعه نیازمند تحول فرهنگی است و این قضیه در حالت برعکس نیز صادق است یعنی اینکه توسعه پایدار در فرهنگ جامعه تاثیر گذار است. امروزه به روشنی دریافت شده است که توسعه به معنای نابود کردن هویت فرهنگی نیست، بلکه بر عکس، به معنای عدم نگاه به جوامع پیشرفته و درس نگرفتن از آن ها در راستای یک تحول فرهنگی نیست بلکه بایستی با حفظ هویت فرهنگی به آرمان های نوسازی نیز متمسک شد؛ چرا که این آرمان ها زمینه توسعه در جوامع سنتی را فراهم می آورند [۲۱].

۴-۲- توانمند سازی

مریم احمد زاده در سال ۱۳۸۸ آموزش را، اثر بخش ترین ساز و کار جامعه برای مقابله با بزرگترین چالش این قرن؛ یعنی توسعه پایداری می داند وی معتقد است، توسعه پایدار به انسان های کل نگر، دارای تفکر سیستمی، دارای بینش فرا رشته ای، آگاه، خلاق و مشارکت جو نیاز دارد. تولید منابع انسانی واجد شرایط فوق، نیازمند گسترش آموزش توسعه ای در راستای توسعه پایدار بوده که این امر خود از بزرگترین چالش های توسعه پایدار می باشد که برای تداوم حیات خود نیازمند آن است. آموزش توسعه ای در واقع با مطرح نمودن شاخصه های هر چند کوتاه و مختصر، کمک شایانی به گسترش مفهوم توسعه پایدار می نماید [۳۱].

۴-۳- نقش دولت و سازمان های غیردولتی (NGO)

جایی که هر فعالیت کوچک نیازمند ساز و کار و تشکیلات منظم است فرایند عظیمی مثل توسعه قطعاً متشکلترین سازها و ساختارها را میطلبد و شروط توسعه پایدار سیاسی - اجتماعی هستند و دولت مسئول طراحی چهار سیستم: (۱) توسعه فنی با حداکثر بهره وری؛ (۲) تولیدی با تأکید بر محیط؛ (۳) بعد اجتماعی و (۴) بعد اقتصادی؛ با تأکید بر دانش کافی به منظور دستیابی به توسعه پایدار است. «اندرسون» تأمین زیرساخت اقتصاد را وظیفه دولت میداند و ایجاد تشکیلات و نهادهای دولتی و رهنمود تشویق مردم به تشکیل سازمانهای غیردولتی بخصوص در امور عامالمنفعه را در رابطه با ملاحظات محیطی و زیستی کارکردی مهم میداند که فقط از عهده دولتها بر می آید. اتخاذ سیاست مناسب خارجی و ارتباط با دیگر ملتها و دولتها، از اساسیترین نقشها و مأموریتهای دولتهاست که از جمله نقشهایی است که انتقال آن به بخشهای غیردولتی امکان پذیر نیست فلذا در امر توسعه نیز وقتی مفاهیم بین المللی مطرح شود،

دولتها حساسترین نقش را ایفا می کنند. نقشی که فقط از دولتها ساخته است [۱۹]. از جمله نهادها تسهیل گر در فرایند توسعه جوامع در عصر جهانی شدن سازمانهای مردم نهاد، غیر دولتی موسوم به NGO می باشند که توانسته اند خیلی از مسایل پیشروی جهت رسیدن به توسعه فرهنگی را حل کنند [۲۰]. سازمانهای غیردولتی می توانند منبع نوآوری، تجربه کردن و آزمودن رویکردهای نوین در قبال مسایل توسعه باشند. سازمانهای غیردولتی می توانند نقش بسیار مهمی در توسعه داشته باشند که این کار از طریق بسیج منابع و انرژی مولد در خدمات اجتماعی و توسعه آنها صورت می گیرد. سازمانهای غیردولتی در سطح عام نیروهای مهم برای دموکراتیزه ساختن و تقویت نهادهای جامعه مدنی به شمار می آیند. از آنجایی که بسیاری از سازمانهای داوطلب دارای ارزشها و ایده آلهای مشترکی در میان اعضای خود هستند لذا حامیان و تسریع کنندگان مهم تغییرات اجتماعی به شمار می روند. هدف اصلی از تشکیل و راه اندازی سازمان برای مقاصد خاص غیرانتفاعی مثل امور فرهنگی، آموزش، بهداشت، محیط زیست و جز آن باشد.

۴-۴- حس و ذهنیت

مردم با توجه به ادراکاتی که محیط برایشان ایجاد می کند نسبت به آن واکنش نشان می دهند. یکی از مهم ترین عملکردهای محیط، معنای آن می باشد. راپاپورت محیط مسکونی را اینگونه معرفی می کند: «نظامی متشکل از خرد سامانه هایی که در آن ها فعالیت هایی رخ می دهد». این نظام باید برای تمام مصرف کنندگان، با ویژگی های متفاوت، حداکثر امکانات را جهت رسیدن به امیالشان فراهم سازد. مردم و محیط بروی هم اثر می گذارند. ارتباط عملکردی بین فرد و شی معنای نامیده می شود. برای مثال در منطقه هافرلی در هلند، معماران و طراحان شهری برای ساخت این منطقه از قلعه های قرون وسطایی فرانسه و عمارت های بزرگ انگلیسی ایده گرفته اند. ایده اصلی طرح «زندگی شهری در منطقه سبز» می باشد. از معماران و طراحان شهری خواسته شده است طرحی ابداع کنند که در آن زندگی شهری با فضاهای زندگی روستایی در آمیخته باشد. از ساکنان درخواست شد تصور خود را از هافرلی بنویسند. که طبق آن هافرلی محیط آرام احاطه شده با فضای سبز مناسب قلمداد شد که در آن ارتباط نزدیکی با همسایگان دارند و آنان محله های شهری با طرح پیشرفته را بسیار یکنواخت می دانند. این مساله نشان می دهد که با اینکه منطقه هافرلی از نزدیکترین شهر به خود فاصله زیادی دارد ولی ساکنین به دلیل حس و ذهنیت مثبت و آرامش خاطری که در این منطقه دارند حاضر نیستند در محله های شهری با طرح پیشرفته زندگی کنند.

۴-۵- کیفیت زندگی

فرانز و پاور، کیفیت زندگی را رضایتمندی یا عدم رضایتمندی فرد از آن مواردی که در زندگی برای او مهم است دانستند. سل و تالسکی، کیفیت زندگی را ارزیابی و رضایت فرد از سطح عملکرد موجودش، در مقایسه با آنچه ایده آل یا ممکن می پندارد تلقی کردند و برخی دیگر از محققان نیز این واژه را پیچیده تر از آن دانستند که بتوان آن



5 (1), 2020

دوره ۵، شماره ۱
بهار ۱۳۹۹

فصلنامه پژوهشی

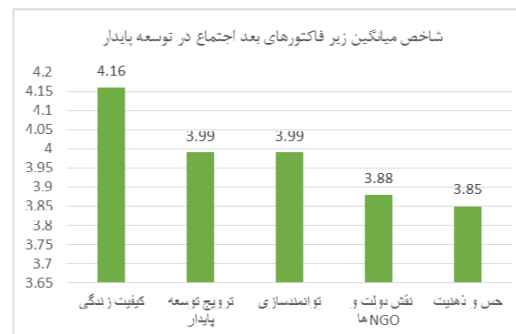


را در یک جمله و یا عبارت توصیف کرد. سازمان جهانی بهداشت در سال، ۲۰۰۰ این مفهوم را به این صورت تعریف کرده است: « کیفیت زندگی، درک افراد نسبت به موقعیت خود در زندگی از نظر فرهنگ، سیستم ارزشی که در آن زندگی می کنند، اهداف، انتظارات، استانداردها و اولویت هایشان می باشد. پس کاملاً فردی بوده و توسط دیگران قابل مشاهده نیست و بر درک افراد از جنبه های مختلف زندگی شان استوار است. بدین ترتیب به منظور ارزیابی کیفیت زندگی، پارامترهای مادی توسعه اقتصادی، در کنار پارامترهایی غیرمادی همچون کیفیت کار، سطح سواد و فرهنگ، استانداردهای پزشکی و بهداشت، کیفیت فراغت و تفریح، شرایط محیط زیست،

پرسشنامه دوم که شامل یازده سوال بر اساس مقیاس لیکرت است، درباره هر کدام از زیر فاکتورهای منتخب پرسشنامه اول است که ۱۱۵ نفر از بین مهندسان عمران و معماری و شهرسازی به آن پاسخ دادند، همانطور که مشاهده می شود شاخص میانگین هریک از زیرفاکتورها بدست آمد و پس از طبقه بندی بر اساس فراوانی و شاخص میانگین رتبه بندی شد.

میانگین کل	شاخص میانگین						فاکتورها	رتبه بندی	
		5	4	3	2	1	شرح کیفی		
4.16	4,36	58	42	14	1	-	امنیت ساکنان	1	کیفیت زندگی
	4,23	55	40	12	8	-	نورگیری ساختمان بر کیفیت مطلوب زندگی	2	
	4,19	51	43	15	4	2	گردش هوای سالم	3	
	4,11	48	44	14	6	3	پنجره های دو جداره	4	
	3,94	43	37	25	6	4	تاثیر محیط خانه برسلامتی افراد	5	
3.99	3,99	49	34	16	14	2	میزان تاثیر توسعه پایدار و فرهنگ بر یکدیگر	1	ترویج توسعه پایدار
3.99	4,01	49	38	15	7	6	میزان توانمندسازی دست اندرکاران توسعه پایدار	1	توانمندسازی
	3,97	43	40	20	10	2	میزان تاثیر توسعه پایدار براینده	2	
3.91	3,85	05	25	26	8	6	تاثیر نقش دولت و NGOها	1	دولت و NGOها
3.88	4.14	35	38	19	13	10	استفاده از مواد و مصالح بومی	1	حس و ذهنیت
	3.63	37	27	32	10	9	تاکید بر حفظ فرهنگ بومی	2	

نمودار ۱ شاخص میانگین زیرفاکتورهای اجتماعی در توسعه پایدار



همانطور که در جدول و نمودار بالا مشاهده می شود از نظر مهندسیین عامل کیفیت زندگی مهم ترین عامل در بین زیرفاکتورهای فاکتور اجتماعی است. که در زیر فاکتور کیفیت زندگی عواملی چون تاثیر نورگیری ساختمان بر کیفیت مطلوب زندگی، تاثیر پنجره های دو جداره بر کنترل آلودگی صوتی، گردش هوای سالم و مناسب در ساختمان، میزان اهمیت امنیت ساکنان و تاثیر محیط خانه در سلامتی افراد بررسی شد. در مساله کیفیت زندگی امنیت ساکنان بیشترین شاخص را به خود اختصاص داده است. در رده بعدی زیر فاکتور ترویج توسعه پایدار و توانمند سازی از اهمیت مساوی برخوردار هستند. این قضیه نشانگر این است که مهندسان به همان اندازه که به ارتباط فرهنگ و توسعه پایدار معتقد هستند همان قدر نیز نسبت

NGOها بی تفاوت بود. سازمان های غیر دولتی اهدافی چون اطلاع رسانی و آگاه سازی عمومی، جذب سرمایه، جلب مشارکت مردمی، افزایش بهره وری در استفاده از منابع، پایداری در تولید و مصرف را دنبال می کنند. آخرین زیر فاکتور مهم از نظر مهندسان حس و ذهنیت موجود در محل زندگی است. منظور از حس و ذهنیت این است که اگر انسانی نسبت به مکانی احساسی نداشته باشد و یا از نظر روانی نتواند با آن مکان ارتباط برقرار کند، ممکن است خود را در آن مکان بیگانه فرض کند. برای ایجاد حس و ذهنیت لازم است که در بازسازی و نوسازی ساختمان های فرسوده از مواد محلی و بومی استفاده شود تا حس مکانی افراد از بین نرود. حس یا روح مکان ارتباط انسان با آن مکان است. از این نظر در نوسازی و بازسازی ساختمان های فرسوده بحث حس و ذهنیت و توجه به فرهنگ ها و سنت های افراد نیز ضروری است. در بازسازی یک ساختمان باید به هویت و فرهنگ محل موجود نیز توجه شود.

۶- نتیجه گیری

مفهوم توسعه پایدار در عین سادگی پیچیدگی های مختص به خود را دارد، بسیار از افراد مفهوم توسعه پایدار را فقط توجه به مسائل زیست محیطی می دانند اما باید توجه کرد که بدون آگاهی جامعه در زمینه توسعه پایدار و توجه به مسائل اجتماعی تقریباً اجرای اصول توسعه پایدار در جامعه غیرممکن است. به طور کلی بدون در نظر گرفتن بعد اجتماعی، عملاً توسعه پایدار در جامعه عملی نخواهد شد. توسعه در هر کشور با توجه به فرهنگ آن کشور و به کارگیری زیر فاکتورهای اجتماعی ممکن خواهد گردید. از این رو باید در زمینه مسائل توسعه پایدار و ابعاد اجتماعی آموزش های لازم انجام شود و از طریق وسایل ارتباط جمعی مردم را نسبت به این موضوع آشنا تر کرد. با توجه به این موضوعات در این مقاله ابعاد مختلف فاکتور اجتماعی در مساله توسعه پایدار بررسی گردیده است و ۵ زیرفاکتور (۱) ترویج توسعه پایدار؛ (۲) توانمندسازی؛ (۳) نقش دولت و NGOها؛ (۴) حس و ذهنیت؛ (۵) کیفیت زندگی؛ به عنوان زیر فاکتورهای برجسته شناخته شده است.

۷- مراجع

- [10] Hakken, T. Belloni, K. (2011), "Barriers and drivers for sustainable building," BUILDING RESEARCH & INFORMATION, England.
- [11] Rydin, Y. Amjad, U. Moore, (2006), "Sustainable construction and planning," the academic report, CEPG, London School of Economic, UK.
- [12] Bartob, C. (2000), "Achieving the objects of sustainable development in agency decision-making".
- [13] D., Shariatmadari, M., Bonyani, Sustainable development goals in construction, , in The 6th National Conference on National Building Regulations, Shiraz, Iran, 2015. (In Persian).
- [14] Chan, E. (2007), "Critical factors for improving social sustainability of urban renewal projects", Springer Science.
- [15] Sivam, A. and Karupapannan, S. (2015), "Density design and Sustainable residential development", Australia.
- [16] M., Jafari, K., Eslamluiyan, E., Hadiyan, A., Hoseinsamadi, The Effect of Social Infrastructure Quality on Economic Growth in a Naturally Rich Economy: The Case of Iran, Journal of Iranian Energy Economics, Volume 3, Issue 12, Autumn 2014, Pages 20-60, (In Persian).
- [17] SM., Alvani, NGOs and Development, Management and Development Process, Volume 14, 2000, (In Persian).
- [18] H., Abbaszadeh, Modern government management and sustainable development, Tadbir, 163, 2005, (In Persian).
- [19] M., Ghadami, Y., Beygzadeh, The role of GNOs in sustainable cultural development in globalization age, Journal of Cultural Management, Volume 4, Issue 3 - Serial Number 3, Autumn 2010, Pages 118-125, (In Persian).
- [20] A., Ajdari, Cultural and environmental development, a necessity for achieving sustainable development, Environmental Science and Engineering, 39, 1382, (In Persian).
- [21] "Cultural for sustainable development", UNESCO, (2012)
- [22] Heerwagen, H. (1992), "The social benefit of sustainable design", USA.
- [23] Rapoport, A. (1982), "The meaning of the built environment", Sage, Beverly Hills.
- [24] Littig, B. and Griebler, E. (2005), "social sustainability: a catchword between political pragmatism and social theory".
- [25] Enyedi, G. (2002), "Social sustainability of large cities", Ekistics, 69 (412/414), pp 142-144.
- [26] Chiu, R.L.H. (2003), "Social Sustainability, sustainable development and housing development", The experience of Hong Kong.
- [27] H., Sadi, S., Latifi, E., Vadadi, Investigating the problems of rural girls in Hamadan province, Quarterly Journal of Village and Development, Volume 15, Issue 1, Spring 2012, Pages 153-176, (In Persian).
- [28] "The power of Culture for development", UNESCO, (2010).
- [29] Karupannan, S. and Sivam, A. (2011), "Social Sustainability and neighbourhood design".
- [30] M., Ahmadzadeh, Developmental education and sustainable development, Tehran University, 2010, (In Persian).
- [31] B., Alebrahim, The role of school pillars in spreading culture and achieving sustainable development, Esfahan, 2001.
- [32] HR., Shayan, H., Kamelniya, H., Vesagh, 1st Conference on Regeneration and Revitalization of Urban Distressed Areas, Mashhad, Iran, 2008.
- [33] S., Motavvaf, The Reason behind the Emergence and Spread of Deteriorated Fabrics, Manzar, Volume 5, Issue 25 - Serial Number 25, Winter 2014, Pages 49-53
- [34] Cevik, S. (2006), "An example to renovation-revitalization works in historical city centers", Turkey.
- [35] H., Majedi, Today Growth of Urbanization; Deteriorated Context of near Future, Hoviat shahr Journal, Volume 4, Issue 6 - Serial Number 6, Summer 2010, Pages 87-94
- [36] N., Shabani, A., Shoaybi, Revitalization of worn and valuable texture through the establishment of appropriate uses; Case study: Bushehr old texture, Soffeh, Volume 16, Issue 3 - Serial Number 3, Summer 2007, Pages 54-67
- [37] R., Bardi, A., Moragnejad, Evaluation of quantitative and qualitative characteristics of housing in Iran during 1345-1390, Journal of Urban Research and Planning, Volume 6, Issue 20 - Serial Number 20, Winter 2017, Pages 35-50
- [38] SM., Habibi, M., Maghsudi, Urban Restoration: Definitions, Theories, Experiences, Universal Charters and Resolutions, Methods and Urban Practices, Tehran University, 2007
- [39] SM., Habibi, Reconstruction and renovation of old historical textures of Tehran, Tehran University, 2002.
- [40] Astmarsson, B. (2013), "Sustainable renovation of residential buildings and the landlord/tenant dilemma", Denmark.
- [41] Kaklauskas, V. (2007), "knowledge base model for sustainable housing renovation", Department of Construction Economics and Property Management, Lithuania.
- [1] Zabihi, H. Habib, F. and Mirsaeedie, L. (2012), "Sustainability in Building and Construction: Revising Definitions and Concepts", International Journal Emerg. Science, 2(4), pp 570-578.
- [2] Cole, R.J. (1999), "Building environmental assessment methods, clarifying intentions", Building Research and Information, 27 (4/5), pp 230-246.
- [3] Ding, G.K.C. (2008), "Sustainable Construction, the Role of Environmental Assessment Tools", Journal of Environmental Management, 86 (20), pp 451-464.
- [4] William, D. E. (2007), "Sustainable design (Ecology, Architecture, and Planning)", Wiley publisher, USA.
- [5] Building construction and renovation: Procura Key Criteria", sustainable procurement campaign.
- [6] Trachte, S. and Deherde, A. (2010), "Advanced and Sustainable Housing Renovation", Belgium.
- [7] Soubbotina, P. (2004), "Beyond Economic Growth: An Introduction to Sustainable Development," WBI Learning Resources Series, World Bank Institute.
- [8] Iranian Architecture Magazine (2011), 2(12), (In Persian).
- [9] Baldwin, R. (1996), "Environmental assessment and management of buildings Proceedings," International CIB TG 8 Workshop, Building and The Environment in Central and Eastern Europe, Warsaw, October.



5 (1), 2020

دوره ۵، شماره ۱

بهار ۱۳۹۹

فصلنامه پژوهشی



- [47] R. MokhtariMalekabadi, M., Ebrahimi, A., Karami, Establishing rehabilitation and reconstruction strategies for worn tissue of Jahrom applying SWOT strategic model, Journal of Environmental-based Territorial Planning (JETP), Volume 8, Issue 29 - Serial Number 29, Summer 2015, Pages 177-200
- [48] M., Mofidi, The Approaches and Policies of Urban Renewal from "Urban Reconstruction" to "Sustainable Urban Regeneration", Journal of Urban Studies, Volume 3, Issue 9 - Serial Number 9, Winter 2014, Pages 17-30
- [49] SR., Naghibossadat, MA., Javadi, Delphi Method, Book of the Month (Social Sciences), 37, 2011, pp 70-77
- [50] Rapoport, A. (1995), "A critical look at the plan 'Home' In The home words interpretations".
- [42] Keeping, M. Shiers, D. (1996), "The green refurbishment of commercial property", Facilities, 14 (4/3), pp 15-19.
- [43] Allane, K. (2004), "Selection of renovation actions using multi-criteria (knapsack) model", Automation and construction, 13(3), pp 377-391
- [44] Zavadskas, E.K. Bejder, E. Kaklauskas, A. (1998), "Raising the efficiency of the building lifetime with special emphasis on maintenance", Facilities, 16 (11), pp 334-340
- [45] Voss, K. (2000), "Solar energy in building renovation results and experience of international demonstration buildings", Germany.
- [46] Papadopoulos, A.M. Theodosiou, Th.G. and Karatzas, K.D. (2002) "Feasibility of energy saving renovation measures in urban buildings. The impact of energy prices and acceptable payback time criterion", Energy and buildings, 12(34), pp 455-466.



5 (1), 2020

دوره ۵، شماره ۱

بهار ۱۳۹۹

فصلنامه پژوهشی



بازسازی و نوسازی ساختمان های مسکونی فرسوده با تمرکز بر عوامل مؤثر
در پایداری اجتماعی

Bayesian network, a new method for modeling uncertainty in construction project management

Kiazad Abbasnezhad

Master Student, Department of Civil Engineering, Imam Khomeini International University (IKIU), Qazvin, Iran

Ramin Ansari *

Assistant Professor, Department of Civil Engineering, Imam Khomeini International University (IKIU), Qazvin, Iran

شبکه‌های بیزین، رویکردی نوین برای مدل سازی عدم قطعیت ها در مدیریت پروژه‌های ساخت

کیازاد عباس نژاد

دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه مهندسی عمران، دانشگاه بین المللی امام خمینی (ره)، قزوین، ایران

رامین انصاری *

استادیار، گروه مهندسی عمران، دانشگاه بین المللی امام خمینی (ره)، قزوین، ایران

*Corresponding author's email address:
raminansari@eng.ikiu.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۲/۰۱، تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۲/۱۸

Abstract

As construction projects consist of different stake holders and operate in a dynamic environment encounter with many risks. Uncertainties affect all project management aspects. Because of that risk modeling in project management has been a big challenge for researchers. Classic methods of uncertainty modeling in project management (fuzzy, objective probability...,etc.) need a lot recorded data for modeling and inference. These data are not accessible every time. Bayesian novel method by participating several data source has made a flexible framework for modeling risks. Project management according to project management body of knowledge (PMBOK) has distributed to deterministic knowledge areas. In this paper application of Bayesian network approach for modeling uncertainty in project management knowledge areas has been reviewed and recent researches has been sorted. The way of future researches almost has been cleared.

Keywords

Risk, Uncertainty, Bayesian network, Construction projects, Project manager

چکیده

پروژه‌های ساخت با توجه به اینکه شامل ذی نفعان مختلفی هستند و در محیطی پویا انجام می‌شوند با عدم قطعیت‌های بسیاری روبه‌رو هستند. عدم قطعیت‌ها بر تمام جنبه‌های مدیریت پروژه تأثیر می‌گذارند. به همین دلیل مدلسازی عدم قطعیت در مدیریت پروژه چالشی همیشگی برای محققین بوده است. روش‌های پیشین بررسی عدم قطعیت در مدیریت پروژه (فازی، احتمالات تکراری و ...) نیاز به داده‌های مستند بسیاری برای مدلسازی و استنتاج دارند. در دسترس بودن این داده‌ها با توجه به ماهیت و تعریف پروژه (تلاشی موقتی و منحصر به فرد) امکان پذیر نبوده است. رویکرد نوین شبکه‌های بیزین با استفاده از منابع مختلف داده همچون قضاوت خبره و داده‌های ثبت شده چارچوب بسیار منعطفی برای مدلسازی عدم قطعیت ایجاد کرده است. مدیریت پروژه طبق استاندارد پم باک تعریف خاصی دارد و به حوضه‌های دانشی معینی تقسیم شده است. در این تحقیق کاربرد رویکرد نوین شبکه‌های بیزین برای مدلسازی عدم قطعیت در حوضه‌های دانشی پم باک به صورتی جامع بررسی شده است. به کمک این مرور و ویژگی‌های استخراج شده از مدل‌های پیشین خلاهای موجود شناسایی و مسیر تحقیقات آینده بخوبی برای محققین قابل پیش بینی شده است. در برخی حوضه‌ها همچون زمان‌بندی، هزینه و منابع تحقیقات بسیاری با استفاده از شبکه‌های بیزین صورت گرفته ولی بر موضوعات مشابهی متمرکز بوده‌اند. در دیگر حوضه‌های مدیریت پروژه همچون مدیریت کیفیت، ذی‌نفعان، تدارکات تحقیقات بسیار کم صورت گرفته و یا در حوضه‌هایی همچون مدیریت یکپارچگی، گستره و ارتباطات هیچگونه تحقیقی با کمک این تکنیک صورت نگرفته است.

کلمات کلیدی

ریسک، عدم قطعیت، شبکه‌های بیزین، پروژه‌های ساخت، مدیریت پروژه

مدیریت شوند [۲-۴]. ریسک‌های پروژه‌های ساخت ممکن است بدلایلی همچون تغییرات جوی، رقابت‌های شدید بازار، شرایط سیاسی و... بوجود آیند [۵]. از این نظر پروژه‌های ساخت در مجموعه پروژه‌های پیچیده طبقه بندی شده‌اند و مدیریت این پروژه‌ها نیز بسیار پر چالش است [۶]. پروژه‌ها در تمامی وجوه خود شامل عدم

۱- مقدمه

پروژه‌ها فرایندهای مهمی برای به نتیجه رساندن استراتژی‌ها هستند [۱]. آنها با انواع مختلفی از عدم قطعیتها روبه‌رو هستند، با توجه به این امر برای به موفقیت رساندن پروژه باید عدم قطعیت‌ها به خوبی



5 (1), 2020

دوره ۵، شماره ۱

بهار ۱۳۹۹

فصلنامه پژوهشی

مهندسی مدیریت ساخت

شبکه‌های بیزین، رویکردی نوین برای مدل سازی عدم قطعیت ها در مدیریت پروژه‌های ساخت

رابطه (۱):

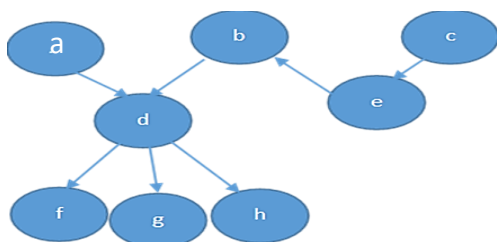
$$P(A|B) = \frac{P(B|A) \cdot P(A)}{P(B)}$$

معادله بالا با در نظر گرفتن احتمال B:

رابطه (۲):

$$P(A|B) = \frac{P(B|A) \cdot P(A)}{P(B|A) \cdot P(A) + P(B|-A) \cdot P(-A)}$$

در معادلات بالا A و -A رویدادهای متمم یکدیگر هستند و P(A) نشان دهنده احتمال وقوع رویداد A و P(A|B) نشان دهنده احتمال وقوع A به شرطی که رخداد B اتفاق افتاده باشد است. شبکه‌های بیزین گراف‌های جهت‌دار بدون دور هستند و جزو ابزارهای شهودی برای حل مسائل پیچیده علی‌الحساب می‌آیند [۱۸]. کاربرد این شبکه‌ها به سبب توانایی مدل‌سازی ریسک سیستم‌های پیچیده به صورت مداوم در حال افزایش است [۱۹]. مهم‌ترین کاربرد این روش در تحلیل و مدیریت ریسک زمینه‌های مختلفی همچون پزشکی [۲۰]، تحلیل ایمنی حمل و نقل [۲۱]، شناسایی و تشخیص بیماری [۲۲]، نرم افزار [۲۳]، ارزیابی قابلیت اطمینان صنایع [۱۱]، حمل و نقل دریایی [۲۴]، مسائل لرزه‌ای [۲۵]، تحلیل ریسک کسب و کار [۲۶]، اکولوژی [۲۷] و مدیریت پروژه [۲۸] بوده است. یک شبکه بیزین مطابق شکل زیر است:



شکل ۱- نمونه‌ای از یک شبکه بیزین با ۸ گره

شبکه‌های بیزین از دو مولفه کلی تشکیل شده‌اند، که عبارتند از: مولفه کیفی: مولفه کیفی عبارت است از یک گراف که شامل چندین گره و یال است، گره‌ها متغیرهای تصادفی ما هستند و یالها که به نیز پیکان موسوم هستند وابستگی بین متغیرها را نشان می‌دهند [۲۹]. در شکل بالا گره‌ها با حروف انگلیسی (a, b, ..., g) نشان داده شده‌اند و ارتباط بین آنها با پیکان نشان داده شده است. مولفه کمی: مؤلفه کمی شامل مشخص کردن احتمالات پیشین گره‌های والدین P(pa) و جداول احتمالات شرطی گره‌های فرزند P(d|P(pa, d)) با تمام حالات ممکن است، اگر احتمال گره‌های والدین معلوم باشد در آن صورت به عنوان مثال خواهیم داشت: P(e|c), P(d|a, b). علاوه بر این، گره‌ها در شبکه‌های بیزین دسته بندی‌های خاصی دارند که عبارتند از: گره‌های والد: این گره‌ها که فاقد گره‌های والد هستند، و هیچ پیکانی به آنها وارد نمی‌شود در شکل بالا گره‌های c & a گره‌های والد هستند.

قطعیتهای فراوانی هستند، از این رو ناتوانی در مدیریت و در نظر گرفتن عدم قطعیت‌ها از عوامل عمده افزایش هزینه و زمان بندی اکثر پروژه‌ها معرفی شده است [۷]. روش‌های پیشین مدیریت و ارزیابی ریسک و عدم قطعیت (همچون فازی) [۸] در مدل‌سازی روابط بین متغیرهای ریسک توانایی لازم را ندارند [۹]. از طرف دیگر پروژه‌ها با توجه به اینکه منحصربه‌فرد، موقتی و همیشه شامل مجموعه‌ای از فعالیت‌های مرتبط به هم هستند، درگیر انواع عدم قطعیت‌ها و ریسک‌ها می‌باشند. این عدم قطعیت‌ها باید طبق ویژگی‌های خاص هر حوزه از پروژه با ابزاری مناسب مدل شوند، زیرا مدل‌سازی دقیق‌تر عدم قطعیت‌ها شانس موفقیت پروژه را افزایش می‌دهد. در بین ابزارهای گوناگونی که برای مدل‌سازی عدم قطعیت در زمینه‌های مختلف مخصوصاً مدیریت پروژه به کار گرفته شده‌اند، شبکه‌های بیزین در دهه‌های اخیر کاربرد فراوانی پیدا کرده‌اند [۱۰]. شبکه بیزین عبارت است از گراف بدون دور جهت‌داری که گره‌ها، متغیرها و پیکان‌ها روابط علی بین آنها را نشان می‌دهند، سپس این روابط به کمک احتمالات ذهنی^۱ و یا داده‌های ثبت شده موجود^۲ آموزش داده می‌شوند [۱۱]. این شبکه‌ها بنابر اصول خاص خود به راحتی می‌توانند مدل‌سازی و استنتاج را به کمک داده‌های ناقص یا قضاوت افراد خبره^۳ انجام دهند، زیرا در مورد اکثر پروژه‌ها داده‌های بسیاری در دست نیست (چون منحصر به فرد هستند و یا دارای شرایط منحصربه‌فرد هستند). از آنجا که این روش روابط علی بین فاکتورهای مختلف ریسک را در نظر می‌گیرد، مدل‌هایی که ارائه می‌دهد به واقعیت بسیار نزدیک هستند [۱۲]. شناسایی ریسک‌ها و عدم قطعیت‌ها یکی از مراحل مهم مدل‌سازی به کمک این روش است [۱۳]، که شامل شناسایی عوامل ریسک و همچنین ارتباط منطقی علی بین آنها است. با توجه به اینکه استفاده از این شبکه‌ها در مدیریت پروژه در حال پیشرفت است [۱۴، ۱۰]، نیاز اساسی به مرور و طبقه بندی کارهای انجام شده در این زمینه تاکنون وجود داشت. در این تحقیق با یک مرور کیفی در مقالات ارائه شده: (۱) با بررسی کارهای گذشته ویژگی‌ها و شاخص‌های مهم مدل‌سازی به کمک شبکه‌های بیزین شناسایی شده‌اند. (۲) کاربرد این شبکه‌ها در حوزه‌های مختلف دانش مدیریت پروژه طبق استاندارد پم باک و الحاقیه صنعت ساخت مرور شده است [۱۵-۱۶]. قسمت‌های بعدی تحقیق شامل بررسی روش شبکه‌های بیزین و مرور ادبیات مقالات در زمینه‌های مدیریت پروژه طبق استاندارد مدیریت پروژه است. در این تحقیق سعی شده که اکثر مقالات معتبر شبکه‌های بیزین در زمینه‌های مرتبط با حوزه‌های مدیریت پروژه مرور شوند. نتایج مهم و کاربردی مقالات در جداولی بیان گردیده‌اند که مقایسه و تحلیل آنها فهم تحقیقات پیشین را تسهیل کرده است.

۲- شبکه‌های بیزین

این شبکه‌ها برای اولین بار سال ۱۹۷۰ در دانشگاه استنفورد معرفی شدند [۱۲]. محاسبات شبکه‌های بیزین برپایه تئوری بیز است که توسط توماس بیز (۱۷۰۲-۱۷۶۱) اثبات شد، و برای توزیع احتمالات گسسته^۴ و پیوسته^۵ بکار می‌رود. این شبکه‌ها را می‌توان ترکیب نظریه گراف و تئوری احتمالات دانست [۱۷]. تئوری بیز به صورت زیر بیان می‌شود:

گره‌های فرزند^۷: گره‌هایی هستند که پیکانهایی به آنها وارد و خارج می‌شوند. برای مثال e, b & d گره‌های فرزند هستند.

گره باقیمانده^۸: این گره گره‌ای است که هیچگونه فرزندی ندارد به عبارت دیگر پیکان به آن وارد می‌شود اما از آن خارج نمی‌شود. مثال بارز برای این گره، گره‌های f & g هستند.

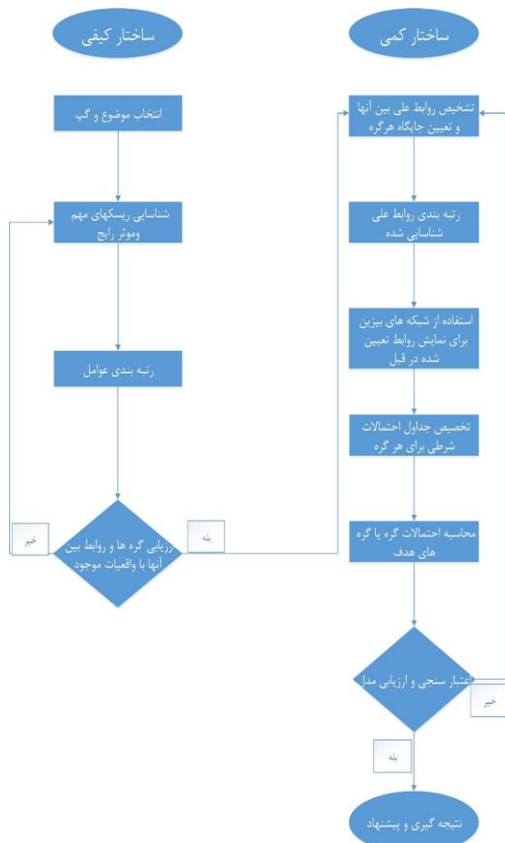
شبکه‌های بیزین از نظر نوع احتمالات و حالات گره می‌توانند شامل گره‌های گسسته، پیوسته و مرتبه‌ای^۹ [۳۰] باشند. گره‌های گسسته شامل دو یا چند حالت با احتمالات موضعی معلوم هستند، اما گره‌های پیوسته دارای توزیع احتمالات مربوطه هستند. گره‌های مرتبه‌ای نیز شامل طیف لیکرت برای بیان احتمالات گره از خیلی خوب تا خیلی ضعیف هستند، برای مشخص کردن میزان احتمال هر حالت در این گره‌ها می‌توان از توزیع نرمال ناقص^{۱۰} نیز استفاده کرد [۱۳]. به مدل‌هایی که از گره‌های پیوسته و گسسته توام استفاده کنند مدل‌های ترکیبی^{۱۱} می‌گویند. انتخاب اینکه از کدام نوع گره استفاده کنیم به ابزار (نرم افزار) که استفاده می‌کنیم بستگی دارد. به عنوان مثال در اکثر مقالاتی که از نرم افزار Agenarisk استفاده کرده‌اند امکان استفاده از انواع گره‌ها وجود داشته است. (اطلاعات بیشتر در مورد نرم افزارهای پرکاربرد در شبکه‌های بیزین در [۳۱] اشاره شده است). گره‌ها و پیکان‌ها در شبکه‌های بیزین که علت-اثر عوامل شناسایی شده را نشان می‌دهند، توالی‌های خاص و ثابتی دارند، که مهمترین آنها عبارتند از:

- توالی سری : این توالی چندین علت-اثر را نشان می‌دهد که زنجیروار بر یکدیگر اثر می‌گذارند. مثال عینی این توالی، توالی ceb است.
- توالی همگرا : این توالی عبارتست از یک گره که چندین پیکان به آن وارد می‌شوند همچون گره d که دو پیکان به آن وارد می‌شوند.
- توالی واگرا : در این توالی از یک گره چندین پیکان خارج می‌شوند و به گره‌های دیگر وارد می‌شوند. گره d نمونه‌ای از این توالی است.

امروزه برای مدلسازی عدم قطعیت در مباحث پیچیده و پویا و با مواردی که یک فرایند دائما در حال تکرار است می‌توان از رویکردهای نوین شبکه‌های بیزین، همچون شبکه‌های بیزین پویا [۳۲] و [۳۳] (که تغییرات مدل در گذر زمان را نشان می‌دهد) و یا شبکه‌های بیزین شی گرا [۳۴] و [۳۵] که برگرفته از مفاهیم برنامه نویسی شی گرا است استفاده شود. شبکه‌های بیزین شی گرا قابلیت مدلسازی مدل‌های پیچیده و با تعداد گره بسیار زیاد را دارند [۳۴]. مهم‌ترین مزیت‌های شبکه‌های بیزین نسبت به دیگر روش‌های ارزیابی ریسک که در ادبیات به آن اشاره شده است، عبارتند از:

- این شبکه‌ها قابلیت پیش بینی و تشخیص متغیرها را با توجه به نحوه اعمال مشاهدات دارند [۲۸].
- ارتباط و اثر متغیرها بر یکدیگر و ارتباطات سببی^{۱۲} بین آنها به راحتی قابل مدل شدن است و از این جهت بسیار با شرایط دنیای واقعی سازگار هستند [۲۸].
- یکپارچه سازی اطلاعات حاصل از خبره^{۱۳} و داده‌های تاریخی^{۱۴} بسیار راحت است. در این شبکه‌ها خبره به جای استفاده از داده‌های مشابه و قبلا ثبت شده می‌تواند قضاوت و اختصاص

احتمالات را به صورت ذهنی^{۱۵} انجام دهد که در این مورد مشکلاتی وجود دارد و هنوز معیار قابل اعتمادی برای ارزیابی قضاوت ذهنی وجود ندارد [۳۶]. برای بررسی ریسک و عدم قطعیت در مدیریت پروژه به کمک شبکه‌های بیزین لازم است که فرایندهای مدیریت ریسک استاندارد پم باک [۱۵] با این شبکه‌ها به صورت یکپارچه ادغام شوند. با توجه به چارچوب شکل ۲ این ترکیب قابل مشاهده است.



شکل ۲- چارچوب حاکم بر مقالات بررسی شده [۴۰]

چارچوب شکل ۲ در تمام مقالات بررسی شده رعایت شده است و برخی هم چون [۴۱] و [۴۲] در تحقیق خود به آن اشاره کرده‌اند و برخی اشاره خاصی به آن نکرده‌اند اما مراحل طی شده در تحقیق مطابق این چارچوب انجام شده است. به عنوان مثال در قسمت مولفه‌های کیفی ابتدا باید عوامل ریسک شناسایی شوند که این مرحله یکی از مهم ترین فرایندهای مدیریت ریسک استاندارد پم باک است. مبنای تحقیق برای تفکیک و بررسی کاربرد شبکه‌های بیزین در حوضه‌های مختلف مدیریت پروژه استاندارد مدیریت پروژه^{۱۶} (PMBOK) است [۱۵]. مطابق حوزه‌های مختلف استاندارد مدیریت پروژه تحقیقات گذشته به صورت زیر مرور شده‌اند.

۳- مرور شبکه‌های بیزین طبق حوزه‌های مختلف استاندارد مدیریت پروژه

۳-۱- مدیریت زمان بندی پروژه

مدیریت زمان‌بندی که در ویرایش قبلی استاندارد پم باک مدیریت زمان نام داشت، جزو حوزه‌هایی است که توجه بسیاری از محققین را برای مدل‌سازی عدم قطعیت به خود جلب کرده است. محققین [۴۰] با ارایه مدلی برای ارزیابی ریسک‌های زمان‌بندی پروژه‌های ساخت به نام ERIC-S^{۱۷} با استفاده از شبکه‌های بیزین و شبیه‌سازی مونت کارلو مدت زمان‌های خوش بینانه و بدبینانه و محتمل فعالیتها را طبق ویژگی‌های پروژه تخمین زده‌اند این تحقیق آغازی بر در نظر گرفتن ارتباط بین عوامل ریسک و اثر آن بر زمان بندی پروژه به کمک این شبکه‌ها منتشر شده است، سپس [۱۰] با ارایه مدلی بر مبنای شبکه‌های بیزین و روش مسیر بحرانی^{۱۸} (CPM)، روش مسیر بیزین بحرانی، توانستند با در نظر گرفتن فرضیاتی روش مسیر بحرانی را از حالت قطعی به حالتی غیر قطعی تبدیل کنند و تمام مدت زمان‌ها به صورت توزیع‌های احتمالاتی بیان شده‌اند. به منظور افزایش دقت مدل‌سازی با شبکه‌های بیزین نویسندگان [۴۳] در جهت رفع محدودیت‌های ناشی از همبستگی متغیرها با یکپارچه سازی این شبکه‌ها و شبیه‌سازی مونت کارلو مدت زمان اتمام پروژه را محاسبه کرده‌اند. سپس [۴۱] با شناسایی عوامل ریسک موثر در تأخیر پروژه-های ساخت، و شناسایی روابط علی^{۱۹} بین آنها توانست احتمال آنکه پروژه چند برابر مدت زمان نهایی خود تأخیر خواهد داشت را بدست آورند. نویسندگان [۴۴] با ارایه مدلی متشکل از چهار گره، عدم قطعیت‌های موثر در تأخیرات را بررسی کردند و به کمک این مدل اثر تأخیرات بر افزایش هزینه‌های مستقیم نشان داده شده است. ریسک‌های موثر بر پروژه‌های ساخت شهری و روابط بین آنها برای محاسبه تأخیرات توسط نویسندگان [۴۵] شناسایی شده‌اند. [۱۴] نیز به مدل‌سازی عدم قطعیت در شبکه زمان‌بندی به کمک روش مسیر بحرانی پرداخت اما فقط مسیر رفت در نظر گرفته شده است. در این مدل وابستگی آماری بین رخداد فعالیتها به کمک شبکه‌های بیزین مدل شده است. تمامی مدل‌هایی که تاکنون بررسی شد محدودیت منابع را در نظر نگرفته بودند و صرفاً بر اساس شبکه‌های باور بیزین و قوانین احتمالات بودند که [۴۶] با ارایه مدلی توسعه یافته از مدل [۴۷] محدودیت منابع و عدم قطعیت فازی [۴۸] را با استفاده از شبکه‌های پویای بیزین مدل‌سازی کرده است. علاوه بر این، موازنه هزینه-زمان به منظور حداکثر سازی ارزش خالص فعلی خالص^{۲۰} پروژه نیز در گام‌های بعدی اجرا شده است. در برخی از تحقیقات شبکه‌های بیزین برای کنترل پروژه و یکپارچه سازی با روش معروف ارزش کسب شده^{۲۱} بکار گرفته شده است که بیشتر هدف پیش بینی و استنباط هزینه و یا زمان آینده پروژه به کمک داده‌های تاریخی و مشابه بوده است. [۴۹] و [۵۰] رویکردی را ارایه کردند که با استفاده از استنتاج بیزین و یک منحنی مناسب سازی با استفاده از داده‌های اولیه پروژه به پیش بینی عملکرد پروژه پرداخته است. این رویکرد که روش منحنی تجمعی بتای بیزین^{۲۲} نام دارد، می‌تواند حین پیشرفت پروژه به راحتی داده‌های جدید را قبول و نتیجه گیری کند، و در مقایسه با روش‌های CPM^{۲۳}، EVM^{۲۴} و PERT^{۲۴} دقت مناسب‌تری داشت. [۵۱] پیش بینی مدت زمان فعالیت‌ها را با استفاده از ریسک‌های موثر و منابع اختصاص داده شده انجام داده است، این مدل نسبت به پرت دقت مناسب‌تری در پیش بینی مدت زمان پروژه داشت. محققین [۵۲] با توسعه شبکه‌های

بیزین و روش پرت، مدل پرت بیزین^{۲۵} را ارایه کرده‌اند. این مدل با بهره‌گیری از ویژگی‌های شبکه‌های بیزین بسیاری از محدودیت‌های روش پرت را بهبود بخشیده است. [۵۳] و [۵۴] با استفاده از یکپارچه‌سازی بر مبنای شبکه‌های بیزین با در نظر گرفتن کار انجام شده در پروژه، اطلاعات مربوط به پروژه‌های مشابه گذشته و قضاوت خبره، زمان و هزینه اتمام پروژه‌ها را تخمین زده‌اند. نویسندگان [۴۲] رویکردی جدید و ابتکاری برای موازنه هزینه-زمان فعالیت‌های پروژه‌های ساخت بر مبنای شبکه‌های بیزین ارایه کرده‌اند. این مدل هزینه و زمان فعالیت‌ها را در چندین حالت از جمله حالت سریع^{۲۶} بررسی کرده است.

این مدل بسیار ساده و طبق اصول پیشنهادی فعالیت‌ها بوده که اثر آیت‌های هزینه نیز بر آنها اعمال شده است. این رویکرد کمک بسیاری می‌کند که مقادیر بهینه هزینه و زمان قابل دسترسی باشند. [۵۵] مدت زمان اتمام یک پروژه پیچیده حفاری زیر زمینی را به کمک به هنگام سازی بیزین در طول مدت پروژه به صورت مداوم تخمین زده‌اند. این کار به کمک داده‌های فعالیت‌های انجام شده و پروژه‌های قبلی انجام شده است. [۵۶] با بررسی ریسک‌های زمان بندی و هزینه پروژه‌های بزرگ دو مدل بر حسب مقیاس پروژه‌ها برای محاسبه میزان افزایش زمان و هزینه ارایه دادند. از نتایج این مدل‌ها در صنایع کشتی سازی استفاده شده است. [۵۷] با کمک رویکرد بیزین در مدل ارایه داده توانستند که مدت زمان تحویل اقلام حساس پروژه را به دقت تخمین زنند. [۵۸] با شناسایی ریسک‌های اثر گذار بر پروژه‌های یک پورتفولیو در صنعت نفت و گاز میزان تأخیر زمان بندی کل پورتفولیو نسبت به زمان اولیه آن محاسبه شده است.

جدول ۱- مشخصات حوزه مدیریت زمان‌بندی طبق مرور ادبیات

نرم افزار	روش زمان‌بندی	روش یادگیری	مرجع
-	CPM & PERT	دانش خبره و داده های ثبت شده	[۴۰]
-	-	دانش خبره و داده های ثبت شده	[۵۷]
Agenarisk	CPM	دانش خبره و داده های ثبت شده	[۱۰]
MSBNX (Microsoft Bayesian belief network)	-	خبره	[۴۳]
-	-	دانش خبره و داده های ثبت شده	[۴۹]
-	PERT	خبره	[۵۱]
GeNie	-	خبره	[۵۶]
Microsoft Bayesian belief network(MSBNX)	-	خبره	[۴۱]
-	-	خبره	[۴۴]
-	PERT	خبره	[۵۲]
-	CPM	داده‌های از پیش ثبت شده	[۵۵]
Agenarisk	PERT & CPM	خبره	[۱۴]
MATLAB	-	خبره	[۴۵]
Agenarisk	CPM	خبره	[۴۶]
-	CPM	دانش خبره و داده های ثبت شده	[۴۲]
MSBNX	-	خبره	[۵۸]

۳-۲- مدیریت هزینه پروژه

روش ارزش کسب شده بی شک یکی از ساده ترین و پرکاربردترین روش های اندازه گیری عملکرد پروژه ها است [۵۹] [۶۰] اما عدم قطعیت را در نظر نمی گیرد و داده ها به صورت قطعی در نظر گرفته می شوند. در [۹] با انتخاب دو مورد از مهم ترین و معمول ترین عامل های عدم قطعیت موثر بر هزینه های برنامه ریزی شده و حقیقی پروژه ها و مدلسازی آن به کمک شبکه های بیزین، پارامترها و شاخص های ارزش کسب شده به صورت توزیع های احتمالی بیان شده اند. [۳۳] با توسعه چارچوب مدلی با شبکه های بیزین پویا منافع، هزینه و نرخ بازگشت سرمایه برای یک پروژه توسعه کشاورزی با سناریوهای مختلف را در بازه زمانی مشخص بررسی کرده اند. در [۳۸] با مرور ادبیات، طوفان فکری و مصاحبه فاکتورهای ریسک موثر بر هزینه و زمان، جریان نقدینگی، شناسایی و روابط علی بین عوامل مشخص شده اند. اثر این عوامل بر یکدیگر و بر هزینه و زمان (جریان نقدی) فعالیت های پروژه مورد مطالعاتی لحاظ شده است. [۲۸] احتمال افزایش هزینه پروژه های زیرساخت را به کمک این شبکه ها مدلسازی کرده اند. برای این مدل مراحل مختلف (امکان سنجی، طراحی و...) پروژه های زیر ساخت در نظر گرفته شد و برای اولین بار از مسیرهای رتبه بندی^{۲۷} از لحاظ عدم قطعیت استفاده شده است. [۶۱] با در نظر گرفتن عوامل اثر گذار بر انتخاب روش ساخت پروژه و تاکید بر فاکتور هزینه، مدلی بر مبنای شبکه های بیزین برای محاسبه احتمال پذیرش یکی از سه قرارداد DBB^{۲۸}, DB^{۲۹} & CM/GC^{۳۰} را با استنتاج بیزینی ارائه کرده اند. نویسندگان [۶۲] هزینه های نگهداری بزرگراه را با استفاده از دو مازول بر مبنای شبکه های بیزین و شبیه ساز مونت کارلو پیش بینی کرده اند. به کمک این مدل تصمیم گیری قراردادهای پیشنهادی مختلف بررسی و مولفه های آنها باهم موازنه می شوند. [۳۹] با بررسی و توسعه چارچوب ارائه شده توسط [۶۳] برای شناسایی پیچیدگی های پروژه و ریسک های ناشی از این پیچیدگی ها مدلی پیشنهاد داده اند. این مدل اثر ریسک ها بر مشخصات پروژه بویژه هزینه را در مراحل نخست پروژه به صورت کمی نشان داده است.

جدول ۲- مشخصات حوزه مدیریت هزینه طبق مرور ادبیات

نرم افزار	روش اعتبار سنجی مدل	روش یادگیری مدل	مرجع
GeNle	—	خبره	[۶۲]
Bayesia lab	k-fold cross validation	داده های از پیش ثبت شده	[۶۱]
Agenarisk	سناریو	خبره	[۹]
Agenarisk	سناریو	خبره	[۳۳]
GeNle	تحلیل حساسیت	خبره	[۳۹]
Netica	—	خبره	[۳۸]
Agenarisk	تحلیل حساسیت	خبره	[۲۸]

۳-۳- مدیریت کیفیت پروژه

با توجه به ناکامی های زیادی که در تحویل پروژه ها مخصوصا پروژه های R&D بر اساس هزینه و زمان بندی برنامه ریزی شده وجود داشت [۶۴]، [۶۵] اثر مشخصه های پروژه همچون هزینه، زمان بندی، منابع و کیفیت فرایندها را بر اساس روابطی که بین این مشخصه ها

در نظر گرفته بودند بر عملکرد و کیفیت پروژه اندازه گیری کرده اند. در این مدل موازنه بین این مشخصه ها به سادگی انجام شده است.

جدول ۳- مشخصات حوزه مدیریت کیفیت طبق مرور ادبیات

نرم افزار	روش اعتبار سنجی مدل	روش یادگیری مدل	مرجع
Agenarisk	سناریو	خبره	[۶۵]

۴-۳- مدیریت منابع پروژه

منابع پروژه مخصوصا منابع انسانی یکی از با ارزش ترین منابع در هر پروژه های هستند، و این منابع از لحاظ شغل وموقعیتی که دارند، در پروژه های مختلف همواره در معرض انواع خطرات محیطی بالقوه و خطرناک قرار می گیرند. عمده این خطرات ناشی از عدم قطعیت هایی است که در محیط پیرامون فرد در پروژه قرار دارند [۶۶]. تعداد حوادث متوجه فرد در محیط کار را با توجه به شدت این حوادث و ویژگی ها و مشخصات ایمنی صنعت مورد ارزیابی قرار داده اند [۶۷]. نویسندگان [۶۸] با بررسی داده های مربوط به ساخت سدها و تعمیر آنها و همچنین حفاری معادن و داده کاوی^{۳۱} در داده های مربوطه ۲۳ مشخصه مهم را یافتند و سپس به ۱۴ عامل بسیار مهم کاهش داده شدند، و در نهایت با ارایه مدلی به کمک شبکه های بیزین و مشخص کردن روابط علت-اثر، رایج ترین نوع تصادفات در محیط کار تشخیص داده شده اند. محققین [۶۹] با جمع آوری عوامل مهم موثر در ایمنی ارتفاع و شناسایی ارتباط بین آنها مدلی کلی با قابلیت سفارشی سازی متغیرها ارائه داده اند. آنها این مدل را با کمی تغییر بر برخی مراحل فاز ساخت یک هتل ۵ ستاره پیاده کرده اند. پژوهشگران [۷۰] رفتار ایمنی کارکنان در یک محیط ساخت را به کمک این شبکه ها شبیه سازی کرده اند و طبق آن استراتژی های لازم برای کاهش تلفات ایمنی استخراج و ارایه شده است. معیارهای موثر بر عملکرد کارمندان سطح متوسط توسط [۷۱] شناسایی شده اند و سپس روابط بین آنها به کمک همبستگی سنجیده شدند. سپس این روابط به کمک شبکه های بیزین مدلسازی شدند و با نتایج موجود حاصل از متدهایی چون تحلیل سلسله مراتبی فازی^{۳۲}، ویکور^{۳۳} و تاپسیس^{۳۴} مقایسه شده اند و در این مقایسه شبکه های بیزین از هر جهت برتری خود را نشان داده است. در [۷۲] به کمک شبکه های بیزین خطرات محیط و اثرات این خطر بر رفتار انسان و همچنین برعکس آن را ارایه شده است. در [۷۳] مهم ترین علل ایجاد صدمات شغلی در حفاری معدن انتخاب شده اند و رویکردی بیزین برای کمک به مدیران برای تصمیم گیری ارایه داده اند. آنها در این مدل نشان داده اند که احتیاط (توجه) کارکنان در این امر عامل بسیار مهمی است. در موردی دیگر [۷۴]، مدلسازی بین متغیرهای موثر در سقوط کارکنان از ارتفاع را با تکنیک شبکه های بیزین ارائه کرده اند. تمرکز آنها در این مدل به سقوط از دریا و داربست متوجه بوده است، که در نهایت آموزش و کسب مهارت پیش از شروع کار مهمترین متغیرها معرفی شده اند.

۳-۵- مدیریت ریسک پروژه

همانطور که در متن بالا اشاره شد برای بررسی عدم قطعیت در تمام حوضه های دانش به کمک شبکه های بیزین نیاز به استفاده از فرایندهای مدیریت ریسک داریم. اما در برخی از مقالات، شبکه های

بیزین صرفاً برای مدلسازی ریسک استفاده شده‌اند و آنها در این دسته قرار داده شده‌اند. محققان [۷۶] مدلی برای تصمیم‌گیری به کمک شبکه‌های بیزین ارائه داده‌اند که میزان ریسک‌های یکپارچگی پروژه را اندازه‌گیری و آرایه کرده است.

جدول ۴- مشخصات حوزه مدیریت منابع طبق مرور ادبیات			
نرم افزار	روش اعتبارسنجی مدل	روش یادگیری مدل	مرجع
Netica	—	خبره	[۷۴]
—	سناریو	خبره	[۶۷]
GeNIe	سناریو	دانش خبره و داده‌های ثبت شده	[۶۸]
MATLAB	تحلیل حساسیت	خبره	[۶۹]
—	تحلیل حساسیت	خبره	[۷۰]
—	—	خبره	[۷۲]
Netica	خبره	خبره	[۷۱]
—	—	خبره	[۷۳]
—	—	خبره	[۷۵]

این مدل برای یک پروژه انتقال آب در چین استفاده شد و تخمین‌های بسیار دقیقی داشت. [۷۷] ریسک‌های یک پورتفولیو را با توجه به اثرات مداخلات فنی به عنوان عامل مهم ایجاد کننده ریسک در یک پورتفولیو ارزیابی کرده‌اند، سپس نویسندگان [۷۸] مدل نویسندگان [۷۷] را با رویکردی پایدار توسعه داده و ریسک کلی یک پورتفولیو را بر اساس فاکتورهای ریسک موثر در سطح کلان (پورتفولیو) و در سطح خرد (پروژه) محاسبه کرده‌اند. در [۷۹] احتمال ریسک در قرارداد مشارکت عمومی- خصوصی محاسبه شده است، آنها در این مدل داده‌های جدید حاصل از مشاهدات را وارد مدل خود کرده و نتایج دقیق‌تری از مدل بدست آورده‌اند.

جدول ۵- مشخصات حوزه مدیریت ریسک طبق مرور ادبیات			
نرم افزار	روش اعتبارسنجی مدل	روش یادگیری مدل	مرجع
—	سناریو	خبره	[۷۶]
MATLAB	—	خبره	[۷۷]
GeNIe	خبره	خبره	[۷۸]
—	خبره	دانش خبره و داده‌های ثبت شده	[۷۹]

۳-۶- مدیریت تدارکات پروژه

[۸۰] مدلی ترکیبی (بیزین، فازی و نظریه بازی) و جامع برای مذاکره تدارکات مصالح بین پیمانکار و فروشنده ارائه داده‌اند. شبکه‌های بیزین چون می‌توانند در شرایط فقدان و کمبود داده و اطلاعات [۲۹] به خوبی عمل و استنتاج کنند، به همین سبب در چنین شرایطی که اطلاعات کمی در مورد فروشنده و نوع استراتژی او در دست است بسیار کاربردی هستند.

جدول ۶- مشخصات حوزه مدیریت تدارکات طبق مرور ادبیات			
نرم افزار	روش اعتبارسنجی مدل	روش یادگیری مدل	مرجع
Agenarisk	سناریو	خبره	[۸۰]

۳-۷- مدیریت ذی‌نفعان

برای حداقل و متعادل کردن انتظارات متناقض بین سه ذی‌نفع اصلی در قراردادهای PPP (کاربر نهایی، بخش خصوصی، دولت) در مرحله امکان‌سنجی (فاز صفر) مدلی ارائه شده است [۸۱]. شبکه‌های بیزین در این مدل میزان رضایت نسبی هریک از ذی‌نفعان از طرح مشارکت را توسط استنباط بیزینی محاسبه و نشان داده است. تصمیم‌گیرندگان بر مبنای میزان رضایت، بهترین راه‌حل مناسب را می‌توانستند پیشنهاد دهند.

جدول ۷- مشخصات حوزه مدیریت ذی‌نفعان طبق مرور ادبیات			
نرم افزار	روش اعتبارسنجی مدل	روش یادگیری مدل	مرجع
MATLAB	—	خبره	[۸۱]

۴- تحلیل نتایج و پیشنهاد

مطابق آنچه که از بررسی مجلات و سایت‌های معتبر علمی استنباط می‌شود کاربرد شبکه‌های بیزین در مدیریت پروژه بسیار محدود و نوپا می‌باشد، از مهمترین دلایل این امر می‌توان به نبود ابزار مناسب و قوی برای مدل‌سازی و الگو ریتیمهای مناسب برای غلبه بر پیچیدگی‌های مدل‌های قابل آرایه اشاره کرد. طبق نمودارهای آرایه شده در شکل ۳ می‌توان دریافت که داده‌های اکثر مقالات به صورت گسسته (۲۶٪) هستند که گسسته‌سازی داده‌ها طبق گفته [۱۳] دارای محدودیتهایی است، در حالی که با احتساب مدل‌های ترکیبی حدود ۱۲٪ مدل‌ها از متغیرهای پیوسته استفاده کرده‌اند. اکثر مدل‌های آرایه شده (۱۶٪) فاقد اعتبار سنجی (داخلی) بودند، و از بین مقالات اعتبار سنجی شده تحلیل حساسیت و سناریو بیشترین کاربرد را داشته است. برای آموزش شبکه نیز دانش و قضاوت خبره تاکنون رایج‌ترین روش یادگیری مدل بوده است، فراوانی استفاده از این روش یادگیری کارایی آن را نسبت به دیگر روش‌ها نشان می‌دهد. تقریباً تمامی مقالات بررسی شده دارای مدل گرافیکی بودند، این مدل‌های گرافیکی به راحتی در نرم‌افزارهای مربوطه قابل ترسیم هستند، هر چند بسیاری از مقالات به نرم‌افزار مورد استفاده اشاره نکرده بودند اما در بین نرم‌افزارهای موجود Agenarisk بیشترین کاربرد را داشته است. از دلایل محبوبیت این نرم‌افزار می‌توان به رابط گرافیکی قوی، قابلیت مدل‌سازی متغیرهای گسسته و پیوسته، مدل‌های ترکیبی (گسسته و پیوسته)، و انجام تحلیل حساسیت و سناریو اشاره کرد [۹].

مطابق با استاندارد مدیریت پروژه و الحاقیه صنعت ساخت [۱۶]، این شبکه‌ها در برخی از حوزه‌های دانشی و زیر مجموعه آن تاکنون استفاده نشده‌اند. برخی از این حوزه‌ها عبارتند از:

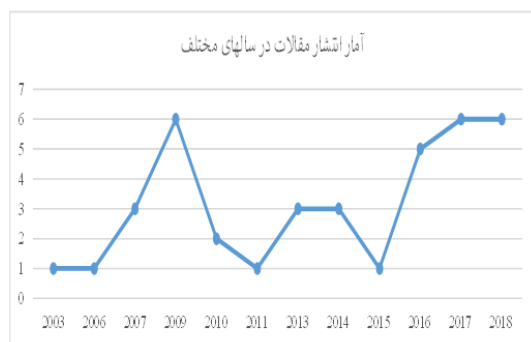
- مدیریت یکپارچگی پروژه
- مدیریت گستره پروژه
- مدیریت ارتباطات پروژه

دیگر زمینه‌های مرتبط با مدیریت پروژه که شبکه‌های بیزین کاربرد خواهند داشت، عبارتند از:

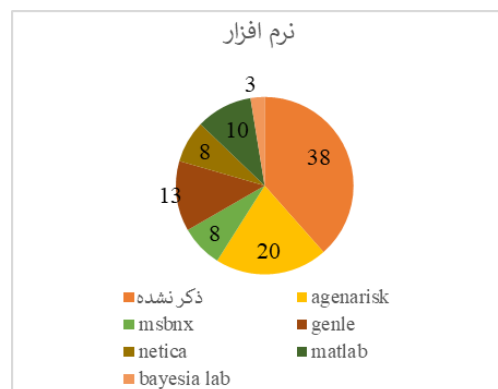
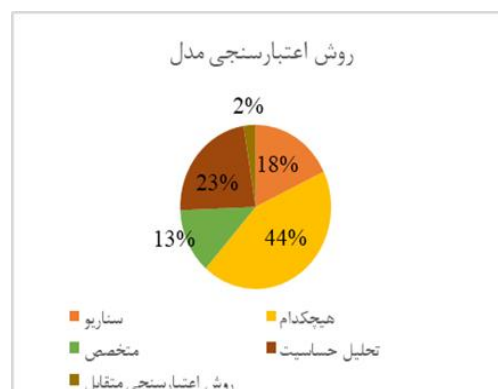
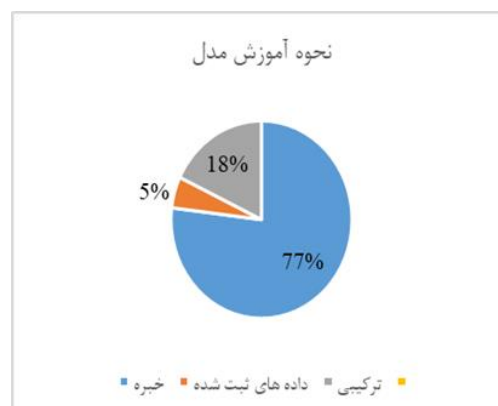
- مدیریت دعاوی ذی‌نفعان

- مدیریت ریسک در انواع قراردادهای ساخت (EPC, BOT, DB, PPP, ...)
- استفاده از شبکه‌های بیزین برای ارایه استراتژی‌های پاسخ به ریسک‌های مدیریت پروژه
- تلفیق شبکه‌های بیزین با دیگر روش‌های موجود (فازی، مونت-کارلو و ...) برای استفاده از نقاط قوت چند روش به صورت همزمان.

نشان داد. هم چنین میزان خزش گستره در هر فاز پروژه را اندازه‌گیری کرد. از طرف دیگر در تحقیقات بررسی شده طبق شکل ۴ استفاده از گره‌های گسسته بسیار شایع بوده است، برای افزایش دقت مدل‌های پیشین، در آینده می‌توان از گره‌های پیوسته استفاده کرد. هم چنین برای در نظر گرفتن اثرات زمان بر متغیرهای مدل می‌توان از شبکه‌های بیزین پویا استفاده کرد، در ضمن برای شبکه‌های پیچیده می‌توان مدلسازی را با شبکه‌های بیزین شی گرا انجام داد.



شکل ۴- نمودار نشان دهنده میزان تحقیقات در زمینه مدیریت پروژه و ریسک



شکل ۳- نمودارهای نشان دهنده میزان وجود مشخصات استخراج شده در مقالات

در تمام مباحث مرتبط با عدم قطعیت‌های حوزه‌های فوق می‌توان از چارچوب ارایه شده در شکل ۲ استفاده کرد و مدل‌سازی مناسبی انجام داد، برای مثال در زمینه مدیریت گستره می‌توان عوامل موثر در خزش گستره را شناسایی و ارتباط بین آنها را مدل کرد یا اثر خزش محدوده بر افزایش هزینه‌های پروژه (مستقیم و غیرمستقیم) را

علاوه بر این، تحقیقات آینده می‌توانند به مدلسازی ریسک‌ها در سطح کلان همچون طرح‌ها و برنامه‌ها بپردازند. در زمینه مدیریت منابع پروژه به جنبه‌های انسانی و ایمنی منابع انسانی در مقالات گذشته اشاره شده است، اما به مباحثی همچون پیش‌بینی منابع، ارزیابی منابع و تسطیح منابع به کمک شبکه‌های بیزین اشاره‌ای نشده است. تقریباً تمامی مدل‌های شبکه‌های بیزین در مدیریت پروژه بررسی شده‌اند و تمامی آنچه که تاکنون ذکر نشده به عنوان خلا پژوهشی قابل پیگیری است.

۵- نتیجه‌گیری

در این تحقیق با بررسی تحقیقات گذشته در زمینه کاربرد شبکه‌های بیزین در مدیریت پروژه‌های ساخت، چارچوب کلی حاکم بر نحوه استفاده از این شبکه‌ها برای تحلیل و مدیریت ریسک در پروژه شناسایی شده است. جزییات کامل استفاده از این شبکه‌ها با بررسی‌های عمیق‌تر در جداول مربوط به هر حوزه دانش ارایه و مهم‌ترین پارامترهای مدلسازی در شبکه‌های بیزین نمایش داده شده‌اند. فقدان اطلاعات جامع در فازهای اولیه پروژه که مدیران و تصمیم‌گیرندگان تصمیمات مهم در مورد برنامه‌ریزی پروژه را اتخاذ می‌کنند، استفاده از افراد، تیم‌های خبره و همچنین پیش‌بینی، نتیجه‌گیری توسط داده‌های ناقص را امری اجتناب‌ناپذیر کرده است. شبکه‌های بیزین به راحتی می‌توانند مدلسازی و استنتاج خود را با استفاده از اطلاعات ناقص و افراد خبره یا داده‌های تاریخی و یا ترکیبی از تمامی این حالات انجام دهند. علاوه بر این، در شبکه‌های بیزین منبع عدم قطعیت شناسایی می‌شود و سپس ارتباط آن با دیگر عوامل عدم قطعیت موجود بررسی می‌گردد و مطابق آن، پاسخ به ریسک مناسب می‌توان پیش‌بینی کرد و بین پارامترهای مختلف مدل موازنه انجام داد. طبق مرور تحقیقات گذشته تمامی حوزه‌های مدیریت پروژه

شامل عدم قطعیت هستند و مدل سازی این ریسک ها در حوزه هایی که از این روش استفاده کرده اند نتایج بسیار مفید و کاربردی ارائه داده است. بکارگیری این روش مدل سازی در زمینه های باقیمانده نیز می تواند مدل های کاربردی و دقیقی ارائه دهد.

۶- مراجع

- [23] Y. Hu, X. Zhang, E. Ngai, R. Cai, M. Liu, Software project risk analysis using Bayesian networks with causality constraints, *Decision Support Systems*, 56 (2013) 439-449.
- [24] P. Trucco, E. Cagno, F. Ruggeri, O. Grande, A Bayesian Belief Network modelling of organisational factors in risk analysis: A case study in maritime transportation, *Reliability Engineering & System Safety*, 93(6) (2008) 845-856.
- [25] S. Tesfamariam, Z. Liu, Seismic risk analysis using Bayesian belief networks, in: *Handbook of seismic risk analysis and management of civil infrastructure systems*, Elsevier, 2013, pp. 175-208.
- [26] J. Zhu, A. Deshmukh, Application of Bayesian decision networks to life cycle engineering in Green design and manufacturing, *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 16(2) (2003) 91-103.
- [27] V. Adriaenssens, P. Goethals, J. Charles, N. De Pauw, Application of Bayesian Belief Networks for the prediction of macroinvertebrate taxa in rivers, in: *Annales de Limnologie-International Journal of Limnology*, EDP Sciences, 2004, pp. 181-191.
- [28] N. Xia, X. Wang, Y. Wang, Q. Yang, X. Liu, Lifecycle cost risk analysis for infrastructure projects with modified Bayesian networks, *Journal of Engineering, Design and Technology*, 15(1) (2017) 79-103.
- [29] S.H. Chen, C.A. Pollino, Good practice in Bayesian network modelling, *Environmental Modelling & Software*, 37 (2012) 134-145.
- [30] N.E. Fenton, M. Neil, J.G. Caballero, Using ranked nodes to model qualitative judgments in Bayesian networks, *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering*, 19(10) (2007) 1420-1432.
- [31] M.A. Mahjoub, K. Kalti, Software comparison dealing with bayesian networks, in: *International Symposium on Neural Networks*, Springer, 2011, pp. 168-177.
- [32] X. Wu, H. Liu, L. Zhang, M.J. Skibniewski, Q. Deng, J. Teng, A dynamic Bayesian network based approach to safety decision support in tunnel construction, *Reliability Engineering & System Safety*, 134 (2015) 157-168.
- [33] B. Yet, A. Constantinou, N. Fenton, M. Neil, E. Luedeling, K. Shepherd, A Bayesian network framework for project cost, benefit and risk analysis with an agricultural development case study, *Expert Systems with Applications*, 60 (2016) 141-155.
- [34] D. Koller, A. Pfeffer, Object-oriented Bayesian networks, in: *Proceedings of the Thirteenth conference on Uncertainty in artificial intelligence*, Morgan Kaufmann Publishers Inc., 1997, pp. 302-313.
- [35] O. Bangsø, P.-H. Willemin, Object Oriented Bayesian Networks: A framework for top-down specification of large Bayesian networks with repetitive structures, (2000).
- [36] D. Prelec, A Bayesian truth serum for subjective data, *science*, 306(5695) (2004) 462-466.
- [37] Y. Zhou, N. Fenton, C. Zhu, An empirical study of Bayesian network parameter learning with monotonic influence constraints, *Decision Support Systems*, 87 (2016) 69-79.
- [38] M. Khanzadi, E. Eshtehardian, M. Mokhelepour Esfahani, Cash flow forecasting with risk consideration using Bayesian Belief Networks (BBNS), *Journal of Civil Engineering and Management*, 23(8) (2017) 1045-1059.
- [39] A. Qazi, J. Quigley, A. Dickson, K. Kiriopoulou, Project Complexity and Risk Management (ProCRiM): Towards modelling project complexity driven risk paths in construction projects, *International Journal of Project Management*, 34(7) (2016) 1183-1198.
- [40] D. Nasir, B. McCabe, L. Hartono, Evaluating risk in construction-schedule model (ERIC-S): construction schedule risk model, *Journal of construction engineering and management*, 129(5) (2003) 518-527.
- [41] S.-Y. Kim, N. Van Tuan, S.O. Ogunlana, Quantifying schedule risk in construction projects using Bayesian belief networks, *International Journal of Project Management*, 27(1) (2009) 39-50.
- [42] M. Ghosh, G. Kabir, M.A.A. Hasin, Project time-cost trade-off: a Bayesian approach to update project time and cost estimates, *International Journal of Management Science and Engineering Management*, 12(3) (2017) 206-215.
- [43] J.F.O. Arizaga, A methodology for project risk analysis using Bayesian belief networks within a Monte Carlo simulation environment, *University of Maryland, College Park*, 2007.
- [44] J. Liu, Bayesian network inference on risks of construction schedule-cost, in: *2010 International Conference of Information Science and Management Engineering*, IEEE, 2010, pp. 15-18.
- [45] E. Eshtehardian, S. Khodaverdi, A Multiply Connected Belief Network approach for schedule risk analysis of metropolitan
- [1] A. Mishra, S.R. Das, J.J. Murray, Risk, process maturity, and project performance: An empirical analysis of US federal government technology projects, *Production and Operations Management*, 25(2) (2016) 210-232.
- [2] C. Chapman, S. Ward, Why risk efficiency is a key aspect of best practice projects, *International Journal of Project Management*, 22(8) (2004) 619-632.
- [3] S.D. Green, Towards an integrated script for risk and value management, *International Project Management Journal*, 7(1) (2001) 52-58.
- [4] S.C. Ward, C.B. Chapman, Risk-management perspective on the project lifecycle, *International Journal of Project Management*, 13(3) (1995) 145-149.
- [5] P. Rezakhani, Classifying key risk factors in construction projects, *Buletinul Institutului Politehnic din Iasi. Sectia Constructii, Arhitectura*, 58(2) (2012) 27.
- [6] C.-Y. Lee, H.-Y. Chong, P.-C. Liao, X. Wang, Critical review of social network analysis applications in complex project management, *Journal of Management in Engineering*, 34(2) (2017) 04017061.
- [7] S.L. Savage, The Flaws of Averages: Why We Underestimate Risk in the Face of Uncertainty, in, Wiley, Hoboken, New Jersey, 2009.
- [8] I. Dikmen, M.T. Birgonul, S. Han, Using fuzzy risk assessment to rate cost overrun risk in international construction projects, *International Journal of Project Management*, 25(5) (2007) 494-505.
- [9] V. Khodakarami, A. Abdi, Project cost risk analysis: A Bayesian networks approach for modeling dependencies between cost items, *International Journal of Project Management*, 32(7) (2014) 1233-1245.
- [10] V. Khodakarami, N. Fenton, M. Neil, Project Scheduling: Improved approach to incorporate uncertainty using Bayesian Networks, *Project Management Journal*, 38(2) (2007) 39-49.
- [11] D.C. Yu, T.C. Nguyen, P. Haddawy, Bayesian network model for reliability assessment of power systems, *IEEE Transactions on Power Systems*, 14(2) (1999) 426-432.
- [12] B. McCabe, S.M. AbouRizk, R. Goebel, Belief networks for construction performance diagnostics, *Journal of Computing in Civil Engineering*, 12(2) (1998) 93-100.
- [13] N. Fenton, M. Neil, Risk assessment and decision analysis with Bayesian networks, Crc Press, 2012.
- [14] I.C. Nduka, Modeling project schedule uncertainty due to a programmatic risk factor using bayesian networks, *The George Washington University*, 2015.
- [15] I. Project Management, A guide to the project management body of knowledge : (PMBOK® guide), Project Management Institute, Newtown Square, Pennsylvania, USA, 2018.
- [16] I. Project Management, Construction extension to the PMBOK guide, (2016).
- [17] B. Efron, Bayesians, frequentists, and scientists, *Journal of the American Statistical Association*, 100(469) (2005) 1-5.
- [18] W. Wiegnerinck, B. Kappen, W. Burgers, Bayesian Networks for Expert Systems: Theory and Practical Applications, in: R. Babuška, F.C.A. Groen (Eds.) *Interactive Collaborative Information Systems*, Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, 2010, pp. 547-578.
- [19] S. Lu, D. Wu, S.-c. Lu, H.-p. Zhang, A Bayesian network model for the Asian Games fire risk assessment, in: *Proceedings of International Conference on Information Systems for Crisis Response and Management (ISCRAM)*, IEEE, 2011, pp. 350-355.
- [20] P. Antal, G. Fannes, D. Timmerman, Y. Moreau, B. De Moor, Bayesian applications of belief networks and multilayer perceptrons for ovarian tumor classification with rejection, *Artificial intelligence in medicine*, 29(1-2) (2003) 39-60.
- [21] H. Huang, M. Abdel-Aty, Multilevel data and Bayesian analysis in traffic safety, *Accident Analysis & Prevention*, 42(6) (2010) 1556-1565.
- [22] C.E. Kahn Jr, L.M. Roberts, K.A. Shaffer, P. Haddawy, Construction of a Bayesian network for mammographic diagnosis of breast cancer, *Computers in biology and medicine*, 27(1) (1997) 19-29.



5 (1), 2020

دوره ۵، شماره ۱

بهار ۱۳۹۹

فصلنامه پژوهشی



شبکه های بزرگ، رویکردی نوین برای مدل سازی عدم قطعیت ها در

مدیریت پروژه های ساخت

- [65] M. Fineman, N. Fenton, L. Radlinski, Modelling project trade-off using Bayesian networks, in: Computational Intelligence and Software Engineering, 2009. CiSE 2009. International Conference on, IEEE, 2009, pp. 1-4.
- [66] L.R. Gomez-Mejia, D.B. Balkin, R.L. Cardy, Managing human resources, Pearson/Prentice Hall Upper Saddle River, NJ, 2007.
- [67] C. D'Elia, F. De Felice, P. Mariano, A. Petrillo, S. Ruscino, A bayesian network analysis for safety management, 2013.
- [68] S. Gerassisi, J. Martín, J.T. García, A. Saavedra, J. Taboada, Bayesian decision tool for the analysis of occupational accidents in the construction of embankments, Journal of construction engineering and management, 143(2) (2016) 04016093.
- [69] L.D. Nguyen, D.Q. Tran, M.P. Chandrawinata, Predicting safety risk of working at heights using Bayesian networks, Journal of Construction Engineering and Management, 142(9) (2016) 04016041.
- [70] I. Mohammadfam, F. Ghasemi, O. Kalatpour, A. Moghimbeigi, Constructing a Bayesian network model for improving safety behavior of employees at workplaces, Applied ergonomics, 58 (2017) 35-47.
- [71] G. Kabir, R.S. Sumi, R. Sadiq, S. Tesfamariam, Performance evaluation of employees using Bayesian belief network model, International Journal of Management Science and Engineering Management, 13(2) (2018) 91-99.
- [72] X. Luo, H. Li, F. Dai, D. Cao, X. Yang, H. Guo, Hierarchical Bayesian Model of Worker Response to Proximity Warnings of Construction Safety Hazards: Toward Constant Review of Safety Risk Control Measures, Journal of Construction Engineering and Management, 143(6) (2017) 04017006.
- [73] F. Yaşlı, B. Bolat, A Bayesian Network Analysis for Occupational Accidents of Mining Sector, in: The International Symposium for Production Research, Springer, 2018, pp. 781-799.
- [74] J.E. Martin, T. Rivas, J. Matías, J. Taboada, A. Argüelles, A Bayesian network analysis of workplace accidents caused by falls from a height, Safety Science, 47(2) (2009) 206-214.
- [75] P.-C. Liao, H. Shi, Y. Su, X. Luo, Development of Data-Driven Influence Model to Relate the Workplace Environment to Human Error, Journal of Construction Engineering and Management, 144(3) (2018) 04018003.
- [76] H. Xiaocong, K. Ling, A risk management decision support system for project management based on bayesian network, in: 2010 2nd IEEE International Conference on Information Management and Engineering, IEEE, 2010, pp. 308-312.
- [77] D. Guan, K.W. Hipel, L. Fang, P. Guo, Assessing project portfolio risk based on Bayesian network, in: 2014 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics (SMC), IEEE, 2014, pp. 1546-1551.
- [78] F. Ghasemi, M. Sari, V. Yousefi, R. Falsafi, J. Tamošaitienė, Project portfolio risk identification and analysis, considering project risk interactions and using Bayesian Networks, Sustainability, 10(5) (2018) 1609.
- [79] L. Wang, X. Zhang, Bayesian Analytics for Estimating Risk Probability in PPP Waste-to-Energy Projects, Journal of Management in Engineering, 34(6) (2018) 04018047.
- [80] S.-S. Leu, P.V.H. Son, P.T.H. Nhung, Hybrid bayesian fuzzy-game model for improving the negotiation effectiveness of construction material procurement, Journal of Computing in Civil Engineering, 29(6) (2014) 04014097.
- [81] J. Xie, S. Thomas Ng, Multiobjective Bayesian network model for public-private partnership decision support, Journal of Construction Engineering and Management, 139(9) (2013) 1069-1081..
- construction projects, Civil Engineering and Environmental Systems, 33(3) (2016) 227-246.
- [46] P. Rezakhani, Hybrid Fuzzy-Bayesian Dynamic Decision Support Tool for Resource-Based Scheduling of Construction Projects, University of Missouri--Kansas City, 2017.
- [47] V. Khodakarami, Applying Bayesian networks to model uncertainty in project scheduling, 2009.
- [48] L.A. Zadeh, Fuzzy sets, Information and control, 8(3) (1965) 338-353.
- [49] P. Gardoni, K.F. Reinschmidt, R. Kumar, A probabilistic framework for Bayesian adaptive forecasting of project progress, Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering, 22(3) (2007) 182-196.
- [50] B.-c. Kim, K.F. Reinschmidt, Probabilistic forecasting of project duration using Bayesian inference and the beta distribution, Journal of Construction Engineering and Management, 135(3) (2009) 178-186.
- [51] S. Cho, A linear Bayesian stochastic approximation to update project duration estimates, European Journal of Operational Research, 196(2) (2009) 585-593.
- [52] J. Yong, Z. Zhigang, The project schedule management model based on the program evaluation and review technique and Bayesian networks, in: Automation and Logistics (ICAL), 2011 IEEE International Conference on, IEEE, 2011, pp. 379-383.
- [53] F. Caron, F. Ruggeri, B. Pierini, A Bayesian approach to improving estimate to complete, International Journal of Project Management, 34(8) (2016) 1687-1702.
- [54] F. Caron, F. Ruggeri, Project Management in the Oil & Gas Industry-AB ayesian Approach, Wiley StatsRef: Statistics Reference Online, (2014) 1-14.
- [55] S. Zhang, C. Du, W. Sa, C. Wang, G. Wang, Bayesian-based hybrid simulation approach to project completion forecasting for underground construction, Journal of Construction Engineering and Management, 140(1) (2013) 04013031.
- [56] E. Lee, Y. Park, J.G. Shin, Large engineering project risk management using a Bayesian belief network, Expert Systems with Applications, 36(3) (2009) 5880-5887.
- [57] J. Palomo, F. Ruggeri, D. Rios Insua, E. Cagno, F. Caron, M. Mancini, On Bayesian forecasting of procurement delays: A case study, Applied Stochastic Models in Business and Industry, 22(2) (2006) 181-192.
- [58] A. Namazian, S. Haji Yakhchali, Modified Bayesian Network-Based Risk Analysis of Construction Projects: Case Study of South Pars Gas Field Development Projects, ASCE-ASME Journal of Risk and Uncertainty in Engineering Systems, Part A: Civil Engineering, 4(4) (2018) 05018003.
- [59] PMI, Practice standard for earned value management, in, McGraw-Hill PA, 2005.
- [60] J. Pajares, A. Lopez-Paredes, An extension of the EVM analysis for project monitoring: The Cost Control Index and the Schedule Control Index, International Journal of Project Management, 29(5) (2011) 615-621.
- [61] S. Bypaneni, D. Tran, L.D. Nguyen, A Bayesian Network Approach to Selecting Project Delivery Methods, in: Construction Research Congress 2018, 2010, pp. 418-427.
- [62] M.E. Bayraktar, M. Hastak, Bayesian belief network model for decision making in highway maintenance: Case studies, Journal of construction engineering and management, 135(12) (2009) 1357-1369.
- [63] J. Sigurdsson, L. Walls, J. Quigley, Bayesian belief nets for managing expert judgement and modelling reliability, Quality and Reliability Engineering International, 17(3) (2001) 181-190.
- [64] C.K. Bart, Controlling new product R&D projects, R&D Management, 23(3) (1993) 187-197.



5 (1), 2020

دوره ۵، شماره ۱
بهار ۱۳۹۹

فصلنامه پژوهشی



شبکه‌های بیزینس، رویکردی نوین برای مدل سازی عدم قطعیت‌ها در مدیریت پروژه‌های ساخت

-
- ¹ Subjective probability
 - ² Historical data
 - ³ Expert
 - ⁴ Discrete probability
 - ⁵ Continues probability
 - ⁶ Parent node
 - ⁷ Child note
 - ⁸ leaf node
 - ⁹ Ranking node
 - ¹⁰ Truncated normal distribution
 - ¹¹ Hybrid
 - ¹² Causal relationship
 - ¹³ Expert
 - ¹⁴ Historical data
 - ¹⁵ subjective
 - ¹⁶ Project Management Body of Knowledge(PMBOK)
 - ¹⁷ Evaluating risk in construction-schedule model (ERIC-S): construction schedule risk model
 - ¹⁸ Critical path method
 - ¹⁹ Causal
 - ²⁰ Net Present Value(NPV)
 - ²¹ Earn Value
 - ²² Bayesian Beta S-Curve Method(BBM)
 - ²³ Earn Value Method(EVM)
 - ²⁴ Program Evaluation and Review Technique(PERT)
 - ²⁵ PERTBN
 - ²⁶ Crashing
 - ²⁷ Ranked Path
 - ²⁸ Design Bid Build
 - ²⁹ Design Build
 - ³⁰ Contract Manager/ General Contractor
 - ³¹ Data mining
 - ³² Fuzzy Hierarchy Analytical Method(FAHP)
 - ³³ VIKOR
 - ³⁴ TOPSIS



5 (1) , 2020

دوره ۵، شماره ۱

بهار ۱۳۹۹

فصلنامه پژوهشی



شبکه‌های بیزینس، رویکردی نوین برای مدل سازی عدم قطعیت ها در مدیریت پروژه‌های ساخت

The role of materials in green buildings: identifying risks and barriers

نقش مصالح در ساختمان های سبز : شناسایی ریسک ها و موانع

Turan Karimayi *

M.Sc. in Engineering & Construction Management,
Department of Civil Engineering, Imam Khomeini
International University (IKIU), Qazvin, Iran

Faezeh Taherkhani

B.Eng. Student, Faculty of Civil & Architectural Engineering,
Islamic Azad University (Qazvin Branch), Qazvin, Iran

Shadi Motamedi

M.Sc. Student, Department of Civil Engineering, Imam
Khomeini International University (IKIU), Qazvin, Iran

توران کریمایی *

کارشناسی ارشد مهندسی و مدیریت ساخت، گروه مهندسی عمران، دانشگاه
بین المللی امام خمینی (ره)، قزوین، ایران.

فائزه طاهرخانی

دانشجوی کارشناسی، دانشکده مهندسی عمران و معماری، دانشگاه آزاد
اسلامی (واحد قزوین)، قزوین، ایران

شادی معتمدی

دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه مهندسی عمران، دانشگاه بین المللی امام
خمینی (ره)، قزوین، ایران

*Corresponding author's email address:
tk_civil@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۱/۲۵، تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۲/۲۸

Abstract

The construction industry has a profound impact on the environment, the economy and public health. Public concerns about the impact of the construction industry on global climate change, energy consumption and public health, causes to researchers and executives focus on sustainable design and green building implementation. In order to properly design and implement a green building, it is necessary to identify the factors that may hinder the progress and even success of the project and to adopt an appropriate response to address these obstacles. The concept of green building is recently introduced in Iran, so this need is felt more than ever. Given that very limited executive experience of green buildings in Iran risks identification can be helpful to GB implementation. The aim of the present study is to identify the most important barriers and risks related to the green building materials sector. At first, using previous researches, risks and barriers were identified and then they were classified according to the stages of the project life cycle and the aspects of sustainability.

Keywords

Green building, green building materials, risk, barriers, construction industry

چکیده

صنعت ساخت و ساز تاثیر عمیقی بر روی محیط زیست، اقتصاد و سلامت عمومی دارد. دغدغه های عمومی پیرامون تاثیر صنعت ساخت و ساز بر تغییرات اقلیم جهانی، مصرف منابع انرژی و سلامت مردم، باعث تمرکز محققان و عوامل اجرایی بر طراحی پایدار و اجرای ساختمان سبز شده داده است. به منظور طراحی و اجرای صحیح ساختمان سبز لازم است تا عواملی که ممکن است مانع پیشرفت و حتی موفقیت پروژه هستند شناسایی شده و پاسخی مناسب جهت رویارویی با این موانع اتخاذ گردد. مفهوم ساختمان سبز در کشور ایران اخیرا معرفی گردیده است، بنابراین این نیاز بیش از پیش احساس می گردد. چرا که شناسایی خطرها بخصوص با توجه به این که تجربه اجرایی ساختمان های سبز در ایران بسیار کم است کمک شایانی در اجرای آن خواهد نمود. هدف پژوهش حاضر، شناسایی مهم ترین موانع و ریسک های مرتبط با بخش مصالح ساختمان سبز است. در ابتدا با استفاده از پژوهش های پیشین ریسک ها و موانع شناسایی گردیده و در ادامه دسته بندی موانع با توجه به مراحل چرخه حیات پروژه و همچنین وجوه پایداری صورت گرفته است.

کلمات کلیدی

ساختمان سبز، مصالح ساختمان سبز، ریسک، موانع، صنعت ساخت

بتواند زندگی بشر را در همین سطح پیشرفته ای فعلی حفظ کند. پایداری توسعه دقیقا این معنا را به همراه دارد. از پیامدهایی که انسان را به سمت مفهوم توسعه پایدار سوق داد، می توان به تولید بی رویه گازهای گلخانه ای، گرم شدن زمین، تغییرات اقلیم، آلودگی هوا، مصرف بی رویه انرژی های تجدید ناپذیر اشاره نمود. طبق پیش بینی تحلیل گران سوخت های فسیلی در ۱۰۰ سال آینده بسیار کمیاب خواهند شد. یکی از پاسخ های روبروی این مشکل استفاده از

۱- مقدمه

با گسترش سرسام آور پروژه های صنعتی و عمرانی و در پی مشاهده پیامدهای اجتناب ناپذیر آن بشر دچار این نگرانی جدی شد که مبدا این توسعه پرسرعت که به منظور رفاه و آسایش سیری ناپذیر او برپا شده است روزی حیات از این سیاره برچیند و یا در خودش بینانه ترین حالت منابع، مصالح و ظرفیتی برای این کره ی خاکی باقی نگذارد تا



5 (1), 2020

دوره ۵، شماره ۱

بهار ۱۳۹۹

فصلنامه پژوهشی



انرژی های تجدید پذیر و بطور کلی کاهش نیاز به منابع انرژی تجدیدناپذیر است. از طرفی همین موارد هم نیازمند صرف هزینه‌ی قابل توجهی هستند. بنابراین چه در مصرف سوخت‌های فسیلی و چه تامین انرژی از منابع تجدید پذیر بهینه مصرف کردن انرژی نکته کلیدی و اساسی است که می‌تواند توسعه ی بشری را تضمین و یا حتی صرفه اقتصادی را توجیه پذیر کند.

در این زمینه نقش صنعت ساخت بسیار پر رنگ است. مصرف انرژی در مراحل مختلف حیات یک ساختمان از انرژی نهفته صرف شده در تامین مصالح تا انرژی مصرفی در دوره ساخت، بهره برداری و تخریب مورد توجه است. تمامی این مسائل رعایت الزاماتی نظیر الزامات مرتبط با حوزه توسعه پایدار را در مرکز توجه قرار داده است. در نتیجه، مفهوم ساختمان سبز و طراحی پایدار برای حذف و یا کاهش این اثرات و انطباق هرچه بیشتر فرایند طراحی، ساخت و بهره برداری ساختمان ها با معیار های پایداری توسعه یافته است [۱].

ساختمان سبز عبارتست از: "تامین نیازهای عملکردی مشخص ساختمان با کمینه کردن مزاحمت و بهبود عملکرد اکوسیستم محلی، منطقه ای و جهانی در هر دو زمان حین ساخت و پس از آن و مشخص کردن دوره حیات خدمات با بهینه کردن کارایی مدیریت منابع و عملکرد بهره برداری و کمینه کردن ریسک های مربوط به سلامت بشر و محیط زیست". که تمامی مشخصات ذکر شده تامین کننده سه پایه اصلی توسعه پایدار یعنی ابعاد اقتصادی، اجتماعی و محیط زیستی هستند [۲].

طراحی ساختمان سبز فرآیند پیچیده ای است که در آن متغیر های بسیاری وجود داشته و هر متغیر گستره ای از مقادیر را می پذیرد. این مرحله به قدری مهم است که هر گونه تصمیم گیری در آن بر روی خصوصیات پایداری تاثیر می گذارد [۳]. به بیان ساده، یک راه حل بصورت اساسی با انتخاب یک مقدار برای هر متغیر، طراحی و سپس ترکیب آنها با یکدیگر شکل می گیرد. بنابراین چنین خصوصیات ترکیبی، فضای طراحی گسترده ای را برای مسئله طراحی سبز ساختمان نشان می دهد که می تواند شامل صدها و حتی میلیون ها گزینه مطرح شده باشد [۴].

پس از تصمیم و انتخاب در بخش طراحی چالش جدیدی به نام عدم قطعیت در مراحل بعد خود را نمایان می کند. در پروژه های صنعت ساخت عاملی که موفقیت پروژه را به چالش می کشد عدم قطعیت است. پروژه های بسیاری بوده اند که طراحی بسیار موفق به لحاظ روایت در نظر گرفته شده داشته اند ولی بدلیل عدم پیش بینی خطرات پیش رو و همچنین داشتن پاسخی مناسب در مواجهه با آن ها به موفقیت دست نیافته و شکست خورده اند [۵].

زمانی می توان از موفقیت یک پروژه اطمینان حاصل کرد که خطرات پیش رو و عوامل بازدارنده شناسایی شده باشند و پاسخی مناسب برای آن ها اتخاذ شود. بنابراین تلاش می شود با در نظر گرفتن معیارهای پایداری و شرایط موجود در کشور ایران، ریسک ها و خطرات مرتبط با مصالح در ساختمان سبز را شناسایی نمود. با توجه به موضوع عنوان شده یعنی شناسایی ریسک های مرتبط با مصالح در پروژه های ساختمان سبز باید زیر عاملی از این مهم را به عنوان اولویت و هدف اصلی موضوع مورد بررسی قرار داد که در خطرات پیش رو در طول حیات پروژه ساختمان سبز نقش مهمی را دارد. این

عامل مصالح ساختمانی است که هزینه پروژه، پایداری پروژه و حتی بهیچگی مصرف انرژی پروژه نیز تحت تاثیر آن است و باتوجه به این که مصالح جزو ارکان اصلی پروژه های ساختمانی هستند و تاثیر بسزایی بر نتایج دارند این پژوهش قصد دارد در انتخاب مصالح طراحی ساختمان سبز با در نظر گرفتن عدم قطعیت، بتواند با توجه به شرایط موجود در کشور ایران و ریسکهای مرتبط با مصالح، تصمیمی مناسب را جهت انتخاب مصالح در فاز طراحی اتخاذ نمود.

۲- پیشینه پژوهش

۲-۱- توسعه پایدار

ریشه این ایده مربوط به قرن های ۱۶ و ۱۷ میلادی می باشد که در اروپا با عنوان مدیریت پایدار جنگل ها در میان ۱۷ کشور پذیرفته شد. در سال ۱۹۶۲ میلادی کارسون^۱ با انتشار کتاب بهار خاموش^۲ به ارتباط میان رشد اقتصادی و تخریب محیط زیست اشاره کرد [۶] و به همین ترتیب پژوهشگران دیگر نیز تا سال ۱۹۸۰ میلادی رشد و توسعه و عواقب آن را تحلیل کردند تا اینکه در سال ۱۹۸۰ میلادی اتحادیه بین المللی حفظ طبیعت استراتژی حفظ جهان را منتشر کرد و در آن اصطلاح توسعه پایدار را عنوان نمود که امروزه به عنوان یکی از اولین مراجع توسعه پایدار شناخته می شود [۷]. سرانجام در سال ۱۹۸۷ میلادی اتحادیه کمیسیون جهانی محیط زیست و توسعه گزارشی را با عنوان آینده مشترک ما چاپ کرد که معمولا با عنوان گزارش برانتلند^۳ نیز شناخته می شود. "توسعه پایدار توسعه ای می باشد که نیاز های کنونی را بدون ایجاد وقفه در رفع نیاز آیندگان برآورد کند" [۸]. پس از این بیان در سال های بعد چهار چوب اصلی توسعه پایدار با ابعاد محیط زیستی، اجتماعی و اقتصادی شکل گرفت. در راستای جهانی شدن و اجرایی شدن مفهوم توسعه پایدار جلسات متعددی در نقاط مختلف برگزار شد که بصورت خلاصه بصورت زیر بیان می گردند:

سال ۱۹۹۲ کنفرانس سازمان ملل در ريو دوژانیرو با عنوان حفظ زمین که مفهوم توسعه پایدار را یک مفهوم فراگیر بین المللی عنوان نمودند. کنوانسیون تغییر آب و هوا در اجلاس ريو با هدف تثبیت غلظت گازهای گلخانه ای ناشی از فعالیت های صنعتی در سطحی که از آسیب های ناشی از تغییرات اقلیمی بر زندگی انسان و حیات روی زمین بکاهد تدوین گردید [۹]. سال ۱۹۹۷ کنفرانس سازمان ملل در شهر کیوتو ژاپن، کشورهای توسعه یافته بر اهداف مشخصی جهت کاهش تولید گازهای گلخانه ای توافق نمودند. در نتیجه توافق چهارچوب کلی تحت عنوان پروتکل کیوتو^۴ حاصل گردید. از اهداف اساسی پروتکل کیوتو می توان به ایجاد ساختار اجرایی مناسب برای حصول به اهداف کنوانسیون و نیز تقویت تعهدات کشورهای ضمیمه یک کنوانسیون در کاهش انتشار و انتقال کمک های فنی و مالی به کشورهای در حال توسعه و کشورهایی که بشدت متاثر از آثار تغییر اقلیم هستند، اشاره نمود [۹].

آخرین رویداد مهم بین المللی حول مسئله ی محیط زیست و توسعه پایدار نشست سال ۲۰۱۵ سازمان ملل با عنوان تغییر اقلیم در کشور فرانسه و شهر پاریس بوده است. در نتیجه ی این کنفرانس توافقی جهانی با عنوان توافق پاریس در جهت کاهش اقدامات منجر



5 (1), 2020

دوره ۵، شماره ۱

بهار ۱۳۹۹

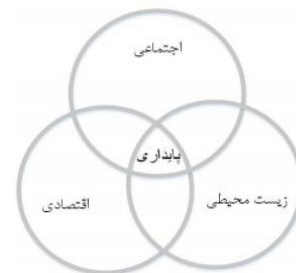
فصلنامه پژوهشی

مهندسی سازه

نقشه

مقاله در ساختمان های سبز: شناسایی ریسک ها و منابع

به تغییرات اقلیمی حاصل شد. لازم به ذکر است که کشورمان ایران نیز این توافق را پذیرفته است و ملزم به کاهش میزان انتشار آلاینده‌های زیست محیطی از سال ۲۰۲۰ میلادی شده است. این درحالی است که هنوز برنامه مناسبی به منظور اقدام در نظر گرفته نشده است. پایداری سه عامل ۱- زیست محیطی ۲- اقتصادی و ۳- سلامت اجتماعی را با هم ترکیب می‌کند. برای ترسیم مؤلفه‌های پایداری و نشان دادن ارتباط آنها چندین روش وجود دارد. نمودار ون^۵ در شکل ۱ توسط آقای آدامز^۶ در سال ۲۰۰۶ ارائه گردیده است. در این تعریف هر مؤلفه با دیگر مؤلفه‌ها وجه اشتراک داشته و وجه اشتراک تمامی مؤلفه‌ها منجر به پایداری می‌گردد.



شکل ۱ نمودار ون توسعه پایدار حاصل از وجه اشتراک سه مؤلفه [۱۰]

۲-۲- توسعه پایدار و صنعت ساخت

صنعت ساخت و ساز که بخش اعظمی از فعالیت های یک کشور را تشکیل می دهد نیازمند توجه به مفهوم پایداری است چرا که بخش قابل توجهی از اقتصاد و تعامل با محیط زیست را در برمی گیرد. سهم قابل توجه در مصرف انرژی، تولیدات پسماند و مواد زائد، انتشار گازهای گلخانه ای و مصرف منابع نیازمندی بخش ساخت و ساز به توسعه پایدار را دو چندان نموده است. از منظر اجتماعی و اقتصادی، کمیسیون اروپا در سال ۲۰۰۶ اظهار نمود که ۱۱ میلیون نفر به طور مستقیم در صنعت ساخت و ساز استخدام هستند و این صنعت را بزرگترین کارفرمای صنعتی اروپا اعلام کرد چرا که ۷ درصد از کل اشتغال و ۲۸ درصد از اشتغال صنعتی در اروپا را به خود اختصاص می دهد. در سال ۲۰۰۳ مبلغی بالغ بر ۹۱۰ میلیارد یورو در بخش ساخت و ساز سرمایه گذاری شده است ۱۰ درصد تولید ناخالص ملی و ۵۱٫۲ درصد از تشکیل سرمایه ناخالص ثابت را در اروپا شامل می شود این آمار و ارقام در سطح جهانی حدود ۱۰ درصد تولید ناخالص داخلی و ۷ درصد اشتغال زایی جهان را در سال ۲۰۰۳ به خود اختصاص داده است [۱۱].

در مقابل از منظر زیست محیطی، این بخش مسئول مصرف انرژی بالا، تولید پسماند و مواد زائد، انتشار گاز گلخانه ای، آلودگی های بیرونی و درونی، آسیب های زیست محیطی و کاهش منابع است. این صنعت در سطح جهانی، حدود ۶۰ درصد مواد خام را استفاده می کند که تبدیل این مواد خام مستلزم مصرف مقادیر بالای انرژی است و بنابراین ۵۰ درصد هزینه ی کل انرژی در کشورهای توسعه یافته برای این صنعت پرداخت می شود [۱۲].

ساخت و ساز پایدار این چنین تعریف شده است: "مدیریت یک محیط پاک و سالم بر اساس بهره برداری مؤثر از منابع طبیعی و اصول

اکولوژیکی". هدف از طراحی ساختمانهای پایدار کاهش آسیب آن بر روی محیط و منابع انرژی و طبیعت است، که شامل قوانین زیر می باشد: ۱- کاهش مصرف منابع غیرقابل تجدید. ۲- توسعه محیط طبیعی. ۳- حذف یا کاهش مصرف مواد آسیب رسان بر طبیعت در صنعت ساختمان سازی. بنابراین به طور خلاصه ساختمان پایدار را می توان اینچنین تعریف نمود: ساختمانی که کمترین ناسازگاری و مغایرت را با محیط طبیعی پیرامون خود و در پهنه وسیعتر با منطقه و جهان دارد.

۲-۳- توسعه پایدار و ساختمان پایدار

ساختمان های مسکونی یکی از موارد مهم در صنعت ساخت و ساز به شمار می روند که مسئول بخش اعظمی از تولیدات گاز گلخانه ای و مصرف انرژی می باشند. شورای بین المللی پژوهش و خلافت^۷ در ساخت و ساز هفت ویژگی مربوط به ساختمان پایدار را که در تمام مراحل طراحی، ساخت و ساز و در طی چرخه حیات آن با متخصصین همراهی می کند را فهرست بندی نمود و این ویژگی ها عبارتند از: ۱- استفاده از منابع تجدید پذیر. ۲- استفاده از مصالح قابل بازیافت. ۳- کاهش مصرف منابع. ۴- از بین بردن مواد سمی. ۵- اعمال هزینه در چرخه حیات. ۶- حفاظت از محیط زیست. ۷- تمرکز بر روی کیفیت محصول. این ویژگی ها بر منابع مورد نیاز در طراحی محیط ساختمان و اعمال آن بر چرخه حیات که شامل زمین، انرژی، مصالح و اکوسیستم است اثر گذار هستند. [۱۳]. طبق تعریف آژانس حفاظت محیط زیست آمریکا^۸ ساختمان پایدار به ساختاری تعلق می گیرد که در آن منابع کارا و محیط زیست در طول چرخه حیات در نظر گرفته شده اند و شاید بتوان آن ها را نمونه گسترش یافته از طراحی کلاسیک با تمرکز بر اصول زیست محیطی، اقتصادی، پایداری و راحتی ساکنان دانست. این مفهوم برای نخستین بار در آمریکا بدلیل نیاز به طراحی ساختمان ها با مصرف انرژی موثرتر و دوست دار محیط زیست شکل گرفت [۱۴].

۲-۴- ساختمان سبز

عناوین سبز و پایدار درواقع صفاتی هستند که وجود سازگاری با محیط زیست و ماندگاری در یک موضوع مصنوع، مثلاً ساختمان را مشخص می کنند. ساختمان سبز در راستای توسعه رویکرد پایدار در بخش ساختمان به معنای انطباق پذیری هرچه بیشتر فعالیت های انسانی با محیط زیست و کاهش اثرات مخرب بر آن و نقش ساختمان کنونی در تولید آلاینده ها و صدمه زدن به سلامتی انسان ها مطرح می گردد. هدف ساختمان سبز احداث ساختمان های سازگار با محیط زیست و حفظ انرژی است. طراحی سبز از روش های نوین طراحی است و در راستای توسعه پایدار بوده و در زمینه های مختلف انرژی، مصالح و غیره همراه با بکارگیری تکنولوژی رو به جلو حرکت می نماید. این واژه به ساختمانی تعلق می گیرد که در آن استفاده از منابع کارا و اثرات زیست محیطی در طول چرخه حیات در نظر گرفته شده است و شاید بتوان آن را نمونه گسترش یافته از طراحی کلاسیک با تمرکز بر اصول زیست محیطی، اقتصادی، پایداری و راحتی ساکنان دانست [۱۵]. مفهوم ساختمان سبز برای نخستین بار در آمریکا

بدلیل نیاز به طراحی ساختمان‌ها با مصرف انرژی موثرتر و دوستدار محیط‌زیست شکل گرفته است. در تعریفی دیگر ساختمان سبز مجموعه وسیعی از آرایه‌ها مانند تکنیک‌ها، مهارت‌ها و عمل‌ها را در کنار یکدیگر قرار می‌دهد تا بتواند تأثیرات منفی ساختمان بر محیط‌زیست و سلامتی انسان را کاهش دهد.

یک ساختمان سبز شامل موارد زیادی از تکنیک‌ها می‌باشد: استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر، سقف‌های سبز، مخزن‌های جمع‌آوری آب باران، مصالح با ضریب حرارتی و تأثیر گذاری پایین و... که همه و همه با هدف کاهش اثر بر محیط‌زیست می‌باشند و بسته به نواحی مختلف هر کدام نقش پر رنگ خود را نمایان می‌کنند [۱۶]. طراحی پایدار واژه‌ای می‌باشد که بدین منظور از آن استفاده می‌شود. چندین نقطه کلیدی که در طراحی پایدار اهمیت دارد کاهش مصرف انرژی، بهینه‌سازی سیستم ساختمان و همچنین استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر می‌باشد. استاندارد‌ها و راهنمایی‌های متعددی جهت دستیابی و ارزیابی ساختمان‌های سبز ایجاد شده اند نظیر CASBEE, BREAAM, LEED و سایر تدوین شده‌اند.

۲-۴-۱- موارد مورد ارزیابی در ساختمان سبز

به طور کلی استانداردهای ساختمان سبز در پی دستیابی به اهداف توسعه‌پایدار وضع گردیده‌اند و از این رو موارد زیر را مورد ارزیابی قرار می‌دهند:

۱. کاهش هزینه‌های ساخت و ارزش سرمایه.
۲. مواد زاید و ضایعات حاصل از ساختمان
۳. آب مصرفی در ساختمان
۴. ایمنی و بهداشت در ساختمان
۵. گازه‌های گلخانه‌ای منتشر شده توسط ساختمان
۶. بحث عدالت و رضایت در ذینفعان [۱۷].

۲-۴-۲- بحران آسیب به محیط‌زیست در ایران و نیاز به توسعه پایدار

طبق گزارش آژانس بین‌المللی انرژی در سال ۲۰۱۸ میلادی [۱۸] منابع تولید انرژی در دنیای امروز در هفت دسته جای می‌گیرند: ذغال‌سنگ، گاز، انرژی هسته‌ای، انرژی آب، سوخت زیستی انرژی‌های تجدیدپذیر. طبق مطالعات انجام شده توسط این آژانس، با فرض اینکه کشورهای جهان پروتکل کیوتو را پذیرفته‌اند و ملزم به کاهش مقدار کربن‌دی‌اکسید تولیدی هستند روند مصرف انرژی در جهان در نمودار تخمین زده شده است که حکایت از ضرورت کاهش روند مصرف انرژی در جهان به عنوان یک امر اجتناب ناپذیر در سال‌های آینده دارد. انرژی از سرمایه‌های ارزشمند ملی و حیاتی هر کشور است و مصرف غیر بهینه آن زبان‌های جبران ناپذیری را در پی خواهد داشت. کشور ایران از بزرگترین و مهم‌ترین کشورهای دارای منابع انرژی دنیا است. در سال‌های اخیر نیز رشد مصرف انرژی در ایران بالغ بر هشت درصد بوده است. به عبارت دیگر رشد مصرف انرژی در ایران بیش از پنج برابر رشد مصرف جهانی است [۱۹]. انرژی در ایران در شش بخش خانگی، تجاری، خدماتی و عمومی، صنعت، حمل و نقل، کشاورزی و پتروشیمی مصرف می‌گردد. هم

اکنون بخش ساختمان بزرگترین مصرف‌کننده انرژی در کشور است. مصرف انرژی بخش خانگی در سال ۱۳۸۹ بالغ بر ۴۲۴ میلیون بشکه معادل نفت خام بوده است و ۴۰٫۶ درصد از کل مصرف انرژی کشور را دربرمی‌گیرد [۲۰]. هدر رفت انرژی در کشور ایران بسیار زیاد است به طوری که مصرف انرژی بخش ساختمان چندین برابر متوسط جهانی است. به همین دلیل افزایش راندمان تجهیزات انرژی و کاهش تلفات انرژی در بخش ساختمان ضروری بنظر می‌رسد. در برنامه ششم توسعه ملی راهکارها و بایدهای کاهش مصرف انرژی و تولید آلاینده‌ها به تصویب رسیده است ولی همچنان همانطور که در داخل کشور مشاهده می‌شود اقدام موثری در این رابطه مشاهده نشده است. با توجه به مطالب عنوان شده مشخص شد که بخش ساختمانی به عنوان مهم‌ترین بخش باید مورد توجه قرار گرفته و مطابق با برنامه ششم توسعه جهت بهبود آن اقدامات و راهکارهای مناسبی ارائه گردد.

۲-۵- خطر و مفهوم آن در ساخت و ساز

خطر یک مفهوم چند بُعدی است. در زمینه صنعت ساخت و ساز، خطر میتواند به احتمال رخداد عامل/حادثه‌ای قطعی یا عوامل/حوادثی که در خلال کل فرایند ساخت و ساز ایجاد می‌شوند و یا خسران پروژه ناشی از عدم قابلیت پیشبینی نتایج ساختاری (یا پیامدهای ناشی از شرایط برنامه ریزی و تصمیم‌گیری) و عدم قطعیت مربوط به برآورد نتایج حاصله اطلاق شود. اگر عدم قطعیتی وجود نداشت و آینده قابل شناخت بود، ریسکی پدید نمی‌آمد. به‌طور مشابه، اگر اهداف به‌جای ثابت بودن، انعطاف پذیر بود و قابل تغییر تلقی می‌گردید، ریسکی وجود نمی‌داشت. از این رو، تعامل عدم قطعیت‌ها با اهداف، علت اصلی به وجود آورنده ریسک پروژه است و تنها عدم قطعیت‌هایی که پتانسیل تأثیر بر اهداف را دارند، می‌توانند تبدیل به ریسک پروژه شوند. درک و شناسایی هر چه سریع‌تر خطرات بسیار خوشایند است زیرا در این صورت می‌توان استراتژی مناسبی را به منظور محفوظ ماندن از خطرات خاص یا به حداقل رسانی ابعاد منفی خطر، اتخاذ نمود. فرایند تحلیل خطر و مدیریت واکنش در برابر آن، تنها در خصوص خطرات شناسایی شده، انجام خواهد شد. در خلال چارچوب مدیریت خطر، پیمانکاران نیز باید تصمیم بگیرند که چگونه با هر خطر مواجه شده و آن را برطرف کنند و اقدامات کاهش خطر یا استراتژیهای مناسبی جهت رفع خطر، اتخاذ کنند.. هدف فرآیند مدیریت خطر، رفع کامل تمامی خطرات پروژه نیست، بلکه هدف آن ایجاد چارچوبی سازمان دهی شده برای کمک به تصمیم‌گیرندگان در مدیریت مؤثر و کارآمد خطرات، بخصوص خطرات بحرانی، می‌باشد.

۲-۶- شناسایی و ارزیابی ریسک

ریسک عدم قطعیتی است که امکان اندازه گیری آن وجود دارد. گستره عدم قطعیت در پروژه‌ها قابل ملاحظه است و بسیاری از فعالیت‌های مدیریت پروژه از همان مراحل اولیه دوره عمر پروژه، به تبیین و تصمیم‌گیری در مورد مجموعه اقدامات ممکن در برابر عدم قطعیت‌های پروژه می‌پردازد [۲۱].

ریسک پروژه، یک وضعیت یا واقعه غیرمسلّم است که اگر اتفاق بیافتد، یک اثر منفی بر یک یا چند هدف پروژه مانند محدوده، زمان بندی، هزینه و کیفیت دارد. منشأ ریسک پروژه، نامعلومی موجود در تمامی پروژه‌هاست. در محیط پروژه، مدیران باید از مفهوم و طبیعت ریسک، درک کاملی داشته باشند. ریسک می‌تواند بر روی زمان، بهره‌وری، کیفیت و بودجه پروژه اثر بگذارد. در حوزه مدیریت پروژه، بیشترین اثرات ریسک‌ها عبارتند از: عدم موفقیت در تکمیل پروژه با بودجه تعیین شده، عدم موفقیت در تکمیل پروژه در زمان تعیین شده و عدم موفقیت در بدست آوردن کیفیت موردنیاز. نوع شناسی خطرات عمدتاً به این بستگی دارد که آیا پروژه بومی (داخلی) است یا بین‌المللی. خطرات داخلی به کلیه پروژه‌ها صرف‌نظر از بومی یا بین‌المللی بودنشان، مربوط می‌شود. پروژه‌های بین‌المللی در معرض خطرات خارجی نظیر عدم آگاهی از شرایط اجتماعی، طرح‌های سیاسی و اقتصادی، هستند.

به منظور شناسایی ریسک و پاسخ دهی به آن، مناسب‌ترین رویکرد، تعیین گروه‌های ریسک بر اساس منشأ آن‌ها (به جای تأثیر) است. یکی از صاحب‌نظران مدیریت پروژه به نام راندی ترنر^۹، ریسک‌ها را با توجه به تأثیری که دارند و جایی که ریسک در آن کنترل می‌شود، به شرح زیر طبقه‌بندی می‌کند [۲۲]:

- ریسک‌های داخلی شامل ریسک‌های داخلی فنی و غیر فنی است:
- ریسک‌های داخلی فنی آنهایی هستند که مستقیماً به فناوری، طراحی، ساخت و بهره‌برداری از تسهیلات و یا طراحی محصول نهایی مربوط می‌شوند. این ریسک‌ها می‌توانند ناشی از تغییرات و یا شکست در دستیابی به عملکرد مورد نظر در پروژه باشند.
- ریسک‌های داخلی غیر فنی ریسک‌هایی هستند که در کنترل مدیران پروژه‌ها یا سازمان آن‌ها هستند و طبیعت غیر فنی دارند. این ریسک‌ها معمولاً از بازماندن منابع سازمان پروژه (افراد، مصالح و منابع مالی) در دستیابی به عملکرد مورد انتظار ناشی می‌شوند. این ریسک‌ها می‌توانند باعث تأخیر در زمان بندی، بالا رفتن هزینه‌ها یا وقفه در جریان نقدینگی پروژه شوند.
- ریسک‌های خارجی که شامل ریسک‌های خارجی قابل پیشبینی و غیر قابل پیشبینی هستند:

- دسته اول، ریسک‌هایی هستند که خارج از کنترل مدیران یا سازمان‌ها بوده و ما انتظار مواجه شدن با آن‌ها را داریم، ولی میزان و وسعت آن‌ها مشخص نیست. معمولاً اطلاعاتی وجود دارد که به ما اجازه می‌دهد تأثیر آن‌ها را برآورد کنیم. ریسک‌های این گروه خود نیز در دودسته جای می‌گیرند: ریسک‌های ناشی از فعالیت‌های مربوط به تأمین مواد خام، کالا و خدمات مورد نیاز که شامل قیمت‌ها، موجودی و مقدار تقاضاست. ریسک‌های مربوط به سیاست‌های مالی که در گردش پول، تورم و مالیات تأثیر می‌گذارد. برای ریسک‌های معلوم که به صورت فعالانه نمی‌توانند مدیریت شوند، باید یک اندوخته احتیاطی اختصاص داد [۲۱].

- دسته دوم، ریسک‌های خارجی - غیر قابل پیشبینی ریسک‌هایی هستند که خارج از کنترل مدیر یا سازمان است و غیر قابل پیش‌بینی هستند. آن‌ها را می‌توان مشخص کرد، ولی نمی‌توان گفت که در یک پروژه خاص کدامیک اتفاق خواهد افتاد. این ریسک‌ها

می‌توانند از اقدامات دولت یا گروه‌های بیرونی، حوادث قهریه، یا شکست در تکمیل پروژه به خاطر تأثیرات خارجی ناشی شوند. دخالت دولت یا مداخله سازمان‌های نظارتی می‌تواند در ارتباط با تأمین مواد خام یا کالاهای تمام شده، نیازهای محیطی، استانداردهای طراحی و تولید و یا قیمت‌گذاری باشد. اقدامات گروه‌های بیرونی می‌تواند شامل اخلاص‌گری یا مزاحمت‌های کاری باشد. حوادث قهریه نیز شامل مواردی چون زلزله، سیل، یا طوفان است. برای ریسک‌های نامعلوم خاص که نمی‌توان به صورت مؤثر مدیریت نمود، باید یک اندوخته مدیریتی اختصاص داد. ریسک پروژه که اتفاق افتاده است را می‌توان یک مشکل یا موضوع فرض کرد و برای آن‌ها پاسخ مناسبی را پیش‌بینی نمود [۲۲].

ریسک‌های حقوقی (قانونی) که ناشی از مقررات و حقوق تصویب شده در کشور است با توجه به حوزه نافذ بودن انواع مقررات در سطوح مختلف کاری تفاوت می‌کند. با توجه به این موضوع در ایران دو نوع ریسک حقوقی وجود دارد: ریسک‌های مربوط به قوانین دولتی یا مقررات داخلی سازمان و نوع بعدی ریسک‌های مربوط به قراردادهای و پیمان‌ها است [۲۲].

۲-۶-۱- ارزیابی کمی ریسک

به منظور ارزیابی کمی ریسک‌ها روش‌های متنوعی وجود دارد که برخی از آن‌ها عبارتند از: روش ارزش پولی^{۱۰}، روش درخت تصمیم^{۱۱} و روش‌های شبیه‌سازی و مدل‌سازی از جمله روش مونت کارلو^{۱۲}. در روش اول، فرصت‌ها به عنوان ارزش مثبت و تهدیدها به عنوان ارزش منفی در نظر گرفته می‌شوند و ارزش مورد انتظار یک تصمیم از جمع جبری ارزشهای مورد انتظار پیشامدهای منشعب شده از آن تصمیم به دست می‌آید. [۲۱].

۲-۶-۲- ارزیابی کیفی ریسک

اجرای تحلیل کیفی ریسک، فرایند اولویت بندی ریسک‌ها برای تحلیل یا اقدام بیش‌تر از طریق سنجش و تلفیق احتمال وقوع و تأثیر آن‌ها می‌باشد. مزیت اصلی این فرایند در این است که امکان کاهش سطح عدم قطعیت و تمرکز روی ریسک‌های با اولویت بالا را برای مدیران پروژه فراهم می‌سازد. [۲۱].

۲-۶-۳- روش‌های شناسایی ریسک‌ها

روش‌های متداول به منظور شناسایی ریسک‌ها عبارتند از [۲۳]: روش مبتنی بر جمع‌آوری اطلاعات نظیر: مصاحبه، تکنیک دلفی^{۱۳}، طوفان مغزی^{۱۴} و تحلیل علت ریشه^{۱۵}. بررسی مستندات. تحلیل فهرستی^{۱۶}. تحلیل مفروضات. تکنیک‌های نموداری نظیر: نمودارهای تأثیر، نمودار علت و اثر^{۱۷} و نمودارهای جریان. تحلیل SWOT^{۱۸}.

۲-۷- ریسک در ساختمان سبز

رناورا و کراوفورد^{۱۹} با اشاره به این که جهت پیوستن ساختمان سبز به جریان‌های اصلی علاوه بر بهبود عملکرد زیست محیطی، بهبود

عملکرد مالی نیز برای نفع رسانی به هر دو طرف سرمایه گذار و مشتری نیاز است، به این نتیجه دست یافتند که ریسک‌های تامین مالی بیشتری را در قیاس با پروژه‌های ساختمانی متداول تحمیل می‌گردد. دلیل این امر نیز تلاش برای تطبیق با استراتژی‌های زیست محیطی و همچنین نیاز به سرمایه اولیه بالا نسبت به ساختمان‌های معمولی بیان شده است. پژوهش آن‌ها ابزار جدیدی را ارائه داده است که فرآیندهای تصمیم‌گیری مبتنی بر رویکرد سنتی در مراحل اولیه تصمیم‌گیری مورد بحث قرار می‌دهد و امکان‌پذیری مالی ساختمان سبز را در حیطه ابعاد زیست محیطی، اقتصادی و اجتماعی را با استفاده از داده‌های پروژه بررسی می‌کند. رویکرد آن‌ها همچنین نواحی را شناسایی می‌کند که استراتژی‌های زیست محیطی درگیر در آن دارای ریسک‌های مالی باشند. نتیجه این امر از طریق کاهش ریسک‌های مالی موجب افزایش اطمینان سرمایه گذاران و توسعه دهندگان می‌شود. [۲۴].

پدینی و آشوری²⁰ با اشاره به نقاط قوت و منافع موجود در ساختمان‌های سبز عنوان نمودند که جهت دستیابی به ساختمان سبز موانع بسیاری موجود است که باید شناسایی شده و راهکاری به منظور حل مسئله در نظر گرفته شود. منافع و موانع شناسایی شده با توجه به چارچوب مدل پژوهش آن‌ها در پنج دسته کلی بازار، صنعت، عملکردی و فنی، قانونی و مالی جای گرفته اند [۲۵]. جدول ۱ موانع مطرح شده در پژوهش آن‌ها را به تفکیک عوامل نشان می‌دهد. تولین²¹ در پژوهش خود تاکید می‌کند که صاحبان پروژه‌های ساختمانی سبز در صورتی که نتوانند گواهی مرتبط با ساختمان سبز ساخته شده در سطحی که از آن پروژه انتظار می‌رود دریافت کنند، ممکن است با ریسک‌هایی همچون شکایت مشتریان، از دست دادن منافع مالیاتی و سودهای حاصل از سرمایه گذاری روبرو شوند [۲۶].

بوند²² در پژوهش خود نتایج حاصل از نظرسنجی صاحبان خانه در استرالیا را در طی سال‌های ۲۰۰۹ تا ۲۰۱۱ را به منظور تعیین شیوه‌های زندگی مناسب که در ارتباط با مصرف انرژی و رفتار مصرف کننده است را نشان می‌دهد. همچنین در پژوهش او با استفاده از نتایج مهم ترین موانع گسترش ساختمان سبز را هزینه آغازین بالا، عدم آگاهی و اطلاعات کافی مصرف کننده‌ها از محاسن بکارگیری تجهیزات ساختمان سبز، تنبلی مردم که تغییر سبک زندگی با ورود تجهیزات جدید عنوان شده است [۲۷].

فوروناتو²³ در سال ۲۰۱۲ عنوان نمود که اخیراً مطالعات نشان داده است که ساختمان‌های دارای گواهی LEED میزان آسیب بیشتری را نسبت به ساختمان‌های سنتی به خود اختصاص می‌دهند. این یافته‌ها انگیزه‌ای را برای پژوهندگان ایجاد نمود و پژوهش نامبرده با هدف شناسایی و ارزیابی زمینه‌ی ایمنی و بهداشت در مورد ریسک‌های مرتبط با عناصر طراحی و شیوه‌های مدیریت ساخت و ساز اجرا برای دستیابی به گواهینامه LEED بکار برده شده‌اند، صورت گیرد. به این منظور شش مطالعه موردی و دو مطالعه به منظور اعتبارسنجی با استفاده از پروتکل‌های توسعه یافته از ادبیات موجود انجام گرفت که نتایج آن شامل موارد زیر شد [۲۸]:

کارگران پروژه‌های ساخت و ساز LEED بیشتر در معرض کار در ارتفاع، کار با جریان الکتریکی، در نزدیکی خاک ناپایدار، و تجهیزات سنگین در مقایسه با کارگران مشغول در پروژه‌های سنتی هستند. کارگران در معرض کارهای جدید با خطراتی مانند احداث دهلیز، نصب سقف‌های سبز و نصب پانل‌های فتوولتائیک قرار دارند.

جدول ۱- ریسک‌های شناسایی شده در پژوهش پدینی و آشوری [۲۵]

عملکردی	بازار	صنعت	مالی	قانونی
ضرورت اصلاحات مداوم برای تداوم تغییرات در استانداردها	عدم هماهنگی در بازار در استفاده از استانداردهای سبز پیشرو	آموزش در حین ساخت (راه مناسبی برای افزایش آگاهی نیست)	هزینه اولیه اجرایی بالا	مالیات و جریمه‌های متغیر در هر دولت که روی کار می‌آید
عدم اطمینان از عملکرد مصالح و مواد جدید	فقدان دانش در موسسات مالی در مورد ساختمان‌های سبز	فاصله ای طولانی تا تامین کنندگان مواد ساختمان سبز	برآوردی بودن مقدار بازده بازگشت سرمایه گذاری	فرآیند پیچیده نظارت و مالیات
لغو گواهینامه در صورت عدم کسب بازدهی موردنظر	عدم درک مزایای ساختمان سبز در نگاه‌های املاک و معاملات	دسترسی نداشتن صاحبان سرمایه به اطلاعات کافی	منجر شدن به ضرر در صورت بکارگیری تیم فاقد تجربه	خطر حاصل از تغییر قوانین
کمبود اطلاعات در رابطه با ساختمان‌های مدرن	نیاز به سیستم‌های جایگزین آب و انرژی در ساختمان‌های سبز	عدم تمایل مهندسان و شرکت‌ها	عدم ضبط و کنترل بازده در طول چرخه حیات توسط شرکت‌ها	نبودن تضمین زمانی دقیق در حمایت‌ها
ذینفعان ممکن است آماده ترک منطقه راحتی خود نباشند، برای مثال تیم جدید، محیط نا آشنای جدید	عدم تحقق دستیابی به نتایج پیش بینی شده برای ساختمان‌های سبز در بازار	عدم کفایت نیازهای ساختمان سبز در زمینه مصالح بازیافتی و زنجیره تامین	متحمل شدن ضرر و هزینه بر ذینفعان به دلیل نرسیدن به نمره مورد نظر برای گواهینامه ساختمان سبز	
عدم پشتیبانی از اعضای تیم	باورهای غلط راجع به بهره‌وری ساختمان سبز	ضرورت اصلاحات مداوم برای تداوم تغییرات در استانداردها	جریمه‌های سنگین در صورت عدم دریافت گواهی ساختمان سبز	
تیم طراحی و ساخت بی تجربه		مصالح جدید و نداشتن تجربه از عملکرد آن‌ها		

لی²⁴ و همکاریانش در سال ۲۰۱۴، عنوان نمودند در سنگاپور دریافت گواهینامه ساختمان سازی سبز، برای تمام ساختمان های جدید اجباری شده است. صنعت AEC در حال حاضر با چالش هایی در مورد بهترین روش برای دستیابی به صدور گواهینامه نشان سبز با کمترین هزینه و منابع روبرو است.

با مطرح نمودن این چالش آن ها اقدام به انجام پژوهشی با هدف شناسایی عوامل مدیریت پروژه بحرانی قابل کنترل جهت رسیدن به نشان سبز با نمره بالاتر نمودند. نوزده عامل مدیریت پروژه قابل کنترل برای اولین بار از ادبیات مربوطه شناسایی شدند و پس از یک نظرسنجی، اطلاعات مورد نیاز برای انجام تجزیه و تحلیل عامل مولفه های اصلی جمع آوری گردید. تحلیل عوامل نشان داد که عوامل مدیریت پروژه قابل کنترل را می توان به پنج جز اصلی: (۱) منابع انسانی (۲)، عوامل فنی و نوآوری گرا، (۳) حمایت از طراحان و مدیریت ارشد، (۴) شایستگی مدیر پروژه و (۵) هماهنگی طراحان و پیمانکاران تقسیم نمود. در نهایت با استفاده از تجزیه و تحلیل رگرسیون چندگانه مشخص گردید که هماهنگی طراحان و پیمانکاران و عوامل فنی و نوآوری گرا مهم ترین عوامل موفقیت و دلایل احتمالی مورد بحث است [۲۹].

ویملا²⁵ و همکاران در سال ۲۰۱۶ در پژوهشی تحت عنوان "عبور از موانع جنبش ساختمان سبز در اندونزی" پس از اشاره به این که در اندونزی که به عنوان رتبه چهارم صنعت ساخت و ساز در آسیا از آن یاد می شود پیشرفت کمتری نسبت به همسایگان در زمینه ساختمان سبز را کسب نموده است. و دریافت فقط ۱۶ گواهینامه مخصوص ساختمان های سبز در اندونزی نیز گواه این موضوع می باشد. با شناسایی این خلاء پژوهشگران در پژوهش خود تلاش بر شناسایی موانع ساختمان سبز در اندونزی نموده اند تا بتوانند موجبات پیشرفت ساخت سبز را در این کشور فراهم نمایند. داده های این پژوهش از طریق مصاحبه و پخش پرسشنامه هایی که به صورت تصادفی در جاکارتا گردآوری شده است. طبق نتایج به دست آمده از ۷۵ پرسشنامه جمع آوری شده، مهم ترین موانع عبارتند از: اجرای سخت، نبود فضای حمایتی، مقاومت در برابر تغییر از سوی مردم، اطلاعات و معلومات ناکافی، نبود آگاهی عمومی، هزینه بیشتر تجهیزات ساختمان سبز در مقایسه با ساختمان های معمول و دسترسی محدود به محصولات ساختمان سبز در بازار [۳۰].

اکبری و همکاران در پژوهشی به اولویت بندی ریسک های ایمنی برای ساختمان های سبز با استفاده از استاندارد LEED پرداختند. نتایج حاصل از محاسبه با طراحان و پیمانکاران پروژه ها نشان داد که عناصر و ابزار ها و روش های اجرا شده ساخت و ساز به منظور دستیابی به افزایش اعتبارات پروژه های LEED دفعات آسیب و یا قرار گرفتن در معرض آسیب را در محیط های با خطر بالای شناخته شده افزایش می دهند. اثرات افزایش ۳۶ درصدی در جراحات، کشش ها، رگ به رگ شدن ناشی از بازیافت مواد ساخت و ساز، افزایش ۲۴ درصد سقوط به سمت سطوح پایین تر در زمان اجرای سقف به دلیل نصب و راه اندازی در محل انرژی های تجدید پذیر نظیر پنل های فتوولتائیک، افزایش ۱۹ درصد در فشار چشم هنگام نصب غشاء های بازتابنده بام و افزایش ۱۴ درصد آسیب ناشی از در معرض مواد مضر

قرارگرفتن به هنگام نصب فن آوری های جدید فاضلاب از جمله مهمترین موارد هستند. نتایج حاصل از پژوهش آن ها می تواند برای درک بهتر اثرات ایمنی در طراحی ساختمان های پایدار مورد استفاده قرار گیرد و به طراحان و پیمانکاران در اولویت بندی بهتر منابع ایمنی کمک کند [۳۱].

قاسمی نژاد با استفاده از نتایج مطالعات انجام شده در کشورهای استرالیا و چین اقدام به دسته بندی و ارزیابی ریسک های پروژه های ساختمانی سبز بخصوص در حوزه های ایمنی و ذینفعان پرداخته است. در پژوهش آن ابتدا با مرور مفاهیم ریسک و فرآیند مدیریت ریسک، به معیارهای اصلی ریسک و مهمترین عوامل ریسک که در پژوهش های پیشین شناسایی شده اند اشاره شده است و در ادامه ارزیابی ریسک ایمنی و همچنین ذینفعان در بخش های باقی مانده صورت گرفته است. در بخش ایمنی با تکیه بر اطلاعات مطالعات قبلی، توسط کمی سازی، افزایش درصد ریسک ایمنی در سطح اولیه از استراتژی های طراحی و روش اجرا شده به منظور کسب اعتبار گواهینامه محاسبه شده است. بر این اساس نتایج نشان داده است که عناصر و ابزار ها و روش های اجرا شده ساخت و ساز به منظور دستیابی به افزایش اعتبارات، ۱۸ مورد از ۴۹ پروژه LEED، دفعات آسیب و یا قرار گرفتن در معرض آسیب را در محیط های با خطر بالای شناخته شده افزایش می دهند. ریسک های شناسایی شده در بخش ذینفعان در پژوهش صورت گرفته با در نظر گرفتن ایمنی، هزینه، زمان کیفیت، اخلاق و مدیریت و سازماندهی در دسته های مشتری، پیمانکار، پیمانکار فرعی، تامین کنندگان، کاربر نهایی، دولت، رقبا و ناظران هستند. در بخش آخر تحقیق مهمترین عوامل در کشورهای مورد مطالعه عنوان گردیده اند. ریسک شهرت در استرالیا دارای بالاترین اهمیت است و در میان عوامل ذینفع، پیمانکار تاثیر گذارترین است اما در چین ریسک سیاست و استانداردها بحرانی است و کمبود مهارت ساختمان سازی سبز در چین از معضلات صنعت ساختمان سازی این کشور و عامل مشتری دارای بیشترین تاثیر بر دیگر ذینفعان است [۳۲].

طاهرخانی و طارمیان در سال ۱۳۹۶ شمسی اقدام به بررسی و تحلیل ریسک های اجرایی در ساختمان های سبز با رویکرد تحلیل سلسله مراتبی نمودند. نتایج حاصل از تحلیل سلسله مراتبی در پژوهش آن ها با توجه به سه معیار اصلی اقتصادی، فناوری و اجتماعی صورت گرفت و زیر معیار ها هزینه آغازین بالا، هزینه پایین انرژی، مقاومت مردم در برابر تغییر و هزینه های تعمیر و نگهداری سیستم های ساختمان سبز، نبود ضوابط مناسب از سوی دولت، نبود آگاهی لازم از فواید ساختمان سبز و نبود اشخاص ماهر در صدر اولویت بندی قرار گرفتند. [۳۳]. جدول ۲ مجموعه ریسک های شناسایی شده در پژوهش آن ها را ارائه می دهد.

هوانگ²⁶ و همکاران ۲۸ عامل ریسک رادر پروژه های بازسازی سبز پروژه ها در سنگاپور را شناسایی نمودند. جهت ارزیابی ریسک در پژوهش از رویکرد فازی استفاده شده است. مهم ترین عوامل برآورد نادرست هزینه ها، تاخیر در صدور اسناد و دقیق نبودن مشخصات طراحی شناسایی شده اند. سایر عوامل مهم در پژوهش آن ها به شرح زیر می باشد. همکاری مستاجران و مشتریان پس از اتمام بازسازی،

قوانین، نیاز بازار، تامین مالی پروژه، همکاری قبل از بازسازی از سوی مشتریان، نگرانی ذینفعان و تامین مصالح و در دسترس بودن آن‌ها جدول عوامل و ریسک‌های شناسایی شده در این پژوهش را ارائه می‌دهد [۳۴]. جدول ۳ ریسک‌های شناسایی شده در این پژوهش را ارائه می‌دهد. پلات ۲۷ و همکاران اقدام به شناسایی عوامل خطر مرتبط با مصالح که توسط پیمانکاران در طول مرحله ساخت این پروژه‌ها تجربه می‌شود، نمودند. آن‌ها با بررسی پژوهش‌های پیشین ۲۵ عامل خطر توسط آن‌ها شناسایی نمودند. این عوامل می‌توانستند بر هزینه و زمان اجرای پروژه‌های سبز تأثیر بگذارد و به ۴ گروه اصلی تقسیم شده‌اند که عبارتند از: (۱) عوامل مرتبط با طراحی، (۲) عوامل مرتبط با مواد، (۳) عوامل مربوط به ذخیره و (۴) عوامل مربوط به پیمانکار.

پس از شناسایی عوامل از طریق توزیع پرسشنامه اقدام به ارزیابی خطرات نمودند. با انجام ارزیابی، عوامل خطر ساز تأثیر گذار بر عملکرد هزینه پروژه‌های سبز "غفلت از اتلاف مواد در طرح‌های سبز" و "غفلت سازگاری در طرح سبز" به عنوان مهمترین عوامل و در بحث عوامل خطر که بر عملکرد زمان پروژه‌های سبز "غفلت سازگاری در طرح‌های سبز" و "پاسخ آهسته به تغییر سفارشات" از جمله

مهمترین موارد شناسایی شدند [۳۵]. در پژوهش فضلی و همکاران با توجه به پیچیدگی ریسک‌ها و عدم قطعیت ذاتی، چارچوب تصمیم‌گیری چندمعیاره با استفاده از روش‌های SWARA و COPRAS از طریق معرفی معیارهایی برای ارزیابی ریسک تدوین شده است. مطالعه موردی پژوهش نامبرده یک پروژه ساختمان سبز در شهر آمل می‌باشد. در بخش اول پژوهش ابتدا محققین اقدام به شناسایی ریسک‌ها نموده‌اند. در بخش بعد ریسک‌ها بر اساس نوع و تأثیر هر یک در پروژه‌های ساختمانی سبز با استفاده از روش ساختار شکست و مصاحبه با متخصصان دسته‌بندی شده است. سپس وزن هر یک از معیارها را با روش SWARA بدست آمده و در گام بعد ارزیابی تجزیه و تحلیل توسط COPRAS صورت گرفته است. با انجام ارزیابی عدم دسترسی به اطلاعات و فن آوری‌های سبز، طول عمر مواد سبز و تغییر در سیاست‌های دولت به عنوان مهم‌ترین خطرات (در پروژه‌های ساختمان سبز در آمل) شناسایی شدند [۳۶]. جدول ۵ نتایج پژوهش را ارائه می‌دهد.

در جدول ۵ ریسک‌ها با توجه به هفت معیار فنی، نیروی کاری، مدیریت، مالی، قانونی، زیست محیطی و سیاسی مورد ارزیابی قرار گرفته‌اند.

جدول ۲- ریسک‌های شناسایی شده در پژوهش طاهرخانی و طارمیان [۳۳]

فناوری	اقتصادی	سیاسی	زیست محیطی	قانونی	فرهنگی
نبود مصالح استاندارد و باکیفیت خوب	هزینه‌های نگهداری	تحریم مصالح و تجهیزات به دلیل مسائل سیاسی	حوادث و بلایای طبیعی	نبود چهارچوب دولتی و اجرایی و..	پایین بودن آگاهی عمومی از مزایای ساختمان سبز
فقدان تکنولوژی و تجهیزات پیشرفته	نوسانات نرخ ارز	فساد و رشوه	شرایط آب و هوایی غیر قابل پیشبینی	نبود مشوق‌های دولتی مناسب	پایین بودن هزینه انرژی و مقاومت مردم در برابر ایجاد تغییر
نبود پرسنل آموزش دیده	هزینه بالای تجهیزات، مصالح و سیستم‌های ساختمان سبز	وضعیت نامعین امنیتی	دسترسی دشوار به محل پروژه	نبود نگرش دولتی برای حفظ	تمایل مردم به سبک زندگی و عدم تمایل به تغییر
فقدان اطلاعات جامع و دقیق	هزینه اولیه بالا				
	بودجه‌های محدود				
	تورم				

جدول ۳- ریسک‌های شناسایی شده در پژوهش Hwang و همکاران [۳۴]

شرایط قراردادی نامشخص از لحاظ حل اختلاف	تغییر سیاست‌های ساختمان سبز	عدم آشنایی با مصالح سبز و تکنولوژی‌های ساخت جدید
تخصیص غیرواضح مسئولیت‌ها	عدم قطعیّت در صرفه جویی مصرف انرژی	انتظارات بیش از حد
کمبود بودجه	تورم	نیروی کاری غیرمتخصص
نیازمندی‌های نامشخص کارفرما	نوسان نرخ ارز خارجی	طراحی ضعیف
مداخله نامناسب از سمت مشتریان	میزان جرائم بالا	کار و ساخت ضعیف
از دست دادن کنترل پیمانکاران جزئی	انجام روش‌های پیچیده جهت کسب تابدیده	فقدان پرسنل مدیریتی
دادن ضمانت نامه به صاحب ساختمان سبز	ایمنی و سلامتی	عدم آشنایی با فرآیند ساخت
جزئیات طراحی و مشخصات فنی نامشخص	محدودیت کارمندان	برآورد نادرست
اخراج شدن به دلیل نرسیدن به سطح مشخص شده از سیستم رتبه بندی برای ساختمان	محدودیت‌های آلودگی	عدم آشنایی با فناوری‌های جدید رو به رشد
ارتباطات ضعیف میان ذینفعان پروژه‌ها	محدودیت‌های واردات و صادرات	نوسانات در نرخ بکارگیری کارگر به مصالح
کمبود نیروی ماهر همراه با تجربه مناسب	شرایط قراردادی نامشخص به جهت دادرسی	توقع خیلی بالا جهت امتیازگیری از گواهی
ادعا برای دریافت مزایا بیشتر	عدم آشنایی با الزامات شغلی مرتبط	نادیده گرفتن هزینه‌های اولیه بالا
عدم دسترسی به مصالح و تجهیزات سبز		مسائل فنی

جدول ۴- ریسک های شناسایی شده در پژوهش Polat و همکاران [۳۵]

عوامل مرتبط با طراحی	عوامل مرتبط با مواد و مصالح	عوامل مربوط به عرضه	عوامل مرتبط با پیمانکار
بی تجربه بودن طراحان در پروژه های سبز	عدم تعریف روشن از مواد ساختمان سبز	تعداد محدود تامین کنندگان مواد ساختمان سبز	عدم آشنایی با فن آوری های جدید مورد نیاز پروژه های سبز
خلاقیت و نوآوری محدود در طرح های سبز	روند تأیید طولانی مواد مصالح ساختمانی سبز	نیاز به واردات مواد ساختمان سبز از بازار خارجی	عدم آشنایی با روش های جدید ساخت و ساز
پاسخ آهسته به تغییر سفارشات	کیفیت پایین مصالح ساختمانی سبز	زمان نقل و انتقالات بلند برای مصالح ساختمانی سبز	عدم آشنایی با محصولات جدید
غفلت سازگاری طراحی سبز	نیاز به شرایط ذخیره سازی ویژه برای مصالح ساختمانی سبز	نیاز به کار با تامین کنندگان جدید	عدم آشنایی با مشخصات مورد نیاز پروژه های سبز
	عدم قطعیت عملکرد بلندمدت مصالح ساختمانی سبز	تورم در قیمت مواد سبز با توجه به تقاضای زیادی	عدم آشنایی با سیستم مدیریت زباله
	عملکرد پایین سیستم های برق / مکانیکی / نصب		مشکل در پیدا کردن کارکنان با تجربه که می توانند در پروژه های سبز کار کنند
	نیاز به سیستم های جایگزین آب و انرژی در ساختمان های سبز		

جدول ۵- ریسک های شناسایی شده در پژوهش فضلی و همکاران [۳۶]

فنی	نیروی کار	مدیریتی	مالی	قانونی	زیست محیطی	سیاسی
اطلاعات نادرست	صدمات و حوادث	برنامه ریزی نامناسب پروژه	تورم	تاخیر در تصویب قانونی برای نیازهای سبز	تغییرات در آب و هوا	تغییر در سیاست های دولتی
کمبود مواد سبز	خسارات ناشی از خطای انسانی	دسترسی محدود به تامین کنندگان سبز	نوسانات نرخ ارز توسط واردات مواد سبز	عدم دسترسی به اطلاعات در رابطه با فناوری های سبز	شرایط غیرقابل پیشبینی محل	فساد و رشوه خواری
طول عمر مواد سبز	کمبود متخصصان ماهر و باتجربه	مقاومت مشتریان برای اجرای ایده های سبز	مشکلات مربوط به مشخص کردن بودجه برای اجرای پروژه های سبز	هزینه های اضافی بدلیل استفاده از مواد سبز و تجهیزات		
	بیمه نامناسب					

۳- ریسک های مرتبط با مصالح ساختمان سبز

بر اساس اطلاعات گردآوری شده از پژوهش های پیشین در زمینه شناسایی و دسته بندی ریسک های مرتبط با ساختمان سبز، دسته بندی ریسک های مرتبط با مصالح ساختمان سبز که گزیده ای از موارد موجود در تحقیقات بوده است با توجه به فازهای مختلف پروژه

و همچنین محورهای مختلف توسعه پایدار که ریسک بر آن حوزه تاثیرگذار است، مطابق با جداول (۶) تا (۹) صورت گرفت. در جداول (۶) تا (۹) مرجع مرتبط با هر ریسک در کنار آن یادداشت شده است. تعدادی از ریسک ها نیز با استفاده از نظر متخصصان شناسایی و افزوده شده اند.

جدول ۶- ریسک های شناسایی شده در مرحله طراحی با توجه به پژوهش های پیشین

مرحله در چرخه حیات پروژه	معیارهای پایداری	ریسک شناسایی شده	مرجع
		برآورد نادرست هزینه تمام شده مواد و مصالح سبز	هوانگ و همکاران ۲۰۱۶
	اقتصادی	غفلت از ارزیابی ساخت پذیر بودن پروژه سبز	گل پلات و همکاران ۲۰۱۶
		تخمین و برآورد نادرست از عمر مفید مصالح سبز	فضلی و همکاران ۲۰۱۸
		غفلت در طراحی پلان ها و برنامه ریزی برای مرحله تخریب و بازیابی مصالح سبز	استنتاجی
طراحی	زیست محیطی	غفلت از در نظر گرفتن میزان ضایعات و بازیافتی مواد و مصالح سبز در فاز پایانی چرخه حیات پروژه	گل پلات و همکاران ۲۰۱۶
		عدم تعریف دقیق مشخصات مصالح و مواد سبز	گل پلات و همکاران ۲۰۱۶
	اقتصادی- زیست محیطی	عدم آشنایی با محصولات و مصالح سبز جدید	فضلی و همکاران ۲۰۱۸
		عدم آشنایی با مشخصات مورد نیاز مصالح پروژه سبز	گل پلات و همکاران ۲۰۱۶

فقدان نیروی متخصص مصالح سبز در محل	هوانگ و همکاران ۲۰۱۶
فقدان نیروی طراح مصالح سبز با تجربه	هوانگ و همکاران ۲۰۱۶
خلاقیت و نوآوری محدود در طراحی پروژه سبز (مصالح سبز)	گل پلات و همکاران ۲۰۱۶
مشخص نبودن سلاقی و نیازهای کارفرما	هوانگ و همکاران ۲۰۱۶
خواسته ها و توقعات بیش از حد مشتری یا کارفرما	هوانگ و همکاران ۲۰۱۶
در نظر نگرفتن و طراحی نکردن برنامه مناسب برای مرحله بهره برداری مصالح سبز	فضلی و همکاران ۲۰۱۸
اجتماعی-زیست محیطی	

جدول ۷- ریسک‌های شناسایی شده در مرحله اجرا با توجه به پژوهش‌های پیشین

مرحله در چرخه حیات پروژه	معیارهای پایداری	ریسک شناسایی شده	مرجع
اجرا	اقتصاد	فقدان نیروی کاری با تجربه در زمینه اجرای مصالح سبز	گل پلات و همکاران ۲۰۱۶
		فقدان نیروی کاری متخصص در زمینه اجرای مصالح سبز	گل پلات و همکاران ۲۰۱۶
		تغییرات و نوسان در نرخ بکارگیری گروه های کاری و مصالح مورد استفاده	هوانگ و همکاران ۲۰۱۶
		افزایش هزینه مصالح و مواد سبز در نتیجه تورم و نرخ ارز خارجی	طارمیان و طاهرخانی ۲۰۱۵
		روند کند پاسخگویی در صورت ایجاد تغییرات در نقشه ها	گل پلات و همکاران ۲۰۱۶
		افزایش زمان پروژه بدلیل افزایش هزینه حمل و نقل مواد و مصالح	طارمیان و طاهرخانی ۲۰۱۵
		افزایش زمان تکمیل پروژه بدلیل دور بودن محل تامین مصالح	طارمیان و طاهرخانی ۲۰۱۵
		آشنا نبودن با روش های ساخت جدید	گل پلات و همکاران ۲۰۱۶
		عدم در نظر گرفتن مکان با شرایط ویژه برای نگهداری مواد و محصولات خاص سبز تا زمان اجرا	گل پلات و همکاران ۲۰۱۶
		افزایش هزینه و زمان تکمیل ساخت در صورت بروز شرایط آب و هوایی نامناسب	فضلی و همکاران ۲۰۱۸
اجتماعی	اجتماعی	مشکل تامین مصالح جهت اجرا بدلیل محدودیت تامین کنندگان (خارجی و داخلی)	هوانگ و همکاران ۲۰۱۶
		ارتباط ضعیف کارگران با یکدیگر و ذینفعان در اجرا	استنتاجی
		عدم اطمینان از سلامتی و ایمن بودن مصالح و مواد	استنتاجی
		نیاز به کار با تامین کنندگان جدید در زمینه مصالح سبز و مشکلات ارتباطی و هزینه ای مرتبط با آن	گل پلات و همکاران ۲۰۱۶
		تهدید ایمنی کارگران در صورت اجرای مصالح سبز با شرایط ویژه و یا در مکان های خاص (همانند خطر کار در ارتفاع)	فضلی و همکاران ۲۰۱۸

جدول ۸- ریسک‌های شناسایی شده در مرحله بهره برداری با توجه به پژوهش‌های پیشین

مرحله در چرخه حیات پروژه	معیارهای پایداری	ریسک شناسایی شده	مرجع
بهره برداری	اقتصادی	عدم اطمینان از عملکرد بلند مدت مصالح و مواد سبز	گل پلات و همکاران ۲۰۱۶
		فقدان نیروی مناسب و متخصص در رابطه با امور بهره برداری ساختمان سبز	استنتاجی
		عملکرد نامناسب مصالح و افزایش هزینه ها بدلیل کیفیت نامناسب و پایین مصالح	گل پلات و همکاران ۲۰۱۶
		آسیب های وارده و مشکل در تعمیر و بازسازی مصالح در صورت وقوع بلایای طبیعی	فضلی و همکاران ۲۰۱۸
	زیست محیطی	کاهش بازده مصرف انرژی در صورت تخریب مصالح و عدم تعمیر آن ها	هوانگ و همکاران ۲۰۱۶
		تهدید سلامتی ساکنان در صورت بکار بردن مصالح سبز تقلبی	استنتاجی
	اجتماعی	مشکلات مرتبط با بحث تضمین و گارانتی مواد و مصالح سبز	هوانگ و همکاران ۲۰۱۶

جدول ۹- ریسک‌های شناسایی شده در مرحله تخریب و بازیافت با توجه به پژوهش‌های پیشین

مرحله در چرخه حیات پروژه	معیارهای پایداری	ریسک شناسایی شده	مرجع
تخریب و بازیافت	اقتصادی-زیست محیطی	نبود تجهیزات مناسب به منظور تفکیک و برداشت مصالح بازیافتی	استنتاجی
		عدم تمایل به انجام بازیافت از سوی کارفرما یا مشتری بدلیل ارزان بودن تخریب و استفاده از مصالح تازه	استنتاجی
		فروش ملک به غیره و به فراموشی سپردن فاز تخریب	استنتاجی
	اجتماعی	امتناع از بازیافت و تخریب بدلیل کسب امتیاز در گواهی ساختمان در اوایل عمر ساختمان	استنتاجی

۴- نتیجه گیری

با گسترش سرسام آور پروژه های صنعتی و عمرانی و اهمیت پایداری توسعه، استفاده از انرژی های تجدید پذیر و بطور کلی کاهش نیاز به منابع انرژی تجدیدناپذیر مطرح است. با توجه به این که ساخت و ساز بخش عظیمی از منابع خام و تجدیدپذیر و تجدید ناپذیر جهان را مصرف می کند، مفهوم ساختمان سبز و طراحی پایدار برای حذف و یا کاهش این اثرات و انطباق هرچه بیشتر فرایند طراحی، ساخت و بهره برداری ساختمان ها با معیار های پایداری توسعه یافته است. بنابراین تلاش شده است با در نظر گرفتن معیارهای پایداری و شرایط موجود در کشور ایران، ریسک ها و خطرات مرتبط با مصالح در ساختمان سبز شناسایی شود. عامل مصالح ساختمانی جزو ارکان اصلی پروژه های ساختمانی هستند و هزینه پروژه، پایداری پروژه و حتی بهینگی مصرف انرژی پروژه نیز تحت تاثیر آن است. این پژوهش سعی کرده است در انتخاب مصالح در طراحی ساختمان سبز با در نظر گرفتن عدم قطعیت، بتواند با توجه به شرایط موجود در کشور ایران و ریسکهای مرتبط با مصالح، تصمیمی مناسب را جهت انتخاب مصالح در فاز طراحی اتخاذ شود. به منظور اجرای بهتر و اصولی ساختمان سبز لازم است که تمامی جوانب مرتبط با موفقیت پروژه آن در نظر گرفته شود. در ایران از آنجایی که پروژه های ساختمان سبز به تازگی رواج پیدا کرده اند می توان این ادعا را عنوان کرد که در صورتی که خطرات و ریسک های همراه با این محصول شناسایی نشوند شکست بسیاری از پروژه ها مشاهده خواهد گردید که در پی آن می تواند موجب عدم استقبال و در نتیجه بازماندن از راه تکامل توسعه گردد. بر اساس اطلاعات گردآوری شده از پژوهش های پیشین در زمینه شناسایی و دسته بندی ریسک های مرتبط با ساختمان سبز، دسته بندی ریسک های مرتبط با مصالح ساختمان سبز که گزیده ای از موارد موجود در تحقیقات بوده است با توجه به فازهای مختلف پروژه و همچنین محورهای مختلف توسعه پایدار که ریسک بر آن حوزه تاثیرگذار است، طبق موارد ذیل طبقه بندی صورت گرفت:

- ریسک های شناسایی شده در مرحله طراحی
 - ریسک های شناسایی شده در مرحله اجرا
 - ریسک های شناسایی شده در مرحله بهره برداری
 - ریسک های شناسایی شده در مرحله تخریب و بازافت
- شرکتهای ساخت و ساز باید خطر را به عنوان بخشی ضروری از مدیریت پروژه خود، مدنظر قرار دهند. تصمیم گیری هایی نظیر ارزیابی خطر در پروژه های ساخت و ساز، در مدیریت ساخت و ساز بسیار حائز اهمیت است. شناسایی و ارزیابی خطرات پروژه، روند مهمی برای موفقیت پروژه به شمار می آید.

۵- مراجع

- [1] Shi, X. (2011). "Design optimization of insulation usage and space conditioning load using energy simulation and genetic algorithm." *Energy*, 36(3), 1659-1667.
- [2] ASTM International. (2001). *Standard Terminology for Sustainability Relative to the Performance of Buildings*, United States. Designation E 2114 – 01.
- [3] Azhar, S., Carlton, W. A., Olsen, D., & Ahmad, I. (2011). Building information modeling for sustainable design and LEED® rating analysis. *Automation in construction*, 20(2), 217-224.
- [4] Wu, Hao. (2012). A multi-objective optimization model for green building design. HKU Theses Online (HKUTO)
- [5] Bing, L., & Tiong, R. L. (1999). Risk management model for international construction joint ventures. *Journal of Construction Engineering and Management*, 125(5), 377-384.
- [6] Carson, R., Darling, L., Darling, L., Houghton Mifflin Company, & Riverside Press (Cambridge, Mass.). (1962). *Silent spring*. Boston: Houghton Mifflin Company.
- [7] International Union for Conservation of Nature and Natural Resources. (1980). *World Conservation Strategy*. Living Resource Conservation for Sustainable Development.
- [8] Rees, W. E. (1998). Understanding sustainable development. In *Sustainable development and the future of cities* (pp. 17-42). Practical Action Publishing.
- [9] Singh, S. K. (2016). Sustainable development: A literature review. *The International Journal of Indian Psychology*, 6, 63-69.
- [10] International Union for Conservation of Nature. (2006). *The future of Sustainability*. Received from < https://cmsdata.iucn.org/downloads/iucn_future_of_sustainability > (sep.1.2018).
- [11] UNEP, O. S. (2003). *Handbook for the International Treaties for the Protection of the Ozone Layer*. In *The Vienna Convention (1985). The Montreal Protocol (1987). Sixth Edition*. Nairobi: UNEP.
- [12] González, M. J., & Navarro, J. G. (2006). Assessment of the decrease of CO2 emissions in the construction field through the selection of materials: Practical case study of three houses of low environmental impact. *Building and environment*, 41(7), 902-909.
- [13] International Council for Research and Innovation in Building. (2012). "CIB Group Sustainability Report". <https://www.unglobalcompact.org/system/attachments/31901/original/CIB_SustainabilityReport2012_ENG.pdf?1378281834> (sep.1.2018).
- [14] United States Environmental Protection Agency. (2009). "what is sustainability?". <<https://www.epa.gov/sustainability/learn-about-sustainability#what>> (sep.1.2018).
- [15] U.S. Environmental Protection Agency. (2009). *Green Building Basic Information*. <Retrieved from <http://www.epa.gov/greenbuilding/pubs/about.html>> (June.1.2017).
- [16] Whole Building Design Guide. (2009). "Sustainable". <<https://www.wbdg.org/design-objectives/sustainable>> (June.1.2017).
- [17] Leadership in Energy and Environmental Design (LEED) (2016) <http://www.usgbc.org/leed>.
- [18] International Energy Agency. (2016). *Total Primary Energy Supply (TPES)*. Retrieved from <<https://www.iea.org/statistics/?country=WORLD&year=2016&category=Energy%20supply&indicator=TPESbySource&mode=chart&dataTable=BALANCES>> (June.1.2017).
- [۱۹] دولتشاهی پیروز، محمود، و طهماسبی آشتیانی، هادی. انسان، انرژی، محیط زیست و چشم اندازی به آینده. فصلنامه راهبرد، سال نوزدهم، شماره ۵۶، صفحه ۳۱۵-۱۳۸۹.
- [۲۰] معاونت امور برق و انرژی. (۱۳۹۰). *ترازنامه انرژی وزارت نیرو*. برگرفته از: <www.saba.org.ir/saba_content/media/image/> (۲۵ شهریور ۱۳۹۷).
- [۲۱] نظری، احد؛ فرصتکار، احسان؛ وکیافر، بهراد. (۱۳۸۷). مدیریت ریسک در پروژه ها. چاپ اول. تهران. معاونت برنامه ریزی و نظارت راهبردی ریاست جمهوری- مرکز مدارک علمی- موزه و انتشارات.
- [۲۲] ذکائی آشتیانی، محسن. (۱۳۹۲). *راهنمای گستره دانش مدیریت پروژه PMBOK*. انتشارات آدینه.
- [۲۳] باقلائی، مصطفی؛ شروانی، فریدون. (۱۳۹۳). ارزیابی پاسخ های مبتنی بر ریسک های پروژه های عمرانی در شرایط فازی- اولین کنفرانس ملی مهندسی ساخت و ارزیابی پروژه های عمرانی، گرگان، سازمان نظام مهندسی ساختمان استان گلستان.
- [24] Ranaweera, R.; Crawford, R.H. (2010). Using Early-Stage Assessment to Reduce the Financial Risks and Perceived Barriers of Sustainable Buildings. *J. Green. Build.* ۵, ۱۲۹-۱۴۶
- [25] Ashuri, B., & Durmus-Pedini, A. (2010). An overview of the benefits and risk factors of going green in existing buildings. *International Journal of Facility Management*, 1.(۱)
- [26] Tollin, (2011). H.M. Green building risks: It is not easy being green. *Environ. Claim.* J.23, 199-213. Development (January 2005- December 2014): Framework for a Draft International.
- [27] Bond S. (2011). Barriers and drivers to green buildings in Australia and New Zealand. *Journal of Property Investment & Finance*, Vol. 11, 494-509.
- [28] Fortunato III, B. R., Hollowell, M. R., Behm, M., and Dewlaney, K. (2012). "Safety risk identification for high performance sustainable building construction." *J. Constr. Eng. Manage.*, 138(4), 499-508, doi: 10.1061/
- [29] Li, Y.Y.; Chen, P.H.; Chew, D.A.S.; Teo, C.C. Exploration of critical resources and capabilities of design firms for delivering green building projects: Empirical studies in Singapore. *Habitat Int.* 2014, 41, 229-235.
- [30] Wimala M, Akmalah E, Ranga Sururi M. (2016). Breaking through the barriers to green building movement in Indonesia: insights from building occupants. 3rd International Conference on Power and Energy Systems Engineering, CPESE, 8-12.
- [۳۱] اکبری، سعید؛ حسینی، سیدمحمدجواد؛ و شعبانی اصل، علی. (۱۳۹۳). اولویت بندی ریسک های ایمنی برای ساختمان های سبز با استفاده از استاندارد. اولین



5 (1), 2020

دوره ۵، شماره ۱

بهار ۱۳۹۹

فصلنامه پژوهشی

مهندسی مدیریت ساخت

- [34] Zhao, X.; Hwang, B.G. (2016). GAO, Y. A fuzzy synthetic evaluation approach for risk assessment: A case of Singapore's green projects. J. Clean. Prod, 115, 203–213.
- [35] Polat, G., Turkoglu, H., & Gurgun, A. P. (2017). Identification of Material-related Risks in Green Buildings. Procedia Engineering, 196, 956-963.
- [۳۶] فضلی، مسعود؛ جعفرزاده افشاری، احمد؛ حاجی‌آقای کشتلی. (۱۳۹۷). شناسایی و ارزیابی ریسک در پروژه‌های ساختمانی سبز (مطالعه موردی). سومین کنفرانس بین المللی مدیریت صنعتی.
- <http://icim.atu.ac.ir/paper?manu=101598>

کنفرانس ملی مهندسی عمران و توسعه پایدار ایران، تهران، موسسه آموزش عالی مهر اروند، مرکز راهکارهای دستیابی به توسعه پایدار.

https://www.civilica.com/Paper-ICESCONF01-ICESCONF01_277.html

[۳۲] قاسمی، نژاد، روبا. (۱۳۹۵). بررسی ریسک‌های پروژه‌های ساختمانی سبز (به ویژه ریسک‌های ایمنی و ذینفعان). چهارمین کنفرانس بین المللی عمران، معماری و توسعه شهری، تهران، دبیرخانه دایمی کنفرانس، دانشگاه شهید بهشتی.

<https://www.civilica.com/Paper-ICSAU04-ICSAU04-2527.html>

[۳۳] طارمیان، عارف؛ طاهرخانی، روح‌الله. (۱۳۹۶). بررسی و تحلیل ریسک‌های اجرایی در ساختمان‌های سبز در توسعه پایدار با رویکرد AHP. کنفرانس بین المللی عمران، معماری و شهرسازی ایران معاصر، تهران، دانشگاه اسوه - تهران - دانشگاه شهید بهشتی.

https://www.civilica.com/Paper-CICEAUD01-CICEAUD01_1059.html

- ¹ Carson
- ² Silent Spring
- ³ Bertrand Report
- ⁴ Kyoto Protocol
- ⁵ Van chart
- ⁶ Adams
- ⁷ CIB
- ⁸ UPEA
- ⁹ Rodney Turner
- ¹⁰ Net Value Method
- ¹¹ Tree decision Method
- ¹² Mont Carlo
- ¹³ Delphi
- ¹⁴ Brain storm
- ¹⁵ Root cause analysis
- ¹⁶ Checklist
- ¹⁷ Cause and Effect
- ¹⁸ Strength, Weakness, Opportunity, Threat
- ¹⁹ Renaweera & Crawford
- ²⁰ Pedini & Ashuri
- ²¹ Tollin
- ²² Bond
- ²³ Forunato
- ²⁴ Li
- ²⁵ Wimala
- ²⁶ Hwang
- ²⁷ Polat



5 (1) , 2020

دوره ۵، شماره ۱

بهار ۱۳۹۹

فصلنامه پژوهشی

