



www.cpjournals.com

نشریه عمران و پروژه

Civil & Project Journal (CPJ)

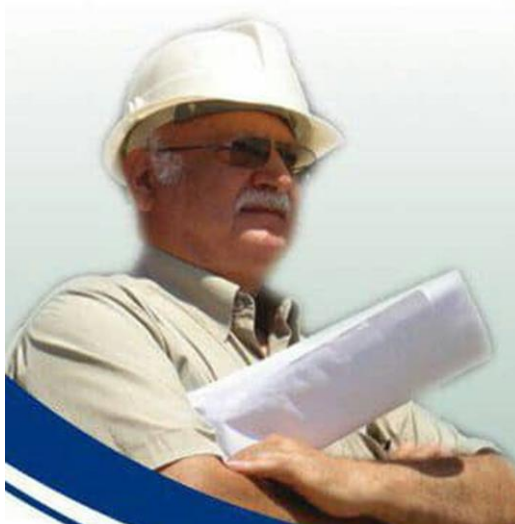
ISSN: ۲۶۷۶-۵۱۱X

ماهنامه عمران و پروژه

اعتبار، چابکی، پاسخگویی

سال سوم، شماره ۲، شماره

پیاپی ۲۴، اردیبهشت ۱۴۰۰



 نشریه عمران و پروژه Civil & Project Journal (CPJ)	نشریه علمی تخصصی "عمران و پروژه"
فهرست کلی مطالب	سال سوم، شماره ۲، اردیبهشت ۱۴۰۰ شماره پیاپی: ۲۴
سرمقاله (سخن سردبیر و مدیر مسئول)	شاپا الکترونیکی: ISSN(Online): ۲۶۷۶-۵۱۱X
مقاله شماره ۱	صاحب امتیاز:
مقاله شماره ۲	دکتر علی قربانی
مقاله شماره ۳	مدیر مسئول:
مقاله شماره ۴	دکتر علی قربانی
مقاله شماره ۵	سردبیر:
مقاله شماره ۶	دکتر علی قربانی
اعضای هیات تحریریه	معاون سردبیر:
دکتر محمد رضا قاسمی، دکتر بهروز حسینی، دکتر علی معصومی، دکتر رضا رسولی، دکتر سید محمد شبیری، دکتر مجید قلهکی، دکتر حسین نادرپور، دکتر آرمین منیر عباسی، دکتر علی شادرخ، دکتر پرویز نصیری، دکتر سید علی رضویان امره یی، دکتر محمد رضا خزایی، دکتر علی جمشیدی، دکتر وحید افشین مهر، دکتر محمد مهدی گودرزی سروش، دکتر حسن علیزاده، دکتر امین قربانی، دکتر بهنوش سلیم بهرامی، دکتر جلال ایوبی نژاد، دکتر هادی فضلی، دکتر کامران رحیم اف، دکتر محمد امین توتونچیان، دکتر حسین معز، دکتر مهدی محرمی، دکتر بهنود برمایه ور، دکتر بابک زمان زاده، دکتر علیرضا لورک، دکتر حسن دیواندری، دکتر کمیل کریمی، دکتر رسول ایافت، دکتر مسعود عامل سخی، دکتر حمید یزدانی، دکتر ابراهیم سپهری، دکتر احسان اثنی عشری، دکتر محمد نجمی واحدی، دکتر سید علی سید رزاقی، دکتر الهام پورمهابادیان، دکتر مریم قربانی، دکتر فاضل بوستان، دکتر مهسا کامی شیرازی، دکتر علی قربانی	دکتر مریم قربانی
	مدیر علمی و اجرایی:
	مهندس فاطمه شوکتی گورابی
	نشریه عمران و پروژه
	نشریه عمران و پروژه با شماره مجوز ۸۵۱۴۱ مورخ ۰۲/۰۲/۱۳۹۸، و شماره، ISSN: ۲۶۷۶-۵۱۱X نشریه ای تخصصی و علمی و مبتنی بر یافته های پژوهشی در حوزه مهندسی عمران و پروژه های عمرانی می باشد که با بهره گیری از هیات تحریریه و تیم داوران با درجه بالای آکادمیک و تجربیات علمی و اجرایی، با انتشار مستمر و منظم ماهیانه، محلی برای درج و نشر مقالات و نتایج آخرین یافته های علمی و پژوهشی دانشمندان و اندیشمندان و دانشجویان کلیه گرایش های مهندسی عمران و مهندسی مدیریت ساخت و مدیریت پروژه در کشور می باشد.
	چشم انداز این مجله بر "تبدیل به مجله برتر در حوزه مدیریت پروژه و مدیریت ساخت کشور" است. استراتژی کلی این مجله علمی "اعتبار، چاپکی، پاسخگویی" می باشد.
	آدرس دفتر نشریه عمران و پروژه
	تهران، میدان هفت تیر، خیابان بهار شیراز، پلاک ۱۴۶، واحد ۶
	کد پستی: ۱۵۶۴۸۶۷۱۳۳
	تلفن: ۰۲۱-۸۸۰۲۷۵۷۹، فکس: ۰۲۱-۷۷۶۵۷۹۰۸
	وب سایت: www.cpjournals.com
	پست الکترونیک: cpjournals.com@gmail.com
	جهت ارسال مقاله به وب سایت نشریه مراجعه گردد.

سخن سردبیر و مدیر مسوول

خرد هر کجا گنجی آرد پدید

ز نام خدا سازد آن را کلید

فرستی دوباره دست داد تا به مناسبت انتشار شماره‌ی تازه‌ی نشریه عمران و پروژه، با خوانندگان و اندیشمندان گرانمایه سلام و عرض ادب و سخن بگوییم. باید اعتراف کنیم که هرگز فکر نمی‌کردیم شماره‌های ی پیشین ماهنامه و مقاله‌های آن تا این حد مورد استقبال و تحسین بی‌نظیر شما استادان عزیز و متخصصان گران‌عمرانی دانشگاه‌های کشور و نیز دست‌اندرکاران محترم حوزه‌های مدیریت ساخت، مدیریت پروژه و معماری قرار گیرد. این همه، از لطف و فضل بیکران خداوند متان است و بس.

اعتقاد ما بر این است که با آگاهی و درک عمیق دانش مهندسی آن هم به صورت کاربردی و توسعه‌ی افق‌های دید و نگرش‌ها و نیز به‌کارگیری روش‌های نوین در زمینه‌ی مهندسی عمران، مدیریت ساخت و مدیریت پروژه‌های مهندسی و فنی، می‌توان هدفی را که مقام معظم رهبری برای ترویج علم کاربردی ترسیم کرده‌اند، با جدیت، پیگیری و اجرایی کرد. در این راستا، این نشریه تمام عزم خود را جزم و بر اساس استراتژی آن که مبتنی بر اعتبار، چابکی و پاسخگویی است محلی برای این حوزه علمی خواهد بود.

نشریه عمران و پروژه با شماره مجوز ۸۵۱۴۱ مورخ ۰۲/۰۲/۱۳۹۸، و شماره، ISSN: ۲۶۷۶-۵۱۱X نشریه‌ای تخصصی و علمی و مبتنی بر یافته‌های پژوهشی در حوزه مهندسی عمران و پروژه‌های عمرانی می‌باشد که با بهره‌گیری از هیات تحریریه و تیم داوران با درجه بالای آکادمیک و تجربیات علمی و اجرایی، با انتشار مستمر و منظم ماهیانه، محلی برای درج و نشر مقالات و نتایج آخرین یافته‌های علمی و پژوهشی دانشمندان و اندیشمندان و دانشجویان کلیه گرایش‌های مهندسی عمران و مهندسی مدیریت ساخت و مدیریت پروژه در کشور می‌باشد. چشم‌انداز این مجله بر "تبدیل به مجله برتر در حوزه مدیریت پروژه و مدیریت ساخت کشور" است. تبدیل شدن مجله به مرجع علمی معتبر در کشور در حوزه مهندسی عمران و بالاجس مدیریت ساخت و مدیریت پروژه و حمایت از دانش کاربردی با لحاظ اثرات متقابل این دو مقوله، چشم‌انداز پنج‌ساله اول این مجله می‌باشد.

حوزه و قلمرو موضوعی نشریه جهت پذیرش مقالات به شرح ذیل می‌باشد:

حوزه‌های مهندسی عمران:

عمران-عمران،عمران-سازه،عمران-راه و ترابری،عمران-حمل و نقل،عمران-محیط زیست،عمران- مکانیک خاک و پی،عمران-سازه های هیدرولیکی،عمران- زلزله

حوزه های مهندسی عمران مدیریت ساخت :

مدیریت محدوده،مدیریت یکپارچگی،مدیریت هزینه،مدیریت زمان،دیریت کیفیت،مدیریت ریسک،مدیریت تدارکات،مدیریت منابع انسانی،مدیریت ماشین آلات،مدیریت ارتباطات،مدیریت مالی،مدیریت دعاوی،مدیریت زیست محیطی،مهندسی سیستم ها،حقوق مهندسی،اخلاق مهندسی در حوزه کلیه پروژه های عمرانی

حوزه های میان رشته ای فنی و مدیریتی

در این جا بر خود لازم می دانیم از مساعی و راهنمایی های ارزشمند همکاران محترم هیات علمی در دانشگاه های مختلف و نیز کارشناسان اجرایی و علمی نشریه به پاس راهنمایی های ارزشمندشان در جهت بهبود سطح کیفی سپاسگزاری نماییم. همچنین، مراتب قدردانی و سپاس خود را از همکاران ارجمندمان در هیات تحریریه محترم، داوران محترم و کارشناسان محترم نشریه که برای داوری و چاپ و انتشار بهنگام ماهنامه تلاشی شایسته دارند، قدردانی می نماییم. در پایان، خاطرنشان می کنیم اگرچه در این مدت کوتاه، روند دریافت مقالات پرمایه ی پژوهشگران و اندیشمندان فرهیخته، با رشدی چشمگیر روبه رو بوده، دوام حضور این مجله به عنوان تنها ماهنامه علمی- تخصصی در این حوزه مدیریت پروژه و مدیریت ساخت ، بدون مشارکت فزاینده ی شما و ارسال مقالات ارزنده ی میدانی و علمی امکان پذیر نیست.

علی قربانی

مدیر مسوول و سردبیر

نشریه عمران و پروژه



www.cpjournals.com

نشریه عمران و پروژه Civil & Project Journal (CPJ)

(چکیده انگلیسی بر اساس این فرمت حتما در صفحه اول قرار گیرد.)

Title

Author^۱, Author^{۲*}

^۱-Degree or academic position, dept. name of organization, City, Country

Email:

^{۲*}-Degree or academic position, dept. name of organization, City, Country

Email:

ABSTRACT

*This electronic document is a “live” template and already defines the components of your paper [title, text, heads, etc.] in its style sheet. *CRITICAL: Do Not Use Symbols, Special Characters, or Math in Paper Title or Abstract. (Abstract), max: ۲۰۰ words*

Keywords: Word ۱, Word ۲, Word ۳, Word ۴, Min=Δ, max=Λ

All rights reserved to Civil & Project Journal.



www.cpjournals.com

عنوان مقاله) الگوی تهیه و شیوه نگارش مقاله

نام و نام خانوادگی نویسنده اول^۱، نام و نام خانوادگی نویسنده دوم^۲،

^۱ -رتبه علمی یا سمت نویسنده، نام دانشگاه یا سازمان، شهر، کشور
پست الکترونیکی:

^۲ -رتبه علمی یا سمت نویسنده، نام دانشگاه یا سازمان، شهر، کشور
پست الکترونیکی:

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۲/۳۱ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۳/۳۱

چکیده

این نوشته، شیوه نگارش و تهیه مقاله را برای نشریه عمران و پروژه ارائه می‌دهد. روش قالب‌بندی مقاله و بخش‌های مختلف آن، انواع قلم‌ها و اندازه آنها مشخص است. کلیه سبک‌های مورد نیاز برای بخش‌های مختلف مقاله، از جمله عناوین، نویسندگان، چکیده، متن اصلی و ... از پیش تعریف شده‌اند و نویسنده کافی است سبک مربوطه را برای بخش مورد نظر مقاله انتخاب و سپس شروع به تایپ نماید. چکیده مقاله باید در یک پاراگراف تهیه شود و حداکثر شامل ۳۰۰ کلمه باشد. چکیده باید شامل بیان مسأله، روش تحقیق و نوآوری مقاله، هدف و نتایج بدست آمده باشد. لطفا در نظر داشته باشید که تعداد صفحات مقاله از ۲۰ صفحه بیشتر نشود. چکیده فارسی حداقل ۲۰۰ کلمه و حداکثر ۳۰۰ کلمه.

کلمات کلیدی: کلمه ۱، کلمه ۲، کلمه ۳، کلمه ۴، کلمه ۵. حداقل ۵ حداکثر ۸

۱- مقدمه

این نوشته، روش تهیه مقالات را نشان می‌دهد. برای نگارش مقاله از نرم‌افزار ورد آفیس میکروسافت^۱ ۲۰۱۳ یا نگارش‌های بعدی آن استفاده می‌شود. روش قالب‌بندی مقاله، اندازه صفحه و بخش‌های مختلف آن، انواع قلم^۲ و اندازه آنها مشخص می‌شود.

اندازه صفحات ۲۹/۷×۲۱ سانتی متر (آ^۳) و حاشیه‌های بالا، پایین، چپ و راست هر صفحه به ترتیب برابر با ۲، ۳، ۱/۷ و ۱/۷ سانتی‌متر و شیرازه^۴ برابر ۰ سانتی متر انتخاب شود. متن اصلی مقالات باید به صورت تک ستونی تهیه شود. چکیده، عنوان مقاله، نام نویسندگان، کلمات کلیدی، شماره گذاری صفحات و سرصفحه باید مطابق این الگو تهیه شوند. کلیه سبک‌های^۵ مورد نیاز برای بخش‌های مختلف مقاله، از جمله عناوین، نویسندگان، چکیده، متن و ... از پیش تعریف شده‌اند. نویسنده کافی است سبک مربوطه را برای بخش مورد نظر مقاله انتخاب نموده و سپس شروع به تایپ آن نماید. این مقاله مطابق سبک‌های مورد نظر تنظیم شده و نویسنده می‌تواند به عنوان الگو مقاله خود را روی این نوشته‌ها تایپ نماید و یا بعد از تایپ می‌تواند قسمت مورد نظر را انتخاب و روی سبک مربوطه کلیک نماید. شکل ۱ محل سبک‌ها را در نرم افزار ورد نشان می‌دهد.

برای تمامی بخش‌ها نوع قلم پارسی بی‌نازنین^۶ می‌باشد. برای نوشته‌های انگلیسی همواره از قلم تایمز نیو رومن^۷ استفاده شود. اندازه قلم‌ها در جدول ۱ مشخص شده است. اندازه قلم لاتین دو واحد کمتر از اندازه قلم پارسی در هر موقعیت است. برای تمام عناوین از قلم سیاه^۸ استفاده شود. برای اسامی متغیرها می‌توان از حروف انگلیسی استفاده نمود، برای این منظور از قلم انگلیسی تایمز نیو رومن کج^۹ با اندازه ۹ استفاده شود. اندازه قلم استفاده شده در پانویست^{۱۰} برای کلمات انگلیسی ۷ و کلمات پارسی ۹ می‌باشد. شماره پانویست‌ها در هر صفحه از ۱ شروع می‌شود و پانویست‌ها زیر همان صفحه می‌آیند.

مابقی این نوشته به صورت زیر تنظیم می‌شود. انواع مقاله و ساختار آنها در بخش دو توضیح داده می‌شود. در بخش سوم، نکات مهم مربوط به تنظیم و نوشتار مقاله بیان می‌شود و در انتها نتیجه‌گیری انجام خواهد شد.

جدول ۱: اندازه قلم‌ها

سبک	اندازه قلم
عنوان اصلی	۱۷ سیاه
عناوین شماره دار	۱۴ سیاه
عناوین بدون شماره	۱۴ سیاه
زیر عنوان	۱۳ سیاه
عنوان شکل و جدول	۱۰ سیاه
مشخصات نویسنده	۱۰ سیاه
متن چکیده	۱۲
کلمات کلیدی	۱۲
متن اصلی	۱۲

^۱ Microsoft Office Word ۲۰۱۳

^۲ Font

^۳ A4

^۴ Gutter

^۵ Style

^۶ B Nazanin

^۷ Times New Roman

^۸ Bold

^۹ Italic

^{۱۰} Footnote

در این بخش نکات مهم که بایستی در تنظیم مقاله رعایت شوند، به ترتیب توضیح داده می‌شوند.

۲- عنوان مقاله

عنوان بایستی کوتاه و بیانگر کامل موضوع پژوهش و نوآوری باشد. بدیهی است که مقالات مروری فاقد نوآوری می‌باشد. از کلمات مختصرنویسی شده (م. ن. ش.) و انگلیسی استفاده نشود. عنوان نباید بیشتر از دو سطر باشد. قبل از تایپ عنوان برای تنظیمات اندازه و نوع قلم بر روی سبک عنوان مقاله کلیک نمایید.

۳- نام نویسندگان

نام نویسندگان مطابق سبک نام نویسندگان، بعد از عنوان مقاله همانند صفحه اول این نوشته درج می‌شود. از نوشتن عناوین آقا، خانم، دکتر، مهندس خودداری شود. برای نوشتن مشخصات نویسندگان از سبک مشخصات نویسندگان استفاده نمایید. رتبه علمی اعضای هیئت علمی یکی از عناوین مربی، استادیار، دانشیار و استاد می‌باشد. ذکر کلمه دانشجو و مقطع تحصیلی برای رتبه علمی دانشجویان الزامی می‌باشد. بعنوان مثال، دانشجوی دکتری، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران، ali@pnu.ac.ir. فارغ التحصیلان مقطع لیسانس، فوق لیسانس و دکتری که عضو هیئت علمی نیستند می‌توانند رتبه علمی را درج نمایند و یا به ترتیب کلمات کارشناس، کارشناس ارشد و دکتری را به جای رتبه علمی درج نمایند. ترجیحا از آدرس رایانامه دانشگاه استفاده کنید.

۴- چکیده

عنوان چکیده بایستی مطابق سبک‌های مربوطه شامل سبک عنوان چکیده و سبک متن چکیده برای متن چکیده بایستی در یک پاراگراف تنظیم شود و حداکثر شامل ۳۰۰ کلمه باشد. چکیده باید شامل بیان مسأله، اندیشه جدید، نوآوری مقاله، هدف و نتایج بدست آمده باشد. بدیهی است که مقالات مروری فاقد نوآوری می‌باشد. چکیده مقاله مروری شامل بیان مسأله، کارهای انجام شده، مزایا و معایب و مرزهای دانش و رهنمودهایی برای پژوهش‌های آتی می‌باشد.

۵- کلمات کلیدی

حداقل ۵ و حداکثر ۸ کلمه بعنوان کلمات کلیدی انتخاب می‌شود. این کلمات باید موضوعات اصلی و فرعی مقاله را نشان دهند. کما به عنوان جداکننده و نقطه به عنوان تمام کننده استفاده می‌شوند. بعد از آخرین کلمه بلافاصله نقطه گذاشته می‌شود. از سبک عنوان کلمات کلیدی برای عنوان کلمات کلیدی و سبک متن کلمات کلیدی برای کلمات استفاده می‌شود.

۶- بخش‌های اصلی

بخش‌های اصلی مقاله پژوهشی شامل مقدمه، کارهای انجام شده، روش تحقیق، بحث بر روی نتایج و جمع بندی می‌باشد؛ و بخش‌های اصلی مقاله مروری شامل مقدمه، کارهای انجام شده و نتیجه‌گیری است. در هر یک از بخش‌های اصلی از سبک عناوین شماره دار برای عناوین و سبک متن اصلی برای متن استفاده می‌شود.

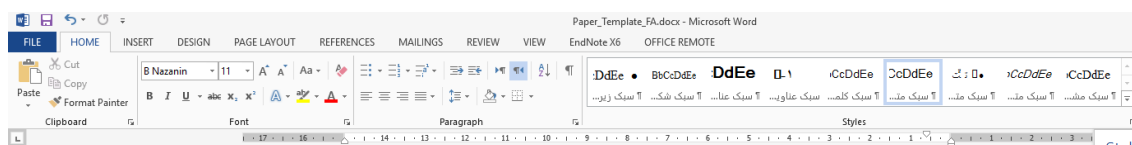
۷- قواعد نوشتاری

در نگارش متن از جملات طولانی استفاده نمی‌شود. از کاما (،) برای جداسازی اجزای یک جمله که نیاز به مکث باشد و از نقطه ویرگول (؛) برای جداسازی دوجمله که با هم ارتباط معنایی دارند، استفاده شود. نقطه نیز برای جدا کردن جملات مورد استفاده قرار می‌گیرد. برای کلمات فنی تا حد امکان از معادل‌های پارسی استفاده شود. در چنین مواقعی اگر احتمال می‌دهید خواننده با معادل پارسی آشنا نباشد، از پانویس برای نوشتن معادل انگلیسی استفاده شود. این کار را در اولین کاربرد معادل‌های پارسی انجام دهید. دقت کنید تمام علامت‌ها مثل نقطه، ویرگول، نقطه ویرگول، دونقطه و علامت سوال باید به کلمه قبل از خود چسبیده باشند و از کلمه بعدی تنها به اندازه یک فضای خالی فاصله وجود داشته باشد.

در افعال حال و گذشته استمراری باید دقت شود که "می" از جزء بعدی فعل جدا نماند. برای این منظور از فاصله متصل استفاده کنید. برای نوشتن فاصله متصل کلید کنترل^{۱۱} را به همراه کلید- فشار دهید. همچنین دقت شود که جزء می و جزء بعدی فعل بصورت یکپارچه نوشته نشود. بنابراین "می شود" و "میشود" اشتباه و درست آن "می‌شود" است. در مورد "ها"ی جمع نیز دقت کنید که از کلمه جمع بسته شده جدا نوشته شود؛ مگر در کلمات تک هجایی مثل آنها. برای جدانویسی نیز از فاصله متصل استفاده کنید. مثلاً "پردازنده‌ها" را بصورت "پردازنده‌ها" بنویسید. در مورد کلمات حاوی همزه برای نمونه به املای کلمات "مسأله"، "منشأ"، "رئیس"، و "مسؤول" دقت کنید. همچنین، همزه در انتهای کلماتی که به الف ختم می‌شوند، نوشته نمی‌شود و در صورت اضافه شدن به کلمه بعدی، از "ی" استفاده می‌شود، به عنوان مثال "اجرا شده" و "اجرای برنامه". در متن از اعداد پارسی استفاده کنید.

۸- شکل‌ها و جدول‌ها

تمامی شکل‌ها و جدول‌ها باید دارای عنوان باشند. عنوان شکل‌ها در زیر شکل و عنوان جدول‌ها در بالای جدول قرار می‌گیرند. بعنوان مثال به جدول ۱ مراجعه نمایید. در صورتی که از شکل‌ها یا جدول‌های سایر منابع استفاده شود، باید مرجع در انتهای عنوان شکل یا جدول ذکر شود. برای نوشتن عنوان شکل یا جدول از سبک جدول یا شکل استفاده کنید. هر شکل یا جدول باید دارای یک شماره باشد که برای هر کدام از ۱ شروع می‌شود. در هنگام ارجاع به شکل یا جدول از شماره آن استفاده کنید و از بکار بردن عباراتی همچون «شکل زیر» خودداری نمایید. تمام جدول‌ها و شکل‌ها باید در متن مورد ارجاع قرار گیرند. یک جدول یا شکل نباید قبل از ارجاع در متن ظاهر شود. بهتر است شکل‌ها با فاصله یک سطر از متن جدا شوند و به صورت وسط‌چین درج شوند.



شکل ۱: محل سبک‌ها در نرم افزار ورد.

شکل ۱ نمونه‌ای از چنین تنظیمی را نشان می‌دهد. لطفا عنوان جداول و اشکال به صورت بالا بنویسید. شماره شکل به کلمه چسبیده باشد و یک فاصله تا دو نقطه داشته باشد، عنوان نیز یک فاصله بعد از دو نقطه داشته باشد، در انتها نقطه قرار گیرد.

^{۱۱} Ctrl

۹- روابط و عبارات ریاضی

برای نوشتن روابط و عبارات ریاضی بهتر است از ابزار ویرایشگر معادلات^{۱۲} در نرم افزار ورد استفاده شود. برای هر رابطه ریاضی باید یک شماره در نظر گرفته شود. لطفاً از کپی کردن روابط به صورت عکس پرهیز کنید. این شماره را در داخل دو کمان^{۱۳} و بصورت راست چین قرار دهید. تمام متغیرها، پارامترها، و نمادهای یک عبارت ریاضی باید تعریف شوند. اگر قبل از نوشتن رابطه ریاضی این کار انجام نشده باشد، باید بلافاصله پس از رابطه ریاضی این تعاریف بیان شوند. مانند:

$$VOW_w = a_1 \times 10^{-1} + a_2 \times 10^{-2} + a_n \times 10^{-n} \quad (1)$$

که در آن VOW_w مقدار پیمایش و a_i وزن یال پیمایشی روی گراف است. اگر تعداد متغیرها و پارامترها برای تعریف در ادامه متن زیاد باشد، از فهرست علائم در بخش ضمایم استفاده و یا بصورت فهرست در زیر رابطه تعریف شود.

برای نوشتن روابط ریاضی می توان بدون بکارگیری ابزار ویرایشگر معادلات، از بالانویسی^{۱۴}، زیر نویسی^{۱۵} و نمادهای یونانی بهره گرفت. این روش بیشتر برای ارجاع به متغیرها در متن مناسب است. این روش موجب می شود که فاصله سطرها به دلیل عدم استفاده از ابزار فرمول نویسی زیاد نشود و تنظیمات صفحه بهم نریزد.

در صورتی که یک رابطه ریاضی طولانی باشد و در یک سطر جا نشود، می توان آن را در دو یا چند سطر نوشت. در این حالت باید سطرهای دوم به بعد با تورفتگی شروع شوند. همچنین می توان شماره آن را نیز در یک سطر مستقل نوشت. رابطه ریاضی (۲) را ببینید.

$$\begin{aligned} P_Y &= P_{.a_1} \times P_{a_1 a_2} \times \dots \times P_{a_{n-1} a_n} \\ &= P_{.a_1} \prod_{i=2}^n P_{a_{i-1} a_i} \end{aligned} \quad (2)$$

یک رابطه ریاضی یا عبارت ریاضی حتماً باید بعد از ارجاع آن در متن ظاهر شود.

۱۰- نتیجه گیری

در بخش نتیجه، نکات مهم و نتایج به دست آمده توضیح داده می شوند. همچنین در این بخش باید سهم علمی مقاله بصورت واضح بیان شود. هرگز عین مطالب چکیده در این بخش تکرار نشود. نتیجه می تواند به کاربردها و اهمیت پژوهش انجام شده اشاره کند؛ نکات مبهم و معایب روش جدید مطرح شود و یا گسترش موضوع بحث را به زمینه های دیگر پیشنهاد دهد.

سپاسگزاری

بخش سپاسگزاری در صورت نیاز بصورت کوتاه و در یک بند آماده شود. بخش سپاسگزاری دارای شماره نیست بنابراین عنوان این بخش با سبک عناوین بدون شماره نوشته شود. به طور مثال: نویسندگان این مقاله از هم فکری تمام اعضای کمیته علمی انجمن مهندسی سازه ایران کمال سپاسگزاری را دارند.

^{۱۲} Equation Editor

^{۱۳} Parentheses

^{۱۴} Superscript

^{۱۵} Subscript

مراجع

بخش مراجع در انتهای مقاله قرار گیرد و عنوان آن دارای شماره نیست. تمام مراجع حتماً باید در متن مقاله مورد ارجاع واقع شده باشند.

برای منابع و مراجع استفاده از روش (APA) مجاز است.

منابع فارسی نیز به انگلیسی ترجمه و درج گردند. ذکر منابع فارسی سبب عدم بررسی می گردد. در انتهای درج انگلیسی عبارت Persian درج گردد.

(در صورتی که فرمت نوشتن مراجع رعایت نشود، مقاله شما مورد بررسی قرار نمی گیرد).

روش (APA):

روش ارجاع داخل متون (APA) باشد، یعنی منابع مورد استفاده در متن به این صورت درج شود:
- نام خانوادگی نویسنده یا نویسندگان، تاریخ انتشار (مظفر، ۱۳۷۵).

- فهرست منابع در آخر مقاله بر حسب حروف الفبایی نام خانوادگی نویسنده، به شکل زیر تنظیم گردد:
- الف) کتاب: نام خانوادگی و نام نویسنده، سال انتشار، نام کتاب، نام مترجم، محل انتشار، نام ناشر، شماره چاپ، تاریخ انتشار، شماره جلد.
- ب) مقاله: نام خانوادگی و نام نویسنده، سال انتشار، عنوان مقاله، نام نشریه، محل انتشار، شماره مجله و شماره صفحات.
- ج) مجموعه مقالات: نام خانوادگی و نام نویسنده، سال انتشار، عنوان مقاله، نام و نام خانوادگی گردآورنده، عنوان مجموعه مقالات، سال، شماره صفحات.
- د) پی‌نوشت‌های توضیحی در پایان همان صفحه آورده شود.



Investigation of environmental factors affecting drivers' urban accidents

Mahdi Montazer Saheb^{۱*}

Master student, Payame Noor University, North Tehran, Tehran, Iran

Email:

mraser1400@gmail.com

ABSTRACT

Driving in adverse environmental conditions is a challenge that accounts for a large proportion of deaths due to traffic accidents. The purpose of this article is to investigate the environmental factors affecting drivers' urban accidents. This article has been done by descriptive-analytical method and the results of this article show that factors such as: snow, rain, foggy weather, geometry of the place, and the type of area cause more cracks. Due to the focus of the traffic police on human factors and the application of the law and regulations on traffic and the relative control of human factors, this vacuum is felt in the country that policies and planning pay more attention to natural factors. They are effective in traffic accidents so that they can design corrections on the most influential factors. Improving the physical environment in driving will make the efforts of the country's traffic police to control the severity of injuries more visible.

Keywords: Accidents, traffic, environmental parameters, road accidents

All rights reserved to Civil & Project Journal.



www.cpjournals.com

نشریه عمران و پروژه
Civil & Project Journal (CPJ)

بررسی عوامل محیطی موثر بر تصادفات درون شهری رانندگان

مهدی منتظر صاحب^{*۱}

^{*} ۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشگاه پیام نور تهران شمال، تهران، ایران

پست الکترونیکی:

mrazer1400@gmail.com

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۲/۳۱

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۲/۱۹

چکیده

رانندگی در شرایط نامناسب محیطی یک چالش است که سهم بزرگی از مرگ و میر ناشی از حوادث ترافیکی را به خود اختصاص داده است. هدف این مقاله بررسی عوامل محیطی موثر بر تصادفات درون شهری رانندگان می باشد. این مقاله با روش توصیفی تحلیلی انجام شده است و نتایج حاصل از این مقاله نشان می دهد که عواملی مانند: برف، باران، هوای مه آلود، هندسه محل، و نوع منطقه موجب بروز تصادفات بیشتر می شود. با توجه به تمرکز پلیس راهنمایی و رانندگی به عوامل انسانی و اعمال قانون و مقررات راهنمایی و رانندگی و کنترل نسبی عوامل انسانی، این خلاء در کشور احساس می شود که سیاست گذاری ها و برنامه ریزی ها توجه بیشتری به عوامل طبیعی موثر بر سوانح ترافیکی مبذول دارند تا بتوانند اصلاحاتی را روی اثرگذارترین عوامل، طراحی نمایند. اصلاح محیط فیزیکی در رانندگی موجب می شوند تلاش پلیس راهنمایی و رانندگی کشور در کنترل شدت مصدومیت نمود بیشتری داشته باشد.

کلید واژه: تصادف، درون شهری، عوامل محیطی، طرح هندسی راه، عوامل محیطی

۱. مقدمه

سوانح ترافیکی از مهم‌ترین مسایل بهداشت عمومی است (دتیسون و همکاران، ۲۰۱۱). بر اساس پیش‌بینی پروژه بار بیماری سازمان جهانی بهداشت، سوانح ترافیکی می‌تواند به عنوان سومین علت مرگ و ناتوانی در سال ۲۰۲۰ رتبه‌بندی شد (هیدر و همکاران، ۲۰۰۶).

حوادث ترافیکی پیامدهای پیچیده‌ای هستند که ناشی از عوامل خطر انسانی، تکنیکی و شرایط محیطی‌اند. هنگامی که یک تصادف با هر پیامدی (فوت، جرح، خسارت) رخ می‌دهد، توجه به سوی تعیین مقصر است که نتیجه آن عمدتاً پیگردهای مالی و قانونی را برای مقصر در پی خواهد داشت (خسروی و سوری، ۱۳۹۰).

عوامل محیطی، انسانی و وسایط نقلیه در رخداد سوانح ترافیکی نقش مهمی را در قبل، حین و بعد از سانحه بازی می‌کنند که باید این عوامل در بروز سوانح مورد بررسی قرار گیرند (سینگ و همکاران، ۲۰۱۱).

علت سوانح ترافیکی، تاثیر پیچیده عوامل خطر متعدد شامل: ویژگی‌های فردی (مانند جنس، سن)، وسیله نقلیه (نوع وسیله نقلیه)، شرایط آب و هوایی و طراحی جاده و عوامل دیگر مانند نوع برخورد است (چانگ و همکاران، ۱۹۹۳).

رانندگی در شرایط نامناسب محیطی یک چالش است که سهم بزرگی از کشندگی حوادث ترافیکی را به خود اختصاص داده است. تعامل فاکتورهای هندسه محل، شرایط آب و هوایی، وضعیت روشنایی، سطح جاده و نوع منطقه خطر تصادفات را به شدت افزایش می‌دهد (خسرو شادمانی و همکاران، ۱۳۹۱). با توجه به اهمیت این مساله، از این‌رو در این مقاله ما برآنیم که این مساله را مورد توجه بیشتر قرار دهیم. ادامه این مقاله شامل بخش‌های: مبانی نظری و پیشینه‌ی تحقیق، روش تحقیق، یافته‌های تجربی و نتیجه‌گیری می‌باشد.

۲. مبانی نظری و پیشینه‌ی تحقیق

۲-۱ مفهوم تصادف رانندگی

تصادف رانندگی و به زبان فارسی دری «حادثه ترافیکی» به حادثه‌ی ترافیک خیابانی یا جاده‌ای می‌گویند که در آن دست کم یک وسیله‌ی نقلیه‌ی خیابانی با یک وسیله‌ی نقلیه‌ی دیگر، یا با یک کاربر (استفاده‌کننده) راه دیگر، یا یک جسم ثابت در کنار جاده، و یا با خودرو دیگر که معمولاً آسیب مالی یا جانی در پی دارد، برخورد کرده باشد. تصادفات یکی از عوامل اصلی مرگ در کشورهای جهان می‌باشد (دانشنامه‌ی آزاد ویکی‌پدیا، ۱۳۹۹).

۲-۲ عوامل موثر بر تصادفات

به عنوان یک قاعده کلی سه عامل مهم در حوادث رانندگی نقش اساسی دارند که عبارتند از: انسان، وسیله نقلیه، راه و محیط. عامل انسان مطالعات نشان داده در ۹۵ درصد از کلیه تصادفات ترافیکی، اشتباهات انسان دخیل است، بنابراین آنچه اهمیت بیشتری می‌یابد، شناخت هر چه بیشتر عامل انسان است که به نوبه خود مجموعه قابل توجهی از عوامل را در بر می‌گیرد و در

گروه های سنی مختلف موضوعات قابل تاملی را مطرح می کنند. در مورد افراد یک جامعه، مؤثرترین راه پیشگیری از تصادفات، اصلاح رفتارهای پر خطر ترافیکی و مهارت های رانندگی افراد از طریق آموزش و اجرای برنامه های آموزشی و فرهنگی است. البته مسئله تمایز ایمنی ترافیک کودکان از بزرگسالان نیز مطرح است چرا که کودکان به سهولت نمی توانند درک کنند که چه چیزهایی برای تامین ایمنی آنها مهم است، آنها معمولاً یاد نگرفته اند هنگام عبور از خیابان به هر دو طرف نگاه کنند و نمی دانند هنگام مواجهه با خطر چه واکنشی باید نشان دهند. در زمینه آموزش، فرآیند یادگیری دامنه گسترده ای را ایجاب می کند که باید به طور تدریجی طی سال ها متمادی صورت گیرد زیرا کودکان به تدریج فرا می گیرند و این روند از وضعیت های ترافیکی ساده آغاز می شود و با رشد کودکان و یادگیری عمقی آنها نوبت به مسایل پیچیده تر می رسد. علاوه بر این، نگرش بزرگسالان نیز باید اصلاح شود به این معنی که ضمن افزایش آگاهی آنان از مسایل ترافیکی، محدودیت های کودکان نیز باید به آنان القا شود (احدی و همکاران، ۱۳۹۸).

نتیجه یک مطالعه نشان داده است اگر ایمنی رانندگان گروه سنی ۱۸ تا ۲۴ ساله مطابق ایمنی رانندگان گروه سنی ۲۵ ساله یا بالاتر باشد، سالانه از تصادفات منجر به جرح، ۲۸۰۰ فقره کاسته می شود. همچنین قبل از اینکه یک راننده تازه کار به یک راننده به اصطلاح ایمن تبدیل شود باید به طور مرتب مسافتی حدود یکصد هزار کیلومتر را در مدت شش سال رانندگی کند. در میان بزرگسالان عوامل متعددی زمینه ساز بروز تصادفات می شوند که از جمله: الکل و دارو، رانندگی در سرعت بالا، کپهولت، خستگی و بیماری. در جوامعی که با مصرف مشروبات الکلی مواجه هستند، تأثیرات زیانبار آن ایمنی ترافیک را مخدوش می کند. آزمایش های رانندگی نشان داده است میانگین ۴۲ درصد الکل در خون باعث ۳۲ درصد افت قابلیت رانندگی در وضعیت های بحرانی می شود و افت قابلیت رانندگی در دوز بعد از مصرف مشروبات الکلی ۲۰ درصد است. مصرف دارو در رانندگی عواقب نسبتاً مشابهی را به همراه دارد که باید مورد توجه قرار گیرد. از سایر عوامل انسانی که در بروز تصادف مؤثر هستند، می توان از کپهولت، خستگی و بیماری نام برد. فرآیند افزایش سن، خطر تصادف را بالا می برد که به نوبه خود ناشی از نقصان کارایی اعمال جسمانی و ذهنی است و شامل بر افت شنوایی، افت بینایی و کاهش مدت زمان عکس العمل می شود. خستگی که خواب آلودگی و نهایتاً افت کارایی فرد را به همراه دارد بویژه در شرایط تاریکی هوا یکی از دلایل وقوع تصادف است که در مسافت های طولانی و نیز در شرایطی که یکنواختی بر مسیرها حاکم است، قابل مشاهده است. بیماری عامل دیگری در افت ادراک و کاهش میزان عکس العمل محسوب می شود. به بیان دیگر در بعضی شرایط عوارض مصرف دارو می تواند به بروز تصادف بینجامد. از سال ۱۹۸۳ در بعضی از کشورها از جمله سوئد به منظور جلب توجه افراد نسبت به عوارض داروهای که ایمنی ترافیک را مخدوش می کند مثلث قرمز رنگی در برجسب داروها چاپ می شود (فانیان و همکاران، ۱۳۸۶).

عامل وسایل نقلیه به ندرت اتفاق می افتد که تصادفی فقط دارای یک علت واسط باشد زیرا هر یک از عناصر سه گانه عبور و مرور یعنی وسیله، راه و انسان، می تواند وضعیتی را ایجاد کند که با ترکیب آن اوضاع و سایر عوامل علت اصلی تصادف شکل گیرد. سهم هر یک از عناصر یادشده در ایجاد تصادف با دیگری تفاوت دارد و به طور کلی می توان گفت به موجب آمارهای موجود سهم وسیله نقلیه در بروز حوادث که به طور عمده با عنوان نقص فنی همراه است اعم از اینکه حادث باشد یا مستمر از سهم راننده و جاده کمتر است. از انواع نواقصی که می تواند در بروز تصادف نقش مؤثری داشته باشد می توان به نقص تایر، جعبه فرمان، ترمزها، نقص چراغ ها و ... اشاره کرد (مشکینی و همکاران، ۱۳۹۲).

عامل محیط و راه عوامل محیطی ترافیک که شامل عرض و شرایط راه، میزان روشنایی راه و حجم ترافیک است، تأثیر بسیاری در خطرات تصادف دارد. به طور کلی این عوامل علل غیر مستقیم تلقی می شوند زیرا بستگی به استفاده کنندگان راه دارد تا با تعدیل رفتار ترافیکی خود با شرایط غالب راه، نحوه رانندگی خود را سازگار کنند. البته برخی اوقات نیز عوامل محیط ترافیک

می تواند عامل مستقیم محسوب شود که این امر در شرایطی مصداق دارد که استفاده کننده از راه نتواند اتفاق منجر به تصادف را پیش بینی کند. از میان عوامل محیط ترافیک که بیش از سایرین در خطرات تصادف متمایز و برجسته است، می توان به دو عامل لغزندگی و تاریکی اشاره کرد. هنگامی که این دو عامل با یکدیگر تلفیق شوند، میزان افزایش خطر تصادف به مراتب بیشتر است (باقری خلیلی و شیخ الاسلامی، ۱۳۹۰). از دیگر عوامل موثر بر تصادفات می توان به موارد زیر اشاره کرد:

- عامل انسانی عامل محیطی عامل فنی و مدیریتی؛
- خستگی و خواب آلودگی؛
- بارش برف و باران؛
- کیفیت راه؛
- نقص عضو مؤثر؛
- باد؛
- وجود پیچ های تند؛
- مصرف مشروبات الکلی و مواد مخدر؛
- گرد و خاک و غبار؛
- عرض کم جاده؛
- بی توجهی به مقررات؛
- دما و یخبندان؛
- نقص فنی خودرو؛
- عجله و شتاب بی مورد؛
- مه گرفتگی؛
- فرسوده بودن خودرو؛
- عدم تشخیص سهم عبور سایرین؛
- عدم ترویج و آموزش؛
- تخلف عمدی کافی؛
- ضعف ناشی از کحولت سن؛
- عدم نصب علائم کافی؛
- نبستن کمربند در جاده ها؛
- انجام دادن کارهای حاشیه ای هنگام؛
- عدم تنظیم باد لاستیک؛
- رانندگی (صحبت کردن با موبایل) های خودرو (همان).

۲-۳ مستندات قانونی مرتبط به تصادفات

الف - قانون احکام دائمی برنامه‌های توسعه کشور

ماده ۳۰- بند ج: به منظور بهره‌برداری بهینه از ظرفیت‌ها و موقعیت‌های جغرافیایی کشور

۱- وزارت راه و شهرسازی با هماهنگی و مشارکت مرکز آمار ایران موظف است نسبت به ایجاد بانک جامع حمل و نقل کشور و استقرار سامانه اطلاعات جامع حوادث و سوانح حمل و نقل که دربرگیرنده اطلاعات دریافتی از پلیس، بخش بهداشت و درمان کشور، سازمان‌های راهداری و حمل و نقل جاده‌ای، هواپیمایی کشوری و بنادر و دریانوردی، شرکت راه آهن و سایر سازمان‌های ذیربط است با هدف جمع‌بندی، شفاف‌سازی و ارائه داده‌ها و اطلاعات صحیح و قابل استفاده در تحلیل و تدوین اهداف و برنامه‌های ملی ایمنی اقدام نماید. گزارش آماری حمل و نقل کشور همه ساله توسط مرکز آمار ایران تدوین و منتشر می‌شود.

۲- دولت موظف است ساز و کارهای قانونی لازم را به منظور کاهش سالانه ده درصد (۱۰٪) از میزان تلفات جانی ناشی از تصادفات رانندگی در جاده‌های کشور فراهم کند.

ب- قانون برنامه پنج‌ساله ششم توسعه اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی جمهوری اسلامی ایران (۱۴۰۰ - ۱۳۹۶)

ماده ۱۶۳- براساس بند "و" ماده ۱۶۳ قانون برنامه پنجم توسعه جمهوری اسلامی ایران، وزارت راه و شهرسازی مکلف به استقرار سامانه اطلاعات جامع حوادث و سوانح حمل و نقل تا پایان سال دوم برنامه با همکاری مرکز آمار ایران بوده است.

ماده ۱۰۸- به منظور ارتقای نظم و امنیت و توسعه پیشگیری و مقابله با جرائم، کنترل مؤثر مرزها و همچنین کاهش تخلفات و حوادث رانندگی اقدامات زیر در طول اجرای قانون برنامه اجرا می‌شود:

الف- ارتقای نظم و ایمنی حمل و نقل و عبور و مرور؛

۱- دولت مکلف است اقدامات و ساز و کار لازم برای کاهش تلفات حوادث رانندگی با تأکید بر تجهیز و تقویت پلیس راهنمایی و رانندگی، ارتقای کیفیت ایمنی وسایط نقلیه، تقویت و تکمیل شبکه‌های امدادرسانی و فوریت‌های پزشکی، اصلاح نقاط حادثه‌خیز جاده‌ای و توسعه فرهنگ ترافیکی را فراهم نماید به نحوی که تلفات حوادث رانندگی نسبت به تعداد ده‌هزار دستگاه خودرو تا پایان اجرای قانون برنامه سی و یک درصد (۳۱٪) کاهش یابد.

۲- تمام معابر اصلی، میادین و بزرگراه‌ها در مراکز استان‌ها و کلان‌شهرها و همچنین جاده‌های اصلی و آزادراه‌ها با نصب، نگهداری و به‌روزرسانی سامانه‌های کنترلی و مراقبتی هوشمند توسط شهرداری‌ها و وزارت راه و شهرسازی تحت پوشش قرار گرفته و این سامانه‌ها و دسترسی لازم آن در اختیار نیروی انتظامی قرار گیرد.

۳- مفاد قانون الحاق سه تبصره به بند (۱۲) ماده (۴) قانون تشکیل نیروی انتظامی مصوب ۱۳۷۹/۲/۱۸ به شهرهای بالای یک میلیون نفر تسری می‌یابد.

ب- به منظور کنترل و مبارزه مؤثر با قاچاق کالا به نیروی انتظامی و گمرک اجازه داده می‌شود نسبت به نصب، راه اندازی و به روزرسانی سامانه‌های کنترل خودرویی بارگنجی (کانتینری) (ایکس‌ری) در مبادی گمرکی، ورودی و خروجی مرزها و ایستگاه‌های

بازرسی و کنترلی ناجا از طریق اشخاص و مؤسسات حقوقی غیر دولتی اقدام نمایند. مدیریت و بهره‌برداری از این سامانه‌ها حسب مورد در اختیار نیروی انتظامی و گمرک است.

به‌منظور تأمین هزینه‌های مربوط به راه‌اندازی، نگهداری و به‌روزرسانی سامانه‌های کنترلی خودرویی بارگنجی (کانتینری) (ایکس ری) و تجهیزات مربوط به آن صاحبان بار یا خودرو مکلفند به هنگام کنترل و صرفاً در مبادی ورودی و خروجی نسبت به پرداخت تعرفه مربوط اقدام کنند. میزان این تعرفه در بودجه سنواتی تعیین می‌شود.

پ- تمام شهرک‌ها و مجتمع‌های اداری، تجاری، مسکونی و صنعتی و همچنین مراکز عمومی مکلفند پیوسته‌های حفاظتی- انتظامی لازم برای ارتقاء امنیت و ایمنی این اماکن و پیشگیری از سرقت را برابر استانداردهای اعلامی نیروی انتظامی رعایت نمایند.

تبصره- آیین‌نامه نحوه اجرای این بند و استانداردهای اعلامی توسط وزارتخانه‌های کشور و راه و شهرسازی با همکاری نیروی انتظامی و شورای عالی استان‌ها تهیه و به تصویب هیئت وزیران می‌رسد.

ت- به نیروی انتظامی اجازه داده می‌شود با تأیید ستاد کل نیروهای مسلح به‌منظور متناسب‌سازی استعداد نیروی انتظامی با نیازهای امنیتی- انتظامی کشور و کاهش فاصله این استعداد با شاخص پنج‌نفر نیرو به ازای هر هزار نفر جمعیت، در طول اجرای برنامه سالانه، پایور مورد نیاز و متناسب با بودجه‌ی سنواتی استخدام و به موجودی خود اضافه نماید.

۲-۴ پیشینه‌ی تحقیق

۲-۴-۱ مطالعات داخلی

حسینی و جهان‌بین، ۱۳۹۸، به بررسی تحلیل فضایی - مکانی تصادفات رانندگی درون شهری با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی و مدل فازی (مطالعه موردی: شهر کرمان) پرداختند. شهر کرمان طی چند دهه اخیر شاهد تحولات زیادی بوده است. این تحولات شامل توسعه فیزیکی، افزایش جمعیت شهری، مهاجرت بی‌رویه، حاشیه نشینی و گسترش افقی شهر با حفظ مرکزیت اداری، اقتصادی و فرهنگی جنوب شرق هستند، اما ایجاد زیر ساخت‌ها به خصوص در بخش حمل و نقل شهری، متناسب با این تحولات صورت نپذیرفته است. تحقیق حاضر با درک اهمیت موضوع و با توجه به جایگاه شهر کرمان و عدم مطالعات منسجم در این خصوص سعی دارد با استفاده از فناوری GIS و مدل فازی به بررسی و تحلیل پراکندگی تصادفات شهر کرمان و اولویت بندی مناطق حادثه خیز اقدام نماید. نوع پژوهش، کاربردی و با توجه به ماهیت موضوع، روش پژوهش، توصیفی - تحلیلی است. روش گردآوری داده‌ها به صورت ترکیبی مبتنی بر اسنادی و پیمایشی است. بر این اساس فاکتورهای مهم که پس از تلفیق و ترکیب داده‌ها در محیط GIS ابتدا نقشه پراکندگی تصادفات رانندگی شهر کرمان مشخص گردید و سپس با وزن دهی به فاکتورها مناطق حادثه خیز شهر کرمان مشخص گردید. بر این اساس به ترتیب سه محدوده میدان آزادی، خیابان مطهری و جهاد بیشترین مناطق مستعد تصادفات درون شهری می‌باشند که با توجه به انجام پروژه‌های روان‌سازی ترافیک در میدان آزادی، محور خیابان مطهری (پارک مطهری تا سه راه طالقانی) به عنوان محور با بیشترین تصادفات انتخاب گردید. هدف اصلی این تحقیق تأکید بر تعداد کلی تصادفات به منظور تشریح مکان‌های حادثه‌خیز و ایجاد مدلی بر حسب شدت و تنوع تصادفات بوده

هسج. جمع بندی نشان می دهد مناطق مرکزی شهر به خصوص میدان آزادی، خیابان مطهری و بلوار جهاد بیشترین خطر بروز تصادفات درون شهری را داشته است.

ناعمی و همکاران، ۱۳۹۷، به بررسی عوامل موثر بر تصادفات منجر به مصدومیت درون شهری سبزوار در سال های ۸۹-۹۰ پرداختند. حوادث رانندگی سومین علت مرگ در جهان و دومین علت مرگ و میر در مناطق در حال توسعه می باشد. که در شهرستان بعد از بیماری های قلبی و عروقی همانند الگوی کشوری در رتبه دوم مرگ و میر می باشد. هدف از این پژوهش بررسی عوامل موثر در تصادفات درون شهری می باشد. این مطالعه از نوع طولی می باشد. جامعه آماری کلیه مصدومین بستری شده (۵۵۰ نفر) در بیمارستان شهید دکتر بهشتی سبزوار به علت حوادث ترافیکی درون شهری، از مورخه ۸۹/۳/۱۵ لغایت ۹۰/۳/۱۵ بود از پرسشنامه خود ساخته استفاده شد. برای valid کردن پرسشنامه از نظرات کارشناسان مرکز مدیریت بیماری ها و کارشناسان مرکز کنترل ترافیک استفاده شده و قابلیت اطمینان آن ۹۶/۷ بدست آمد. داده های پژوهش به صورت توصیفی مورد تجزیه و تحلیل و در قالب جداول و نمودارها در قسمت نتایج ارائه گردید. مردان با ۸۷٪ بیشترین فراوانی از نظر جنسیت را دارند. از نظر سنی بیشتر سهم به گروه ۲۰ تا ۴۰ سال با ۴۰ درصد تعلق دارد. بیشترین میزان مصدومین را رانندگان (۶۰٪) تشکیل داد. بیشترین وسیله تاثیرگذار در تصادفات با ۷۳/۴٪ موتور سیکلت بود. ۸۴/۸٪ از سرنشینان خودروها از کمربند ایمنی استفاده نکرده بودند و ۹۲/۵٪ از رانندگان وسایل نقلیه دوچرخ کلاه نداشتند. ۲۷/۱ درصد وسایط نقلیه مورد بررسی سرعت غیر مجاز در سطح شهر داشته اند. ۴۰/۶ درصد رانندگان به هنگام تصادف، قوانین راهنمایی و رانندگی را رعایت نکرده اند و بیشترین درصد تصادفات رانندگی در ساعات ۷ صبح تا ۱۲ ظهر رخ داده است. به منظور کاهش میزان حوادث رانندگی، فرهنگ سازی در بین کودکان و نوجوانان در طولانی مدت و اجرای طرح برخورد با متخلفان حادثه ساز شامل سرعت غیر مجاز، عدم استفاده از کمربند و کلاه ایمنی توصیه می شود.

فیروزی، محمدعلی، مرادی مفرد، سمیرا، ۱۳۹۶، به تحلیل فضایی تصادفات درون شهری با تاکید بر نقش عوامل جوی پرداختند. تصادفات جاده ای از عوامل بسیار مهم مرگ و میر و صدمات شدید جانی و مالی به شمار می آیند و آثار سنگین اجتماعی، فرهنگی و اقتصادی آن جوامع بشری را به شدت مورد تهدید قرار داده است. از میان عواملی که در بروز تصادفات جاده ای نقش دارند، سهم پدیده های اقلیمی چون لغزندگی در سطح جاده، برف، کولاک، مه، بهمن و یخبندان کم نیست. هدف از این مطالعه، تحلیل فضایی تصادفات درون شهری و شناسایی عوامل مکانی- فضایی مؤثر در بروز تصادفات رانندگی شهر زنجان است. پژوهش حاضر به لحاظ نوع، کاربردی و از نظر ماهیت، توصیفی- تحلیلی است. جامعه آماری، کل تصادفات به وقوع پیوسته در سال ۱۳۹۴ است که در پژوهش از کل جامعه آماری به صورت تمام شمار استفاده شده است و نمونه گیری صورت نگرفته است. روش گردآوری اطلاعات با استفاده از روش کتابخانه ای و روش میدانی بوده است. یافته های پژوهش حاکی از این است که تنها در ماه بهمن، همبستگی معناداری در سطح ۹۵٪ با ضریب همبستگی ۴۹۷٪ میان درجه حرارت و وقوع سوانح وجود داشته و در سایر ماه ها همبستگی معنادار و مستقیمی میان دما و میزان تصادفات رخ داده، دیده نشده است. نتایج نشان می دهد که با توجه به بیشترین آمار به دست آمده از میزان سوانح که در ماه شهریور بوده و با در نظر گرفتن نقش مهم ترافیک در بروز تصادفات درون شهری در این ماه، می توان گفت عوامل جوی نقش اصلی و تعیین کننده را نداشته و به عنوان عامل درجه دوم محسوب می شوند.

توکلی و خانجانی، ۱۳۹۵، به بررسی الگوی تصادفات درون شهری با تأکید بر عوامل مؤثر در بروز آن ها در شهر کرمان ۱۳۹۳-۱۳۹۱ پرداختند. مرگ و میر ناشی از سوانح ترافیکی همچنان در کشور یک معضل به حساب می آید و دومین علت مرگ و میر است. شناخت عوامل مؤثر بر بروز این حوادث می تواند به کنترل و کاهش این وقایع کمک کند. این مطالعه باهدف شناخت دقیق تر

عوامل دخیل در تصادفات درون شهری مرکز پهناورترین استان کشور و همچنین الگوی رخداد این تصادفات انجام شد. در این مطالعه مقطعی همه تصادفات درون شهری ثبت شده توسط پلیس راهنمایی و رانندگی کرمان طی سال‌های ۹۱ تا ۹۳ برای بررسی در نظر گرفته شدند. داده‌ها به صورت توصیفی و با استفاده از روش کای دو در نرم افزار SPSS نسخه ۲۲ و سری زمانی در نرم افزار Minitab نسخه ۱۷ مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. در مجموع ۱۲۷۳۳۵ مورد تصادف ثبت شده وارد مطالعه شد. بیشترین سن راننده‌های مقصر ۱۸ تا ۲۵ سال (۲/۲۴٪)، بیشترین رده‌ی تحصیلی دیپلم (۹/۶۰٪)، بیشترین جنسیت مرد (۶/۸۶٪)، بیشترین علت ثبت شده عدم توجه به جلو (۲/۳۸٪)، بیشترین وسیله نقلیه‌ی درگیر سواری (۴/۷۲٪)، بیشترین نوع برخورد وسیله نقلیه با یک وسیله نقلیه دیگر (۴/۳۶٪) و بیشترین تصادفات در روز (۳/۷۰٪) اتفاق افتاده بود. بروز تصادفات با همه این متغیرها رابطه معنی‌داری نشان داد ($P > 0.01$). راننده‌های مرد و جوان بیشتر در بروز تصادفات نقش داشتند. انجام بررسی‌های بیشتر و اختصاصاً برای تعیین سهم هر یک از عوامل خطر ساز و پیشگیرانه در بروز این سوانح و ارائه راهکارهای کلی لازم است.

مشکینی و همکاران، ۱۳۹۳، به بررسی عوامل موثر در افزایش تصادفات درون شهری و ارائه راهکارهایی جهت کاهش آن (مطالعه موردی: شهر زنجان) پرداختند. تصادف‌های ترافیکی یکی از عوامل بسیار مهم مرگ و میر و صدمات جانی و مالی بوده و آثار سنگین اجتماعی فرهنگی و اقتصادی آن، جوامع بشری را به شدت تحت تأثیر قرار داده است. در کشور ما نیز این مسئله به صورت یک معضل و مشکل درآمده است به گونه‌ای که ایران به لحاظ تصادفها و سوانح جاده‌ای و ترافیکی به عنوان یکی از کشورهای دارای بیشترین موارد تصادف و مرگ و میر ناشی از آن معرفی شده است. با توجه به این مسئله هدف این تحقیق بررسی علل تصادفات در شهر زنجان و ارائه‌ی راهکارهایی برای کاهش آن می باشد. روش تحقیق توصیفی-تحلیلی و جامعه‌ی آماری تصادفات رخ داده طی سال ۱۳۹۰، در شهر زنجان می باشد که داده‌های این پژوهش با مراجعه به سازمان حمل و نقل و ترافیک شهرداری زنجان گردآوری شده است. نتایج نشان می دهد از مجموع ۱۸۶۹ مورد تصادفات اتفاق افتاده در سال ۱۳۹۰ در شهر زنجان، در حدود ۱۶۸۰ مورد یعنی حدود ۹۰ درصد تصادفات عوامل انسانی تأثیر گذار بوده و در مقابل تنها در ۷۲ مورد یعنی حدود ۳.۸۵ درصد عوامل محیطی و در ۱۱۷ مورد یعنی ۶.۱۵ درصد عوامل فنی و مدیریتی دخیل بوده اند. این تصادفات در مجموع باعث کشته شدن ۶ نفر و مجروح شدن ۲۹۰۱ نفر شده است و ۵۴۲. مورد نیز باعث وارد شدن خسارات سنگین شده است. بیشتر این تصادفات در تقاطع تربیت و سپس میدان جهاد و همچنین بلوار مهدوی صورت گرفته اند و این محدوده‌ها به عنوان نقاط حادثه‌خیز مشخص شده اند.

۲-۴-۲ مطالعات خارجی

سان^۱ و همکاران، ۲۰۱۹، به بررسی خصوصیات زمانی مکانی حوادث ترافیکی تونل در چین از سال ۲۰۰۱ تاکنون پرداختند. در روند ساخت تونل اغلب خطرات بیشتری وجود دارد و به دلیل ویژگی‌های غیر قابل پیش بینی تونل، خطرات حین کار تونل نیز زیاد است. با توجه به رشد قابل توجه TTAs طی سالهای اخیر، مسائل ایمنی حوادث رانندگی تونل (TTA) به موضوعی گسترده در چین تبدیل شده است. این مطالعه ۲۷۰۳ TTA را که از سال ۲۰۰۱ تا امروز در تونل‌های بزرگراه چین اتفاق افتاده مورد بررسی قرار داد. مجموعه داده‌های این تصادفات برای تعیین ویژگی‌های زمانی و مکانی حوادث رانندگی و همچنین منبع توزیع حوادث رانندگی در تونل‌های بزرگراه به تفصیل مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. طبق نتایج تجزیه و تحلیل، ۵۸٪ TTA ها در مناطق ورودی و خروجی اتفاق افتاده است و حادثه‌انتهای عقب شایعترین حادثه است. علاوه بر این، جشنواره‌های ویژه به ویژه در طول جشنواره بهار چین در معرض حوادث رانندگی هستند. برای کاهش حوادث، خدمات ویژه ترافیکی باید در دوره‌های کلیدی انجام شود، بخشهای بهره‌بردار از تونل بزرگراه باید قوانین مدیریت را بهبود بخشند و به همه رانندگان باید آموزش داده شود که هنگام ورود به تونل دقت بیشتری داشته باشند.

^۱ Sun

پودپریگورا^۲، ۲۰۱۷، به بررسی روش‌های ارزیابی تأثیر عوامل عملیاتی بر کارایی سیستم ترمز در بررسی سوانح رانندگی پرداختند. این مقاله به بررسی برخی از عوامل عملیاتی تأثیرگذار بر زمان پاسخگویی سیستم ترمز و اثبات نیاز به بررسی آنها در بازسازی و بررسی سوانح رانندگی اختصاص دارد. هدف این مقاله انتشار پیشنهاداتی برای بهبود روش ارزیابی سوانح رانندگی (TA) با در نظر گرفتن عوامل عملیاتی اضافی است که باعث افزایش زمان ترمز و طول فاصله توقف وسیله نقلیه مجهز به درایو ترمز هیدرولیکی می‌شود. آزمایشات ثابت کرده است که نظم در تأثیر دمای جوش روغن ترمز بر کل زمان پاسخگویی سیستم ترمز وجود دارد. یک ضریب محاسبه و اثبات شده است که این تأثیر را در مقادیر زمان ترمز طراحی شده و فاصله توقف خودرو در نظر می‌گیرد.

لو^۳ و همکاران، ۲۰۱۶، به بررسی عوامل خطر موثر بر شدت حوادث رانندگی در تونل عبور از رودخانه شانگهای پرداختند. با افزایش حجم ترافیک و توسعه شهری، تعداد بیشتری تونل زیرزمینی ساخته شده است تا درگیری بین زمین‌های پرتلاطم و ترافیک سنگین را از بین ببرد. با این وجود، هرچه تونل‌های طولانی‌تری ساخته می‌شوند، ایمنی ترافیک تونل به طور جدی تری جدی می‌شود. بنابراین، دستیابی به پیامدها و تأثیرات آنها ضروری است. این مطالعه ۴۵۳۹ حادثه رانندگی را که در ۱۴ تونل عبور از رودخانه شانگهای برای دوره ۲۰۱۱-۲۰۱۲ اتفاق افتاده بررسی کرده و ارتباط بین عوامل بالقوه و شدت آسیب تصادف را تحلیل می‌کند. یک مدل logit سفارش داده شده برای بررسی ارتباط بین عوامل بالقوه و شدت آسیب تصادف ایجاد شده است. نتایج نشان می‌دهد که افزایش شدت آسیب دیدگی با رانندگان مرد، رانندگان ۶۵ ساله یا بالاتر، زمان تصادف از نیمه شب تا سحر، تعطیلات آخر هفته، سطح جاده مرطوب، وسایل نقلیه کالایی، ۳ وسیله نقلیه یا بیشتر، ۴ خط یا بیشتر، محدودیت سرعت متوسط (۵۰-۷۹ کیلومتر در ساعت)، منطقه ۳، تونل‌های بسیار طولانی (بیش از ۳۰۰۰ متر) و حداکثر شیب طولی. هدف این مقاله ارائه اطلاعات مفید برای مهندسان جهت توسعه مداخلات و اقدامات متقابل برای بهبود ایمنی تونل در چین است.

۳. روش تحقیق

تحقیق حاضر با استفاده از روش تحلیلی- توصیفی انجام شده است. در این روش به بررسی چپستی و چرایی مسالهی مورد نظر پرداخته می‌شود. اطلاعات حاصل از این تحقیق با استفاده از روش اسنادی- کتابخانه‌ای و از کتب، مقالات و وبسایت- های معتبر علمی استخراج شده‌اند.

۴. یافته‌های تجربی تحقیق

مطالعات گذشته نشان داده‌اند که در بین عوامل محیطی نقص جاده بیشترین مرگ را در بین محورهایدرون شهری به همراه دارند. بیشترین شانس مرگ در مورد شرایط آب و هوایی در محوره‌های درون شهری مربوط به هوای طوفانی و غبار آلود و هوای ابری و برفی می‌باشد. آب و هوای بارانی و برف نیز از جمله این موارد است که به دلیل لغزنده بودن جاده‌ها همه-ساله موجب مرگ بسیاری از رانندگان می‌شوند. بطور مثال، بررسی صدمات شدید در ایالت واشنگتن نشان داد که سطح جاده یخی و بارانی احتمال تصادفات شدید را کاهش می‌دهد (لی^۴ و همکاران، ۲۰۰۷). در مطالعه‌ی دیگری نشان داده شده است که هوای مه آلود به دلیل کاهش دید و کاهش نور، تعداد تصادفات و کشندگی از تصادفات را افزایش می‌دهد (فریدستروم^۵ و همکاران، ۱۹۹۵).

^۲ Podoprigora

^۳ Lu

^۴ Li

^۵ Fridstrøm

ژانگ بیان می‌کند که شدت آسیب ناشی از حوادث ترافیکی در تصادفات واقع در پیچ‌ها و شیب‌ها بیشتر بوده و وجود پیچ در جاده با افزایش ۶/۴٪ آسیب در افراد همراه است (ژانگ و همکاران، ۲۰۰۰).

خسروی شادمانی و همکاران (۱۳۹۱) نیز تعامل فاکتورهای هندسه محل، شرایط آب و هوایی، وضعیت روشنایی، سطح جاده و نوع منطقه را موجب افزایش تصادفات درون شهری می‌دانند (خسروی شادمانی و همکاران، ۱۳۹۱).

۵. نتیجه‌گیری

سوانح ترافیکی از مهم‌ترین مسایل بهداشت عمومی است. بر اساس پیش‌بینی پروژه بار بیماری سازمان جهانی بهداشت، سوانح ترافیکی می‌تواند به عنوان سومین علت مرگ و ناتوانی در سال ۲۰۲۰ رتبه‌بندی شد. حوادث ترافیکی پیامدهای پیچیده‌ای هستند که ناشی از عوامل خطر انسانی، تکنیکی و شرایط محیطی‌اند. هنگامی که یک تصادف با هر پیامدی (فوت، جرح، خسارت) رخ می‌دهد، توجه به سوی تعیین مقصر است که نتیجه آن عمدتاً پیگردهای مالی و قانونی را برای مقصر در پی خواهد داشت. در این تحقیق ما به بررسی عوامل محیطی مربوط به این تصادفات پرداخته ایم. عوامل مانند: برف، باران، هوای مه‌آلود، هندسه محل، و نوع منطقه موجب بروز تصادفات بیشتر می‌شود. با توجه به تمرکز پلیس راهنمایی و رانندگی به عوامل انسانی و اعمال قانون و مقررات راهنمایی و رانندگی و کنترل نسبی عوامل انسانی، این خلا در کشور احساس می‌شود که سیاست‌گذاری‌ها و برنامه‌ریزی‌ها توجه بیشتری به عوامل طبیعی موثر بر سوانح ترافیکی مبذول دارند تا بتوانند مداخلاتی را روی اثرگذارترین عوامل طراحی نمایند. اصلاح محیط فیزیکی در رانندگی موجب می‌شوند تلاش پلیس راهنمایی و رانندگی کشور در کنترل شدت مصدومیت نمود بیشتری داشته باشد.

۶. منابع

- احدی، محمدرضا، بهزاد بصیرت، شهریار، حیدرپور، مهدی، ۱۳۹۸، اولویت‌بندی راهکارهای کاهش تصادفات عابران پیاده (مطالعه‌ی موردی شهر خوی)، فصلنامه علمی راهور، سال ۸، شماره ۲۰، ص ۱۹۱-۲۱۲.
- باقری خلیلی، فاطمه، شیخ الاسلامی، عبدالرضا، ۱۳۹۰، تحلیلی بر تحقیقات انجام شده عوامل موثر بر وقوع تصادفات در راه‌های برون شهری، مجله راهور، سال هشتم، شماره ۱۵.
- توکلی، لیلا، خانجانی، نرگس، ۱۳۹۵، الگوی تصادفات درون شهری با تاکید بر عوامل موثر در بروز آن‌ها در شهر کرمان ۱۳۹۱-۱۳۹۳، مجله ارتقای ایمنی و پیشگیری از مصدومیت‌ها، دوره ۴، شماره ۲، ص ۱۰۱-۱۰۸.
- حسینی، ویدا، جهان‌بین، نیما، ۱۳۹۸، بررسی تحلیل فضایی - مکانی تصادفات رانندگی درون شهری با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی و مدل فازی (مطالعه موردی: شهر کرمان)، مقاله علمی- پژوهشی، دوره ۶، شماره ۱، شماره پیاپی ۱۴، ص ۵۷-۷۰.
- فانیان، حسین، قادی پاشا، مسعود، قدوسی، آرش، عابدی، محمد حسن، فرج زادگان، زیبا، کاظمی رباطی، عاطفه، ۱۳۸۶، بررسی اپیدمیولوژیک حوادث رانندگی در استان اصفهان در سال‌های ۱۳۸۱-۱۳۸۲، مجله علمی پزشکی قانونی، دوره ۱۳، شماره ۲، ص ۸۷-۹۱.
- فیروزی، محمدعلی، مرادی مفرد، سمیرا، ۱۳۹۶، تحلیل فضایی تصادفات درون شهری با تاکید بر نقش عوامل جوی، فصلنامه علمی مطالعات مدیریت ترافیک، دوره ۱، شماره ۴۶، ص ۱-۲۶.

^۶ Zhang

مشکینی، ابوالفضل، غلامحسین، رحیم، زادولی خواجه، شاهرخ، ۱۳۹۳، بررسی عوامل موثر در افزایش تصادفات درون شهری و ارائه راهکارهایی جهت کاهش آن (مطالعه موردی: شهر زنجان)، سومین کنفرانس ملی تصادفات جاده‌ای، سوانح ریلی و هوایی، زنجان.

مشکینی، ابوالفضل، غلامحسین، رحیم، زادولی خواجه، شاهرخ، ۱۳۹۲، بررسی عوامل موثر در افزایش تصادفات درون شهری شهر زنجان، فصلنامه راهور، سال دوم، شماره ۴، ص ۱۱-۳۲.

ناعمی، حسن، قربانی، علیرضا، غضنفری، مجید، کوشباغی، رضا، ۱۳۹۷، بررسی عوامل موثر بر تصادفات منجر به مصدومیت درون شهری سبزوار در سال‌های ۸۹-۹۰، دوره ۲، شماره ۱، ص ۱۶۱-۱۶۷.

Ditsuwan, V., Veerman, L. J., Barendregt, J. J., Bertram, M., & Vos, T. (۲۰۱۱). The national burden of road traffic injuries in Thailand. *Population health metrics*, ۹(۱), ۱-۹.

Fridstrøm, L., Ifver, J., Ingebrigtsen, S., Kulmala, R., & Thomsen, L. K. (۱۹۹۵). Measuring the contribution of randomness, exposure, weather, and daylight to the variation in road accident counts. *Accident Analysis & Prevention*, ۲۹(۱), ۱-۲۰.

Hyder, A. A., Amach, O. H., Garg, N., & Labinjo, M. T. (۲۰۰۶). Estimating the burden of road traffic injuries among children and adolescents in urban South Asia. *Health policy*, ۷۸(۲), ۱۲۹-۱۳۹.

Li, Y. M. (۲۰۰۷). Road traffic casualties and risky driving behavior in Hualien County, ۲۰۰۱-۲۰۰۵. *Tzu Chi Medical Journal*, ۱۹(۳), ۱۵۲-۱۵۸.

Lu, J. J., Xing, Y., Wang, C., & Cai, X. (۲۰۱۶). Risk factors affecting the severity of traffic accidents at Shanghai river-crossing tunnel. *Traffic injury prevention*, ۱۷(۲), ۱۷۶-۱۸۰.

Podoprigora, N., Dobromirov, V., Pushkarev, A., & Lozhkin, V. (۲۰۱۷). Methods of assessing the influence of operational factors on brake system efficiency in investigating traffic accidents. *Transportation Research Procedia*, ۲۰, ۵۱۶-۵۲۲.

Singh, A., Bhardwaj, A., Pathak, R., & Ahluwalia, S. K. (۲۰۱۱). An epidemiological study of road traffic accident cases at a tertiary care hospital in rural Haryana. *Indian Journal of Community Health*, ۲۲(۲), ۵۳-۵۵.

Sun, H., Wang, Q., Zhang, P., Zhong, Y., & Yue, X. (۲۰۱۹). Spatialtemporal characteristics of tunnel traffic accidents in China from ۲۰۰۱ to present. *Advances in Civil Engineering*, ۲۰۱۹.

Zhang, J., Lindsay, J., Clarke, K., Robbins, G., & Mao, Y. (۲۰۰۰). Factors affecting the severity of motor vehicle traffic crashes involving elderly drivers in Ontario. *Accident Analysis & Prevention*, ۳۲(۱), ۱۱۷-۱۲۵.

www.cpjournals.com**نشریه عمران و پروژه**
Civil & Project Journal (CPJ)

A review of life cycle assessment (LCA) in quantifying environmental impacts of OPC and PFA concrete products

Masod Nabi Javid^{*۱}, Alireza Esparham^۲

^{*۱}- PhD Student in Energy Systems _Energy and Environment, Department of Environmental Engineering,
University of Tehran, Tehran, Iran
Email: mas.javid@ut.ac.ir

^۲- PhD Student in Energy Systems _Energy and Environment, Department of Environmental Engineering,
University of Tehran, Tehran, Iran
Email: alireza.esparham@ut.ac.ir

ABSTRACT

After water, concrete is the most widely used material in the construction industry due to its special properties. However, the Portland cement production process has major environmental disadvantages, resulting ۸٪ of global CO_۲ emissions (۴ billion tons per year). Therefore, the need to use an alternative to Portland cement seems necessary. In recent years, geopolymers have been proposed as a new and environmentally friendly cement agent to replace Portland cement. Geopolymers are chains or networks of mineral molecules that are attached by covalent bonds, and are composed of a combination of two main parts, the aluminosilicate source (by-products) and the alkaline activating solution. They can exhibit outstanding technical properties such as high mechanical strength, good chemical resistance, or high thermal resistance. The use of PFA powdered fuel ash from coal-fired power plants to replace conventional OPC Portland cement has become quite common. Quantifying the environmental benefits of using these materials is difficult. The LCA life cycle assessment method, which is internationally standardized by the ISO ۱۴۰۴۰ series, can be used to quantify the environmental impacts of products and processes. In this review article, the use of LCA method for comparing the environmental impact of OPC precast concrete products with PFA precast concrete products is shown. The four stages of LCA are described in detail and the results of determining the material as a by-product or waste are discussed. An overview of other LCA studies conducted for environmental applications is also provided to determine which of the impact assessment methods is most widely used.

Keywords: LCA life cycle assessment method, CO_۲ emissions, geopolymers concrete, impact assessment
All rights reserved to Civil & Project Journal.



www.cpjournals.com

نشریه عمران و پروژه
Civil & Project Journal (CPJ)

مروری بر ارزیابی چرخه عمر (LCA) در کمی سازی تأثیرات زیست محیطی

محصولات بتنی OPC و PFA

مسعود نبی جاوید^{۱*}، علیرضا اسپرهم^۲

^{۱*} - دانشجوی دکتری مهندسی سیستمهای انرژی _ انرژی و محیط زیست، گروه مهندسی محیط زیست، دانشگاه تهران، تهران، ایران
پست الکترونیکی: mas.javid@ut.ac.ir

^۲ - دانشجوی دکتری مهندسی سیستمهای انرژی _ انرژی و محیط زیست، گروه مهندسی محیط زیست، دانشگاه تهران، تهران، ایران
پست الکترونیکی: alireza.esparham@ut.ac.ir

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۲/۲۶

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۱/۲۶

چکیده

بتن به علت دارا بودن ویژگی های خاص، پرمصرف ترین ماده در صنعت ساخت و ساز بعد از آب است. اما فرآیند تولید سیمان پرتلند معایب زیست محیطی عمده ای به دنبال دارد که این مورد ۸ درصد از انتشار CO₂ جهانی (۴ میلیارد تن در سال) را تشکیل می دهد. از این رو نیاز به استفاده از یک جایگزین برای سیمان پرتلند ضروری به نظر می رسد. در سال های اخیر، ژئوپلیمر به عنوان یک عامل سیمانی جدید و دوستدار محیط زیست، جهت جایگزینی برای سیمان پرتلند مطرح شده است. ژئوپلیمرها، زنجیره ها یا شبکه هایی از مولکول های معدنی هستند که با پیوندهای کووالانسی اتصال یافته اند و از ترکیب دو بخش اصلی منبع آلومیناسیلیکاتی (مواد اولیه فرعی) و محلول فعال کننده قلیایی تشکیل می شوند. ژئوپلیمرها می توانند ویژگی های فنی برجسته ای همچون مقاومت مکانیکی بالا، مقاومت شیمیایی مناسب و یا مقاومت حرارتی بالایی را از خود نشان دهند. کاربرد خاکستر سوخت پودر شده^۱ PFA، حاصله از نیروگاه های تولید برق با زغال سنگ، برای جایگزینی سیمان پرتلند معمولی^۲ یا OPC کاملاً مرسوم شده است. کمی سازی فواید زیست محیطی استفاده از این مواد دشوار می باشد. می توان از روش ارزیابی چرخه عمر LCA^۳ که توسط سری های ISO ۱۴۰۴۰ بصورت بین المللی استاندارد شده است، برای تعیین کمیت تأثیرات زیست محیطی محصولات و فرآیندها استفاده کرد. در این مقاله مروری، برای مقایسه تأثیرات زیست محیطی محصولات بتنی پیش ساخته OPC با محصولات بتنی پیش ساخته PFA، از روش LCA استفاده شده است. چهار مرحله LCA به تفصیل بیان شده و نتایج تعیین مواد به عنوان محصول جانبی یا پسماند مورد بحث قرار گرفته است. مروری بر سایر مطالعات LCA که جهت کاربردهای زیست محیطی انجام گرفته نیز ارائه شده است تا مشخص شود کدام روش ارزیابی پیامد^۴ بیشتر استفاده می شود.

کلمات کلیدی: روش ارزیابی چرخه عمر LCA، انتشار CO₂، بتن ژئوپلیمری، ارزیابی پیامد

^۱ Pulverized Fuel Ash
^۲ Ordinary Portland cement
^۳ Life Cycle Assessment
^۴ Impact Assessment

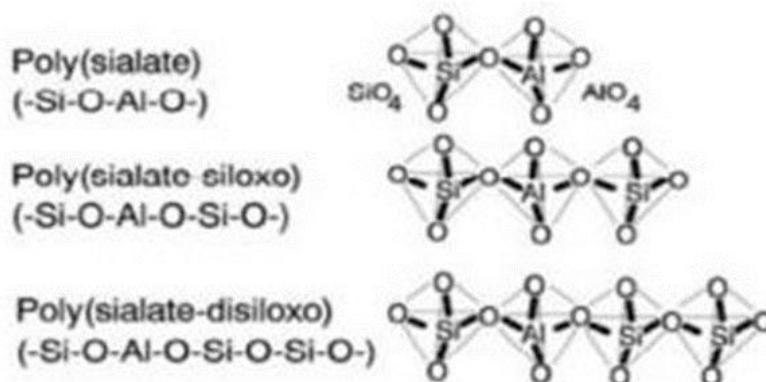
۱- مقدمه

تأثیرات زیست محیطی سیمان با انتشار آلاینده قابل توجهی از سه منبع مجزا به خوبی شناخته و تأیید شده است. این سه منبع شامل موارد زیر می باشند:

- انتشاراتی که از طریق حرارت دادن مواد اولیه در دمای بالا برای تشکیل کلینکر تولید می شوند،
- انتشارات مربوط به احتراق سوخت در کوره سیمان،
- انتشارات مربوط به انرژی بکاررفته جهت فعالیت کارخانه سیمان [۱].

مواد اولیه مورد استفاده در تولید سیمان سرشار از کربنات کلسیم می باشد و ممکن است از سنگ آهک، گچ یا رسوبات شیل^۵ استخراج شوند. بسته به مکان، فرآیند کلسیناسیون شامل مراحل همچون حفاری، انفجار و خرد کردن می باشد [۲]. فرآیند کلسیناسیون، که تقریباً عامل ۵۰٪ از انتشار CO₂ سیمان می باشد، به سوختن کربنات کلسیم نیاز دارد، و اکسید کلسیم و دی اکسید کربن را ایجاد می کند. بنابراین در حالی که امکان کاهش انتشارات زیست محیطی مرتبط با استفاده از سوخت و انرژی وجود دارد، ماهیت فرآیند کلسیناسیون به معنی آن است که کاهش بالقوه اثرات زیست محیطی سیمان محدود شده است.

بتن فعال شده قلیایی^۶ AAC یا بتن ژئوپلیمری به عنوان یک گزینه جایگزین امیدوارکننده برای بتن های مرسوم مبتنی بر سیمان پرتلند پدیدار شده است. ژئوپلیمر به عبارتی یک اصطلاح کلی است که به طیف وسیعی از مواد پلیمری آلومینوسیلیکات مصنوعی اشاره دارد که معمولاً در اصطلاح عام تری به آن بایندهای فعال شده قلیایی^۷ نیز گفته می شود. مواد ژئوپلیمری را میتوان از طیف وسیعی از مواد جامد طبیعی و مصنوعی پوزولانی تولید کرد که با محلول های قلیایی مانند هیدروکسید سدیم و سیلیکات سدیم فعال می شوند. ژئوپلیمرها می توانند به عنوان بایندهایی "بدون سیمان" برای جایگزینی خمیرهای سیمان پرتلند در محصولات بتنی عمل کنند. ژئوپلیمرها مواد آلومینوسیلیکات سه بعدی بی شکل با خاصیت های سرامیکی هستند که در دمای محیط تولید و سخت می شوند. در شرایط بسیار قلیایی، با وجود محلول هیدروکسید قلیایی و سیلیکات، هنگامی که آلومینوسیلیکات های واکنش پذیر به سرعت حل می شوند و واحدهای چهار وجهی [SiO₄] و [AlO₄] آزاد می شوند، پلیمریزاسیون صورت می گیرد. واحدهای چهار وجهی به طور متناوب با تقسیم اتمهای اکسیژن و تشکیل ژئوپلیمرهای بی شکل، با پیش سازه های پلیمری پیوند برقرار می کند. یونهای مثبت مانند K یا Na که در حفره های چهار وجهی وجود دارند، بار منفی را متعادل می کنند حلقه ها و زنجیره ها همیشه از طریق پل Si-O-Al سیالات، شکل گرفته و به صورت صلیب متصل می شوند. بی نظمی با ساختارهای سه بعدی سیلیسی آلومینات نیمه بلوری در شکل ۱ نشان داده شده است.



شکل ۱. اصطلاحات ژئوپلیمر

ژئوپلیمرها به سرعت سخت می شوند و مقاومت اولیه بالایی دارند. مقاومت فشاری به عنوان یکی از مشخصه‌های مهم بتن، متأثر از پارامترهای مختلفی است. در بتن ژئوپلیمری مقاومت فشاری ۲۸ روزه نهایی ممکن است به ۱۰۰ مگاپاسکال برسد یا از آن فراتر رود. تخلخل آن‌ها می تواند از سیمان‌ها یا ملات‌ها کمتر باشد و بنابراین خصوصیات مکانیکی برتری را دارا می باشند. ساختار نهایی و خصوصیات فیزیکی آنها به چندین پارامتر، مانند میزان آب، اندازه ذرات، تاریخچه حرارتی، محتوای فلزات قلیایی و درجه شکل گیری بستگی دارد. ژئوپلیمرها همچنین ویژگی هایی همچون نفوذپذیری مشابه سیمان پرتلند 10^{-9} سانتی متر بر ثانیه، انبساط کم مواد قلیایی، انقباض کم، مقاومت حرارتی بسیار بالا و مقاومت شیمیایی بسیار مناسبی را از خود نشان می دهند [۳-۶]. یک ماده ژئوپلیمری PFA می باشد. PFA توسط نیروگاه های برقی که زغال سنگ را بعنوان سوخت به کار می برند، تولید می شود. زغال سنگ ریز پودر شده، با هوای گرم مخلوط شده و می سوزد. خاکستر حاصل توسط گازهای خروجی منتقل شده و به صورت "خاکستر بادی" با ذرات ریز بازیابی می شود. PFA ممکن است در مصالح ساختمانی بتنی مورد استفاده قرار گیرد یا در صورت وجود مازاد، در لاگون های مجاور نیروگاه ها ذخیره شود. در مطالعات قبلی، در مقایسه مواد ژئوپلیمر با سیمان گزارش شده است که میزان انتشار CO_2 بین ۳۰٪ [۷] - ۸۰٪ [۸] کاهش یافته است، با مطالعات دیگر، مقادیری در این محدوده پیدا شده است [۹]، [۱۰]. روش ارزیابی چرخه عمر (LCA)، استاندارد شده طبق سری های ISO ۱۴۰۴۰ [۱۱]، می تواند برای تعیین کمیت اثرات زیست محیطی و مقایسه محصولات یا فرایندها استفاده شود. همه محصولات یا فرایندها در چرخه عمر خود مراحل مختلفی دارند و در هر یک از این مراحل، انرژی و منابع مصرف می شود و باعث تولید انتشارات زیست محیطی و پسماند می شوند. در یک مقایسه، این مقاله یک مرور کلی از روش LCA را ارائه می دهد و مشخص می شود که چگونه LCA در کمی سازی تأثیرات زیست محیطی محصولات بتنی پیش ساخته OPC و PFA استفاده می شود.

۲. ارزیابی چرخه عمر

طبق استاندارد ISO ۱۴۰۴۰، ارزیابی چرخه عمر در چهار مرحله زیر انجام می شود [۱۲]:

- تعریف هدف و دامنه
- تجزیه و تحلیل موجودی (سیاهی انتشار)
- ارزیابی پیامد (ارزیابی تأثیر)
- تفسیر نتایج

۲-۱. تعریف هدف و دامنه

تعریف هدف ارزیابی چرخه عمر، برنامه مورد نظر و هدف از انجام مطالعه را مشخص می کند. همچنین مخاطبان مورد نظر و اینکه آیا نتایج برای اهداف داخلی یا خارجی استفاده می شوند را شناسایی می کند. دامنه LCA محصولات یا فرایندهایی را که در حال بررسی هستند، مشخص می کند و جزئیات انتخاب روش، فرضیات و محدودیت های کار را بیان می کند. این مقاله مروری است بر روش LCA و مشخص می کند که چگونه روش LCA در کمی سازی تأثیر زیست محیطی بتن OPC و PFA استفاده می شود.

۲-۱-۱. تعریف واحد عملکردی

واحد عملکردی به عنوان "عملکرد کمی محصول یا سیستم جهت استفاده به عنوان واحد مرجع" تعریف می شود. به عنوان مثال اگر دو کیف خریداری شده؛ یکی از پلاستیک و دیگری از پارچه مقایسه شده باشد، واحد عملکردی می تواند تعداد محموله های خریدی

باشد که یک کیسه می تواند حمل کند. یک واحد عملکردی مناسب، یک مبنای مقایسه منصفانه را تضمین می کند و جنبه های کمی و کیفی یک محصول را در نظر می گیرد. در مورد محصولات بتنی، اثرات زیست محیطی به صورت حجمی در هر متر مکعب یا بر اساس اندازه واحد گزارش شده است. با این حال قابل توجه است که این واحدهای حجمی عملکرد غالب ماده را به عنوان یک عنصر سازه ای منعکس نمی کنند. بنابراین واحدی که شامل مقاومت فشاری و حجم باشد، ترجیح داده می شود [۱۲].

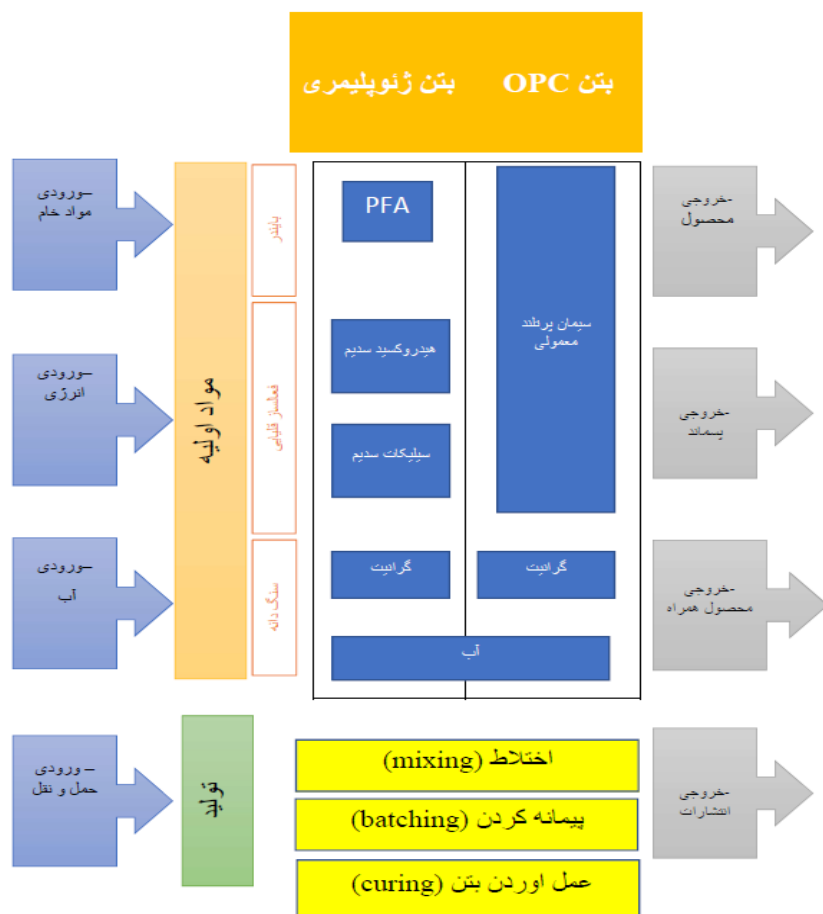
۲-۱-۲. مرز سیستم

مرز سیستم مشخص می کند که کدام مرحله از محصول یا چرخه عمر محصول یا فرآیند در محاسبه تأثیر زیست محیطی گنجانده خواهد شد. معمولاً سه سیستم مرزبندی پذیرفته شده است:

Cradle to Gate: شامل کلیه تأثیرات حاصل از استخراج مواد اولیه، فرآوری و تولید به محصول نهایی، همانطور که در شکل ۲ نشان داده شده است.

Cradle to Site: شامل تمام تأثیرات مرحله حمل و نقل محصول به محل استفاده.

Cradle to Grave (گهواره تا گور): شامل تمام تأثیرات مربوط به عمر کاربری مانند تعمیر و نگهداری / تعمیرات، انرژی مصرف شده و سناریوهای پایان عمر، از جمله اینکه چگونه اقلام دفع یا استفاده مجدد یا بازیافت شوند.



شکل ۲. نمونه مرز سیستم گهواره تا دروازه برای محصولات پیش ساخته ژئوپلیمر و OPC

فرایندهای زیادی وجود دارد که در آنها بیش از یک محصول تولید می شود. به عنوان مثال یک آسیاب چوبی ممکن است از همان فرآیند تخته های چوبی و خاک اره تولید کند. در شرایطی که محصولات متعددی وجود دارد، متناسب سازی تأثیرات زیست محیطی از طریق فرایندی به نام تخصیص^{۱۲} انجام می شود. مطابق با استاندارد ISO ۱۴۰۴۴، از تخصیص باید تا جایی که ممکن است اجتناب شود، که این کار توسط هر کدام از موارد زیر ممکن است:

- گسترش مرزهای سیستم برای دربرگرفتن توابع اضافی مرتبط با همه محصولات، یا
- تقسیم فرایندها به زیر فرایندها و اندازه گیری ورودهای و خروجی های این زیر فرایندها.

در شرایطی که به راحتی نمی توان از تخصیص جلوگیری کرد، توصیه می شود بر اساس رابطه فیزیکی بین محصولات، از نظر وزن یا جرم، یا از نظر ارزش اقتصادی تقسیم شود. به عنوان مثال با استفاده از مثال قبلی آسیاب چوبی، به طور انبوه می توان تأثیرات زیست محیطی را به مقدار ۱۰٪ به گرد و غبار اره و ۹۰٪ به تخته های چوبی اختصاص داد، این رابطه تغییر نخواهد کرد. در صورت تخصیص اقتصادی، قیمت فعلی بازار برای تخته ها در برابر گرد و غبار اره استفاده می شود. از آن جا که تخته ها دارای ارزش اقتصادی بسیار بالاتری هستند، ممکن است ۹۹٪ از تأثیر در مقابل ۱٪ برای خاک اره به آنها اختصاص یابد. اگر با این وجود تغییری در بازار ایجاد می شد، جایی که به دلایلی گرد و غبار به کالایی شدیداً مورد نیاز تبدیل می شد، این مبنای تخصیص تغییر می کرد. بدین ترتیب، روش های تخصیص باید با احتیاط انجام شود. تخصیص اقتصادی به دلیل بی ثباتی قیمت، تغییرپذیری بالایی دارد [۱۱]، [۱۳]. در حالی که تخصیص جرمی پایداری بیشتری را امکان پذیر می کند، اما گاهی اوقات کمتر مناسب است.

کمی سازی تأثیرات زیست محیطی مواد چندگانه تولید شده در طی یک فرآیند واحد به این بستگی دارد که آیا آنها از نظر شکل ظاهری به عنوان "زباله" یا "محصول جانبی" تعیین می شوند. آنگونه که توسط چن و همکاران (۲۰۱۰) بحث شده است [۱۳]، تنها اثر زیست محیطی تولید پسماند در دفع آن است. با این حال، هنگامی که استفاده های مفیدی برای مواد پسماند پیداشود، ارزش اقتصادی آنها افزایش می یابد و در نتیجه آنها دیگر به عنوان مواد زائد در نظر گرفته نمی شوند، و در عوض به عنوان محصولات جانبی با ارزش فرآیند اولیه در نظر گرفته می شوند. در این حالت، برخی از تأثیرات زیست محیطی فرایندهای تولید پسماند باید به آنها نسبت داده شود [۱۱]. بر اساس آخرین دستورالعمل چارچوب پسماند^{۱۳} [۱۴] در اروپا، اگر ضوابط زیر رعایت شود، یک پسماند ممکن است به عنوان محصول فرعی طبقه بندی شود:

- اطمینان به استفاده از این ماده
- این ماده را بتوان بدون هیچ گونه فرایند بیشتری استفاده کرد.
- این ماده را بتوان به عنوان بخشی جدایی ناپذیر از فرآیند تولید استفاده کرد.
- استفاده بیشتر از این ماده، بدون تأثیر بر محیط زیست یا سلامت انسان، طبق ماده ۵ دستور ۹۸/۲۰۰۸ EC مجاز است.

تحت این معیارها، PFA در اتحادیه اروپا دیگر به عنوان یک محصول پسماندی در نظر گرفته نمی شود بلکه در عوض به عنوان یک محصول فرعی بشمار می آید، بنابراین تخصیص اعمال می شود. تخصیص جرم نسبت به تخصیص ارزش اقتصادی، اثرات زیست محیطی بسیار بالاتری را به PFA نسبت می دهد؛ با مقادیر گزارش شده، به ترتیب ۲۰۴۴ کیلوگرم CO₂ بر هر کیلوگرم CO₂ و ۰.۱۹۶ کیلوگرم CO₂ بر هر کیلوگرم [۱۱]، [۱۳].

مقادیر استفاده شده رایج در مطالعات LCA در انگلیس و اروپا در جدول ۱ آورده شده است.

جدول ۱- تأثیرات زیست محیطی PFA (به ازای هر کیلوگرم) از منابع با توجه به عدم تخصیص و تخصیصی جرم وارزش اقتصادی

واحد	برآوردهای صنعتی، بدون تخصیص [۱۱]	بدون تخصیص [۱۲] (EU)	تخصیص اقتصادی [۱۲] (EU)	تخصیص جرمی [۱] (EU)	تخصیص اقتصادی [۱۲] (EU)
	kgCO ₂ /kg	kgCO ₂ eq/kg	kgCO ₂ eq/kg *	kgCO ₂ /kg	kgCO ₂ /kg
PFA	۰.۰۰۴	۰.۰۰۴۸	۰.۱۹۰	۲.۴۴	۰.۱۹۶

* اندیکاتور CO₂eq معرف گازهای گلخانه ای "basket of ۶ greenhouse gases" پیمان کیوتو است که با استفاده از فاکتورهای ضرب مختلف، متان، اکسید نیتروژن، هیدروفلوروکربن ها، پرفلوئوروکربن ها و هگزا فلورید گوگرد را به مقدار CO₂ معادل تبدیل می کند.

۲-۲. تحلیل موجودی

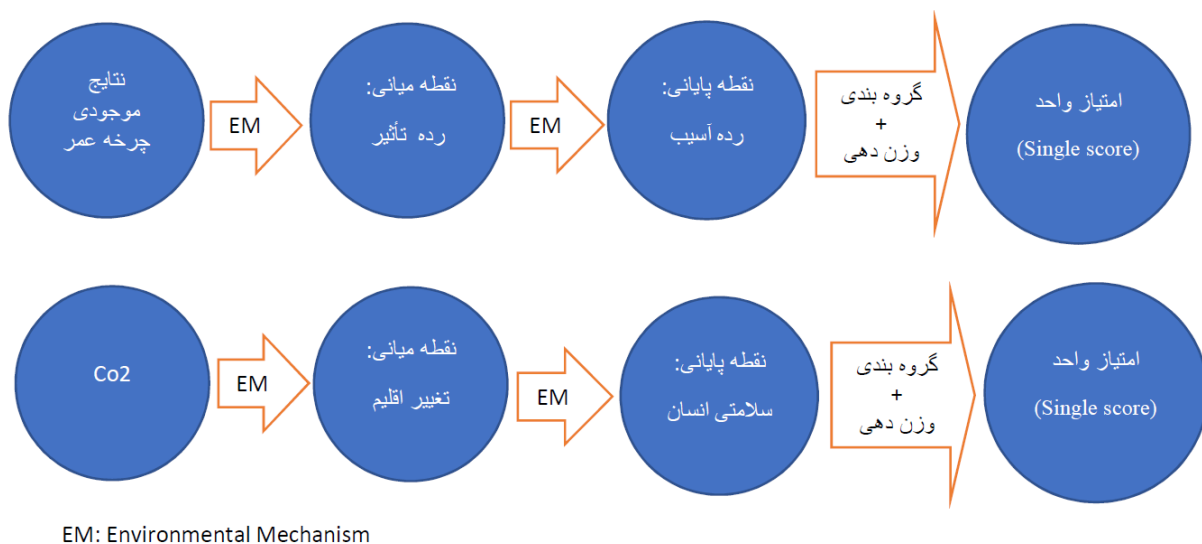
تحلیل موجودی تمام ورودی ها (انرژی، منابع مادی و غیره) و خروجی ها (انتشارات، پسماندها و غیره) موجود در یک سیستم را شناسایی و تعیین می کند. در صورت امکان، اطلاعات باید از فرآیند بررسی شده مانند انرژی مصرفی جهت اختلاط^{۱۵}، پیمان کردن^{۱۶} و عمل آوری^{۱۷} محصولات بتنی جمع آوری شود (داده های اولیه). همچنین میزان مواد خام مانند سنگدانه ها، آب، بایندرها باید اندازه گیری و شیوه حمل و نقل و مسافت پیموده شده نیز باید ثبت شود. هنگامی که داده ها از منابع ثانویه در تحلیل موجودی جمع آوری می شوند، در این حالت قوانین کیفیت داده ها در مورد اطلاعات جمع آوری شده وجود دارد، از جمله:

- اطلاعات حساس به زمان هستند - ۵ سال گذشته ترجیح داده می شوند.
- اطلاعات بر مبنای جغرافیایی منطقه کاربرد دارند.
- فناوری مورد استفاده همانند یا مشابه فرآیند مورد بررسی باشد.
- داده ها نماینده جمعیت مورد بررسی باشند.
- داده ها دارای سازگاری^{۱۸} باشند و با فرایندها و رویه های بررسی شده مطابقت داشته باشند.
- اطلاعات قابل بازتولید^{۱۹} باشند - شخص دیگری بتواند آن را پیدا کند و از آن استفاده کند تا به همان راه حل برسد.

۲-۳. ارزیابی پیامد

در این مرحله، داده های مرحله موجودی مرتب و سامان بندی می شوند و تأثیر بالقوه زیست محیطی محاسبه می گردد. طبق استاندارد ISO ۱۴۰۴۰، ارزیابی تأثیر چرخه عمر شامل دو مرحله اجباری - انتخاب رده های پیامد^{۲۱}، طبقه بندی کردن^{۲۲} و ویژه سازی^{۲۳} و دو مرحله اختیاری - نرمال سازی و وزن دهی است. همه آسیب های زیست محیطی را می توان به دسته بندی اثر در سطح نقطه میانی^{۲۴} یا سطح نقطه انتهایی^{۲۵} درجه بندی کرد. فرآیندی که در آن یک انتشار^{۲۶} به پیامد های زیست محیطی تبدیل می شود، به عنوان یک مکانیسم زیست محیطی^{۲۷} شناخته می شود [۱۸]. تأثیر نقطه میانی در برخی از نقاط در طول مکانیسم زیست محیطی رخ می دهد و نشان دهنده تأثیر منفی مستقیم بر محیط زیست است، مانند اوتروفیکاسیون و تغییرات آب و هوا. تأثیر نقطه پایانی در انتهای مکانیسم رخ می دهد و برای آن از اندیکاتورهای آسیب گرا^{۲۸} مرتبط با آسیب به سلامت انسان یا اکوسیستم استفاده می شود [۱۹]. استفاده از چندین

دسته اثر از نقطه میانی امکان جزئیات بیشتر در مورد آسیب های زیست محیطی را فراهم می کند، اما اندیکاتورهای آسیب گرای نقطه پایانی ممکن است در امتیازهای واحد^{۲۹} تجمیع شوند که تفسیر و درک آن برای افراد غیر متخصص آسان تر است. نمایش ساده و مثالی از یک مسیر انتشار در مرحله ارزیابی تأثیر چرخه عمر در شکل ۲ نشان داده شده است.



شکل ۳. رابطه بین نتایج موجودی چرخه عمر، نقطه میانی، نقطه پایان و امتیاز واحد.

بسیاری از روشهای ارزیابی نقطه میانه و نقطه پایانی، مانند CML، Impact ۲۰۰۲+، TRACI و Eco-indicator ۹۹ وجود دارد. جمعی از خبرگان LCA در سال ۲۰۰۰ به این نتیجه رسیدند که یک چارچوب مشترک ارزیابی تأثیر که معرف نتایج در سطح نقطه میانی و نقطه پایانی باشد، لازم بوده است. روش ReCiPe با استفاده از روش های ۹۹ Eco-indicator و CML ارائه گردید. این روش اصول های مدل سازی و گزینش ها را باهم هماهنگ می کند [۱۹].

۲-۴. تفسیر نتایج

در مرحله نهایی LCA، نتایج، پیش فرض ها و کل انتخاب های انجام شده بررسی می شود و سنجش صحت و پایداری توسط تحلیل های حساسیت و عدم قطعیت انجام می شود. سپس نتیجه گیری کلی انجام شده و توصیه هایی با خلاصه ای از موضوعات اصلی، محدودیت ها و توجیه نتیجه گیری بر اساس یافته های فرایند LCA ارائه می شود [۱۸]. پس از اتمام مرحله ارزیابی تأثیر چرخه عمر، کلیه نتایج بررسی و یافته های کلیدی ارائه می شود.

۳. نتیجه گیری

در این مقاله نحوه استفاده از روش LCA برای ارزیابی تأثیرات زیست محیطی محصولات ژئوپلیمری و بتنی ارائه شده است. بررسی پژوهش های قبلی اهمیت تعیین ماده به عنوان پسماند یا محصول جانبی و این که چگونگی تخصیص بر مبنای جرمی یا اقتصادی

می تواند به طور قابل توجهی محاسبات اثرات زیست محیطی تغییر دهد را نشان می دهد. همچنین انواع داده های مورد نیاز برای مرحله موجودی چرخه عمر و قوانین مربوط به کیفیت داده ها بیان شد.

مراجع

- [۱] P. Van Den Heede and N. De Belie, "Cement & Concrete Composites Environmental impact and life cycle assessment (LCA) of traditional and 'green' concretes: Literature review and theoretical calculations," *Cem. Concr. Compos.*, vol. ۳۴, no. ۴, pp. ۴۳۱-۴۴۲, ۲۰۱۲.
- [۲] M. Suhr et al., Best Available Techniques (BAT). Reference Document for the Production of Cement, Lime and Magnesium Oxide. ۲۰۱۵.
- [۳] A. Esparham, A. B. Moradikhou, F. K. Andalib, and M. J. Avanaki, "Strength characteristics of granulated ground blast furnace slag-based geopolymer concrete," *Advances in concrete construction*, vol. ۱۱, no. ۳, pp. ۲۱۹-۲۲۹, Mar. ۲۰۲۱.
- [۴] A. Esparham, A. B. Moradikhou, M. J. Jamshidi Avanaki, "Effect of Various Alkaline Activator Solutions on Compressive Strength of Fly Ash-Based Geopolymer Concrete," *Journal of civil Engineering and Materials Application*, vol. ۴, no. ۲, pp. ۱۱۵-۱۲۳, ۲۰۲۰.
- [۵] A. B. Moradikhou, A. Esparham, M. J. Jamshidi Avanaki, "Effect of Hybrid Fibers on Water absorption and Mechanical Strengths of Geopolymer Concrete based on Blast Furnace Slag," *Journal of civil Engineering and Materials Application*, vol. ۳, no. ۴, pp. ۱۹۳-۲۰۱, ۲۰۱۹.
- [۶] A. Esparham, A. B. Moradikhou, "A Novel Type of Alkaline Activator for Geopolymer Concrete Based on Class C Fly Ash," *Advance Researches in Civil Engineering*, vol. ۳, no. ۱, pp. ۱-۱۳, ۲۰۲۱.
- [۷] B. Tempest, O. Sanusi, J. Gergely, V. Ogunro, and D. Weggel, "Compressive Strength and Embodied Energy Optimization of Fly Ash Based Geopolymer Concrete," ۲۰۰۹ World Coal Ash Conf., pp. ۱-۱۷, ۲۰۰۹.
- [۸] E. Von Weizsacker, K. Hargroves, M. Smith, C. Desha, and P. Stasinopoulos, *Factor Five: Transforming the Global Economy through ۸۰% Improvements in Resource Productivity*. London: Earthscan/Routledge, ۲۰۰۹.
- [۹] B. C. McLellan, R. P. Williams, J. Lay, A. Van Riessen, and G. D. Corder, "Costs and carbon emissions for geopolymer pastes in comparison to ordinary Portland cement," *J. Clean. Prod.*, vol. ۱۹, no. ۹-۱۰, pp. ۱۰۸۰-۱۰۹۰, ۲۰۱۱.
- [۱۰] D. Stengel, T., Reger, T., Heinz, "Life Cycle Assessment of Geopolymer Concrete – What is the Environmental Benefit?" CIA.
- [۱۱] BS EN ISO ۱۴۰۴۰, *Environmental Management - Life Cycle Assessment - Principles and Framework*, vol. ۳, ۲۰۰۶.
- [۱۲] P. Purnell and L. Black, "Embodied carbon dioxide in concrete: Variation with common mix design parameters," *Cem. Concr. Res.*, vol. ۴۲, no. ۶, pp. ۸۷۴-۸۷۷, Jun. ۲۰۱۲.
- [۱۳] C. Chen, G. Habert, Y. Bouzidi, A. Jullien, and A. Ventura, "Resources, Conservation and Recycling LCA allocation procedure used as an incitative method for waste recycling: An application to mineral additions in concrete" *Resources, Conserv. Recycl.*, vol. ۵۴, no. ۱۲, pp. ۱۲۳۱-۱۲۴۰, ۲۰۱۰.
- [۱۴] Directive ۲۰۰۸/۹۸/EC, "Waste Framework Directive," *Off. J. Eur. Union*, vol. ۳۱۲, pp. ۳-۳۰, ۲۰۰۸.
- [۱۵] MPA, "Fact Sheet ۱۸ Embodied CO₂ e of UK cement, additions and cementitious material," pp. ۱-۸, ۲۰۱۵.
- [۱۶] G. Habert and C. Ouellet-Plamondon, "Recent update on the environmental impact of geopolymers," *RILEM Tech. Lett.*, vol. ۱, pp. ۱۷-۲۳, ۲۰۱۶.
- [۱۷] SIRIM, "Malaysia Life Cycle Inventory Database," ۲۰۱۸. [Online]. Available: <http://lcamalaysia.sirim.my/>. [Accessed: ۲۳-Mar-۲۰۱۸].

- [۱۸] J. Guinée, Handbook on Life Cycle Assessment: Operational Guide to the ISO Standards, ۱st ed. Springer Netherlands, ۲۰۰۲.
- [۱۹] M. Goedkoop, R. Heijungs, M. Huijbregts, A. De Schryver, J. Struijs, and R. Van Zelm, "ReCiPe ۲۰۰۸," Potentials, pp. ۱-۴۴, ۲۰۰۹.



Optimization of reinforced concrete beams with FRP rebars and sheets in different installation methods by finite element method

Saeed Radmanesh^{۱*}, Amirhossein Bazae^۲, Roozbeh Agha Majidi^۳

^{۱*}- Master of Structural Engineering, Department of Civil Engineering, Tabnak Lamerd Non-Profit Institute, Fars, Iran
Email: saeedrad.۱۳۹۱@gmail.com

^۲- Instructor, Department of Civil Engineering, Islamic Azad University, Meymand Branch, Fars, Iran
Email: Amirhosseinbazae@gmail.com

^۳- Assistant Professor, Department of Civil Engineering, Islamic Azad University, Sepidan Branch, Fars, Iran
Email: roozbeh.۱۳۸۱@yahoo.com

ABSTRACT

Flexural reinforcement of reinforced concrete beams with composite materials is one of the most common methods of structural reinforcement. Composite materials have several advantages such as ease of implementation, easy access, relatively low cost, increased bearing capacity, low weight, etc., but despite all these advantages, the use of these materials also has disadvantages, which can be Premature and sudden bending failure in beams reinforced with these materials, which occurs due to premature rupture of composite materials or even deterioration of the joint area due to lack of attention to the stability of epoxy adhesive from the concrete surface in the tensile zone of the beam, noted. In this paper, by designing a computational program with Abacus software, ۷ examples of reinforced concrete beam reinforcement design with GFRP rebar by near-surface installation method (NSM) and its integration with various FRP sheet enclosure cases taken from a This is a laboratory study, an attempt was made to prevent premature failure of the reinforced beam and to be able to use the maximum capacity of GFRP rebar. It is noteworthy that in modeling this reinforcement design with composite materials, the effect of ultimate adhesion resistance and failure or deterioration of epoxy adhesive between NSM rebar and concrete surface is important, so in this modeling of the joint area which is epoxy adhesive modeling and its behavior Has been examined. The use of this reinforcement method with four NSM rebars and FRP sheets increased the final bearing capacity by more than ۶۰٪ compared to conventional reinforced concrete beams.

Keywords: Reinforcement, flexural reinforcement, reinforced concrete beam, GFRP rebar, NSM method.



www.cpjournals.com

نشریه عمران و پروژه
Civil & Project Journal (CPJ)

بهینه سازی تیر مسلح بتنی تقویت شده با میلگرد و ورق FRP در متدهای نصب

مختلف به روش اجزاء محدود

سعید رادمنش^{۱*}، امیرحسین بازایی^۲، روزبه آقامجیدی^۳

^{۱*} - دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی سازه، گروه مهندسی عمران، موسسه غیرانتفاعی تابناک لامرد، فارس، ایران
پست الکترونیکی: saeedrad.۷۱@gmail.com

^۲ - مربی، گروه مهندسی عمران، دانشگاه آزاد اسلامی واحد میمند، فارس، ایران
پست الکترونیکی: Amirhosseinbazaee@gmail.com

^۳ - استادیار، گروه مهندسی عمران، دانشگاه آزاد اسلامی واحد سپیدان، فارس، ایران
پست الکترونیکی: roozbeh1381@yahoo.com

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۲/۲۴

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۱/۲۴

چکیده

مقاوم سازی خمشی تیرهای بتن مسلح با مصالح کامپوزیت از متداول ترین روش های تقویت سازه می باشد. مصالح کامپوزیت دارای مزایای متعددی مانند سهولت در اجرا، دسترسی آسان، هزینه نسبتاً پایین، افزایش میزان ظرفیت باربری، وزن کم و غیره می باشد، اما علیرغم تمامی این مزایا نیز بکارگیری این مصالح دارای معایبی هم می باشند که از جمله می توان به شکست زود هنگام و ناگهانی خمشی در تیرهای مقاوم سازی شده با این مصالح که در اثر گسیختگی زودرس مصالح کامپوزیت و یا حتی زوال ناحیه اتصال ناشی از عدم توجه به پایداری چسب اپوکسی از سطح بتن در ناحیه ی کششی تیر اتفاق می افتد، اشاره نمود. در این مقاله با ایجاد طرح ریزی یک برنامه ی محاسباتی با نرم افزار آباکوس، تعداد ۷ نمونه طرح مقاوم سازی تیر بتن مسلح با میلگرد GFRP به روش نصب نزدیک به سطح (NSM) و ادغام آن با انواع حالات محصورشدگی ورق FRP که برگرفته از یک مطالعه آزمایشگاهی است، تلاش گردید تا از وقوع شکست زودرس تیر مقاوم سازی شده جلوگیری شود و بتوان از حداکثر ظرفیت میلگرد GFRP استفاده نمود. قابل ذکر است که در مدلسازی این طرح مقاوم سازی با مصالح کامپوزیت، تاثیر مقاومت نهایی چسبندگی و خرابی یا زوال چسب اپوکسی بین میلگرد NSM و سطح بتن دارای اهمیت می باشد، لذا در این مدلسازی ناحیه اتصال که چسب اپوکسی می باشد مدلسازی و رفتار آن مورد بررسی قرار گرفته شده است. استفاده از این روش مقاوم سازی با چهار میلگرد NSM و ورق FRP سبب شد تا میزان ظرفیت باربری نهایی نسبت به تیر بتن مسلح معمولی بیش از ۶۰٪ افزایش پیدا کند.

کلمات کلیدی: مقاوم سازی، تقویت خمشی، تیر بتن مسلح، میلگرد GFRP، روش NSM.

۱- مقدمه

یکی از روش های رایج در مقاوم سازی و یا تقویت بتن جهت تحمل نیرو های کششی، استفاده از مصالح کامپوزیت است. از میلگرد و صفحات کامپوزیت می توان در تقویت خمش و برش در تیر، ستون و دال های بتنی استفاده نمود. از مزایای این ماده می توان دوام بالا، نسبت مقاومت به وزن، مقاومت در برابر خوردگی، مقاومت در برابر ضربه، مقاومت الکتریکی بالا و مقاومت در برابر شرایط و عوامل محیطی اشاره کرد. به دنبال فرسوده شدن سازه های زیربنایی و نیاز به تقویت سازه ها برای برآورده کردن شرایط سخت گیرانه ی طراحی، طی دو دهه ی اخیر تأکید فراوانی بر روی تعمیر و مقاوم سازی سازه ها در سراسر جهان، صورت گرفته است. (ح. ایزدی، ۱۳۹۷) از طرفی، بهسازی لرزه ای سازه ها به خصوص در مناطق زلزله خیز، اهمیت فراوانی یافته است. در این میان تکنیک های استفاده از مواد مرکب FRP به عنوان مسلح کننده خارجی به دلیل خصوصیات منحصر به فرد آن، از جمله مقاومت بالا، سبکی، مقاومت شیمیایی و سهولت اجرا، در مقاوم سازی و احیاء سازه ها اهمیت ویژه ای پیدا کرده اند. همچنین این تکنیک ها به دلیل اجرای سریع و هزینه های کم جذابیت ویژه ای یافته اند. کامپوزیت ها مصالحی سبک، با دوام و مقاوم هستند که امروزه به راحتی در دسترس عموم قرار گرفته اند. مصالح کامپوزیت در محیط های مغناطیسی عایق می باشند و مشکل خوردگی ندارند، بنابراین با استفاده از این مصالح از مشکل خوردگی سازه های بتنی می توان اجتناب نمود. (ارفعی، ۱۳۹۵) مواد مرکب FRP در ابتدا به عنوان مواد مقاوم کننده ی خمشی برای پل های بتن مسلح و همچنین به عنوان محصورکننده در ستون های بتن مسلح مورد استفاده قرار می گرفتند، اما به دنبال تلاش های تحقیقاتی اولیه، از اواسط دهه ۱۹۸۰ توسعه ی بسیار زیادی در زمینه ی استفاده از مواد FRP در تقویت سازه های مختلف مشاهده شد. اجزاء سازه ای مختلفی شامل تیرها، دال ها، ستون ها، دیوارهای برشی، اتصالات، دودکش ها، طاق ها، گنبدها و خرپاها تاکنون توسط مواد FRP مقاوم شده اند. (ح. ایزدی، ۱۳۹۷) از سیستم های FRP برای بهسازی یک عضو سازه ای خسارت دیده و یا مقاوم سازی یک عضو سالم و یا رفع اشکالات در حال ساخت بهره گرفته می شود. هم اکنون تعداد زیادی از محققان و پژوهشگران صنعت سازه در سراسر جهان در حال بررسی، مطالعه و انجام آزمایشات تقویت سازه ها با کامپوزیت های FRP می باشند. (ارفعی، ۱۳۹۵)

لورنزو^۱ و همکاران در سال ۲۰۱۶ میلادی فرمولاسیونی برای پیش بینی جدا شگی زودرس در کامپوزیت های پایه پلیمری بر اساس مدل ناحیه چسبنده ارائه دادند. در این مدل چسب به صورت المان های صفحه ای بدون ضخامت بین المان های سه بعدی کامپوزیت مدل شد. رفتار این المان ها به این گونه است که با افزایش نیرو تا یک نقطه مشخص نیرو را تحمل می کنند، اما پس از آن متناسب با جابجایی خواص مکانیکی آن ها افت می کند. در این تحقیق انواع روابط ساختاری برای پیش بینی رفتار چسب طبق مدل ناحیه چسبنده مورد استفاده قرار گرفت و محرز گردید که ضعف اتصال در سازه عامل محدود کننده مهمی در استفاده از اتصالات چسبی است. روش های متنوعی برای استحکام بخشی اتصالات چسبی پیشنهاد شده است. استفاده از پودر نانو و استفاده از سیم های فلزی در فصل مشترک اتصال کارهایی بوده که برای تقویت چسب انجام شده است. تحقیق آن ها همچنین نشان داد میزان افزایش اتصال در کامپوزیت ها به جهت گیری الیاف در لبه اتصال بستگی دارد. (Lorenzis, ۲۰۱۶) آمنه سلیمانی کیا و همکاران در سال ۱۳۹۶ به مطالعه مدل سازی لایه چسب به منظور پیش بینی شکست زودرس در تیرهای بتنی تقویت شده با صفحات FRP پرداختند. آن ها به تاثیر مستقیم افزایش ظرفیت خمشی تیرهای بتنی با ایجاد چند لایه ورق FRP اشاره داشتند و همچنین اثبات کردند که مدل سازی المان چسب به نسبت قید Tie در آباکوس، اعداد خروجی را به نتیجه ی آزمایش نزدیک تر می کند. (آسلیمانی، ۱۳۹۶) شاراکی^۲ و همکاران در سال ۲۰۱۷ میلادی، چهار دال کامپوزیتی بتن با FRP را مورد آزمایش قرار دادند. مشاهدات آزمایشگاهی آن ها نشان داد که جداسازی ورق های FRP و دال بتنی برای نمونه های کامپوزیتی با چسب اپوکسی نسبت به نمونه های با مهارهای برشی نوارهای FRP کمتر است. (Sharaky, ۲۰۱۷) سرون^۳ و همکاران در سال

^۱ Lorenzo^۲ Sharaky^۳ cerony

۲۰۱۶ میلادی، آزمایش‌هایی روی تیرهای تقویت شده با ورق FRP در بارگذاری های استاتیکی انجام دادند. متغیرهای آزمایش های استاتیکی شامل مقاومت بتن، تعداد لایه های تقویت شده با ورق های FRP و موقعیت چسباندن ورق ها بر روی تیر بود که نتایج آزمایش ها نشان داده که تقویت با ورق FRP باعث افزایش عمر خستگی، سختی و ظرفیت خمشی تیرها می شود. (Ceroni, ۲۰۱۷)

۲- اهداف

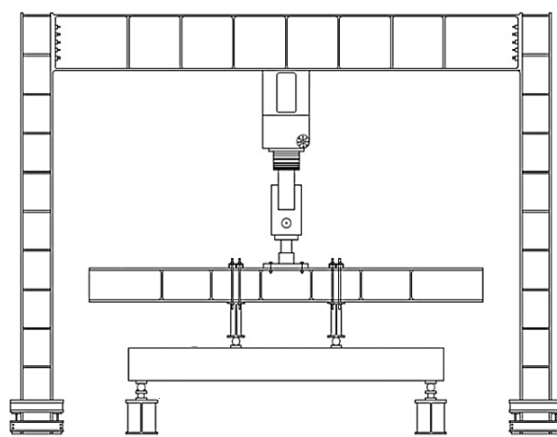
در این مقاله تلاش گردید تا از وقوع شکست‌های زودرس ناشی از جداسازی ورق‌های FRP از سطح بتن و جداسازی پوشش (کاور بتن) در ناحیه کششی مقطع تیر یا جداسازی میلگرد GFRP ناشی از ضعف ناحیه اتصال و زوال چسب اپوکسی تحت بارگذاری شدید نیز جلوگیری شود و همچنین این عارضه در مدلسازی عددی با نرم افزار آباکوس نمایش داده شود و مدل ساختاری صحیحی برای آن ارائه شود. همچنین در ادامه جهت برطرف نمودن این عارضه بتوان روش و راهکار مناسبی را ضمن تقویت المان سازه‌ای و افزایش ظرفیت باربری توام با بهینه سازی اقتصادی ارائه نمود. در نتیجه با بکارگیری مصالح کامپوزیت مانند میلگرد GFRP به روش کاشت NSM و نیز استفاده از ورق FRP با متغیرهای تعداد و مساحت مختلف در الگوهای شکلی متفاوت نیز به بررسی و مقایسه نتایج پرداخته شد. نتایج بدست آمده از تحلیل عددی نیز با مطالعه آزمایشگاهی انجام شده توسط شاراکي^۴ (Sharaky, ۲۰۱۷) مورد مقایسه و صحت سنجی قرار گرفته است.

۳- معرفی سیستم تحت مطالعه

سیستم تحت مطالعه بر اساس یک مطالعه آزمایشگاهی و عددی صورت گرفته می باشد که در سال ۲۰۱۷ توسط شاراکي^۵ و همکاران مورد بررسی قرار گرفته است. (Sharaky, ۲۰۱۷) مدل فوق به بررسی تقویت تیر بتنی با میلگرد GFRP می پردازد که به روش نصب نزدیک در سطح (NSM) در الگوهای نصب و شکلی مختلف به مقایسه و اثر گذاری آن ها می پردازد. این تیر بوسیله جک هیدرولیکی تحت بارگذاری خمشی قرار می گیرد و با یک کرنش سنج (LVDT) نسبت مقاومت به تغییر شکل آن اندازه گیری می شود. مقاوم سازی این تیر بتنی بوسیله ۲ عدد میلگرد طولی GFRP که موقعیت قرارگیری آن‌ها در قسمت جانبی Side-Nsm می‌باشد. مدل آزمایشگاهی این مطالعه متشکل از تیر بتنی با مقاومت فشاری ۲۸ روزه ۲۵ مگاپاسکال می باشد، که توسط میلگردهای GFRP در شیارهای ۲۰*۲۰ میلیمتر در موقعیت های مذکور توسط چسب اپوکسی قرار گرفته اند. میزان کاور بتن ۳ میلیمتر در نظر گرفته شده است. تیر بتنی دارای دو تکیه گاه ساده و غلتکی در فاصله ی ۱۰ سانتیمتری از لبه خود می باشند که در تمامی مدل ها مشابه یکدیگر می باشد.



تصویر ۲ نحوه ی بارگذاری تیر بتن مسلح در محیط آزمایشگاه [۱]



تصویر ۲ مدل بارگذاری تیر بتن مسلح تحت خمش چهار نقطه ای [۱]

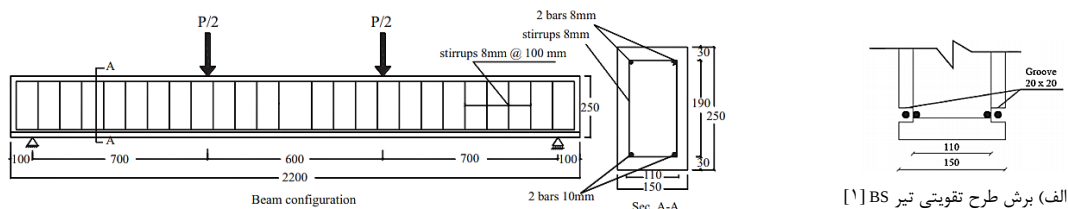
۴- معرفی نمونه های تحلیلی

تیر بتنی مورد مطالعه به سه گروه A, B, C تقسیم بندی شده است که در تمامی گروه ها تیر بتن مسلح دارای طول ۲/۲۰ متر، عرض ۰/۱۵ متر و عمق ۰/۲۵ متر است که توسط دو میلگرد فولادی ۱۰Ø در قسمت فوقانی و دو میلگرد فولادی ۸Ø در قسمت تحتانی مسلح شده است. همچنین میلگردهای فولادی مذکور توسط خاموت های ۸Ø در فاصله ی ۱۰ سانتیمتری محصور شده اند. سایر جزییات و اندازه گذاری ها مطابق تصویر شماره ۳ می باشد. گروه A این مطالعه شامل یک تیر بتن مسلح تقویت نشده با عنوان تیر کنترل Beam (Control) یا مختصراً BC و در ادامه آن نیز یک تیر بتن مسلح تقویت شده به روش نصب نزدیک سطح (NSM) با بهره گیری از دو میلگرد GFRP با قطر ۱۴ میلیمتر به طول ۱۸۰۰ میلیمتر که در سطح جانبی تیر نصب و با چسب اپوکسی پر شده است. این تیر تحت عنوان (Side-Beam) یا مختصراً BS نامگذاری شده است. تیرهای گروه A در این مقاله نیز مطابق با نمونه آزمایشگاهی انجام شده در مطالعه رفرنس^۶ (Sharaky, ۲۰۱۷) می باشد که جهت صحت سنجی نتایج آن با نرم افزار آباکوس مدلسازی شده اند. در ادامه جهت بررسی و ادامه روند این تحقیق در گروه B به بررسی دو تیر بتن مسلح با ابعاد و ضوابط طراحی مشابه با گروه A با تغییر در محل و تعداد المان های تقویتی سعی بر افزایش میزان ظرفیت باربری آن ها شده است. مدل (Beam-Bottom) یا مختصراً BB با دو میلگرد GFRP به روش NSM در قسمت تحتانی تیر، مطابق با تصویر شماره ۴ طراحی شده است. مدل BT بصورت ترکیبی از مدل BB و BS یعنی با قرارگیری دو میلگرد NSM در قسمت تحتانی و دو میلگرد NSM در قسمت جانبی تیر مطابق با تصویر شماره ۵ کارگذاری و طراحی شده است. همچنین در گروه C جهت جلوگیری از شکست زودرس ناشی از جداسازی میلگرد GFRP و زوال چسب اپوکسی از سطح بتن در اثر نیروهای وارده و نیز بهبود ترک های خمشی احتمالی در تیر بتن مسلح، با بهره گیری از ورق های FRP در اشکال و روش های نصب متفاوت در تیر بتنی بکارگرفته شده است. نمونه های فوق در گروه C شامل سه عدد تیر تقویت شده مشابه تیر BT با افزودن ورق FRP بصورت نواری و موازی با راستای طولی میلگرد GFRP و نیز روش U شکل با جزییات مطابق با تصویر شماره ۶ الی ۸ طراحی شده است. ابعاد و اندازه و مشخصات طراحی هر کدام از تیرها در جدول شماره ۱ آورده شده است.

جدول ۱ جزییات طرح مقاوم سازی و نامگذاری تیرهای مورد مطالعه

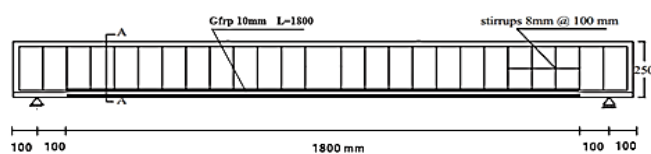
گروه	نام تیر	ابعاد تیر mm	میلگرد طولی mm	میلگرد عرضی mm	تعداد میلگرد GFRP total	ابعاد FRP mm	مساحت FRP m ^۲	روش نصب ورق FRP
گروه A	BC	۲۲۰۰×۱۵۰×۲۵۰	۲۵۰	۱۰۰	-	-	-	-
	BS				۲	-	-	-
	BB				۲	-	-	-
گروه B	BT	۲۲۰۰×۱۵۰×۲۵۰	۲۵۰	۱۰۰	۴	-	-	-
	BTF ^۱				۴	۱۸۰۰×۸۰۰	۰/۲۸۸	نواری
گروه C	BTF ^۲	۲۲۰۰×۱۵۰×۲۵۰	۲۵۰	۱۰۰	۴	۱۸۰۰×۱۵۰	۰/۲۷	نواری
	BTF ^۳				۴	۴×۳۰۰×۲۵۰ ۲×۳۰۰×۱۵۰	۰/۳۹	U شکل

^۶ reference

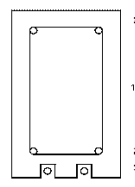


الف) برش طرح تقوینتی تیر BS [۱]

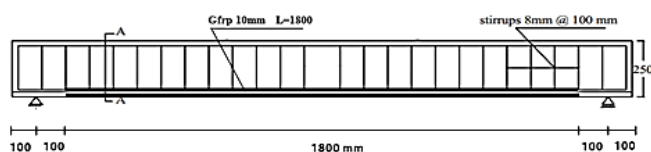
تصویر ۳ نقشه جزییات طرح تیر کنترل BC مطابق با برنامه آزمایشگاهی [۱]



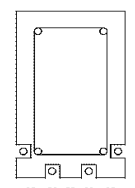
تصویر ۴ نقشه جزییات طرح تیر BB



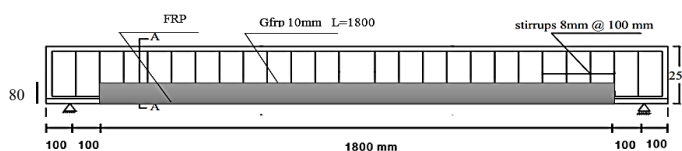
Section A-A



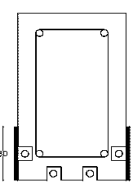
تصویر ۵ نقشه جزییات طرح تیر BT



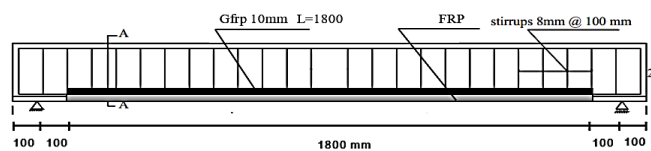
Section A-A



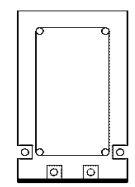
تصویر ۶ نقشه جزییات طرح تیر BTF^۱



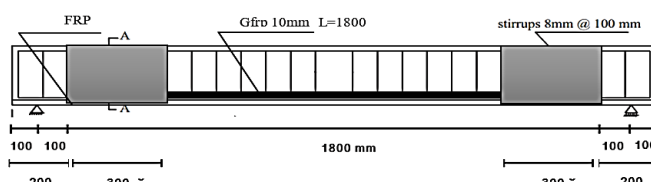
Section A-A



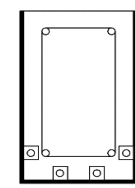
تصویر ۷ نقشه جزییات طرح تیر BTF^۲



Section A-A



تصویر ۸ نقشه جزییات طرح تیر BTF^۳



Section A-A

۵- مدل سازی عددی

در این مقاله برای مدل سازی عددی و صحت سنجی آن با نتایج حاصل از کار آزمایشگاهی و همچنین در ادامه آن جهت بهینه سازی تیرهای مقاوم سازی شده نیز با بهره گیری از نرم افزار آباکوس^۷ اقدامات لازم صورت گرفته است. برای مدل کردن تیر بتن مسلح و تقویت آن با میلگرد GFRP و ورق FRP مجموعاً تعداد ۷ نمونه مدل عددی با روش های مختلف نصب تحت بارگذاری چهارنقطه ای خمشی (نیرو-تغییر مکان) قرار گرفته شد. همچنین جهت استخراج نمودار پوش آور از تحلیل استاتیکی غیر خطی استفاده شده است. سایر مشخصات مدل سازی و خصوصیات رفتاری مصالح بکار برده شده مطابق بند ۱-۵ تا ۵-۵ می باشد.

۱-۵ بتن

بهترین مدل رفتاری برای شبیه سازی بتن، مدلی است که ترکیبی از رفتار خطی و خرابی پلاستیسیته را نمایش دهد. بر همین مبنا محققان توصیه کردند که رفتار ایزوتروپیک خرابی الاستیک را با مفهوم رفتار ایزوتروپیک پلاستیک در فشار و کشش بتن می توان ترکیب نمود. در مدل Concrete Damaged Plasticity (CDP) این نرم افزار برای بتن، رفتار پلاستیک (در کشش و فشار) تعریف شده است که می توان با وارد کردن پارامترهای مناسب، میزان خرابی دل خواه برای کشش و فشار را جهت شبیه سازی با نمونه آزمایشگاهی وارد نمود. (ارفعی، ۱۳۹۵)

جدول ۲ خصوصیات رفتار مصالح بتن جهت مدل سازی عددی در نرم افزار آباکوس [۱]

ضریب پواسون	مدول الاستیسیته	مقاومت فشاری بتن	چگالی بتن
	گیگاپاسکال	مگاپاسکال	کیلوگرم/مترمکعب
۰/۲	۲۳/۵	۲۵	۲۵۰۰

۲-۵ فولاد

میلگرد بکار رفته جهت تسلیح تیر بتنی نیز از نوع A-۳ آجدار می باشد. برای معرفی آرماتورهای طولی و عرضی از المان های سیمی سه بعدی با تغییر شکل های غیر خطی استفاده می شود. در این نوع المان ها، تنها نیروی محوری انتقال یافته و هیچ گونه لنگری ایجاد نمی شود. آرماتورها به صورت یک جا با المان های بتن تعریف شده و المان های خرابایی در بتن جاسازی می شوند. رفتار المان Solid بتن بسته به میزان آرماتوری که در آن قرار می گیرد، تغییر کرده و المان معادلی بین رفتار بتن و آرماتور ایجاد می شود. (ارفعی، ۱۳۹۵)

جدول ۳ خصوصیات رفتار مصالح فولاد جهت مدل سازی عددی در نرم افزار آباکوس [۱]

Fu/Mpa	FY/Mpa	نسبت پواسون	مدول الاستیسیته	وزن مخصوص
۴۹۶	۳۲۵	۰/۳	2×10^6	۷۸۵۰ KG

^۷ ABAQUS

۵-۳- ورق FRP

در این مقاله رفتار FRP بصورت ایزوتروپ و حالت Lamina مدل شده است. در این مدل مدول الاستیسیته و تنش گسیختگی در جهت های مختلف الیاف به نرم افزار معرفی می شود. از آنجا که FRP مصالح ترد محسوب می شود، نیازی به تعریف Damage Evolution نمی باشد و فقط برای آن Hashin Damage تعریف می نماییم. (آ. سلیمانی، ۱۳۹۶) خصوصیات ورق های کامپوزیتی پلیمری از نوع S۷۰۰T در نظر گرفته شده است. الیاف فوق از نوع دو جهته و از جنس شیشه است که در بسیاری از پروژه های بهسازی و مقاوم سازی استفاده می شود. در الیاف دو جهته، جهت فیبر ها با محور افقی و عمودی هم راستا می باشد، به همین دلیل پارامترهای طولی و عرضی یکسان در نظر گرفته می شود. چگالی ورق FRP، نیز ۱۷۸۰ کیلوگرم در هر متر مکعب و ضخامت آن ۱ میلیمتر می باشد. (Ceroni, ۲۰۱۷)

جدول ۴ خصوصیات رفتار مصالح کامپوزیت جهت مدلسازی عددی در نرم افزار آباکوس [۶]

مقاومت کششی طولی	مقاومت فشاری	مقاومت برشی	مدول الاستیسیته	تنش تسلیم
Mpa	Mpa	Mpa	Gpa	Mpa
۹۶×۱۰^۶	۷۴×۱۰^۶	۹۵×۱۰^۶	۲۳۱	۴۶۶۰

۵-۴- میلگرد GFRP

در این پژوهش میلگرد GFRP مدل شده به صورت ایزوتروپیک و الاستیک خطی در نظر گرفته شده است. بنابراین از آنجا که GFRP مصالح ترد محسوب می شود، نیازی به تعریف رفتار غیر خطی ندارد. (آ. سلیمانی، ۱۳۹۶) میلگردهای GFRP مورد استفاده در نمونه ها از نوع شیشه و رزین می باشد. قطر این میلگردها ۱۴ میلیمتر است. تنش نهایی و مدول الاستیسیته میلگردهای GFRP به ترتیب ۹۹۰ و ۵۵×۱۰^۶ می باشد. سایر پارامترهای عددی آن مطابق با جدول شماره ۵ می باشد. المان ترسیمی میلگرد GFRP بصورت مدل سیمی Wire و نوع مش بندی آن Beam می باشد. (Sharaky, ۲۰۱۷)

جدول ۵ خصوصیات رفتار مصالح GFRP جهت مدلسازی عددی در نرم افزار آباکوس [۱]

نسبت پواسون	مدول الاستیسیته	وزن مخصوص	قطر میلگرد GFRP
۰/۲۶	۵۵×۱۰^۶	۲۱۰۰ KG	۱۴ mm

۵-۵- چسب اپوکسی

برای تعریف رفتار لایه چسب به نرم افزار نیاز به تعریف بخش الاستیک و بخش خرابی چسب می باشد. رفتار آغازین لایه چسب در شروع خرابی به شکل رفتار الاستیک- خطی تعریف می شود. در نرم افزار، در بخش تعریف خصوصیات مکانیکی، الاستیک، نوع کشش (traction) انتخاب می شود و می بایست بردار سختی اولیه برای آن تعریف شود. (آ. سلیمانی، ۱۳۹۶) مطابق جدول شماره ۶ نیز t ضخامت چسب، E مدول الاستیسیته چسب، G۱ و G۲ مدول برشی چسب در جهات دوم و سوم صفحه Knn, Kss, Ktt مقدار سختی اولیه در جهات عمود و دو جهت اصلی دیگر می باشند. (آ. سلیمانی، ۱۳۹۶) چگالی چسب ۱۲۵۰ و ضخامت آن ۱ میلیمتر می باشد.

جدول ۶ پارامترهای عددی جهت وارد نمودن رفتار چسب در نرم افزار آباکوس [۸]

E / Knn	G ^۱ /Kss	G/Ktt
۱۸۲۴×۱۰ ^۶	۶۲۲×۱۰ ^۶	۶۲۲×۱۰ ^۶

تعریف بخش خرابی به نرم افزار، شامل رفتار آغاز خرابی و گسترش خرابی می‌باشد. برای تعریف رفتار شروع خرابی، پارامترهای σ_s و σ_t که عبارتند از مقادیر حداکثر تنش های کششی و برشی ماکزیمم چسب و G_t , G_s , G_n جهت های مؤلفه های تنش در محدوده الاستیک، معرفی می‌شوند. فرضیه گسترش خرابی چسب با توجه به انرژی آزاد شده، بیان شده است. توصیف این مدل در کتابخانه مصالح نرم افزار آباکوس موجود است. در این نرم افزار، وابستگی انرژی شکست به مود ترکیبی براساس معیار گسیختگی BK تعریف شده است. (آ.سلیمانی، ۱۳۹۶)

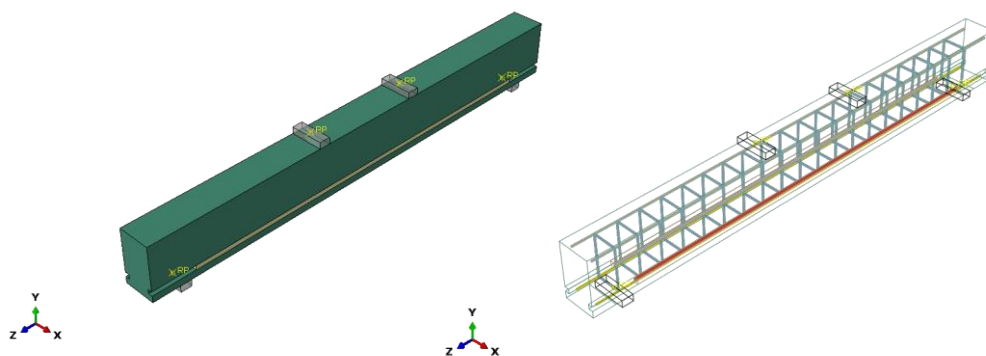
جدول ۷ پارامترهای عددی جهت وارد نمودن آسیب چسب در نرم افزار آباکوس [۸]

σ_n	σ_s	σ_t	G_n	G_s	G_t
۳/۱۷×۱۰ ^۶	۱/۷۸×۱۰ ^۶	۱/۷۸×۱۰ ^۶	۱۱۱/۵۲	۹۰۰	۹۰۰

۶- نوع تحلیل

در این مقاله جهت تعیین میزان ظرفیت باربری و تغییر شکل های ایجاد شده نیز از تحلیل استاتیکی غیر خطی استفاده شده است. (Sharaky, ۲۰۱۷) تحلیل استاتیکی غیرخطی پوش آور یک نوع تحلیل افزایشی است که نیرو به صورت فزاینده زیاد می شود و باعث تغییر شکل سازه می گردد. این افزایش بارگذاری تا جایی ادامه می یابد تا اولین مفصل پلاستیک در سازه ایجاد گردد. اما در این هنگام سازه همچنان مقاوم است و می تواند در برابر افزایش میزان باربری نیز وارد تغییر شکل پلاستیک شود و این تغییر شکل تا جایی ادامه خواهد یافت که که سازه دچار فرو ریزش شود. (اسفندیاری، ۱۳۹۷) در نرم افزار آباکوس برای محاسبه ظرفیت باربری توام با جابجایی از حلگر جنرال استاتیک^۸ استفاده شده است. نتیجه این تحلیل برای ترسیم نمودار بار-تغییر مکان مورد استفاده قرار می گیرد که از یک سو میزان ظرفیت باربری توسط تیر و از سوی دیگر میزان جابجایی یا تغییر شکل ناشی از تنش وارد شده بر تیر را نشان می دهد. در این روش مبنا، تغییر مکان فرض شده این است که با وارد شدن به ناحیه غیرخطی این تغییر شکل ها هستند که تعیین کننده رفتار سازه می باشند، زیرا با ورود به ناحیه غیرخطی یعنی پس از تسلیم عضو، با افزایش نیروهای کوچک تغییر شکل های بزرگ خواهیم داشت.

^۸ General static



تصویر ۹: مونتاز تیر بتن مسلح تقویت شده تحت بارگذاری خمشی چهار نقطه ای در محیط آباکوس

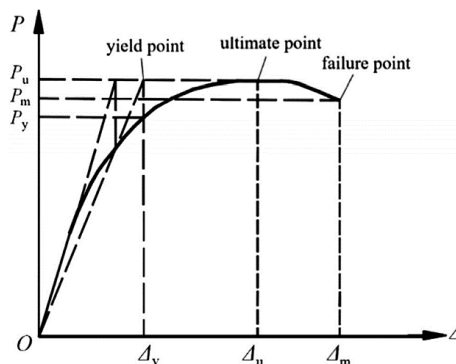
۸- نسبت شکل پذیری

میزان شکل پذیری یک المان سازه‌ای نشان دهنده توانایی یک عضو در جذب نیرو و ایجاد تغییر شکل در اثر بارهای وارده در محدوده خطی و غیر خطی می باشد. قابلیت یک سازه در داشتن تغییر مکان بالاتر از حد خطی و جذب انرژی در تغییر شکل های بزرگ به وسیله رفتار غیر خطی را نسبت شکل پذیری می گویند. (اسفندیاری، ۱۳۹۷) نسبت شکل پذیری از رابطه شماره ۱ تعیین می گردد.

$$\mu = \frac{\Delta_m}{\Delta_y} \quad (1)$$

Δ_m : تغییر شکل نهایی عضو (ناحیه گسیختگی)

Δ_y : تغییر شکل حد جاری شدن (ناحیه خطی)

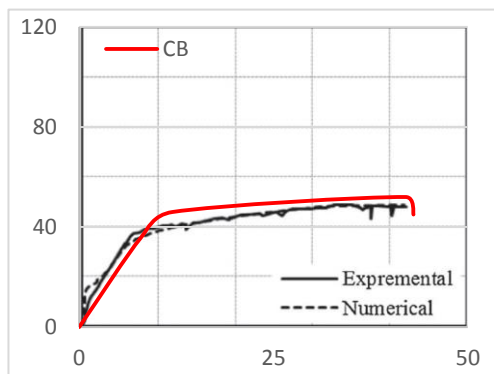


تصویر ۱۰: نشانه گذاری نقاط ارتجاعی، ماکزیمم و گسیختگی در نمودار پوش آور [۴]

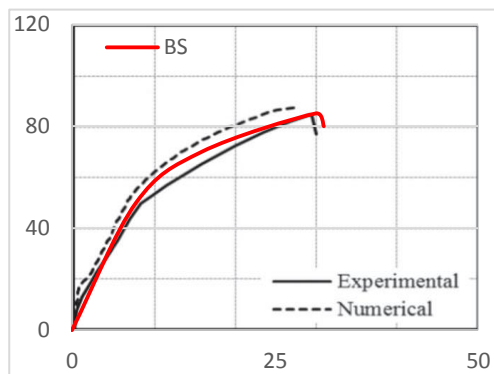
۷- صحت سنجی

برای اعتبار سنجی نتایج مدلسازی عددی و مقایسه آن با نمونه‌های آزمایشگاهی در مرحله اول تیرهای گروه A در نرم افزار آباکوس اعتبار سنجی شدند. مطابق با نمودار شماره ۱، منحنی نیرو - تغییر مکان تیرهای مورد مطالعه ترسیم و میزان اختلاف نتایج مدلسازی عددی با نتایج آزمایشگاهی مقایسه شد. می توان اذعان کرد که نتایج از دقت خوبی برخوردار است. میزان اختلاف اندکی که در نتایج بوجود آمده ناشی از غیر قابل پیش بینی بودن دقیق رفتار بتن در محدوده ی پلاستیک می باشد. همچنین در شکل های ۱۱، ۱۲، ۱۳ مقایسه ترک ها و شکست های بوجود آمده در تیرهای BC و BS در محیط نرم افزار آباکوس و آزمایشگاهی نشان داده شده است.

نتایج بدست آمده از مدلسازی عددی تیر کنترل BC تحت بارگذاری خمشی چهار نقطه، نشان داد که تیر مذکور با ایجاد ترک و گسیختگی در محدوده خمشی دچار شکست شده است. این ترک‌ها که در محدوده میانی تیر و به صورت عمودی می باشد نیز تیر را دچار شکست نرم نموده. در نهایت حداکثر میزان ظرفیت باربری این تیر ۵۰ کیلو نیوتن و خیز ایجاد شده میانی نیز ۴۳ میلی‌متر می باشد که پس از آن منجر به شکست تیر می‌گردد. مطابق با نمودار ۱-الف تیر مشاهده شد که پس از جاری شدن میلگردهای کششی (فولادی) هیچ گونه مقاومتی در برابر افزایش بار وارده ایجاد نشده و با کمی افزایش بار وارده، تیر دچار خیز یا تغییر شکل پلاسیسیته شده است. تحلیل نتایج تیر BS مشخص نمود که میزان حداکثر ظرفیت باربری در این تیر برابر با ۸۴ کیلو نیوتن و میزان خیز نهایی آن برابر با ۲۹ میلی‌متر می باشد. ظرفیت باربری تیر BS در مقایسه با تیر کنترل BC به میزان ۴۰٪ افزایش داشته است. با عنایت به نمودار شماره ۱-ب مشخص گردید که نصب دو میلگرد GFRP در سطح جانبی تیر، باعث تردتر شدن رفتار و شکل پذیری تیر می‌گردد. در نهایت میزان شکل‌پذیری تیر BS در مقایسه با تیر کنترل BC حدود ۴۳٪ کاهش پیدا نموده است. مطابق تصویر شماره ۱۳-الف جداولگی میلگرد GFRP از سطح بتن بیانگر آن است که این گسیختگی ناشی از زوال اتصال بین میلگرد NSM از سطح بتن می باشد. مطابق با تصویر شماره ۱۲ عمده ترک‌های ایجاد شده در تیر مذکور خمشی و در میانه تیر می باشد. قابل ذکر است که رفتار ترد این تیر بدلیل خطی بودن رفتار میلگرد GFRP می باشد، بطوریکه پس از گسیختگی و جداولگی میلگرد GFRP عملاً تیر بتن مسلح هیچ گونه مقاومتی در برابر بار وارده نداشته و با افزایش خیز میانی، به سرعت دچار شکست می‌گردد. همچنین جداولگی زودرس میلگرد GFRP از سطح بتن باعث گسیختگی



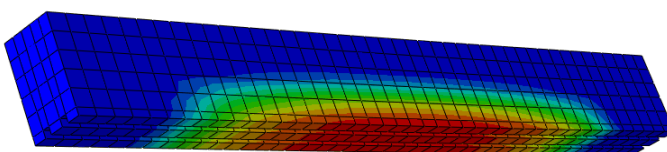
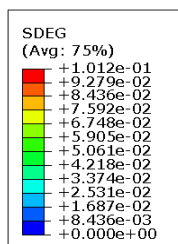
الف) نمودار پوش آور تیر کنترل BC



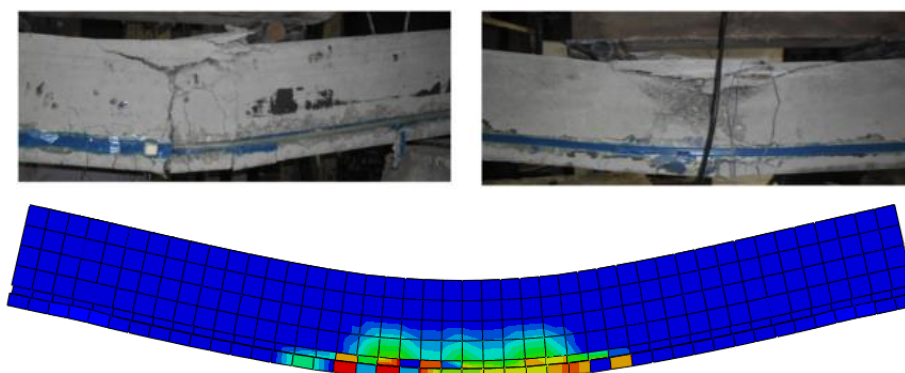
ب) نمودار پوش آور تیر BS

نمودار ۱ منحنی نیرو-تغییر مکان (پوش آور) تیرهای BC, BS و مقایسه آن با نمودار بدست آمده در نتایج تحقیق رفرنس [۱]

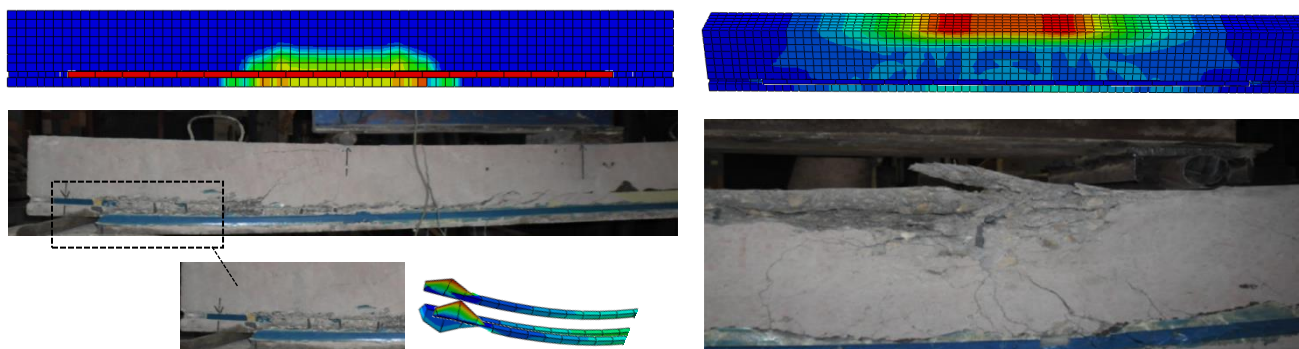
زودرس این تیر شده است.



تصویر ۱۱ صحت سنجی و تطابق نتایج آزمایشگاهی و مدلسازی عددی



تصویر ۱۲ صحت سنجی و تطبیق شکست خمشی بوجود آمده در مرکز تیر BS



الف) زوال چسب اپوکسی و ایجاد گسیختگی زودرس در تیر BS

تصویر ۱۳ صحت سنجی و تطابق نواحی گسیخته و شکستگی های رخ داده در نتایج آزمایشگاهی و مدلسازی عددی

۹- یافته‌ها

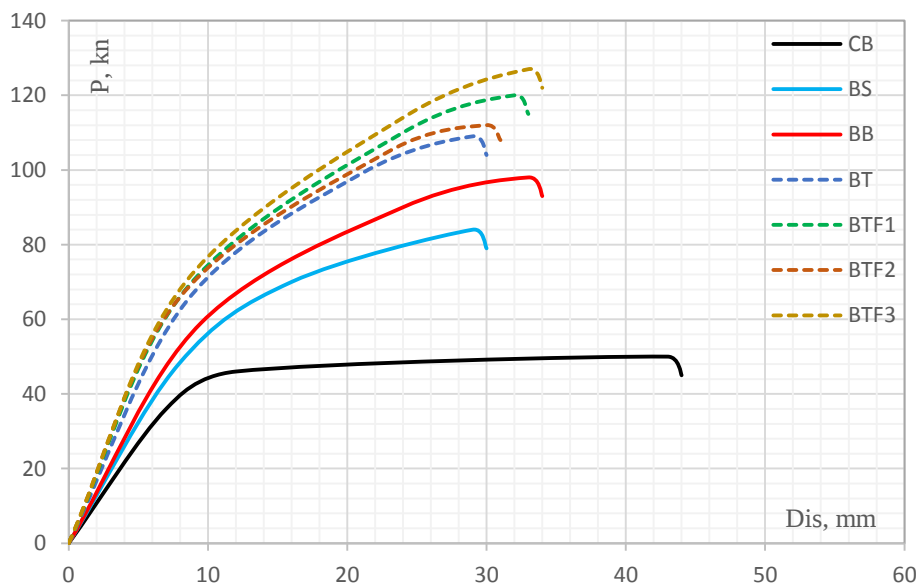
نتایج بدست آمده از مدلسازی عددی تیر BB که توسط دو میلگرد NSM در سطح زیرین تقویت شده است، نشان می‌دهد که حداکثر میزان ظرفیت باربری آن در مقایسه با تیر کنترل ۴۸٪ افزایش داشته و پس از تحمل باربری ۹۸ کیلو نیوتن گسیخته می‌شود. همچنین میزان خیز این تیر در مقایسه با تیر کنترل رفتار تردتری داشته، بطوریکه میزان شکل پذیری آن ۳۰٪ کاهش پیدا نموده، اما میزان خیز میانی آن در مقایسه با تیر BS نیز ۱۲٪ افزایش داشته است. گسیختگی تیر BB بر خلاف تیر BS به دلیل شکست میلگردهای GFRP رخ داده است. تعبیه میلگردهای GFRP در قسمت تحتانی تیر باعث افزایش شکل پذیری و نیز میزان ظرفیت باربری شده است، اما بدلیل ضعف میلگردهای GFRP در برابر نیروی وارده، ظرفیت تیر بتن مسلح در ناحیه خمشی کافی نبوده، لذا مقاوم سازی این تیر در محدوده بحرانی اهمیت دارد. تیر BT با عنایت به افزایش تعداد میلگردهای NSM به چهار عدد نیز از ظرفیت باربری بیشتری در مقایسه با تیرهای موجود در گروه A برخوردار می‌باشد. میزان ظرفیت باربری این تیر در مقایسه با نمونه تیر کنترل ۵۴٪ افزایش یافته است که پس از آن تیر گسیخته می‌شود. میزان تغییر شکل این تیر در مقایسه با تیر کنترل نیز ۴۸٪ کاهش یافته و رفتار تردتری را از خود به نمایش گذاشته است. در این تیر گسیختگی زودرس ناشی از جداسازی میلگردهای GFRP از سطح جانبی بتن بدلیل زوال چسب اپوکسی، عامل

شکست تیر می باشد. این عارضه نشان دهنده آن است که ظرفیت برشی سطح مشترک بین بتن و ناحیه اتصال یا همان چسب رزین اپوکسی در محدوده انتهای میلگردهای طولی، کمتر از میزان تنش‌های وارده می باشد. بنابراین جهت جلوگیری از گسیختگی زودرس باید ظرفیت برشی این محدوده را به روش مقاوم سازی مطابق آنچه در تیرهای گروه C آورده شده نیز افزایش داد.

نتایج بدست آمده از گروه C با عنایت به مدلسازی عددی صورت گرفته در تیر BTF^۱ که با اضافه شدن ورق FRP جهت پوشش میلگرد NSM در سطح جانبی تیر انجام شد، نیز مشخص نمود که میزان ظرفیت باربری این تیر در مقایسه با تیر کنترل ۵۶٪ افزایش یافته و همچنین میزان خیز نهایی آن ۱۹٪ کاهش یافته است. همچنین میزان شکل پذیری و ظرفیت باربری این تیر در مقایسه با نمونه BT نیز افزایش داشته که علت آن اضافه نمودن ورق FRP می باشد. بکارگیری ورق FRP در قسمت جانبی تیر برای تقویت میلگردهای طولی NSM در افزایش میزان ظرفیت باربری و شکل پذیری تیر موثر واقع شده است، چرا که این افزایش مقاومت به سبب جلوگیری از جداشدگی زود هنگام میلگرد NSM جانبی از سطح بتن حاصل شده، اما ورق FRP موجب به تعویق افتادن شکست خمشی در سطح زیرین تیر بتنی نگردیده است. در تیر BTF^۲ ظرفیت باربری نهایی آن نسبت به تیر کنترل ۵۵٪ افزایش و میزان خیز میانی آن ۴۳٪ کاهش یافته است. استفاده از الیاف FRP برای تقویت میلگردهای طولی NSM موثر واقع شده و شکست تیر را به تعویق می اندازد، اما همچنان مانع از وقوع جداشدگی زودرس میلگردهای طولی NSM از سطح جانبی بتن نمی گردد. قابل عنوان است که ظرفیت باربری و شکل پذیری این تیر در مقایسه با تیر BT دارای تغییر محسوسی نمی باشد. نهایتاً نتایج بدست آمده از تحلیل تیر BTF^۳ نشان داد که میزان ظرفیت نهایی آن در مقایسه با تیر کنترل ۶۰٪ افزایش و همچنین میزان تغییر شکل آن ۳۰٪ کاهش یافته است، لذا ثابت گردید که با محصور شدگی میلگرد NSM توسط ورق FRP بصورت دورپیچ می توان تا حدود موثری مانع از گسیختگی زودرس ناشی از زوال اتصال بین مصالح کامپوزیت از سطح بتن در این روش مقاوم سازی گردید. استفاده از صفحه FRP به روش دورپیچ (U شکل)، در انتهای میلگردهای طولی NSM و در فاصله یک پنجم لبه تیر در محلی که تنش های برشی ماکزیمم می باشد بهترین حالت نصب جهت تعبیه صفحات کامپوزیت می باشد. بهینه سازی با ورق FRP در این الگوی شکلی و محل قرارگیری، شکست تیرها را به تعویق انداخته و ظرفیت باربری و میزان تغییر شکل تیر را افزایش می دهد.

جدول ۸ مقایسه نتایج میزان ظرفیت باربری و میزان خیز بدست آمده پس از انجام تحلیل عددی

نام گروه	نام تیر	محدوده خطی		محدوده گسیختگی		شکل پذیری
		Kn	Dis	Kn	Dis	
Group A	CB	۷	۳۶/۲	۴۳	۵۰/۵	۶/۱۴
	BS	۷/۹	۴۸/۴	۲۹/۱	۸۴/۴	۳/۶۸
Group B	BB	۸	۵۹/۱	۳۳/۲	۹۸/۲	۴/۱۵
	BT	۸/۲	۶۵/۵	۲۹/۱	۱۰۹/۱	۳/۵۴
Group C	BTF ^۱	۸/۳	۶۶/۳	۳۲/۴	۱۲۰/۴	۳/۹۰
	BTF ^۲	۸/۲	۶۵/۲	۳۰/۳	۱۱۲/۷	۳/۶۹
	BTF ^۳	۸/۳	۶۷/۷	۳۳/۲	۱۲۷/۶	۴

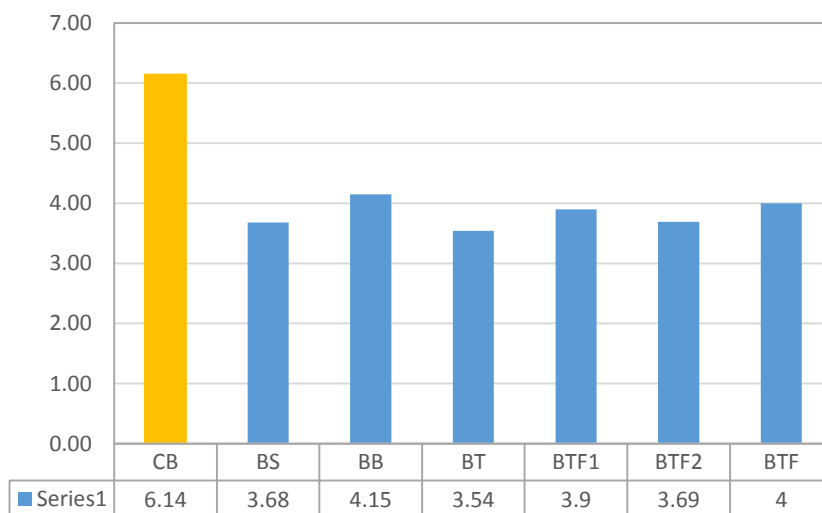


نمودار ۲ مقایسه منحنی نیرو-تغییر مکان (پوش آور) تیرهای مورد مطالعه

در این تحقیق ثابت گردید که استفاده از ورق FRP و همچنین محل نصب آن در بهینه سازی و تقویت ظرفیت باربری و کنترل خیز تیر، ارتباط مستقیم دارد. با محصورشدگی میلگردهای فولادی و همچنین میلگردهای NSM توسط ورق FRP شاهد تاثیر بسزایی در افزایش میزان ظرفیت باربری و کاهش شکل پذیری یا خیز میانی تیر خواهیم بود. در روش مقاوم سازی با میلگرد NSM در سطح جانبی نیز بدلیل زوال چسب اپوکسی و جداشدگی میلگرد GFRP از سطح بتن نیاز به تقویت و محصور شدگی تیر در این ناحیه ضرورت دارد. درواقع در این روش نصب، جز چسب اپوکسی مانعی برای جلوگیری از جداشدگی زود هنگام وجود ندارد. در روش مقاوم سازی با میلگرد NSM در سطح زیرین تیر بتنی بدلیل سطح مقطع درگیری بیشتری که میلگرد GFRP با قسمت تحتانی تیر بتنی دارد، از ظرفیت خمشی بیشتری بهره می برد، اما در این الگوی نصب نیز تیر بتنی در اثر بارگذاری خمشی، بدلیل شکستگی میلگرد NSM سبب گسیختگی تیر می شود. در تیر مقاوم سازی با افزایش میلگرد NSM به چهار عدد نیز بدلیل افزایش تعداد میلگردهای GFRP و تنوع قرار گیری آنها که هم در قسمت تحتانی و هم در قسمت جانبی تیر قرار دارند، شاهد افزایش ظرفیت باربری هستیم، اما در این روش نیز بدلیل زوال چسب اپوکسی در قسمت جانبی تیر، پدیده جداشدگی یا گسیختگی زودرس سبب می گردد، تا کماکان نتوان از حداکثر ظرفیت خمشی تیر بتنی تقویت شده بهره گرفت. لکن در نمونه های گروه C خصوصاً در مدل BTF3 بدلیل محصور شدگی میلگردهای NSM توسط ورق FRP که سبب جلوگیری از گسیختگی زودرس ناشی از جداشدگی میلگرد NSM از سطح بتن یا زوال اپوکسی می گردد، نهایتاً اجازه می دهد تا میلگردهای GFRP به حد نهایی ظرفیت باربری خود برسند. اما شکست تیر در گروه C ناگهانی و بدون نشانه رخ می دهد.

در نمونه هایی که نسبت شکل پذیری (μ) آن در مقایسه با سایرین افزایش یافته است، بیانگر آن است که المان سازه ای در مقاوم سازی لرزه ای از پتانسیل بیشتری در مستهلک نمودن انرژی وارده ناشی از بارهای جانبی برخوردار است. اما بالعکس این حالت یعنی با کاهش نسبت شکل پذیری نیز به دلیل تردتر بودن رفتار سازه و عدم تنزل مقاومت و افت سختی در تناوب بار وارده در سازه ها خصوصاً در تیرها، نیز باعث کاهش ترک های خمشی و جلوگیری از گسترش آن به دیوارهای زیرین می گردد. در نتیجه با توجه به نوع کاربری سازه و

انتظار طراح از عملکرد سازه، نیز باید میزان شکل پذیری سازه کنترل و انتخاب شود. نهایتاً با توجه به نتایج بدست آمده محرز گردید که استفاده از مصالح کامپوزیت مانند میلگرد GFRP بدلیل ترد و شکننده بودن رفتار آن‌ها نیز باعث افزایش سختی تیر بتن مسلح و کاهش شکل پذیری آن می‌گردد.



نمودار ۳ مقایسه نسبت شکل پذیری تیرهای مورد مطالعه

۱۰- نتیجه گیری

- برای مقاوم سازی تیرهای بتن مسلح و افزایش میزان ظرفیت باربری، استفاده از میلگرد GFRP به روش NSM تاثیر بسزایی دارد، اما محل قرارگیری میلگردهای NSM نسبت به تعداد آن‌ها از اهمیت بیشتری برخوردار است.
- استفاده از میلگرد GFRP بدلیل تردپذیری و خطی بودن رفتار آن نیز باعث کاهش شکل پذیری و افزایش سختی تیر بتن مسلح می‌گردد.
- ظرفیت باربری تیرهای تقویت شده با میلگرد GFRP و ترکیب آن با ورق FRP (گروه C) بیشتر از تیرهای تقویت شده با تیرهای گروه A و B می‌باشد که علت آن محصور شدگی میلگرد GFRP توسط صفحات FRP بوده که باعث استفاده حداکثری از ظرفیت خمشی این میلگردها می‌گردد.
- شکست تیرهای مقاوم سازی شده با میلگرد NSM در سطح جانبی ناشی از جداشدگی زودهنگام این میلگرد از سطح بتن می‌باشد، که این پدیده نشان دهنده آن است که ظرفیت برشی سطح مشترک بین بتن و چسب رزین اپوکسی در محدوده انتهای میلگردهای طولی NSM، کمتر از تنش های برشی وارده می‌باشد. در نتیجه برای جلوگیری از وقوع جداشدگی انتهای میلگردهای GFRP از سطح بتن باید ظرفیت برشی این ناحیه افزایش داده شود که یکی از روش های آن محصور نمودن آن با صفحات FRP می‌باشد.

- با توجه به نتایج بدست آمده از تحلیل تیرهای BTF_۱ و BTF_۲ می توان اذعان نمود که افزایش مساحت ورق FRP در افزایش مقاومت تیر بتنی تاثیر مستقیم ندارد و آنچه مهم است موقعیت قرارگیری و محل الصاق ورق FRP می باشد.
- با بررسی نتایج بدست آمده از گروه A می توان دریافت که مدل BB با توجه به جانمایی میلگردهای طولی NSM که در قسمت تحتانی تیر قرار گرفته اند بدلیل برخورداری از سطح مقطع یا درگیری بیشتر با تیر بتنی، از شکل پذیری و ظرفیت باربری بیشتری در مقایسه با نمونه تیر BS که از سطح مقطع کمتری برخوردار است، بهره می برد. در نمونه تیر BS میلگرد طولی GFRP قبل از رسیدن به حداکثر ظرفیت باربری و تغییر شکل بیشتر، دچار گسیختگی زودرس می گردد.

سپاسگزاری

قدردانی فراوان از دپارتمان فنی و مهندسی موسسه آموزشی "ماهرشو..." برای همکاری در روند مدلسازی عددی تیرهای مورد مطالعه و همکاری های موثر و لازم که جهت ثمربخش بودن این تحقیق داشته اند.

مراجع

- [۱] I.A. Sharaky, R.M. Reda, M. Ghanem, M.H. Seleem, H.E.M. Sallam, Experimental And Numerical Study Of RC Beams Strengthened With Bottom And Side NSM GFRP Bars Having Different End Conditions, Compos. B Eng. ۱۰۱۰۱۶- J.Conbuildmat. ۲۰۱۷. ۰۵. ۱۹۲
- [۲] L. De Lorenzis, A. Rizzo, A. La Tegola, A Modified Pull-Out Test For Bond Of Near Surface Mounted FRP Rods In Concrete, Compos. B Eng. ۳۳ (۸) (۲۰۱۶) ۵۸۹-۶۰۳.
- [۳] I.A. Sharaky, L. Torres, M. Baena, C. Mias, An Experimental Study Of Different Factors Affecting The Bond Of NSM FRP Bars In Concrete, Compos. Struct. ۹۹ (۲۰۱۵) ۳۵۰-۳۶۵.
- [۴] I.A. Sharaky, L. Torres, M. Baena, I. Vilanova, Effect Of Different Material And Construction Details On The Bond Behavior Of NSM FRP Bars In Concrete, Constr. Build. Mater. ۳۸ (۲۰۱۸) ۸۹۰-۹۰۲.
- [۵] L. De Lorenzis, A. Nanni, Characterization Of FRP Rods As Near Surface Mounted Reinforcement, J. Compos. Constr. (۲۰۱۶) ۱۱۴-۱۳۵.
- [۶] F. Ceroni, M. Pecce, A. Bilotta, E. Nigro, Bond Behavior Of FRP NSM Systems In Concrete Elements, Compos. B ۴۳ (۲۰۱۶) ۹۹-۱۰۹.
- [۷] I.A. Sharaky, L. Torres, H.E.M. Sallam, Experimental And Analytical Investigation Into The Flexural Performance Of RC Beams With Partially And Fully Bonded NSM FRP Bars/Strips, Compos. Struct. ۱۲۲ (۲۰۱۵) ۱۱۳-۱۲۶.
- [۸] Ameneh Soleimani Kia, Hamid Varastehpour (۲۰۱۷), "Adhesive Layer Modeling To Predict Premature Failure In Reinforced Concrete Beams With FRP Plates", ۵Th Annual National Iranian Concrete Conference, Tehran. (persian)
- [۹] Amir Rafei, Seyed Vahid Razavi Tusi (December ۲۰۱۶), "Analysis Of Finite Element Seating Of Reinforced Concrete Reinforced With CFRP Carbon Polymer Sheets", National Conference On Structural Engineering - Tehran. (persian)
- [۱۰] Hossein Izadi, Hamid Pesran Behbani (October ۲۰۱۸), "Study Of Behavior Of Reinforced Concrete Slab Reinforced With Carbon Polymer (Strips (CFRP) And Glass (GFRP) By Finite Element Numerical Analysis", ۴Th Fourth Conference On New Technologies In Civil Engineering, Iran-Tehran. (persian)
- [۱۱] Mehdi Esfandiari, Fakhreddin Danesh "Flexural reinforcement of reinforced concrete columns using composite rebars buried in the surface", Amirkabir Civil Engineering Journal, Volume ۵۱, Number ۱, ۲۰۱۷, Pages ۱۱۹-۱. (persian)



Investigating the human factors affecting urban traffic accidents

Mahdi Montazer Saheb^{۱*}

Master student, Payame Noor University, North Tehran, Tehran, Iran

Email:

mraser1400@gmail.com

ABSTRACT

Traffic accidents are the second leading cause of death worldwide. In Iran, we are facing such a catastrophic issue. The purpose of this study is to investigate the human factors leading to urban traffic accidents. This research has been done using descriptive-analytical method. Findings from the research show that among all the human factors that lead to an accident, the cause of haste and urgency, non-observance of the right of way and non-observance of longitudinal and transverse distance, high speed, haste and non-observance of traffic rules and Driving, not paying attention to the front, and speeding are the most common causes of accidents.

Keywords: driving automotive accidents, urban driving traffic, human factor



بررسی عوامل انسانی موثر در تصادفات رانندگی درون‌شهری

مهدی منتظر صاحب^{*۱}

*۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشگاه پیام نور تهران شمال، تهران، ایران

پست الکترونیکی:

mraser1400@gmail.com

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۲/۳۱

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۲/۰۲

چکیده

تصادفات رانندگی دومین نوع مرگ و میر در سطح جهان هستند. که در کشور ایران نیز با یک چنین مساله‌ی فاجعه‌باری مواجه هستیم. هدف از این تحقیق، بررسی عامل‌های انسانی منجر به تصادفات است. این تحقیق با استفاده از روش تحلیلی-توصیفی انجام شده است. یافته‌های حاصل از تحقیق نشان می‌دهد که از میان تمامی عامل‌های انسانی‌ای که منجر به تصادف می‌شوند، عامل عجله و شتابزدگی، عدم رعایت حق تقدم و عدم رعایت فاصله طولی و عرضی، سرعت زیاد، تعجیل و عدم رعایت قوانین راهنمایی و رانندگی، عدم توجه به جلو، و سرعت غیر مجاز بیشترین میزان تصادفات را در پی دارند.

کلیدواژه: تصادف، درون‌شهری، عامل انسانی.

مقدمه

مرگ و میر ناشی از سوانح ترافیکی در کشور از معضلات به حساب می‌آید و دومین علت مرگ و میر می‌باشد. شناخت عوامل موثر بر بروز این حوادث می‌تواند به کنترل و کاهش این وقایع کمک کند (توکلی و خانجانی، ۱۳۹۵). تصادفات ماشینی در ایران به عنوان یک معضل بهداشتی مهم به حساب می‌آید و بعد از بیماری‌های قلبی عروقی با اختصاص ۱۴٪ از کل مرگ و میرها به خود در جایگاه دوم علل مرگ در این کشور قرار می‌گیرد (WHO، ۲۰۱۴). این واقعیت لزوم تدابیر خردمندانه و همه‌جانبه را برای پیشگیری، کنترل و کاهش آسیب‌های ناشی از این معضل بهداشتی را روشن می‌سازد. واضح است که برای برنامه‌ریزی و اقدام موثر و به تبع آن موفقیت در کنترل هر پدیده نیاز به آگاهی از عوامل موثر در وقوع آن است و از جمله عوامل موثر در تصادفات ماشینی می‌توان به شبکه‌های راه‌ها، محیط، وسایل نقلیه و استفاده‌کنندگان از راه‌ها اشاره کرد (سوری^۱، ۲۰۱۴؛ پدن^۲، ۲۰۰۴). از جمله عواملی که منجر به تصادفات درون‌شهری می‌شود، می‌توان به عامل انسانی اشاره کرد. عوامل انسانی را می‌توان به رفتار اجتماعی، ویژگی‌های شخصیتی، عوامل درون‌روانی، توانایی‌های شناختی، سرعت واکنشی، خطاهای حسی و ... ربط داد (امینی، ۱۳۹۵). بختیاری و همکاران (۱۳۹۳)، عوامل خطر انسانی را: خستگی و خواب‌آلودگی، نقض عضو موثر، ضعف ناشی از کپولت سن، استعمال مواد مخدر، مصرف مشروبات الکلی، بی‌توجهی به مقررات، عجله و شتاب بی‌مورد، عدم تشخیص سهم عبور سایرین، عدم آشنایی با جاده، تخلف عمدی، ... منجر به حوادث ترافیکی با روش‌های اپیدمیولوژیک توصیف کرده‌اند. در این تحقیق ما برآنیم تا این مساله را مورد بررسی بیشتر قرار دهیم.

۱. بیان مساله و پیشینه‌ی تحقیق

۱-۲ آمار تصادفات رانندگی در ایران

تصادفات رانندگی در ایران بحرانی است. ایران رتبه دوم را از میان ۱۹۰ کشور دنیا در تصادفات رانندگی دارد. بانک جهانی در بررسی‌های خود وضعیت حوادث جاده‌ای در ایران را «بحرانی» اعلام کرده‌است. بر اساس اعلام پژوهشکده بیمه، وابسته به بیمه مرکزی ایران، ایران رتبه دوم قعر جدول (۱۸۹ از میان ۱۹۰ کشور دنیا) در تصادفات رانندگینایمن داشته‌است. آخرین رتبه متعلق به کشور سیرالئون در غرب آفریقا است که در جایگاه ۱۹۰ قرار دارد. میزان تلفات سوانح رانندگی در ایران ۲۵ برابر ژاپن، ۲ برابر ترکیه و تا ۱۰۰ برابر بیش‌تر از برخی کشورهای دنیا است. با این که در انگلستان سه برابر بیشتر از ایران خودرو وجود دارد، تعداد تصادفات ۳۲ برابر کمتر از ایران است؛ یعنی می‌توان گفت به نسبت خودروهای موجود در ایران، حدود ۱۰۰ برابر بیش‌تر از انگلستان تصادفات رانندگی رخ می‌دهد. براساس برخی آمارها سالانه حدود ۸۰۰ هزار تصادف رانندگی در ایران رخ می‌دهد و روزانه ۴۳ نفر کشته می‌شوند. یعنی مرگ یک نفر در هر ۷۱ دقیقه. در واقع حوادث رانندگی در ایران پس از آلودگی هوا بیشترین قربانی را دارد. ایران با داشتن ۱۸ هزار مرگ در حوادث جاده‌ای در سال، یکی از بالاترین تلفات جاده‌ای در جهان را داراست که از مهم‌ترین دلایل آن می‌توان به عوامل انسانی از جمله سرعت زیاد، بی‌احتیاطی رانندگان و بی‌توجهی به مقررات راهنمایی و رانندگی (فرهنگ رانندگی) و عوامل فنی و محیطی از جمله خودروهای فرسوده، پایین بودن سطح ایمنی خودروها، کاستی‌ها در کنترل

^۱Soori

^۲Peden

کیفی خودروهای موجود و کیفیت پایین و غیر استاندارد بودن جاده‌ها اشاره کرد. بر اساس آمار و بررسی میزان عوامل تأثیرگذار در تصادف‌های ایران در سال ۹۳، ۵۲٪ انسان، ۳۰٪ مشکلات جاده‌ای و ۱۳٪ نقص فنی خودروها در تصادفات رانندگی نقش داشتند. بر اساس گزارش اداره راهور پلیس راهنمایی و رانندگی در سال ۹۳ نزدیک به ۱۵۶ هزار تصادف در جاده‌های کشور ثبت شده که ۵۴ هزار مورد تصادف که نزدیک به یک سوم کل تصادفات را تشکیل می‌دهد مربوط به عوامل ناشی از مشکلات مربوط به جاده‌ها و حدود ۸۱ هزار تصادف که نزدیک به نیمی از کل تصادفات جاده‌ای سال ۹۳ را شامل می‌شود ناشی از اشتباهات انسانی بود. بر اساس اعلام وزیر راه و شهرسازی وقت، بیش از ۴۰ درصد از جاده‌های ایران در وضعیت نامناسبی قرار داشته‌است چرا که طی دهه ۱۳۸۴-۱۳۹۴ سرمایه‌گذاری بسیار کمی در بخش نگهداری جاده‌های ایران انجام شده‌است. به گزارش مهر، برای تکمیل شبکه راه‌های کشور حدود ۲۰ هزار کیلومتر راه مورد نیاز است. در ۷ ماهه اول سال ۹۲ روزانه حدود ۵۴ نفر در ایران بر اثر حوادث جاده‌ای جان خود را از دست دادند. طبق اعلام سازمان پزشکی قانونی در ۷ ماهه اول ۹۲ در حدود ۱۱ هزار نفر بر اثر حوادث جاده‌ای فوت و ۲۰۴ هزار و ۷۴۱ نفر مصدوم شدند. سازمان یونسف در سال ۱۳۹۳ در همکاری مشترک با وزارت بهداشت و درمان و آموزش پزشکی ایران، در گزارش خود نرخ سوانح رانندگی در ایران را ۲۰ برابر میانگین جهانی اعلام کرد و نوشت هر ساله در ایران حدود ۲۸ هزار نفر قربانی تصادفات جاده‌ای شده و ۳۰۰ هزار تن نیز دچار مصدومیت یا معلولیت می‌شوند. ۳۰۰ هزار تن نیز دچار مصدومیت یا معلولیت می‌شوند. بر اساس این گزارش نرخ سوانح رانندگی در ایران ۲۰ برابر میانگین جهانی است و هر ساله در ایران حدود ۲۸ هزار نفر قربانی تصادفات جاده‌ای شده و ۳۰۰ هزار تن نیز دچار مصدومیت یا معلولیت می‌شوند. اسماعیل احمدی‌مقدم، فرمانده وقت نیروی انتظامی در سال ۹۳ گفته بود که آمار سالانه کشته‌شدگان حوادث رانندگی در ایران برابر با میانگین سالانه کشته‌شدگان جنگ ایران و عراق است.

۲-۲ عوامل تصادفات ایرانی

به گزارش راهور، ۵۲ درصد از مرگ و میرها در تصادف‌های رانندگی مربوط به سرنشینان پژو و پراید هستند.^{۱۰} بر اساس آمار و بررسی میزان عوامل تأثیرگذار در تصادف‌های ایران در سال ۹۳، ۵۲٪ انسان، ۳۰٪ مشکلات جاده‌ای و ۱۳٪ نقص فنی خودروها در تصادفات رانندگی نقش داشتند. بر اساس گزارش اداره راهور پلیس راهنمایی و رانندگی در سال ۹۳ نزدیک به ۱۵۶ هزار تصادف در جاده‌های کشور ثبت شده که ۵۴ هزار مورد تصادف که نزدیک به یک سوم کل تصادفات را تشکیل می‌دهد مربوط به عوامل ناشی از مشکلات مربوط به جاده‌ها و حدود ۸۱ هزار تصادف که نزدیک به نیمی از کل تصادفات جاده‌ای سال ۹۳ را شامل می‌شود ناشی از اشتباهات انسانی بود. از مهم‌ترین دلایل آن می‌توان به عوامل انسانی از جمله سرعت زیاد، بی‌احتیاطی رانندگان و بی‌توجهی به مقررات راهنمایی و رانندگی (فرهنگ رانندگی) و عوامل فنی و محیطی از جمله خودروهای فرسوده، پایین بودن سطح ایمنی خودروها، کاستی‌ها در کنترل کیفی خودروهای موجود و کیفیت پایین و غیر استاندارد بودن جاده‌ها اشاره کرد. می‌توان به هشت علت اصلی تصادفات در ایران اشاره داشت:

- **علت‌های انسانی:** خواب‌آلودگی رانندگان، سبقت‌گیری غیرمجاز، افزایش غیرمجاز سرعت، رانندگی دراز در شب، انجام ندادن معاینات فنی بر بروی وسیله نقلی، بی‌توجهی به قوانین و ...

بر اساس گزارش اداره راهور پلیس راهنمایی و رانندگی در سال ۹۳ حدود ۸۱ هزار تصادف که نزدیک به نیمی از کل تصادفات جاده‌ای سال ۹۳ را شامل می‌شود ناشی از اشتباهات انسانی بود.

- **علت اقتصادی:** به دلیل ارزان بودن پراید و پژو و بحران اقتصادی در ایران، مردم ایران بیشتر مالکان این دو خودرو هستند، از اینرو مردم ایران از داشتن ماشین‌های با کیفیت‌تر و امن‌تر محروم می‌مانند. بحران اقتصادی موجب این می‌شود که به جای سفر با مترو یا هواپیما یا اتوبوس مسافری، با پراید سفر شود، حال آنکه پراید اصلاً برای مسافرت‌های برون‌شهری توصیه نمی‌شود.
- **نبود ایربگ:** نداشتن ایربگ یا کیسه هوا در ماشین‌های ایرانی، موجب ضربه سر به شیشه جلویی ماشین و در نتیجه ضربه مغزی می‌شود که موجب افزایش مرگ‌ومیر می‌شود.
- **نبود امکانات پزشکی:** برخی از مصدومین تصادفی در درمانگاه‌ها به علت نداشتن امکانات پزشکی، جان خود را از دست می‌دهند.
- **کمبود فوریت‌های اضطراری:** در ایران می‌توان گفت که آتش‌نشانان همیشه پس از سوختن انسان‌ها به محل حادثه رجوع می‌کنند. همچنین در میان اکثر جاده‌های ایران، آتش‌نشانی و اورژانسی وجود ندارد بلکه مراکز چنین فوریت‌هایی در شهرها هستند. همچنین می‌توان گفت که تقریباً تمامی مناطق ایران از آتش‌نشانی هوایی و اورژانس هوایی که می‌توانند بسیار سریع‌تر رجوع کنند، محروم هستند.
- **استاندارد نبودن جاده‌ها:** برخی از جاده‌های بین‌راهی ایران چنان کسل‌کننده و مخروب هستند. همچنین جاده‌های پیچ‌درپیچ و شیب‌دار ایران موجب تصادف می‌شود. همچنین اکثر جاده‌های ایرانی دوبانده هستند و کوچکترین انحراف موجب برخورد خواهند شد.

بر اساس گزارش اداره راهور پلیس راهنمایی و رانندگی در سال ۹۳ نزدیک به یک سوم کل تصادفات ایران مربوط به عوامل ناشی از مشکلات مربوط به جاده‌ها بود. وضعیت هندسی جاده‌ها یکی از اصلی‌ترین عوامل تصادفات جاده‌ای است و رسیدگی به این موضوع خارج از کنترل پلیس و در حوزه اختیارات و فعالیت‌های وزارت راه است. معاون عملیات ترافیک پلیس راهور ناجا معتقد است ابزار لازم در ایمنی راه و وسیله نقلیه باید بیش‌تر مورد استفاده قرار بگیرد و در راستای پوشش خطای انسانی باشد. یکی دیگر از مشکلات جاده‌ای در ایران مربوط به مشکلات جاده‌های روستایی است. بیش‌تر جاده‌های فرعی روستایی نیازمند تسطیح و شن‌پاشی است و راه‌های اصلی روستایی نیازمند عملیات بهسازی و آسفالت است. جاده‌های بخش قابل‌توجهی از راه‌های روستایی و حتی برخی از شهرهای کوچک کشور نامناسب و دسترسی به آنها بر اثر تغییرات محیطی و آب و هوایی از جمله بارندگی، سرما، توفان و باد شدید یا مه‌گرفتگی امکان‌پذیر نیست. به گونه‌ای که در فصل‌های مختلف سال ارتباط این مناطق با جاده‌ها و شهرهای بزرگ کشور قطع می‌شود و افراد در حال تردد در این جاده‌ها در راه می‌مانند. مشکل بزرگ دیگر وجود مشکل در روشنایی جاده‌ها است. کمبود یا نبود علائم رانندگی و شب‌نما نبودن بسیاری از آنها، نبود یا وجود اشکال در گارد ریل و استفاده نکردن از گارد ریل فنی، نبود امکانات جدا کننده مسیرهای رفت و برگشت در تعدادی از جاده‌های کشور و مشکلات آسفالت و آب‌گرفتگی از جمله مشکلاتی است که موجب نا امن شدن جاده‌های کشور می‌شود. بر اساس اعلام وزیر راه و شهرسازی وقت، طی دهه ۱۳۸۴-۱۳۹۴ سرمایه‌گذاری بسیار کمی در بخش نگهداری جاده‌های ایران انجام شده‌است. به همین خاطر بیش از ۴۰ درصد از جاده‌های کشور در وضعیت نامناسبی قرار گرفتند.

- نبود گارد ریل: برخی از مکان‌های حساس از جمله جاده‌های نزدیک به دره، گارد ریلها وجود ندارد و وسیله نقلی به دره سقوط می‌کند و موجب مرگ تمامی سرنشینان خواهد.
- بی‌کیفیتی ماشین‌ها: مهم‌ترین دلایل مرگ‌ومیر و معلولیت در تصادفات، بی‌کیفیتی و فرسوده بودن ماشین‌های رانندگی است که گونه و مدل آنها بسیار پایین است.
- بیمه‌های تصادف: از نظر روان‌شناختی، بیمه‌های تصادف موجب شده که فرد راننده ماشین سنگین دیگر از افزایش سرعت و سبقت‌گیری بیم‌ناک نباشد و با خیال آسوده سبقت‌گیری کند و اگر تصادفی به مرگ صورت گیرد، آنوقت بیمه، دیه-ی فوت شدگان را خواهد داد. بیمه، موجب تشویق رانندگان به سبقت‌گیری و بی‌باکی از قانون‌گریزی می‌شود.

حکومت به‌طور کامل موظف و عهده‌دار است که این امکانات را فراهم کند تا مسافران بدون دغدغه مسافرت کنند.

سازمان پزشکی قانونی ایران وضع مقررات پیشگیرانه را بسیار مؤثر می‌داند. به گفته رئیس سازمان پزشکی قانونی ایران، «برای جلوگیری از تصادف‌های جاده‌ای در ایران، بحث پیشگیری و مقررات پیشگیرانه بسیار مؤثر است و باید به آن توجه شود. رانندگی شغلی است که فرد باید به‌طور کامل بر آن تسلط داشته باشد، بتواند سریع تصمیم بگیرد و از شرایط غیرمنتظره به نحو مطلوب استفاده کند تا حادثه‌ای رخ ندهد یا اگر هم حادثه‌ای رخ داد کم‌ترین خسارت را داشته باشد».

۳-۲ پیشینه‌ی تحقیق

۳-۱-۲ مطالعات داخلی

بخشی و عفتی، ۱۳۹۹، به تحلیل تصادفات درون شهری با رویکرد مکتبمند آدرس مبنا منطقه مورد مطالعه: شهر رشت پرداختند. تصادفات رخ داده در معابر شهری، سالانه هزینه‌های انسانی، اقتصادی و درمانی قابل توجهی را بر کشور تحمیل می‌کند. لذا تحلیل آماری تصادفات رخ داده بمنظور تعیین الگوهای رایج و کشف علل تامه در این نوع معابر، می‌تواند در کاهش فراوانی و شدت تصادفات در مقاطع درون شهری مؤثر باشد. هدف اصلی این پژوهش، تحلیل آماری تصادفات ۳ ساله در منطقه مورد مطالعه (شهر رشت) و تعیین مقاطع پرتصادف با استفاده از تحلیل‌های آدرس‌مبنا می‌باشد. برای تحقق این مهم، روش پیشنهادی به دو فاز تحلیل آماری و تحلیل مکانمند تقسیم می‌شود. در فاز اول مطالعه، آمار خام تصادفات بر اساس فاکتورهای راه، وسیله نقلیه، شرایط محیطی و خطاهای انسانی تفکیک شده تا بررسی‌های آماری توصیفی بر روی آنها انجام شود. سپس تغییرات فراوانی در آمار تصادفات بر مبنای فاکتورهای ذکر شده مورد بررسی قرار می‌گیرند. در بخش دیگری از این مطالعه، با ارائه رویکردی مبتنی بر تحلیل‌های مکانمند آدرس مبنا به شناسایی معابر و آدرس‌هایی که بیشترین تصادفات در آنها رخ داده است، پرداخته می‌شود.

سراج و همکاران، ۱۳۹۹، به شناسایی و اولویت‌بندی عناصر تاثیرگذار بر تصادفات ناوگان بار درون شهری (مطالعه موردی: شهر اصفهان) پرداختند. کشور ما، در زمینه حوادث ترافیکی و تلفات و صدمات ناشی از آن دروضعیتی نامطلوب به سر می‌برد. بطوری که روزانه تعداد قابل توجهی از شهروندان جان خود را درجاده‌ها و معابر شهری از دست داده و یا دچار مصدومیت می‌شوند. امروزه، تصادفات در جامعه ما مورد توجه بسیاری از دانشمندان، مشاوران سلامت، قانون‌گذاران و سیاست‌مداران است، اما کمبود بستر مطالعاتی و تحلیلی تصادفات جهت استفاده درتصمیم‌سازی و شناسایی صحیح مشکلات موجب گردیده تا اثربخشی مطلوبی

از برنامه ها و راهکارهای کنترل و کاهش آمار تصادفات و تلفات حاصل نگردد. حوزه حمل و نقل بار به عنوان یکی از مهمترین و حساس ترین حوزه های حمل و نقلی در بحث ایمنی مطرح می باشد. علیرغم اینکه وسایل نقلیه باری سنگین و نیمه سنگین درصد کمتری از ترکیب وسایل نقلیه را تشکیل میدهند، اما اثرات این وسایل در مقوله ایمنی بسیار بیشتر از سایر وسایل نقلیه بوده و به طور معمول تصادفاتی که یکی از وسایل نقلیه دخیل در آن ها ناوگان بار باشد، از شدت بالایی برخوردار هستند. این ناوگان، به علت دارا بودن بار، سرعت کم و قدرت کنترل مانور پایین حین حرکت، امکان تصادف بالاتری را دارا می باشند. در این تحقیق، به شناسایی و بررسی عناصر تاثیرگذار بر تصادفات ناوگان حمل بار درون شهری پرداخته شده است. به همین منظور با استفاده از آمار به دست آمده از پزشکی قانونی، پلیس راهور و معاونت حمل و نقل و ترافیک شهرداری اصفهان و نظرسنجی کارشناسان پلیس راهور شهر اصفهان، تصادفات با تمام جزئیات (نوع وسیله نقلیه، سن، جنس، مقصر، تحصیلات و غیره) جمع آوری شده است. سپس با استفاده از روابط ریاضی هر یک از عوامل موثر بر تصادفات با زیر مجموعه های آن مشخص شده است. همچنین با استفاده از نرم افزار آماری و داده های موجود، ارزیابی علل تصادفات صورت گرفته است. پس از شناسایی رفتارهای پرخطر، شرایط عوامل انسانی (سن های پرخطر و موارد دیگر)، مسیرهای مستعد تصادفات (نقاط حادثه خیز)، تخلف های حادثه ساز و موارد دیگر، راهکارهایی برای کاهش تصادفات ارائه شده است. با توجه به اینکه حدود ۶۰ درصد از تصادفات ناوگان باری مربوط به انسان و ویژگیهای او می باشد، آموزش موضوعات مرتبط با حمل و نقل به فعالان این بخش به خصوص راهبران که بار اصلی حمل و نقل بار را به دوش می کشند، در توسعه بهره وری و افزایش ایمنی انکارناپذیر است. ضمن آنکه آموزش می تواند زمینه ساز بهره وری اقتصادی بیشتر برای این افراد و در نهایت جامعه حمل و نقل گردد. در واقع با استفاده از آموزش منسجم و هدفمند می توان با انتقال دانش و آگاهی لازم، هزینه تجربه نمودن در جامعه حمل و نقل را برای راهبران و جامعه حمل و نقل کاهش و با ارتقا فرهنگ عمومی استفاده کنندگان از معابر و راه ها و رانندگی صحیح و مبتنی بر مقررات، موجبات افزایش ایمنی تردد و به تبع آن کاهش تصادفات را فراهم کرد.

رحیمی و اسکندرکمالی، ۱۳۹۸، به توسعه مدل پیش بینی تصادفات پروبیت تربیتی در مسیرهای مستقیم درون شهری زنجان پرداختند. از آنجا که تصادفات تلفات قابل توجهی به جامعه تحمیل میکنند و یکی از رایجترین علل مرگ و میر و آسیب در سراسر دنیا میباشد، لذا مدلسازی تصادفات امری ضروری تلقی میشود. تاکنون مدلهای بسیار زیادی برای این منظور مورد استفاده قرار گرفتهاند ولی انتخاب هوشمندانه نوع مدل برای مدلسازی تصادفات وسایل نقلیه موتوری، بسیار دشوار است. همچنین در اجزای مختلف راه به دلیل ویژگیهای متفاوت، عوامل موثر بر وقوع تصادف و شدت آسیب وارده متفاوت میباشد. هدف از این مطالعه برآزش مدل پروبیت ترتیبی در بخش اصلی مسیرهای درون شهری زنجان جهت شناسایی عوامل موثر بر شدت آسیب تصادف میباشد. نتایج این مطالعه نشان میدهد که متغیرهای اصلی و مهم مربوط به مسیر مستقیم شامل تعطیلات، نوع وسیله نقلیه، علت تصادف و شرایط روشنایی مسیر میباشد. براساس نتایج این پژوهش تصادف در شب و با وسیله نقلیه با اندازه کوچکتر باعث افزایش شدت آسیب میشود. همچنین در مورد علت تصادف بیشترین شدت آسیب مربوط به باز کردن ناگهانی درب وسیله نقلیه و پس از آن تغییر مسیر ناگهانی میباشد.

حسینی و جهان بین، ۱۳۹۸، به تحلیل فضایی-مکانی تصادفات رانندگی درون شهری با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی و مدل فازی (مطالعه موردی: شهر کرمان) پرداختند. شهر کرمان طی چند دهه اخیر شاهد تحولات زیادی بوده است. این تحولات شامل توسعه فیزیکی، افزایش جمعیت شهری، مهاجرت بی رویه، حاشیه نشینی و گسترش افقی شهر با حفظ مرکزیت اداری،

اقتصادی و فرهنگی جنوب شرق هستند، اما ایجاد زیر ساخت ها به خصوص در بخش حمل و نقل شهری، متناسب با این تحولات صورت نپذیرفته است. تحقیق حاضر با درک اهمیت موضوع و با توجه به جایگاه شهر کرمان و عدم مطالعات منسجم در این خصوص سعی دارد با استفاده از فناوری GIS و مدل فازی به بررسی و تحلیل پراکندگی تصادفات شهر کرمان و اولویت بندی مناطق حادثه خیز اقدام نماید. نوع پژوهش، کاربردی و با توجه به ماهیت موضوع، روش پژوهش، توصیفی تحلیلی است. روش گردآوری داده ها به صورت ترکیبی مبتنی بر اسنادی و پیمایشی است. بر این اساس فاکتور های مهم که پس از تلفیق و ترکیب داده ها در محیط GIS ابتدا نقشه پراکندگی تصادفات رانندگی شهر کرمان مشخص گردید و سپس با وزن دهی به فاکتورها مناطق حادثه خیز شهر کرمان مشخص گردید. بر این اساس به ترتیب سه محدوده میدان آزادی، خیابان مطهری و جهاد بیشترین مناطق مستعد تصادفات درون شهری می باشند که با توجه به انجام پروژه های روان سازی ترافیک در میدان آزادی، محور خیابان مطهری (پارک مطهری تا سه راه طالقانی) به عنوان محور با بیشترین تصادفات انتخاب گردید. نتایج: هدف اصلی این تحقیق تاکید بر تعداد کلی تصادفات به منظور تشریح مکان های حادثه خیز و ایجاد مدلی بر حسب شدت و تنوع تصادفات بوده هسج. جمع بندی نشان می دهد مناطق مرکزی شهر به خصوص میدان آزادی، خیابان مطهری و بلوار جهاد بیشترین خطر بروز تصادفات درون شهری را داشته است.

حقیقی و کریم، ۱۳۹۷، به رتبه بندی قطعات راه های درون شهری با استفاده از ترکیب ممیزی ایمنی راه و شاخص شدت تصادفات پرداختند. با توجه به آمار تصادفات جاده ای، اثرات منفی و هزینه های سنگین اقتصادی، روحی و روانی بر جامعه، نیاز به فهم عوامل مختلفی که در تصادفات جاده ای موثر هستند، یک مسئله مهم است. علاوه بر این، پیشنهادات برای جلوگیری و کاهش احتمال وقوع تصادفات جاده ای امری منطقی و ضروری است. با توجه به اینکه این تصادفات در ایران و دیگر کشورهای در حال توسعه بیشتر و جدی تر میشود بر اهمیت این موضوع می افزاید. در سالهای اخیر، محققان از روش ممیزی ایمنی راهها به عنوان ابزار برای شناسایی عوامل افزایش احتمال وقوع و شدت حوادث جاده استفاده می کنند که هزینه های بسیار کمتر از سایر روشها است و میتواند اثرات قابل توجهی در کاهش تعداد و شدت حوادث جاده در مکانهای مختلف داشته باشد. این تحقیق مربوط به حوزه درون شهری نور در محور اصلی آن است که متصل کننده ی غرب به شرق استان مازندران بوده و به عنوان راه شریانی پرتردد محسوب می شود، که حدود ۲۲ کیلومتر طول دارد. در این تحقیق این مسیر به ۴۴ قسمت یک کیلومتری در هردو خط رفت و برگشت تقسیم شده است. سپس اصول ایمنی تمام این بخشها با استفاده از قوانین ممیزی ایمنی جاده ای مورد بررسی قرار گرفت. پس از انجام ممیزی ایمنی راه، آمار تصادفات جاده های از سازمان پلیس راهور شهر ستان نور به دست آمده است و ممیزی ایمنی راهها با شاخص شدت تصادفات ترکیب شده است. در نتیجه، هر قطعه با استفاده از شاخص معیار شاخص شدت تصادفات، تراکم دسترسی ها، کاربریهای اطراف راه، تابلوها علائم و دیگر موارد ایمنی، وضعیت روسازی و وضع خط کشیها از لحاظ خطر، ریسک و نیاز به ایمن سازی بر اساس روش تاپسیس و تعیین فاصله قطعات از گزینه ی ایده آل و ضدایده آل رتبه بندی شدند.

عفتی و واحدی ساحلی، ۱۳۹۶، به بررسی تاثیر کاربردهای اراضی شهری بر تصادفات جرحی و فوقی درون شهری: مطالعه ای موردی شهر انزلی پرداختند. تصادفات پدیده ای مکامند بوده و یکی از عوامل اصلی موثر بر شدت تصادفات، عوارض مکانی موثر مجاور است. در این راستا، تحقیقات پیشین اثبات کرده است که کاربری های زمین یکی از مهم ترین خصیصه های مکانی موثر بر شدت تصادفات درون شهری است. در این پژوهش تلاش شده است با ارایه روشی نوین ارتباط تصادفات جرحی و فوقی درون شهری با کاربری اراضی شهری، در شهرستان بندر انزلی مورد بررسی قرار گیرد. ۱۷ کاربری به صورت منتخب برگزیده شده و از داده های

تصادفات مربوط به سال ۱۳۹۵ انزلی استفاده شده است. جهت تحلیل، از رویکرد مساحت محور کاربری ها بهره گرفته شده و برای تاثیر مساحت از عوارض مکانی کاربری زمین در نقشه ی کاربری اراضی شهری در محیط GIS استفاده شده و نیز شاخصی به نام شاخص کاربری زمین و روابطی نیز به پیرو آن، ارایه شده است. نتایج پژوهش حاکی از این موضوع است که گرچه کاربری های مسکونی به علت وسعت و تراکم بالا در مناطق شهری با اختلاف بسیار زیادی تاثیرگذارترین کاربری ها در مناطق شهری هستند، اما کاربری هایی مانند تجاری، حمل و نقل و انبار، فضای سبز و اداری نیز با این که مساحت به مراتب کمتری نسبت به مناطق مسکونی در شهر دارند، عوامل بسیار تاثیرگذاری در تصادفات جرحی و فوتی شهری بوده اند.

۲-۳-۲ مطالعات خارجی

زری^۳ و همکاران، ۲۰۱۹، به بررسی یک مدل ترکیبی برای تجزیه و تحلیل عامل انسانی در حوادث فرآیند: FBN-HFACS پرداختند. عوامل انسانی بیشترین عوامل موثر در عملکرد غیر ایمن سیستم های فرآیند شیمیایی هستند. روشهای متداول ارزیابی عامل انسانی اغلب ساکن هستند، قادر به مقابله با عدم اطمینان داده و مدل نیستند و استقلال را در بین حالت های شکست در نظر می گیرند. برای غلبه بر محدودیت های فوق، این مقاله با در نظر گرفتن سیستم تجزیه و تحلیل و طبقه بندی عوامل انسانی (HFACS)، تئوری مجموعه فازی شهودی و شبکه بیزی، یک مدل ترکیبی از عوامل انسانی پویا را ارائه می دهد. این مدل بر روی سناریوهای حادثه ای که در یک عملیات گرمایش از یک خط لوله گاز طبیعی رخ داده است، آزمایش می شود. نتایج نشان می دهد که آموزش ضعیف ایمنی شغلی، عدم اجرای اصول مدیریت ریسک و نادیده گرفتن گزارش شرایط ناامن، عواملی بودند که در بیشتر شکست ها باعث ایجاد حادثه شده اند. اقدامات ایمنی مبتنی بر ریسک بالقوه برای جلوگیری از حوادث مشابه مورد بحث قرار گرفته است. کاربرد مدل، استحکام آن را در تخمین میزان تأثیر (درجه) شکست های ناشی از عامل انسانی، در نظر گرفتن وابستگی شرطی و ساختار مدلسازی پویا و انعطاف پذیر تأیید می کند.

یوگارلو^۴ و همکاران، ۲۰۱۸، به بررسی سیستم اصلاح و طبقه بندی فاکتورهای انسانی اصلاح شده برای تصادفات کشتی های مسافری (HFACS-PV) پرداختند. با افزایش ظرفیت حمل کشتی های مسافربری به موازات پیشرفت های فن آوری طی ۲۵ سال گذشته، حوادث منجر به از دست دادن جان افراد افزایش یافته است. بنابراین، تصادفات مربوط به کشتی های مسافربری به یک موضوع مهم در صنعت دریایی تبدیل شده است. در این مطالعه، ۷۰ تصادف برخورد و برخورد کشتی با کشتی های مسافری بین سالهای ۱۹۹۱ و ۲۰۱۵ مورد بررسی قرار گرفت. بر خلاف سایر مطالعات در ادبیات، این تحقیق سیستم تجزیه و تحلیل و طبقه بندی عوامل انسانی سفارشی برای حوادث کشتی های مسافری (HFACS-PV) را برای سهولت در تجزیه و تحلیل عامل انسانی در حوادث کشتی های مسافری پیشنهاد می کند. علاوه بر ساختار اصلی HFACS، سطح شرایط عملیاتی اضافی نیز تعریف شده است. چارچوب تخلقات به جای دو دسته گسترده تخلقات معمول و استثنایی، به سه زیر مجموعه نقض قوانین، تخلقات روبه ای و سو abuse استفاده از اختیار تقسیم شده است. سوء استفاده از اختیار، نقض عمدی است که آگاهانه و به عمد صورت گرفته است، بنابراین، سوء استفاده از اختیار جداگانه در نظر گرفته شده است. علاوه بر این، اصلاحات مناسب در عناوین زیر سطح دوم HFACS - پیش شرط اقدامات ناامن برای انطباق با صنعت دریایی انجام شده است.

^۳Zarei

^۴Uğurlu

هیج و کاناپ^۵، ۲۰۱۸، به بررسی قدرت پیش بینی نتایج بازرسی برای حوادث حمل و نقل در آینده - ارزیابی تجربی با توجه ویژه به جنبه های عامل انسانی پرداختند. در این مقاله بررسی می شود که آیا کمبودهای تشخیص داده شده در بازرسی های کنترل وضعیت بندر (PSC) علاوه بر سایر عوامل خطر خاص کشتی مانند نوع کشتی، سن، اندازه، پرچم و مالک، دارای قدرت پیش بینی برای خطر تصادف در آینده است. تجزیه و تحلیل تجربی حوادث را به نتایج بازرسی گذشته مرتبط می کند و بر اساس داده های موجود در سراسر جهان از رژیم های PSC با استفاده از کد کمبود هماهنگ است. این کدها در هشت گروه مربوط به جنبه های عامل انسانی مانند شرایط خدمه، شرایط کار و زندگی و مدیریت خستگی و ایمنی جمع شده اند. این اطلاعات توسط مولفه های اصلی در یک شاخص کمبود کلی واحد ادغام می شود که با استفاده از مدل های لجستیک به خطر تصادف در آینده مربوط می شود. عاملی که خطر حادثه برای کشتی های با میانگین بالاتر از نمره کمبود متوسط کمتر از حدافزایش مییابد، در مورد از دست دادن کل ۶، ۲ برای بسیار جدی، ۱.۵ برای جدی و ۱.۵ برای تصادفات کمتر جدی است. روابط بین نمرات کمبود و خطر تصادف در قالب گرافیکی ارائه شده است. این نتایج ممکن است مورد توجه مقامات PSC برای هدف قرار دادن مناطق بازرسی، دولت های دریایی برای بهبود تخصیص دارایی بر اساس سناریوهای پیش بینی مرتبط با داده های ترافیک کشتی ها و بیمه های دریایی برای تصفیه استراتژی های حق بیمه خود باشد.

خاروفه^۶ و همکاران، ۲۰۱۸، به مروری بر علل عوامل انسانی در حوادث و حوادث حمل و نقل هوایی تجاری: از سال ۲۰۰۰ تا پرداختند. عوامل انسانی توسط سازمان هواپیمایی کشوری بین المللی (ایکائو) تعریف شده است: "در مورد افرادی که در موقعیت زندگی و کار خود قرار دارند. در مورد رابطه آنها با ماشین آلات، با روش ها و با محیط پیرامون آنها. و در مورد روابط آنها با افراد دیگر (در محل کار)". عوامل انسانی تقریباً به ۷۵٪ از سوانح و حوادث هواپیما کمک می کند. بدین ترتیب، درک تأثیر آنها برای بهبود ایمنی در صنعت هواپیمایی ضروری است. این مطالعه عوامل مختلف انسانی را در یک نمونه تصادفی از بیش از ۲۰۰ سوانح حمل و نقل هوایی تجاری و حوادث از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۶ بررسی کرده است. هدف اصلی این مطالعه شناسایی عوامل اصلی عامل انسانی در حوادث و حوادث هواپیمایی بود. از یک طرح تحقیق اکتشافی استفاده شد. داده های کیفی در یک پایگاه داده ثبت شده و در دسته بندی های مربوط به پروازها (شامل تاریخ، تولید کننده، شرکت مخابراتی، وضعیت وقوع و غیره) کدگذاری شده اند. این دسته ها سپس با استفاده از آزمون های Chi-Squared مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند تا مشخص شوند که از نظر تأثیر از نظر تصادفات / حوادث از نظر آماری معنادار هستند. مهمترین عامل انسانی آگاهی از موقعیت و به دنبال آن عدم پایبندی به رویه ها بود. بعلاوه، ثابت شده است که عملیات منشور در مقایسه با نوع دیگر عملیات، میزان وقوع مربوط به عامل انسانی به طور قابل توجهی بالاتر است. یک یافته قابل توجه این بود که آفریقا نسبت به میزان ترافیک و حرکات هواپیما از میزان تصادفات / حوادث بالایی برخوردار است. این یافته ها برخی از موارد قابل توجه دیگری را که مورد توجه رسانه ها قرار گرفته اند منعکس می کند، از جمله AirAsia ۸۵۰۱ در ۲۸ دسامبر ۲۰۱۴، TransAsia Airways ۲۳۵ در ۴ فوریه ۲۰۱۵ و AirFrance ۴۴۷ در اول ژوئن ۲۰۰۹؛ این حوادث منجر به از دست دادن قابل توجهی از زندگی که در آن آگاهی از موقعیت و عدم پیروی از روش عوامل موثر قابل توجه بودند.

^۵Heij & Knapp^۶Kharoufah

۲. روش تحقیق

تحقیق حاضر با استفاده از روش تحلیلی- توصیفی انجام شده است. در این روش به بررسی چيستی و چگونگی مسالهی مورد نظر پرداخته خواهد شد. اطلاعات تحقیق حاضر با استفاده از فیش برداری و روش اسنادی- کتابخانه‌ای از کتب، مقالات داخلی و خارجی و وبسایت‌ها و پورتال‌های معتبر علمی استخراج می‌شود.

۳. یافته‌های حاصل از تحقیق

تحقیقات نشان می‌دهد که نقش بسیار موثر عوامل در بروز تصادفات شهری شامل عوامل چون: عبور از چراغ قرمز، حرکات نمایشی، انحراف در گردش، به چپ دور زدن نامناسب، سبقت غیر مجاز، حرکت خلاف جهت، استفاده از تلفن همراه حین رانندگی، خوردن و آشامیدن حین رانندگی، نقض عضو، خستگی و بی‌خوابی، مصرف مشروبات الکلی، استفاده از مواد مخدر، ضعف خط کشی خیابان، شیب زیاد، پیچ تند، وجود دست‌انداز در خیابان، روشنایی تیر چراغ برق، شرایط سنی، شکستگی شیشه خودرو و ضعف چراغ خودرو و ... هستند. که عامل‌های انسانی و بسیار مهم که بیشترین آمار در تصادف را دارد شامل: عامل عجله و شتابزدگی، عدم رعایت حق تقدم و عدم رعایت فاصله طولی و عرضی است که هم تاثیرگذاری بالای بر روی سایر عوامل دارند و هم تاثیرپذیری بالایی از سایر عوامل دارند. سرعت زیاد، تعجیل و عدم رعایت قوانین راهنمایی و رانندگی و همچنین، عدم توجه به جلو، سبق گرفتن و سرعت غیر مجاز از این عوامل هستند.

۴. نتیجه‌گیری

تصادف رانندگی و به زبان ساده حادثه ترافیکی، به حادثه‌ی ترافیک خیابانی یا جاده‌ای می‌گویند که در آن دست کم یک وسیله‌ی نقلیه‌ی خیابانی با یک وسیله‌ی نقلیه‌ی دیگر، یا با یک کاربر (استفاده‌کننده) راه دیگر، یا یک جسم ثابت در کنار جاده، و یا با خودرو دیگر که معمولاً آسیب مالی یا جانی در پی دارد، برخورد کرده باشد. تصادف یکی از عوامل اصلی مرگ در کشورهای جهان می‌باشد. که عوامل مختلفی همچون عامل‌های محیطی، عامل‌های جاده‌ای، عامل‌های انسانی و ... منجر به این نوع از مرگ و میر می‌شود. که تمرکز این تحقیق بر عامل انسانی تصادفات می‌باشد. که عامل‌های انسانی و بسیار مهم که بیشترین آمار در تصادف را دارد شامل: عامل عجله و شتابزدگی، عدم رعایت حق تقدم و عدم رعایت فاصله طولی و عرضی است که هم تاثیرگذاری بالای بر روی سایر عوامل دارند و هم تاثیرپذیری بالایی از سایر عوامل دارند. سرعت زیاد، تعجیل و عدم رعایت قوانین راهنمایی و رانندگی و همچنین، عدم توجه به جلو، سبق گرفتن و سرعت غیر مجاز از این عوامل هستند.

منابع

امینی، مهدی، ۱۳۹۵، معرفی هسته پژوهشی عوامل انسانی و تصادفات، دانشکده علوم رفتاری و سلامت روان (انستیتو روانپزشکی تهران)، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی ایران.

بختیاری، محمود، سوری، حمید، عینی، الهه، صالحی، مسعود، مهماندار، محمدرضا، ۱۳۹۳، بررسی نقش عوامل خطر انسانی در شدت سوانح ترافیکی در راه‌های درون و برون شهری کشور، مجله ارتقای ایمنی و پیشگیری از مصدومیت‌ها، دوره ۲، شماره ۱، ص ۸-۱.

بخشی، امیر رضا و عفتی، میثم، ۱۳۹۹، تحلیل تصادفات درون شهری با رویکرد مکانمند آدرس مبنا منطقه مورد مطالعه: شهر رشت، دوازدهمین کنگره ملی مهندسی عمران، تبریز.

توکلی، لیلا، خانجانی، نرگس، ۱۳۹۵، الگوی تصادفات درون‌شهری با تاکید بر عوامل موثر در بروز آن‌ها در شهر کرمان ۱۳۹۱-۱۳۹۳، مجله ارتقای ایمنی و پیشگیری از مصدومیت‌ها، دوره ۴، شماره ۲، ص ۱۰۱-۱۰۸.

حسینی، ویدا و جهان بین، نیما، ۱۳۹۸، تحلیل فضایی - مکانی تصادفات رانندگی درون شهری با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی و مدل فازی (مطالعه موردی: شهر کرمان).

حقیقی، فرشیدرضا و کریم، امیرعباس، ۱۳۹۷، رتبه بندی قطعات راه‌های درون شهری با استفاده از ترکیب ممیزی ایمنی راه و شاخص شدت تصادفات، اولین کنفرانس ملی پدافند کالبدی با محوریت عمران، معماری و شهرسازی، تبریز.

رحیمی، امیرمسعود و اسکندرکمالی، رویا، ۱۳۹۸، توسعه مدل پیشبینی تصادفات پروبیت ترتیبی در مسیرهای مستقیم درون شهری زنجان، ششمین کنفرانس ملی پژوهشهای کاربردی در مهندسی عمران، معماری و مدیریت شهری و پنجمین نمایشگاه تخصصی انبوه سازان مسکن و ساختمان استان تهران، تهران.

سراج، نیما و شبانی، احمد و طهماسبی کهیانی، مجید، ۱۳۹۹، شناسایی و اولویت بندی عناصر تاثیرگذار بر تصادفات ناوگان بار درون شهری (مطالعه موردی: شهر اصفهان)، ششمین همایش بین‌المللی مهندسی عمران، معماری، شهرسازی با رویکرد توسعه پایدار، تهران.

عفتی، میثم و واحدی ساحلی، مهیار، ۱۳۹۶، بررسی تاثیر کاربری‌های اراضی شهری بر تصادفات جرحی و فوتی درون شهری: مطالعه ی موردی شهر انزلی، اولین کنفرانس ملی مهندسی راه و ترابری، رشت.

Heij, C., & Knapp, S. (۲۰۱۸). Predictive power of inspection outcomes for future shipping accidents—an empirical appraisal with special attention for human factor aspects. *Maritime Policy & Management*, ۴۵(۵), ۶۰۴-۶۲۱.

Kharoufah, H., Murray, J., Baxter, G., & Wild, G. (۲۰۱۸). A review of human factors causations in commercial air transport accidents and incidents: From to ۲۰۰۰-۲۰۱۶. *Progress in Aerospace Sciences*, ۹۹, ۱-۱۳.

Peden M. (۲۰۰۴), World report on road traffic injury prevention. World Health Organization Geneva.

Soori H. (۲۰۱۴), Epidemiology textbook of Prevalence Diseases in Iran; Volum ۲ — Noncommunicable Diseases. Chap ۱۴. 1ed: GAP; ۱۶۴-۵p.

Uğurlu, Ö., Yıldız, S., Loughney, S., & Wang, J. (۲۰۱۸). Modified human factor analysis and classification system for passenger vessel accidents (HFACS-PV). *Ocean Engineering*, ۱۶۱, ۴۷-۶۱.

WHO. (۲۰۱۴), Noncommunicable Diseases (NCD) Country Profiles, Iran (Islamic Republic of). [cited ۲۰۱۵ June ۲۴]. Available from: http://www.who.int/nmh/countries/irn_en.pdf?ua=۱.

Zarei, E., Yazdi, M., Abbasi, R., & Khan, F. (۲۰۱۹). A hybrid model for human factor analysis in process accidents: FBN-HFACS. *Journal of loss prevention in the process industries*, ۵۷, ۱۴۲-۱۵۵.



Project risk management based on PMBOK guidelines and its application in construction projects

Somayeh Ghorbani¹

* ¹-Master of Engineering and Construction Management-Payame Noor University of Alborz

ABSTRACT

Risk management is one of the important areas of project management that is used in developed countries in an organized and legal manner in all projects. The field of risk management as one of the areas of standard knowledge of PMBOK is the process of identifying, analyzing and responding to risks, which is implemented in order to maximize opportunities and minimize threats. The purpose of implementing the project risk management process is to identify and root out the causes of each risk, analyze it as much as possible, plan and implement response methods and allocate risks to competent factors, in order to effectively control the preferred risks of each project, avoid unnecessary costs., Minimize crisis management and optimize the use of limited resources. The steps described in this article provide a scientific and systematic method for determining and identifying risks, their quantitative and qualitative impact, providing the right answers at the right time, and controlling risks. First, a list of possible risks in construction projects was prepared and key items were prioritized through a questionnaire, then the general strategies for responding to the risks were identified. Finally, with the help of previous research and also consulting experts, the best strategies for controlling critical risks in construction projects are described in detail to provide assurance of efficiency for project stakeholders and maximize productivity and optimize the project in terms of time, cost, Quality, human resources, equipment, etc.

Keywords: Risk Management ,Risk Assessment ,Risk Identification ,Qualitative Analysis,Quantitative Analysis,Risk Response and Control.

All rights reserved to Civil & Project Journal.



www.cpjournals.com

نشریه عمران و پروژه
Civil & Project Journal (CPJ)

مدیریت ریسک پروژه مبتنی بر راهنمای PMBOK و کاربرد آن در پروژه‌های عمرانی سمیه قربانی نوع^۱

^{۱*} - دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی و مدیریت ساخت - دانشگاه پیام نور البرز
پست الکترونیکی: so.ghorbani@gmail.com

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۲/۳۱

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۲/۰۷

چکیده

مدیریت ریسک یکی از محدوده‌های مهم مدیریت پروژه می‌باشد که در کشورهای پیشرفته به صورت سازمان یافته و قانونمند در تمام پروژه‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد. حوزه مدیریت ریسک به عنوان یکی از حوزه‌های دانش استاندارد PMBOK فرایندهای شناسایی، تجزیه و تحلیل و واکنش به ریسک‌هاست که به منظور حداکثر کردن فرصت‌ها و حداقل کردن تهدیدات پیاده سازی می‌شود. هدف از پیاده سازی فرایند مدیریت ریسک پروژه، شناسایی و ریشه یابی علل وقوع هر ریسک، تحلیل آن تا حد امکان، برنامه‌ریزی و اجرای روش‌های واکنش و تخصیص ریسک‌ها به عوامل ذی‌صلاح، به منظور کنترل مؤثر ریسک‌های ارجح هر پروژه، اجتناب از هزینه‌های غیر ضروری، به حداقل رساندن مدیریت بحران و بهینه نمودن استفاده از منابع محدود می‌باشد. گام بندی شرح داده شده در این مقاله یک روش علمی و سیستماتیک را برای تعیین و شناسایی ریسک‌ها، تأثیر کمی و کیفی آنها، ارائه پاسخ‌های درست در زمان مناسب و کنترل ریسک‌ها ارائه می‌دهد. در ابتدا لیستی از ریسک‌های محتمل در پروژه‌های عمرانی تهیه و موارد شاخص از طریق پرسشنامه اولویت بندی شدند، سپس استراتژی‌های کلی پاسخ به ریسک‌ها مشخص گردید. در نهایت با کمک از پژوهش‌های پیشین و همچنین مشورت خبرگان بهترین استراتژی‌ها برای کنترل ریسک‌های بحرانی در پروژه‌های عمرانی به تفصیل تشریح شده است تا اطمینان خاطری از کارایی برای ذینفعان پروژه فراهم آمده و موجب به حداکثر رسیدن بهره‌وری و بهینه‌سازی پروژه از نظر زمان، هزینه، کیفیت، منابع انسانی، تجهیزات و... شود.

کلمات کلیدی: مدیریت ریسک، ارزیابی ریسک، شناسایی ریسک، تحلیل کیفی، تحلیل کمی، واکنش و کنترل ریسک

۱- مقدمه

در عصر حاضر ریسک در تمام جنبه‌های زندگی بشر وجود داشته و در دوران پیش رو سخت است که از زندگی بدون ریسک برخوردار باشیم. خطر در همه جا، در هر جنبه‌ای از زندگی ما وجود دارد. یکی از این جنبه‌ها صنعت ساخت و ساز است، جایی که خطر یک عنصر ذاتی است (مولایی باروق و خادمی شیراز، ۱۳۹۶).

از آنجا که تمامی پروژه‌ها در بستر زمان و در گستره مکان تعریف و برنامه‌ریزی می‌شوند و این دو عامل نیز پیوسته در حال تغییر و پویایی می‌باشند، به ناچار عدم قطعیت از ویژگی‌های هر پروژه خواهد بود که آن را با تهدیدها و فرصت‌هایی مواجه می‌سازد. اگر مدیر بخواهد در مورد هر تهدید یا فرصت، به محض وقوع یا در لحظه نزدیک به وقوع آن تصمیم بگیرد، معمولاً با بحران مواجه خواهد شد که منجر به افزایش در هزینه و زمان، کاهش کارایی، خستگی فکری افراد گروه، استرس‌های ناشی از نداشتن دید از آینده و از دست رفتن فرصت و خیلی موارد دیگر می‌شود. هر چه عدم قطعیت‌های یک پروژه دقیق‌تر مورد تجزیه و تحلیل قرار گیرند، مدیریت آن آسان‌تر، کارآتر و البته علمی‌تر خواهد بود و در مقابل، عدم تجزیه و تحلیل رخداد حالات غیر قطعی می‌تواند عواقب خطرناکی به دنبال داشته باشد تا جایی که ممکن است پس از صرف زمان و هزینه‌های کلان حتی اثر بخشی خود را از دست داده و انتظارات و اهداف از پیش تعریف شده را برآورده نسازد. امروزه سازمان‌ها دریافته‌اند که برای حضوری موفق در دنیای رقابت، ناچار به مدیریت عدم قطعیت‌ها می‌باشند (نقاش طوسی و سبط، ۱۳۸۸).

در سال ۱۹۲۱، فرانک نایت به وضوح تفاوت بین ریسک و عدم قطعیت را تعریف کرد، عدم قطعیت باید به روش کاملاً متمایز از مفهوم شناخته شده ریسک، که از آن هرگز جدا نشده است، دیده شود. نکته اصلی این است که ریسک، یک مفهوم قابل اندازه‌گیری است، در حالی که عدم قطعیت، ماهیت کاملاً متفاوتی دارد. ریسک پیامد عدم قطعیت است و یکی از پیش نیازهایی که باعث به وجود آمدن ریسک می‌گردد، عدم قطعیت است. در پروژه به موردی ریسک گفته می‌شود که هدف را تحت الشعاع قرار دهد (مولایی باروق و خادمی شیراز، ۱۳۹۶).

در طی سال‌های اخیر، تحقیقات گسترده‌ای در زمینه ریسک پروژه‌های ساخت و ساز و زیربنایی انجام گرفته است. مدیریت ریسک یکی از فرایندهای مهم و چالش‌های اساسی در زمینه مدیریت پروژه است. عموماً حوزه‌ی فعالیت مدیریت ریسک، شکست در پروژه‌های عمرانی و حوادث غیرمترقبه فرض می‌شود. این در حالی است که مدیریت ریسک حوزه‌ی گسترده‌تری را در بر می‌گیرد (براتی و رنجبر، ۱۳۹۳). بر طبق ایزو ۲۰۰۳، پروژه فرایند واحدی شامل چندین فعالیت مرتبط و کنترل شده است که دارای شروع و پایان هستند. این فعالیت‌ها به منظور رسیدن به هدفی هستند و باید در زمان مشخص، هزینه مشخص و با منابع مشخص انجام شوند. بنا بر این هدف مدیریت ریسک پروژه کاهش احتمال شکست پروژه در رسیدن به اهداف خود است. این کار با کمینه کردن ضررها و تبعات ناشی از خطرها و بیشینه استفاده کردن از موقعیت‌ها است (عدمیان؛ زینلیان و امینی، ۱۳۹۴).

قرارداد وسیله‌ای است برای تخصیص ریسک به طوری که تخصیص نادرست ریسک قراردادی، علت اصلی مشاجرات معرفی شده است. در اکثر قراردادهای می‌توان ملاحظه کرد که عمده ریسک‌های پروژه را می‌توان به کارفرما یا پیمانکار منتقل نمود ولی شرایط مطلوب آن است که ریسک‌های قراردادی به نحوی متعادل بین طرفین تقسیم شود شرط موفقیت یک قرارداد، تعادل ریسک بین کارفرما و طرف قراردادی مقابل اوست. تخصیص ریسک متوازن به عاملی که بیشترین توانایی را برای مدیریت آن دارد عامل موفقیت پروژه، شناخته شده است (مولایی باروق و خادمی شیراز، ۱۳۹۶).

به غیر از بحث نوع قرارداد عقد شده، تحقیقات نشان می‌دهند ریسک در پروژه‌های ساخت و ساز اغلب با تجربه و فرضیات و قضاوت‌های افراد مختلف سروکار دارد. از آنجایی که ریسک‌ها و مدیریت آنها به شدت به شرایط پروژه بستگی دارد، به نظر می‌رسد که افراد با تجربه ابزار خوبی برای مدیریت کردن ریسک‌ها در پروژه‌ها هستند (براتی و رنجبر، ۱۳۹۳).

۲- مروری بر ادبیات موضوع

چיסستی و چرایی مدیریت ریسک پروژه

مدیریت ریسک پروژه علم شناسایی تحلیل و پاسخ‌دهی به ریسک در طول عمر یک پروژه است. مدیریت ریسک می‌تواند اثر مثبتی بر روی انتخاب پروژه‌ها، تعیین محدوده پروژه، زمان‌بندی‌ها و برآورد واقع‌گرایانه هزینه داشته باشد. مدیریت ریسک به ذینفعان پروژه کمک می‌کند تا طبیعت آن را درک کرده، اعضای تیم را در تعریف نقاط قوت و ضعف به مشارکت طلبیده و به یکپارچه سازی سایر حوزه‌های دانش مدیریت پروژه کمک می‌کند.

مدیریت ریسک به مدیران پروژه نشان می‌دهد که برای کاهش ریسک‌هایی که مانع رسیدن به اهداف پروژه می‌شوند، چه اولویت‌هایی را تعیین کنند، چه منابعی را تخصیص دهند و چه فعالیت‌ها و فرایندهایی را اجرا کنند. مدیریت ریسک با ایجاد نوعی بینش، دانش و اطمینان در تصمیم‌گیری، دستیابی به نتایج بهتری از پروژه را ممکن می‌سازد. یعنی باعث می‌شود مدیران درباره‌ی فرایندهای برنامه‌ریزی و طراحی برای پیشگیری یا اجتناب از ریسک‌ها و به کارگیری فرصت‌ها، برنامه‌ریزی‌های اقتضایی برای برخورد با ریسک‌ها و تأثیرات آنها، تخصیص بهتر منابع و هماهنگ کردن بودجه‌ی پروژه با ریسک‌ها و توزیع بهتر ریسک میان طرف‌های درگیر در پروژه، تصمیم‌های بهتری بگیرند. این پیشرفت‌ها در کنار یکدیگر، به اطمینان بیشتر، و در مجموع، کاهش قرارگیری در معرض ریسک و عدم قطعیت منجر می‌شوند. مدیریت ریسک باعث می‌شود که پروژه از سیطره‌ی ناشناخته‌ها به کنترل مدیران پروژه در بیاید (اردشیر و ملکی تبار، ۱۳۹۶).

سه نکته مهم که می‌بایست در مدیریت ریسک به آنها توجه شود به شرح ذیل است (مولایی باروق و خادمی شیراز، ۱۳۹۶):

۱. شناسایی، آنالیز و ارزیابی به صورت سیستماتیک و چهارچوب علمی باشد.

۲. مدیریت ریسک را شخص توانمند و آگاه عهده دار باشد.

۳. هزینه‌ای که بابت مدیریت ریسک پرداخت می‌شود آیا صرفه اقتصادی دارد یا خیر؟

برای مدیریت کردن ریسک ابتدا مهم است که ریسک را تعریف کنیم. در ادبیات واژه‌ای "ریسک" با معانی متفاوتی نظیر عدم قطعیت و یا خطر استفاده شده است. همانطور که مشاهده می‌شود تعریف واحدی از ریسک وجود ندارد و در اغلب تعاریف جنبه‌ی منفی ریسک مدنظر قرار گرفته می‌شود و از جنبه‌ی مثبت ریسک چشم‌پوشی می‌شود. این تفاوت در تعریف ریسک باعث می‌شود که تجربه‌ها و رفتار متقابل در مورد ریسک متفاوت باشد (براتی و رنجبر، ۱۳۹۳).

بیشتر این تعاریف دارای اصول یکسانی هستند و ریسک را یک پدیده‌ی محتمل معرفی می‌کنند که می‌تواند بر روی اهداف پروژه تأثیر بگذارد. بر اساس PMI ۲۰۱۲ ریسک یک پدیده یا شرایط غیرقطعی است که اگر رخ دهد تأثیر مثبت و یا منفی بر روی اهداف پروژه دارد. بنا بر این یک تعریف کلی از ریسک پروژه عبارت از "عدم قطعیتی است که می‌تواند اثر منفی یا مثبت در رسیدن به اهداف پروژه داشته باشد".

از بسیاری جنبه‌ها، مدیریت ریسک منفی شبیه به نوعی بیمه است. مدیریت ریسک منفی فعالیتی است که به منظور کاستن از اثر اتفاقات بالقوه منفی در یک پروژه انجام می‌شود. ریسک مثبت شبیه به سرمایه‌گذاری در فرصت‌ها است. مدیریت ریسک در واقع نیازمند سرمایه‌گذاری است، چرا که در این زمینه‌هایی جهت شناسایی ریسک‌ها و تحلیل آنها و ایجاد برنامه‌هایی برای ارجاع به این ریسک‌ها وجود دارد. این هزینه‌ها باید در برنامه‌ریزی هزینه، زمان‌بندی و منابع پروژه گنجانده شوند. در هر صورت هزینه مدیریت ریسک نباید از سود بالقوه آن تجاوز کند.

مسلم است که تمام پروژه‌ها دارای عدم قطعیت‌هایی هستند که می‌توانند پیامدهای مثبت یا منفی داشته باشند. اما مسئله این است که چگونه باید تصمیم گرفت که کدام پروژه‌ها را دنبال کرد و چگونه باید ریسک‌های طول‌چرخه حیات یک پروژه را شناسایی و مدیریت کرد.

بسیاری از متخصصان ریسک پیشنهاد می‌کنند که سازمان‌ها و افراد به دنبال موازنه بین تهدیدها و فرصت‌ها، در تمامی جنبه‌ها با توجه به ظرفیت ریسک‌پذیری و ماهیت ریسک باشند (نقاش طوسی و سبط، ۱۳۸۸). این ایده بیانگر این مسئله است که میزان تحمل سازمان‌ها و افراد مختلف نسبت به ریسک متفاوت است. برخی از ریسک‌رو گردان‌اند و برخی دیگر آن را جستجو می‌کنند.

هنگامی که مدیران تصمیم‌گیری‌های ریسک‌دار در کسب و کار می‌گیرند، تحت تأثیر عوامل مختلفی از جمله مشکلات شخصی (به عنوان مثال سن، تبعیت، تحصیلات)، مالی (ثروت و درآمد) و ویژگی‌های شخصی (شغل، نوع صنعت و اندازه شرکت) قرار می‌گیرند. عوامل مؤثر در تصمیم‌گیری‌های ریسک‌دار به دو گروه طبقه‌بندی می‌شوند: عوامل داخلی و خارجی. عوامل خارجی عبارتند از: فرهنگ شرکت، فرهنگ کشور، قانون و مقررات، شرایط اجتماعی و اقتصادی، شرایط جغرافیایی، شرایط کلان اقتصادی و دخالت نهادهای دیگر. گروهی از عوامل داخلی شامل: سن، سطح تحصیلات، جنسیت، موقعیت شغلی، حقوق و درآمد، تجربه کاری و ویژگی‌های شخصیتی (ریسک‌گریز و یا ریسک‌پذیر).

در تصمیم‌گیری بر مبنای عوامل خارجی مطالعات نشان می‌دهند، که تصمیم‌گیرندگان با توجه به نوع و اندازه شرکت بر اساس محیط عمل می‌کنند. در کشورهای توسعه یافته، با توجه به ثبات محیط در سطح کشور، عواملی مانند شرایط و مقررات اجتماعی و اقتصادی کم اهمیت‌تر تلقی می‌شوند. در مقابل، مطالعات اخیر در کشورهای توسعه یافته شواهدی خلاف را نشان می‌دهند، زیرا در کشورهای در حال توسعه محیط ماهیت نامشخصی دارد. در رابطه با عوامل داخلی مهم در تصمیم‌گیری‌های ریسک‌دار متخصصان معتقدند، تجربه کاری تصمیم‌گیرندگان به طور قابل توجهی تصمیم‌های ریسک‌دار را تحت تأثیر قرار می‌دهد (خانزادی؛ حسین پور؛ گلشن و وزیری نیا، ۱۳۹۶).

ریسک‌های شناخته شده می‌توانند پیشاپیش و قبل از وقوع مدیریت شوند، واژه "ریسک‌های شناخته شده" برای توصیف ریسک‌هایی است که تیم پروژه آنها را شناسایی و تحلیل کرده‌اند. در حالی که ریسک‌های ناشناخته و شناسایی و تحلیل نشده نمی‌توانند مدیریت شوند.

۲-۱- فرایند مدیریت ریسک پروژه

در مدیریت ریسک سؤالاتی نظیر چگونگی شناسایی ریسک‌های پروژه، نحوه درجه‌بندی و اولویت‌بندی ریسک‌های پروژه، چگونگی در نظرگیری وابستگی عدم قطعیت‌ها به یکدیگر، چگونگی پاسخ به ریسک‌ها و مواردی از این قبیل مطرح می‌باشند که پاسخ به آنها نیازمند تجزیه و تحلیل دقیق پروژه دارد (پارسایی و پیشوایی، ۱۳۹۷). با شناخت عدم قطعیت‌ها و مدیریت آنها، در درجه اول اقتصادی/ غیراقتصادی بودن پروژه مشخص می‌شود، در درجه دوم تهدیدها و فرصت‌های هر یک از عدم قطعیت‌ها استخراج می‌شود، در درجه سوم راهکارهای مناسب برای کنترل تهدیدها و افزایش فرصت‌ها شناسایی شده و بالاخره با انتخاب استراتژی مناسب (اجتناب/ بهره‌گیری، کاهش/ ارتقاء، انتقال/ مشارکت یا پذیرش، به ترتیب برای هر یک از تهدیدها یا فرصت‌ها) می‌توان گام بزرگی را در راستای نیل به اهداف پروژه برداشت (نقاش طوسی و سبط، ۱۳۸۸).

مؤسسه مدیریت پروژه برای مدیریت ریسک شش گام شامل فرایندهای برنامه ریزی مدیریت ریسک، شناسایی ریسک، آنالیز ریسک کیفی و کمی، برنامه ریزی پاسخ به ریسک، پایش و کنترل فرایند مدیریت ریسک معرفی کرده است (شوالپ، ۲۰۰۶). در این گام‌ها، تهدیدها و فرصت‌ها به صورت موازی بررسی می‌شوند و مطابق مراحل پیشنهاد شده، برنامه مناسب برای هر یک از آنها طرح ریزی می‌شود تا بتوان عدم قطعیت‌های آینده پروژه را تا حد امکان تحت پیگیری و کنترل قرار داد (برکیان سرخابی، ۱۳۹۷).

۶ فرایند اصلی در مدیریت ریسک عبارتند از:

- **برنامه ریزی مدیریت ریسک** شامل تصمیم گیری در مورد چگونگی رویکرد و برنامه ریزی، برای فعالیت‌های مدیریت ریسک در یک پروژه است، تیم‌های پروژه با مرور کردن بیانیه محدوده پروژه، برنامه مدیریت پروژه، عوامل محیطی سازمان و دارایی‌های فرایندی سازمان در مورد فعالیت‌های مدیریت ریسک برای پروژه مربوطه تصمیم‌گیری کرده و برنامه مدیریت ریسک مشخص می‌شود. موضوعاتی که در یک برنامه مدیریت ریسک در نظر گرفته می‌شوند شامل نحوه انجام مدیریت ریسک و ابزارها، مشخص نمودن مسئولین اجرای فعالیت‌ها، هزینه و زمان‌بندی برای انجام فعالیت‌ها، طبقه‌بندی ریسک‌های موجود، نحوه ارزیابی احتمال/تأثیر ریسک‌ها، روش‌های تفسیر و امتیاز بندی تحلیل‌ها، فرایندها و نحوه گزارش‌دهی می‌باشند (سلیمان پورهایشمی و هجرتی، ۱۳۹۵).
- **شناسایی ریسک** شامل تعیین ریسک‌هایی که بر یک پروژه تأثیر می‌گذارند، همراه با مستندسازی مشخصات هر کدام از آن‌ها و تهیه فهرست ریسک است. ابزارها و روش‌های متعددی برای شناسایی ریسک وجود دارند. تیم‌های پروژه اغلب فرایند شناسایی ریسک را با بازبینی مستندات پروژه، اطلاعات جدید و قدیم مربوط به سازمان و فرضیاتی که ممکن است بر پروژه تأثیر بگذارند، شروع می‌کنند. پس از شناسایی ریسک‌های بالقوه از روشهای دیگر جمع‌آوری اطلاعات برای شناسایی سایر ریسک‌ها استفاده می‌شود. پنج روش رایج جمع‌آوری اطلاعات شامل روش‌های طوفان فکری، روش دلفی، مصاحبه، تحلیل علت ریشه ای و تحلیل SWOT (تحلیل نقاط قوت ضعف فرصت‌ها و تهدیدها) بوده و استفاده از چک لیست‌ها، تحلیل فرضیات و تهیه نمودارها نیز برای شناسایی ریسک‌ها استفاده می‌شوند.
- **تحلیل کیفی ریسک** شامل اولویت بندی ریسک‌ها بر اساس احتمال وقوع و تأثیر آنها در صورت وقوع است. بعد از شناسایی ریسک‌ها، تیم پروژه می‌تواند از ابزارها و روش‌های مختلفی برای رتبه‌بندی ریسک‌ها استفاده کرده و فهرست به روز شده ریسک‌ها را تولید کنند. ماتریس احتمال/تأثیر، یکی از روش‌های معمولی است که برای تهیه فهرست اولویت‌بندی شده از ریسک‌ها به کار می‌رود. این ماتریس‌ها احتمال و تأثیر ریسک را در یک نمودار نمایش می‌دهند. برای استفاده از این رویکرد ذینفعان پروژه فهرستی از ریسک‌هایی را که فکر می‌کنند ممکن است، در پروژه‌های آنها اتفاق بیفتد، تهیه می‌کنند. سپس هر یک را با برچسب زیاد، متوسط و کم بر حسب احتمال وقوع و تأثیر آن در صورت وقوع مشخص می‌کنند و بر این اساس ماتریس احتمال/تأثیر جمع‌بندی می‌شود.
- **تحلیل کمی ریسک** شامل برآورد عددی اثرات ریسک‌ها بر اهداف پروژه است. روش‌های اصلی تحلیل کمی ریسک شامل جمع‌آوری داده، تحلیل کمی ریسک و روش‌های مدل‌سازی می‌شود. جمع‌آوری داده اغلب از طریق مصاحبه، قضاوت تخصصی و جمع‌آوری اطلاعات توزیع احتمال انجام می‌گردد. برخی از این روش‌ها تحلیل درخت تصمیم، شبیه سازی و تحلیل حساسیت است. دیده شده است که با دخالت دادن تکنیک‌های کمی در ارزیابی هزینه پیشنهادها موجود مانند برآورد بازه‌ای همراه با انجام تحلیل‌های مونت کارلو، پیشنهادی که کمترین هزینه را در ابتدا داشته، تبدیل به گزینه‌ای پر هزینه و با مطلوبیت کمتر گردیده است (میرمحمدصادقی؛ جبل عاملی و توکلی دارانی، ۱۳۸۸).

• **برنامه ریزی پاسخ به ریسک** شامل برداشتن گام‌هایی برای تقویت فرصت‌ها و کاهش تهدیدهای مربوط به رسیدن به اهداف پروژه است. با استفاده از خروجی‌های فرایندهای قبلی، تیم‌های پروژه می‌توانند ضمن مشخص نمودن عوامل ریسک، راهبردهایی را برای پاسخ مناسب به ریسک تهیه کنند و بدین وسیله فهرست ریسک‌ها، برنامه مدیریت پروژه و توافقات قراردادی مربوط به ریسک‌ها به روزآوری می‌شوند. استاندارد PMBOK چهار راهبرد برای پاسخ به ریسک ارائه کرده است (عبدالله نژاد، ۱۳۹۶):
/جتناب که عبارت است از تغییر برنامه پروژه برای حذف ریسک یا حفظ اهداف پروژه از تأثیر ریسک، /انتقال ریسک که درصدد انتقال پیامد یک ریسک همراه با مالکیت واکنش آن به شخص ثالث است، تعدیل که خواستار کاهش احتمال و یا پیامدهای یک رویداد دارای ریسک، تا یک آستانه قابل پذیرش است و پذیرش ریسک نمایانگر این است که تیم پروژه تصمیم دارد برنامه‌ی پروژه را در مواجهه با یک ریسک تغییر ندهد یا این که قادر به شناسایی هیچ راهبرد واکنش مناسب دیگری نیست.

• **پایش و کنترل ریسک** شامل پایش ریسک‌های شناسایی شده، شناسایی ریسک‌های باقیمانده و جدید، اجرای برنامه‌های پاسخ به ریسک و ارزیابی اثر بخشی راهبردهای ریسک در طول عمر پروژه است. بدین وسیله اقدامات اصلاحی و پیشگیرانه شناسایی و به روز می‌شوند. تیم‌های پروژه هنگامی که برنامه اقتضایی مناسبی را در اختیار نداشته باشند، از راهکارهای جایگزین استفاده می‌کنند. در واقع پاسخ‌های دیگری نیز پیش‌بینی می‌شود تا در صورت بروز شرایط بحرانی، با توجه به محدودیت‌ها و مقتضیات زمان وقوع یک ریسک در صورتی که راه حل معمول اول جهت مرتفع نمودن آن مورد استفاده قرار نگیرد بتوان از پشتیبان‌ها و یا جایگزین‌ها استفاده نمود (هادی زاده، ۱۳۹۸).

در واقع می‌توان گفت فرایند اجرای مدیریت ریسک شامل دو بخش اساسی است که عبارتند از: ۱. شناسایی، تحلیل و مدل کردن ریسک‌ها و ۲. تخصیص ریسک به عوامل پروژه و تسهیم آن. هدف از انجام این فرایند، ابتدا ارائه یک الگوی یکپارچه و استاندارد است که بتواند منافع همه عوامل را به صورت متعادل بدست دهد و سپس شناسایی و تهیه یک مکانیزم تخصیص برای مدیریت ریسک‌های شناسایی شده است (نقاش طوسی و سبط، ۱۳۸۸).

۲-۲- سابقه و پیشینه تحقیقات انجام شده

در مطالعه‌ای که کومار و همکاران انجام دادند ضمن ذاتی دانستن ریسک برای فعالیتهای عمرانی ریسک‌ها را در پروژه‌های ساختمانی به هفت گروه فیزیکی، ساخت، طراحی، سیاسی، مالی، قانونی- قراردادی و زیست محیطی تقسیم کرده و مشکلات رایج در پروژه‌های عمرانی را تأخیر در تکمیل پروژه، هزینه بیش از بودجه، کیفیت رضایت‌بخش محصول، محیط کار ناامن برشمرده و بر لزوم از بین رفتن آن‌ها تا حد امکان تأکید ورزیدند.

بر طبق مطالعه مشترکی که بین دانشگاه‌های سینگرای پکن، دانشگاه ملی سنگاپور و دانشگاه بریستول انگلستان توسط کینگ وانگ و همکاران انجام شد، مدیریت همه جانبه ریسک‌های مرتبط با پروژه‌های عمرانی بین‌المللی، بسیار مهم است. ۱۱ ریسک بحرانی عبارت بودند از: تصویب و اخذ مجوز، تغییر در قانون، تقویت عدالت، اعتبار شریک محلی، بی ثباتی سیاسی، فراتر رفتن هزینه‌ها، فساد، تورم و نرخ بهره، سیاست‌های دولت، تأثیر دولت بر خاتمه اختلافات و فسخ قرارداد. با در نظر گرفتن ریسک‌های بالاتر از سطوح با اولویت بیشتر، اقدامات کاهنده ریسک نیز باید با درجه سلسله مراتب بالاتر در اولویت قرار گیرند.

بهترین راه پیشنهاد شده مدیریت ریسک پروژه‌های پیمانکاری بین المللی توسط دانشگاه بیرمنگام، دارا بودن کنترل و تضمین کیفیت در محل، همچنین استخدام مدیریت و کارمندان عالی برای پروژه است. ایجاد افزونگی در طراحی، مهندسی، تحقیق و توسعه (R&D)، اسناد، گزارش‌ها و سوابق و مدیریت قرارداد، همچنین برای کاهش پیامدهای ریسک‌های پروژه مؤثر خواهد بود.

در مطالعه‌ای که اقبال و همکاران انجام دادند دو روش برای مدیریت ریسک در نظر گرفته شده است: تکنیک‌های پیشگیرانه که می‌توانند قبل از شروع پروژه برای مدیریت ریسک‌های پیش‌بینی شده در طول اجرای پروژه استفاده شوند و تکنیک‌های ترمیم کننده که در مرحله اجرا، زمان وقوع ریسک انجام می‌شوند. این مطالعه نشان داد که مسائل مالی پروژه‌ها، حوادث در سایت و نقص طراحی مهمترین خطرات تأثیرگذار بر بیشتر پروژه‌های عمرانی هستند. در نهایت می‌توان نتیجه گرفت که مهمترین ریسک‌ها باید با تلاش بیشتر برای کاهش و یا از بین بردن اثرات آنها بر روی پروژه مدیریت شود.

طبق تحقیقات فدريكو سرپلا و همکاران مشکل مدیریت ریسک اغلب کمبود اطلاعات نیست، بلکه کمبود دانش است. بر این اساس شرکت‌ها در زمینه مدیریت ریسک به پنج سطح از سازمان‌هایی که حتی از نیاز به مدیریت ریسک آگاه نیستند تا سازمان‌هایی که قادر به سازگاری با شرایط، توانمندسازی تیم‌ها و سازماندهی طبق پروتکل‌های شرکت جهت کاهش تهدیدات و مواجهه با ریسک‌های نوظهور هستند، تقسیم می‌شوند.

آنچه از پیاده سازی روش اجرایی پیشنهاد شده در تحقیق پارسایی و همکار در نمونه‌های ریسک مطرح شده بدست آمد نشان می‌دهد که اولین گام برای موفقیت آمیز بودن فرایند مدیریت ریسک پروژه‌های عمرانی، مشارکت و تعهد مدیران ارشد و مالکان پروژه نسبت به آن است.

بر اساس مطالعه نقاش طوسی و همکار، مدیریت ریسک هر پروژه از دو منظر بررسی شده تا در مرحله شناسایی ریسک، حیطه موضوعات مورد بحث مشخص باشد. منظر بیرونی که مربوط به قبل از ورود به یک پروژه و در مرحله ارزیابی و تصمیم‌گیری‌های مربوط به آن است و منظر درونی که پس از تصمیم به اجرای یک پروژه و مسائل مربوط به اجرای اهداف و تصمیمات گرفته شده می‌باشد.

در مطالعه براتی بر عدم وجود تعریف واحد برای ریسک اشاره شده و ارائه لیست متنوع از ریسک‌ها که جنس یکسانی ندارند را عاملی برای سردرگمی و ایجاد رویکردهای متفاوت که فرایند مدیریت ریسک در پروژه را دشوار می‌کند دانسته است. در مجموع در ادبیات موضوع دو تعریف کلی از ریسک معرفی شده، عده‌ای ریسک را یک پدیده می‌دانند که دارای تبعاتی است و عده‌ای دیگر ریسک را خروجی یک خطر در نظر می‌گیرند. ترفندی که در این کار پژوهشی استفاده شده ترکیب کردن RBS و WBS است. از آنجایی که ساختار شکست کار WBS یک ساختار سلسله مراتبی است که تمام فعالیت‌های پروژه را در بر می‌گیرد، از آن به عنوان شالوده کار استفاده می‌کند و به این ترتیب سندی در کنار برنامه زمان‌بندی با در نظر گرفتن هزینه انجام فعالیت‌ها و احتمال رخداد و تأثیر ریسک‌ها بر هر یک از فعالیت‌ها ایجاد شده است.

طبق تحقیق برکیان ابزارهای مورد استفاده برای شناسایی ریسک‌های پروژه، لیستی از فرضیات، الزامات، قراردادهای، ذی‌نفعان، توجیه مالی، زمان‌بندی پروژه، تأثیرات مثبت، ویژگی‌های مثبت، استثنائات، استانداردها و الزامات کیفیت، مورد بازنگری قرار گرفته و موارد ریسک از میان آن‌ها تشخیص داده می‌شوند و جهت جمع‌آوری اطلاعات از نظر متخصصان استفاده می‌گردد.

در تحقیق سلیمانپور و همکار ریسک‌های پروژه‌های عمرانی به دو دسته اصلی طبقه‌بندی شده‌اند. ریسک‌هایی که تقریباً در تمام پروژه‌های عمرانی مطرح‌اند مانند موارد مربوط به مصالح، تأمین مالی پروژه و ریسک‌هایی که منحصر به آن گروه از پروژه‌های خاص بوده و یا در آن گروه از

پروژه‌ها بحرانی‌تر بوده و فراوانی بیشتری دارند، که در هفت گروه اعم از کارفرما، پیمانکار، نیروی انسانی، ماشین آلات، عوامل خارجی، مصالح و مشاوره و نظارت عالیه طبقه‌بندی می‌شوند.

در مطالعه مولائی و همکار میزان دسترسی به اهداف با اندازه‌گیری معیارها سنجیده می‌شود. معیار هزینه با مبلغ قرارداد، ارتباطات با ارزیابی نحوه تعامل شرکت‌ها در سطح کشور و بین الملل، زیست محیطی بر اساس استاندارد ISO ۱۴۰۰۱ و گزارشات سازمان محیط زیست کشور، کیفیت با آزمایش، ایمنی با استانداردهای ایمنی و گزارشات HSE، رضایت مشتری با استفاده از فنون نظرسنجی، زمان‌بندی با کنترل پروژه، فنی با نقشه‌های تأیید شده و گزارشات دستگاه نظارت و معیار کارکنان نیز با تجربیات کسب شده توسط افراد کنترل و اندازه‌گیری می‌شوند.

طبق مطالعه خانزادی و همکاران دو دلیل باعث بوجود آمدن اختلافات بین آنچه که متخصصان در مورد ریسک‌های پروژه اعتقاد دارند و آنچه که توسط تئوری مدیریت دیکته شده، وجود دارد. اول، عدم آگاهی از فرایندهای مدیریت و از این رو استفاده محدود از مدل‌های مدیریتی در فرایند تصمیم‌گیری که به خطاهای سیستماتیک منجر می‌شود. دوم، عدم توجه به دیدگاه‌های ذی‌نفعان در توسعه مدل‌های مدیریت ریسک که مانعی برای پیاده‌سازی مدل‌ها در واقعیت پروژه‌ها می‌باشد.

براساس نتایج به دست آمده از تحلیل‌های کیفی در مطالعه عبدالله‌نژاد بر مدیریت ریسک در سبد پروژه‌های عمرانی مهم‌ترین ریسک‌های شناخته شده مواجه با کمبود بودجه، وجود موانع انتقال دانش، مواجه با کمبود تجهیزات، افزایش ضایعات، از دست دادن برتری، عدم بازپرداخت منبع، از دست دادن تقاضا، انتقال مصالح بی کیفیت، از دست دادن قدرت رقابت (برتری) و از دست دادن نیروی متخصص می‌باشند.

در مطالعه شناسایی و تجزیه و تحلیل موردی با استفاده از تکنیک FMEA، فلاح و همکاران، اولویت‌های نخست ریسک‌های سد را تأخیر در دریافت‌ها و پرداخت‌های مالی (صورت وضعیتهای)، توان مالی پیمانکار، ضعف مدیریت کارفرما، برآورد ناکافی هزینه اجرای پروژه دانستند و بیشترین سهم با میانگین ۳۵ درصد مربوط به کارفرما بوده است.

۳- بیان مسئله

ریسک در عصر حاضر در تمامی جنبه‌های زندگی وجود دارد لذا پروژه‌های عمرانی که در بستر زمان و گستره مکان تعریف و برنامه‌ریزی می‌گردند از این قاعده مستثنی نیستند. برای رسیدن به موفقیت و اهداف از پیش تعیین شده در پروژه‌ها مانند زمان، هزینه و کیفیت، نیازمند کنترل و مدیریت عدم قطعیت‌ها و پیامدهای آن هستیم. مدیریت ریسک یکی از فرایندهای مهم و چالش‌های اساسی در زمینه مدیریت پروژه است که ما را در شناسایی، اولویت‌بندی و تعیین پاسخ‌های مناسب به ریسک‌ها در پروژه‌های عمرانی یاری می‌رساند. در این پژوهش به منظور این که بتوان اثربخشی مدیریت ریسک را افزایش داد، تلاش می‌شود تا پاسخ مناسبی به سؤالات زیر داده شود:

- ریسک‌های مرتبط با پروژه‌های عمرانی چیست؟
- ریسک‌ها در پروژه‌های عمرانی با چه اولویت‌هایی وجود دارند؟
- برای مدیریت ریسک‌ها در پروژه عمرانی چه تدابیری باید اتخاذ شود؟

۳-۱- روش پژوهش

روش تحقیق به کار رفته در این مقاله توصیفی و از نوع پیمایشی می‌باشد. لذا در این پژوهش ابتدا به منظور شناسایی ریسک‌ها در پروژه‌های عمرانی از منابع کتابخانه‌ای، پایان‌نامه و مقالات مرتبط، مستندات موجود در پروژه‌ها و نظرات خبرگان در این زمینه استفاده شد و مطالب گردآوری گردید. سپس با توزیع پرسشنامه میان متخصصین امر در پروژه‌های عمرانی، نهایتاً عوامل مؤثر به ترتیب درجه اهمیت اولویت‌بندی گردید. رویکرد این مطالعه اکتشافی بوده و روش تجربی قادر به ارائه دانش اولیه برای این حوزه می‌باشد. با توجه به شناسایی جامعه نمونه، از روش نمونه‌گیری تصادفی ساده استفاده شده است. این تکنیک باعث کاهش هزینه و صرفه‌جویی در وقت می‌شود.

برای حفظ روایی سوالات پرسشنامه، از خبرگان و صاحب‌نظران در پروژه‌های عمرانی اخذ مشورت شد. همچنین پایایی پرسشنامه با استفاده از نرم افزار SPSS بررسی و آلفای کرونباخ معادل ۰.۹۳۳ محاسبه گردید که بیانگر پایایی بسیار بالای پرسشنامه می‌باشد. جامعه‌ی آماری این پژوهش شامل کارشناسان و مدیران میانی و ارشد پروژه‌های عمرانی در شرکت‌های مشاور و پیمانکار گرید یک استان تهران است که تعداد آن‌ها با توجه به لیست سازمان برنامه‌ریزی در زمینه راه، راه آهن و ساختمان توأمان به حدود ۸۰ شرکت می‌رسد. با توجه به فرمول محاسباتی کوکران مبنی بر کفایت تعداد نمونه‌های مورد نیاز از جامعه، ۵۰ پرسشنامه جهت تکمیل توسط متخصصان مربوطه تهیه و توزیع گردید. لازم به ذکر است انتخاب جامعه آماری فوق به دلیل در نظر گرفتن دیدگاه مهندسان طرح و اجرا در کنار یکدیگر برای تشخیص جامعی از ریسک‌های موجود در پروژه‌های عمرانی طی چرخه عمر پروژه از برنامه‌ریزی تا بهره‌برداری می‌باشد و از آنجایی که بالغ بر ۸۰ درصد پروژه‌های عمرانی در زمینه راه، راه آهن و ساختمان می‌باشند این تلفیق به منظور دستیابی به دانش هر دو گروه مشاور و پیمانکار در نظر گرفته شده است، که این مورد به عنوان مزیت این تحقیق برشمرده می‌شود.

۴- تجزیه و تحلیل داده‌ها و اطلاعات

شناسایی ریسک‌های پروژه و رتبه‌بندی آنها

در این قسمت با کمک از منابع کتابخانه‌ای، پایان‌نامه و مقالات مرتبط، مستندات موجود در پروژه‌ها و نظرات متخصصان امر، در جلسه طوفان فکری با جمعی از کارشناسان تعداد بالغ بر ۱۰۰ مورد از ریسک‌های محتمل در پروژه‌های عمرانی بررسی و احصاء گردید. سپس با توزیع لیست ریسک‌های شناسایی شده در بین خبرگان و اتخاذ رأی ایشان نهایتاً ۴۰ مورد ریسک شاخص جهت تنظیم و توزیع پرسشنامه نهایی و تعیین اولویت در جامعه آماری انتخاب گردید. این لیست در اختیار مدیران و صاحب‌نظران شرکت‌های مشاور و پیمانکار جامعه آماری مربوطه قرار گرفت و از آن‌ها خواسته شد تا احتمال وقوع و شدت تأثیر هر ریسک را با توجه به مقیاس لیکرت از ۱ تا ۵ بر اساس ماتریس احتمال/ تأثیر که در جدول ۱ آمده است مشخص کنند.

جدول ۱: ماتریس احتمال تأثیر

تأثیر	احتمال بسیار زیاد	۵	۵	۱۰	۱۵	۳۰	۲۵
	احتمال زیاد	۴	۴	۸	۱۲	۱۶	۲۰
	محتمل	۳	۳	۶	۹	۱۲	۱۵
	احتمال کم	۲	۲	۴	۶	۸	۱۰
	احتمال ضعیف	۱	۱	۲	۳	۴	۵
احتمال / تأثیر			۱	۲	۳	۴	۵
			تأثیر ناچیز	تأثیر کم	تأثیر متوسط	تأثیر زیاد	تأثیر فاجعه بار
شدت تأثیر							

مقدار PI، از ضرب احتمال در تأثیر هر ریسک طبق فرمول شماره (۱) محاسبه گردید. سپس باتوجه به فرمول شماره (۲)، ارقام به دست آمده در فرمول قبل نرمال گردیده و در مقیاس صد با هم مقایسه شدند و ریسک‌ها به شرح جدول شماره ۲ اولویت‌بندی گردید.

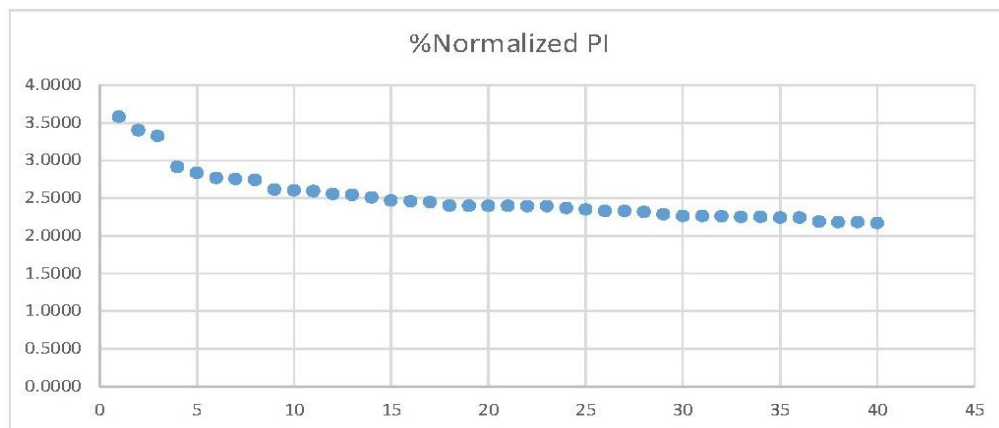
$$PI = Probability \times Impact \quad (1)$$

$$PI^* = \frac{PI_i}{\sum_{i=1}^J PI_i} \times 100 \quad (2)$$

همانطور که از ستون رتبه در جدول شماره ۲ و نمودار نقطه ای شکل ۱ قابل مشاهده است، سه ریسک مواجه شدن با تورم و افزایش قیمت، نوسانات قیمت مصالح اساسی در فاز ساخت و عدم تأمین نقدینگی و تأخیر کارفرما در پرداخت‌های مالی بالاترین رتبه‌ها را به خود اختصاص داده‌اند و با توجه به اینکه هر سه مورد دارای منشأ مالی می‌باشند به نظر می‌رسد عوامل مالی توان ایجاد بحرانی‌ترین ریسک‌ها را در پروژه‌های عمرانی دارند که چندان دور از ذهن نمی‌باشد. پس از تعیین ریسک‌های بحرانی باید برای واکنش مناسب به آن‌ها برنامه‌ریزی نمود تا در صورت وقوع، نسبت به رفع آن اقدام گردد.

جدول ۲: نتایج تحلیل ریسک‌ها در پروژه‌های عمرانی به ترتیب اولویت

رتبه	شرح ریسک	میانگین احتمال	میانگین تأثیر	μ PI	Normalized PI	%Normalized PI
۱	مواجه شدن با تورم و افزایش قیمت	۴.۶۶۶۷	۴.۵۵۵۶	۲۱.۲۵۹۳	۰.۰۳۵۸	۳.۵۷۷۷
۲	نوسانات قیمت مصالح اساسی در فاز ساخت فولاد میلگرد بتن قیر	۴.۶۶۶۷	۴.۳۳۳۳	۲۰.۲۲۲۲	۰.۰۳۴۰	۳.۴۰۳۱
۳	عدم تضمین نقدینگی و تاخیر کارفرما در پرداخت‌های مالی	۴.۴۴۴۴	۴.۴۴۴۴	۱۹.۷۵۳۱	۰.۰۳۳۲	۳.۳۲۴۲
۴	تحریم سیاسی و اقتصادی	۴.۰۰۰۰	۴.۳۳۳۳	۱۷.۳۳۳۳	۰.۰۲۹۲	۲.۹۱۷۰
۵	عدم رعایت تجهیزات حفاظت فردی توسط پرسنل و کارگران	۳.۸۸۸۹	۴.۳۳۳۳	۱۶.۸۵۱۹	۰.۰۲۸۴	۲.۸۳۶۰
۶	عدم وجود نقدینگی لازم توسط پیمانکاران	۴.۱۱۱۱	۴.۰۰۰۰	۱۶.۴۴۴۴	۰.۰۲۷۷	۲.۷۶۷۴
۷	کیفیت ضعیف در اجرا	۳.۷۷۷۸	۴.۳۳۳۳	۱۶.۳۷۰۴	۰.۰۲۷۵	۲.۷۵۴۹
۸	حوادث برای نیروی انسانی و تجهیزات	۳.۶۶۶۷	۴.۴۴۴۴	۱۶.۲۹۶۳	۰.۰۲۷۴	۲.۷۴۲۵
۹	عدم رعایت hse در اجرا	۳.۷۷۷۸	۴.۱۱۱۱	۱۵.۵۳۰۹	۰.۰۲۶۱	۲.۶۱۳۶
۱۰	عدم انجام مطالعات اقتصادی مناسب	۳.۶۶۶۷	۴.۲۲۲۲	۱۵.۴۸۱۵	۰.۰۲۶۱	۲.۶۰۵۳
۱۱	برآورد نادرست مبلغ قرارداد	۳.۵۵۵۶	۴.۳۳۳۳	۱۵.۴۰۷۴	۰.۰۲۵۹	۲.۵۹۲۹
۱۲	در نظر نگرفتن تعدیل در شرایط تورم	۳.۳۳۳۳	۴.۵۵۵۶	۱۵.۱۸۵۲	۰.۰۲۵۶	۲.۵۵۵۵
۱۳	تاخیر در تحویل زمین و عدم رفع معارضین در زمان مناسب	۴.۰۰۰۰	۳.۷۷۷۸	۱۵.۱۱۱۱	۰.۰۲۵۴	۲.۵۴۳۰
۱۴	ارزیابی و واگذاری پروژه به پیمانکار نامناسب	۳.۴۴۴۴	۴.۳۳۳۳	۱۴.۹۲۵۹	۰.۰۲۵۱	۲.۵۱۱۸
۱۵	عدم پرداخت بدهی و تاخیرات در پرداخت حقوق پیمانکاران جزء	۴.۰۰۰۰	۳.۶۶۶۷	۱۴.۶۶۶۷	۰.۰۲۴۷	۲.۴۶۸۲
۱۶	انتخاب نامناسب روش اجرای پروژه	۳.۵۵۵۶	۴.۱۱۱۱	۱۴.۶۱۷۳	۰.۰۲۴۶	۲.۴۵۹۹
۱۷	رانش و فرسایش	۳.۴۴۴۴	۴.۲۲۲۲	۱۴.۵۴۳۲	۰.۰۲۴۵	۲.۴۴۷۴
۱۸	فراپندهای نامناسب برنامه ریزی و کنترل پروژه	۳.۷۷۷۸	۳.۷۷۷۸	۱۴.۲۷۱۶	۰.۰۲۴۰	۲.۴۰۱۷
۱۹	محدودیت‌های موجود تامین کالا و تجهیزات	۳.۸۸۸۹	۳.۶۶۶۷	۱۴.۲۵۹۳	۰.۰۲۴۰	۲.۳۹۹۷
۲۰	تملل در تصویب نقشه های اجرایی	۳.۶۶۶۷	۳.۸۸۸۹	۱۴.۲۵۹۳	۰.۰۲۴۰	۲.۳۹۹۷
۲۱	عدم انجام تعهدات پیمانکار	۳.۶۶۶۷	۳.۸۸۸۹	۱۴.۲۵۹۳	۰.۰۲۴۰	۲.۳۹۹۷
۲۲	افزایش حجم عملیات ناشی از کارهای غیر قابل تخمین در پروژه	۴.۰۰۰۰	۳.۵۵۵۶	۱۴.۲۲۲۲	۰.۰۲۳۹	۲.۳۹۳۴
۲۳	تاخیر در ابلاغ دستور کارها و مکاتبات	۳.۵۵۵۶	۴.۰۰۰۰	۱۴.۲۲۲۲	۰.۰۲۳۹	۲.۳۹۳۴
۲۴	ضعف در نقشه برداری و انجام آزمایشات ژئو تکنیک اولیه جهت مطالعات	۳.۳۳۳۳	۴.۲۲۲۲	۱۴.۰۷۴۱	۰.۰۲۳۷	۲.۳۶۸۵
۲۵	تاخیر در تحویل نقشه های تکمیلی	۳.۲۲۲۲	۴.۳۳۳۳	۱۳.۹۶۳۰	۰.۰۲۳۵	۲.۳۴۹۸
۲۶	افتتاح زودهنگام و اجبار به تکمیل پروژه	۳.۷۷۷۸	۳.۶۶۶۷	۱۳.۸۵۱۹	۰.۰۲۳۳	۲.۳۳۱۱
۲۷	تاخیرات غیرمجاز پیمانکار	۳.۷۷۷۸	۳.۶۶۶۷	۱۳.۸۵۱۹	۰.۰۲۳۳	۲.۳۳۱۱
۲۸	عدم کنترل و تضمین کیفیت	۳.۴۴۴۴	۴.۰۰۰۰	۱۳.۷۷۷۸	۰.۰۲۳۲	۲.۳۱۸۶
۲۹	عدم ساخت پذیری و نداشتن دید اجرایی و کارگاهی طراحان	۳.۲۲۲۲	۴.۲۲۲۲	۱۳.۶۰۴۹	۰.۰۲۲۹	۲.۲۸۹۵
۳۰	عدم تجهیز مناسب کارگاه اعم از ماشین آلات، تجهیزات و نیروی انسانی	۳.۶۶۶۷	۳.۶۶۶۷	۱۳.۴۴۴۴	۰.۰۲۲۶	۲.۲۶۲۵
۳۱	عدم همکاری ادارات و سازمانهای اثر گذار در اجرای پروژه های ساختمانی	۳.۶۶۶۷	۳.۶۶۶۷	۱۳.۴۴۴۴	۰.۰۲۲۶	۲.۲۶۲۵
۳۲	تغییر در بودجه، برنامه زمانبندی و روشهای اجرایی	۳.۷۷۷۸	۳.۵۵۵۶	۱۳.۴۳۲۱	۰.۰۲۲۶	۲.۲۶۰۵
۳۳	عدم هماهنگی واحدهای مختلف سازمان کارفرما و اعمال سلیقه در پروژه	۳.۴۴۴۴	۳.۸۸۸۹	۱۳.۳۹۵۱	۰.۰۲۲۵	۲.۲۵۴۲
۳۴	عدم رعایت موارد بهداشت عمومی	۳.۸۸۸۹	۳.۴۴۴۴	۱۳.۳۹۵۱	۰.۰۲۲۵	۲.۲۵۴۲
۳۵	ضعف فنی پرسنل کارگاهی مشاور نظارتی	۳.۳۳۳۳	۴.۰۰۰۰	۱۳.۳۳۳۳	۰.۰۲۲۴	۲.۲۴۳۸
۳۶	عدم کنترل و تطبیق نقشه ها در اجرا	۳.۳۳۳۳	۴.۰۰۰۰	۱۳.۳۳۳۳	۰.۰۲۲۴	۲.۲۴۳۸
۳۷	خرابی ماشین آلات و تجهیزات	۳.۷۷۷۸	۳.۴۴۴۴	۱۳.۰۱۲۳	۰.۰۲۱۹	۲.۱۸۹۸
۳۸	کمبود نیروهای متخصص شرکت	۳.۳۳۳۳	۳.۸۸۸۹	۱۲.۹۶۳۰	۰.۰۲۱۸	۲.۱۸۱۵
۳۹	بی کفایتی و ضعف پیمانکاران جزء	۳.۳۳۳۳	۳.۸۸۸۹	۱۲.۹۶۳۰	۰.۰۲۱۸	۲.۱۸۱۵
۴۰	ضعف مدیریت کارگاه	۳.۲۲۲۲	۴.۰۰۰۰	۱۲.۸۸۸۹	۰.۰۲۱۷	۲.۱۶۹۰



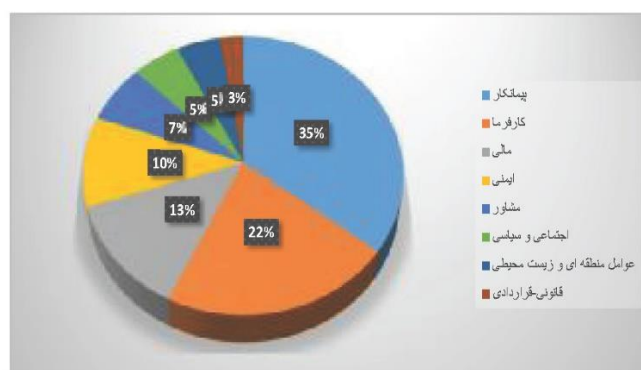
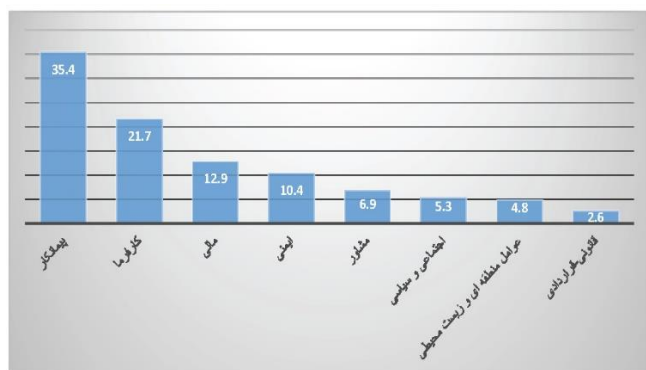
شکل ۱: نمودار نقطه‌ای احتمال / تأثیر ریسک‌ها در پروژه‌های عمرانی

لازم به ذکر است همانطور که قبلاً گفته شد هدف از مدیریت ریسک علاوه بر کاهش احتمال و اثر ریسک‌های منفی، بیشینه کردن احتمال و تأثیر ریسک‌های مثبت مانند کاهش زمان فعالیت، افزایش منابع، تخصیص اعتبار بیشتر، همکاری با شرکت‌های متخصص در پروژه‌ها و از این دست موارد بوده که با توجه به شرایط پروژه‌های خاص و به صورت موردی در کنار ریسک‌های منفی نیاز به بررسی و اقدام دارند، لذا با توجه به بررسی کلی ریسک‌ها در این پژوهش مجال پرداختن به آن‌ها نبود.

تسهیم عوامل ریسک در پروژه‌های عمرانی

با توجه به اینکه هر ریسک دارای عاملی بوده لذا بررسی عوامل ایجاد کننده و تخصیص ریسک‌ها به آن‌ها می‌تواند بیان کننده سهم عاملین و به تبع آن نقش آن‌ها در کنترل و پاسخگویی به ریسک‌ها باشد تا عوامل مذکور با اعمال مراقبت و ایجاد راهکارهای لازم آمادگی پاسخ‌گویی به ریسک‌های قابل وقوع را داشته باشند. تحلیل تسهیم‌ها نشان دهنده موارد زیر می‌باشد:

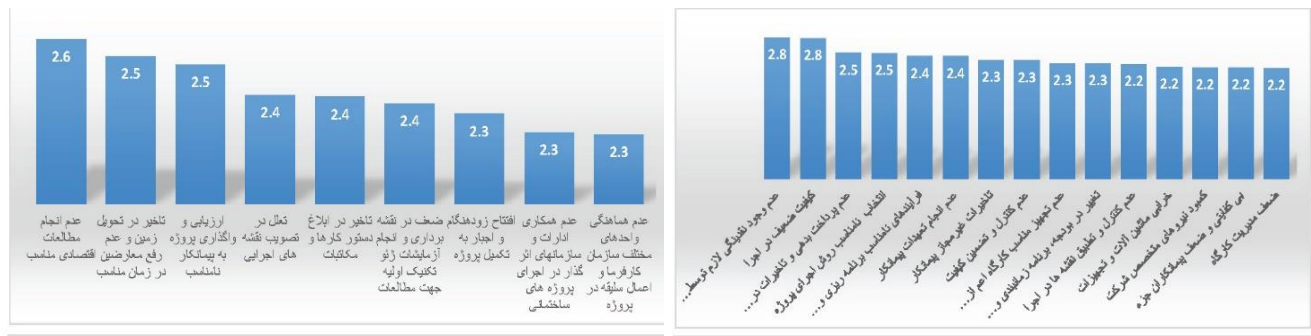
- پیمانکار عاملی است که بیشترین ریسک معادل ۳۵/۴ درصد را به خود اختصاص داده است.
- بعد از پیمانکار، کارفرما عامل بیشترین ریسک به میزان ۲۱/۷ درصد می‌باشد.
- برخلاف نتایج بسیاری از تحقیقات در کشورهای مدرن، مسائل زیست محیطی و منطقه‌ای عامل فقط ۴/۸ درصد از ریسک پروژه‌های عمرانی ایران می‌باشد.
- شرکت‌های مشاور و طراح رتبه پنجم را در میان عوامل ریسک کسب کرده‌اند که تا حدی این امر را می‌توان ناشی از کنترل‌های کیفی درون شرکتی و همچنین امکان اعمال کنترل و اصلاح نقشه‌ها و مدارک فنی در روند اجرایی پروژه دانست.



شکل ۲: نمودارهای توزیع سهم عوامل ریسک

جدول ۳: تسهیم عوامل ریسک

عامل ریسک	شرح ریسک	درصد تسهیم
پیمانکار	عدم وجود نقدینگی لازم توسط پیمانکاران	۳۵.۳۹۰۲
	کیفیت ضعیف در اجرا	
	عدم پرداخت بدهی و تاخیرات در پرداخت حقوق پیمانکاران جزء	
	انتخاب نامناسب روش اجرای پروژه	
	فرآیندهای نامناسب برنامه ریزی و کنترل پروژه	
	عدم انجام تعهدات پیمانکار	
	تاخیرات غیرمجاز پیمانکار	
	عدم کنترل و تضمین کیفیت	
	عدم تجهیز مناسب کارگاه اعم از ماشین آلات، تجهیزات و نیروی انسانی	
	تغییر در بودجه، برنامه زمانبندی و روشهای اجرایی	
	عدم کنترل و تطبیق نقشه ها در اجرا	
	خرابی ماشین آلات و تجهیزات	
	کمبود نیروهای متخصص شرکت	
	بی کفایتی و ضعف پیمانکاران جزء	
کارفرما	ضعف مدیریت کارگاه	۲۱.۶۶۹۶
	عدم انجام مطالعات اقتصادی مناسب	
	تاخیر در تحویل زمین و عدم رفع معارضین در زمان مناسب	
	ارزیابی و واگذاری پروژه به پیمانکار نامناسب	
	تعلل در تصویب نقشه های اجرایی	
	تاخیر در ابلاغ دستور کارها و مکاتبات	
	ضعف در نقشه برداری و انجام آزمایشات ژئو تکنیک اولیه جهت مطالعات	
	افتتاح زودهنگام و اجبار به تکمیل پروژه	
	عدم همکاری ادارات و سازمانهای اثر گذار در اجرای پروژه های ساختمانی	
مالی	عدم هماهنگی واحدهای مختلف سازمان کارفرما و اعمال سلیقه در پروژه	۱۲.۸۶۰۵
	مواجه شدن با تورم و افزایش قیمت	
	نوسانات قیمت مصالح اساسی در فاز ساخت فولاد میلگرد بتن قیر	
	عدم تامین نقدینگی و تاخیر کارفرما در پرداختهای مالی	
ایمنی	در نظر نگرفتن تعدیل در شرایط تورم	۱۰.۴۴۶۳
	عدم رعایت تجهیزات حفاظت فردی توسط پرسنل و کارگران	
	حوادث برای نیروی انسانی و تجهیزات	
	عدم رعایت hse در اجرا	
مشاور	عدم رعایت موارد بهداشت عمومی	۶.۸۸۳۲
	تاخیر در تحویل نقشه های تکمیلی	
	عدم ساخت پذیری و نداشتن دید اجرایی و کارگاهی طراحان	
اجتماعی و سیاسی	ضعف فنی پرسنل کارگاهی مشاور نظارتی	۵.۳۱۶۶
	تحریم سیاسی و اقتصادی	
عوامل منطقه ای و زیست محیطی	محدودیت های موجود تامین کالا و تجهیزات	۴.۸۴۰۹
	رانش و فرسایش	
قانونی-قراردادی	افزایش حجم عملیات ناشی از کارهای غیر قابل تخمین در پروژه	۲.۵۹۲۹
	برآورد نادرست مبلغ قرارداد	



شکل ۳: نمودار میله‌ای ریسک‌های دارای عامل کارفرمایی

تعیین راهبردهای پاسخ به ریسک

همانگونه که پیشتر گفته شد براساس استاندارد پیکره دانش مدیریت پروژه، چهار استراتژی کلی برای پاسخ به ریسک‌ها وجود دارد که عبارتند از: اجتناب از ریسک، کاهش ریسک، انتقال ریسک و پذیرش ریسک، لذا در جدول شماره ۴ به شرح اجمالی پاسخ به ریسک‌های ممکن در پروژه‌های عمرانی می‌پردازیم.

در ادامه به بررسی و ارائه راهکارهای تفصیلی جهت پاسخگویی به سه ریسک بحرانی پرداخته شده است.

۱. مواجه شدن با تورم و افزایش قیمت

ریسک حاضر غیر قابل اجتناب بوده و پاسخگویی به این ریسک را می‌توان ترکیبی از انتقال، کاهش و پذیرش دانست. همانگونه که همگان اذعان دارند، تورم واقعی اجتناب‌ناپذیر در اقتصاد کشور بوده و علیرغم نوسانات اندک آن، همواره قیمت کلیه کالاها و خدمات روند افزایشی داشته‌اند. علی‌هذا به واسطه سابقه طولانی این موضوع در کشور می‌توان تا حدی با بررسی‌های اقتصادی و پیش‌بینی آینده از میزان اثرات آن کم کرد. جهت پاسخگویی به این مهم موارد زیر پیشنهاد می‌گردد:

- لحاظ نمودن میانگین تورم در سال‌های گذشته جهت اتخاذ تصمیم درخصوص تأمین نقدینگی لازم پروژه توسط کارفرما
- لحاظ نمودن تعدیل در قراردادهای عمرانی، علی‌رغم افزایش قیمت نهایی پروژه در نظر گرفتن این موضوع تا حد زیادی کشمکش‌ها و چالش‌های میان ذینفعان پروژه را کاهش می‌دهد.
- لحاظ نمودن تورم در قیمت پیشنهادی پیمانکاران در قراردادهای فاقد تعدیل
- تحلیل برنامه زمان‌بندی اجرا و تعیین زمان مناسب تهیه کالا، تجهیزات و مصالح قابل انبارش جهت تعدیل اثر تورم
- انتقال بخشی از تورم به پیمانکاران جزء با قراردادهای مناسب و رعایت انصاف
- انتقال بخشی از تورم به تأمین کنندگان با پیش خرید تجهیزات و مصالح

۲. نوسانات قیمت مصالح اساسی در فاز ساخت از قبیل سیمان میلگرد قیر و سوخت

این ریسک نیز غیر قابل اجتناب بوده و پاسخگویی آن به سه روش انتقال، کاهش و پذیرش امکان پذیر است، البته این نوسانات برخلاف تورم دارای روند پیوسته طی سالیان نبوده و در مقاطعی خاص به دلایل مشخص و نامشخص تغییرات ناگهانی داشته‌اند که باعث بروز بسیاری از مشکلات در پروژه‌ها گردیده است. علی‌هذا در ادامه سعی می‌گردد پیشنهاداتی در خصوص پاسخگویی به این ریسک‌ها ارائه گردد:

- لزوم صدور بخشنامه‌های متناسب از سوی سازمان برنامه و بودجه جهت پرداخت مابه التفاوت‌های ناشی از تغییر قیمت اقلام اساسی پروژه‌های عمرانی
- ایجاد راهکارهای مناسب توسط کارفرما از قبیل تحویل حواله به پیمانکاران
- خرید اقلام قابل انبار نمودن در زمان مناسب از زمان‌بندی پروژه توسط پیمانکار
- قرار گرفتن تأمین بخشی از مصالح فوق در تعهد کارفرما
- انتقال ریسک به تأمین کنندگان با سفارش‌گذاری و پیش خرید اقلام
- کنترل مضاعف کارفرما و مشاور ناظر بر تهیه به موقع این اقلام

۳. عدم تأمین نقدینگی و تأخیر کارفرما در پرداخت‌های مالی

در سال‌های جاری و با توجه به وضعیت اقتصادی کشور و همچنین تعریف پروژه‌های غیر ضروری و فاقد اولویت، شاهد عدم وجود نقدینگی کافی جهت احداث پروژه‌های عمرانی دارای اولویت و عملکرد نامناسب و کج رفتاری‌هایی از سوی کارفرمایان در تأمین نقدینگی پروژه‌ها و پرداخت‌های صورت وضعیت پیمانکاران و مشاوران بوده‌ایم و در طی ۳ الی ۴ سال گذشته پرداخت حق الزحمه‌ها در قالب اوراق بهادار و ضرر و زیان پیمانکاران و مشاوران در تنزیل اوراق مزید بر علت‌های دیگر در عدم پیش‌برد کامل پروژه‌های عمرانی گردیده است. با این مقدمه سعی می‌گردد تا نسبت به ارائه پیشنهاداتی در پاسخ به ریسک مذکور اقدام گردد:

- لزوم انجام مطالعات فنی و اقتصادی دقیق جهت تعیین اولویت‌ها و بازگشت سرمایه پروژه‌های عمرانی
- برآورد دقیق هزینه‌های پروژه‌ها با در نظر گرفتن ریسک‌های محتمل تورم، نوسانات قیمت و غیره
- تمهیدات مناسب کارفرمایی جهت تأمین و تخصیص به موقع نقدینگی پروژه از قبیل تبادل توافقتنامه با سازمان برنامه و بودجه
- کاهش بروکراسی اداری در راستای پرداخت سریع‌تر صورت وضعیت‌ها
- انجام به موقع وظایف پیمانکار، مشاور و کارفرما در رعایت موعدهای رسیدگی و پرداخت
- پرداخت جبرانی نرخ تنزیل اوراق بهادار به پیمانکاران و مشاوران
- اولویت بندی مناسب پروژه‌های اجرایی و حذف پروژه‌های فاقد اولویت
- انتخاب پیمانکاران دارای توان مالی مناسب در راستای نوسان‌گیری تأخیرات پرداخت کارفرما
- توزیع ریسک مذکور به صورت عادلانه در همان کارهای جزء
- مدیریت مالی مناسب پیمانکار با اخذ وام و زمان‌بندی مناسب هزینه کرد
- جذب سرمایه‌گذار در پروژه‌های عمرانی از طریق فاینانس و BOT و غیره
- تدوین نمودار جریان نقدینگی و پیش‌بینی‌های لازم جهت اجرای آن

جدول شماره ۴: استراتژی‌های پاسخ به ریسک در پروژه‌های عمرانی

شرح ریسک	استراتژی‌های پاسخ به ریسک				شرح پاسخ به ریسک
	اجتناب	انتقال	کاهش	پذیرش	
مواجهه شدن با تورم و افزایش قیمت			X		پرداخت تعدیل، پیش بینی در قیمت، توزیع در پیمانکاران جزء
نوسانات قیمت مصالح اساسی در فاز ساخت فولاد میلگرد بتن قیر			X		ایمن نامه پرداخت مابه التفاوت، پیش خرید، حواله های کارفرمایی
عدم تامین نقدینگی و تاخیر کارفرما در پرداختهای مالی			X		تدوین نمودار جریان نقدینگی، جذب سرمایه گذار، اولویت بندی
تحریم سیاسی و اقتصادی			X		تأمین داخلی کالاها، دور زدن تحریم ها از راه های قانونی
عدم رعایت تجهیزات حفاظت فردی توسط پرسنل و کارگران	X				نظارت، افزایش فرهنگ سازمانی، تشویق و تنبیه
عدم وجود نقدینگی لازم توسط پیمانکاران	X				ارزیابی دقیق پیمانکاران، تعبیه بدهای قانونی در قرارداد
کیفیت ضعیف در اجرا	X				نظارت، ارزیابی دقیق پیمانکاران، جریمه و تخریب
حوادث برای نیروی انسانی و تجهیزات		X			نظارت، برقراری بیمه، تعبیه تجهیزات امداد رسانی
عدم رعایت HSE در اجرا			X		آموزش، نظارت، تشکیل کمیته HSE، ضمیمه کردن طرح HSE به قرارداد
عدم انجام مطالعات اقتصادی مناسب	X				جمع آوری اطلاعات دقیق، واقع گرایی، عدم دخالت ملاحظات سیاسی
برآورد نادرست مبلغ قرارداد			X		متره دقیق، دقت در طراحی، کنترل نهایی، مطابقت با قوانین
در نظر نگرفتن تعدیل در شرایط تورم			X		در نظر گرفتن تعدیل، پیش بینی در ضریب پیمانکاری
تاخیر در تحویل زمین و عدم رفع معارضین در زمان مناسب	X				رفع معارضین قبل از آغاز پروژه
ارزیابی و واگذاری پروژه به پیمانکار نامناسب			X		ارزیابی کیفی و فنی پیمانکاران، لحاظ رتبه بندی مناسب
عدم پرداخت بدهی و تاخیرات در پرداخت حقوق پیمانکاران جزء	X				مراقبت کارفرما از جریان نقدینگی کارگاه، حساب مشترک، پرداخت از مطالبات پیمانکار
انتخاب نامناسب روش اجرای پروژه	X				بررسی روش های اجرایی از سوی مشاور، نظارت بر اجرا
راش و فرسایش			X		تمهیدات اجرایی، آزمایشات ژئوتکنیک مناسب، بهره گیری از نظرات خبرگان
فرآیندهای نامناسب برنامه ریزی و کنترل پروژه	X				تدوین ساختار پروژه، بهره گیری از نرم افزار مناسب
محدودیت‌های موجود تامین کالا و تجهیزات			X		ارزیابی تأمین کنندگان، در نظر گرفتن محدودیت ها در زمان بندی، پیش بینی نقدینگی لازم
تمل در تصویب نقشه های اجرایی	X				حذف بروکراسی، به کارگیری کارشناسان متخصص
عدم انجام تعهدات پیمانکار	X				اخذ تضامین، اجرا توسط کارفرما با هزینه پیمانکار
افزایش حجم عملیات ناشی از کارهای غیر قابل تخمین در پروژه			X		پیش بینی راهکارهای قراردادی، به حداقل رساندن با مطالعات و آزمایشات دقیق
تاخیر در ابلاغ دستور کارها و مکاتبات			X		حذف بروکراسی، به کارگیری کارشناسان متخصص
ضعف در نقشه برداری و انجام آزمایشات ژئوتکنیک اولیه جهت مطالعات	X				ارزیابی کیفی دقیق نقشه بردار، ژئوتکنیک و نقشه بردار، کالیبراسیون دستگاه ها
تاخیر در تحویل نقشه های تکمیلی	X				اخذ زمانبندی، بهره گیری از مهندسین مشاور مناسب
افتتاح زودهنگام و اجبار به تکمیل پروژه	X				عدم پذیرش ملاحظات سیاسی، پیش بینی افق دراز مدت
تاخیرات غیرمجاز پیمانکار			X		نظارت بر زمانبندی، جریمه، تعلیق
عدم کنترل و تضمین کیفیت	X				پیش بینی راهکارها و ساختارهای لازم، برقراری استانداردهای مربوطه
عدم ساخت پذیری و نداشتن دید اجرایی و کارگاهی طراحان	X				انتقال تجربیات اجرایی به طراح، مدیریت دانش، اخذ بازخورد
عدم تجهیز مناسب کارگاه اعم از ماشین آلات، تجهیزات و نیروی انسانی	X				ارزیابی پیمانکاران، الزامات قراردادی
عدم همکاری ادارات و سازمانهای اثر گذار در اجرای پروژه های ساختمانی			X		جلسات هماهنگی و مکاتبات لازم پیش از اجرایی شدن پروژه
تغییر در بودجه، برنامه زمانبندی و روشهای اجرایی			X		پیش بینی دقیق هزینه ها، انتخاب بهینه روش های اجرایی، جلوگیری از اتلاف منابع
عدم هماهنگی واحدهای مختلف سازمان کارفرما و اعمال سابقه در پروژه	X				اصلاح ساختارهای سازمانی، تعالی سازمان، طراحی سامانه های اینترنتی و اینترنتی
عدم رعایت موارد بهداشت عمومی	X				فرهنگ سازی، تعبیه امکانات مناسب، نظارت
ضعف فنی پرسنل کارگاهی مشاور نظارتی			X		بازنگری و اصلاح عوامل نظارتی، آموزش های لازم
عدم کنترل و تطبیق نقشه ها در اجرا	X				سیستم های یکپارچه سازی نرم افزاری، ایجاد گروه های کنترل کیفیت
خرابی ماشین آلات و تجهیزات			X		نوسازی ناوگان، تعمیرگاه مجهز، چک لیست های نگهداری
کمبود نیروهای متخصص شرکت			X		آموزش، جایگزینی، آزمون بدو ورود
بی کفایتی و ضعف پیمانکاران جزء	X		X		ارزیابی اولیه، نظارت و بازخورد، جایگزینی
ضعف مدیریت کارگاه	X				بررسی سوابق مدیر کارگاه، نظارت بر ساختار سازمانی کارگاه، جایگزینی

۵- نتیجه گیری

با بهره‌گیری از دانش مدیریت پروژه می‌توان در بهبود هرچه بیشتر عملکرد پروژه نقش مؤثری ایفا کرد، از جمله حوزه‌های مهم دانش مدیریت پروژه، مدیریت ریسک است. مدیریت ریسک به وسیله تکنیک‌ها و ابزارهایی که در اختیار تیم مدیریت پروژه قرار می‌دهد، امکان پیش‌بینی، ارزیابی و پاسخگویی به ریسک را در زمان مناسب و به شیوه مؤثر فراهم می‌کند. براساس مطالعات انجام شده، پروژه‌های عمرانی مخصوصاً در ابعاد وسیع از آن دسته مواردی هستند که به کارگیری مدیریت ریسک در آن‌ها از ضرورت و اهمیت بالایی برخوردار است تا در زمان و هزینه پیش‌بینی شده و با کیفیت مطلوب به اتمام برسند. در این پژوهش بر اساس استاندارد پیکره‌ی دانش مدیریت پروژه اقدام به شناخت ریسک‌های موجود در پروژه‌های عمرانی، تحلیل و پاسخ‌گویی به ریسک‌ها گردید. از میان بالغ بر ۱۰۰ ریسک محتمل در پروژه‌های عمرانی ۴۰ مورد شاخص انتخاب و وارد فرایند نظرسنجی و تحلیل گردید که با استفاده از نرمالیزه کردن ضریب احتمال/تأثیر و رتبه بندی ریسک‌ها، اهمیت و بحرانی بودن ریسک‌های دارای عامل مالی مشخص شد و سه ریسک اول منتج شده از جداول تحلیلی مورد پاسخ‌دهی تفصیلی قرار گرفت. همچنین سعی گردید تا با ارائه پاسخ‌های کوتاه استراتژیک نحوه برخورد با ریسک‌های ۴۰ گانه و آمادگی ذهنی لازم در عوامل اجرایی پروژه ایجاد گردد.

امید است با مطالعه روند ذکرشده و نتایج حاصله شاهد درک روز افزون اهمیت مدیریت ریسک در پروژه‌های عمرانی بوده و با انجام تحلیل‌های لازم و اندیشیدن به راهکارهای ممکن شاهد تکمیل و بهره‌برداری با کیفیت پروژه‌های عمرانی با هزینه و زمان بهینه باشیم.

منابع

- Ardeshtir, Abdullah and Hassan Maleki Tabar, Risk Management in Construction Projects, Amirkabir University Industrial Branch Publications, Second Edition, ۲۰۱۷-Persian
- Schwalp, Katie, ۲۰۰۶, Information Technology Project Management, Mahmoud Golabchi, University of Tehran Press, Sixth Edition, ۲۰۰۹-Persian
- Abdullah Nejad, Ebrahim, ۲۰۱۷, A review on risk management in the project portfolio and its application in the portfolio of construction projects Case study: Municipality, International Conference on New Research in Civil Engineering, Architecture, Urban Management and Environment, Karaj-Persian
- Admiyan, Mohammad Hadi; Mehran Zeinalian and Mohammad Javad Amini, ۲۰۱۵, Risk planning, analysis and management in construction projects using program risk analysis method and advanced APRAM model in terms of risks throughout the project life cycle, ۱۰th International Congress of Civil Engineering, Tabriz, University of Tabriz Faculty of Civil Engineering-Persian
- Alfredo Federico Serpella et al., ۲۰۱۴, Risk management in construction projects: a knowledge-based approach, Procedia - Social and Behavioral Sciences
- Barati, Behzad and Kamran Ranjbar, ۲۰۱۴, Designing a Risk Management System for Development Projects, Management Conference, Transformation and Innovation in Management Empowerment, Shiraz-Persian
- Barkian Sorkhabi, Mehrdad, ۲۰۱۸, Executive steps in the field of risk management according to PMBOK standard in construction projects, the second national conference on civil engineering, architecture with emphasis on job creation in the construction industry, Tehran, Permanent Secretariat of the conference-Persian
- Fallah, Ahmad Ali, Masoud Zeini, Kamran Farrokhi and Morteza Hassannejad, Identification and analysis of dam risks using FMEA technique, case study of Alborz Babol Dam, ۳rd International Conference on New Approaches to Energy Conservation ۲۰۱۴-Persian

Hadizadeh, Mohammad, ۲۰۱۹, Presentation of Strategic Risk Management Model in Construction Projects, ۴th International Conference on New Research in Civil Engineering, Architecture, Urban Management and Environment, Karaj, Comprehensive University of Applied Sciences - Municipalities Cooperation Organization and Creativity Development Center and Innovation of modern sciences-Persian

International Contracting Downloaded from www.worldscientific.com by UNIVERSITY OF BIRMINGHAM, ۲۰۱۶.

Khanzadi, Mustafa; Sajjad Hosseinpour; Ali Golshan and Yasin Vazirinia, ۲۰۱۷, Risk Management and Stakeholders' Perspectives on Civil Projects, International Conference on Civil Engineering, Architecture and Urban Planning in Contemporary Iran, Tehran, Osweh University - Tehran - Shahid Beheshti University-Persian

Mir Mohammad Sadeghi, Alireza; Mohammad Saeed Jabal Ameli and Mahmoud Reza Tavakoli Darani, ۲۰۰۹, Presenting an Integrated Model of Value Engineering and Risk Management in Large Civil Projects, First National Conference on Construction Engineering and Management, Tehran, Amirkabir University of Technology-Persian

Molaei Barough, Armin and Mozaffar Khademi Shiraz, ۲۰۱۷, Risk Management in Development Projects; Case Study, ۷nd International Congress of Contemporary Civil Engineering, Architecture and Urban Planning, Dubai, University of Naples, Italy - EMU University of Cyprus - Zhio Studies Center-Persian

Naghash Tusi, Hossein and Mohammad Hassan Sabt, ۲۰۰۹, Presenting an Executive Method for Implementing the Risk Management Process and Applying It in the Management of Civil Projects - Case Study: ۱۰۰۰-unit Residential Complex, First National Conference on Construction Engineering and Management, Tehran, Amirkabir University of Technology-Persian

Parsai, Mahmoud and Reza Pishvaei, ۲۰۱۸, The process of implementing risk management and presenting an executive method for its use in construction projects (Case study: Mehr housing projects), the second national conference on civil engineering, architecture with emphasis on job creation in the construction industry, Tehran, Permanent Secretariat of the Conference-Persian

Satyendra Kumar Sharma and Niranjana, ۲۰۱۱, Risk Management in Construction Projects Asia Pacific Business Review

Shahid Iqbal, Rafiq M. Choudhry, Klaus Holschemacher, Ahsan Ali & Jolanta Tamošaitienė, ۲۰۱۵, Risk management in construction projects, Technological and Economic Development of Economy

Shou Qing Wang, Mohammed Fadhil Dulaimi & Muhammad Yousuf Aguria, ۲۰۰۴, Risk management framework for construction projects in developing countries, Construction Management and Economics

Soleimanpour Hashemi, Neda and Seyed Mohammad Hijrati, ۲۰۱۶, Risk Management of Construction Projects Based on PMBOK Standard Project on Construction of the Panoramic Museum of Jerusalem, International Conference on Civil Engineering, Architecture and Urban Landscape, Turkey-Istanbul University, Permanent Secretariat of the Conference, Istanbul University-Persian



Project planning, control and management using building information modeling

Somayeh Ghorbani noe^۱

^۱-Master of Engineering and Construction Management-Payame Noor University of Alborz

Email: so.ghorbani@gmail.com

ABSTRACT

Today, in the industries of architecture, engineering, and construction (AEC^۱), it is essential to implement management techniques and tools, especially with increasing project scale. While the search for better techniques and tools continues, BIM^۲ building information modeling is one of the most promising developments in the industry, reflecting a digital picture of the physical and functional characteristics of a structure in order to create a reliable basis for decision making, During the life cycle of the structure (ISO standard, ۲۰۱۱) and presents the project in multidimensional. Geometric data is modeled and, most importantly, project-related data such as element performance, material specifications, execution details, program, cost, etc. are also stored with the model. The BIM also incorporates many of the functions needed to model a building's life cycle, paving the way for new designs and capabilities, and changing roles and relationships between project teams. The goal is to provide a single model for all stakeholders at all stages of the project. In this paper, the main challenges in the current method of project management and control are analysed and how BIM-based project management overcomes these challenges. It explored how to use BIM to manage and gather information to build a BIM model. The benefits of planning, cost estimation, sustainability, and facilities management of BIM-based multiple-dimensional in the areas of planning, control, project management and construction were explored. At the end, a brief explanation was given about the BIM software platforms and how to work with them.

Keywords: project planning, control and management, BIM, IFC, nD, BEP.

All rights reserved to Civil & Project Journal.

^۱ Architectural, Engineering, Construction

^۲ Building information modeling



برنامه‌ریزی، کنترل و مدیریت پروژه با استفاده از مدلسازی اطلاعات ساختمان

سمیه قربانی نوع^۱

*۱- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی و مدیریت ساخت-دانشگاه پیام نور البرز
پست الکترونیکی: so.ghorbani@gmail.com

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۲/۳۱

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۲/۰۷

چکیده

امروزه، در صنایع معماری، مهندسی و ساخت و ساز (AEC^۱) اجرای تکنیک‌ها و ابزارهای مدیریت به ویژه با افزایش مقیاس پروژه‌ها، بسیار ضروری است. در حالی که جستجوی تکنیک‌ها و ابزارهای بهتر همواره ادامه دارد، مدل سازی اطلاعات ساختمان (BIM^۲) یکی از امیدوار کننده ترین پیشرفت‌ها در این صنایع است که نشان دهنده تصویری دیجیتال از مشخصات فیزیکی و عملکردی یک پروژه به منظور ایجاد یک مبنای قابل اعتماد برای تصمیم‌گیری‌ها در طول چرخه حیات آن است (استاندارد ایزو، ۲۰۱۱) و پروژه را به صورت چند بعدی ارائه می‌دهد. داده‌های هندسی مدل شده و مهمتر از همه داده‌های مرتبط با پروژه مانند عملکرد عناصر، مشخصات مواد، جزئیات اجرا، برنامه، هزینه و غیره نیز با مدل ذخیره می‌شوند. BIM همچنین بسیاری از کارکردهای مورد نیاز برای مدلسازی چرخه عمر ساختمان را در خود جای داده و زمینه را برای ایجاد طراحی و قابلیت‌های جدید ساخت و تغییر در نقش‌ها و روابط بین تیم پروژه فراهم می‌آورد. هدف این است که در تمام مراحل پروژه یک الگوی واحد برای همه ذینفعان فراهم شود. در این مقاله، چالش‌های اصلی در روش فعلی مدیریت و کنترل پروژه مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است و اینکه مدیریت پروژه بر مبنای BIM چگونه بر این چالش‌ها غلبه می‌کند. به بررسی چگونگی استفاده از BIM برای مدیریت و جمع آوری اطلاعات برای ساختن مدل BIM پرداخته شد. مزایای برنامه‌ریزی، برآورد هزینه، پایداری و مدیریت تأسیسات مبتنی بر ابعاد چند گانه BIM در حوزه برنامه‌ریزی، کنترل و مدیریت پروژه و ساخت بررسی گردید. در پایان توضیح مختصری درباره بسترهای نرم افزاری BIM و نحوه انجام کار با آنها داده شد.

کلمات کلیدی: برنامه‌ریزی، کنترل و مدیریت پروژه، BIM، IFC، nD، BEP.

^۱ Architectural, Engineering, Construction

^۲ Building information modeling

۱. مقدمه

مدل سازی اطلاعات ساختمان BIM وسیله‌ای برای ایجاد و مدیریت داده‌های ساختمان از طریق استفاده از ابزارهای CAD^۱ و ICT^۲ (Gol Nahali and Ravanshadnia, ۲۰۱۸) می‌باشد که در صنعت، به الزامی برای مدیریت و کنترل مؤثر پروژه‌ها تبدیل شده است. نرخ به کارگیری BIM در سال‌های اخیر رو به رشد است. مطالعه مک گروهیل که در طول ۵ سال بین سال‌های ۲۰۰۷ تا ۲۰۱۲ در آمریکای شمالی انجام شد نشان می‌دهد که به کارگیری BIM از ۲۸ درصد در سال ۲۰۰۷ به ۷۱ درصد در سال ۲۰۱۲ رشد داشته است (Shakeri, Dadgar, ۲۰۱۷). سیستم‌های مدیریت پروژه سنتی فاقد قابلیت مدیریت در لحظه و همزمان با اجرای پروژه هستند، یکی از روش‌های نوین مدیریت و کنترل پروژه روش کنترل به هنگام پروژه^۳ می‌باشد. منظور از مدیریت به هنگام پروژه، کنترل و نظارت لحظه به لحظه و در زمان واقعی بر تمامی فرآیندهای اجرا از جمله المان‌ها، روش اجرا، زمان و هزینه‌های اجرای یک پروژه و قابلیت به روزرسانی برنامه زمانبندی و نظارت دقیق بر آن می‌باشد (Qasim, Zamani Nouri and Fallahi, ۲۰۱۷). استفاده از روش‌های نوین به واسطه یکپارچگی در برنامه‌ریزی زمان، هزینه، ساختار شکست کار و مانیتورینگ روند پیشرفت پروژه در فرآیند کنترل پروژه موجب جلوگیری از فهم نامناسب مدیران تصمیم‌گیر پروژه از مشکلات موجود و اتخاذ تصمیماتی با اثرگذاری پایین می‌شود (Sabat and Dadashi Haji, ۲۰۱۶). ورود IT، در فناوری‌های ساخت و مدیریت پروژه شکل اساسی به خود گرفته است و نقش تعیین کننده‌ای در انجام فرآیندهای اجرایی دارد (Ebrahimi, Golabchi and Shaeafi, ۲۰۱۸). BIM قادر است تصویری دیجیتالی را به صورت سه‌بعدی از پروژه ارائه دهد، اما مهمتر از آن سیستم‌های BIM علاوه بر داده‌های هندسی، تمام داده‌های مفهومی لازم همچون عملکرد عناصر، مشخصات مواد، جزئیات اجرا، برنامه، هزینه‌ها و ... را نیز در مدل برای تبادل و به روز رسانی اطلاعات به همراه داشته که از این طریق یک الگوی واحد از پروژه برای فهم مشترک ذینفعان در تمام مراحل کار ایجاد می‌گردد (Gol Nahali and Ravanshadnia, ۲۰۱۸). مزایای فن‌آوری BIM از مرحله طراحی مفهومی آغاز شده و کل چرخه حیات پروژه را تحت پوشش قرار می‌دهد (Ebrahimi, Golabchi and Shaeafi, ۲۰۱۸). BIM فرآیند همکاری را در طراحی و اجرا بین اعضای پروژه ایجاد کرده و مهارت‌های مدیریت و کنترل پروژه را در یک مدل جمع‌آوری می‌کند و با توجه به سیستم‌های امنیتی تعبیه شده، امکان ایجاد سطح دسترسی‌های مختلف برای کاربران متفاوت را فراهم می‌آورد (Rezazadeh, ۲۰۱۸). این اطلاعات در بخش‌های مختلف صنعت ساخت و ساز از جمله برنامه‌ریزی پروژه، آنالیزهای مختلف، استخراج مقادیر، طراحی و یکپارچه سازی ساخت و ساز، بهینه سازی، ارزیابی ریسک، تخمین هزینه، مدیریت ریسک، مدیریت پروژه، و مدیریت ساخته کاربرد مؤثری دارد (Gol Nahali and Ravanshadnia, ۲۰۱۸). مدلسازی اطلاعات ساختمان BIM به طور موفقیت آمیزی بسیاری از مشکلات رویکردهای سنتی در AEC نظیر ارتباطات ضعیف، دوباره کاری‌های مکرر و تجسم نادرست اطلاعات را مورد توجه قرار داده است و می‌توان گفت اگر از مدلسازی اطلاعات ساختمان به شکل مؤثری استفاده شود، منجر به کیفیت بالای ساختمان‌ها و کاهش هزینه‌ی پروژه‌ها می‌گردد (Ebrahimi, Golabchi and Shaeafi, ۲۰۱۸).

در این مقاله ساختارهای موجود و مؤثر BIM در راستای برنامه‌ریزی، کنترل و مدیریت پروژه بررسی شده و با هدف روشن ساختن تأثیرات بیم به فازهای مختلف مدیریت پروژه پرداخته شده است.

۲. پیشینه

مفاهیم پایه BIM برای اولین بار توسط Eastman در اواسط دهه ۱۹۷۰ با نمونه اولیه "سیستم توصیف ساختمان" معرفی شد. سپس با ساخت مدل‌های محصول و ثبت اطلاعات مربوط به آن مورد بررسی و در دهه‌های ۷۰ و ۸۰ میلادی به شکل محدود با برنامه‌های اولیه مورد استفاده قرار گرفت ولی به دلیل بالا بودن هزینه سخت افزار مورد نیاز، استفاده گسترده از آن محدود بوده تا اینکه در سال ۲۰۰۲ شرکت Autodesk، BIM را برای اولین بار در مقاله ای معرفی کرد (Wikipedia and BIM Handbook, ۲۰۱۱).

^۱ Computer Aided Design

^۲ Information and Communications Technology

^۳ Real Time

ایستمن در کتاب خود به نام "راهنمای BIM" آن را اینگونه تعریف می‌کند: به عنوان یک تکنولوژی مدلسازی و مجموعه‌های مرتبط از فرآیندهای تولید، ارتباط و تجزیه و تحلیل مدل‌های ساختمان است، همچنین گروه تحقیقاتی ایالتی پنسیلوانیا، BIM را "فرآیند طراحی، تجزیه و تحلیل، یکپارچه سازی و مستندسازی چرخه ی عمر یک ساختمان، با ایجاد نمونه ی مجازی هوشمند از ساختمان با استفاده از پایگاه داده ای از اطلاعات" تعریف می‌کند (Shakeri, Dadgar, Rashidi Nasab and Taheri Jebeli, ۲۰۱۷). راهنمای مدل سازی اطلاعات ساختمان شهر نیویورک BIM را بدینگونه تعریف میکند: "مدل سازی اطلاعات ساختمان تکنولوژی است که با برقراری ارتباط دیجیتالی بین نرم افزارهای مختلف امکان تبادل اطلاعات و همکاری یکپارچه بین طراحان را فراهم می‌سازد و با بالابردن دقت و یکپارچگی طراحی‌ها، میزان خطاها را بطور چشمگیری کاهش می‌دهد" (Adibfar, Maghrebi, Hosseini and Bagheri, ۲۰۱۵).

در تعریف PMBOK^۱ پروژه به تلاشی موقت در راستای ایجاد یک محصول، خدمت و یا نتیجه منحصر به فرد اطلاق می‌شود. مدیریت پروژه، کاربرد دانش، مهارت‌ها، ابزارها و تکنیک‌های مرتبط با فعالیت‌های پروژه در راستای تأمین الزامات پروژه است. مدیریت پروژه از طریق پنج گروه فرآیندی مرتبط به هم انجام می‌شود: ۱- فرایند آغازین ۲- فرآیند برنامه‌ریزی ۳- فرآیند اجرا ۴- فرآیند نظارت و کنترل ۵- خاتمه پروژه (PMBOK, ۲۰۱۳) و حوزه‌های دانش مدیریت پروژه شامل مدیریت دامنه، مدیریت زمان، مدیریت هزینه، مدیریت کیفیت، مدیریت منابع انسانی، مدیریت ارتباطات، مدیریت ریسک و مدیریت تدارکات و مدیریت یکپارچگی هستند. هر پروژه مطابق با این حوزه‌های مدیریتی، دارای سطوح عدم قطعیت بوده و چالش اصلی، مدیریت عدم قطعیت‌ها با در نظر گرفتن تمامی موارد است. در هر مرحله، مدیر پروژه و سایر متخصصان وظایفی داشته و عدم قطعیت‌های زیادی پیش رو دارند. به همین دلیل، استفاده از سیستم‌ها با کمک رایانه به متخصصان برای انجام وظایف محوله کمک به سزایی می‌کند.

برای ایجاد یک سیستم موفق مدیریت پروژه، نکته مهم دسترسی به اطلاعات در زمان مناسب است. این امر به متخصصان پروژه کمک می‌کند تا در صورت لزوم تصمیم‌های بهتری بگیرند. این اطلاعات شامل مواردی از قبیل مشخصات مصالح، راهنمای نصب و مونتاژ، خدمات گارانتی محصولات، نگهداری و تعمیرات، اطلاعات قیمت و مراحل ساخت و نصب می‌باشد و به عنوان یک مرجع مشترک بین کارفرما، طراح و سازنده عمل می‌کند که افزایش هماهنگی، کاهش خطاها و ضایعات، کاهش هزینه و افزایش کیفیت را به همراه دارد (Abedini and Shakeri, ۲۰۱۴).

فازهای انجام پروژه عبارتند از برنامه‌ریزی، طراحی، اجرا، بهره‌برداری و نگهداری که در اینجا به بررسی مختصر این موارد با رویکرد BIM می‌پردازیم.

فاز برنامه‌ریزی که آیین نامه‌ها و قوانین جمع‌آوری شده و تجزیه، تحلیل و امکان سنجی پروژه انجام می‌شود. بررسی مفهوم، امکان پذیری و روش طراحی، افزایش عملکرد و کیفیت ساختمان، همکاری بهتر به کمک IPD^۲ از مزایای پیش از ساخت برای مالکان می‌باشد (Ebrahimi, Golabchi and Shaeafi, ۲۰۱۸). مهمترین نکته در استفاده پیمانکاران از قابلیت‌های BIM ارتباط پیش از شروع ساخت با کارفرمایان است. در تحویل یکپارچه پروژه یک قرارداد همکاری مشترک نیاز است تا معماران، طراحان و پیمانکاران عمومی باهم از شروع پروژه کار کنند و بهترین استفاده از BIM صورت گیرد (Shakeri, Dadgar, Rashidi Nasab and Taheri Jebeli, ۲۰۱۷).

فاز طراحی شامل تجزیه و تحلیل سایت پروژه، تجسم سریع تر و دقیق تر طرح، ارائه مدل سه بعدی ۳D، هماهنگی طراحی بین واحدها، اصلاحات خودکار به هنگام اعمال تغییرات در طراحی، شناسایی تداخلات، برآورد هزینه، شبیه سازی میزان مصرف انرژی و... با کمک مدل‌های BIM است (Ebrahimi, Golabchi and Shaeafi, ۲۰۱۸) و به سه بخش تفصیلی تقسیم می‌شود: طراحی شماتیک که در آن گزینه‌ها مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرند، طراحی تفصیلی که مدل‌های سه بعدی سازه، برق و مکانیک انجام شده و مشخص نمودن جزئیات ساخت است که برنامه‌ریزی (۴D) و برآورد هزینه اجرا (۵D) انجام شده و افقی برای مرحله اجرا فراهم می‌شود. روش‌های سنتی

^۱ Project Management Body of Knowledge

^۲ Integrated project delivery

طراحی-مناقصه-ساخت قابلیت‌های پیمانکار برای به کارگیری دانش خود در مرحله طراحی، زمانی که می‌توانند اثرگذاری قابل توجهی داشته باشند را محدود می‌کند (۲۰۱۷، Shakeri, Dadgar, Rashidi Nasab and Taheri Jebeli).

فاز ساخت شامل طراحی روش اجرا، تطابق با برنامه زمانی، مشخص کردن مقادیر، مدیریت منابع و انجام فعالیت‌های برنامه‌ریزی شده است. مدیر پروژه با شبیه سازی فضای پروژه و مسیرهای رفت و آمد نیروی انسانی و ماشین آلات، جانمایی بهینه را برای تجهیزات کارگاه تعیین می‌نماید (۲۰۱۷، Qasim, Zamani Nouri and Fallahi). از مزایای ساخت با کمک مدل‌های BIM استفاده از مدل طراحی به عنوان مبنایی برای مؤلفه‌های ساخته شده، واکنش سریع به تغییرات طراحی، کشف خطاها، جلوگیری از خطاهای تکرار پذیر، حذف مشکلات طراحی قبل از ساخت، انطباق طراحی و برنامه‌ریزی ساخت، اعمال بهتر تکنیک‌های ساخت و ساز ناب^۱، هماهنگی تدارکات با طراحی و ساخت می‌باشد (۲۰۱۸، Ebrahimi, Golabchi and Shaeafi).

فاز بهره‌برداری و نگهداری شامل مدیریت سایت پس از اجرای پروژه می‌باشد و مزایای استفاده از BIM در این فاز شامل بهبود راه اندازی و تحویل اطلاعات تسهیلات، مدیریت و عملکرد بهتر تسهیلات، یکپارچگی مدل با عملکرد تسهیلات و سیستم‌های مدیریت می‌باشد (۲۰۱۸، Ebrahimi, Golabchi and Shaeafi).

از مزایای فن آوری BIM می‌توان به تسریع در تکمیل و فرایند مدیریت دانش پروژه، دسترسی به فازهای مختلف، هماهنگی و کنترل بهتر (۲۰۱۸، Gol Nahali and Ravanshadrnia)، تجسم بهتر، آشکار سازی موارد پنهان، تشخیص برخورد، همکاری مؤثر بخش‌ها از طریق فضای ابری، تجزیه و تحلیل یکپارچه انرژی، جمع آوری و یکپارچگی داده‌ها، مدل‌های شی گرا و هوشمند (Qasim, Zamani Nouri and Fallahi, ۲۰۱۷)، کاهش هزینه‌های کلی و ریسک (Ebrahimi, Golabchi and Shaeafi, ۲۰۱۸) صرفه جویی منابع، کاهش میزان احتمالات و عدم قطعیت‌ها، پیاده سازی استانداردها و انجام کنترل‌های دقیق تر و افزایش بهره وری (Farzin Khanghah, Ravanshadrnia and Taj, ۲۰۱۸، Al-Dini)، به کارگیری تولید خارج از محل (پیش ساختگی) (۲۰۱۷، Shakeri, Dadgar, Rashidi Nasab and Taheri Jebeli) اشاره نمود.

در پژوهشی که بر مبنای تئوری مجموعه‌های فازی، برای ارزیابی ریسک‌های کاهنده بهره وری در پروژه‌های ساخت توأم با BIM تحت تأثیر عدم قطعیت‌ها، پرداخته شد و مقدار کمی افزایش بهره وری پروژه بر زمان و نیروی انسانی اندازه گیری شد نتیجه بیانگر این بود که افزایش بهره وری نیروی انسانی پروژه‌های منطبق با BIM حدود ۵۷ درصد می‌باشد. بنابراین نیروی انسانی در اثر افزایش توأم کارایی و تأثیرگذاری بر پایه استفاده از فناوری BIM تا ۳۶.۶ درصد کاهش پیدا کرده است (۲۰۱۹، Farzamfar and Ali Ghorbani).

فناوری BIM در پروژه‌های پیچیده نسبت به پروژه‌های معمولی و ساده به مراتب تأثیر بسزایی در کاهش دعاوی دارد و می‌توان اظهار داشت که تأثیر BIM بر کاهش دعاوی با میزان پیچیدگی پروژه‌ها ارتباط مستقیم دارد بطوریکه با افزایش پیوسته میزان پیچیدگی پروژه متقابلاً میزان تأثیر BIM بر کاهش دعاوی نیز افزایش می‌یابد (۲۰۱۷، Naghash Tusi, Mahmoudi Hassan Khanlou and Maerefat).

از دیگر کاربردهای BIM کنترل هزینه و کاهش زمان در بازسازی و تعمیر ساختمان‌ها می‌باشد. در مواقع بحرانی به عنوان مثال بعد از وقوع زلزله یا بروز جنگ برای ترمیم ساختمان‌ها تنها با مراجعه به فایل‌های BIM ساختمان اطلاعات مورد نیاز استخراج شده و زمان انجام عملیات ترمیم و بازسازی به میزان زیادی کاهش می‌یابد که این امر در ساختمان‌های استراتژیک هر کشور مانند ساختمان‌های ستاد مدیریت بحران یا وزارت کشور امری حیاتی تلقی می‌شود (۲۰۱۴، Abedini and Shakeri).

^۱ Lean construction techniques

استفاده از BIM نقش به سزایی در کنترل تطابق پذیری با آیین نامه‌ها به عنوان یک مرحله‌ی مهم و حساس در فرایند تحویل پروژه دارد. انجام این کار به صورت دستی فرآیندی هزینه‌بر، وقت‌گیر و مستعد اشتباه می‌باشد و خودکار کردن آن می‌تواند همه‌ی این موارد را به میزان قابل توجهی بهبود بخشد. سازوکار کلی سیستم‌های کنترل ضوابط در چهار مرحله‌ی تفسیر و ترجمه‌ی ضوابط، آماده سازی مدل ساختمان، اعمال ضوابط و در نهایت گزارش دهی نتایج خلاصه می‌شود. طبق بررسی سال ۲۰۱۸ سازمان جهانی Doing Business که تحت نظر بانک جهانی انجام شد، در کشوری مانند سنگاپور تنها ۱۴ روز صرف کنترل ضوابط بر روی نقشه‌ها با استفاده از سیستم کنترل خودکار ضوابط و صدور پروانه^۱ CORENET می‌شود در حالی که این امر در ایران به صورت دستی و طی حدود ۷۰ روز انجام می‌شود، با این مقایسه، سودمندی اجرای سیستم‌های کنترل خودکار ضوابط و مقررات بر پایه مدل اطلاعات ساختمان محرز می‌گردد (Shakeri, Taghados, ۲۰۱۹). (Babaei Ravandi and Abbasianfar, ۲۰۱۹).

BIM افزایش دقت، بهبود بهره وری و ساده کردن مدیریت پروژه‌ها را به همراه دارد. از طرف دیگر، خطرات و موانعی از قبیل عدم استاندارد سازی، ریسک‌های قانونی و قراردادی (Adibfar, Maghrebi, Hosseini and Bagheri, ۲۰۱۵) و نبود پرسنل ماهر را نیز در بر دارد. علاوه بر این، در حالی که بیشتر مسائل مربوط به انتقال داده‌ها با استفاده از قالب IFC^۲ قابل دستیابی است، اما بسیاری از برنامه‌ها هنوز به طور کامل استانداردها را پشتیبانی نمی‌کنند (Shakeri, Taghados, Babaei Ravandi and Abbasianfar, ۲۰۱۹).

۳. فرآیند BIM

تفاوت اصلی بین BIM و CAD^۳ مرسوم در این است که فناوری BIM یک مدل سه بعدی از ساختمان را ارائه می‌دهد که پلان‌ها و مقاطع به طور خودکار در آن ایجاد می‌شوند و تغییر یا ویرایش یک جزء بسیار آسان بوده زیرا تمام موارد مربوطه به طور خودکار به روز می‌شوند. این مدل شامل داده‌ها و عناصر هوشمندی با خصوصیات فیزیکی و عملکردی می‌باشد که مرجع اصلی کنترل داده‌ها و اعمال تغییرات محسوب شده و اثرات ناشی از تغییرات در هر یک از حوزه‌های تخصصی مهندسی پروژه بصورت همزمان در مدل یکپارچه پروژه قابل رویت و ردیابی خواهد بود. در نتیجه همه عوامل فنی، مهندسی و اجرایی پروژه قادر خواهند بود تا هرگونه برخورد و مغایرت در مدل طراحی شده جامع پروژه را در نقشه‌های مربوط به بخش خود ملاحظه و کنترل نموده و در صورت لزوم گزارشات مربوطه را به سایر بخش‌ها اطلاع رسانی کنند (Farzin Khanghah, Ravanshahnia and Taj Al-Dini, ۲۰۱۸). بنابراین BIM قادر به نگه داشتن کلیه داده‌های لازم بوده و بستری را برای مدیریت اطلاعات پروژه در طول چرخه عمر همراه با کاهش زمان، هزینه و تأخیرات فراهم می‌کند (Gol Nahali and Ravanshahnia, ۲۰۱۸).

سطح توسعه مدل نقش بسزایی در دقت نتایج و خروجی‌ها خواهد داشت با اینکه افزایش این سطح، مدلی جامع و کامل فراهم می‌آورد اما هزینه مدلسازی نیز به مراتب بیشتر می‌گردد (Ebrahimi, Golabchi and Shaeafi, ۲۰۱۸).

در یک تحقیق جامع دانشگاه استنفورد ۳۲ پروژه را که از BIM استفاده کرده‌اند مورد بررسی قرار داده که نتایج حاصله به شرح زیر است (Abedini and Shakeri, ۲۰۱۴):

- تغییرات تا ۴۰ درصد کاهش یافت.
- کاهش ۸۰ درصدی در زمان صرف شده برای برآورد هزینه.
- صرفه جویی تا ۱۰ درصد ارزش قرارداد از طریق تشخیص برخورد.
- کاهش ۷ درصدی زمان پروژه.
- افزایش کیفیت پروژه.

حال آنکه چگونه BIM بر مراحل مختلف چرخه عمر پروژه تأثیر می‌گذارد؟

^۱ Construction and Real Estate NETwork

^۲ Industry Foundation Classes

^۳ Computer Aided Design

۳.۱. آنالیز امکان سنجی

امکان سنجی اولین نقطه شروع چرخه عمر پروژه است. در صورتی که پروژه منطقی باشد یا خیر، تصمیم بر انجام کار گرفته می‌شود (PMBOK, ۲۰۱۳). با توجه به ماهیت پروژه‌های عمرانی، عدم قطعیت در سطح بالایی قرار داشته و در مراحل اجرا و بهره‌برداری موانعی را ایجاد می‌کند. به همین دلیل، ریسک‌ها نیز باید در آنالیز امکان سنجی محاسبه شوند. فن آوری BIM شامل چرخه حیات کامل یک پروژه از مرحله برنامه‌ریزی تا تخریب می‌باشد (BIM Handbook, ۲۰۱۱). مهمترین پارامتر در این مطالعه به حداقل رساندن هزینه با ادغام مدیریت پروژه و ابعاد مختلف مدل اطلاعات ساختمان با استفاده از فناوری BIM است.

۳.۲. مدل سازی سه بعدی

یکی از رایج ترین مشکلات مرتبط با ارتباطات مبتنی بر ۲D در مرحله طراحی، زمان و هزینه قابل توجهی است که برای طرح پیشنهادی مورد نیاز است، از جمله تخمین هزینه، تجزیه و تحلیل مصرف انرژی، جزئیات سازه و موارد دیگر. این تحلیل‌ها بطور معمول در انتها انجام می‌شود، زمانی که برای ایجاد تغییرات مهم خیلی دیر است. از آنجا که بهبودها در مرحله طراحی اتفاق نمی‌افتد، پس از آن مهندسی ارزش باید برای رفع ناسازگاری‌ها انجام شود، که اغلب منجر به سازش با طرح اصلی می‌شود (BIM Handbook, ۲۰۱۱).

BIM دقت بالایی را در صورت ورود داده‌ها با جزئیات لازم در مدل ارائه می‌دهد. بنابراین، سطح جزئیات در مدل سه بعدی (۳D) یک عامل کلیدی است. پارامترهای موجود، مشخصات مربوطه، هزینه واحد و جزئیات مربوط به تهیه کنندگان باید در مدل مشخص شوند. جزئیات و اطلاعات لازم برای مدیریت به هنگام پروژه عبارتند از اطلاعات ساختاری، اطلاعات زمانبندی و اطلاعات مالی هر جزء از یک پروژه، در بخش اطلاعات گرافیکی مدل‌سازی اطلاعات ساختمان (Qasim, Zamani Nouri and Fallahi, ۲۰۱۷) که طبق استاندارد صنعت معماری، ساخت و مهندسی AEC سطح اطلاعات^۱ در جدول شماره ۱ آمده است (Adibfar, Maghrebi, Hosseini and Bagheri, ۲۰۱۵).

جدول ۱: دسته بندی حدود گسترش مدل (Adibfar, Maghrebi, Hosseini and Bagheri, ۲۰۱۵).

حدود گسترش	توضیحات
LOD ۱۰۰	اجزا مدل بصورت گرافیکی و در سطحی ساده بوسیله سمبل‌ها و یا سایر نشانگرها ارائه می‌شوند، اما نیازهای سطح ۲۰۰ را برآورده نمی‌سازند. اطلاعات مربوط به اجزای مدل (مانند هزینه نهایی برای هر مترمربع، خصوصیات سیستم تهویه و ...) بصورت غیرمستقیم و با تحلیل سایر اجزا امکان پذیر است.
LOD ۲۰۰	اجزا بصورت مدل گرافیکی با خصوصیات دقیق تر شامل ابعاد حدودی، مشخصات عملکردی، مشخصات مصالح و در این سطح عرضه می‌شود. اطلاعات غیرگرافیکی نیز قابلیت پیوست شدن به مدل را دارند.
LOD ۳۰۰	اجزا بصورت مدل گرافیکی و با مشخصات دقیق شامل مشخصات فیزیکی، تعداد، مشخصات دقیق عملکردی مدل می‌شوند اطلاعات غیرگرافیکی نیز به مدل پیوست شده اند.
LOD ۳۵۰	اجزا بصورت مدل گرافیکی و با مشخصات دقیق شامل مشخصات فیزیکی، تعداد، مشخصات دقیق عملکردی مدل می‌شوند اطلاعات غیرگرافیکی نیز به مدل پیوست شده اند. در این سطح، ارتباط اجزا با سایر اجزای ساختمان قابل مشاهده است.

^۱ Level of Detail (LOD)

LOD ۴۰۰	اجزا بصورت مدل گرافیکی و با مشخصات دقیق شامل مشخصات فیزیکی، تعداد، مشخصات دقیق عملکردی مدل می‌شوند و اطلاعات جانبی کامل همچون شیوه نصب، خصوصیات اتصالات، خصوصیات قطعات و... نیز در مدل وجود دارد. اطلاعات غیرگرافیکی نیز به مدل پیوست شده اند.
LOD ۵۰۰	مدل ارایه شده در این سطح، بصورت میدانی برای اجرا مورد تایید است و بیان کننده دقیق ترین اطلاعات در مورد اجزای مختلف به همراه اطلاعات کامل در مورد آن می‌باشد. کلیه اطلاعات غیرگرافیکی مورد نیاز نیز به مدل پیوست شده است.

مدلسازی اطلاعات ساختمان شامل مشخصه‌های هندسی پروژه، روابط فضایی، اطلاعات جغرافیایی، مقادیر و جایگاه هر یک از عناصر ساختمان می‌باشد. این مدل می‌تواند برای نشان دادن کل چرخه عمر ساختمان از فاز طراحی تا پایان فاز بهره‌برداری مورد استفاده قرار گیرد (Qasim, Zamani Nouri and Fallahi, ۲۰۱۷).

۳.۳. تشخیص برخورد

شناسایی برخورد برای بررسی مغایرت‌ها قبل از مرحله اجرا پروژه انجام می‌شود. با BIM، زمان قابل توجهی صرفه جویی می‌شود، زیرا این بررسی‌ها با استفاده از مدل سه بعدی به طور خودکار انجام می‌شود. مهمتر از همه، با گردش کار مبتنی بر ۲D، بسیاری از مشکلات فقط در محل سایت کشف می‌شوند. تشخیص برخورد در BIM این امکان را می‌دهد تا قبل از شروع ساخت نقشه‌ها اصلاح شده و از هزینه و زمان اضافی جلوگیری شود (BIM Handbook, ۲۰۱۱).

۳.۴. برنامه‌ریزی بر پایه BIM

۴D، مخفف مدل سازی اطلاعات ساختمان چهاربعدی، به ارتباط هوشمندانه مؤلفه‌های سه بعدی CAD با اطلاعات مربوط به زمان یا زمانبندی اشاره دارد. اصطلاح ۴D به بعد چهارم اطلاق می‌شود و به معنی بعد سوم به علاوه زمان می‌باشد. مدل سازی ۴D متخصصین پروژه را قادر به برنامه‌ریزی، ترتیب فعالیت‌ها، درک مسیرهای بحرانی، کاهش خطرات، گزارش و نظارت بر پیشرفت فعالیت‌ها در طول عمر پروژه خواهد ساخت. برنامه‌ریزی مستقیماً با یکپارچه سازی فعالیت‌ها در زمان مرتبط است. در مرحله برنامه‌ریزی برای طراحی، نظارت و اجرا، شرکت‌ها از روش‌های مختلف برنامه‌ریزی مانند نمودارهای گانت یا مسیر بحرانی (CPM) و نرم افزارها به منظور تولید برنامه زمانبندی و گزارش گیری استفاده می‌کنند. اما استفاده جامع از هوش BIM برای تولید زمانبندی خودکار، همچنان بایستی انجام شود. تولید خودکار برنامه زمان بندی علاوه بر سرعت تهیه آن، در افزایش دقت برنامه زمان بندی تهیه شده تاثیر زیادی دارد. برنامه‌های زمان بندی که بصورت دستی و سنتی تهیه می‌شوند بطور معمول بر اساس برآورد و تخمین‌های اولیه بوده و در زمان اجرا عوامل پروژه را با مشکل مواجه می‌کنند. قدم بعدی در بهبود این روش در نظر گرفتن منابع و محدودیت آن است تا برنامه زمان بندی تولید شده به واقعیت نزدیک تر شود (Gol Nahali and Ravanshadrnia, ۲۰۱۸). به بیان دیگر در حال حاضر کار کنترل پروژه و وارد کردن اطلاعات پیشرفت فعالیت‌ها از طریق سطرهای نوشتاری نرم افزارهای کنترل پروژه مانند Primavera و Ms Project انجام می‌شود. اما ایراد بزرگ و تاثیر گذار فرآیندهای کنونی، مشخص نبودن مکان قرار گیری المان، مشخصات فیزیکی و ظاهری و موقعیت دقیق نسبت به سایر المان‌ها چه برای کنترل پروژه و چه برای وارد کردن اطلاعات پیشرفت پروژه می‌باشد (Rezazadeh, Rostami Nikoo and Khanzadi, ۲۰۱۸).

BIM به اجزای ساختمان در مدل سه بعدی و فعالیت‌های موجود در برنامه اجازه می‌دهد تا به هم متصل شده و مدل ۴D را ایجاد می‌کند. این مسئله موجب تجسم بهتر فعالیت‌ها شده و به ایجاد ارتباط بهتر بین متخصصین پروژه کمک می‌کند (Sabat and Dadashi Haji, ۲۰۱۶). تکنولوژی چهاربعدی مؤثرتر از چارت CPM^۱ یا نمودار گانت برای درک از برنامه‌ریزی ساخت و ساز است. براساس مفهوم CAD چهار بعدی، یک سیستم اطلاعاتی به نام گرافیک چهاربعدی برای برنامه‌ریزی ساخت و ساز و استفاده از سایت را توسعه دادند، که فن آوری چهاربعدی را به حوزه مدیریت منابع و کاربرد فضای سایت بسط می‌دهد (Gol Nahali and Ravanshadrnia, ۲۰۱۸). مدیر پروژه با توجه به

^۱ Critical Path Method

مسیرهای حرکت افراد پروژه و ماشین آلات و مصالح داخل کارگاه که به طور خودکار توسط تگ‌های سامانه بازنمایی با امواج رادیویی^۱ یا سیستم تعیین موقعیت جهانی^۲ در مدلسازی اطلاعات ساختمان ثبت می‌گردد می‌تواند به تناسب پیشرفت پروژه جانمایی‌های تجهیزات پروژه را اصلاح نماید (Qasim, Zamani Nouri and Fallahi, ۲۰۱۷). مهمترین مزیت مدل‌های ۴D، توانایی آنها برای نظارت و کنترل بیشتر اجرا برای صرفه جویی در وقت و کاهش هزینه کل است. این مدل همچنین منابع و محل کار در سایت را برای جلوگیری از تداخلات مدیریت می‌کند (Sabat and Dadashi Haji, ۲۰۱۶). مدل یکپارچه که به آن مدل چهاربعدی اطلاعات پایه ای گفته می‌شود از چهار بخش مستقل و اصلی مدیریت اطلاعات شامل مدیریت تداخلات هندسی، مدیریت تداخلات زمانی، مدیریت تداخلات منابع و هزینه‌ها و مدیریت ایمنی تشکیل شده است. نتیجه اثربخش این ساختار، شناسایی به موقع تداخلات و مشکلات پروژه در هر چهار حوزه اشاره شده و مدیریت کارآمد و راهگشا در هدایت و سازماندهی عوامل و منابع در پروژه است (Farzin Khanghah, Ravanshadnia and Taj Al-Dini, ۲۰۱۸).

اجرای فعالیتهای مختلف در یک کارگاه ساختمانی، منوط به در اختیار داشتن فضای کافی توسط منابع مختلف جهت اجرای عملیات از پیش تعریف شده با بهره وری معین و مطلوب و در سطح ایمنی و کیفیت مورد نظر است. لذا همانند سایر منابع، محدودیت فضای مورد نیاز برای اجرای هر فعالیت باید در ابتدا و پیش از ورود به مرحله ی اجرا، مدنظر قرار گیرد تا نیازهای فضایی فعالیت‌هایی که به صورت موازی اجرا می‌شوند، با یکدیگر تعارض نداشته باشد. این مهم با توسعه فناوری مدلسازی چهاربعدی در صنعت، با تخصیص فضا یا فضاهای مورد نیاز به فعالیت‌های برنامه زمان بندی، شناسایی تداخل‌های زمانی-فضایی بالقوه و توسعه روش‌هایی جهت رفع و یا کاهش تداخل‌های زمانی-فضایی، صورت گرفته است (Mirzaei, Parchami, Nasirzadeh and Aghaei Asl, ۲۰۱۵).

۳.۵. برآورد هزینه مبتنی بر BIM

مدل ۵D ادغام داده‌های هزینه به تناسب پیشرفت پروژه برای نیروی انسانی، تجهیزات و منابع به کار رفته در ساخت پروژه در مدل BIM است (Qasim, Zamani Nouri and Fallahi, ۲۰۱۷). در گزارشات بدست آمده دیده شده است که ۳۰ درصد هزینه‌های ساخت وساز به دلیل اشتباهات، ناهماهنگی، ضایعات و ناکارآمدی نیروها به هدر می‌رود (Ebrahimi, Golabchi and Shaeafi, ۲۰۱۸). برآورد هزینه و مقادیر کار اصلی ترین پارامتر مالی برای پروژه‌های عمرانی است که می‌بایست در مرحله طراحی اولیه پروژه به درستی انجام شوند. به دلیل مشخص نبودن دقیق مقادیر و گاهاً نوع مصالح مصرفی در نازک کاری و نداشتن دید دقیق از فضا و تغییرات در طراحی نمی‌توان هزینه‌ها را به طور دقیقی برآورد نمود که همین امر باعث بروز مشکل و گاهی تخریب و اجرای مجدد می‌شود که این دوباره کاری‌ها باعث صرف هزینه و زمان مضاعف در پروژه شده و پروژه را از هدف اصلی خود دور می‌کند. با استفاده از BIM می‌توان تمام اجزای ساختمان از تأسیسات مکانیکی و برقی گرفته تا سازه و معماری را قبل از شروع پروژه مدل سازی کرد (Abedini and Shakeri, ۲۰۱۴). این مسئله چشم اندازی قبل از شروع اجرا ایجاد کرده تا اگر هزینه بیش از بودجه باشد تغییراتی در طرح ایجاد شود و تجدید نظر لازم انجام گیرد. بنابراین تحقق محاسبات دقیق بسیار ضروری بوده و فرآیند ۵D BIM این محاسبات را با صرفه جویی در زمان و هزینه به انجام می‌رساند. این بعد سعی دارد که سه بعد سازنده‌ی ماهیت فیزیکی طول، عرض و ارتفاع ساختمان را به همراه نگرشی به برنامه ریزی ساخت بنا به هزینه‌های پیش بینی شده آن پیوند بزند. در حقیقت تعریف این بعد از BIM بدون بعد چهارم نا ممکن است (Ebrahimi, Golabchi and Shaeafi, ۲۰۱۸).

۳.۶. پایداری مبتنی بر BIM

هم افزایی بین BIM و پایداری به دلیل مصرف بالای منابع و تأثیرات منفی بر محیط زیست به عنوان مسئله جدی و مورد توجه در صنعت ساخت نظر گرفته شده است (Ayman, Alwan & McIntyre, ۲۰۱۹). اگر آنالیز پایداری در مراحل اولیه طراحی انجام نشود، تحقق الزامات عملکرد دشوار و پرهزینه خواهد بود. رایج ترین مشکل برای دستیابی به ساختمان پایدار، عدم وجود اطلاعات مناسب در زمان مناسب برای تصمیم گیری‌های مهم است (Zanni, Soetanto & Ruikar, ۲۰۱۶). با استفاده از فناوری BIM می‌توان پایداری و تحلیل عملکرد را طی

^۱ Radio Frequency Identification (RFID)

^۲ Global positioning system (GPS)

مراحل طراحی انجام داد. مؤثرترین تصمیمات مربوط به طراحی پایدار یک ساختمان را می‌توان در مراحل اولیه طراحی و پیش از ساخت گرفت. در این زمینه، مدل سازی اطلاعات ساختمان می‌تواند در تجزیه و تحلیل عملکرد ساختمان کمک کند تا از طراحی بهینه و پایدار اطمینان حاصل شود (Azhar and Brown, ۲۰۰۹). پایداری، کلیه نیازهای یک پروژه را بدون صدمه به طرح و خواسته معماران و کاربران برآورده می‌کند و جنبه زیست محیطی، اقتصادی و اجتماعی را در نظر می‌گیرد تا از این طریق به یک مدل پایدار BIM دست یابد (Badawy Mohammed, ۲۰۱۹).

کارشناسان حوزه‌های مختلف می‌توانند تجزیه و تحلیل‌های خود را بطور همزمان و بدون مزاحمت یکدیگر انجام دهند. به طور مثال معماران و مهندسان، **تجزیه و تحلیل نور** را با ایجاد سیستم روشنایی مؤثر، کارآمد، کاربردی و منحصر به هر فضا با افزایش کیفیت، افزایش مدت عمر و کاهش هزینه روشنایی؛ **برآورد میزان مصرف انرژی** را با آنالیز انرژی، روشنایی طبیعی، جهت ساختمان، چگونگی حداکثر جذب انرژی خورشید، کاربری ساختمان، سایت پروژه و آنالیز کلی در یک محیط مجازی؛ **آنالیز سازه** را توسط موتور آنالیز گر خارجی، ارتقای نقشه‌های معماری به نقشه‌های سازه و آنالیز مقدار بارگیری سازه‌ها؛ **آنالیز مکانیکی** (تهویه، گرمایش و چرخش هوا) را با تشخیص درگیری، هم‌پوشانی و تداخل کانال‌های هوا و سایر اجزای مرتبط به مسائل مکانیکی در نقشه‌ها بوسیله تجسم کامپیوتری انجام دهند. همچنین پیمانکاران می‌توانند برای کنترل شرایط سایت، تدارکات یا زنجیره تأمین در پروژه را با ادغام داده‌های مربوط به تأمین کنندگان، پیمانکاران جزء و فروشندگان در مدل‌های مجزا، و در پیش ساخته سازی با بهینه سازی اجزای پیش ساخته ساختمان و یکپارچه سازی اجزای معماری، مکانیکی و الکتریکی وارد شوند (Naghash Tusi, Mahmoudi Hassan Khanlou and Maerefat, ۲۰۱۷). هدف اصلی مدل‌های ۶D کاهش ردپای کربن است. تلفیق مدل BIM با ابزارهای تجزیه و تحلیل انرژی، امکان آنالیز میزان انرژی و کربن را در مراحل طراحی فراهم می‌کند. تجزیه و تحلیل پایداری نه تنها تجزیه و تحلیل انرژی را شامل می‌شود، بلکه به حفظ آب، استفاده از مواد پایدار، کاهش مصرف مواد و استفاده از مواد بازیافتی نیز می‌پردازد (Azhar and Brown, ۲۰۰۹).

۳.۷. مدیریت تأسیسات مبتنی بر BIM

۷D یک مدل BIM یکپارچه است که برای مدیریت تأسیسات در چرخه عمر پروژه ساخته شده است. مدل BIM که در هنگام اجرا پیوسته و به روز استفاده می‌شود به عنوان الگوی چون ساخت عمل کرده و در مرحله بهره‌برداری و نگهداری به کار می‌رود. طبق اطلاعات وارد شده به مدل که شامل گارانتی‌ها، مدل تأسیسات و قطعات و مصالح استفاده شده در پروژه می‌باشد، تخمین هزینه‌های تعمیر و نگهداری قابل انجام است؛ عملکرد ساختمان بر اساس مصرف انرژی ارزیابی و در صورت نیاز اقدام به حل مشکل می‌شود؛ مدیریت تسهیلات موجود که شامل نگهداری، بازدید دوره ای، تعمیرات جزئی و کلی و شناسایی مشکلات بهره‌برداری می‌شود، با استفاده از مدل BIM و هماهنگی با ابزار موجود در ساختمان‌های هوشمند، امکان پذیر است (Shakeri, Dadgar, Rashidi Nasab and Taheri Jebeli, ۲۰۱۷).

مدیریت تسهیلات برای نوسازی، تعمیرات، ترمیم، برنامه‌ریزی چیدمان فضا و بهره‌برداری و نگهداری؛ مدیریت ایمنی و اطلاعات مرتبط با ایمنی همچون روشنایی اضطراری، انرژی اضطراری، خروج اضطراری، آتش خاموش کن، آژیر اعلام حریق، آژیر اعلام دود و سیستم‌های آب پاش؛ کاربرد سامانه بازشناسی با امواج رادیویی برای جمع آوری اطلاعات از اجزای دنیای واقعی و انتقال اطلاعات مربوطه به داخل فضای مدل سازی اطلاعات ساختمان؛ تجسم براساس سامانه اطلاعات مکانی^۱ با این مدل یک سیستم بصری پیشرفته که بوسیله ترکیبی از تصاویر چون-ساخت سایت پروژه می‌باشد، ارائه می‌دهد (Naghash Tusi, Mahmoudi Hassan Khanlou and Maerefat, ۲۰۱۷).

به لحاظ کاربرد در هر شاخه نرم افزارهای گروه BIM را می‌توان طبقه بندی کرد که به طور نمونه تعدادی از این نرم افزارها را در جدول شماره ۲ معرفی می‌نماییم (Abedini and Shakeri, ۲۰۱۴).

^۱ Geographic Information System (GIS)

جدول ۲: انواع نرم افزارهای BIM در بخش‌های مختلف (Abedini and Shakeri, ۲۰۱۴).

کاربرد در بخش معماری	کاربرد در بخش سازه	کاربرد در مدیریت توسعه پایدار
Autodesk Revit Architecture	Autodesk Revit Structure	Autodesk Ecotect Analysis
Graphicsoft ArchiCad	Bentley Structural Modeler	Autodesk Green Building Studio
Nemetschek Allplan Architecture	Bentley RAM, STAAD and ProSteel	Graphicsoft EcoDesigner
RinhoBIM	Tekla Structures	IES Solutions Virtual Environment VE-Pro
Softtech spirit	StructureSoft Metal Wood Framer	Bentley Tas Simulator
CADsoft Envisioneer	MSA Strad and Steel	Bentley Hevacomp
Bentley Architecture	Autodesk Robot Structural Analysis	Design Builder

۴. برنامه اجرای BIM (BEP)

BEP را می‌توان به عنوان یک برنامه تفصیلی برای انجام پروژه با استفاده از فناوری BIM در مراحل مختلف طراحی، اجرا، نظارت و کنترل تعریف کرد. این برنامه مختص هر پروژه بوده و اهداف، کاربردها و آنچه را که در پروژه از فناوری BIM انتظار داریم تعریف می‌کند. BEP قبل از شروع پروژه و مشخص کردن تیم تهیه شده و اهداف و ملزومات BIM، ابزار مورد استفاده، مسئولیت‌های هر یک از اعضای تیم، هماهنگی کننده، پروتکل‌های مربوط به تبادل اطلاعات و شاخص‌های کلیدی عملکرد برای ردیابی پیشرفت را مشخص می‌کند. در راستای پیشگیری از بروز مشکلات قانونی ابتدا ابعاد پروژه می‌بایست به طور واضح و روشن مشخص شده و نظام بسیار جامعی در خصوص صحت سنجی مدل BIM و اطلاعات موجود در آن و مسئولیت‌های افراد در قبال آن طراحی شود. به علاوه، موارد مرتبط با استفاده‌های تجاری و امنیتی کاملاً در آن مشخص شده، روند نظارت بر امنیت اطلاعات و قوانین تنبیهی و تعقیبات قانونی در صورت تخطی از قوانین وضع شده در آن کاملاً مشخص شود. همچنین فردی مسئولیت مدیریت مدل و ارتباطات را برعهده گرفته و به عنوان فرد کلیدی، بین طراحان و مالکان و سایر ذینفعان ارتباط لازم به همراه اطلاعات دقیق را برقرار کند. این موارد را می‌توان در قالب یک رویه واحد در خصوص انجام پروژه‌های BIM و یک موافقت نامه کلی که از آن به پروتکل BIM یاد می‌شود طراحی نمود.

برای مثال براساس پروتکل BIM انگلستان، هدف از ایجاد این پروتکل‌ها به شرح زیر است:

- بیشینه کردن اثربخشی ساخت مدل با استفاده از یک رویکرد منسجم در محیط مشارکتی BIM.
- مشخص کردن استانداردها، رویکردها و بهترین روش‌ها که باعث اطمینان از تحویل اطلاعات با کیفیت بالا و یکپارچه می‌شود و در طول چرخه حیات پروژه با اطمینان مورد استفاده قرار می‌گیرد.
- اطمینان از اینکه فایل‌های دیجیتال BIM به طور صحیح ساخته شده تا امکان اشتراک گذاری اثربخش داده‌ها در هنگام کار در محیط BIM مشارکتی پدید آید و تیم‌های طراحی با رویکردهای مختلف با آگاهی و اطمینان کامل در این محیط کار خواهند کرد.

در این قرارداد با توجه به موارد بیان شده به طور دقیق جزئیاتی همچون میزان گسترش مدل، زمان بندی، انتظارات کارفرما و جزئیات مورد درخواست وی و سایر موارد مهم آمده است. در حال حاضر در کشور آمریکا از نمونه قراردادهای انستیتو معماران آمریکا همچون سند شماره E202 استفاده می‌شود (Adibfar, Maghrebi, Hosseini and Bagheri, ۲۰۱۵).

۵. بسترهای BIM

بسترهای BIM ممکن است به روش‌های متنوعی در ساخت و ساز مورد استفاده قرار گیرند، معماران برای مدل سازی طراحی و تولید نقشه، مهندسین برای محاسبه سازه یا مدیریت انرژی، پیمانکاران برای تهیه یک مدل هماهنگ، مشخص کردن جزئیات ساخت یا مدیریت تأسیسات. هر یک از این بسترها شامل قابلیت‌های مختلفی هستند و برخی از آنها چند کاربره عرضه می‌شوند. استراتژی‌های مختلف بازاریابی منجر به بسته‌هایی با مجموعه‌های مختلف عملکرد می‌شود که کاربردها و محدودیت‌های آنها با توجه به انواع مختلف کاربران BIM مورد توجه قرار می‌گیرد. انتخاب یک بستر نرم افزاری بر اساس قابلیت‌های فعلی، توسعه آن در آینده، شبکه پشتیبانی و جامعه استفاده کنندگان که یک فضای همکاری را فراهم می‌آورند انجام می‌گیرد.

بیشتر برنامه‌های طراحی BIM دارای رابط‌هایی با برنامه‌های دیگر، برای تفسیر، آنالیز انرژی، برآورد هزینه و موارد دیگر هستند. برخی از آنها همچنین امکاناتی را برای چند کاربر فراهم می‌کنند که کار خود را با یکدیگر هماهنگ کنند. BIM در بیشتر سازمان‌ها برای کاربردهای مختلف شامل برنامه‌های مختلفی می‌شود و بنگاه‌های بزرگ معمولاً از ۱۰ تا ۵۰ برنامه مختلف برای استفاده کارمندان خود پشتیبانی می‌کنند.

این بسترها اطلاعات کافی برای پشتیبانی از طراحی، ویرایش و اصلاح، همچنین قوانین پارامتریک برای حفظ صحت یک مدل ساختمان دارند. آنها ممکن است دارای چندین ابزار تعبیه شده برای مدل سازی سه بعدی، برآورد مقادیر، رندر و تولید نقشه‌ها باشند. در اینجا به بررسی اجمالی پلت فرم Revit از منظر Revit Architecture به عنوان پر کاربردترین بستر کارهای ساختمانی می‌پردازیم.

پلت فرم Revit

Revit مشهورترین و رهبر بازار فعلی BIM در طراحی معماری است. این محصول توسط Autodesk در سال ۲۰۰۲ معرفی شد. Revit یک پلتفرم کاملاً مجزا از AutoCAD است که دارای یک خانواده از محصولات یکپارچه شامل Revit Architecture، Revit Structure و Revit MEP است.

Revit یک رابط کاربری آسان است و منوهای آن مطابق با گردش کار به خوبی ساماندهی شده اند تولید نقشه‌ها به راحتی انجام و مدیریت می‌شوند و ویرایش‌ها را به صورت دو طرفه از نقشه‌ها به مدل و بر عکس ارائه می‌دهد. Revit از توسعه اشیای پارامتری جدید و سفارشی سازی اشیای از پیش تعریف شده پشتیبانی می‌کند، همچنین مجموعه ای بسیار گسترده از کتابخانه‌های اشیاء Autodesk SEEK را برای مشخصات و طراحی در خود دارد. خروجی‌ها با ترکیبی از انواع مختلف تعریف می‌شوند: IES, SKP, GSM, DGN, DWF, DWG, RVA, IES و TXT.

به عنوان رهبر بازار BIM، دارای بزرگترین مجموعه برنامه‌های مرتبط است. برخی از آنها پیوندهای مستقیم از طریق Open API و برخی دیگر از طریق IFC یا سایر فرمت‌های قابل تبادل اطلاعات هستند. که به ترتیب با Dir و IFC مشخص شده اند. DWF رابط دیگری برای Revit است، که با Dwf در جدول شماره ۳ مشخص شده است (BIM Handbook, ۲۰۱۱).

جدول شماره ۳: مجموعه برنامه‌های مرتبط با حوزه‌های کاری متفاوت در Revit

Structural	Revit Structure (Dir), ROBOT (Dir), and RISA structural analyses (IFC), BIM ME S.A.R.L. ETABS Link, SismiCAD for FEA analysis, Graitec's Advance and ARCHE, Fastrak Building Designer, StruSoft FEM-Design, SOFTEK S-Frame, STAADPRO via SIXchange, SOFiSTiK
Mechanical	Revit MEP (Dir), HydraCAD (fire sprinklers), MagiCAD (mechanical design), QuantaCAD (mechanical laser scanning for as-builts), TOKMO (COBie facility operators handover)
Energy and environmental	Ecotect, EnergyPlus, IES all indirect, Green Building Studio via gbXML
Visualization	Mental Ray (Dir), 3D Max (Dir), Piranasi
Facility management	Autodesk FMDesktop (Dwf), Archibus (IFC)
Site analysis	Interface with AutoCAD Civil 3D
Manufacturing components	Interface with Autodesk Inventor
Site planning	Interface with LANDCADD
Quantity takeoff for cost estimation	Interface with US Cost, Cost OS by Nomitech, Innovaya, Sage Timberline, Tocoman iLink
4D simulation	Primavera, MS Project
Scheduling and quantity takeoffs	Autodesk Navisworks
Specifications	e-SPECS, BSD SpecLink
Import models	SketchUp, AutoDesSys form, McNeel Rhinoceros, Google Earth

Revit یک ابزار طراحی قوی با دید بصری و ابزارهای تولید نقشه با کارایی بالا می‌باشد که کاربر پسند و سازمان یافته است و از رابط چند کاره پشتیبانی می‌کند. این مجموعه کتابخانه‌های بسیار گسترده‌ای از اشیاء را دارد که توسط Autodesk و اشخاص ثالث توسعه یافته‌اند. پشتیبانی از طراحی دو طرفه آن امکان روزرسانی و مدیریت اطلاعات را از طراحی و نماهای مدل، از جمله برنامه‌ها، فراهم می‌آورد. به دلیل موقعیت غالب در بازار، این بستر برای ارتباط با سایر ابزارهای BIM مناسب تر می‌باشد.

۶. روش کار

پس از تهیه نقشه‌های فاز یک و دو بخش‌های مختلف مهندسی، مدل سه بعدی معماری با استفاده از بستر مناسب که معمولاً برای کارهای ساختمانی Revit می‌باشد، ایجاد شده و اطلاعات مربوط به پروژه در مدل ذخیره می‌شود. ساخت مدل پروژه با استفاده از نقشه‌های اتوکد در محیط نرم افزار Revit از آن جهت توصیه می‌گردد که فرمت Revit نسبت به سایر فرمت‌های تعریف شده در لیست Navisworks هماهنگی و سازگاری بسیار بالایی با این نرم افزار برخوردار است و فایل مذکور در محیط Navisworks ابزارها و اطلاعات کامل‌تری در اختیار کاربر قرار می‌دهد، لذا ساخت مدل پروژه با فرمت Revit کیفیت بالاتر و گستره اطلاعات وسیع‌تری در خروجی‌های اخذ شده از Navisworks را به دست خواهد داد و در نتیجه‌ی بررسی‌های انجام شده بر پایه اطلاعات اخذ شده از اعتبار و صحت بالاتری برخوردار خواهد بود که این امر ریسک تصمیم‌گیری در مدیریت پروژه را تا حد قابل توجهی کاهش می‌دهد (Farzin Khanghah, Ravanshadrnia and Taj Al-Dini, ۲۰۱۸).

پس از تبدیل فایل‌های Revit به فرمت ذکر شده، با بازخوانی فایل‌های NWC که برای هریک از بخش‌های مهندسی پروژه تهیه شده یک فایل یکپارچه و جامع از پروژه در محیط نرم افزار Navisworks خواهیم داشت که قابلیت ویرایش داشته و کاربر در این محیط قادر خواهد بود

اطلاعات و جزئیات کامل‌تری از هر یک از بخش‌های مربوط به فیزیک و ساختار مدل به آن اضافه نماید. این مدل یکپارچه می‌تواند بعنوان پایگاه اصلی اطلاعات پروژه در مدیریت پروژه محسوب گردد (Ziaee, ۲۰۱۵).

پس از اینکه مدل اطلاعات ساختمانی مربوط به پروژه در محیط Navisworks بصورت کامل ساخته شد مهمترین و اصلی ترین بخش کار که شناسایی تداخلات و اشکالات موجود در طرح و نقشه‌های نهایی می‌باشد قابل انجام خواهد بود و در این راستا نرم افزار Navisworks ابزارهایی را در اختیار کاربران قرار داده تا در صورت وجود هر گونه اشکال و برخورد فیزیکی در طرح پروژه موارد قابل شناسایی و معرفی باشد (Ziaee, ۲۰۱۶). برای تشخیص برخوردها، مدل معماری سه بعدی که در قالب IFC ذخیره شده با ابزار تعبیه شده در محیط Revit به نام EXTERNAL TOOLS به فایلی با فرمت NWC تبدیل شده که این فرمت یکی از فرمت‌های قابل پشتیبانی در محیط نرم افزار Navisworks می‌باشد (Sharifpour, ۲۰۱۵).

پس از اصلاح کلیه تداخلات کاری در همه حوزه‌های طراحی و مهندسی پروژه و کسب اطمینان از صحت مدل ساخته شده، نسبت به ذخیره فایل مدل با فرمت پایه ای و کامل NWD که همان Navisworks Document حاوی تمامی اطلاعات مربوط به هندسه‌ها، مشخصات المان‌ها و کنترل‌های تداخلات فضایی میباشد اقدام می‌کنیم. فرمت دیگری که در نرم افزار Navisworks قابل ذخیره است NWF می‌باشد که حاوی لینک‌ها به مدل‌های مرجع و آیتم‌هایی از قبیل نشانه گذاری‌ها، مناظر، کامنت‌ها، زمانبندی و آنالیز تداخلات می‌باشد (Farzin Khanghah, Ravanshadrnia and Taj Al-Dini, ۲۰۱۸).

نرم افزارهای بکاررفته در نگرش BIM امکان برداشتن اطلاعات از نرم افزارهای برنامه‌ریزی و وارد کردن آنها به مدل را دارند و امکان اختصاص اجزای مدل به فازهای زمانی اجرای آنها وجود خواهد داشت. با این ویژگی می‌توان فرایند ساخت را شبیه سازی و تحلیل کرد و در نتیجه امکان مدیریت بهتر زمان و فضای سایت برای مدیر پروژه فراهم خواهد بود (Sabat and Dadashi Haji, ۲۰۱۶). برای تولید یک مدل چهاربعدی حداقل به یک مدل سه بعدی ایزومتریک و برنامه زمانبندی دارای زمان شروع و پایان نیاز است.

با وجود برنامه زمانبندی و مدل سه بعدی پروژه اتصال فعالیت‌ها به المان‌های موجود در مدل انجام می‌شود و پس از آن تیم شبیه سازی به بررسی یکپارچگی مدل تولید شده می‌پردازند و قابل مشاهده بودن اجزای ضروری برنامه در مدل، قابل فهم بودن و سطح جزئیات بکار رفته در مدل و برنامه زمانبندی را مورد ارزیابی قرار می‌دهند (Sabat and Dadashi Haji, ۲۰۱۶).

مرحله ۵D مربوط به برآورد هزینه می‌باشد و با توجه به مقادیر و هزینه روش‌های ساخت مورد بررسی قرار گرفته و به همین دلیل برآورد به موقع یک مزیت بزرگ است. با توجه به اطلاعات وارد شده برای قیمت و مشخصات مولفه‌های مختلف، برنامه Revit قادر به محاسبه هزینه کل پروژه می‌باشد.

مرحله ۶D مربوط به پایداری است که در این مرحله آنالیز انرژی با توجه به موقعیت مکانی برای تخمین آب و هوا و مواد انتخاب شده برای ساخت مورد بررسی قرار گرفته و گزارشی شامل فاکتورهای عملکرد ساختمان، میزان مصرف انرژی، پتانسیل انرژی تجدید پذیر، انتشار سالانه کربن بر اساس فرضیات ارائه می‌دهد. این گزارش می‌تواند به فرمت PDF صادر شود و در پوشه پروژه قرار گیرد.

مرحله ۷D مدیریت تأسیسات است که با کمک فناوری BIM برای بهره‌برداری و نگهداری در طول چرخه عمر، اغلب توسط مدیران تأسیسات استفاده می‌شود و پارامترهای مربوطه قابلیت اتصال به فضای مورد نظر را دارند.

مرحله پایانی در تکمیل پیاده سازی روش مدل اطلاعات ساختمانی در پروژه، گرفتن خروجی‌های مورد نیاز برای اجرای کار از نرم افزار Navisworks می‌باشد که شامل نقشه‌های پلان و مقاطع عرضی و طولی از کلیه طبقات و موقعیت‌های مختلف، نماهای پروژه، پلان‌های محوطه سازی، مقادیر و احجام کار در هر یک از اجزا پروژه بر اساس مصالح و متریکال تعریف شده، زمانبندی‌های اجرای کارها، موقعیت هر یک از اجزا در پروژه و سایر اطلاعات خواهد بود که در مدیریت و راهبری کار بسیار مفید و تعیین کننده خواهد بود (Farzin Khanghah, Ravanshadrnia and Taj Al-Dini, ۲۰۱۸).

۷. نتیجه گیری

این مطالعه ضمن تعریف پروژه‌های ساخت مبتنی بر BIM، موارد و مقاطع ارتباطی آن را با برنامه‌ریزی، کنترل و مدیریت پروژه مشخص نمود. برای این منظور روش کار بیان شد و عنوان شد که چطور مدل سه بعدی ارتقا یافته تا داده‌های مورد نیاز کامل‌تری در مدل بارگذاری شود و این داده‌ها در قالب مدل ایجاد چگونگی تعریف کامل‌تر و تسلط بیشتر کلیه ارکان پروژه در برنامه‌ریزی، کنترل و مدیریت پروژه را ایجاد می‌نماید. اگر چه باید توجه نمود که استفاده از مدل برای کاربران غیر حرفه‌ای چالش ایجاد خواهد کرد. آنچه به صراحت می‌توان گفت که به صورت خودکار توسط مدل قابل تولید است پلان و برش طبقات و متره و برآورد است. همین‌طور نمایش تداخلات که اطلاع به موقع از آنها قبل از مرحله اجرا از هزینه‌های غیر ضروری جلوگیری می‌کند.

مزیت استفاده از فناوری BIM در مرحله اولیه طراحی برای پوشش نیازهای پروژه در طول چرخه عمر آن است. BIM طراحی و اجرای پروژه‌های ساختمانی را تسهیل می‌کند و یک بستر همکاری برای گروه‌های مختلف فراهم می‌کند. تحقیقات متعدد نشان می‌دهد که مدل‌های مبتنی بر BIM در مقایسه با روش‌های مرسوم ساخت، صرفه جویی در زمان داشته و مقرون به صرفه هستند. این مطالعه بینشی در مورد چگونگی استفاده و بهره‌برداری از فناوری BIM ارائه می‌دهد.

در انتها برای درک بهتر، توضیحاتی در مورد بسترهای BIM و نحوه انجام کار با مدل در Revit و مدیریت و جمع‌آوری اطلاعات در Navisworks ارائه شد.

مراجع

- PMBOK, A., ۲۰۱۳. Guide to the project Management body of knowledge. Project Management Institute, Pennsylvania USA.
- BIM handbook : a guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers and contractors / Chuck Eastman . . . [et al.]. — ۲nd ed.
- Sharifpour. Ahmad, ۲۰۱۵, Basic, Intermediate and Advanced Levels of REVIT Software Training.
- Ziaee. Ali, ۲۰۱۵, Autodesk Navisworks ۲۰۱۵ Applied Training based on BIM- level one.
- Ziaee. Ali, ۲۰۱۶, Autodesk Navisworks ۲۰۱۶ Applied Training based on BIM- Advanced level.
- Abdullah Badawy Mohammed (۲۰۱۹): Applying BIM to achieve sustainability throughout a building life cycle towards a sustainable BIM model, International Journal of Construction Management.
- Abedini, Behzad and Iqbal Shakeri, ۲۰۱۴, Control costs in construction projects using BIM, International Conference on Management in the ۲۱st Century, Tehran-persian.
- Adibfar, Alireza; Mojtaba Maghrebi · Mohammad Reza Hosseini and Seyed Ramtin Bagheri, ۲۰۱۵, Examining the legal aspects and providing a contractual framework for using building information modeling (BIM), ۱۱th International Project Management Conference, Tehran-persian.
- Ebrahimi, Hamidreza; Mahmoud Golabchi and Farhang Shaeafi, ۲۰۱۸, The role of building information modeling (BIM) in preventing cost diversion in project management, ۳rd International Conference on Civil Engineering, Architecture and Urban Design, Tabriz-persian.
- Farzamfar, Alahyar and Ali Ghorbani, ۲۰۱۹, Investigating the effect of building information modeling on labor productivity of construction projects using fuzzy logic, Civil & Project Journal (CPJ)-persian.

Farzin Khanghah, Omid · Mehdi Ravanshadnia and Abbas Taj Al-Dini, ۲۰۱۸, Implement a building information model (BIM) in industrial projects to reduce work interference Increase productivity through integrated project information management methods, project, ۱۴th International Project Management Conference, Tehran-persian.

Gol Nahali, Yousef and Mehdi Ravanshadnia, ۲۰۱۸, Provide an automated production schedule for construction projects using BIM, ۱۴th International Project Management Conference, Tehran-persian.

Maria Angeliki Zanni, Robby Soetanto & Kirti Ruikar (۲۰۱۷) Towards a BIM-enabled sustainable building design process: roles, responsibilities, and requirements, Architectural Engineering and Design Management.

Mirzaei, Ali; Majid Parchami Jalal · Farnad Nasirzadeh and Elnaz Aghaei Asl, ۲۰۱۵, Identify temporal-spatial interference in construction projects and quantitatively evaluate their impact using the 4D-BIM four-dimensional building information model, ۱۱th International Project Management Conference, Tehran-persian.

Naghash Tusi, Hossein · Reza Mahmoudi Hassan Khanlou and Akbar Maerefat, ۲۰۱۷, Evaluate the impact of BIM on the design phase to reduce claims in the construction phase, ۱۳th International Project Management Conference, Tehran-persian.

Qasim, Reza; Alireza Zamani Nouri and Mohammad Amin Fallahi, ۲۰۱۷, Provide a model for Timely managing construction projects using building information modeling, National Conference on Research and Development in Modern Civil Engineering, Architecture and Urban Planning, Tehran-persian.

Rana Ayman, Zaid Alwan & Lesley McIntyre (۲۰۱۹): BIM for sustainable project delivery: review paper and future development areas, Architectural Science Review-persian.

Rezazadeh, Mohammad · Reza Rostami Nikoo and Mostafa Khanzadi, ۲۰۱۸, Provide a comprehensive project control system by establishing a link between scheduling, 3D model and database, First International Conference on Building Information Modeling, Tehran-persian.

Sabat, Mohammad Hassan and Mostafa Dadashi Haji, ۲۰۱۶, Four-dimensional simulation of Beam to improve the project control process by the last decision maker system, The first international conference and the third national conference on construction and project management, Tehran-persian.

Salman Azhar Ph.D & Justin Brown MBC (۲۰۰۹) BIM for Sustainability Analyses, International Journal of Construction Education and Research.

Shakeri, Iqbal; Ebrahim Dadgar · Armin Rashidi Nasab and Sajjad Taheri Jebeli, ۲۰۱۷, Investigate BIM applications for each stakeholder and analyze it at different stages of the project, ۲nd International Conference on Civil Engineering, Architecture and Urban Design, Bangkok-persian.

Shakeri, Iqbal; Hossein Taghados · Amir Hossein Babaei Ravandi and Vahid Abbasianfar, ۲۰۱۹, A framework for automatic control of construction criteria in Iran in the context of BIM building information modeling, ۲nd International Conference on Building Information Modeling, Tehran - Niroo Research Institute - Persian Gulf Hall-persian.