



www.cpjournals.com

نشریه عمران و پروژه

Civil & Project Journal (CPJ)

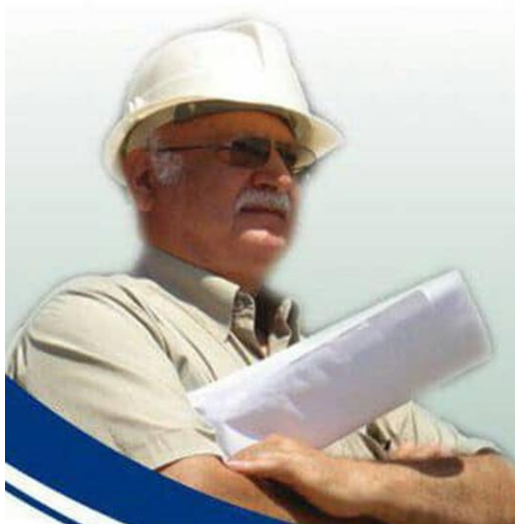
ISSN: ۲۶۷۶-۵۱۱X

ماهنامه عمران و پروژه

اعتبار، چابکی، پاسخگویی

سال دوم، شماره ۱۲، شماره

پیاپی ۲۲، اسفند ۱۳۹۹



 نشریه عمران و پروژه Civil & Project Journal (CPJ)	نشریه علمی تخصصی "عمران و پروژه"
فهرست کلی مطالب	سال دوم، شماره ۱۲، اسفند ۱۳۹۹ شماره پیاپی: ۲۲
سرمقاله (سخن سردبیر و مدیر مسئول)	شاپا الکترونیکی: ۵۱۱X-۲۶۷۶ (Online): ISSN
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 کامیل 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 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 ۱۳۹۸/۰۲/۰۲، و شماره، ۵۱۱X-۲۶۷۶ ISSN 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



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. لطفاً 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 پانویشت^{۱۰} برای کلمات انگلیسی ۷ و کلمات پارسی ۹ می‌باشد. شماره پانویشت‌ها در هر صفحه از ۱ شروع می‌شود و پانویشت‌ها 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.

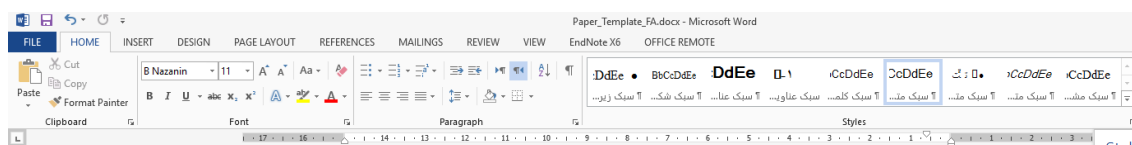
۷- قواعد نوشتاری

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.



The use of human hair as a fiber reinforcement in construction of concrete

Hosein Hosein Janzadeh^۱, Hassan Divandari^۲, Keramat Mahdavi^{*۳}

^۱- Department of Civil Engineering, Nowshahr Branch, Islamic Azad University, Nowshahr, Iran

^۲- Department of Civil Engineering, Nowshahr Branch, Islamic Azad University, Nowshahr, Iran

^{*۳}- MSC.Student, Department of Civil Engineering, Noshahr Branch Faculty of Engineering, Islamic Azad University, Iran

In the last two decades, the increase in quality and strength in new concrete technology has grown significantly. One of the new generation concretes that is considered as a powerful and efficient concrete in the construction industry today is fiber concrete, which has improved mechanical properties such as higher tensile strength and even improved compressive strength. This concrete, which has a compressive strength in a range of ۱۵ to ۲۰۰ MPa, is mainly used in the construction of structures resistant to dynamic loads and thin walls, and its use in new construction projects has a high potential. In the present study, the role of human hair as fibers in reinforcing concrete and the characteristics of hardened concrete have been investigated and its details have been studied from the point of view of mechanical characteristics. For this purpose, ۶ types of mixing schemes with different percentages of crushed hair (۰-۱-۲-۳-۴ and ۵% by volume) were considered and the desired mixtures were reached and molded with the help of lubricant. Tests of compressive strength, tensile strength, modulus of elasticity, and water absorption were performed to evaluate the mechanical and physical properties of concrete. The results of compressive strength of the samples showed that ۲% of the consumed hair caused a ۹۸% increase in compressive strength compared to the control design. Tensile strength also increased by ۳۴.۳% in the same percentage of consumption compared to the control design. The modulus of elasticity increased by ۸.۶۵% in ۱% of hair consumed and then decreased. Water absorption had an increasing trend and in ۲% consumption, showed a ۲۴.۲% increase compared to the control.

Keywords: Fiber concrete, human hair, recycling, green concrete, fibers



www.cpijournals.com

نشریه عمران و پروژه Civil & Project Journal (CPJ)

امکان سنجی استفاده از موی سر انسان به عنوان الیاف در ساخت بتن

حسین حسین جانزاده^۱، حسن دیوانداری^۲، کرامت مهدوی^۳

۱- گروه عمران، واحد نوشهر، دانشگاه آزاد اسلامی، نوشهر، ایران

Hossein_hj@ymail.com

۲- گروه عمران، واحد نوشهر، دانشگاه آزاد اسلامی، نوشهر، ایران

h.divandari@gmail.com

۳- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه مهندسی عمران، دانشکده فنی و مهندسی واحد نوشهر، دانشگاه آزاد اسلامی، ایران

keramatmahdavi22@gmail.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۱/۰۹ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۱۱/۲۰

چکیده

در دو دهه ی اخیر، افزایش کیفیت و مقاومت در فن آوری بتن های جدید، رشد چشمگیری داشته است. یکی از بتن های نسل جدید که امروزه به عنوان بتنی توانمند و کارآمد در صنایع عمرانی محسوب می شود، بتن الیافی می باشد که دارای مشخصات مکانیکی بهبود یافته همچون مقاومت کششی بالاتر و حتی مقاومت فشاری ارتقا یافته می باشد. این بتن که دارای مقاومت فشاری در انواع محدوده ها از ۱۵ تا ۲۰۰ مگاپاسکال می باشد، عمدتاً در ساخت سازه های مقاوم در برابر بارهای دینامیکی و جدار نازک کاربرد یافته و گسترش مصرف آن در پروژه های عمرانی جدید، پتانسیل بالایی دارد. در پژوهش حاضر به بررسی نقش موی انسان به عنوان الیاف در تسلیح بتن و مشخصات بتن سخت شده پرداخته شده و از نقطه نظر مشخصات مکانیکی، جزئیات آن مورد بررسی قرار گرفته است. بدین منظور ۶ نوع طرح اختلاط با درصدهای مختلف موی خرد شده (۰-۱-۲-۳-۴ و ۵ درصد حجمی) در نظر گرفته شده و مخلوط های مورد نظر با کمک روان کننده به روانی مشابهی رسیده و قالبگیری شدند. آزمون های مقاومت فشاری، مقاومت کششی، مدول الاستیسیته، و جذب آب جهت ارزیابی مشخصات مکانیکی و فیزیکی بتن انجام شد. نتایج مقاومت فشاری نمونه ها نشان داد که درصد ۲ موی مصرفی، ۹.۸٪ افزایش مقاومت فشاری نسبت به طرح شاهد ایجاد نمود. همچنین مقاومت کششی در همین درصد مصرفی ۳۴.۳٪ نسبت به طرح شاهد افزایش یافت. مدول الاستیسیته در درصد ۱ موی مصرفی، ۸.۶۵٪ افزایش از خود نشان داد و پس از آن با کاهش همراه بود. جذب آب روندی افزایشی داشت و در درصد ۲ مصرفی، ۲۴.۲٪ افزایش نسبت به شاهد از خود نشان داد.

کلمات کلیدی: بتن الیافی، موی انسان، بازیافت، بتن سبز، الیاف

۱- مقدمه

بهبود کیفیت بتن از موضوعاتی است که محققان در تلاش هستند تا نقاط کور در مسیر آن را با روش ها و افزودنیهای نوین از بین ببرند و قابلیت ها و مشخصات مطلوب این کامپوزیت پرکاربرد را افزایش دهند. برای همین امر در این چند دهه انواع متنوعی از بتن های جدید بوجود آمده و هم چنین ویژگی آن ها بهبود یافته است. امروزه بتن گزینه ای قابل اعتماد برای ساخت بسیاری از سازه های کوچک و بزرگ محسوب می گردد، به طوری که آن را به عنوان مهم ترین ماده ی ساختمانی موجود با کاربری فراگیر در تمام دنیا می شناسیم. کیفیت فیزیکی و مکانیکی بتن ارتباط تنگاتنگی با فن آوری های اختلاط، ترکیب اجزا، سیستم حمل و نگهداری، پرداخت و عمل آوری دارد. دقت در اعمال دستورالعمل های ابلاغ شده توسط متخصصین و کیفیت روش های اجرایی و نگهداری در سنین اولیه، تأثیر چشمگیری در کیفیت و دوام بتن سخت شده خواهد داشت. از مهمترین و شاخص ترین ویژگی های بتن می توان مقاومت فشاری و خمشی آن را نام برد که به نوعی تمام پارامتر های فیزیکی و مکانیکی دیگر این کامپوزیت دانه ای با آن ارتباط مستقیم دارند. روش های مختلفی برای ارزیابی و سنجش مقاومت مکانیکی بتن به کار برده می شود. یکی از متداول ترین آزمایشها، آزمون مقاومت فشاری می باشد که استفاده از نمونه های استاندارد مکعبی برای این آزمون بسیار رایج است و نتایج آن مستقیماً به عنوان مقاومت مشخصه بتن در نظر گرفته می شود. آنچه در این تحقیق حائز اهمیت است، ایجاد رابطه ای بین الیاف و تأثیر آنها بر مشخصات مکانیکی متعارف بتن همچون مقاومت فشاری و خمشی است که تأثیر الیاف در این پژوهش به صورت خاص مدنظر قرار گرفته است.

۲- پیشینه تحقیق

مینگ ژ^۱ و همکاران، تأثیر اندازه ی نمونه های مکعبی ۵۰، ۷۰/۷، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی متری را بر روی مقاومت بتن الیافی، و هر کدام را در سه حالت ۰، ۱ و ۲٪ الیاف فولادی (نسبت به حجم) مورد بررسی قرار داده اند. برای هر کدام از سه حالت ذکر شده، ۱۲ نمونه ی ۵۰ میلی متری، ۱۲ نمونه ی ۷۰/۷ میلی متری، ۱۲ نمونه ی ۱۰۰ میلی متری و ۶ نمونه ی ۱۵۰ میلی متری را مورد آزمایش قرار دادند. متوسط مقادیر مقاومت ها به دست آمد و پس از رسم نمودارها مشخص شد که هر چقدر اندازه نمونه ها بزرگ تر شود، مقاومت آن کاهش می یابد و این امر با بتن معمولی و بتن با کارایی بالا هم خوانی دارد (Ming, Zhang, Yi, ۲۰۰۸). یونشنگ^۲ و همکاران، بتن^۳ GRPC (علت این نامگذاری در مقاله ذکر نشده) با مقاومت فشاری ۲۰۰ MPa ساختند؛ و همچنین رفتار دینامیکی و استاتیکی آن را مورد بررسی قرار دادند. در تحقیق آنان هزینه ی بتن حدود ۵۰ تا ۶۰٪ کاهش یافته است. نتایجی که گرفته شد این بود که هزینه ی ساخت و صرف انرژی برای بتن GRPC کم تر است و اجرای آن ساده تر و پتانسیل زیادی در مهندسی عمران برای ساخت پل ها و هم چنین مهندسی نظامی دارد. اضافه کردن ۴٪ الیاف فولادی مقاومت فشاری را حدود ۳۰ تا ۵۰ MPa افزایش داده است. هم چنین این بتن با عمل آوری استاندارد ۹۰ روزه، بخار و اتوکلاو به مقاومت فشاری ۲۰۰ MPa رسیده است (Zhang, Sun, Liu, Jiao, Lai, ۲۰۰۸). یازیکی^۴ و همکاران، مشخصات مکانیکی (مقاومت فشاری، مقاومت خمشی و دوام) بتن الیافی، که خاکستر بادی و سرباره ی آسیاب شده (GGBFS^۵) به آن اضافه شد، و تحت عمل آوری های مختلف قرار گرفته است را مورد بررسی قرار دادند. در واقع هدف اصلی آن ها کاهش مصرف سیمان و میکروسیلیس، و هم چنین کاهش هزینه های ساخت بتن الیافی و به حداقل رساندن عیب های ناشی از مصرف زیاد سیمان (حرارت هیدراسیون، افت و مشکلات زیست محیطی) بوده است (Halit, Mert ucel, Serdar, Anil, ۲۰۰۹). ایپک^۶ و همکاران، تأثیر فشار قبل از گیرش بتن را بر روی مشخصات مکانیکی بتن الیافی، مورد بررسی قرار دادند. از دو نوع ماسه کوارتز (با حداکثر بعد ۰/۶ و ۰/۳ میلی متر) و یک نوع پودر کوارتز (با حداکثر بعد ۰/۱ میلی متر) استفاده شده است. طی آزمایشاتی، مقدار بهینه الیاف فولادی (۴٪ حجم بتن) و هم چنین عمل آوری مناسب که منجر به بیشترین مقاومت فشاری شدند را به دست آوردند (Metin, Kemalettin, Mansur, ۲۰۱۱). بانتیا و همکارانش (Banthia, Majdzadeh, Wu, Bindiganavile, ۲۰۱۴)، اثر الیاف ترکیبی را بر روی ویژگیهای مکانیکی بتن (خمش و برش) مورد بررسی قرار دادند. آنها از ترکیب الیاف برای بهبود مشخصات مکانیکی بتن بهره جستند و مشخصه های رفتاری

^۱ Ming-zhe^۲ Yunsheng^۳ Green Reactive Powder Concrete^۴ Yazici^۵ Ground Granulated Blast Furnace Slag^۶ Ipek

در بارگذاری های مختلف را مورد ارزیابی قرار دادند. عباس و همکارانش (Abbas, Soliman, Nehdi, ۲۰۱۵) اثر طول و درصدهای مختلف الیاف فولادی را بر مشخصات مکانیکی و دوام بتن های الیافی مورد بررسی قرار دادند که از منظر ویژگی های مکانیکی، نمونه های را بررسی نموده و تأثیر هندسه بر رفتار بتن را در قالب گزارش ارائه نمودند.

کنگ و همکارانش (Kang, Choi, Koh, Lee, Lee, ۲۰۱۶) تأثیر چهار نوع الیاف مختلف را بر مشخصات مکانیکی بتن های الیافی مورد مطالعه قرار دادند. آنها با ارزیابی اثر الیاف بر رفتار بتن و مقایسه آنها با یکدیگر به بهینه سازی و انتخاب مهندسی الیاف در کاربردها و مشخصات مکانیکی مورد نظر پرداختند. جین و همکارش (Jain, Kothari, ۲۰۱۲) با مطالعه بر روی رفتار بتن مسلح شده با موی انسان، اولین پژوهشگرانی بودند که رفتار این نوع خاص از بتن الیافی را که به نوعی بتن بازفایته محسوب می شد مورد ارزیابی قرار دادند. آنها از موی انسان به عنوان الیافی با ماندگاری بالا و تجزیه ناپذیری قابل توجه استفاده نموده و شاهد بهبود مشخصات مکانیکی بتن بودند.

همچنین در پژوهش دیگری توماس و همکارش (Tomas, Ganiron, ۲۰۱۴) در مطالعات خود به بررسی اثر همزمان موی انسان و سیمان بر مقاومت آسفالت پرداختند و از نقطه نظر رفتار مکانیکی، مشخصات آن را مورد بررسی قرار دادند. بهبود مشخصات مکانیکی آسفالت های ساخته شده با این افزودنی ها در نتایج تحقیق آنان مشاهده گردید.

باتبی و همکاران (Batebi, Mirzagoltabar, Shabanian, Fateri, ۲۰۱۳) به بررسی تغییرات انقباض بتن حاوی موی انسان پرداختند و مطالعه آنان به نتایج مثبتی در زمینه کاهش انقباض در اثر استفاده از مو به عنوان الیاف منجر گردید. آنها دریافتند که درصد های مصرفی بیش از ۱ نسبت به حجم بتن می تواند در کاهش انقباض بتن به شکل قابل توجهی موثر باشد. نیلا و همکاران (Nila, Raijan, Susmitha, Babu, ۲۰۱۵) در تحقیق دیگری به مطالعه تأثیر الیاف به عنوان مسلح کننده در بتن پرداختند. آنها درصدهای بالایی از مو را تا ۲٪ وزن سیمان به کار برده و همچنین بیان داشتند که استفاده از الیاف کوتاه در درصدهای بالاتر نیز خللی در کارکرد بتن تازه و مشخصات بتن سخت شده وارد نخواهد کرد. خانصاحب (Khansaheb, ۲۰۱۵) در پژوهش خود از خاکستر ساقه نیشکر به عنوان پوزولان در کنار مو استفاده کرده و بتن الیافی-پوزولانی سبز را ساخته و مورد آزمایش قرار داد. او همچنین بیان داشت که افزودن این مواد به افزایش قابل توجه مشخصات مکانیکی همانند مقاومت فشاری و کششی دو نیم شدن (اسپلیت) انجامیده است. نیلا و همکاران (Nila, Raijan, Susmitha Antony, Babu, ۲۰۱۵) در تحقیق دیگری با بررسی ابعاد مدیریتی و تأثیرات اقتصادی مصرف موی انسان در بتن به جنبه فنی-اقتصادی آن پرداخته و نتایج خود را در قالب مقاله منتشر نمودند. آنان بیان داشتند که علاوه بر بهبود مشخصات بتن، این روش می تواند گزینه ای ارزشمند برای مدیریت ضایعات مو و پسماندهای آن در طبیعت باشد. سریوانی و آجیتا (Sreevani, Ajitha, ۲۰۱۷) نیز در تحقیقی مستقل درصدهای مختلف الیاف تا حجمی را مورد مطالعه قرار دادند که بهترین نتیجه با بالاترین درصد به دست آمد. هرچند در چنین حالتی نمی توان این درصد را به عنوان بهینه بیان نمود اما تحقیق آنان بیانگر پتانسیل مصرف مو به عنوان الیاف در درصدهای بالاتر می باشد.

۳- مصالح مصرفی

۳-۱- سیمان

در این تحقیق با توجه به استاندارد (ASTM C150) (www.astm.org, ۲۰۲۰) از سیمان تیپ ۲ هگمتان برای ساخت نمونه های بتنی استفاده شد. سیمان تیپ ۲ پر مصرف ترین سیمان در پروژه های تحقیقاتی و اجرایی در کشور محسوب می شود. جدول (۳-۱) ترکیب شیمیایی سیمان استفاده شده را نشان می دهد.

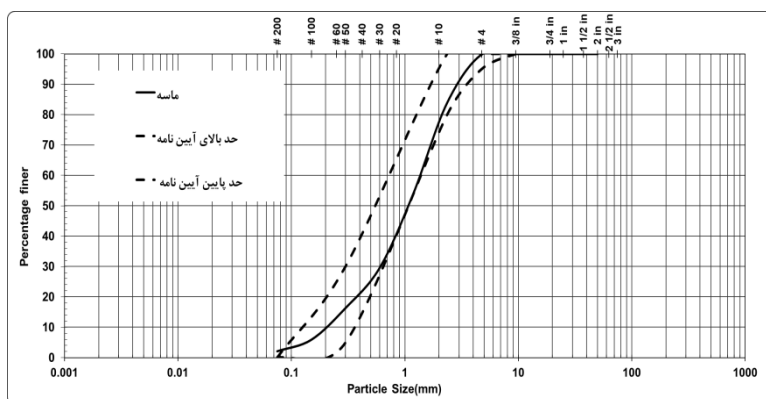
جدول ۱: ترکیب شیمیایی سیمان

ترکیبات	درصد تشکیل دهنده
CaO	۶۴.۳۲
SiO ₂	۲۱.۰۸
Al ₂ O ₃	۵.۳۶
Fe ₂ O ₃	۳.۶۴
MgO	۱.۷

۰.۸۲	K ₂ O
۰.۳	Na ₂ O
۱.۶	SO ₃
-	C
۰.۲۸	IR ^۱
۰.۹	L.O.I ^۲

۳-۲- ماسه

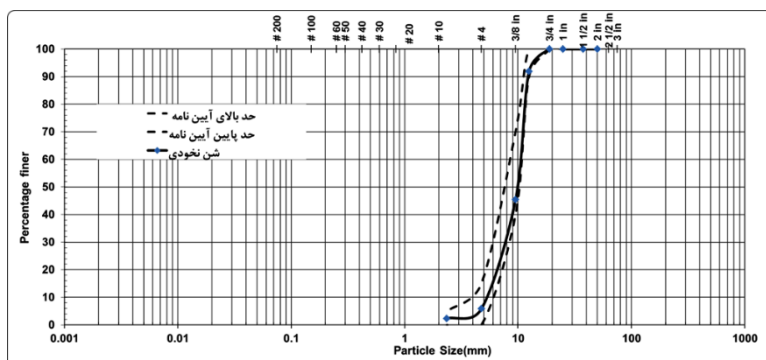
در این تحقیق از ماسه رودخانه ای بستر سفیدرود به عنوان ریزدانه استفاده شد. دانه بندی این ماسه مطابق با استاندارد ASTM C۷۷۸ (Conshohocken, PA, ۲۰۱۷) بود. شکل ۱ دانه بندی مورد استفاده را نشان می دهد.



شکل ۱: دانه بندی ماسه

۳-۳- شن

از شن رودخانه ای با هندسه سطح شکسته برای این تحقیق استفاده شد. دانه بندی شن مورد استفاده مطابق با استاندارد ASTM C۳۳ (www.astm.org, ۲۰۱۸) بود در شکل ۲ نشان داده شده است.



شکل ۲: دانه بندی شن

جدول ۲: مشخصات فیزیکی مصالح سنگی مصرفی

اندازه کمیت مورد نظر	خواص فیزیکی	نوع سنگدانه
		درشت دانه

^۱ Insoluble Residue^۲ Loss On Ignition

وزن مخصوص ظاهری (gr/cm ³)	۲.۶۵
جذب آب (%)	۰.۹
وزن واحد حجم (چگالی) (kg/m ³)	۱۶۵۰
ماکزیمم سائز (میلیمتر)	۱۲.۵
ریز دانه	
وزن مخصوص ظاهری (gr/cm ³)	۲.۶
ارزش ماسه ای	۸۹
جذب آب (%)	۱.۳
مدول نرمی	۲.۸۹

۳-۴- فوق روان کننده

فوق روان کننده ی مورد استفاده با نام تجاری FARCO PLAST P10-3R محصول شرکت شیمی ساختمان و بر پایه ی پلی کربوکسیلات های اصلاح شده مطابق با استاندارد (ASTM C494) (www.astm.org ۲۰۱۹) می باشد. این محصول با خاصیت حفظ اسلامپ بتن در زمان های طولانی تولید گردیده است.

۳-۵- موی سر

موی سر انسان که به مقدار مورد نیاز از یک آرایشگاه مردانه تهیه گردید پس از ضد عفونی و خشک کردن با قیچی و به طول تقریبی سه سانتیمتر برش داده شد و بر اساس درصد وزن سیمان مصرفی در مخلوط استفاده شد.



شکل ۳: نمونه ای از موی خرد شده به طول تقریبی ۳ سانتیمتر

۳-۶- طرح اختلاط

در این تحقیق ۶ طرح ساخته شد و جهت ارزیابی میزان دقیق فوق روان کننده مورد نیاز، فوق روان کننده در بخش کمی از آب حل شده و به تدریج تا رسیدن به روانی مناسب اضافه گردید و مقادیر عنوان شده در جدول زیر بیانگر مقادیر تجربی به دست آمده در جریان ساخت می باشند.

جدول ۴: طرح های اختلاط ساخته شده

فوق روان کننده	الیاف	شن	ماسه	آب	سیمان	طرح
۰	۰	۱۰۳۰	۸۴۴	۱۷۵	۳۵۰	HF۰
۰.۷	۳.۵	۱۰۳۰	۸۴۴	۱۷۵	۳۵۰	HF۱
۱.۰۵	۷	۱۰۳۰	۸۴۴	۱۷۵	۳۵۰	HF۲
۱.۷۵	۱۰.۵	۱۰۳۰	۸۴۴	۱۷۵	۳۵۰	HF۳
۲.۱	۱۴	۱۰۳۰	۸۴۴	۱۷۵	۳۵۰	HF۴

۲۸	۱۷.۵	۱۰۳۰	۸۴۴	۱۷۵	۳۵۰	HF۵
----	------	------	-----	-----	-----	-----

۳-۷- ساخت، قالب گیری و عمل آوری

قالب‌های مورد نظر از قبل با پارچه تمیز و همچنین روغنکاری شده بودند. مخلوط‌های ساخته شده که دارای مقادیر متفاوتی مو به عنوان الیاف هستند، در سه لایه داخل قالب‌ها ریخته شده و هر لایه بر اساس استاندارد (ASTM C ۱۹۲) متراکم گشت. پس از پر شدن قالب‌ها روی نمونه‌ها با پلاستیک پوشانده شد. پس از گذشت ۲۴ ساعت تمامی نمونه‌ها از قالب بیرون آورده و در شرایط استاندارد تا سن ۲۸ روز، عمل آوری شدند.

۳-۸- برنامه آزمایش

۳-۸-۱- مقاومت فشاری

این آزمایش بر اساس استاندارد BS-EN ۱۲۳۹۰-۳ (BS EN ۱۲۳۹۰-۳، ۲۰۱۷) انجام شد. نمونه‌های مکعبی با بعد ۱۵۰ میلی‌متر بعد از عمل آوری از حوضچه‌های آب بیرون آورده شده، با پارچه آب سطحی آنها گرفته شده و با دقت داخل جک بتن شکن قرار گرفتند. سه نمونه برای هر طرح اختلاط مورد آزمایش قرار گرفت و مقاومت میانگین به عنوان مقاومت فشاری گزارش شد.



شکل ۴: نمونه مقاومت فشاری در دستگاه جک بتن شکن

۳-۸-۲- مقاومت کششی دو نیم شدن

این آزمایش بر اساس استاندارد ASTM C ۴۹۶ (www.astm.org, ۲۰۱۷) بر روی نمونه‌های استوانه‌ای با طول ۳۰۰ میلی‌متر و قطر ۱۵۰ میلی‌متر انجام شد. نمونه‌های استوانه‌ای به صورت خوابیده داخل جک بتن شکن قرار گرفتند و نیروی فشاری به سطح جانبی استوانه وارد شد. در این حالت گرچه تارهای ابتدایی و انتهایی تحت فشار قرار می‌گیرند ولی قسمت اعظم نمونه تحت بار کششی یکنواخت قرار می‌گیرد و از آنجایی که بتن در کشش به مراتب ضعیف‌تر از فشار است، گسیختگی در تارهای کششی موجب شکست نمونه می‌شود.



Department of Civil Engineering, Nowshahr Branch, Islamic Azad University, Nowshahr, Iran ۳-۸-۳-مدول الاستیسیته

این آزمایش بر اساس استاندارد ASTM C۴۶۹ (۲۰۱۴, www.astm.org) بر روی نمونه های استوانه ای با طول ۳۰۰ میلیمتر و قطر ۱۵۰ میلیمتر انجام شد. روش آزمایش به این صورت است که نمونه ها با سرعت تقریبی ۲.۵ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع در دقیقه بارگذاری شده و تا ۴۰٪ بار نهایی، این روند ادامه می یابد. اندازه گیری ها برای اطمینان از صحت نتایج، تکرار شده و نتایج بر اساس داده های به دست آمده پردازش و در نهایت شیب بخشی از نمودار به عنوان مدول یانگ گزارش می گردد.



شکل ۶: آماده سازی نمونه جهت آزمون مدول الاستیسیته

۳-۸-۴-جذب آب نهایی

این آزمایش بر اساس استاندارد ASTM C۶۴۲ (۲۰۱۳, www.astm.org) با تغییراتی صورت گرفت. به این شکل که نمونه های عمل آوری شده در سن مورد نظر پس از ۴۸ ساعت قرار گرفتن در گرمخانه، بیرون آورده شده و پس از توزین در حوضچه آب آهگ قرار گرفتند تا شرایط اشباع حاصل گردد. سپس با کنترل شرایط استاندارد و اطمینان از اشباع حداکثر، با خشک کردن سطح بتن، مجدداً وزن کشی شده و از اختلاف وزن خشک و اشباع، میزان جذب آب بتن محاسبه می گردد.

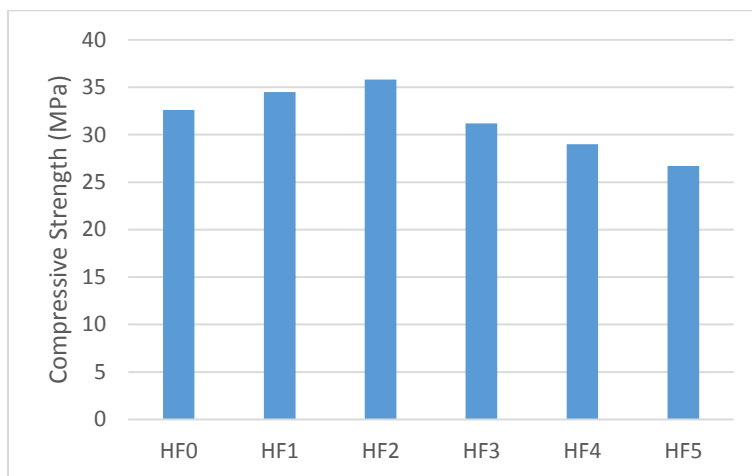


شکل ۷: گرمخانه و موقعیت نمونه درون آن

۴- نتایج

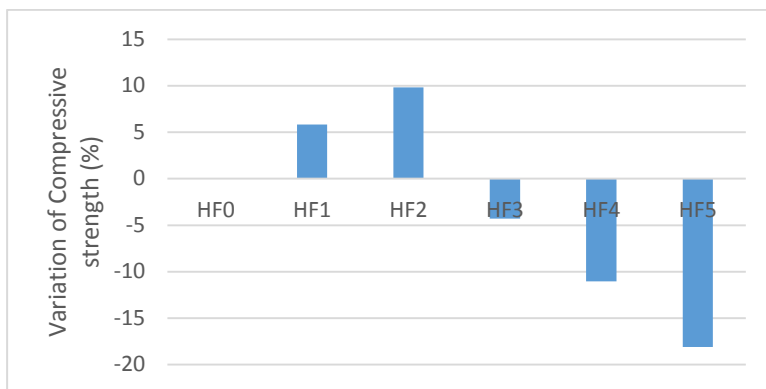
۴-۱- مقاومت فشاری

بر اساس شکل ۸ که مقاومت فشاری طرح های مختلف در سن ۲۸ روز (مقاومت فشاری مشخصه) به نمایش در آمده است، نقطه بیشینه ای را در درصد ۲ وزنی مصرف مو در بتن می توان مشاهده نمود که نسبت به طرح شاهد ۹.۸٪ افزایش نشان می دهد. این اثر مثبت نسبی که در نتایج مقاومت فشاری ظاهر گردیده است. می تواند بیانگر اثر مثبت تارهای مو در تقویت بافت بتن تا این نسبت مصرفی (و همسایگی آن) باشد.



شکل ۸: مقاومت فشاری طرح های اختلاط در سن ۲۸ روز

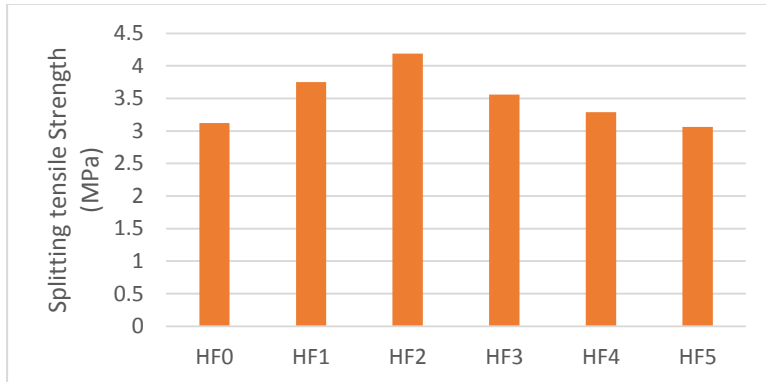
در شکل ۹ نتایج تغییرات مقاومت فشاری طرح های مختلف نسبت به مقاومت طرح شاهد (فاقد مو) به نمایش درآمده است. روند افزایشی تا درصد ۲ و کاهش با شیب تند با افزایش درصد مصرف مو، بیانگر درصد بهینه ۲ (بر اساس طرح های انتخابی) می باشد که اثر منفی الیاف را در درصدهای بالاتر به نمایش گذاشته است. افزایش تخلخل ناشی از مصرف درصد بالاتر و همچنین ضعف ساختاری مو در بارگذاری فشاری و ایجاد پیوندهای ضعیف را در نهایت از عوامل اصلی کاهش مقاومت فشاری می توان نام برد.



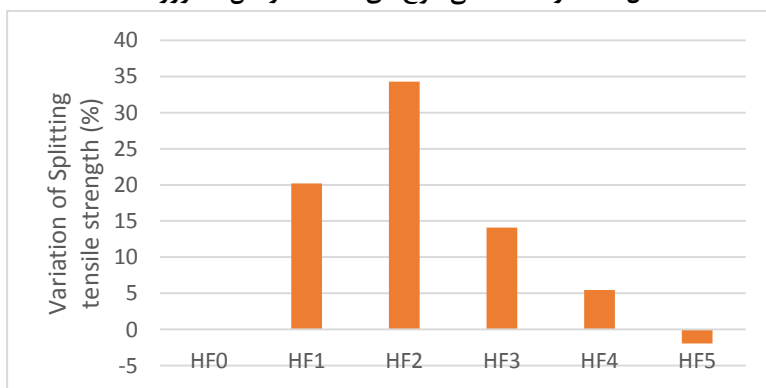
شکل ۹: تغییرات مقاومت فشاری نسبت به طرح شاهد

۲-۴- مقاومت کششی

در نتایج مقاومت کششی نیز درصد مصرف بهینه در درصد ۲ دیده می شود که با نتایج مقاومت فشاری همخوانی دارد و ۳۴.۳ درصد افزایش نسبت به شاهد دارد. هرچند از الیاف به صورت کلی انتظار می رود که اثر مثبت خود را در این نوع آزمون حتی در درصدهای بالاتر و در صورت کاهش مقاومت فشاری نیز حفظ نماید اما اثر منفی این نوع طبیعی از الیاف بر استحکام کششی آن ظاهراً غالب گشته است. بنابراین افت ناشی از درصدهای بالاتر به خوبی در نمودار ۱۰ قابل تشخیص است. از تغییرات مقاومت کششی در نمودار ۱۱ می توان دریافت که حتی با وجود اثر منفی درصد موی بیشتر در مقاومت فشاری، تا درصد ۴ وزنی نیز همچنان در مقاومت کششی اثر مثبت (۵.۴۵٪ نسبت به طرح شاهد) دیده می شود که این موضوع بسته به نوع کاربرد بتن و میزان حساسیت پروژه به مقدار و محدوده مقاومت فشاری، در تصمیم گیری جهت انتخاب طرح بهینه تاثیرگذار خواهد بود.



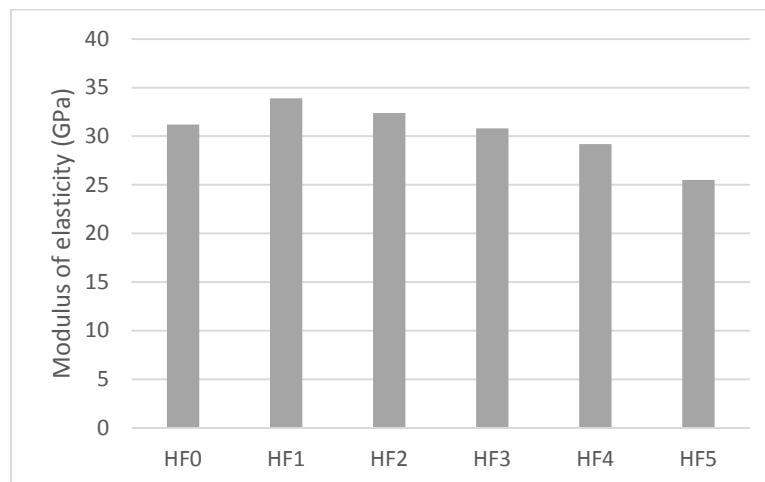
شکل ۱۰: مقاومت کششی طرح های اختلاط در سن ۲۸ روز



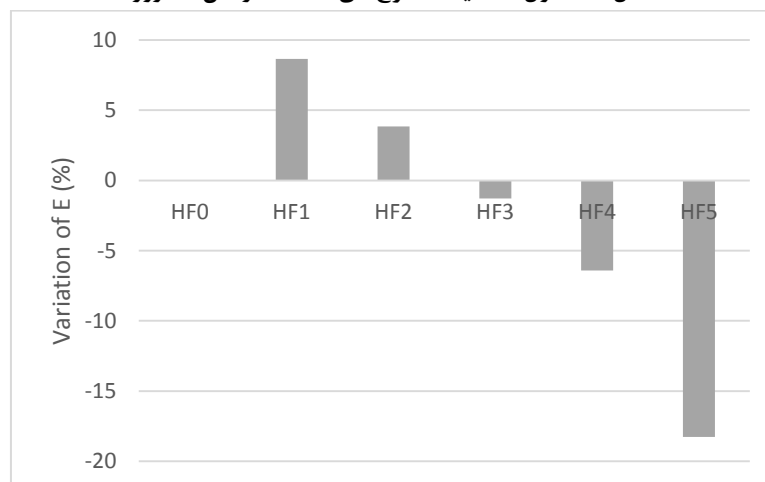
شکل ۱۱: تغییرات مقاومت کششی نسبت به طرح شاهد

۳-۴- مدول الاستیسیته

شکل ۱۲ که مدول کشسانی (الاستیسیته) بتن را برای طرح های مختلف نشان می دهد، حساسیت بیشتر این مشخصه به افزایش درصد مو را آشکار می سازد به گونه ای که در اولین درصد مصرف، بالاترین نتیجه که ۸.۶۵٪ افزایش نسبت به طرح شاهد حاصل شده و بلافاصله افت نتایج آغاز می گردد. هرچند درصد ۲ نیز مطابق شکل ۱۳ همچنان اثر مثبت را نشان می دهد اما روند کاهشی پس از آن شدت گرفته و می توان گفت که انعطاف پذیری ناشی از بالارفتن درصد موی مصرفی را به نمایش گذاشته است.



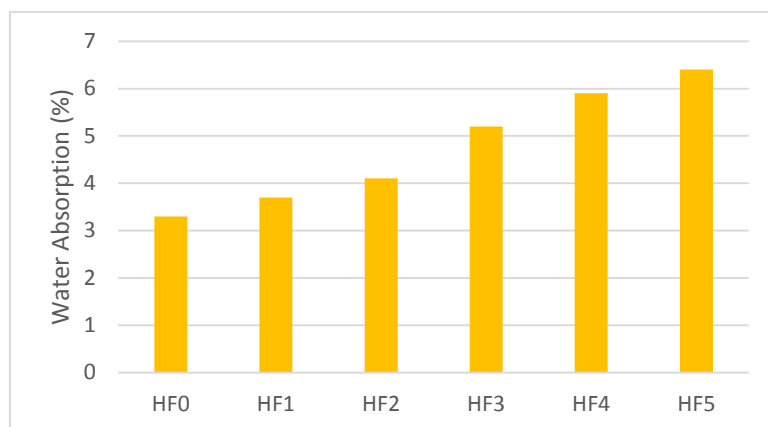
شکل ۱۲: مدول الاستیسیته طرح های اختلاط در سن ۲۸ روز



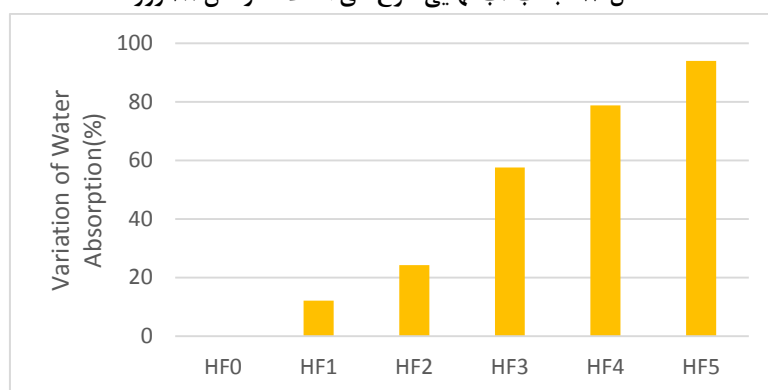
شکل ۱۳: تغییرات مدول الاستیسیته نسبت به طرح شاهد

۴-۴- جذب آب

میزان جذب آب بتن های حاوی مو در نگاه اول (شکل ۱۴) روندی کاملاً افزایشی دارد و اثر منفی مو از همان ابتدا کاملاً مشهود است که بخش عمده این رخداد را می توان به جذب آب و کشش مویینگی آب توسط تارهای مو نسبت داد. همچنین تخلخل ناشی از این افزودنی طبیعی عامل دیگری در افزایش میزان جذب آب محسوب می گردد. شیب رشد نتایج از درصد ۳ مصرفی تشدید شده و اختلاف نسبتاً قابل توجهی (شکاف) بین درصد ۲ و ۳ دیده می شود به گونه ای که از ۲۴.۲٪ افزایش جذب آب در درصد ۲ الیاف، در درصد ۳، این افزایش به عدد ۵۷.۶٪ می رسد که بیش از دو برابر جهش را نشان می دهد.



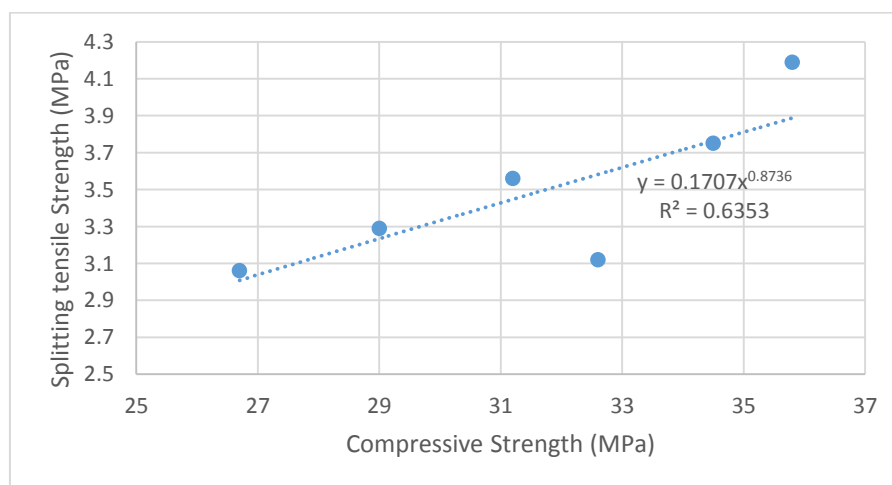
شکل ۱۴: جذب آب نهایی طرح‌های اختلاط در سن ۲۸ روز



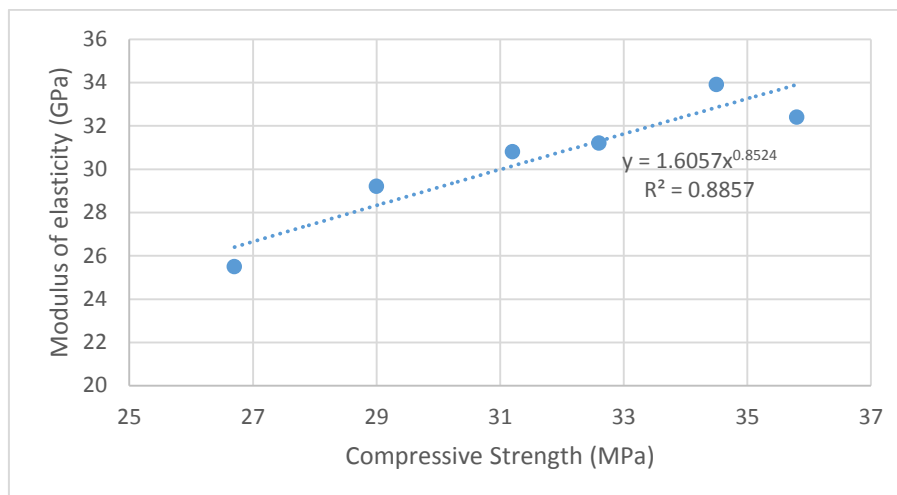
شکل ۱۵: تغییرات جذب آب نسبت به طرح شاهد

۴-۵- نمودارهای همبستگی

رابطه بین مقاومت فشاری و کششی که از نوع توانی تعریف شده است، با ضریب همبستگی ۰.۶۳٪ ارتباط معنی داری را به نمایش گذاشته است که البته طرح شاهد بیشترین نقش را در کاهش ارتباط نتایج ایفا می‌کند. به نظر می‌رسد افزودن مو به بتن، منجر به ایجاد اختلافی معنادار بین بتن‌های الیافی و فاقد آن گشته است. از سوی دیگر ارتباط مقاومت فشاری و مدول الاستیسیته به مراتب نزدیکتر بوده و ضریب نسبتاً خوب ۰.۸۹٪ به دست آمده است و پراکندگی داده‌ها نسبت به خط برازش نیز بسیار کمتر است.

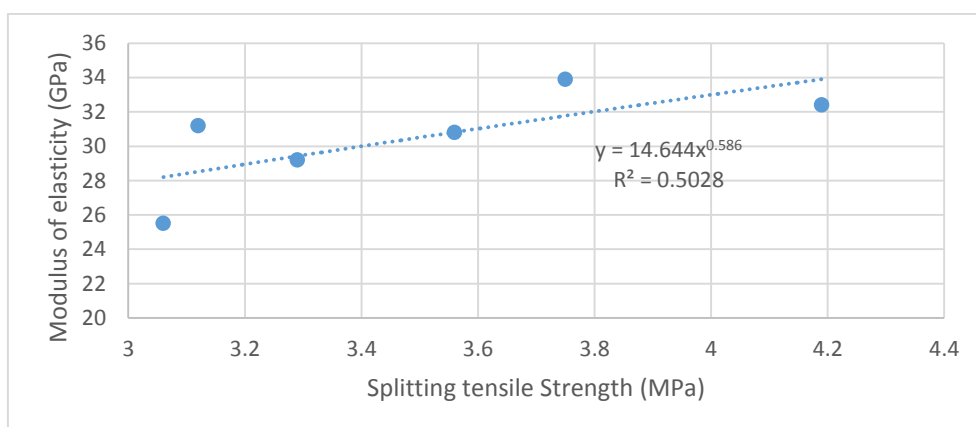


شکل ۱۶: همبستگی مقاومت فشاری و مقاومت کششی

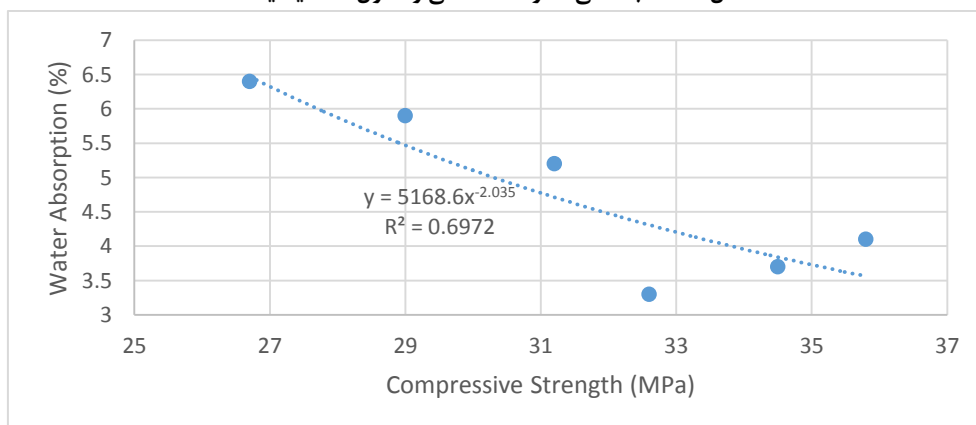


شکل ۱۷: همبستگی مقاومت فشاری و مدول الاستیسیته

ارتباط مقاومت کششی و مدول الاستیسیته (از نوع فشاری) ضعیف تر از دو ارتباط قبلی بوده و تا ضریب ۵۰٪ کاهش یافته است. پراکندگی بیشتری نیز در فاصله نتایج تجربی و خط برازش دیده می شود که ارتباط ریاضی بین این دو دسته از نتایج را ضعیف تر می سازد. مقاومت فشاری و جذب آب نیز رابطه معکوس نسبتاً معناداری را نشان می دهند که با حذف طرح شاهد می توان روند قوی تری را مشاهده نمود.



شکل ۱۸: همبستگی مقاومت کششی و مدول الاستیسیته



شکل ۱۹: همبستگی مقاومت فشاری و جذب آب

۵- بحث در نتایج و نتیجه گیری

با توجه به نتایج به دست آمده موارد زیر به بحث گذاشته شده اند:

- اثر مثبت نسبی که در نتایج مقاومت فشاری ظاهر گردیده است، می تواند بیانگر اثر مثبت تارهای مو در تقویت بافت بتن تا این نسبت مصرفی (و همسایگی آن) باشد که بیشینه آن ۹.۸٪ افزایش نسبت به طرح شاهد در درصد ۲ الیاف می باشد.
- در نتایج مقاومت کششی نیز درصد مصرف بهینه در درصد ۲ دیده می شود و ۳۴.۳٪ افزایش نسبت به شاهد دارد که با نتایج مقاومت فشاری همخوانی دارد. هرچند از الیاف به صورت کلی انتظار می رود که اثر مثبت خود را در این نوع آزمون حتی در درصدهای بالاتر و در صورت کاهش مقاومت فشاری نیز حفظ نماید اما اثر منفی این نوع طبیعی از الیاف بر استحکام کششی آن ظاهراً غالب گشته است.
- نتایج مدول کشسانی (الاستیسیت) بتن، حساسیت بیشتر این مشخصه به افزایش درصد مو را آشکار می سازد به گونه ای که در اولین درصد مصرف، بالاترین نتیجه حاصل شده و ۸.۶۵٪ افزایش ایجاد گشته است و بلافاصله افت نتایج پس از درصد ۱ الیاف، آغاز می گردد.
- میزان جذب آب بتن های حاوی مو در نگاه اول روندی کاملاً افزایشی دارد و اثر منفی مو از همان ابتدا کاملاً مشهود است که بخش عمده این رخداد را می توان به جذب آب و کشش مویینگی آب توسط تارهای مو نسبت داد.
- رابطه بین مقاومت فشاری و کششی که از نوع توانی تعریف شده است، با ضریب همبستگی ۰.۶۳٪ ارتباط معنی داری را به نمایش گذاشته است که البته طرح شاهد بیشترین نقش را در کاهش ارتباط نتایج ایفا می کند. به نظر میرسد افزودن مو به بتن، منجر به ایجاد اختلافی معنادار بین بتن های الیافی و فاقد آن گشته است.

مراجع

- [۱] Ming-Zhe A.N., Zhang L.J., Yi Q.X., (۲۰۰۸), "Size effect on compressive strength of reactive powder concrete", Journal of China University Mining and Technology, vol. ۱۸, No. ۲, PP. ۲۷۹-۲۸۲.
- [۲] Zhang Y., Sun W., Liu S., Jiao C., Lai J., (۲۰۰۸), "Preparation of C۲۰۰ green reactive powder concrete and its static-dynamic behaviors", Cement and Concrete Composites, vol. ۳۰, No. ۹, PP. ۸۳۱-۸۳۸.
- [۳] Halit Y., Mert ucel Y., Serdar A., Anil K.S., (۲۰۰۹), "Mechanical properties of reactive powder concrete containing mineral admixtures under different curing regimes", Construction and Building Materials, vol. ۲۳, No. ۳, PP. ۱۲۲۳-۱۲۳۱.
- [۴] Metin I., Kemalettin Y., Mansur S., Mehmet S., (۲۰۱۱), "Effect of per setting Pressure applied to mechanical behavior of reactive powder concrete during setting phase", Construction and Building Materials, Vol. ۲۵, PP. ۶۱-۶۸.
- [۵] Bantia N., Majdzadeh F., Wu J., Bindiganavile V., (۲۰۱۴), "Fiber synergy in Hybrid Fiber Reinforced Concrete (HyFRC) in flexure and direct shear", Cement & Concrete Composites, Vol. ۴۸, PP. ۹۱-۹۷.
- [۶] Abbas S., Soliman A.M., Nehdi M.L., (۲۰۱۵), "Exploring mechanical and durability properties of ultra-high performance concrete incorporating various steel fiber lengths and dosages", Construction and Building Materials, Vol. ۷۵, P.P. ۴۲۹-۴۴۱. (Persian)
- [۷] Kang S.T., Choi J.I., Koh K.T., Lee K.S., Lee B.Y., (۲۰۱۶), "Hybrid effects of steel fiber and microfiber on the tensile behavior of ultra-high performance concrete", Composite Structures, Vol. ۱۴۵, PP. ۳۷-۴۲.
- [۸] Jain D., Kothari A., (۲۰۱۲), "Hair Fibre Reinforced Concrete", Research Journal of Recent Sciences, Vol. ۱, P.P. ۱۲۸-۱۳۳.
- [۹] Tomas U., Ganiron Jr., (۲۰۱۴), "Effects of Human Hair Additives in Compressive Strength of Asphalt Cement Mixture" International Journal of Advanced Science and Technology, Vol. ۶۷, P.P. ۱۱-۲۲.
- [۱۰] Batebi Y., Mirzagoltabar A., Shabanian S.M., Fateri S., (۲۰۱۳), "Experimental Investigation of Shrinkage of Nano Hair Reinforced Concrete", Iranica Journal of Energy & Environment, Vol. ۴, P.P. ۶۸-۷۲. (Persian)
- [۱۱] Nila V. M., Raijan K.J., Susmitha Antony S., Babu R. M., Neena Rose Davis N. R., (۲۰۱۵), "Hair Fibre Reinforced Concrete", International Journal of Research in Advent Technology, Special Issue International Conference on Technological Advancements in Structures and Construction "TASC- ۱۵", ۱۰-۱۱ June.
- [۱۲] Khansaheb A. P., (۲۰۱۵), "Experimental Investigation on Properties of Concrete Using Human Hair & Sugarcane Bagasse Ash", International Journal of Innovative and Emerging Research in Engineering, Vol. ۲, Issue ۵. Persian
- [۱۳] Nila V. M., Raijan K.J., Susmitha Antony S., Babu R. M., Neena Rose Davis N. R., (۲۰۱۵), "human hair as fibre reinforcement in concrete: an alternative method of hair waste management and its applications in civil constructions", International Journal of Current Research, Vol. ۷, Issue, ۱۰, pp. ۲۱۲۰۵-۲۱۲۱۰.

- [۱۴] Sreevani G, Ajitha S.B, (۲۰۱۷), "Human Hair as Fibre Reinforcement in Concrete" International Journal of Engineering Science and Computing, Vol. ۷, Issue ۵, P.P. ۱۱۳۵۸-۱۱۳۶۴.
- [۱۵] STM C۱۵۰ / C۱۵۰M-۲۰, Standard Specification for Portland Cement, ASTM International, West Conshohocken, PA, ۲۰۲۰, www.astm.org
- [۱۶] ASTM C۷۷۸-۱۷, Standard Specification for Standard Sand, ASTM International, West Conshohocken, PA, ۲۰۱۷,
- [۱۷] ASTM C۳۳ / C۳۳M-۱۸, Standard Specification for Concrete Aggregates, ASTM International, West Conshohocken, PA, ۲۰۱۸, www.astm.org
- [۱۸] ASTM C۴۹۴ / C۴۹۴M-۱۹, Standard Specification for Chemical Admixtures for Concrete, ASTM International, West Conshohocken, PA, ۲۰۱۹, www.astm.org
- [۱۹] BS EN۱۲۳۹۰-۳, ۲۰۱۷, Testing hardened concrete, Compressive strength of test specimens
- [۲۰] ASTM C۴۹۶ / C۴۹۶M-۱۷, Standard Test Method for Splitting Tensile Strength of Cylindrical Concrete Specimens, ASTM International, West Conshohocken, PA, ۲۰۱۷, www.astm.org
- [۲۱] ASTM C۴۶۹ / C۴۶۹M-۱۴, Standard Test Method for Static Modulus of Elasticity and Poisson's Ratio of Concrete in Compression, ASTM International, West Conshohocken, PA, ۲۰۱۴, www.astm.org
- [۲۲] ASTM C۶۴۲-۱۳, Standard Test Method for Density, Absorption, and Voids in Hardened Concrete, ASTM International, West Conshohocken, PA, ۲۰۱۳, www.astm.org

www.cpjournals.com

نشریه عمران و پروژه
Civil & Project Journal (CPJ)

Assessment of Asphalt Pavement Failures of University Campuses: Case Study of Eastern Mediterranean University (EMU) Campus In North Cyprus

Reza Akbarigheibi^۱, Mohsen Amouzadeh Omrani^{۲*}

^۱- University instructor, Engineering Faculty, University of Applied Sciences, Zanjan Branch, Zanjan, Iran

Akari.reza.۱۳۶۶@yahoo.com

^{۲*}- Assistant Professor, Department of Civil Engineering, Savadkooh Branch, Islamic Azad University, Savadkooh, Iran.

m_amouzadeh@yahoo.com, omrani@iausk.ac.ir

ABSTRACT

Road maintenance is considered as one of the major and important factors in the pavement management system (PMS). Regarding the type of data collection in this study, the observation method based on index PCI (Pavement Condition Index) according to ASTM D 6423 standard was used. Research aims to assess the priority of road maintenance using the Pavement Condition Index (PCI). Locations for this research were the roads at the EMU campus to length ۱۰ km in Northern Cyprus and ۱۶ road segments were taken from each district. There were ۹ distress types that had been recorded. We intend to add to this project a new dimension by analyzing the EMU campus road. The results of the research as obtained from the method of PCI and prioritization can be identified as follows: five road segments are in good condition, four are satisfactory, six are in fair condition, one is in a failed condition, and one road segment is in serious condition. In total, ۱۵ of ۱۶ road segments are in stable condition. The result generally indicates that the road was ۸۰.۶۳% in satisfactory condition. In general, it can be concluded that road pavements are constantly exposed to various types of stresses such as heavy traffic load, temperature, humidity and bed soil displacement, which over time lead to damage such as cracks in the Alligator cracking, Patching and Utility cut, Block cracking, Long and Trans cracking, Rutting, and Asphalt Bleeding are in the pavement. Patching and Utility cut, Alligator cracking and Long and Trans cracking were assessed as the most severe.

Keywords: Failure, Pavement Management System, Pavement Condition Index, University Campuses

All rights reserved to Civil & Project Journal.

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

ارزیابی خرابیهای روسازی آسفالتی محوطه‌های دانشگاهی (مطالعه موردی محوطه دانشگاه مدیترانه شرقی EMU کشور قبرس شمالی)

رضا اکبری غیبی^۱، محسن عموزاده عمرانی^{۲*}

۱. مدرس دانشگاه، گروه مهندسی عمران، دانشگاه علمی کاربردی، واحد زنجان، زنجان، ایران

Akari.reza1366@yahoo.com

۲*. استادیار، گروه مهندسی عمران، واحد سوادکوه، دانشگاه آزاد اسلامی، سوادکوه، ایران

omrani@iausk.ac.irm amouzadeh@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۱/۲۴ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۱۲/۰۹

چکیده

نگهداری جاده به عنوان یکی از عوامل مهم در سیستم مدیریت و نگهداری روسازی (PMS) در نظر گرفته می‌شود. مدل پیش بینی عملکرد روسازی، مهمترین بخش از یک سیستم مدیریت روسازی است. این سیستم قابلیت این را دارد تا با استفاده از اطلاعات مختلف ذخیره شده راهها، شرایط پیش بینی آینده را برآورد کند. هدف این تحقیق ارزیابی اولویت نگهداری روسازی محوطه های دانشگاهی با استفاده از شاخص شرایط روسازی (PCI) است. با توجه به تردد اتوبوسها به عنوان سرویس های دانشگاهی و وسایل نقلیه شخصی عبوری در محوطه دانشگاه، انجام این تحقیق حائز اهمیت است. در این تحقیق، محوطه دانشگاه مدیترانه شرقی (EMU) کشور قبرس شمالی به طول ۱۰ کیلومتر مورد بررسی قرار گرفت. داده ها بصورت روش مشاهده ای جمع آوری گردید. مسیر مورد مطالعه به ۱۶ بخش تقسیم بندی گردید. مشاهده ۹ نوع از انواع خرابی های روسازی در مسیر مورد بررسی از روش (PCI) نشان می دهد که پنج بخش از جاده در وضعیت خوب، چهار بخش در وضعیت رضایت بخش، شش بخش در وضعیت مناسب، یک بخش در وضعیت نامناسب و یک بخش جاده در وضعیت خیلی ضعیف قرار دارد. در حالت کلی، ۱۵ بخش از ۱۶ بخش جاده در وضعیت پایدار قرار دارند. عدد PCI بدست آمده برابر با ۸۰.۶۳ درصد است، که بیانگر قابل قبول بودن وضعیت روسازی است. نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که متداولترین خرابی ها در روسازی مسیرهای واقع در محوطه های دانشگاهی از این دست، شامل ترک پوست سوسماری، وصله و کنده کاری، ترک بلوکی، ترک خوردگی طولی و عرضی، شیار شدگی و روزدگی قیر است. خرابی های وصله و کنده کاری، پوست سوسماری و ترک های طولی و عرضی به عنوان شدیدترین خرابی های رخ داده شده، ارزیابی شدند.

کلید واژه ها: خرابی، سیستم مدیریت روسازی، شاخص وضعیت روسازی، محوطه های دانشگاهی

۱- مقدمه

نگهداری راه ها را می توان به عنوان یکی از فاکتورهای مهم در سیستم مدیریت روسازی^۱ (PMS) در نظر گرفت. ثابت شده است که منابع برای نگهداری جاده محدود هستند و اخذ تصمیمات در موثرترین روش استفاده از آنها لازم است. این به معنی اهمیت تعیین اولویت نگهداری جاده است. دو روش جهت ارزیابی جاده وجود دارد که می توان از روش بصری و یا با استفاده از ابزارهای موجود استفاده کرد. در ارزیابی بصری از شاخص وضعیت روسازی^۲ (PCI) استفاده می شود، در حالی که استفاده از ابزارهای اندازه گیری، می تواند برای بدست آوردن مقدار شاخص بین المللی ناهمواری راه با هزینه کمتر انجام شود. در حالت کلی، شاخص شرایط روسازی تنها شاخص مورد استفاده در سنجش عملکرد راه نیست. شاخص های دیگری مثل شاخص سرویس دهی کنونی و شاخص بین المللی ناهمواری هم به وفور استفاده می شوند. اما PCI با دیگر شاخص های دیگر عملکرد روسازی همبستگی دارد. برای نمونه به طور کلی شاخص بین المللی ناهمواری رابطه معکوسی با PCI دارد. یک جاده تازه ساخت صاف و هموار با مقادیر IRI پایین معمولاً PCI بیشتری دارد. با این وجود، این رابطه همیشه برقرار نیست و جاده ای که دارای IRI^۳ پایین است می تواند PCI پایینی نیز داشته باشد و بالعکس. بنابراین، جمع آوری داده درباره یکی از این شاخص های عملکرد برای توصیف جامع وضعیت جاده لزوماً کافی نیست (Piryonesi and et al., ۲۰۲۰ and Bryce and et al., ۲۰۱۹). ارزیابی عملکردی جاده ها در این زمینه بیشتر از روش های بصری استفاده می شود. این روش تحت تأثیر ذهنی نقشه برداران که پیمایش زمین را انجام می دهند قرار دارد. بنابراین، ارزیابی با استفاده از روش بصری باید با روش ارزیابی با استفاده از ابزار در ارتباط باشد، تا بتوان از ذهنی بودن ارزیابی جاده کاهش داد (Putra, ۲۰۱۸). در مورد نوع ارزیابی داده ها در این مطالعه، از روش مشاهده بر اساس شاخص PCI مطابق با استاندارد ASTM D6433 استفاده شد. هدف این تحقیق ارزیابی اولویت نگهداری روسازی در محوطه دانشگاه مدیترانه شرقی^۴ (EMU) در شمال قبرس^۵ با استفاده از شاخص شرایط روسازی (PCI) است. جمع آوری داده ها با استفاده از روش بصری جمع آوری گردید. بسیاری از انواع خرابی های جاده ای در محل مورد بررسی وجود دارد که باید برای تجزیه و تحلیل وضعیت روسازی ثبت و مورد بررسی قرار بگیرند.

۲- پیشینه پژوهش

با توجه به محدودیت های موجود زمانی و اقتصادی، همه مقاطع روسازی را نمی توان بطور همزمان مورد نگهداری و ترمیم قرار داد، بنابراین نیاز است تا پروژه های نگهداری روسازی اولویت بندی شوند. برای اولویت بندی نیاز است تا ارزیابی وضعیت روسازی با استفاده از شاخص های ارزیابی که هر یک ویژگی های خاص روسازی را مورد ارزیابی قرار می دهند، انجام شود. در همین راستا، سیسوانتو^۶ و همکارانش (۲۰۱۸) در مطالعه ای به ارزیابی اولویت نگهداری جاده با استفاده از PCI در بخش شماره یک جاده های منطقه اندونزی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که چهار بخش جاده در وضعیت خوب، چهار بخش دیگر در وضعیت رضایت بخش، چهار بخش جاده مناسب، دو بخش جاده ضعیف، یک بخش جاده بسیار ضعیف و یک بخش جاده در وضعیت جدی قرار دارد. در حالت کلی نتایج بیانگر آن بود که روش PCI به عنوان یک روش بررسی وضعیت روسازی یک روش کامل است که همه نوع خرابی های روسازی را مورد بررسی قرار می دهد. دونی^۷ و همکارانش (۲۰۱۸) در تحقیقی به ارزیابی وضعیت روسازی براساس اندازه گیری شاخص PCI و Roadroid IRI پرداختند. با توجه به ضریب همبستگی منفی (r) به میزان -۰.۲۳ بین PCI و IRI Roadroid بیانگر آن است که مقایسه ارزیابی PCI با IRI Roadroid از نظر مقدار ضریب همبستگی اختلاف کمی دارند و با آزمون t قابل مقایسه هستند. در نتیجه، خروجی PCI و IRI نزدیک به یکدیگر است و هر دو بطور یکسان وضعیت جاده را مورد ارزیابی قرار می دهند و فقط در بررسی وضعیت جاده با استفاده از روش PCI از لحاظ اقتصادی کم هزینه تر از روش IRI Roadroid است.

^۱ pavement management system^۲ Pavement Condition Index^۳ International Roughness Index^۴ Eastern Mediterranean University^۵ North Cyprus^۶ Setijowarno^۷ Donny

کریم^۱ و همکارانش (۲۰۱۶) در مطالعه ای به ارزیابی و نگهداری شاخص وضعیت روسازی جاده بر اساس شاخص (PCI) در کشور یمن پرداختند. نتایج نشان داد که جاده " Al-Fiush " با $PCI = 79.4$ در وضعیت بسیار خوب قرار دارد.

تانگ^۲ و همکارانش (۲۰۰۶) در مطالعه ای تحت عنوان روش ارزیابی مبتنی بر PCI برای سطح خدمات سیستم های عملیاتی ترافیک انجام دادند، نتایج نشان داد که سرعت و تراکم، مناسب ترین پارامترها برای تعیین وضعیت روسازی راه با استفاده از شاخص PCI هستند.

۲-۱- شاخص وضعیت روسازی (PCI)

شاخص وضعیت روسازی (PCI)، روشی بسیار جامع است که توسط گروه مهندسين ارتش ایالات متحده پیشنهاد شده است (Shahin and Kohn, ۱۹۷۹). روش PCI مبتنی بر روش بصری است که نوع خرابی روسازی، میزان و شدت آن رو مورد بررسی قرار می دهد (ASTM, ۲۰۰۷). این روش اندازه گیری وضعیت کنونی روسازی را بر اساس خرابی مشاهده شده در سطح روسازی فراهم می کند، همچنین بیانگر یکپارچگی سازه و وضعیت عملیاتی سطح (زبری و ایمنی) است. از طرفی نیازها و اولویت های نگهداری و تعمیر را فراهم می کند. در حالت کلی PCI شاخصی عددی برای اندازه گیری سلامت روسازی است. این شاخص عددی بین ۰ و ۱۰۰ است، که عدد ۰ نمایانگر راه با کیفیت بسیار پایین و عدد ۱۰۰ نشان دهنده روسازی بدون نقص است (Piryonesi and El-Diraby, ۲۰۱۸). فرایند محاسبه آن امروزه توسط ASTM^۳ استانداردسازی استانداردسازی شده است (جدول ۱ و شکل ۱).

جدول ۱: شرایط راه مبتنی بر ارزش مقدار PCI بر اساس استاندارد M&R (Shahin and Walther, ۱۹۹۰)

PCI	Rating	Strategy
85 - 100	Good	Routine Maintenance
70 - 85	Satisfactory	Preventive Maintenance
55 - 70	Fair	Minor Rehabilitation
40 - 55	Poor	Minor Rehabilitation
25 - 40	Very Poor	Major Rehabilitation
10 - 25	Serious	Reconstruction
0 - 10	Failed	Reconstruction

^۱ Karim

^۲ Tang

^۳ American Society for Testing and Materials



شکل ۱: مقیاس استاندارد رتبه بندی PCI توسط ASTM (۲۰۰۷، ASTM)

۳- روش تحقیق

به طور کلی، روش شناسی هر تحقیق براساس اهداف آن انجام می‌شود. پژوهش حاضر از نوع تحلیل بصری است. پس از جمع آوری داده ها مانند بررسی های میدانی و مشاهده ای و همچنین محاسبه خرابی روسازی بر اساس شاخص PCI، داده ها با استفاده از نرم افزارهایی مانند اتوکد^۱ و اکسل^۲ مورد بررسی قرار خواهیم داد. در ادامه توضیح مختصری در مورد محل اجرای پروژه داده می شود و توصیف انجام محاسبه شاخص وضعیت روسازی (PCI) بر اساس روش استاندارد آمریکا (ASTM) مورد بحث قرار خواهد گرفت.

۳-۱- سایت دانشگاه مدیترانه شرقی (EMU)

امروزه، دانشگاه EMU به سرعت در حال توسعه است. جاده ها و پارکینگ ها در دانشگاه نقش مهمی در ایمنی، سفر کارآمد مردم و کالاها در دانشگاه دارند، که حدود ۲۵ تا ۲۰ سال پیش ساخته شده اند و بعضی از خیابان ها نیز حدود ۱۰ سال پیش ساخته شده اند. منطقه EMU را می‌توان از نظر جمعیت و منطقه به عنوان یک شهر طبقه بندی کرد (Qadir Ahmed, ۲۰۱۳). در این مطالعه، دانشگاه مدیترانه شرقی در شمال قبرس تحقیق انتخاب شد. دانشگاه مدیترانه شرقی یکی از مهمترین و معتبرترین دانشگاه ها در منطقه مدیترانه است که در سال ۱۹۷۹ تاسیس شده است. دانشگاه مدیترانه شرقی در شهر فاماگوستا^۳ در قبرس شمالی در زمینی به مساحت ۲۲۰۰ هکتار ساخته شده است. جاده ها و پارکینگ ها با روسازی آسفالتی می‌توانند به عنوان دارایی‌های ارزشمند زیرساخت های دانشگاه به حساب بیایند که طول آن ۱۰ کیلومتر است و دارای ۲۰ پارکینگ می‌باشد (شکل ۲). طبق سوابق واحد حمل و نقل EMU این دانشگاه دارای ۱۰ دستگاه اتوبوس کوچک با ظرفیت ۳۵ نفر و ۴ دستگاه اتوبوس بزرگ با ظرفیت ۸۰ نفر است (Eastern Mediterranean University, ۲۰۱۲).

^۱ AutoCAD

^۲ Excel

^۳ Famagusta



شکل ۲: نقشه دانشگاه EMU

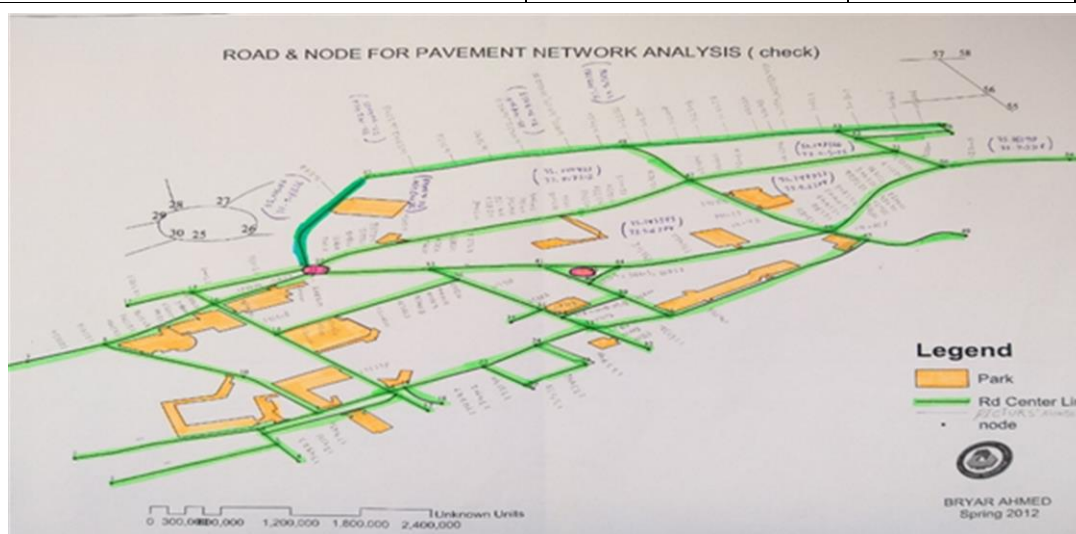
۳-۲- خرابی های موجود در سایت مورد مطالعه

به طور کلی، شاخص شرایط روسازی با جمع آوری داده درباره خرابی های مختلف راه محاسبه می شود (Piryonesi, ۲۰۱۹). خرابی های موجود در سایت دانشگاه، در جدول (۲) نشان داده شده است. مختصات خرابی های موجود، در شکل ۳ آورده شده است.

جدول ۲: انواع خرابی های موجود در روسازی مسیرهای داخل سایت

ردیف	نوع خرابی	Type of deterioration	علت خرابی
۱	ترک پوست سوسماری	Alligator cracking	خستگی رویه آسفالتی در اثر بارگذاری
۲	روزدگی قیر	Asphalt Bleeding	قیر اضافی در مخلوط آسفالتی یا تک کت در مناطق گرمسیر
۳	ترک بلوکی	Block cracking	انقباض روسازی در اثر چرخه روزانه درجه حرارت
۵	موج زدگی	Corrugation	تحت بار ترافیکی و در اثر ناپایداری رویه یا اساس
۶	نشست موضعی	Depression	نشست خاک بستر یا اجرای نادرست روسازی
۷	ترک خوردگی لبه	Edge cracking	اساس یا بستر ضعیف شده در اثر یخبندان

۸	ترک خوردگی طولی و عرضی	Long & Trans cracking	اجرای نادرست، انقباض روسازی، انعکاس ترک از لایه زیر
۹	وصله و کنده کاری	Patching and Utility cut	جهت تعمیر روسازی یا عبور تاسیسات
۱۰	صیقلی شدن دانه ها	Polished aggregate	مقاومت سایشی کم دانه های مصالح سنگی
۱۱	چاله ها	Potholes	کنده شدن تکه هایی از روسازی در اثر خرابی های مختلف
۱۲	شیارافتادگی	Rutting	غیرشکل دائمی لای ههای روسازی در اثر جابجایی تحکیم یا جانبی
۱۳	شن زدگی	Weathering and Raveling	مصالح آبدوست (با جنس سیلیس)، پیرشدگی قیر



شکل ۳: مختصات خرابی های موجود در دانشگاه EMU

۳-۳- تعیین تعداد واحدهای نمونه مورد بازرسی

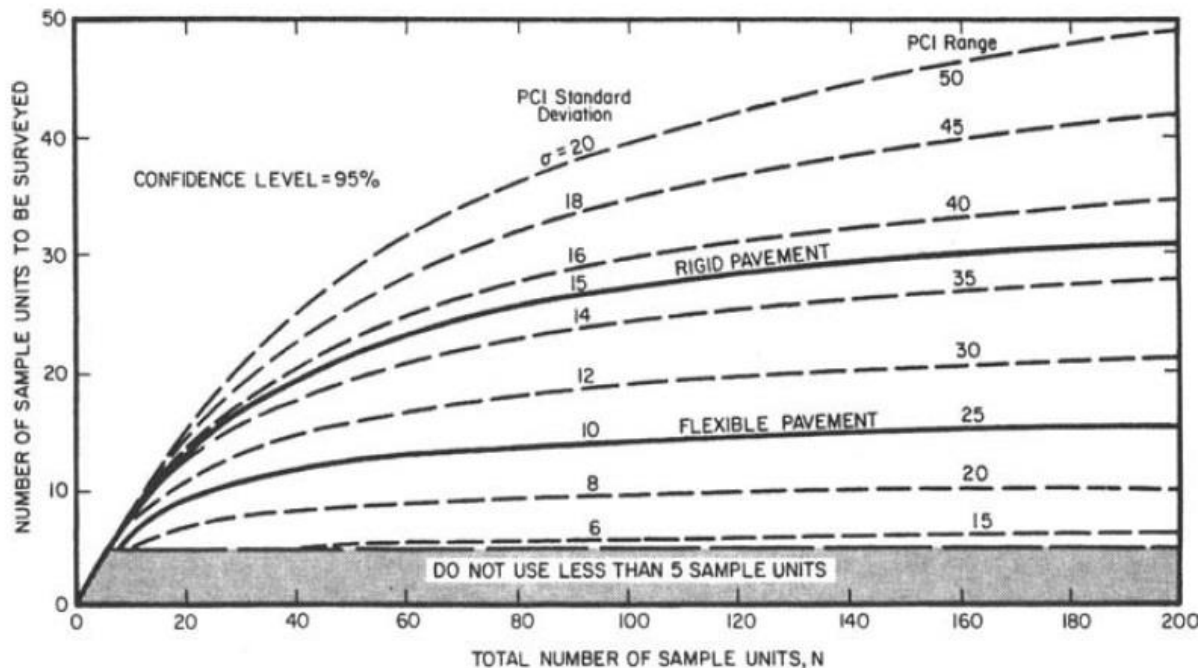
برای مدیریت در سطح پروژه، به اطلاعات دقیق برای بررسی داده ها نیاز است. بنابراین، واحدهای نمونه بیشتری از آنچه برای مدیریت سطح شبکه نمونه برداری می شود، مورد بازرسی قرار می گیرند. اولین گام در نمونه گیری تعیین حداقل تعداد واحدهای نمونه (n) است که باید بررسی شود تا برآورد کافی از PCI بخش بدست آید. این عدد برای ارزیابی سطح پروژه با استفاده از منحنی های نشان داده شده در شکل (۴) تعیین می شود.

$$n = \frac{N \times s^2}{(e^2/4)(N-1) + s^2} \quad (1)$$

N: تعداد کل واحدهای نمونه در قسمت روسازی

e: خطای مجاز در تخمین PCI (در ساخت منحنی های شکل ۲ برابر ۵ تنظیم شده است)

S: انحراف استاندارد PCI بین واحدهای نمونه در بخش



شکل ۴: انتخاب حداقل تعداد واحدهای نمونه (Shahin et al. ۱۹۷۶-۸۴)

۳-۴- انتخاب واحدهای نمونه برای بازرسی و محاسبه PCI

واحدهای نمونه مورد بازرسی باید به طور مساوی در کل قسمت ها مشخص شده و مورد بررسی قرار می گیرند و واحد اول باید بصورت تصادفی انتخاب شود. این روش، به "تصادفی سیستماتیک" معروف است. در ارزیابی محوطه دانشگاه، نمونه ها پس از تغییر نوع، شدت، و گستردگی خرابیهای موجود با استفاده از ابزار و بصورت مشاهده ای تکمیل و ثبت گردید. با توجه به شدت خرابی به ترتیب شماره کد خرابی و شدت آن ثبت و سپس مورد ارزیابی قرار گرفت. مطالعات در جاده ۱۰ کیلومتری انجام شده است. یک واحد نمونه برای جاده ها دارای روسازی آسفالت 230 ± 90 متر مربع است. در نتیجه، مساحت 240 متر مربع و عرض جاده 6 متر در نظر گرفته شد.

۴- نتایج و بحث

مقدار PCI نمونه های اضافی در جدول ۳ آمده است. با جایگزینی اعداد در روابط (۲) و (۳) تعداد N بدست آمده برابر 250 بخش است.

$$n = \frac{N \cdot S^2}{\left(\frac{e^2}{\epsilon}\right)(N-1) + S^2} \quad (2)$$

$$i = \frac{N}{n} \quad (3)$$

بدین ترتیب، نمونه های تصادفی عبارتند از:

۲، ۲+(i)۱۶ = ۱۸، ۱۸+۱۶ = ۳۴... ۵۰، ۶۶، ۸۲، ۹۸، ۱۱۴، ۱۳۰، ۱۴۶، ۱۶۲، ۱۷۸، ۱۹۴، ۲۱۰، ۲۲۶، ۲۴۲.

پس از جمع آوری داده ها، برای محاسبه PCI کل از رابطه شماره (۴) استفاده می شود:

$$PCI_f = \frac{(N-A)}{N} PCI_1 + \frac{A}{N} PCI_2 \quad (4)$$

که:

PCI_f : بخش از PCI روسازی

PCI_1 : متوسط نمونه های تصادفی

PCI_2 : متوسط نمونه های اضافی

N: تعداد کل نمونه ها

A: تعداد نمونه های اضافی بازرسی شده

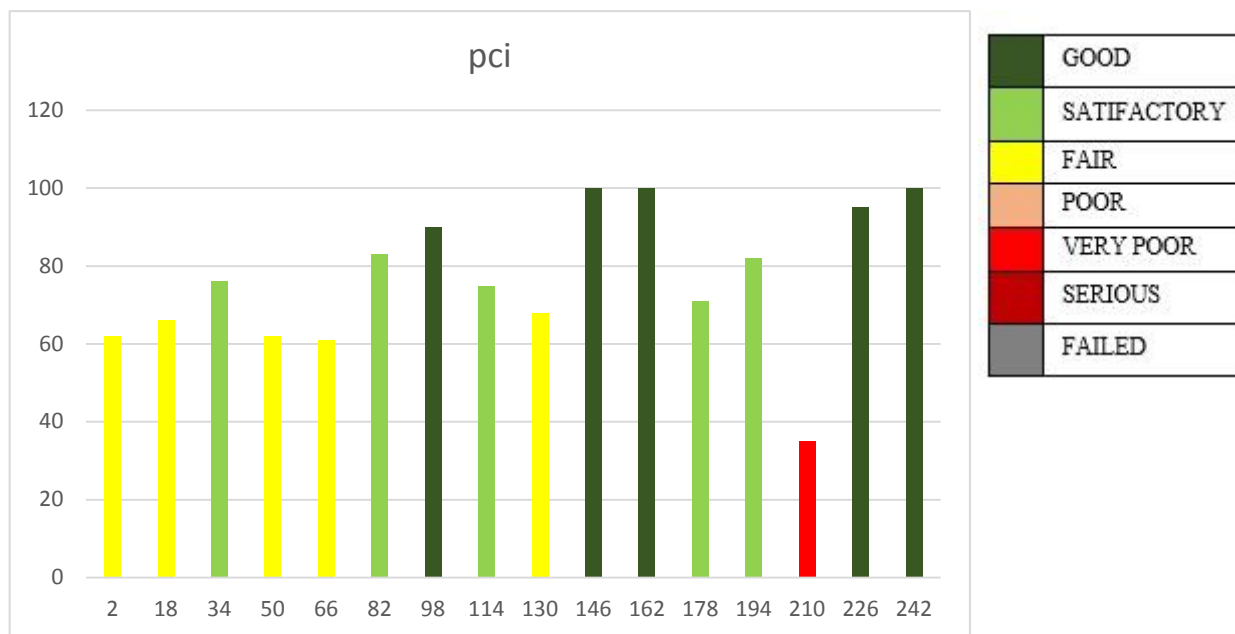
جدول ۳: میزان PCI نمونه های اضافی

NO.	Sample No	PCI	Rating
۱	A	۴۵	Poor
۲	B	۸۰	Satisfactory
۳	C	۵۶	Fair
۴	D	۳۳	Very poor
۵	E	۶۳	Fair
۶	F	۷۰	Fair
۷	G	۵۰	Poor
۸	H	۸۴	Satisfactory
۹	I	۸۱	Satisfactory
۱۰	J	۹۱	Good
۱۱	K	۴۸	Poor
۱۲	L	۷۱	Satisfactory
۱۳	M	۱۰۰	Good
۱۴	N	۱۰۰	Good
Average PCI of sections		۶۹.۴	Fair

شکل ۵، نمودار وضعیت روسازی دانشگاه را نشان می دهد. PCI بدست آمده عدد ۸۰.۶۳ می باشد، که طبق جدول شماره (۱) بیانگر آن است که روسازی در وضعیت "رضایت بخش" قرار دارد.

در این مطالعه، داده ها بصورت روش مشاهده ای جمع آوری گردید و بر اساس شاخص وضعیت روسازی راه (PCI) و مطابق با استاندارد ASTM D6433 انجام شد. مسیر مورد مطالعه به ۱۶ بخش تقسیم بندی گردید. مشاهده ۹ نوع از انواع خرابی های روسازی در مسیر

مورد بررسی، از روش (PCI) نشان می‌دهد که پنج بخش از جاده در وضعیت خوب، چهار بخش در وضعیت رضایت بخش، شش بخش در وضعیت مناسب، یک بخش در وضعیت نامناسب و یک بخش جاده در وضعیت خیلی ضعیف قرار دارد. در حالت کلی، ۱۵ بخش از ۱۶ بخش جاده در وضعیت پایدار قرار دارند. به طور کلی نتیجه عدد PCI بدست آمده برابر با ۸۰.۶۳ درصد است. بیانگر آن است که جاده مورد بررسی در شرایط رضایت بخش قرار دارد. تجزیه و تحلیل نشان می‌دهد که مقاطع روسازی از نظر ساختاری برای ترافیک ایجاد شده مناسب هستند، اما به دلیل قدیمی بودن سنگ فرش ها، پیشنهاد می‌شود که برای آینده روسازی جدید جایگزین روسازی فعلی شود.



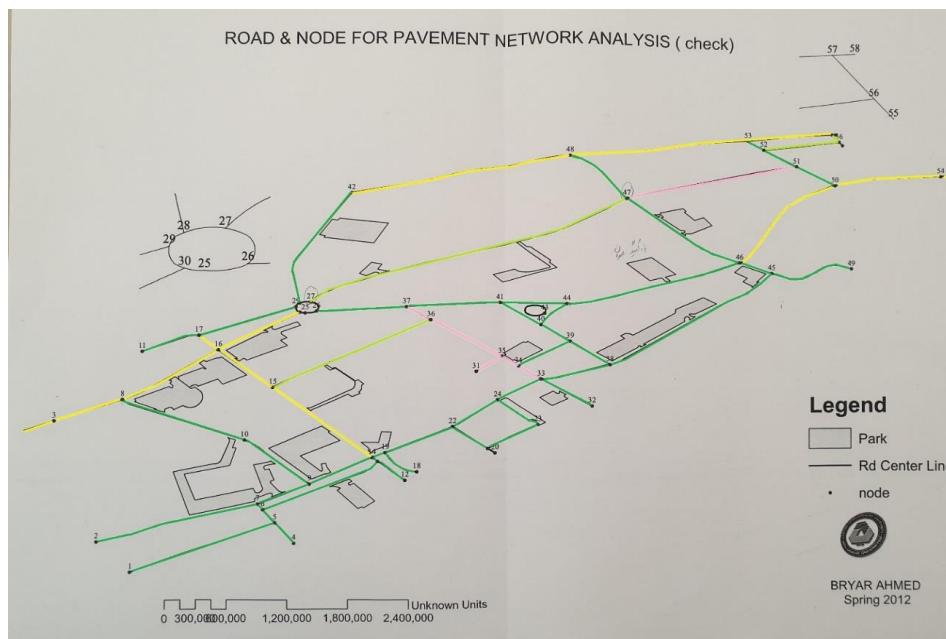
شکل ۵: نمودار میله ای وضعیت روسازی دانشگاه EMU بر اساس شاخص PCI

در حالت کلی با توجه نوع ترافیک عبوری از قبیل تردد اتوبوسها به عنوان سرویس های دانشگاهی و وسایل نقلیه شخصی عبوری در محوطه دانشگاه و همچنین وجود هوای گرم و مرطوب در کشور قبرس شمالی، انواع خرابی ها از قبیل ترک پوست سوسماری، وصله و کنده کاری، ترک بلوکی، ترک خوردگی طولی و عرضی، شیار شدگی و روزدگی قیر دیده شده است. از میان خرابی های فوق، خرابی های وصله و کنده کاری، پوست سوسماری و ترک های طولی و عرضی به عنوان شدیدترین خرابی های موجود ارزیابی گردید، که اشکال بخشی از خرابی ها و رنگ بندی مسیر با استفاده از شاخص PCI در شکل های ۶ و ۷ قابل مشاهده است.





شکل ۶: قسمتی از خرابی های موجود در محوطه دانشگاه مدیترانه شرقی



شکل ۷: رنگ بندی مسیر با استفاده از شاخص PCI

۵- نتیجه گیری

این مقاله به بررسی انواع خرابی‌های روسازی آسفالتی و ارزیابی آنها در محوطه دانشگاه مدیترانه شرقی EMU کشور قبرس شمالی پرداخته است. در روسازی‌های آسفالتی ممکن است انواع مختلفی از خرابی ظاهر شود که این خرابی‌ها می‌توانند در نهایت منجر به گسیختگی آن شوند. شرایط محیطی و نوع ترافیک عبوری از عوامل مهم تعیین کننده نوع خرابی است که ممکن است در روسازی مورد نظر ظاهر شود. اهم نتایج حاصل از این مطالعه به شرح زیر است:

۱. ارزیابی خرابی‌های روسازی سایت مورد نظر نشان داد، پنج بخش از جاده در وضعیت خوب، چهار بخش در وضعیت رضایت بخش، شش بخش در وضعیت مناسب، یک بخش در وضعیت نامناسب و یک بخش جاده در وضعیت خیلی ضعیف قرار دارد. در حالت کلی، ۱۵ بخش از ۱۶ بخش جاده در وضعیت پایدار قرار دارند.
۲. عدد PCI بدست آمده برابر با ۸۰.۶۳ درصد است، که بیانگر قابل قبول بودن وضعیت روسازی است.
۳. روسازی‌هایی که در معرض رطوبت و گرما قرار دارند به سرعت دچار اضمحلال شده و از بین می‌روند. وجود هوای گرم و مرطوب در کشور قبرس شمالی، باعث ایجاد خرابی روزدگی قیر و ترک بلوکی در اکثر مسیرهای مورد مطالعه شده است.
۴. با توجه به تردد اتوبوسها به عنوان سرویس‌های دانشگاهی و وسایل نقلیه شخصی عبوری در محوطه دانشگاه، متداولترین و فراوانترین خرابی‌های رخ داده شده از نوع ترک پوست سوسماری، موج زدگی و شیار شدگی هستند.
۵. با بررسی داده‌ها، خرابی‌های وصله و کنده کاری، پوست سوسماری و ترک‌های طولی و عرضی به عنوان شدیدترین خرابی‌های رخ داده شده، ارزیابی شدند.

منابع

- AASHTO (۱۹۹۰). Guidelines for Pavement Management Systems. Washington, D.C.
- AASHTO (۱۹۹۳). AASHTO guide for design of pavement structures ۱۹۹۳, AASHTO, Washington, D.C.
- ASTM D ۶۴۳۳-۰۷ (۲۰۰۷). Standard Practice for Roads and Parking Lots Pavement Condition Index Surveys, West Conshohocken, PA.
- Ahmed, GH, (۲۰۱۳). Developing of Pavement Management System (PMS) for EMU Campus Pavement in GIS Environment.
- Bryce, J.; Boadi, R.; Groeger, J. (۲۰۱۹). "Relating Pavement Condition Index and Present Serviceability Rating for Asphalt-Surfaced Pavements". Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board. ۲۶۷۳ (۳): ۳۰۸-۳۱۲. Doi: ۱۰.۱۱۷۷/۰۳۶۱۱۹۸۱۱۹۸۳۳۶۷۱.
- Carey, W. N., & Irick, P. E. (۱۹۶۰). "The Pavement Serviceability Performance Concept." Highway Research Bulletin ۲۵۰, Highway Research Board, Washington, D.C., ۴۰-۵۸.
- Donny A. Putra^۱, Mamok Suprpto, (۲۰۱۸), Assessment of the road based on PCI and IRI roadroid measurement.

Donny A. Putra and Mamok Suprpto, (۲۰۰۶), a PCI-Based Evaluation Method for Level of Services for Traffic Operational Systems.

Eastern Mediterranean University. About EMU, accessed on October ۱۰, ۲۰۱۲, from <http://emu.edu.tr/aboutemu/emuhistory.aspx> Eastern Mediterranean University Strategic Plan ۲۰۱۲-۲۰۱۵. Famagusta: North Cyprus, V.۲.

ESRI. Raster Image Processing Tips and Tricks-Part ۱: Georeferencing, accessed on December ۱۰, ۲۰۱۲, from <http://blogs.esri.com/esri/arcgis/۲۰۱۰/۱۰/۱۹/georef۱>.

Federal Highway Administration (۲۰۰۳). Distress Identification Manual for the Long Term Pavement Performance Program, No. FHWA-RD-۰۳-۰۳۱, FHWA.

<<https://www.fhwa.dot.gov/publications/research/infrastructure/pavements/ltpa/reports/۰۳۰۳۱/۰۳۰۳۱.pdf>> (Nov. ۰۲, ۲۰۱۵).

Gillespie, T. D., Sayers, M. W., & Segel, L. (۱۹۸۰). Calibration of Response-type Road Roughness Measuring System. NCHRP, Report ۲۲۸, Transportation Research Board, Washington, D. C.

GoogleMaps.Map Eastern Mediterranean University, accessed on November ۲۰, ۲۰۱۲, from, <http://maps.google.com/maps?hl=en&q=map/۲۰eastern/۲۰mediterranean/۲۰university&biw=۱۱۶۳&bih=۵۸۵&um=۱&ie=UTF-۸>.

Haas, R., Hudson, W. R., & Zaniewski, J. (۱۹۹۴). Modern Pavement Management, Krieger Publishing Company, Malabar, FL.

Karim, M.A., Haleem Rubasi, K., A and Abdo, A, (۲۰۱۶). The Road Pavement Condition Index (PCI) Evaluation and Maintenance: A Case Study of Yemen.

Madanat, S. M. (۱۹۹۳). "Incorporating Inspection Decisions in Pavement Management." Transportation Research B, Vol. ۲۷B, pp. ۴۲۵-۴۳۸.

Siswanto, H. Supriyanto, H., Pranoto. Megy Putra, Y. A., and Huda, A. S. (۲۰۱۸). Evaluation of Road Maintenance Priority Using PCI and Road Note ۱ for Indonesian District Roads.

"Piryonesi, S. M., & El-Diraby, T. (۲۰۱۸). Using Data Analytics for Cost-Effective Prediction of Road Conditions: Case of the Pavement Condition Index, No. FHWA-HRT-۱۸-۰۶۵. United States. Federal Highway Administration. Office of Research, Development, and Technology". Archived from the original on ۲ February ۲۰۱۹.

Piryonesi, S. M. (۲۰۱۹). The Application of Data Analytics to Asset Management: Deterioration and Climate Change Adaptation in Ontario Roads (Doctoral dissertation).

Piryonesi, S. Madeh; El-Diraby, Tamer E. (۲۰۲۰-۰۹-۱۱). "Examining the Relationship between Two Road Performance Indicators: Pavement Condition Index and International Roughness Index". Transportation Geotechnics: ۱۰۰۴۴۱. Doi: ۱۰.۱۰۱۶/j.trgeo.۲۰۲۰.۱۰۰۴۴۱ – via Elsevier Science Direct.

Prozzi, J. A. (۲۰۰۱). "Modeling Pavement Performance by Combining Field and Experimental Data." Ph.D. Dissertation, University of California, Berkeley.

Tang, S., & Wang, F. Y. (۲۰۰۶). A PCI-based evaluation method for level of services for traffic operational systems. IEEE Transactions on intelligent transportation systems, ۷(۴), ۴۹۴-۴۹۹.

Setijowarno, D., dan Frazila, R. B. Pengantar Rekayasa, (۲۰۰۳). Dasar Transportasi. Bandung: Jurusan Teknik Sipil Universitas Katolik Soegijapranata

Suswandi. A. Evaluasi Tingkat Kerusakan Jalan dengan, (۲۰۰۸). Methode Pavement Condition Index (PCI). Forum Teknik Sipil No. XVIII/.

Shahin, M. Y., & Kohn, S. D. (۱۹۷۹). Development of a Pavement Condition Rating Procedure for Roads, Streets and Parking Lots. Department of the Army, Construction Engineering Research Laboratory, Technical Report M-۲۶۸, Champaign, IL.

Shahin M. Y. (۱۹۹۴). "Analyzing Consequences of Pavement Maintenance & Rehabilitation Budget Scenario", TRB NO. ۱۴۵۵.

Shahin M.Y., & Walther J.A. (۱۹۹۰). Pavement Maintenance Management for Roads and Streets using the PAVER System. USACERL Technical Report M-۹۰/۰۵, Department of the Army, Construction Engineering Research Laboratory, Champaign, IL.



Investigation of the effect of different nanoparticles on the properties of factory cold mix asphalt produced with emulsion bitumen

Hadi Azizi^{۱*}, Hasan divandari^۲

^۱- Department of Civil Engineering, Ayatollah Amoli Branch, Islamic Azad University, Amol, Iran
Email: Hadi.azizi@yahoo.com

^{۲*}- Department of Civil Engineering, Nowshahr Branch, Islamic Azad University, Nowshahr, Iran
Email: h.divandari@gmail.com

ABSTRACT

Recently, with the advent of nanotechnology and the manufacture of nanoparticles, a huge change has taken place in the functional demands of materials. The role of the pavement surface layer, which is made of asphalt mixtures, in the performance of pavements is inevitable. The use of nanotechnology in the construction of transportation infrastructure is roughly equivalent to the human effort to send humans to the moon in the ۱۹۶۰s. In ۲۰۰۵, the idea of building asphalt for highways that could repair themselves seemed far-fetched to many. Therefore, the asphalt industry still needs a transformation so that people can see the possibilities of nanotechnology and understand its benefits. Due to the compositional nature of the asphalt mix, the potential for improvement in the mechanical properties of asphalt using nanotechnology is very important. Modification of nanomaterials began with engineering changes in the molecular structure of asphalt with the aim of influencing the properties of these materials. Nanoscale modifiers can react with bitumen to change the chemical and molecular structure of the bitumen, which can lead to better asphalt performance. In recent years, the use of nanoparticles in changing the behavioral and chemical properties of asphalt has been considered by researchers and researchers have conducted numerous experiments to study these properties in order to improve the properties of asphalt mixtures made with nanoparticles, but this science still needs To more extensive research in order to achieve more comprehensive and accurate results. This paper reviews the studies on the effect of different nanoparticles on the production of cold asphalt in factories produced with emulsion bitumen.

Keywords: Nanotechnology, Catalytic reaction, Asphalt industry, Molecular structure



www.cpjournals.com

نشریه عمران و پروژه
Civil & Project Journal (CPJ)

بررسی اثر نانو ذرات مختلف بر خصوصیات آسفالت سرد کارخانه‌ای تولید شده با قیر امولسیون

هادی عزیزی^{۱*}، حسن دیوانداری^۲

۱- گروه مهندسی عمران، واحد آیت الله آملی، دانشگاه آزاد اسلامی، آمل، ایران

Hadi.azizi@yahoo.com

۲ گروه مهندسی عمران، واحد نوشهر، دانشگاه آزاد اسلامی، نوشهر، ایران

h.divandari@gmail.com

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۱۲/۰۹

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۱/۲۵

چکیده

اخیرا با ظهور فناوری نانو و ساخت نانوذرات تحولی عظیم در خواص عملکردی مصالح ایجاد شده است. نقش لایه رویه روسازی ها که از جنس مخلوطهای آسفالتی می باشد در عملکرد روسازی ها غیر قابل اجتناب می باشد. استفاده از فناوری نانو در ساخت زیربناهای مربوط به حمل و نقل، تقریباً معادل با تلاش بشر برای فرستادن انسان به ماه در سال ۱۹۶۰ است. در سال ۲۰۰۵ ایده ساخت آسفالتی برای بزرگراه‌ها که بتوانند خودشان را تعمیر کنند برای بسیاری دور از ذهن به نظر می‌رسید. بنابراین هم اکنون نیز صنعت آسفالت به یک تحول نیاز دارد تا مردم بتوانند امکانات فناوری نانو را دیده و مزایای آن را درک کنند. با توجه به ماهیت ترکیبی مخلوط آسفالت، پتانسیل بهبود در خصوصیات مکانیکی آسفالت با استفاده از فناوری نانو بسیار مهم است. اصلاح نانو مواد با تغییرات مهندسی در ساختار مولکولی آسفالت با هدف تاثیر بر خصوصیات این مواد آغاز شد. اصلاح کننده های مقیاس نانو می توانند با قیر واکنش دهند و موجب تغییر شیمیایی و ساختار مولکولی قیر شوند که این واکنش کاتالیستی می تواند موجب عملکرد بهتر آسفالت شود. در سال های اخیر نیز استفاده از نانوذرات در تغییر خصوصیات رفتاری و شیمیایی آسفالت مورد توجه محققان قرار گرفته است و پژوهشگران با آزمایشات متعدد در بررسی این خصوصیات به منظور بهبود خواص مخلوط آسفالتی ساخته شده با نانو ذرات می باشند اما همچنان این علم نیاز به پژوهش های گسترده تری به منظور دستیابی به نتایج جامع تر و دقیق تری دارد. این مقاله به بررسی مطالعات صورت گرفته بر روی اثر نانو ذرات مختلف در تولید آسفالت سرد کارخانه ای تولید شده با قیر امولسیون می پردازد.

کلمات کلیدی: فناوری نانو، واکنش کاتالیستی، صنعت آسفالت، ساختار مولکولی

۱- مقدمه

استفاده از فناوری نانو از سال ۱۹۹۰ در علوم مختلف مانند محیط زیست، انرژی، بیوتکنولوژی و غیره افزایش یافته است (یو و همکاران، ۲۰۰۹^۱؛ کوپلند و همکاران، ۲۰۱۱^۲؛ شفیع و همکاران، ۲۰۱۱^۳؛ ترونس ستا و همکاران، ۲۰۲۰^۴). امروزه نیز استفاده از فناوری نانو به یک مزیت بزرگ در بین محققین، مهندسين و عموم مردم تبدیل شده است (زو و همکاران، ۲۰۰۴^۵؛ سوبولف و همکاران، ۲۰۰۶^۶؛ شو و همکاران، ۲۰۰۷^۷؛ سالرنو و همکاران، ۲۰۰۸^۸؛ تگارت، ۲۰۰۹^۹). به طور کلی هدف از استفاده فناوری نانو، ساخت اشیاء از طریق درک و کنترل بر روی اجزای تشکیل دهنده ی ساختار همه ی اشیاء فیزیکی (یعنی اتم، مولکول و نانو ساختارها) می باشد که این تکنولوژی تاثیر زیادی بر روی زندگی در طی چند دهه آینده خواهد داشت. از این رو فناوری نانو به سرعت در حال ظهور به عنوان انقلاب صنعتی در قرن ۲۱ می باشد (زو و همکاران، ۲۰۰۴^{۱۰}؛ گلن، ۲۰۰۶^{۱۱}؛ ممالیس، ۲۰۰۷^{۱۲}) و به احتمال زیاد فناوری نانو روش طراحی و ساخت اشیاء را تقریباً تغییر خواهد داد (شفیع و همکاران، ۲۰۱۱^{۱۳}؛ ترونس ستا و همکاران، ۲۰۲۰^{۱۴}). نانوذرات ترکیباتی در مقیاس نانو (nm ۱-۱۰۰) می باشند که دارای خواص ویژه ای از جمله سطح ویژه بالا و گروه های عاملی مناسب جهت اتصال با سایر ترکیبات هستند (شو و همکاران، ۲۰۰۷^{۱۵}؛ سالرنو و همکاران، ۲۰۰۸^{۱۶}). تا کنون نیز به منظور تهیه و استفاده از این ذرات تلاش های بسیار زیادی صورت گرفته است. اولین بار نانوکامپوزیت پلی آمید رس با کیفیت بسیار خوبی در مرکز تحقیقات تویوتا تهیه شد، پس از آن نانوکامپوزیت پایه پلیمر در دانشگاه و صنعت مورد استفاده قرار گرفت (یو و همکاران، ۲۰۱۱^{۱۷}). در آسفالت نیز این ذرات به شکل های مختلفی مانند مایع، شبه جامد و یا جامد مورد استفاده قرار می گیرد. آسفالت که مخلوط پیچیده ای با رنگ مشکی و یا تیره می باشد و شامل آسفالت سرد و گرم است، از هیدروکربن هایی با وزن مولکولی متفاوت و مشتقات غیر فلزی تشکیل شده است (پلاتی و همکاران، ۲۰۱۹^{۱۸}؛ ژنگ و همکاران، ۲۰۲۰^{۱۹}؛ آرتلی و همکاران، ۲۰۲۰^{۲۰}). مخلوط های آسفالت سرد کارخانه ای با امولسیون قیری یا آسفالت سرد پیش ساخته، مخلوطی از مصالح سنگی گرم نشده و امولسیون قیری می باشد که در کارخانه آسفالت تولید می گردد. آسفالت سرد پیش ساخته را می توان بلافاصله پس از تولید، در سطح راه پخش یا آن را برای مدتی در کارگاه انبار نمود. به واسطه این ویژگی، مخلوط آسفالتی سرد کارخانه ای را می توان در مسافت های طولانی حمل و پخش نمود. این مخلوط ها ممکن است برای اساس قیر، آستر، رویه، تراز نمودن، تعریض و لایه های روکش استفاده شوند و به ویژه برای ارتقای درجه و تقویت روسازی های با ضخامت کم به کار می روند (سانتاوچی و هایاشیدا، ۱۹۸۳^{۲۱}). از مزایای مهم مخلوط های آسفالت سرد کارخانه ای با امولسیون قیری نسبت به مخلوط های آسفالت گرم می توان به مقرون به صرفه بودن، میزان تولید بالای این مخلوط ها، غیر آلاینده بودن، ایمنی در نواحی با خطر آتش سوزی زیاد مثل جنگل ها و مراتع اشاره نمود (رهنمودهای باز یافت سرد در محل، ۱۹۹۱^{۲۲}). به منظور تهیه مخلوط های آسفالت سرد کارخانه ای می توان از کارخانه های تولید آسفالت به روش مرحله ای یا پیوسته استفاده نمود (توربجون و همکاران، ۲۰۲۰^{۲۳}). ملزومات کارخانه آسفالت سرد به کیفیت و نوع مخلوط آسفالت که قرار است تولید شود، وابسته است که به طور معمول کارخانه آسفالت سرد شامل مخلوط کن، مخزن ذخیره، وسیله اندازه گیری، لوله های ارتباطی و تجهیزات پاشش امولسیون قیری، لوله های تغذیه آب، کنترل هایی برای تنظیم و ثبت اجزای مختلف، دستگاه تنظیم و توزین مصالح سنگی مختلف، سیستم تسه نقاله، مخازن مصالح سنگی، سرندهای لرزنده و مخازن ذخیره مخلوط آسفالت است (فلیس جولیان و همکاران، ۲۰۰۴^{۲۴}؛ توربجون و همکاران، ۲۰۲۰^{۲۵}). به طور معمول آسفالت، ماده چسبنده آلی است که جهت ضد آب سازی، مقاوم سازی

^۱ Yu et al^۲ Copeland et al^۳ Shafii et al^۴ Terrones-Saeta et al^۵ Zhu et al^۶ Sobolev et al^۷ Shoo et al^۸ Salerno et al^۹ Tegart^{۱۰} Glenn^{۱۱} Mamalis^{۱۲} Plati et al^{۱۳} Zheng et al^{۱۴} Artley et al^{۱۵} Santaucci and Hayashida^{۱۶} Torbjörn et al

نسبت به رطوبت و مشتقات فلزی مورد استفاده قرار می‌گیرد. اصلاح آسفالت پایه نیازمند ارتقای کیفیت مواد آن می‌باشد که این افزایش کیفیت شامل بهبود چسبندگی، میزان حساسیت به دما، ویژگی‌های اصطکاک، مقاومت در برابر اکسیداسیون و فرسودگی، میزان دوام و پایداری آن است (کوتریل و دریبل،^{۱۷} ۲۰۱۵؛ شانبرا و همکاران،^{۱۸} ۲۰۱۸؛ دی کامپوز و همکاران،^{۱۹} ۲۰۱۹؛ رودریگز-فرناندز و دیگران،^{۲۰} ۲۰۲۰؛ لانگوان و همکاران، ۲۰۲۰). امروزه نانو ذرات به تدریج زمینه ورود فناوری نانو به منظور بهبود خصوصیات آسفالت را فراهم کرده است. در آگوست سال ۲۰۰۶ یک کارگاه آموزشی با هدف استفاده از فناوری نانو برای ارتقای آسفالت در بنیاد ملی علوم آمریکا (NSF) برگزار شد که علوم نانو مواد آسفالت در این کارگاه معرفی گردید (لانگوان و همکاران،^{۲۱} ۲۰۲۰). نتایج این کارگاه نشان داد که علوم و فناوری نانو می‌تواند منجر به ارتقای فناوری آسفالت گردد. استفاده از ذرات نانو شامل رزین، لاستیک، پلیمرها، سولفور، کمپلکس فلزی، فیبرها و افزودنی‌های نانو پلیمر مختلفی به منظور بهبود خصوصیات آسفالت گرم مورد استفاده قرار می‌گیرد (دی کامپوز و همکاران، ۲۰۱۹؛ رودریگز-فرناندز و دیگران، ۲۰۲۰) اما مطالعات بسیار محدودی در زمینه استفاده از این فناوری در تولید آسفالت سرد کارخانه-ای تولید شده با قیر امولسیون انجام شده است. در این مقاله مروری، اثر ذرات نانو مختلف در تولید آسفالت سرد کارخانه‌ای تولید شده با قیر امولسیون مورد بررسی قرار گرفت.

۲- فناوری نانو

فناوری نانو در علوم و مهندسی برای طراحی و ساخت مواد در مقیاس نانو، ترکیب، شناسایی و کاربرد مواد و دستگاه‌هایی که کوچکترین سازمان عملکردی آنها حداقل در یکی از ابعاد در مقیاس نانو که یک میلیاردم از متر است، کاربرد دارد (یو و همکاران، ۲۰۰۹؛ کوپلند و همکاران، ۲۰۱۱؛ شفیع و همکاران، ۲۰۱۱). به طور کلی، ذرات نانو دارای ساختار کروی، ورقه‌ای، میله‌ای و یا خوشه‌ای می‌باشند. تعداد اتم‌های موجود در یک خوشه تا حد زیادی به منظور افزایش قطر افزایش پیدا می‌کند. در مجموع در یک خوشه به قطر ۱ نانومتر ۱۳ اتم وجود دارد و در یک خوشه به قطر ۱۰۰ نانومتر می‌تواند بیش از ۱۰۷ اتم قرار گیرد. خوشه‌ها ممکن است یک ساختار متقارن داشته باشند و یا اینکه ممکن است شکل نامنظم و یا غیر مشخصی داشته باشند (چن، ۲۰۰۶).

فناوری نانو اولین بار در سال ۱۹۷۴ توسط یک مهندس ژاپنی به نام نوریو تانیگوچینوریو تانیگوچی معرفی گردید (تانیگوچی،^{۲۳} ۱۹۷۴). وی دقت ساخت قطعات در محدوده ۱ تا ۱۰۰ نانومتر را توصیف نمود. این فناوری در اصل یک تکنولوژی جدید می‌باشد که فراتر از کنترل مواد و مهندسی در مقیاس میکرومتر است. سپس در سال ۱۹۸۱، درکسلر به یک رویکرد جدید از ریز ذرات اشاره نمود که بیشتر مربوط به معنا و برنامه‌های کاربردی امروز است (درکسلر،^{۲۴} ۱۹۸۱). در این بین محققین زیادی برای دستکاری اتم به اتم، مولکول به مولکول و یا هر بلوک ساختاری نسبتاً ساده دیگر و سازماندهی آنها برای رسیدن به ساختار قابل اجراء از ابزار گسترده و پیچیده‌ای استفاده نمودند که چنین رویکردی به طراحی فوق‌العاده زیبا با نام مونتاژ مولکولی ختم شد (زو و همکاران، ۲۰۰۴؛ سالرنو و همکاران، ۲۰۰۸؛ استین،^{۲۵} ۲۰۰۸؛ سانچز و سوبولف،^{۲۶} ۲۰۱۰؛ اسلام و میازاکی،^{۲۷} ۲۰۱۰؛ پاچکو و جلالی،^{۲۸} ۲۰۱۱). به طور کلی در مهندسی روسازی و عملیات ساخت مخلوط‌های آسفالتی، از میکرو ذرات یا اصلاح‌کننده‌ها با روش خشک یا مرطوب که یک روش معمول به منظور بهبود کارایی روسازی‌ها است، استفاده می‌کنند (میازاکی و اسلام، ۲۰۰۷؛ بیسترزجوسکاو همکاران،^{۲۹} ۲۰۰۹؛ یو و همکاران، ۲۰۱۱). با

^{۱۷} Cottrill and Derrible

^{۱۸} Shanbara et al

^{۱۹} De Campos et al

^{۲۰} Rodríguez-Fernández et al

^{۲۱} Langovan et al

^{۲۲} Chen

^{۲۳} Taniguchi

^{۲۴} Drexler

^{۲۵} Steyn

^{۲۶} Sanchez and Sobolev

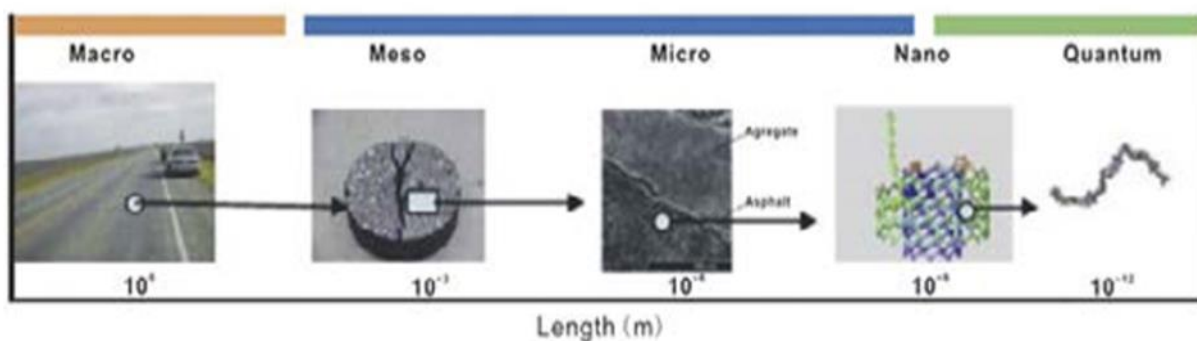
^{۲۷} Islam and Miyazaki

^{۲۸} Pacheco and Jalali

^{۲۹} Bystrzejewska

این حال، در سال های اخیر مهندسين و محققين تلاش های بسيار زيادی به منظور کشف عملکرد و خواص مخلوط های آسفالتی با استفاده از نانو مواد انجام داده اند. شکل ۱ سير تکاملی کاهش مقیاس طولی آسفالت را از مقیاس ماکرو به مقیاس مزو، میکرو، نانو و کوانتوم را نشان می دهد. همانطور که مشاهده می شود میکروساختار تعيين کننده خواص ماکرو می باشد (ميازاکی و اسلام، ۲۰۰۷؛ بیسترزجوسکاو همکاران، ۲۰۰۹؛ سانچز و سوبولف، ۲۰۱۰).

به طور کلی پژوهشگران از ابزارهای تکنیکی مناسب جهت تهیه نانو مواد یکنواخت و برای ایجاد پراکندگی یکنواخت آنها در ماتریکس آسفالت، استفاده می کنند. متأسفانه، نانو مواد به راحتی می تواند با هم تجمع کند که این امر موجب تفکیک نقطه های می شود. این نتایج در میکروساختارهای ناهموار کامپوزیت، منجر به انحراف میدان نیرو شده و در نهایت جنبه های مثبت نانو مواد را تحت تأثیر قرار می دهد، که گاهی منجر به اثرات مشخصه منفی می شود. نبود پراکندگی یکنواخت در نانو مواد افزوده شده برای دوره های طولانی (پایداری ضعیف)، منجر به تغییر تدریجی میکرو ساختار کامپوزیت چه در زمان حمل و نقل و ذخیره سازی و چه در زمان استفاده در راه، خواهد شد (ترونس ستا و همکاران، ۲۰۲۰).



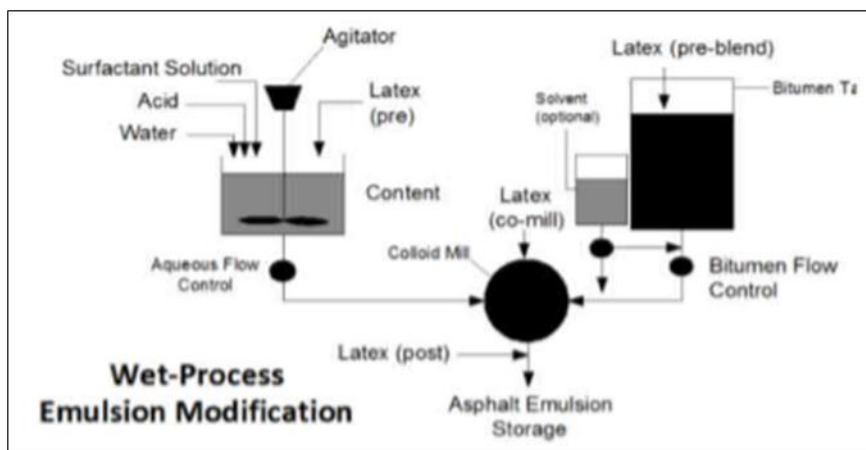
شکل ۱: سير تکاملی ابعاد مختلف آسفالت (ترونس ستا و همکاران، ۲۰۲۰)

۳- نانو ذرات مورد استفاده در بهبود عملکرد آسفالت

در تحقیقات اخیر پژوهشگران، از ذرات نانو به طور وسیعی، به منظور بهبود عملکرد روسازی، بخصوص در اصلاح مخلوط آسفالتی در روسازی انعطاف پذیر استفاده کرده اند. عمده تحقیقات به روز در مهندسی روسازی، در زمینه بهبود عملکرد قیر و مخلوط های آسفالتی، بیشتر مرتبط با اصلاح قیر و مخلوط آسفالتی با انواع مختلف نانو ذرات از قبیل نانو رس، نانو آهک هیدراته و نانو ذرات کربن است (یو و همکاران، ۲۰۰۹؛ آدری، ۲۰۱۱^{۳۰}؛ عبدالزهر، ۲۰۱۵^{۳۱}). مطالعات انجام شده نشان دادند که امولسیون قیر را می توان با مخلوط کردن اتصال دهنده آسفالت با آب حاوی ماده امولسیون با استفاده از آسیاب کلوئیدی یا سایر دستگاه های پراکندگی تولید کرد (توم، ۲۰۰۸^{۳۲}) که روش های تولید ممکن است روی خصوصیات امولسیون نهایی تأثیر بگذارد. گاهی اوقات در طی مراحل ساخت آسفالت سرد، نانو پلیمرهایی به قیر امولسیون اضافه می گردد تا امولسیون قیر اصلاح شده با نانو پلیمر را تولید کنند که دارای خواص بهتری در مقایسه با

^{۳۰} Audrey
^{۳۱} Abdelzaher
^{۳۲} Thom

امولسیون قیر معمولی می‌باشد. در شکل ۲ فرایند اصلاح قیر امولسیون در کارخانه با نانوپلیمر مشاهده می‌گردد (شفیعی و همکاران، ۲۰۱۱).



شکل ۲: فرایند اصلاح امولسیون قیر با نانوپلیمر در کارخانه (شفیعی و همکاران، ۲۰۱۱)

تا کنون ذرات نانو همچون پلی اتیلن (PE)، اتیلن ونیل استات (EVA)، لاستیک و کوپلیمر بلاک استایرن بونا دی ان استایرن (SBS) شناسایی شده اند. کوپلیمر بلاک استایرن بونا دی ان استایرن متخلخل و سبک است و قابلیت ارتجاعی و الاستیک در اثر حرارت رزین را دارد که این موضوع موجب کاربرد بسیار زیاد این نوع ذرات نانو شده است. برخی از رزین ها نیز مانند PE نسبتا ارزان هستند و از پلاستیک‌های بازیافتی حاصل می‌شوند و به طور مستقیم با آسفالت پایه مخلوط می‌شود. اما یکی از عمده‌ترین نقاط ضعف اصلاح‌کننده‌های پلیمری این است که از نظر ترمودینامیکی با آسفالت سازگاری ندارد که این موضوع به دلیل وجود اختلاف اساسی در چگالی، قطبی‌بودن، وزن مولکولی و انحلال‌پذیری میان پلیمر و آسفالت می‌باشد (توربجورن، ۲۰۰۲). ناسازگاری می‌تواند به لایه لایه شدن کامپوزیت در حین ذخیره سازی حرارتی منجر شود. این مشکل به سهولت ظاهر نمی‌شود ولی هنگامی که در ساخت به کار می‌رود، ماده را تحت تأثیر قرار می‌دهد که این مشکل در آسفالت سرد برطرف شده است. تاکنون مطالعاتی بر روی استفاده از نانولایه‌ها بر روی آسفالت پایه و آسفالت بهبود یافته با لاستیک استایرن بونا دی ان نیز انجام شده است. همچنین نانوساختارهای سیلیکا، تیتانیا و کربنات کلسیم نیز با ترکیب با لاستیک استایرن بونا دی ان بر روی آسفالت پایه مورد آزمایش قرار گرفت (فیلیس جولیان و سیلیوا راستلی، ۲۰۰۴؛ دیدیه، ۲۰۱۱؛ ژان پینگ، ۲۰۱۳). همچنین در مطالعات دیگری، تأثیر نانو مواد معدنی و نانو موادی مانند Fe_3O_4 و ZnO بر روی اصلاح آسفالت پایه و همچنین آسفالت به همراه لاستیک استایرن بونا دی ان بهبود خصوصیات آسفالت استفاده گردید. همچنین در این زمینه تأثیر خاک رس کائولین بر روی خصوصیات آسفالت اصلاح شده لاستیک استایرن بونا دی ان و کوپلیمر سه قطعه‌ای و خطی از استایرن اتیلن بوتادین استایرن نیز گزارش شده است (یو و همکاران، ۲۰۰۹؛ رسپریو و همکاران، ۲۰۰۸).^{۳۳} نتایج این مطالعات نشان داده است که مقاومت در برابر فرسودگی، ویژگی‌های رئولوژیکی و دمایی آسفالت اصلاح شده با ذرات نانو افزایش پیدا کرده است. لذا با افزودن این مواد نانو ذرات به آسفالت، طول عمر سرویس دهی راه آسفالت طولانی‌تر می‌شود. در مطالعه‌ای دیگری نیز تأثیر نانو رس‌ها بر روی ویژگی‌های رئولوژیکی لاستیک استایرن بونا دی ان اصلاح شده و آسفالت پایه مورد بررسی قرار گرفت. همچنین در مطالعه‌ای به بررسی تأثیر نانورس و

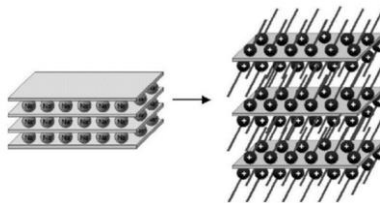
^{۳۳} Resperio et al

میکروفیبر کربنی بر روی آسفالت پرداختند که نتایج نشان داد که این مواد موجب بهبود ویژگی‌های مکانیکی و مقاومتی آسفالت در برابر آب می‌گردد (شنبارا و رودوک، ۲۰۱۸).

همچنین در یک مطالعه دیگر تاثیر پلیمرها و کامپوزیت پلیمر به منظور بهبود خصوصیات آسفالت مورد استفاده قرار گرفت که نتایج حاکی از بهبود خصوصیات آسفالت بود. و در چند مطالعه دیگر تاثیر قیر- پلیمر و نانو به صورت ترکیبی و همچنین رس بنتونیت و رس آلی بر روی آسفالت مورد استفاده گرفت و به تجزیه و تحلیل تاثیر بهبوددهنده ها بر ویژگی‌های رئولوژیکی آسفالت اصلاح شده پرداختند (لانگوان و همکاران، ۲۰۲۰). گروه پولاکوو نیز تاثیر نانو مواد لایه‌ای را بر روی آسفالت اصلاح شده با تاثیر نانومواد لایه را مطالعه نمودند و به بررسی خصوصیات ویسکوالاستیک و رئولوژیکی پرداختند. به‌طور کلی به علت آنکه روش‌های تهیه، ساخت نانومواد آلی در مقیاس نانو با استفاده از تکنیک‌های مرسوم، دشوار است. بنابراین، بهبوددهنده های پلیمری متداول، مانند نانو افزودنی های اصلاح آسفالت، به سهولت در دسترس نمی‌باشند. اما، نانومواد اکسید فلزی می توانند با روشی مناسب تهیه شوند (ترونس ستا و همکاران، ۲۰۲۰). بنابراین، احتمال استفاده از آن‌ها به عنوان افزودنی‌های آسفالت پایه بیشتر می باشد و روشی امیدبخش جهت بهبود آسفالت به حساب می آید. اگرچه قیمت زیاد و ویژگیهای نانومواد اکسید فلزی، جذابیت استفاده از آن‌ها را جهت بهبود خصوصیات آسفالت هم در زمینه تحقیق و هم در زمینه کاربرد آن‌ها، محدود می‌نماید. اما از لحاظ تئوری بسیاری از مواد اکسید فلز معدنی می‌توانند به صورت مواد نانومقیاس تهیه گردند (سانچز و سوبولف، ۲۰۱۰، اسلام و میازاکی، ۲۰۱۰، پاچکو و جلالی، ۲۰۱۱). در نهایت می‌توان از این نانومواد برای تشکیل نانوکامپوزیت‌هایی با آسفالت پایه، استفاده نمود. اما کلید موفقیت در به انجام چنین تحقیقاتی، یافتن سورفکتانتی می‌باشد که با نانو افزودنی‌ها و با آسفالت پایه سازگاری داشته باشد. مطابق تحقیقات انجام شده پرکاربردترین ذرات نانو که نقش بهبود دهنده را دارند، ذرات نانو رسی لایه لایه، مونت‌موریلونیت و مونت موریلونیت آلی می‌باشد.

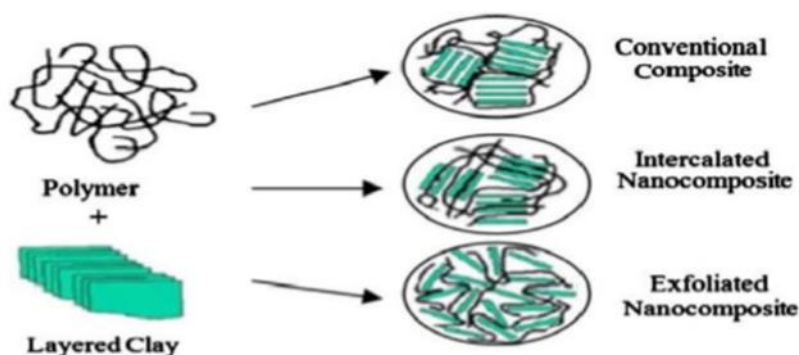
۱-۳- نانو رس

نانورس، خاک رسی است که به‌منظور ساخت خاک رس سازگاری با مونومرها و پلیمرهای کلی می‌تواند استفاده شود. جدایی صفحه‌های خاک رس از هم یکی دیگر از نتایج نانورس با یک سطح بزرگ فعال است. این نانو کامپوزیت ترکیبی از یک یا چند پلیمر با سیلیکات لایه ای است. خلوص خاک رس می‌تواند خواص نانوکامپوزیت نهایی را تحت تاثیر قرار دهد. خاک رس بیشتر از آلومینا- سیلیکات تشکیل شده است، که از یک ساختار لایه لایه تشکیل شده است و شامل چهار وجهی سیلیکا و آلومینا هشت وجهی است که در روش‌های متفاوت پیوند مختلفی دارد. همانطور که گفته شد یکی از پرکاربردترین ذرات نانو که نقش بهبود دهنده را دارند، مونت‌موریلونیت است. پداری یک ساختار لایه لایه با دو چهار وجهی سلیس و یک هشت وجهی آلومینا است. ضخامت لایه‌های مونت مریلونیت ۱ نانومتر است که دارای یک سطح بزرگ فعال است که بسته به نوع مواد مخلوط شده می‌تواند بین قیر آن مواد واکنش ایجاد کند. معمولاً مونت مریلونیت به دلیل سازگاری با محیط زیست، دسترسی آسان، تجزیه و تحلیل بالای ساختار و شیمی آن، مورد استفاده قرار می‌گیرد (غیل، ۲۰۰۶؛ جهرمی و خدایی، ۲۰۰۹؛ یاراحمدی و همکاران، ۲۰۱۰) در شکل ۳ فرایند اصلاح سطح نانو رس نشان داده شده است که انتخاب مناسب خاک رس اصلاح‌شده به منظور اطمینان از نفوذ موثر پلیمر به فاصله بین لایه‌های خاک رس و ورقه ورقه شدن ضروری می‌باشد (یاراحمدی و همکاران، ۲۰۱۰).



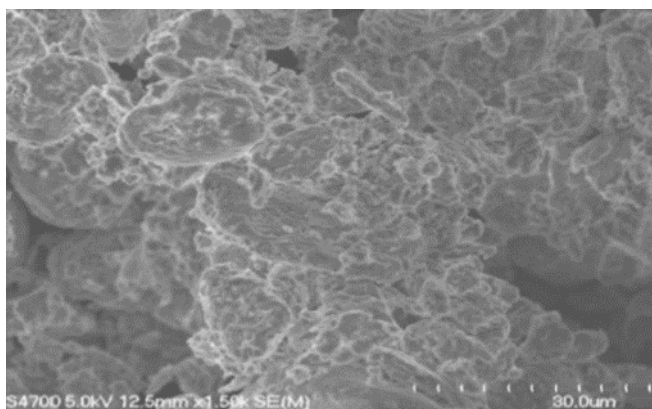
شکل ۳: اصلاح سطح نانو رس (یاراحمدی و همکاران، ۲۰۱۰)

در شکل ۴ نانو کامپوزیت جدا شده و ورقه ورقه شده را نشان می‌دهد. جزء آلی قرار گرفته میان لایه‌های خاک رس فاصله‌ی میان لایه‌ها را افزایش داده است، اما هنوز لایه‌ها یک ارتباط فضایی خوب با یکدیگر دارا است. در یک ساختار ورقه‌ای، لایه‌هایی از خاک رس بطور کامل از هم جدا شده و لایه‌های تکی در سراسر ماتریس (ساختار) آلی توزیع می‌شوند. به‌منظور رسیدن به پراکندگی خوب، نیروهای مکانیکی به تنهایی کافی نمی‌باشد. بلکه یک نیروی محرکه ترمودینامیکی به‌منظور جدا کردن لایه‌ها به ورقه‌های سیلیکات اولیه نیاز است. این نیروی محرکه ترمودینامیکی که با قرار دادن یک پوشش خاص معروف به سورفاکتانت در هر یک از لایه‌های فردی بوجود می‌آید (چانگ و همکاران، ۲۰۱۱). مولکول‌های سورفاکتانت فاصله‌ی بین لایه‌ها را افزایش می‌دهد. علاوه بر این، آن‌ها می‌توانند سازگاری با پلیمر را بهبود دهند و می‌توانند اتصال نانو رس را افزایش دهند زیرا آن‌ها می‌توانند با پلیمر مخلوط شوند (غیل، ۲۰۰۶؛ میازاکی و اسلام، ۲۰۰۷؛ جهرمی و خدایی، ۲۰۰۹).



شکل ۴: نانو کامپوزیت جدا شده و ورقه ورقه شده (جهرمی و خدایی، ۲۰۰۹)

مطالعات بسیاری بر روی عملکرد قیر و مخلوط آسفالتی اصلاح شده با نانو رس صورت گرفته است، زیرا آن از ذرات سازگار و با خلوص بالای مونت مریلونیت تشکیل گردیده است. بسیاری از محققین از نانو رس در محدوده ۳ تا ۶ درصد وزنی استفاده کردند (استین، ۲۰۰۸؛ اسلام و میازاکی، ۲۰۱۰؛ یاراحمدی و همکاران، ۲۰۱۰؛ پاچکو و جلالی، ۲۰۱۱). در شکل ۵ تصویر اسکن میکروسکوپ الکترونیکی از مونت مریلونیت نشان داده است (یائو و همکاران، ۲۰۱۳^{۳۴}).



شکل ۵: تصویر اسکن میکروسکوپ الکترونیکی از مونت مریلونیت (یائو و همکاران، ۲۰۱۳).

^{۳۴} Yao et al, ۲۰۱۳

در مطالعه‌ای درصدهای مختلفی از مونت مریلونیت و مونت مریلونیت ارگانوفیلیک در قیر و مخلوط آسفالت مورد استفاده قرار گرفت (یو و همکاران، ۲۰۰۷). نتایج این پژوهش نشان داد که نقطه ی نرمی و گرانیروی قیراصلاح شده در دمای بالا افزایش پیدا می‌کند. علاوه بر این، مخلوط آسفالتی اصلاح شده، مدول مختلط بالاتر و زاویه ی تغییر فاز کمتری از خود نشان دادند. همچنین نتایج نشان داد که قیر و مخلوط آسفالتی اصلاح شده با مونت مریلونیت و مونت مریلونیت ارگانوفیلیک خواص ویسکوالاستیک را افزایش می‌دهد و مقاومت آن در برابر شیار شدگی در درجه حرارت بالا افزایش می‌یابد. همچنین اثر مونت مریلونیت ارگانوفیلیک در حرارت اکسیداتیو و پیرشدگی قیر در این مطالعه بررسی شد. نتایج نشان داد که قیر و آسفالت اصلاح شده مقاومت بالاتری در مقابل شیار شدگی و استحکام بسیار خوبی دارند. همچنین در مطالعه دیگری تاثیر قیر اصلاح شده با نانورس توسط این محققین بررسی شد که نتایج این مطالعه نیز نشان داد که نانو رس می‌تواند مدول برش پیچشی، ویسکوزیته و مقاومت ترک خوردگی در دماهای پایین را بهبود بخشد (یو و همکاران، ۲۰۱۱). در سال ۲۰۱۳ در مطالعه‌ای تصاویر مورفولوژیک قیر اصلاح شده با نانو رس مورد بررسی قرار گرفت (زارع و همکاران، ۲۰۱۰) که نتایج این مطالعه نیز مطالعات قبلی را تایید کرد. نتایج این مطالعه نشان داد که نانورس اثر بالقوه به عنوان ضد اکسیداسیونی نیز دارد و زمانی که قیر اصلاح شده در معرض نور و گرما قرار گیرد قادر است واکنش اکسیداسیون را کاهش دهد.

در تحقیقات دیگر اثر استارین، بوتادین، رزین و مونت مریلونیت به منظور اصلاح ویژگی‌ها و خواص قیر مطالعه شد. در مطالعه ای ژانگ و همکاران در سال ۲۰۰۹ نشان دادند که با افزودن رزین و مونت مریلونیت می‌توان نقطه نرمی و ویسکوزیته قیر اصلاح شده را افزایش داده و به دنبال آن نفوذ در درجه حالت بالا کاهش پیدا می‌کند (ژانگ و همکاران، ۲۰۰۹). در مطالعه دیگری گالویاک و همکاران در سال ۲۰۱۰ نشان دادند که استارین، بوتادین، استارین مونت مریلونیت ارگانوفیلیک موجب بهبود مخلوط آسفالتی می‌گردد (گالویاک و همکاران، ۲۰۱۰^{۳۵}). در همین سال در مطالعه دیگری اثر بنتونیت خاک رس و بنتونیت اصلاح شده ارگانیکی به منظور بهبود خصوصیات مخلوط آسفالتی بررسی شد که نتایج نشان داد که مخلوط آسفالت اصلاح شده دارای مقاومت بالاتری در مقابل شیارشدگی می‌باشد. در مطالعه دیگری نیز اثر نانو رس بر روی خصوصیات مخلوط آسفالت انجام شد که نتایج این مطالعه نیز نشان داد که نانو رس می‌تواند موجب افزایش سختی و مقاومت مخلوط آسفالت گردد (جهرمی و همکاران، ۲۰۱۰). در این زمینه مطالعه‌ای دیگر توسط گیل نشان داد که نانو رس موجب بهبود استحکام کششی غیر مستقیم، خزش و مقاومت خستگی آسفالت می‌گردد (گیل، ۲۰۰۶) که این نتایج توسط مطالعه دیگری توسط جهرمی و همکاران تایید گردید. همچنین این محققین بیان کردند که نانو رس می‌تواند موجب افزایش استحکام، مدول انعطاف پذیری و مقاومت کششی و عملکرد تحت خزش دینامیکی آسفالت شود. اما آن‌ها بیان کردند که نانو رس تاثیر مفیدی بر رفتار خستگی در دمای پایین ندارد.

۲-۳- الیاف نانو سلولز

الیاف سلولزی با داشتن عرضی در محدوده نانومتر، ذراتی براساس بر طبیعت با ویژگی‌های مفید و منحصر به فرد می‌باشند. نانوسلولزهای جدید که از الیاف سلولزی نانوساختار با یک بعد نسبتاً وسیع (نسبت طول به عرض) و با خواص معین تهیه می‌شوند، کاربردهای بسیار وسیعی پیدا کرده‌اند. ترکیبات الیاف نانوساختار در فشار بالا، دمای بالا و شتاب بالا مجزا شده و منجر به ایجاد یک سطح وسیع می‌شوند و بنابراین بر هم‌کنش‌های قوی با گونه‌های اطراف مانند آب، مواد پلیمری، مواد آلی، نانوذرات و سلول‌های زنده ایجاد می‌کنند (کلم و همکاران، ۲۰۱۱^{۳۶}) نانوسلولز، متشکل از فیبرهای سلولز با ابعاد نانو است، که نوعاً دارای ابعاد عرضی ۲۰-۵ نانومتر و ابعاد طولی در محدوده گسترده‌ای از ده‌ها نانومتر تا چند میکرون است (سعادت‌مند و همکاران، ۲۰۱۲). نانوسلولز دارای ظاهری بسیار چسبناک

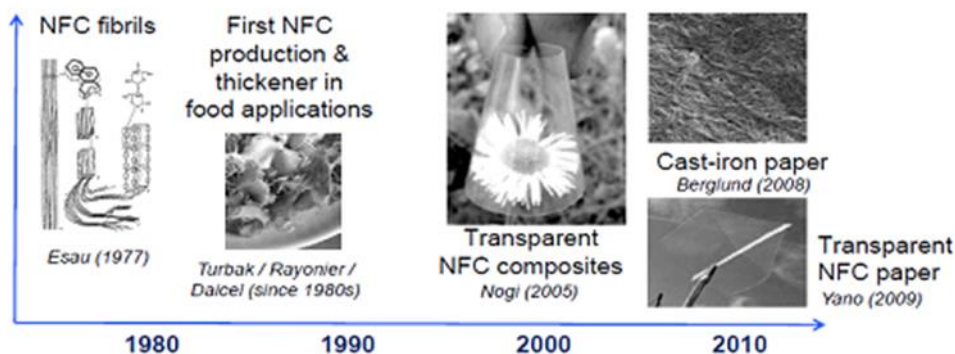
^{۳۵} Galooyak et al

^{۳۶} Klemm et al

بوده و نواری ژل مانند و شفاف هستند. در شکل ۶ ساختار شفاف ژل نانو سلولز مشاهده می‌گردد. همچنین در شکل ۷ تاریخچه تولید و ساخت انواع نانوسلولز مشاهده می‌گردد (ایچون و همکاران، ۲۰۱۰).



شکل ۶: ساختار شفاف ژل نانوسلولز (ایچون و همکاران، ۲۰۱۰).

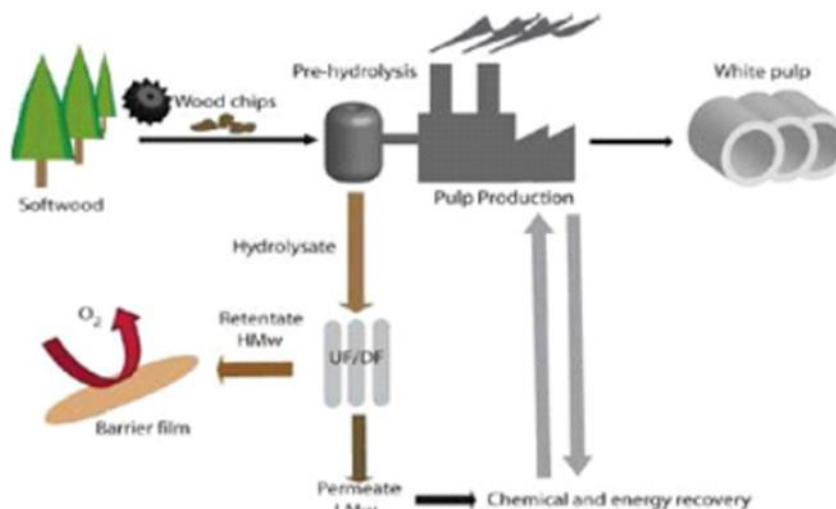


شکل ۷: تاریخچه تولید و ساخت انواع نانوسلولز (ایچون و همکاران، ۲۰۱۰).

به‌طور کلی فیبرهای نانوسلولزی از پیش‌ماده‌های چوبی با استفاده از یک ماده همگن‌کننده در فشار بالا تهیه می‌شود. این فرآیند منجر به ورقه شدن دیواره‌های سلولی الیاف‌های گیاهی شده و فیبریل‌های سلولزی نانوساختار به‌صورت مجزا به‌دست می‌آیند. حالت بلوری نانوسلولز توسط هیدرولیز اسیدی فیبرهای سلولزی طبیعی با استفاده از محلول‌های غلیظ نمک معدنی و اسید سولفوریک و اسید هیدروکلریک به‌دست می‌آید. حالت آمورف سلولز طبیعی نیز از محصول هیدرولیز شده، پس از زمان‌بندی دقیق و جداسازی از بخش‌های بلوری و مراحل شستشو قابل استحصال است (پاکو و همکاران، ۲۰۰۷^{۳۸}). خلاصه‌ای از روش تهیه نانوسلولز در شکل ۸ نشان داده شده است (سعادت‌مند و همکاران، ۲۰۱۰).

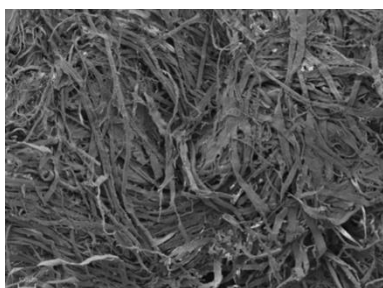
^{۳۷} Eichhon et al

^{۳۸} Paako et al



شکل ۸: خلاصه‌ای از روش تهیه نانو سلولز (سعادت‌مند و همکاران، ۲۰۱۲)

نانوسلولز به‌عنوان یکی از نانومواد جدید با قابلیت‌های بالا همچون پایداری مناسب، عامل‌دار شدن شیمیایی و کنترل بر هم‌کنش‌های سطحی، سطح بالا و ... بسیار قابل توجه است و کاربردهای متعدد و قابل دسترسی پیدا کرده است. از جمله یکی از کاربردهای این نانو ذرات در بهبود خصوصیات قیر و آسفالت می‌باشد. تحقیقات نشان داده‌اند که استفاده نانو الیاف‌ها در بهبود خواص قیر مانند پایداری حرارتی، درجه اشتعال، نقطه نرمی و محافظت در برابر رطوبت و بخار آب و همچنین با تغییر ساختار، قیر به عنوان یک ترمو پلاستیک با افزودن نانو الیاف های سلولزی اصلاح می‌شود (خطاک و همکاران،^{۳۹} ۲۰۱۵؛ ترونس ستا و همکاران، ۲۰۲۰). خاتاک در سال ۲۰۱۵ از الیاف نانو به منظور بهبود عملکرد آسفالت تحقیقی را انجام دادند که نتایج این تحقیق حاکی از تاثیر مثبت این نانوذرات بر روی آسفالت بود. ترونس و همکاران نیز در سال ۲۰۲۰ تاثیر الیاف نانوسلولزی را بر روی آسفالت سرد با امولسیون قیری بررسی کرد. نتایج این مطالعه نشان داد که این مواد نانو می‌توانند مقاومت کششی آسفالت را افزایش دهند و با ترکیب این مواد با آسفالت می‌توان یک مخلوط پایدار و اقتصادی برای راه‌ها تولید نمود. در شکل ۹ تصویر میکروسکوپ الکترونیکی از الیاف نانو سلولز مشاهده می‌گردد (ترونس ستا و همکاران، ۲۰۲۰).

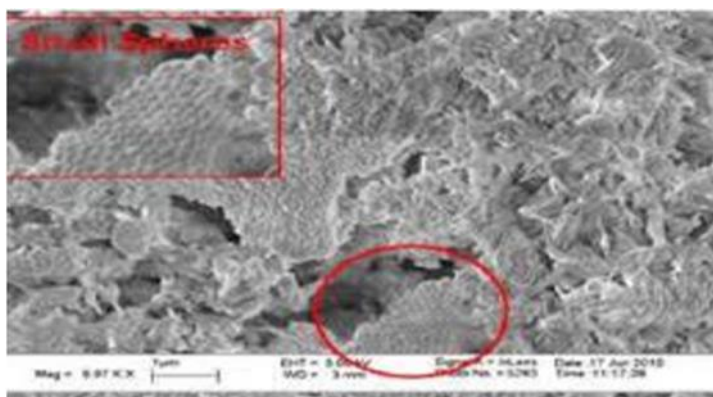


شکل ۹: تصویر میکروسکوپ الکترونیکی از الیاف نانو سلولز (ترونس ستا و همکاران، ۲۰۲۰).

^{۳۹} Khattak et al

۳-۳- نانو آهک هیدراته

تا به حال مطالعات زیادی بر روی تاثیر آهک هیدراته بر روی آسفالت سرد تولید شده در کارخانه با قیر امولسیون انجام شده است (ترافدر و همکاران، ۲۰۰۶^{۴۰}؛ کراس و همکاران، ۲۰۰۸^{۴۱}؛ نیازی و جلیلی، ۲۰۰۹) اما مطالعات محدودی بر روی تاثیر نانو ذرات آهک هیدراته آسفالت سرد تولید شده در کارخانه با قیر امولسیونی صورت گرفته است. در شکل ۱۰ تصویر الکترونیکی نانو ذرات آهک هیدراته با اندازه‌ی متوسط ذرات ۶۶۰ نانومتر، که در آزمایشگاه مصالح ساختمانی در لس آنجلس با استفاده از دستگاه سایش تولید می‌شود، آورده شده است (آراگائو و همکاران، ۲۰۱۰^{۴۲}). مطابق مطالعات انجام شده زمانی که نانو ذرات آهک هیدراته به مخلوط اضافه می‌گردد موجب تقویت پیوند میان قیر و سایر رابط‌ها می‌گردد. آهک به‌منظور جلوگیری از تشکیل محلول آب و صابون که موجب ترویج جدا شدگی سنگدانه‌ها می‌گردد و با مولکول‌های بسیار قطبی واکنش می‌دهد. زمانی که این مولکول‌ها با آهک واکنش می‌دهند، تولید نمک نامحلول می‌کنند که قادر به جذب آب نمی‌باشد (آراگائو و همکاران، ۲۰۱۰؛ اوزن، ۲۰۱۱).



شکل ۱۰: تصویر میکروسکوپ الکترونیکی آهک هیدراته با ذرات نانو (آراگائو و همکاران، ۲۰۱۰)

نتایج مطالعات انجام شده نشان داده است که آهک هیدراته می‌تواند نقش ماده چسباننده در مخلوط آسفالتی با قیر امولسیون را ایفا نماید. همچنین این مواد موجب مقاومت آسفالت سرد در برابر رطوبت و افزایش مقاومت آن در برابر فرسایش می‌شود. در نهایت نتایج این مطالعه نشان داد که محصولات هیدراتاسیون قادر هستند میزان سختی و انسجام آسفالت سرد را افزایش دهند (دو، ۲۰۱۵^{۴۳}). همچنین آهک هیدراته در مخلوط آسفالتی می‌تواند عمق شیارشدگی که به خاطر سفت شدن های متعدد همراه با آسیب‌های رطوبتی را کاهش دهد که این کار از طریق بهبود کل پیوندهای قیر و کاهش اکسیداسیون در دراز مدت انجام می‌شود. توانایی آهک هیدراته به‌منظور ساخت یک مخلوط آسفالتی سفت تر، سخت تر و مقاوم تر در مقابل شیارشدگی بازتابی از عملکرد برتر آن ناشی از اثرات فعال و مفید پرکننده های معدنی می‌باشد (آراگائو و همکاران، ۲۰۱۰؛ اوزن، ۲۰۱۱). در مطالعه‌ای که بر روی تاثیر آهک هیدراته در اندازه ذرات نانو انجام شد، نتایج نشان داد که این ماده موجب افزایش مقاومت کششی غیر مستقیم و ضریب استحکام کششی آسفالت می‌گردد (چانگ و همکاران، ۲۰۱۱).

^{۴۰} Tarefder et al

^{۴۱} Cross et al

^{۴۲} Aragao et al

^{۴۳} Du

۴-۳- نانوسیلیس

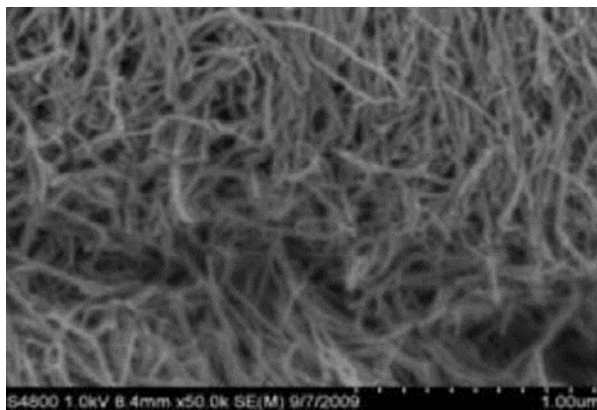
به طور معمول نانو سیلیس دارای ساختار بی شکل (آمورف) و توخالی (مزوپوروس) است. در برخی موارد ساختار کریستالین نانو سیلیس قابل حصول است که معمولاً تشخیص آن از تست های اشعه ایکس غیر ممکن است. نانو ذرات سیلیس بنا بر انرژی آزاد گیبس به شدت تمایل به آگلومره شدن (به هم چسبیدن) دارند. بهترین شکل ذرات برای نانو ذرات سیلیس جهت تعلیق کروی است. این شکل کروی توسط سنتز در محیط آمونیاک قابل دسترسی است. استفاده از نانوسیلیس به دلیل افزایش استحکام مکانیکی رزین های کامپوزیتی مورد توجه قرار گرفته است. اندازه ذرات نانو سیلیس بر استحکام و صافی سطح تأثیر می گذارد و در بیشتر مطالعات از دامنه ۵ تا ۲۰۰ نانومتر استفاده می شود. از طرفی مقدار شفافیت سطح نیز ارتباط مستقیم با اندازه ذرات دارد. اندازه ذرات بیش از ۱۰۰ نانومتر باعث پراکندگی نور مرئی و کاهش شفافیت می شود. همچنین سطح ویژه ی بالای ذرات نانو سبب ایجاد انرژی سطحی بالا و تعلیق موثر نانو ذرات سیلیس در محلول های آبی و غیر آبی می گردد. لازم به ذکر است که ذرات نانو سیلیس در ماهیت شیمیایی خود امکان انحلال در حلال های آبی و بسیاری از حلال های مرسوم غیر آبی را ندارند و این ویژگی تعلیق پایدار ذرات نانو سیلیس مصارفی زیادی داشته باشد. یکی از موارد مصرف نانوسیلیس در بهبود عملکرد آسفالت است که در این زمینه گراوند در سال ۱۳۹۳ به بررسی تأثیر نانوسیلیس بر روی خواص مخلوط آسفالت سرد با امولسیون قیری پرداخت. در این پژوهش مطابق استانداردهای ASTM-D1559 و AASHTO-T245 و با استفاده از روش مارشال نمونه ها ساخته شده است. برای تعیین وزن مخصوص حقیقی نمونه ها از استانداردهای ASTM-D2041 و AASHTO-T166 و برای تعیین حداکثر وزن مخصوص تئوری از استانداردهای ASTM-D2726 و AASHTO-T209 استفاده شده تا فضای خالی نمونه ها محاسبه گردد. نتایج آزمایش ها نشان داده است که استفاده از نانوسیلیس به تنهایی تأثیر چندانی در افزایش مقاومت مارشال نمونه ها ندارد اما با ترکیب ۱ درصد نانوسیلیس با ۲ درصد سیمان خواص مقاومتی آسفالت سرد بازیافتی با امولسیون قیر به میزان قابل توجهی بهبود می یابد.

همچنین در تحقیق دیگری توسط عبدالظاهر در سال ۲۰۱۵ تأثیر نانوسیلیس بر روی خصوصیات مکانیکی آسفالت سرد تولید شده در کارخانه با امولسیون قیری بررسی شد. در این پژوهش نمونه مارشال مورد بررسی قرار گرفت. نتایج این مطالعه نشان داد که استفاده از نانوسیلیس می تواند در ۷ درصد در حدود ۱۴۰ درصد پایداری آسفالت سرد را افزایش دهد. همچنین نتایج نشان داد که افزودن لاتکس به نانو سیلیس بهینه باعث افزایش پایداری آسفالت سرد تا ۱۷۹ درصد می گردد. بنابراین نتایج این پژوهش فناوری نانو را بسیار مفید ارزیابی نمود.

۵-۳- نانو ذرات کربن

به طور کلی، نانو لوله های کربنی شامل بسیاری از ساختارهای مولکولی با انواع مختلف در طول، ضخامت و تعداد لایه ها است و آن ها را می توان با توجه به ساختار در چند طبقه شامل نانولوله های تک جداره، نانولوله های چند جداره و نانولوله های دو جداره تقسیم بندی کرد. مطالعات انجام شده نشان دادند که نانولوله های چند جداره در مقایسه با سایر نانولوله های در دسترس تر و ارزان تر هستند و به دلیل ساختار منفرد مولکول ها نیز به صورت کارآمدتری مورد استفاده قرار می گیرند (امیرخانیان و همکاران، ۲۰۱۱؛ عبدالزهر، ۲۰۱۵). در شکل ۱۱ نانو ذرات کربن در قیر اصلاح شده نشان داده شده است (امیرخانیان و همکاران، ۲۰۱۱). این ماده به صورت پودر سیاه و لوله شکل است که در کاربردهای فناوری نانو، می تواند به عنوان نانو لوله های کربنی که از صفحه های گرافتی که لوله شده اند تا به شکل یک ساختار لوله مانند مورد استفاده قرار گیرند. نتایج مطالعات انجام شده نشان دادند که استفاده از این ذرات نانو موجب افزایش مقاومت در برابر شیارشدگی در دمای عملکردی بالا و افزایش دمای شکست، ویسکوزیته و مدول الاستیسیته می گردد. همچنین مطالعاتی بر روی تأثیر این ماده بر روی قیر انجام شده است که نتایج نشان دادند که این ماده موجب افزایش مقاومت قیر در برابر شیارشدگی می گردد (امیرخانیان و همکاران، ۲۰۱۱؛ عبدالزهر، ۲۰۱۵). در سال ۲۰۱۵ مطالعه ای بر روی تأثیر نانولوله های کربنی بر روی بهبود

خصوصیات آسفالت سرد تولید شده در کارخانه با امولسیون قیری انجام شد که نتایج این مطالعه نشان دادند که نانولوله‌های کربنی تاثیر مثبتی بر روی پایداری مکانیکی آسفالت سرد تولید شده در کارخانه با امولسیون قیری دارند و در این مطالعه درصد بهینه به منظور افزایش عملکرد آسفالت سرد تولید شده در کارخانه با امولسیون قیری تعیین گردید (عبدالزهر، ۲۰۱۵). نتایج این مطالعه نشان داد که ۵ درصد نانو کربن می‌توان موجب افزایش پایداری آسفالت تا ۱۵۰ درصد گردد و از طرفی افزودن لاتکس به نانوکربن موجب افزایش پایداری آسفالت تا ۱۷۹ درصد می‌شود. بنابراین در این پژوهش توصیه شد از مواد نانو به عنوان مواد افزودنی در آسفالت سرد تولید شده در کارخانه با قیر امولسیونی استفاده گردد تا عملکرد مخلوط آسفالت در محل افزایش یابد.



شکل ۱۱: تصویر الکترونیکی نانولوله‌های کربنی در ۱ میکرومتر (امیرخانیان و همکاران، ۲۰۱۱)

۴- نتیجه‌گیری

امروزه تمایل محققین به اصلاح آسفالت با استفاده از ذرات نانو بسیار جلب شده است و مطالعات در زمینه کاربرد فناوری نانو در آسفالت رو به افزایش است تا بتوانند نقش مثبت را در بهتر نمودن ویژگی‌های آسفالت، ایفا نمایند. مروری بر مطالعات صورت گرفته نشان داد که همان طور که خیلی از پژوهشگران به نانومواد به کار رفته در اصلاح آسفالت توجه می‌کنند، فناوری نانو نیز به پیشرفت‌های بزرگتری در اصلاح آسفالت کمک خواهند نمود. مطالعات انجام شده بیان کردند که تغییر و تبدیل نانومواد بر

آسفالت پایه یا آسفالت اصلاح شده، مرحله ای از واکنش شیمیایی است. روش‌ها برای بیان یک دوز معقول از نانوذرات به درون آسفالت برای دست‌یابی به پراکندگی نانومقیاس و ارتقای سازگاری همه فازها و ویژگی‌های جامع مواد آسفالت اصلاح شده، نقطه تمرکز کارهای تحقیقاتی در این زمینه خواهد بود. به طور هم‌زمان بررسی‌های بیشتر بر سازوکار آسفالت اصلاح شده با نانومواد و میکرو ساختارهای آن در تعلیم شیوه‌های مهندسی، مورد توجه خواهد بود. در آینده‌ای نه چندان دور انتظار می‌رود که فناوری نانو بتواند سطح عملکرد آسفالت را در زمینه‌هایی مانند انرژی، نور، ایمنی و هوشمندی با جهش چشم‌گیری مواجه نماید. حتی شاید مراحل اولیه و گام‌های اول پیشرفت دنیا فناوری نانو، بتواند طبیعت و ماهیت آسفالت را متحول کند و یا حتی روش ساخت را تغییر دهد. طوری که ساخت جاده نیز، به نحو سازگارتری با محیط زیست کاربران ساخته شود. تاکنون مطالعات محدودی در زمینه بررسی اثر نانو ذرات مختلف در تولید آسفالت سرد کارخانه‌ای تولید شده با قیر امولسیون انجام شده است که امید است در آینده شاهد مطالعات بیشتری در این زمینه باشیم. بدون شک با در دست داشتن مصالح توانمندی مانند مواد نانو همچون نانوسیلیس، نانو کربن، نانو رس، نانو آهک هیدراته و ... می‌توان در بهبود خصوصیات آسفالت سرد تولید شده در کارخانه با قیر امولسیون تحولات عظیمی ایجاد نمود.

سیاسگزاری

نویسندگان این مقاله از راهنمایی های علمی دکتر مهدی فرامرزی کمال سیاسگزاری را دارند.

مراجع

- Amirkhanian, A.N., Xiao, F. and Amirkhanian, S.N. ۲۰۱۱. Characterization of Unaged Asphalt Binder Modified with Carbon Nano Particles International Journal of Pavement Research and Technology. ۴(۵): ۲۸۱۲۸۶.
- Artley, K.; van Santen, R.; Kirchherr, J. Policies for transitioning towards a circular economy: Expectations from the European Union (EU). Resour. Conserv. Recycl. ۲۰۲۰, ۱۵۵, ۱۰۴۶۳۴
- Audrey Copeland. (۲۰۱۱). "Reclaimed Asphalt Pavement in Asphalt Mixtures: State of the Practice", Federal Highway Administration ۶۳۰۰ Georgetown Pike McLean, VA ۲۲۱۰۱
- Bystrzejewska-Piotrowska, G., Golimowski, J. and Urban, P.L. ۲۰۰۹. Nanoparticles: Their potential toxicity. waste and environmental management. Waste Management. ۲۹(۹): ۲۵۸۷-۲۵۹۵.
- Cheng, J., Shen, J. and Xiao, F. ۲۰۱۱. Moisture Susceptibility of Warm Mix Asphalt Mixtures Containing Nanosized Hydrated Lime. Journal of Materials in Civil Engineering. ۱(۱): ۲۶۵.
- Construction and Building Materials. ۲۴(۴): ۵۳۸-۵۴۴.
- Cottrill, C.D.; Derrible, S. Leveraging big data for the development of transport sustainability indicators. J. Urban Technol. ۲۰۱۵, ۲۲, ۴۵-۶۴.
- De Campos, R.S.; Simon, A.T.; De Campos Martins, F. Assessing the impacts of road freight transport on sustainability: A case study in the sugar-energy sector. J. Clean. Prod. ۲۰۱۹, ۲۲۰, ۹۹۵-۱۰۰۴.
- Didier Lesueu. (۲۰۱۱). "Polymer Modified Bitumen Emulsions", Materials R&D Manager, Rue de l'Industrie, ۳۱, ۱۴۰۰ Nivelles – Belgium
- Drexler, K. E. ۱۹۸۱. Molecular engineering: An approach to the development of general capabilities for molecular manipulation Proceedings of the National Academy of Sciences. ۵۲, ۷۵-۷۸.
- Eichhon, "Current Internatinal Research into Cellulose Nanofibers and Nanocomposites", Journal Material Science", Vol. ۴۵, pp. ۱-۳۳, (۲۰۱۰).
- Felice Giuliani, Silvia Rastelli. (۲۰۰۴). "An Analytical Approach to Evaluate the Performance of Cold Recycled Asphalt Mixtures", Dipartimento Di Ingegneria Civile, Dell'ambiente, Del
- Galooyak, S. S., Dabir, B., Nazarbeygi, A. E. and Moeini, A. ۲۰۱۰. Rheological properties and storage stability of bitumen/SBS/montmorillonite composites. Construction and Building Materials. ۲۴(۳): ۳۰۰-۳۰۷.
- Jahromi, S.G., Andalibizade, B. and Vossough, S. ۲۰۱۰. Engineering Properties of Nanoclay Modified Asphalt Concrete Mixtures. The Arabian Journal for Science and Engineering. ۳۵(Number ۱B): ۸۹-۱۰۳.

- Ghile, D. ۲۰۰۶. Effects of nanoclay modification on theology of bitumen and on performance of asphalt mixtures Thesis M.Eng. Delf University of Technology.
- Glenn, J. C. ۲۰۰۶. Nanotechnology: Future military environmental health considerations. Technological Forecasting and Social Change. ۷۳(۲): ۱۲۸-۱۳۷.
- Ground, Ehsan. ۲۰۱۴. The effect of using nano-silica and lime on the properties of cold recycled asphalt mixture with bitumen emulsion. Master Thesis. Technical College. Civil and Non-Profit Higher Education Institute .Persian .
- Islam, N. and Miyazaki, K. ۲۰۱۰. An empirical analysis of nanotechnology research domains. Technovation ۳۰(۴): ۲۲۹-۲۳۷.
- J.-Y. Yu, P.-L. Cong, and S.-P. Wu, "Laboratory Investigation on the Properties of Asphalt Modified with Epoxy Resin," Journal of Applied Polymer Science, vol. ۱۱۳, pp. ۳۵۵۷-۳۵۶۳, ۲۰۰۹.
- Jahromi, S. G. and Khodait, A. ۲۰۰۹. Effects of nanoclay on theological properties of bitumen binder. Construction and Building Materials. ۲۳(۸): ۲۸۹۴-۲۹۰۴.
- Khattak, M. J., Khattab, A., & Rizvi, H. R. (۲۰۱۱). Mechanistic characteristics of asphalt binder and asphalt matrix modified with nano-fibers. In *Geo-Frontiers ۲۰۱۱: Advances in Geotechnical Engineering* (pp. ۴۸۱۲-۴۸۲۲).
- Klemm, D., Krame, F., Moritz, S., Lindstrom, T., Ankerfors, M., Gray, D., Dorris, A. " A New Family OF Nature-Based Materials " *Angewandte Chemie*, Vol.۵۰, pp.۵۴۳۸-۵۴۶۶, (۲۰۱۱).
- langovan, M.; Guna, V.; Prajwal, B.; Jiang, Q.; Reddy, N. Extraction and characterisation of natural cellulose fibers from *Kigelia africana*. *Carbohydr. Polym.* ۲۰۲۰, ۲۳۶, ۱۱۵۹۹۶.
- M. A. Shafii, M. Y. A. Rahman, and J. Ahmad. (۲۰۱۱). "Polymer Modified Asphalt Emulsion". *International Journal of Civil & Environmental Engineering*. ۱۱(۶): ۴۳-۴۹.
- Mamalis, A. G. ۲۰۰۷. Recent advances in nanotechnology. *Journal of Materials Processing Technology*. ۱۸۱(۱-۳): ۵۲-۵۸.
- Miyazaki, K. and Islam, N. ۲۰۰۷. Nanotechnology systems of innovation - An analysis of industry and academia research activities. *Technovation* ۲۷(۱۱): ۶۶۱-۶۷۵.
- N. Thom. (۲۰۰۸). "Principles of Pavement Engineering". London: Thomas Telford.
- Oluwasola, E. A., Hainin, M.R, Aziz, M.M.A., Yaacob, H. and Warid, M. N. M. ۲۰۱۴. Potentials of steel slag and copper mine tailings as construction materials. *Materials Research Innovations*. ۱۸(S۶): ۵۶-۲۵۰.
- Zhang, B., Xi, M., Zhang, D., Zhang, H. and Zhang, B. ۲۰۰۹ The effect of styrene-butadiene rubber/montmorillonite modification on the characteristics and properties of asphalt *Construction and Building Materials*. ۲۳(۱۰): ۳۱۱۲-۳۱۱۷.
- Özen, H. ۲۰۱۱. Rutting evaluation of hydrated line and SBS modified asphalt mixtures for laboratory and field compacted samples. *Construction and Building Materials*. ۲۵(۲): ۷۵۶-۷۶۵.
- Paako, M., Ankerfors, M., Kosonen, H., Nykanen, A., Ahola, S., Osterberg, M., Ruokolainen, J., Laine, J., Larsson, P.T., Ikkala, O., Lindstrom, T. "Enzymatic hydrolysis combined with mechanical shearing

and high-pressure homogenization for nanoscale cellulose fibrils and strong gels", *Biomacromolecules*, Vol. ۸, pp. ۱۹۳۴-۱۹۴۱, (۲۰۰۷).

Pacheco-Torgal, F. and Jalali, S. ۲۰۱۱. Nanotechnology: Advantages and drawbacks in the field of construction and building materials. *Construction and Building Materials*. ۲۵(۲): ۳۸۲-۵۹۰.

Plati, C. Sustain ability factors in pavement materials, design, and preservation strategies: Ali terature review. *Constr. Build. Mater.* ۲۰۱۹, ۲۱۱, ۵۳۹-۵۵۵. [CrossRef]

Resperio. (۲۰۰۸). "IntegraBase & Nanotechnology: Modifying Asphalt on a Molecular Level". www.resperion.com.

Rodríguez-Fernández, I.; Lizasoain-Arteaga, E.; Lastra-González, P.; Castro-Fresno, D. Mechanical, environmental and economic feasibility of highly sustainable porous asphalt mixtures. *Constr. Build. Mater.* ۲۰۲۰, ۲۵۱, ۱۱۸۹۸۲

Saadatmand, S., Edlund, U., Albertsson, A. C., Danielsson, S., Dahlman, O. "Prehydrolysis in Softwood Pulp Produces a Valuable Biorefinery Fraction for Material Utilization", *Environmental Science & Technology*, Vol. ۴۶, pp. ۸۳۸۹-۸۳۹۶, (۲۰۱۲).

Sahoo, S. K., Parveen, S. and Panda, J. J. ۲۰۰۷. The present and future of nanotechnology in human health care. *Nanomedicine: Nanotechnology, Biology and Medicine*. ۳(۱): ۲۰-۳۱

Salerno, M., Landoni, P. and Verganti, R. ۲۰۰۸. Designing foresight studies for Nanoscience and Nanotechnology (NST) future developments. *Technological Forecasting and Social Change*. ۷۵(۸): ۱۲۰۲-۱۲۲۳.

Sanchez, F. and Sobolev, K. ۲۰۱۰. Nanotechnology in concrete - A review. *Construction and Building Materials*. ۲۴(۱۱): ۲۰۶۰-۲۰۷۱.

Shanbara ,H.K.;Ruddock,F.;Atherton,W.A laboratory study of high performance cold mix asphalt mixtures reinforced with natural and synthetic fibres. *Constr. Build. Mater.* ۲۰۱۸, ۱۷۲, ۱۶۶-۱۷۵.

Sobolev, K., Flores, I., Hermosillo, R. and Torres-Martínez, L.M. ۲۰۰۶. Nanomaterials and Nanotechnology for High-Performance Cement Composites ACI Session on Nanotechnology of Concrete: Recent Developments and Future Perspectives. November ۷. ۹۱-۱۱۸.

Steyn, W. J. V. ۲۰۰۸. Research and Application of Nanotechnology in Transportation. ۲۷th Southern African Transport Conference. ۳۴۵-۳۵۳.

Taniguchi, N. ۱۹۷۴. On the basic concept of nanotechnology. *Proceedings of the International Conference on Production Engineering*. Tokyo. ۱۸-۲۳.

Tegart, G. ۲۰۰۹. Energy and nanotechnologies: Priority areas for Australia's future. *Technological Forecasting and Social Change*. ۷۶(۹): ۱۲۴۰-۱۲۴۶.

Territorio E Architettura Università Degli Studi di Parma, Italia.

Terrones-Saeta, J. M., Suárez-Macías, J., Iglesias-Godino, F. J., & Corpas-Iglesias, F. A. (۲۰۲۰). Development of Porous Asphalt with Bitumen Emulsion, Electric arc Furnace Slag and Cellulose Fibers for Medium Traffic Roads. *Minerals*, ۱۰(۱۰), ۸۷۲.

- Torbjörn Jacobson. (۲۰۰۲) "Cold Recycling Of Asphalt Pavement - Mix In Plant", Swedish National Road and Transport Research Institute SE-581 95 Linköping Sweden
- Xiao, F., Amirkhanian, A N. and Amirkhanian, S.N. ۲۰۱۱. Influence of Carbon Nanoparticles on the Rheological Characteristics of Short-Term Aged Asphalt Binders. Journal of Materials in Civil Engineering. ۲۳(۴): ۴۲۳-۴۳۱.
- Yao, H., You, Z., Li, L., Goh, S. W., Lee, CH, Yap, Y. K. and Shi, X. ۲۰۱۳. Rheological properties and chemical analysis of nanoclay and carbon microfiber modified asphalt with Fourier transform infrared spectroscopy. Construction and Building Materials. ۳۸(۰): ۳۲۷-۳۳۷.
- Yarahmadi, N., Jakubowicz, L and Hjertberg, T. ۲۰۱۰. Development of poly(vinylchloride)/montmorillonite nanocomposites using chelating agents. Polymer Degradation and Stability. ۹۳(۲): ۱۳۲-۱۳۷.
- You, Z., Mills-Beale, J., Foley, J.M., Roy, S., Odegard, G.M., Dai, Q. and Goh, S.W. ۲۰۱۱. Nanoclay. modified asphalt materials: Preparation and characterization. Construction and Building Materials. ۲۵(۲): ۱۰۷۲۱-۱۰۷۸.
- Yu, J., Zeng, X., Wu, S., Wang, L. and Lin, G. ۲۰۰۷. Preparation and properties of montmorillonite modified asphalts. Materials Science and Engineering: A. ۴۴۷(۱-۲): ۲۳۳-۲۳۸. [۲۵] Aragão, F.T.S., Lee, L., Kim, Y.R and Karki, P. ۲۰۱۰. Material-specific effects of hydrated lime on the properties and performance behavior of asphalt mixtures and asphaltic pavements.
- Yusoff, N. I M., Mounier, D., Marc-Stéphane, G., Hainin, MR, Airey, G. D. and Di Benedetto, H. ۲۰۱۳. Modelling the rheological properties of bituminous binders using the ۲s۲pid model. Construction and Building Materials. ۳۸: ۳۹۵-۴۰۶
- Zare-Shahabadi, A., Shokuhfar, A. and Ebrahimi-Nejad, S. ۲۰۱۰. Preparation and rheological characterization of asphalt binders reinforced with layered silicate nanoparticles. Construction and Building Materials. ۲۴(۷): ۱۲۳۹-۱۲۴۴.
- Zhanping You "Nanomaterials in Asphalt Pavements. (۲۰۱۳). "Technological University, Department of Civil and Environmental Engineering, Michigan Houghton, Michigan, ۴۹۹۳۱-۱۲۹۵, USA, DOI: 10.6۱۳۵/Ijprt. Org.Tw/۲۰۱۳.۶(۳). Iv, ISSN ۱۹۹۷-۱۴۰۰ Int. J. Pavement Res. Technol. ۶(۳)
- Zheng, X.; Easa, S.M.; Ji, T.; Jiang, Z. Incorporating uncertainty into life-cycle sustainability assessment of pavement alternatives. J. Clean. Prod. ۲۰۲۰, ۲۶۴, ۱۲۱۴۶۶.
- Zhu, W., Bartos, P. and Porro, A. ۲۰۰۴. Application of nanotechnology in construction. Materials and Structures. ۳۷(۹): ۶۴۹-۶۵۸.



Ranking of financing methods from external sources in construction projects

Omid Jabbari^۱, Mahdi Safaei^۲, Babak Aminnejad^{۳*}

^۱- Department of Civil Engineering, Kish International Branch, Islamic Azad University, Kish Island, Iran.

Omid.jabari@gmail.com

^۲- Department of Civil Engineering, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran.

Mahdi.safaei@gmail.com

^{۳*}- Department of Civil Engineering, Roudehen Branch, Islamic Azad University, Roudehen, Iran.

aminnejad@riau.ac.ir

ABSTRACT

Infrastructure and development projects in any country constitute the infrastructure and development of that country. In the implementation of these projects, financing is an important and primary concern due to the lack of infrastructure and infrastructure in the country on the one hand and the lack of capital resources on the other hand, capital has an undeniable role in this. Financing projects is one of the most common investment methods in any country. Undoubtedly, how and how to finance the projects for each level of existing institutions depends on the nature of the project. Paying attention to financing has a high share in solving the problems of financing and launching projects. Therefore, the purpose of this study is to rank the methods of financing from external sources in construction projects. The present study is applied in terms of purpose and descriptive-survey in terms of the nature of the method. In order to collect data, a questionnaire based on multi-criteria decision making method (network analysis method) was used, which was completed by five senior financial engineering experts with at least ۱۰ years of experience in financing projects of construction companies in the west of Tehran. The collected data were analyzed by Super Decisions software. The results of financing ranking showed that international loans with a relative weight of ۰.۳۱۴ ranked first, BOT contracts with a relative weight of ۰.۲۱ and finance with a relative weight of ۰.۱۷۱ took second and third place. Findings of the study show that in general, the criterion of higher rate of return with a relative weight of ۰.۶۴ than the criteria of lower risk with a relative weight of ۰.۲۶ and a ceiling of more funds with a relative weight of ۰.۱ is of higher importance in financing from external sources in the project. Have civil engineering and should be given more attention.

Keywords: Financing, External Resources, Development Projects, Investment, Analytic Hierarchy Process (AHP)



www.cpjournals.com

نشریه عمران و پروژه

Civil & Project Journal (CPJ)

رتبه‌بندی روش‌های تامین مالی از منابع خارجی در پروژه‌های عمرانی

امید جباری^۱، مهدی صفایی^۲، بابک امین نژاد^{۳*}

۱- گروه مهندسی عمران، واحد بین الملل کیش، دانشگاه آزاد اسلامی، جزیره کیش، ایران.

Omid.jabari89@gmail.com

۲- گروه مهندسی عمران، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران.

Mahdi.safaei61@gmail.com

۳- گروه مهندسی عمران، واحد رودهن، دانشگاه آزاد اسلامی، رودهن، ایران.

aminnejad@riau.ac.ir

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۱۲/۰۹

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۱/۲۵

چکیده

پروژه‌های زیربنایی و عمرانی در هر کشوری، زیرساخت‌ها و آبادانی آن کشور را تشکیل می‌دهند. در اجرای این پروژه‌ها تامین مالی دغدغه مهم و اولیه می‌باشد با توجه به کمبود تاسیسات و زیر ساخت‌های زیربنایی در کشور از یکسو و کمبود منابع سرمایه‌ای از سوی دیگر سرمایه از نقش غیر قابل انکاری در این میان برخوردار می‌باشد. تامین مالی پروژه‌ها از شایع‌ترین روش‌های سرمایه‌گذاری در هر کشور به حساب می‌آید. بدون شک، نحوه و چگونگی تامین مالی، برای پروژه‌های مورد نظر در هر سطح از نهادهای موجود، به ویژگی آن پروژه بستگی دارد. توجه به تامین مالی سهم بالایی در رفع مشکلات تامین مالی و راه‌اندازی پروژه‌ها دارد. لذا هدف از این مطالعه رتبه‌بندی روش‌های تامین مالی از منابع خارجی در پروژه‌های عمرانی می‌باشد. پژوهش حاضر از منظر هدف کاربردی و از بعد ماهیت روش، توصیفی-پیمایشی است. به منظور جمع‌آوری داده‌ها از پرسشنامه تهیه شده مبتنی بر روش تصمیم‌گیری چند شاخصه (روش تحلیل سلسله مراتبی) استفاده شد که توسط پنج نفر از کارشناسان ارشد مهندسی مالی با حداقل ۱۰ سال سابقه حضور در پروژه‌های تامین مالی شرکت‌های عمرانی در غرب تهران تکمیل گردیده است. داده‌های جمع‌آوری شده توسط نرم‌افزار سوپردسیژن (Super Decisions) تحلیل شد. نتایج رتبه بندی تامین مالی نشان داد که وام‌های بین المللی با وزن نسبی ۰/۳۱۴، رتبه اول، انواع قراردادهای BOT با وزن نسبی ۰/۲۱ و فاینانس با وزن نسبی ۰/۱۷۱ جایگاه دوم و سوم را به خود اختصاص دادند. یافته‌های مطالعه نشان می‌دهد که به‌طور کلی معیار نرخ بازده بیشتر با وزن نسبی ۰/۶۴ نسبت به معیارهای ریسک کمتر با وزن نسبی ۰/۲۶ و سقف تامین وجوه بیشتر با وزن نسبی ۰/۱ از اهمیت بالاتری در تامین مالی از منابع خارجی در پروژه‌های عمرانی برخوردارند و بایستی به آن‌ها توجه بیشتری نمود.

کلمات کلیدی: تامین مالی، منابع خارجی، پروژه‌های عمرانی، سرمایه‌گذاری، فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP)

۱- مقدمه

پروژه مجموعه اقدامات و عملیات خاص که دارای روابط منطقی با یکدیگر بوده و برای نیل به هدف یا اهداف معینی انجام می شود (Abbasianjahromi et al, ۲۰۱۸). فرهنگ اکسفورد پروژه را، طرحی برای انجام کاری تعریف می کند (Oxford, ۲۰۱۷). تامین مالی پروژه از شایع ترین روش های سرمایه گذاری در هر کشور به حساب می آید. تامین مالی پروژه های عمرانی به دلیل سرمایه بر و زمان بر بودن از حساسیت و پیچیدگی بالایی برخوردار است. فراهم نمودن اعتبارات لازم برای برآوردن تقاضای در حال رشد سرمایه گذاری در حوزه پروژه های عمرانی، نیاز به منابع و ابزارهای مالی جدید را ایجاب می نماید (Jafarzadeh & Jannati, ۲۰۱۳). اولین مساله ای که در این راستا مطرح می شود، چگونگی تامین مالی برای این امر است (Taghavi et al, ۲۰۱۸). روش های متنوع و متعددی برای تامین مالی پروژه های عمرانی وجود دارد (Banar et al, ۲۰۱۳). به طور کلی، پروژه های تامین مالی و سرمایه گذاری، پروژه هایی است که تولیدات آنها اغلب واحدهای مسکونی، تجاری، اداری و خدماتی و مانند آنها می باشد. توجیه مالی و اقتصادی این نوع پروژه ها با توجه به خاستگاه آنها روشن است و نیاز به اثبات ندارد (Aini, ۲۰۰۹). یکی از روش های تامین هزینه های اجرا و انجام پروژه های عمرانی و زیربنایی، تامین مالی خارجی است (Bi Feizi Chakab et al, ۲۰۱۵). تامین مالی، در معنای کلی و منصرف از وصف داخل یا خارجی، در اصطلاح به فرآیند تمرکز منابع مالی به سرمایه به صورت میان مدت و بلند مدت اطلاق می گردد (Shabani, ۲۰۰۷).

استفاده از منابع مالی خارجی به خودی خود نشانگر ضعف اقتصادی محسوب نمی شود، بلکه به طور کلی میزان جذب تسهیلات در بازارهای پولی و مالی جهان و جلب سرمایه های خارجی، خود یکی از نشانه های سطح استحکام اقتصادی و میانی کشور میزبان تلقی می گردد. چرا که اعتبار دهندگان و سرمایه گذاران خارجی، به طور عمده تمایل به ارائه تسهیلات به آن دسته از کشورهایی دارند که ضمن ثبات نسبی اقتصادی، از کمترین تنش های سیاسی نیز برخوردار باشند. به همین منظور، موسسات مالی بین المللی بسیار و نشریات معتبر فراوانی در جهان وجود دارد که به طور مداوم کشورهای مختلف را از دیدگاه های اقتصادی و سیاسی مورد بررسی و تحلیل قرار داده و از این طریق، اعتبار دهندگان و سرمایه گذاران را به امن ترین کشورها هدایت و راهنمایی می کنند (Jalili et al, ۲۰۱۰).

نحوه تامین مالی و تهیه بودجه اجرایی لازم برای انجام پروژه های عمرانی و بهره برداری از این پروژه ها، در حال حاضر به عنوان یکی از مهم ترین چالش های پیش روی کشورهای در حال توسعه می باشد (Nabi Lou, ۲۰۰۹).

ثابتی (۱۳۹۵) در مطالعه خود به بررسی آثار استفاده از روش های متداول تامین مالی در پروژه های شهرداری تهران پرداختند با توجه به نتایج استفاده از روش های تامین مالی فاینانس و همچنین BOT روی هم رفته، نتایج قابل قبول تری از نظر اهداف هزینه ای و زمانی خواهند داشت. روش مشارکت مدنی در مجموع به دلیل عدم امکان ایفای تعهدات شرکا به نحو مناسب، در حال حاضر نتایج قابل قبولی به دست نمی دهد (Sabeti, ۲۰۱۶).

شرزه ای و ماجد (۱۳۹۰)، در مطالعه ای به بررسی چگونگی تامین مالی به منظور دستیابی به توسعه پایدار پرداخته اند. نتایج تحلیل حاکی از آن است که بخش عمده ای از درآمدهای کسب شده توسط شهرداری های کشور، با مفاهیم پایداری و مطلوب بودن، همخوان نیستند و عمدتاً از منابع پایدار کسب می شوند، در حالی که منابع پایدار، همچون عوارض نوسازی، مالیات بر زمین و مستغلات و درآمدهای حاصل از فروش خدمات، به طور نسبی مغفول مانده اند. تمرکز بر درآمدهای ناپایدار یا از جمله عوارض فروش تراکم، عوارض تخلقات ساختمانی و جرایم ماده صد، سهم خود را در کل درآمدها افزایش داده اند. این امر می تواند در بلندمدت اتکاء شهرداری ها به درآمدهای ناپایدار را نهادینه کند که در این صورت، دستیابی به توسعه پایدار شهری، ناممکن می شود. لذا ضروری است به منظور برخورداری از درآمدهای پایدار، ابتدا ماهیت و نحوه شکل گیری اقلام درآمدی تعریف شوند و سپس آنها را با ملاک های پایداری سنجید (Sharzei & Majed, ۲۰۱۱).

رحمانی و مظهری (۱۳۹۰)، در پژوهشی به بررسی مشکلات، تاثیرات و روش‌های خصوصی‌سازی در معاونت خدمات شهری شهرداری مشهد، با استفاده از روش آنتروپی و جمع‌آوری داده به روش پیمایشی به رتبه‌بندی مشکلات و موانع و روش‌های خصوصی‌سازی پرداختند و داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار Spss و Excell تحلیل شد. مهم‌ترین موانع خصوصی‌سازی از دیدگاه پیمانکاران را وجود بوروکراسی در انعقاد قراردادها و پرداخت حقوق، عدم اطمینان در سرمایه‌گذاری، پایین بودن مبلغ قراردادها و از دیدگاه مسئولین شهرداری، عدم توجه به کیفیت از سوی بخش خصوصی، عدم رعایت مسائل بهداشتی و عدم مهارت و تخصص پیمانکاران دانستند. همچنین بهترین روش‌های خصوصی‌سازی را مشارکت عمومی و خصوصی، قرارداد پیمانکاری و رقابت مدیریت شده معرفی کرده‌اند (Rahmani & Mazhari, ۲۰۱۱).

حیدر و دونالدسان (۲۰۱۶)، در پژوهش آیا تامین مالی افزایش مالیات می‌تواند حامی سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌های حمل‌ونقل باشد به بررسی منابع درآمدی جایگزین برای تامین مالی زیرساخت‌های جدید در شهرها پرداخته و به این نتیجه رسیدند که سه عامل در موفقیت طرح‌های تامین مالی افزایش مالیات اثرگذارند: در وهله اول طرح‌های توسعه چندمنظوره، در وهله دوم زمان اجرای طرح‌های تامین مالی افزایش مالیات و در وهله سوم طرح‌های تامین مالی افزایش مالیات کوچکتر نسبت به طرح‌های بزرگتر (Haider & Donaldson, ۲۰۱۶).

مکینتاش و همکاران (۲۰۱۵)، در مقاله چارچوب تامین مالی افزایش مالیات برای حمل و نقل یکپارچه و طرح‌های نوسازی شهری یک چارچوب چهار مرحله‌ای برای تامین مالی حمل و نقل با استفاده از این روش ارائه کرده و این چارچوب را از طریق مطالعه موردی اجرای خط آهن در غرب استرالیا تبیین نموده‌اند. آنها این روش را در توانمندسازی بخش خصوصی برای مشارکت در طرح‌های حمل‌ونقل نیز موثر یافتند (McIntosh et al, ۲۰۱۵).

این مطالعه با هدف رتبه‌بندی روش‌های تامین مالی از منابع خارجی در پروژه‌های عمرانی با رویکرد تصمیم‌گیری چند شاخصه صورت گرفته است.

۲- روش تحقیق

پژوهش حاضر از منظر هدف کاربردی و از بعد ماهیت و روش، به دلیل اینکه به دنبال شناسایی و رتبه‌بندی روش‌های تامین مالی از منابع خارجی در پروژه‌های عمرانی، توصیفی و از این نظر که به دنبال الگوسازی ذهن خبرگان می‌باشد، از نوع تصمیم‌گیری چند شاخصه (Multi-Attribute Decision Making) و از نظر افق زمانی از نوع تحقیقات مقطعی به‌شمار می‌آید. بر اساس هدف تحقیق روش گردآوری اطلاعات به صورت کتابخانه‌ای و از نوع پرسشنامه‌ای می‌باشد، به اینصورت که با توجه با مطالعاتی که از ادبیات تحقیق مقاله‌های مرتبط انجام گرفته شده است در فرم جمع‌آوری داده‌ها که توسط پژوهشگر تهیه شده بود، ثبت شد. داده‌ها با استفاده از پرسشنامه‌ی تهیه‌شده بر اساس روش تحقیق جمع‌آوری شده‌اند. گروه خبرگان معمولاً متشکل از ۵ تا ۱۵ نفر می‌باشد (Saaty, ۲۰۰۸) و شیوه انتخاب خبرگان هدفمند بوده است. که در این پژوهش کمیته خبرگان با توجه به هدف تحقیق متشکل از پنج نفر کارشناسان ارشد مهندسی مالی با حداقل ۱۰ سال سابقه حضور در پروژه‌های تامین مالی شرکت‌های عمرانی در غرب تهران می‌باشند.

روش AHP توسط محقق عراقی به نام «توماس - ال - ساعتی» در دهه ۱۹۷۰ توسعه داده شد. این روش مانند آنچه در مغز انسان انجام می‌شود به تحلیل مسائل پیچیده می‌پردازد. روش AHP از نظرات تصمیم‌گیرنده استفاده می‌کند تا تصمیم‌گیرنده بتواند اهداف، دانش، تجربه و احساسات خود را در تصمیم‌گیری اثر دهد. در AHP به این فرآیند مقایسات زوجی گفته می‌شود. فرآیند سلسله‌مراتبی یکی از جامع‌ترین روش‌های طراحی شده برای تصمیم‌گیری با شاخص‌های چندگانه است، که به منظور تصمیم‌گیری و انتخاب یک یک گزینه از

بین گزینه‌های متعدد تصمیم با توجه به شاخص‌هایی که توسط تصمیم‌گیرنده تعیین می‌گردد، به کار گرفته می‌شود. فرآیند AHP ترکیب معیارهای کمی و کیفی را به طور همزمان امکان پذیر می‌سازد. در صورتی که تصمیم‌گیرنده بخواهد با روش AHP اقدام به تصمیم‌گیری نماید بایستی گام‌های زیر را انجام دهد:

گام اول: ترسیم درخت سلسله مراتبی

AHP بر مبنای شعار تفرقه بینداز و حکومت کن توسعه داده شده است مسائلی که در MADM مطرح می‌شوند مسائلی پیچیده هستند، لذا مفید است برای درک بهتر، مساله را به اجزا کوچکتر تقسیم کرد که در AHP درخت سلسله مراتبی این کار انجام می‌دهد. درخت سلسله مراتبی: به طور کلی از سه سطح هدف، معیارها و گزینه‌ها تشکیل شده است که مبنای مجموعه مقایسات زوجی لازم برای انجام تکنیک AHP می‌باشد (Azar & Rajabzadeh, 2014).

گام دوم: انجام مقایسات زوجی

مجموعه مقایسات زوجی لازم، بر اساس سطوح و خطوط ارتباطی درخت سلسله مراتبی مشخص می‌شوند، به این صورت که عناصر سطوح پایین‌تر نسبت به هر عنصر مرتبط در سطح بالاتر با هم مقایسه می‌شوند. جدول (۱) مقیاس امتیازدهی نه درجه‌ای را نشان می‌دهد.

جدول ۱- جدول نه کمیتی مقایسه دودویی شاخص‌ها

امتیاز	تعریف	توضیح
۱	Equally preferred	اهمیت مساوی در تحقیق هدف، دو شاخص اهمیت مساوی دارند.
۳	Moderately preferred	اهمیت اندکی بیشتر تجربه نشان می‌دهد که برای تحقیق هدف، اهمیت i اندکی بیشتر از j است.
۵	Strongly preferred	اهمیت بیشتر تجربه نشان می‌دهد که برای تحقیق هدف، اهمیت i بیشتر از j است.
۷	Very strongly preferred	اهمیت خیلی بیشتر تجربه نشان می‌دهد که برای تحقیق هدف، اهمیت i خیلی بیشتر از j است.
۹	Extremely preferred	اهمیت مطلق اهمیت خیلی بیشتر i نسبت به j به طور قطعی به اثبات رسیده است.
۲-۴-۶-۸	Intermediate values	ترجیحات بینابین هنگامی که حالت میانه وجود دارد.

گام سوم: بی مقیاس سازی ماتریس مقایسات زوجی

روش بی مقیاس سازی در AHP به بی مقیاس سازی ساعتی معروف است. بی مقیاس سازی ساعتی از تقسیم نظیر به نظیر درایه‌ها بر مجموع درایه‌های ستون مربوط به دست می‌آید و بر این اساس برای بی مقیاس سازی جمع هر ستون را حساب کرده و سپس هر یک از درایه‌ها به حاصل جمع ستون مربوط به آن درایه تقسیم می‌شود (Azar & Rajabzadeh, 2014).

$$r_{ij} = \frac{\bar{a}_{ij}}{\sum_{i=1}^m \bar{a}_{ij}}$$

گام چهارم: محاسبه ی میانگین حسابی عناصر هر سطر ماتریس بی مقیاس شده

گام پنجم: تشکیل ماتریس تصمیم‌گیری بر اساس نتایج گام قبل

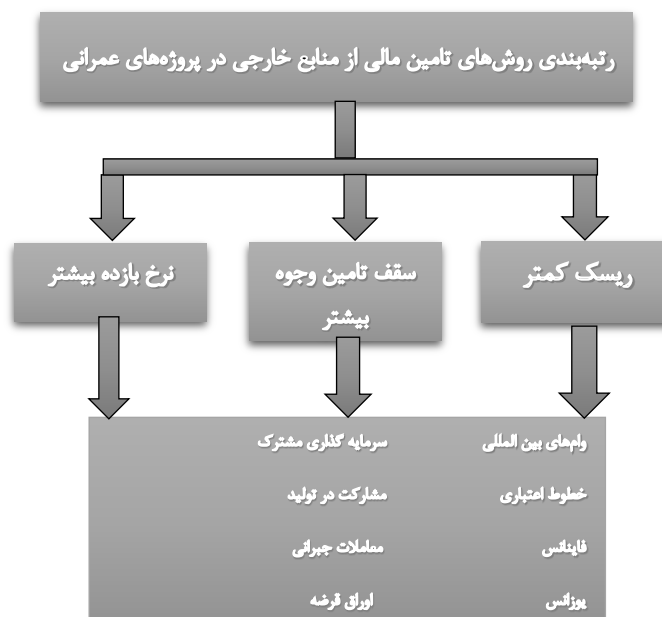
گام ششم: محاسبه امتیاز کلی هر گزینه و اخذ تصمیم، سپس به ترتیب بزرگی امتیاز گزینه‌ها، آنها رتبه‌بندی می‌شوند (Mardani et al, ۲۰۱۵).

۳- یافته‌ها

همان‌گونه که اشاره شد، در گام نخست مطالعه حاضر روش‌های تامین مالی خارجی در پروژه‌های عمرانی براساس مطالعات کتابخانه‌ای شناسایی شده و راهکارهایی وارد تحقیق شدند که دارای فراوانی بیشتری بوده و مورد تاکید خبرگان تحقیق واقع شده بودند. این راهکارها در سه گروه ریسک کمتر، سقف تامین وجوه بیشتر و نرخ بازده بیشتر طبقه‌بندی شدند. جدول (۲) شامل معیارها، راهکارها، علامت اختصاری و منابع می‌باشد و در ادامه شکل (۱) درخت سلسله مراتبی راهکارها را نشان می‌دهد.

جدول ۲- مولفه‌های تامین مالی خارجی در پروژه‌های عمرانی

معیارها	منبع	راهکارها	علامت اختصاری	منبع
ریسک کمتر	(Khaksar, et.al, ۲۰۰۸)	وام‌های بین المللی	A _۱	(Afshari, ۲۰۰۸)
		خطوط اعتباری	A _۲	(Faboozi, ۲۰۰۴)
		فاینانس	A _۳	(Moayed Mohseni and Saba, ۲۰۱۵)
سقف تامین وجوه بیشتر	(Moayedfar, et.al, ۲۰۱۳)	یوزانس	A _۴	(Nabi Lou, ۲۰۰۹)
		سرمایه‌گذاری مشترک	A _۵	(Eslami & Ismaili, ۲۰۰۹)
		مشارکت در تولید	A _۶	(Sahib Honar, et.al, ۲۰۱۷)
نرخ بازده بیشتر	(Shahabadi, ۲۰۱۲)	معاملات جبرانی	A _۷	(Eslami & Ismaili, ۲۰۰۹)
		اوراق قرضه	A _۸	(Negahdari, ۲۰۱۱)
		انواع قراردادهای BOT	A _۹	(Tutunchi, ۲۰۱۸)



شکل ۱- درخت سلسله مراتبی

نظرات خبرگان بعد از ادغام، در نرم افزار سوپردسیژن وارد شده و جهت اطمینان از صحت نظرات اخذ شده نرخ ناسازگاری محاسبه شد و از آنجا که نرخ ناسازگاری برای کلیه ماتریس ها کوچکتر از ۰/۱ است، می توان به اطلاعات اخذ شده اطمینان کرد. جدول (۳) نرخ ناسازگاری ماتریس های مطالعه و جدول (۴) رتبه بندی راهکارها برای هریک از معیار را را نشان می دهند.

جدول ۳- نرخ ناسازگاری خبرگان

ماتریس	هدف	ریسک کمتر	سقف تامین وجوه بیشتر	نرخ بازده بیشتر
نرخ ناسازگاری	۰/۰۳۷	۰/۰۷۵	۰/۰۵۹	۰/۰۶۵
نتیجه	تایید	تایید	تایید	تایید

نهایتا رتبه بندی راهکارها به شکل زیر معین شد.

جدول ۴- رتبه بندی تامین مالی از منابع خارجی

رتبه	وزن	رتبه	وزن	سقف تامین وجوه بیشتر	رتبه	وزن	رتبه	ریسک کمتر
۱	۰/۳۸	۳	۰/۱۸	وام های بین المللی	۲	۰/۲۰۳	۲	وام های بین المللی
۴	۰/۰۷۲	۶	۰/۰۵۶	خطوط اعتباری	۳	۰/۱۵۳	۳	خطوط اعتباری
۲	۰/۱۹۲	۲	۰/۲۰۳	فاینانس	۴	۰/۱۰۷	۴	فاینانس
۵	۰/۰۷۱	۷	۰/۰۳۹	یوزانس	۵	۰/۰۷۵	۵	یوزانس
۷	۰/۰۳۶	۸	۰/۰۳۸	سرمایه گذاری مشترک	۷	۰/۰۴۶	۷	سرمایه گذاری مشترک
۸	۰/۰۲۵	۵	۰/۰۷۷	مشارکت در تولید	۹	۰/۰۱۸	۹	مشارکت در تولید
۶	۰/۰۴۳	۴	۰/۱۱	معاملات جبرانی	۸	۰/۰۳۵	۸	معاملات جبرانی
۹	۰/۰۱۸	۹	۰/۰۲۲	اوراق قرضه	۶	۰/۰۶۷	۶	اوراق قرضه
۳	۰/۱۶۳	۱	۰/۲۷۵	انواع قراردادهای BOT	۱	۰/۲۹۶	۱	انواع قراردادهای BOT

با توجه به جدول (۴)، بر اساس معیار ریسک کمتر، راهکارهای انواع قراردادهای BOT با وزن نسبی ۰/۲۹۶، وام های بین المللی با وزن نسبی ۰/۲۰۳ و خطوط اعتباری با وزن نسبی ۰/۱۵۳، بر اساس معیار سقف تامین وجوه بیشتر، راهکارهای انواع قراردادهای BOT با وزن نسبی ۰/۲۷۵، فاینانس با وزن نسبی ۰/۲۰۳ و وام های بین المللی با وزن نسبی ۰/۱۸ و بر اساس معیار نرخ بازده بیشتر، راهکارهای وام های

بین المللی با وزن نسبی ۰/۳۸، فاینانس با وزن نسبی ۰/۱۹۲ و انواع قراردادهای BOT با وزن نسبی ۰/۱۶۳ رتبه های اول تا سوم به خود اختصاص داده اند.

در ادامه پژوهش، جدول (۵) رتبه بندی کلی راهکارهای تامین مالی از منابع خارجی بر اساس معیارها را نشان می دهد.

جدول ۵- رتبه بندی کلی تامین مالی از منابع خارجی

رتبه	نتیجه کلی اولویت بندی راهکارها	علامت اختصاری	راهکارها
۱	۰/۳۱۴	A _۱	وام های بین المللی
۲	۰/۲۱	A _۹	انواع قراردادهای BOT
۳	۰/۱۷۱	A _۳	فاینانس
۴	۰/۰۹۱	A _۲	خطوط اعتباری
۵	۰/۰۶۸	A _۴	یوزانس
۶	۰/۰۴۸	A _۷	معاملات جبرانی
۷	۰/۰۳۸	A _۵	سرمایه گذاری مشترک
۸	۰/۰۳۲	A _۸	اوراق قرضه
۹	۰/۰۲۸	A _۶	مشارکت در تولید

بر اساس اطلاعات جدول (۵)، نتایج رتبه بندی نهایی راهکارها نشان می دهد، وام های بین المللی با وزن نسبی ۰/۳۱۴ در جایگاه اول، انواع قراردادهای BOT با وزن نسبی ۰/۲۱، فاینانس با وزن نسبی ۰/۱۷۱ و خطوط اعتباری با وزن نسبی ۰/۰۹۱ در جایگاه دوم تا چهارم قرار گرفته اند.

۴- نتیجه گیری

آشنایی با انواع پروژه های عمرانی که هر سازمان از قابلیت لازم برای تحقق آنها برخوردار است، می تواند در تعیین چگونگی نزدیک شدن به کار و درجه برنامه ریزی مورد نیاز و توسعه صلاحیت های آن سازمان، مفید باشد. پروژه های عمرانی امروزه با کمبود بودجه در زمینه اجرای پروژه مواجه هستند و دولت ها نیز توان و قدرت مالی و اقتصادی کافی برای کمک به پروژه های عمرانی ندارند. بنابراین می توان گفت که اصلاح نظام مالی در هر کشوری به عنوان پیش شرط اصلی برای به حداکثر رساندن مزایای ناشی از سرمایه گذاری و تسهیل در دستیابی به رشد و توسعه پایدار پروژه های عمرانی است. در این پژوهش با توجه به مطالعات و تحقیقات انجام شده به رتبه بندی روش های تامین مالی از منابع خارجی در پروژه های عمرانی با استفاده از روش سلسله مراتبی (AHP) پرداخته شد. نتایج پژوهش نشان می دهد، در مطالعه حاضر وام های بین المللی با وزن نسبی ۰/۳۱۴ مهمترین راهکار تامین مالی در جامعه مورد مطالعه است. دومین راهکار موثر، انواع قراردادهای BOT با وزن نسبی ۰/۲۱ می باشد. بر اساس رتبه بندی انجام شده در پژوهش حاضر، فاینانس با وزن نسبی ۰/۱۷۱ سومین راهکار کارآمد در تامین مالی خارجی است. بر اساس نتایج روش تحلیل سلسله مراتبی در مطالعه حاضر خطوط اعتباری با وزن نسبی ۰/۰۹۱ رتبه چهارم را بدست آورده است و همچنین یوزانس با وزن نسبی ۰/۰۶۸ پنجمین راهکار موثر در تامین مالی خارجی در پروژه های عمرانی می باشد. معاملات جبرانی با وزن نسبی ۰/۰۴۸ در مطالعه حاضر در رتبه ششم قرار گرفته است. در این پژوهش سرمایه گذاری مشترک با وزن نسبی ۰/۰۳۸ رتبه هفتم را در میان ۹ راهکار کسب کرده است. بر اساس یافته های پژوهش، اوراق قرضه و مشارکت در تولید با وزن نسبی ۰/۰۳۲ و ۰/۰۲۸ به ترتیب رتبه های هشتم و نهم را به خود تخصیص داده اند. تامین مالی از منابع خارجی در پروژه های عمرانی نیازمند شناسایی عوامل، راهکارها و رتبه بندی آنها می باشد تا مدیران و سیاست گذاران این حوزه بتوانند اقدامات عملی مناسب بر مبنای این رتبه بندی انجام دهند. در پژوهش حاضر

تلاش شد تا در راستای تحقق این هدف، راهکارهای مؤثر در تامین مالی از منابع خارجی در پروژه‌های عمرانی رتبه‌بندی شوند. از محدودیت‌های این پژوهش استفاده از پرسشنامه و پر کردن آن توسط افراد است که می‌تواند احتمال سوگیری در هنگام پاسخ‌دهی را افزایش دهد.

مراجع

- Abbasianjahromi, H., Sepehri, M., & Abbasi, O. (۲۰۱۸). A decision-making framework for subcontractor selection in construction projects. *Engineering Management Journal*, ۳۰(۲), ۱۴۱-۱۵۲. [In Persian]
- Afshari, Zahra. (۲۰۰۸). Factors affecting the efficiency of using foreign borrowing in Iran, *Al-Zahra University Humanities/ Quarterly*. [In Persian]
- Aini, Mohammad. (۲۰۰۹). Urban Improvement and Renovation Industry and its Development Requirements, *Urban Economics Quarterly*. [In Persian]
- Azar A, Rajabzadeh A. (۲۰۱۴). *Applied decision making: MADM approach*. ۶th Ed. Tehran, Iran: Negahe Danesh; [In Persian]
- Banar, Shokrollah, Abolhassani Hastiani, Asghar, Shaygani, Bitra, Dejpsand, Farhad. (۲۰۱۳). How to finance external projects of urban projects and efficiency of city services (Case study of Tehran Municipality), *Quarterly Journal of Economics and Urban Management*. [In Persian]
- Bi Feizi Chakab, Gholam, Taghizadeh, Ebrahim, Fahimi, Azizaleh, Khodadadi Dashtaki, Khodadad. (۲۰۱۵). A Study of Barriers and Shortcomings of Foreign Financing in Iranian Law, *Quarterly Journal of Private Law Research*. [In Persian]
- Eslami Milani, Parisa, Ismaili, Shahpour. (۲۰۰۹). A review of new methods and methods of project financing, the world of economics. [In Persian]
- Faboozi, Frank. (۲۰۰۴). "short selling, strategies risks and rewards", *John Wiley press*, p ۱۳. [In Persian]
- Jafarzadeh Najjar, Morteza, Jannati, Mina. (۲۰۱۳). Successful methods of financing from internal sources in the project of improving and renovating worn-out tissue (Case study: around the holy shrine of Hazrat Reza (AS)), *Sixth Conference on Financing Development in Iran*. [In Persian]
- Jalili, Mohammad, Fallah Shams, Mirfeiz, Zainuddin, Seyed Mostafa, Mohammadiha, Saeed (۲۰۱۰). Ranking of foreign financing methods for investing in the oil industry of the Islamic Republic of Iran using the hierarchical analysis method, *Quarterly Journal of Quantitative Management Studies*. [In Persian]
- Khaksar, Mansour, Shafei, Reza, Allah Veisi, Bahareh. (۲۰۰۸). Identify the sources of risk in construction projects and how to manage them, beyond management. [In Persian]
- Mardani, A., Jusoh, A., & Zavadskas, E. K. (۲۰۱۵). Fuzzy multiple criteria decision-making techniques and applications—Two decades review from ۱۹۹۴ to ۲۰۱۴. *Expert Systems with Applications*, ۴۲(۸), ۴۱۲۶-۴۱۴۸. [In Persian]
- McIntosh, J., Trubka, R., & Newman, P. (۲۰۱۵). Tax Increment Financing Framework for Integrated Transit and Urban Renewal Projects in Car Dependent Cities. *Urban Policy and Research*, ۳۳(۱), ۳۷-۶۰.
- Moayed Mohseni, Fatemeh, Saba, Hamidreza. (۲۰۱۵). Financing in domestic and foreign projects, *International Conference on Civil Engineering, Architecture and Urban Infrastructure*. [In Persian]
- Moayedfar, Rozita, Sameti, Majid, Olumi, Sara. (۲۰۱۳). Prioritization of financing methods in urban worn-out structures (Case study: Isfahan city), *urban and regional studies and researches*. [In Persian]
- Murtaza, Haider and Liam, Donaldson. (۲۰۱۶). *Can Tax Increment Financing Support Transportation Infrastructure Investment*, Institute on Municipal Finance & Governance, Munk School of Global Affairs, University of Toronto.

- Nabi Lou, Hamid. (۲۰۰۹). Identifying and prioritizing the risk of construction, operation and transfer (BOT) contracts in construction projects from the perspective of project managers in construction companies, Master Thesis. [In Persian]
- Negahdari, Ebrahim. (۲۰۱۱). Financing through green bonds for refining technologies in environmental engineering, the first conference on environmental refining technologies. [In Persian]
- Oxford Culture, Project Definition. (۲۰۱۷).
- Rahmani, Fatemeh, Mazhari, Mohammadi. (۲۰۱۱). A Study of the Problems, Impacts and Methods of Privatization in the Deputy of Urban Services of Mashhad Municipality, The First Conference on Urban Economics. [In Persian]
- Saaty, T. L. (۲۰۰۸). Decision making with the analytic hierarchy process. International journal of services sciences, ۱(۱), ۸۳-۹۸.
- Sabeti, Negar. (۲۰۱۶). Analysis of the effects of using common financing methods in Tehran municipal projects. Master Thesis under the guidance of Dr. Imam Jomehzadeh, Tarbiat Modares University. [In Persian]
- Sahib Honar, Hamed, Lotfalipour, Mohammad Reza, Hooshmand, Mahmoud, Faizi, Mehdi. (۲۰۱۷). A Comparative Study of the Financial Regime of Iran's New Oil Contracts (IPC) and Production Participation Contracts (PSC): A Case Study of South Azadegan Field, Applied Theories of Economics. [In Persian]
- Shabani, Mohammad. (۲۰۰۷). International Financial and Monetary Markets, Tehran, Study and Development Organization University Humanities Books. [In Persian]
- Shahabadi, Abolfazl. (۲۰۱۲). The rate of return of research and development activities and physical investment in the Iranian economy, monetary, financial economics (knowledge and development). [In Persian]
- Sharzei, Gholam Ali, Majed, Vahid. (۲۰۱۱). Sustainable Urban Financing, How to Financing for Sustainable Urban Development, Urban and Rural Management Research Institute. [In Persian]
- Taghavi, Seyed Ali, Mousavian, Seyed Abbas. (۲۰۱۸). Jurisprudential feasibility of using the tax increase financing method (TIF) in Iranian transportation infrastructure projects, Islamic Financial Research Journal. [In Persian]
- Tutunchi, Jalil (۲۰۱۸). Feasibility studies of financial and economic dimensions, transfer of capital assets acquisition plan, completion of Mehriz swimming pool, Yazd Province Management and Planning Organization, Knowledge-Based Economy Studies and Research Company. [In Persian]



www.cpjournals.com

نشریه عمران و پروژه
Civil & Project Journal (CPJ)

Analysis of road construction workshops based on the environmental safety assessment of work environment

Mohammadali Ghanbari^۱, Aref Sanei^{۲*}

^۱-B.Sc, Department of civil engineering of Islamic Azad university, Kerman, Iran
Email: maghanbari131351@gmail.com

^{۲*}-M.Sc, Department of civil engineering of Besat University, Kerman, Iran
Email: 1392saneiaref@gmail.com

ABSTRACT

This research aims to analyze road construction workshops based on measuring the safety atmosphere of the work environment based on the Nordic questionnaire in the workers of active workshops in Kerman province. The research method has been descriptive-analytical. The statistical population of this study includes all workers of active workshops in Kerman province. After explaining the work process, they were asked to complete the standard questionnaire for measuring the safety of the Nordic safety atmosphere, which includes ۷ main dimensions. The sample size is ۱۶۴ workers in the road construction field. The available sampling method is also used to determine the sample size. To collect information, the standard questionnaire of Nordic safety atmosphere (۲۰۰۶) was used. Questionnaire ۷ dimensions of management safety and commitment, management, and safety management, management safety justice, employee safety commitment, safety priority and non-acceptance of employee risk, education and training Learning to trust safety and reliability covers the safety of the immune system and consists of ۵۰ items. To analyze the data, SPSS software version ۲۳ has been used. The results show that the average scores of workplace safety atmosphere and some dimensions, namely management safety and power, employee safety commitment, safety priority and non-acceptance of employee risk, training and learning and confidence in safety ability are desirable and management safety priorities and commitment, management safety justice and confidence in safety efficiency are not desirable.

Keywords: safety, safety atmosphere, work environment, road construction workshops, Kerman city



www.cpjournals.com

نشریه عمران و پروژه

Civil & Project Journal (CPJ)

تجزیه و تحلیل کارگاه‌های راه‌سازی بر پایه سنجش جو ایمنی محیط کاربر

محمدعلی قنبری^{*}، عارف صانعی^۲

^{*}۱- دانش آموخته کارشناسی، دانشگاه آزاد اسلامی، کرمان، ایران

پست الکترونیکی: 131351@gmail.com maghanbari

^۲- دانشجوی کارشناسی ارشد، موسسه غیرانتفاعی بعثت، کرمان، ایران

پست الکترونیکی: 1392saneiaref@gmail.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۲/۰۱ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۱۲/۲۸

چکیده

هدف پژوهش تجزیه و تحلیل کارگاه‌های راه‌سازی بر پایه سنجش جو ایمنی محیط کار بر اساس پرسشنامه نوردیک در کارگران کارگاه‌های فعال در استان کرمان با روش پژوهش توصیفی-تحلیلی بوده است. جامعه آماری این تحقیق شامل تعدادی از کارگران کارگاه‌های فعال در استان کرمان می‌باشد که پس از توضیح روند کار از آن‌ها خواسته شد پرسشنامه استاندارد سنجش جو ایمنی نوردیک که شامل ۷ بعد اصلی می‌باشد را تکمیل نمایند. با توجه به نامحدود بودن جامعه آماری، حجم نمونه معادل ۱۶۴ نفر از کارگران می‌باشد و به منظور گردآوری اطلاعات از پرسشنامه استاندارد سنجش جو ایمنی نوردیک (۲۰۰۶) استفاده شده است. سؤالات پرسشنامه ۷ بعد اولویت و تعهد ایمنی مدیریت، اختیارات و قدرت ایمنی مدیریت، عدالت ایمنی کارکنان، اولویت ایمنی و عدم پذیرش ریسک کارکنان، آموزش و یادگیری و اعتماد به توانایی ایمنی و اعتماد به کارایی سیستم ایمنی را پوشش می‌دهد و شامل ۵۰ سوال می‌باشد به منظور تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم‌افزارهای SPSS و پیراست ۲۳ استفاده شده است. نتایج نشان می‌دهد، میانگین نمرات وضعیت جو ایمنی محیط کار و تعدادی از ابعاد مانند اختیارات و قدرت ایمنی مدیریت، تعهد ایمنی کارکنان، اولویت ایمنی و عدم پذیرش ریسک کارکنان و آموزش و یادگیری و اعتماد به توانایی ایمنی به طور معنی داری بالاتر از مقدار متوسط ۲/۵ قرار دارد و مطلوب می‌باشد. اما برای اولویت و تعهد ایمنی مدیریت، عدالت ایمنی مدیریت و اعتماد به کارایی سیستم ایمنی این مقادیر معنی دار نمی‌باشد و در سطح مطلوبیت قرار ندارند.

کلمات کلیدی: ایمنی، جو ایمنی، محیط کار، کارگاه‌های راه‌سازی، شهر کرمان

۱- مقدمه

با آغاز انقلاب صنعتی و انتقال تولید از کارگاه‌های کوچک به کارخانه‌های تولید انبوه، موضوع حفاظت از سلامت نیروی کار نیز از حالت فردی خارج و حالت عمومی‌تری به خود گرفت. پس از پیدایش مکتب روابط انسانی در مدیریت که بر اثر تجربیات هاتورن پدید آمد، توجه به ایمنی منابع انسانی اهمیت بیشتری یافت. امروزه کمتر مدیری را می‌توان یافت که از پیامدهای ناامنی محیط کار آگاه نباشد. آمار نشان می‌دهد هزینه‌های محیط‌های غیر ایمن بسیار شگفت‌آورند. تاکنون در اثر حوادث کار افراد زیادی جان خود را از دست داده‌اند و به ازای هر کشته تعدادی زخمی نیز وجود دارد. این دسته از مسائل منجر به از دست رفتن روزهای کاری و در نتیجه ضربه زدن به اقتصاد جامعه می‌گردد. اگر هزینه‌های غرامت و ضرر و زیان پرداختی به آسیب دیدگان را در نظر بگیریم که در پاره‌ای موارد ارقامی نجومی‌اند، می‌توان دریافت که عدم وجود ایمنی می‌تواند یک سازمان را از پا در آورد. افزون بر مسائل مالی دلایل مهم دیگری نیز برای اهمیت ایمنی وجود دارد. هزینه‌های درد و آلام، خستگی، فرسودگی و نگرانی نیروی کار را به راحتی نمی‌توان در قالب ارقام مالی بیان کرد درحالی‌که چنین مشکلاتی همواره در پی حوادث پیش می‌آیند. همه‌ی افراد تحت تأثیر حادثه، از قبیل فرد حادثه‌دیده، خانواده وی، دوستان، همکاران یا حتی مدیران سازمان مربوط ممکن است تحت تأثیر روانی حادثه قرار گیرند. درموردی این تأثیر زندگی فرد را به کلی تغییر می‌دهد. معلولیت یا آسیب‌دیدگی‌های بزرگ به راحتی قابل جبران نیست. مشتریان سازمان مربوطه نیز ممکن است تحت تأثیر حوادث کاری قرار گرفته و از ادامه کار با آن خودداری کنند. در پاره‌ای مواقع کارکنان، سرپرستان و مدیران را به دیده مقصر می‌نگرند و این امر می‌تواند بر ارتباطات کاری اثر منفی بگذارد. همین‌طور سرپرستان و مدیران در اثر احساس تقصیر در حادثه توانایی انجام درست وظایفشان را از دست می‌دهند.

محققان زیادی جو ایمنی را بررسی کرده‌اند، اما قبل از ارائه مدل پیشنهادی زوهر (Zohar, ۱۹۸۰)، هیچ توافقی در خصوص تعداد عواملی که برای اندازه‌گیری جو ایمنی لازم است یا عواملی که مؤثرتر هستند، وجود نداشت. علت واگرایی در ساختار عوامل سازنده جو ایمنی عبارت است از استفاده از جمعیت‌های مختلف در صنایع یا فرهنگ‌های متفاوت و نیز این‌که انتخاب عوامل به سلیقه و نظر محقق وابسته است. از بین عواملی که در ابزارهای مختلف جو ایمنی مشاهده شده است، تعهد مدیریتی، موضوع درجه یک است که در ۱۳ مورد از ۱۸ مقیاس جو ایمنی وجود دارد. از دیگر عوامل تأثیرگذار، نگرش کارگر نسبت به ایمنی و خطر است. نتایج مشابه در مرور منابع علمی نشان‌دهنده اشتراک این موضوع در پانزده ابزار مرتبط با اندازه‌گیری جو ایمنی است. علاوه بر این موارد، اهمیت فرآیند و سیستم ایمنی (مانند آموزش، ارتباطات و قبول دستورات ایمنی) قسمتی از ابعاد جو ایمنی شناخته شده در سراسر جهان است.

با توسعه صنایع در ایران در قرن ۲۱، بخش‌های صنعتی نقش مهمی در رشد اقتصادی بر عهده دارند. متأسفانه رشد اقتصادی با هزینه‌های بالای بیماری‌های شغلی، ناتوانی‌ها و حتی مرگ در بخش‌های تولیدی همراه بوده است. به‌طوری‌که تنها در انگلستان، هزینه کل آسیب‌های محیط کار برای کارفرمایان در فاصله سال‌های ۲۰۰۵ تا ۲۰۰۶ حدود ۱/۲ تا ۱/۳ میلیون پوند تخمین زده شده است. این هزینه‌های پنهان مخصوصاً در تشکیلات اقتصادی کوچک و متوسط سنگین بوده است. تحقیقات گذشته در باب حوادث در ایران بیشتر بر تجزیه و تحلیل پس از حادثه تمرکز داشته‌اند و ایده پیشگیری در فعالیت‌های ایمنی گنجانده نشده بود. در صنعت محققان نشان داده‌اند که نگرش مثبت به ایمنی، تعهد مدیریت و جو ایمنی مناسب در محل کار هم در پذیرش و هم در رعایت و ابقای اقدامات ایمنی شغلی و کاهش تصادفات شغلی مؤثر بوده است. این تحقیق با هدف سنجش جو ایمنی محیط کار بر اساس پرسشنامه نوردیک در میان کارگران کارگاه‌های راهسازی فعال در استان کرمان انجام گرفته است و به بررسی انواع سیستم‌های مدیریت ایمنی و بهداشت می‌پردازد و ضمن تجزیه و تحلیل هر کدام، محاسن و معایب آنها را به تفکیک شرح می‌دهد. این شفاف‌سازی علاوه بر بسط دید و آگاهی متخصصین ایمنی و بهداشت، می‌تواند راهگشایی برای مدیران در انتخاب استراتژی‌های عملی، ارزیابی سیستم‌های موجود و ارتقای سطح کیفی آنها باشد.

۲- مرور بر ادبیات تحقیق

در سال‌های اخیر توجه به اهمیت جنبه‌های رفتاری و فرهنگی مدیریت ایمنی در سازمان‌ها به‌طور گسترده‌ای افزایش یافته است؛ چرا که تحقیقات و بررسی‌های انجام شده در مورد حوادث بزرگی مانند پایپر آلفا و چرنوبیل، نشان داد علی‌رغم به کارگیری کلیه فاکتورهای مهندسی و حفاظت شدید، در صنایع پر ریسک همچنان پتانسیل بروز حوادث بزرگ وجود دارد. نکته قابل توجه این است که این اشتباهات صرفاً به شکل خطای یک فرد ظاهر نمی‌شوند، بلکه اغلب در قالب یک فرهنگ رفتاری ناقص شکل می‌گیرند.

در واقع ایمنی و بهداشت برنامه نیست، بلکه سیستمی است متشکل از چهار عنصر انسان، محیط، تجهیزات و مواد. هدف اصلی این سیستم حذف، پیشگیری و کنترل حوادث و بیماری‌ها می‌باشد. هر برنامه یک نقطه شروع و یک نقطه پایان دارد، در حالی که ایمنی و بهداشت از زمان ایجاد سیستم و حتی قبل از آن شروع می‌شود و هیچ وقت به خط پایان، یعنی زمانی که هیچ نیازی به آن نیست، نمی‌رسد. ایمنی و بهداشت همواره باید مورد توجه قرار گیرد و نمی‌توان آن را فقط هنگام حوادث و بیماری‌ها با اهمیت تلقی کرد. در این راستا جو ایمنی حاکم بر یک محیط کار حاصل ارزش‌ها، نگرش‌ها و منافع فردی و گروهی، صلاحیت‌ها و الگوهای رفتاری است که تعهد به مدیریت ایمنی و سلامت شغلی سازمان، شیوه مدیریت و اثربخشی آن را مشخص می‌کند. سیستم مدیریت ایمنی و سلامت شغلی یک سیستم استقرار یافته در سازمان است که عملکرد خاصی در زمینه موضوعی خود دارد. در ادامه تحقیقات داخلی و خارجی مرتبط با متغیرهای تحقیق و چارچوب نظری ارائه شده است.

۲-۱- تعریف جو ایمنی و ابعاد آن

تاکنون تعاریف زیادی از جو ایمنی در پژوهش‌های گذشته آورده شده است. برای اولین بار زوهر (Zohar, ۱۹۸۰) جو ایمنی را تعریف نمود که به خلاصه‌ای از ادراکی که کارکنان در مورد محیط کارشان به اشتراک می‌گذارند، جو ایمنی گفته می‌شود. پس از آن نیز تعاریف دیگری از جو ایمنی ارائه شد که در جدول ۱ آورده شده است.

جدول ۱: تعاریف ارائه شده در پژوهش‌های گذشته

مرجع	تعریف
برون و هلمز (Brown & Holmes, ۱۹۸۶)	مجموعه‌ای از ادراک باورهایی که توسط فرد و یا گروهی در مورد یک نهاد خاص برگزار می‌شود.
دیدوبلیر و بلاند (Dedobbeleer & Beland, ۱۹۹۱)	درکی که افراد از کار خود دارند.
نیسکانن (Niskanen, ۱۹۹۴)	جو ایمنی به مجموعه‌ای از ویژگی‌هایی اطلاق می‌گردد که می‌تواند در مورد سازمان‌های کاری خاص درک شود و این ممکن است از طریق سیاست‌ها و شیوه‌هایی که این سازمان‌ها بر کارگران و سرپرستان خود اعمال می‌کنند، ایجاد شود.
کوئل و همکاران (Coyle et al., ۱۹۹۵)	اندازه‌گیری هدف‌دار نگرش‌ها و ادراکات نسبت به مسائل بهداشت و سلامت شغلی.
ویلیامسون و همکاران (Williamson et al., ۱۹۹۷)	جو ایمنی یک مفهوم خلاصه‌ای از توصیف اخلاق ایمنی در یک سازمان یا محل کار است که در باور کارکنان در مورد ایمنی منعکس شده است.
کوپر و فیلیپس (Cooper, ۲۰۰۰)	جو ایمنی مربوط به ادراکات و باورهای مشترکی است که کارگران در مورد ایمنی در محل کار خود دارند.
زارع و همکاران (Zare et al., ۲۰۱۳)	درک بسیاری از ویژگی‌های سازمان که تأثیر مستقیمی بر رفتار کارکنان برای کاهش یا از بین بردن خطر دارند و جو ایمنی یک نوع خاص از جو سازمانی است.

با توجه به تعاریف مختلف ارائه شده برای جو ایمنی برای این پارامتر ابعاد مختلفی تعریف شده است. برای اولین بار اندازه‌گیری جو ایمنی توسط زوهر (Zohar, ۱۹۸۰) در صنایع فولاد، غذایی، نساجی و شیمیایی با در نظر گرفتن هشت بعد انجام گرفته‌است که شامل: اهمیت برنامه‌های آموزش ایمنی، درک کارکنان از نگرش مدیریت نسبت به ایمنی، اثرات رفتارهای ایمن بر روی ارتقا سطح ریسک در محیط کار، تأثیر رفتارهای کاری مورد نیاز بر ایمنی، وضعیت مسئول ایمنی، اثرات رفتارهای ایمن بر وضعیت‌های اجتماعی و وضعیت تعهد ایمنی می‌باشد. در مطالعه مروری فلین و همکاران (Flin et al., ۲۰۰۰)، ارتباط بین جو ایمنی و ابعاد آن در صنایع مختلف بررسی شده‌است که در این پژوهش متداول‌ترین ابعاد اندازه‌گیری شده مرتبط با مدیریت، سیستم ایمنی، ریسک، فشار کاری و صلاحیت بوده است. همچنین سو و همکاران (Seo et al., ۲۰۰۴) برای تعیین جو ایمنی از ابعاد تعهد مدیریت، حمایت سرپرستان، حمایت همکاران، مشارکت کارکنان و سطح رقابت استفاده نموده است. زارع و همکاران (Zare et al., ۲۰۱۳) نیز در بررسی جو ایمنی در بین کارکنان شاغل در شرکت صنعتی و معدنی گلگهر سیرجان از ابعاد مختلفی استفاده کرده‌اند که عبارتند از: تعهد مدیران و سرپرستان، آموزش مسائل ایمنی، ارتباطات در زمینه ایمنی، فشار تولید، پیشرفت ایمنی، تأثیر و مداخله پرسنل در ایمنی، سیستم صدور مجوز، قوانین و مقررات ایمنی، تشویق برای ایمنی، نقش کمیته حفاظت و نقض قوانین ایمنی. شیرالی و خادمیان (Shirali & Khademian, ۲۰۱۷) نیز جهت بررسی ابعاد موثر بر جو ایمنی، اولویت ایمنی و تعهد ایمنی مدیریت، اختیارات و قدرت ایمنی مدیریت، قضاوت و عدالت ایمنی مدیریت، تعهد ایمنی کارکنان، اولویت ایمنی و عدم پذیرش ریسک توسط کارکنان، آموزش، یادگیری و اعتماد به توانایی ایمنی و اعتماد به کارایی سیستم ایمنی به کار برده‌اند.

با توجه به ابعاد تعریف شده در پژوهش‌های پیشین نشان می‌دهد که در صنایع مختلف با توجه به شرایط کاری ابعاد آن تغییر می‌کند و بایستی ابعاد مختلفی را مورد بررسی قرار داد و حتی ممکن است این ابعاد در کشورهای مختلف نیز متفاوت باشند.

۲-۲- پیشینه پژوهش

جو ایمنی یکی از پارامترهای مهم در صنایع محسوب می‌شود زیرا در صورت عدم وجود این جو در فضای کاری، می‌تواند منجر به عدم آرامش و بروز حوادث جبران ناپذیر برای کارگران آن صنعت خواهد شد. از گذشته تاکنون پژوهش‌های زیادی در زمینه جو ایمنی در صنایع مختلف و کشورهای مختلف انجام شده است که تفاوت هر یک از آن‌ها در صنعت و ابعاد مربوط به آن است که نتایج متفاوتی را حاصل نموده‌است که در ادامه به برخی از این پژوهش‌ها اشاره شده است.

کاوازا و سرپ (Cavazza & Serpe, ۲۰۰۹) تأثیر ابعاد جو ایمنی بر رفتار کارگران را در ایتالیا با استفاده از آماره مربع کای پرداخته‌اند. در این پژوهش عواملی نظیر توجه شرکت به ایمنی، توجه مدیریت به ایمنی و عملکرد سرپرست در جهت ایمنی بر رفتار کارگران در محیط کار تأثیر مثبت داشته است اما عواملی نظیر فشار کاری منجر به تأثیر منفی در عملکرد و رفتار آن‌ها در فضای کاری شده‌است.

برگ و همکاران (Bergh et al., ۲۰۱۳) با استفاده از پرسشنامه نوردیک به ارزیابی جو ایمنی در دو کارخانه شیمیایی در سوئد پرداختند. ۷ بعد مرتبط با جو ایمنی که شامل درک مدیریت و تعهد کارگران و اولویت ایمنی، توانمندسازی ایمنی توسط مدیریت، عدالت ایمنی، ارتباطات ایمنی و اعتماد به سیستم‌های ایمنی است، در این پژوهش در نظر گرفته شده‌است. در مقایسه دو کارخانه مورد مطالعه اولویت و توانایی ایمنی مدیریت تفاوت زیادی در میزان و سطح جو ایمنی ایجاد می‌کند و همچنین تجربه و سابقه کارگران نقش مهمی در میزان جو ایمنی یک کارخانه خواهد داشت.

زارع و همکاران (Zare et al., ۲۰۱۳) با مطالعه مقطعی-توصیفی-تحلیلی بر روی ۵۳۴ نفر از افراد شاغل در شرکت صنعتی و معدنی گل‌گهر سیرجان، اقدام به سنجش جو ایمنی نموده‌اند. در این پژوهش ۱۱ فاکتور تعهد مدیریت و سرپرستان به مسائل ایمنی، ارتباطات، فشار تولید، پیشرفت ایمنی، تأثیر مداخله پرسنل در ایمنی، سیستم صدور مجوز کار، قوانین و مقررات ایمنی، تشویق برای ایمنی،

کمیته حفاظت و نقض قوانین ایمنی با استفاده از ضریب همبستگی اسپیرمن و آزمون آلفای کرونباخ جهت ارزیابی جو ایمنی در نظر گرفته شده است. نتایج حاصل نشان می دهد که فاکتور آموزش مسائل ایمنی از عوامل موثر در جو ایمنی است. عامل فشار تولید و ارتباطات در زمینه ایمنی نیز تاثیر کمی در تعیین جو ایمنی فضای کاری شرکت گل گهر داشته است.

خالقی نژاد و ضیاءالدینی (۲۰۱۶) (khaleghi nejad & Ziaaldini) به منظور بررسی نقش جو ایمنی و عملکرد ایمنی کارکنان مجتمع مس سرچشمه در کرمان نقش متغیرها را در عملکرد ایمنی مورد مطالعه قرار دادند. در این پژوهش از متغیرهای جو ایمنی، دانش ایمنی، انگیزش ایمنی و عملکرد ایمنی با استفاده از روش ساختاری نقش هر یک از آنها مشخص شده است که نشان داده شده است که جو ایمنی بر عملکرد ایمنی، کارکنان تاثیر دارد و همچنین جو ایمنی به واسطه دانش ایمنی و انگیزش ایمنی بر عملکرد ایمنی تاثیر داشته است.

شیرالی و خادمیان (۲۰۱۷) (Shirali & Khademian) با استفاده از عوامل اولویت و تعهد ایمنی مدیریت، اختیارات و قدرت ایمنی مدیریت، عدالت ایمنی مدیریت، تعهد ایمنی کارکنان، اولویت ایمنی و عدم پذیرش ریسک کارکنان، آموزش، یادگیری و اعتماد به توانایی ایمنی و اعتماد به کارایی سیستم ایمنی، جو ایمنی در یک صنعت فلزی را بررسی نمودند و به این نتیجه رسیدند که علاوه بر عوامل ذکر شده موقعیت شغلی، سن، سابقه کار و شرایط کار نیز بر این پارامتر تاثیرگذار هستند و در میان عوامل اصلی آموزش، یادگیری و اعتماد به توانایی ایمنی موثرترین عامل است که بیانگر الزام وجود برنامه آموزش در سیستم سازمانی است.

میرزایی علی آبادی و همکاران (۲۰۱۷) (Mirzaie Ali Abadi et al.) جو ایمنی را در شرکت قند همدان را با در نظر گرفتن ۷ بعد که شامل اولویت و توانایی ایمنی مدیریت، قدرت ایمنی مدیریت، قضاوت ایمنی مدیریت، تعهد ایمنی کارکنان، اولویت ایمنی کارکنان و ریسک ناپذیری، ارتباط ایمنی متقابل و اعتماد در توانایی ایمنی و اعتماد به اثربخش بودن سیستم های ایمنی بوده است، بررسی نمودند. نتایج بیانگر ضعیف بودن جو ایمنی این شرکت بوده است. این ضعف ناشی از بی توجهی به پارامتر ارتباط ایمنی متقابل، یادگیری و اعتماد در توانایی ایمنی است که می توان با برنامه ریزی برای این بعد جو ایمنی را ارتقا بخشید.

امیربهمنی و همکاران (۲۰۱۸) (Amirbahmani et al.) جو ایمنی را با استفاده از آیتم های مهم در ایمنی ساخت و ساز ارزیابی نمودند. آگاهی و شناخت مقررات ایمنی، تشویق برای ایمنی، تعهد در مدیریت، نظام صدور مجوز، بهبود قوانین ایمنی، مشارکت در بهبود ایمنی، قوانین و مقررات ایمنی و درک خطر از مولفه های مورد مطالعه در این پژوهش بوده است. با توجه به کم بودن نمونه آماری و ویژگی های خاص صنعت ساخت و ساز پیمانکاران در میان مولفه ها عدم معناداری و همبستگی مشاهده شده است که نیاز به پژوهش بیشتر در این زمینه احساس می شود.

با توجه به ادبیات تحقیق ارائه شده تاکنون پژوهشی در ارتباط با جو ایمنی در کارگاه های راهسازی که موضوع این مطالعه است، آورده نشده است.

۳- روش تحقیق

با توجه به موضوع، هدف، فرضیات و اطلاعات مربوط به این پژوهش، روش تحقیق توصیفی از نوع همبستگی مورد استفاده قرار می گیرد. همچنین پژوهش مورد نظر از حیث هدف کاربردی و نحوه گردآوری داده ها از نوع توصیفی و از شاخه مطالعات میدانی می باشد. روش انجام تحقیق نیز به صورت پیمایشی است. جامعه آماری این تحقیق شامل حجم نمونه معادل ۱۶۴ نفر از کارگران کارگاه های فعال در استان کرمان می باشد که پس از توضیح روند کار پرسشنامه تهیه شده تکمیل گردیده است.

پرسشنامه استاندارد سنجش جو ایمنی نوردیک (۲۰۰۶) دارای ۵۰ سؤال می باشد. شیوه نمره گذاری این پرسشنامه بر اساس طیف ۴ درجه ای لیکرت بود. ابعاد اصلی این پرسشنامه اولویت و تعهد ایمنی مدیریت، اختیارات و قدرت ایمنی مدیریت، عدالت ایمنی

مدیریت، تعهد ایمنی کارکنان، اولویت ایمنی و عدم پذیرش ریسک کارکنان، آموزش و یادگیری و اعتماد به توانایی ایمنی و اعتماد به کارایی سیستم ایمنی می‌باشد. روایی این پرسشنامه براساس نتایج بازنگری، بعضی از سوالات پرسشنامه ویرایش و تصحیح گردیده است و در نهایت نسخه ویرایش شده، به منظور بررسی روایی محتوایی توسط متخصصان ایمنی مورد تایید قرار گرفته است. همچنین پایایی پرسشنامه استاندارد جو ایمنی نوردیک ۰/۸۲ در نظر گرفته شده است که در جدول ۲ به تفکیک مولفه‌ها آورده شده است.

جدول ۲: مؤلفه های پرسشنامه استاندارد سنجش جو ایمنی نوردیک

مؤلفه	تعداد سؤال ها	شماره سؤال ها
اولویت و تعهد ایمنی مدیریت	۹	۱ تا ۹
اختیارات و قدرت ایمنی مدیریت	۷	۱۰ تا ۱۶
عدالت ایمنی مدیریت	۶	۱۷ تا ۲۲
تعهد ایمنی کارکنان	۶	۲۳ تا ۲۸
اولویت ایمنی و عدم پذیرش ریسک کارکنان	۷	۲۹ تا ۳۵
آموزش و یادگیری و اعتماد به توانایی ایمنی	۸	۳۶ تا ۴۳
اعتماد به کارایی سیستم ایمنی	۷	۴۴ تا ۵۰

اطلاعات این تحقیق که با استفاده از پرسشنامه و توسط کارگران کارگاه‌های فعال راه‌سازی در استان کرمان تکمیل شده است با نرم‌افزارهای SPSS ویراست ۲۳ و EXCEL ویراست ۲۰۱۳ مورد تحلیل قرار می‌گیرد سطح اطمینان ۵ درصد در نظر گرفته می‌شود. با توجه به فرض در نظر گرفته شده برای گزینه‌های تحت بررسی، از لحاظ آماری داده‌ها از نوع پارامتری می‌باشند لذا برای بررسی رابطه بین متغیرها از آزمون‌های پارامتری استفاده شده است. برای بررسی فرضیه‌های پژوهش از روش‌های آماری t تک نمونه‌ای استفاده می‌شود.

۳-۱- آمار توصیفی متغیرهای دموگرافیک تحقیق

آمار توصیفی متغیرهای دموگرافیک تحقیق با استفاده از جدول فراوانی در جدول ۳ ارائه شده است و نشان می‌دهد که در این پژوهش میانگین سنی افراد ۳۰ تا ۴۰ سال است و سطح تحصیلات نمونه اکثرا دارای مدرک لیسانس به بالا هستند و همچنین میانگین سابقه کاری این نمونه آماری حدودا ۱۰ سال است.

جدول ۳: اطلاعات دموگرافیک افراد حاضر در مطالعه

متغیر	میانگین	انحراف معیار	گروه	فراوانی	درصد
رده سنی	۳۶/۳۱	۸/۹۶	زیر ۳۰ سال	۵۱	۳۱/۱
			۳۰ تا ۴۰ سال	۶۱	۳۷/۲
			۴۰ تا ۵۰ سال	۳۸	۲۳/۲
			بالای ۵۰ سال	۱۴	۸/۵
سطح تحصیلات	-	-	دیپلم	۳	۱/۸
			کاردانی	۲۹	۱۷/۷
			کارشناسی	۷۳	۴۴/۵
			کارشناسی ارشد	۳۹	۲۳/۸
سابقه کاری	۱۰/۸۸	۶/۵۷	دکتری	۲۰	۱۲/۲
			زیر ۱۰ سال	۸۶	۵۲/۴
			بین ۱۰ تا ۲۰ سال	۶۰	۳۷/۲
			بالای ۲۰ سال	۱۷	۱۰/۴

۲-۳- فرض نرمال بودن

یکی از پیش شرط های مهم در تجزیه و تحلیل داده ها بررسی فرض نرمال بودن متغیرها است. با استفاده از معیارهای چولگی و کشیدگی، چنانچه مقدار این شاخص ها در بازه $[-۲, +۲]$ قرار داشته باشد، می توان با تقریب خوبی متغیرها را نرمال فرض نمود و ضمن استفاده از روش های آماری پارامتری، به نتایج به دست آمده اطمینان کرد. با توجه به **Error! Not a valid bookmark self-reference.** نتیجه می گیریم که متغیرهای این تحقیق از توزیع نرمال پیروی می کنند.

جدول ۴: بررسی نرمال بودن متغیرهای تحقیق با استفاده از چولگی و کشیدگی

متغیر	چولگی	کشیدگی	نتیجه
اولویت و تعهد ایمنی مدیریت	-۰/۱۲	۰/۵۶	نرمال
اختیارات و قدرت ایمنی مدیریت	-۰/۱۴	-۰/۰۱	نرمال
عدالت ایمنی مدیریت	-۰/۵۸	۱/۷۳	نرمال
تعهد ایمنی کارکنان	۰/۰۱	-۰/۲۹	نرمال
اولویت ایمنی وعدم پذیرش ریسک کارکنان	-۰/۱۲	-۰/۷۶	نرمال
آموزش و یادگیری و اعتماد به توانایی ایمنی	۰/۰۲	۰/۱۱	نرمال
اعتماد به کارایی سیستم ایمنی	-۰/۴۱	۰/۱۷	نرمال
جو ایمنی کلی	۰/۷۹	۱/۷۱	نرمال

۳-۳- مقایسه وضعیت جو ایمنی بر حسب متغیرهای دموگرافیک

در این بخش وضعیت جو ایمنی کلی بر حسب متغیرهای دموگرافیک سطح تحصیلات، رده سنی و سابقه کاری با استفاده از آنالیز واریانس یک طرفه مقایسه می گردد.

جدول ۵: میزان معنی داری متغیرهای دموگرافیک بر میانگین جو ایمنی

جو ایمنی	تحصیلات	سابقه کاری	رده سنی
درجه آزادی	۱۶۳	۱۶۳	۱۶۳
F-value	۰/۵۷۷	۰/۱۱۶	۰/۷۶۴
P-value	۰/۶۷۹	۰/۸۹۱	۰/۵۱۶

براساس مشخصات جدول ۵ نشان می دهد که میان افراد با سطح تحصیلات، سوابق کاری و رده سنی مختلف تفاوت معنی داری از لحاظ جو ایمنی وجود ندارد و در تمامی رده های تحصیلی، سابقه کاری و رده سنی وضعیت جو ایمنی بالاتر از حد مطلوب و متوسط است.

۴- نتایج پژوهش

پژوهش حاضر به منظور تجزیه و تحلیل کارگاه‌های راهسازی بر پایه سنجش جو ایمنی محیط کار براساس پرسشنامه نوردیک در بین کارگران کارگاه‌های فعال در استان کرمان انجام پذیرفته‌است. در این بخش فرضیه‌های تعریف‌شده در پژوهش بررسی و نتایج به دست‌آمده با یافته‌های پژوهش‌های قبلی در رابطه با هریک از ابعاد جو ایمنی مورد مقایسه قرار گرفته است

در این بخش صحت فرضیات تحقیق با استفاده از آزمون t تک نمونه ای بررسی می‌گردد. با توجه به دامنه نمرات که بین ۱ تا ۴ متغیر است، مقدار متوسط ۲/۵ به عنوان مقدار مورد آزمون مورد بررسی قرار گرفت. لذا اگر میانگین متغیری به طور معنی داری بیشتر از ۲/۵ بود، به معنی آن است که وضعیت متغیر بالاتر از سطح متوسط قرار دارد.

جدول ۶: نتایج آزمون t برای فرضیات تحقیق

متغیر	تعداد	میانگین	انحراف معیار	آماره t	مقدار p	نتیجه
جو ایمنی محیط کار	۱۶۴	۲/۸۴	۰/۲۱	۲۰/۷۳۴	<۰/۰۰۱	تایید فرضیه
اولویت و تعهد ایمنی مدیریت	۱۶۴	۲/۴۵	۰/۴۸	۱/۳۳۴	۰/۰۹۲	رد فرضیه
عدالت ایمنی مدیریت	۱۶۴	۲/۴۷	۰/۵۸	۰/۶۶۲	۰/۲۵۴	رد فرضیه
اولویت و عدم پذیرش ریسک کارکنان	۱۶۴	۲/۸۷	۰/۴۴	۱۰/۷۶۹	<۰/۰۰۱	تایید فرضیه
اختیارات و قدرت ایمنی مدیریت	۱۶۴	۲/۸۶	۰/۴۳	۱۰/۷۲۲	<۰/۰۰۱	تایید فرضیه
تعهد ایمنی کارکنان	۱۶۴	۲/۸۷	۰/۵۱	۹/۲۹۱	<۰/۰۰۱	تایید فرضیه
آموزش و یادگیری و اعتماد به توانایی ایمنی در میان کارگران	۱۶۴	۲/۶۰	۰/۳۹	۳/۲۸۴	۰/۰۰۰۶۲۶	تایید فرضیه
اعتماد به کارایی سیستم ایمنی در میان کارگران	۱۶۴	۲/۴۶	۰/۵۴	۰/۹۴۹	۰/۱۷۲	رد فرضیه

با توجه به نتایج جدول ۶ مقدار p نشان می‌دهد که تمامی متغیرها به جز اولویت و تعهد ایمنی در مدیریت، عدالت ایمنی مدیریت، اعتماد به کارایی سیستم ایمنی در میان کارگران در وضعیت سطح جو ایمنی معنی‌دار هستند و همچنین بدین معنی است که سطح جو ایمنی محیط کار در میان کارگران کارگاه‌های فعال راهسازی استان کرمان مطلوب است. این مطلوبیت برگرفته از مطلوب بودن وضعیت سایر ابعاد جو ایمنی است که در جدول آورده شده است. اولویت و عدم پذیرش ریسک کارکنان، اختیارات و قدرت ایمنی مدیریت، تعهد ایمنی کارکنان و آموزش و یادگیری و اعتماد به توانایی ایمنی در میان کارگران در میان کارگران با توجه به مقدار p که کمتر از ۰/۰۵ است، در شرایط مطلوبی قرار دارند. در ادامه به صورت مختصر به توضیح هریک از نتایج پرداخته شده‌است.

همانگونه که از نتایج به دست آمده‌است، جو ایمنی محیط کار در کارگاه‌های راهسازی فعال استان کرمان مطلوب است که این میزان مطلوبیت را می‌توان نتیجه‌ی بالا بودن میانگین نمرات ابعاد جو ایمنی دانست. امروزه با توجه به توسعه تکنولوژی حضور و نقش انسان در محیط‌های صنعتی پررنگ‌تر می‌شود که منجر به ایجاد خسارت‌های سنگین در صورت بروز مشکلات می‌گردد. اهمیت جو ایمنی به قابلیت آن در پیش‌بینی رفتار ایمن مربوط می‌شود که براساس این قابلیت، جو ایمنی توانایی خود را در نتایج مهم در ایمنی از قبیل درک ریسک، حوادث و آسیب‌ها نشان داده‌است. نتایج حاصل‌شده با مطالعات برگ (Bergh et al., ۲۰۱۳)، مرتضوی و همکاران (Mortazavi et al., ۲۰۱۱)، عدل و همکاران (Adl et al., ۲۰۱۱) و فیروزی چاهک و همکاران (Firoozichahak et al., ۲۰۱۴) همخوانی دارد.

اولویت و تعهد ایمنی مدیریت در کارگاه‌های راهسازی فعال استان کرمان با توجه به نتایج پژوهش در شرایط مطلوب قرار ندارد که عدم مطلوبیت را می‌توان در اثر عدم وجود سیستم‌های کنترلی مناسب در محیط کار بیان کرد. از آنجایی که در کارگاه‌های بررسی‌شده بازرسی ایمنی به صورت منظم انجام نمی‌گیرد، میزان موفقیت در مداخلات ایمنی و انطباق کارمندان با قوانین ایمنی نسبتاً پایین است. نتایج حاصل از فرضیه حاضر با مطالعات مرتضوی و همکاران (Mortazavi et al., ۲۰۱۱) همخوانی ندارد. یافته‌ها بیانگر این است که

کارگران از موقعیت‌های خطرناک کار در ارتفاع اطلاع دارند اما دلیل وقوع حوادث، بی توجهی مدیریت به مسائل ایمنی و عدم انجام راهکارهای مهندسی در رفع موقعیت‌های خطرناک است.

با توجه به نمره میانگین ۲/۴۷ برای عدالت ایمنی مدیریت، نشان می‌دهد که عدالت ایمنی مدیریت در این کارگاه‌ها از میانگین کمتر است و در وضعیت مطلوبی قرار ندارد. از آنجایی که این فاکتور می‌تواند از بروز حوادث پیشگیری کند و سطح سلامت شغلی عامل انسانی را ارتقا بخشد، از اهمیت بالایی برخوردار است. این بعد به دلیل عدم وجود دستورالعمل‌های انضباطی کارگاه‌ها که یکی از عوامل ایجاد فرهنگ ایمنی محسوب می‌شود، در سطح پایینی قرار دارد. نتایج حاصل‌شده با مطالعات خالقی نژاد و ضیاءالدینی (khaleghi nejad, ۲۰۱۶)، Ziaaldini, & زارع و همکاران (۲۰۱۳)، Zare et al., برگ (۲۰۱۳)، Bergh et al., همخوانی ندارد.

اولویت و عدم پذیرش ریسک کارکنان یک رویکرد پویا و فعال در مقابل رویکردهای واکنشی است که وجود آن منجر به کاهش میزان ضرر و زیان می‌شود. برای عمل به آن لازم است یک برنامه مناسب جهت شناسایی، ارزیابی و کنترل ریسک ایجاد گردد. در این پژوهش نمره اولویت و عدم پذیرش ریسک بالاتر از حد متوسط است که نشان از مطلوبیت این بعد دارد. نتایج حاصل از پژوهش حاضر با مطالعات امیر بهمنی و همکاران (Amirbahmani et al., ۲۰۱۸) و عدل و همکاران (Adl et al., ۲۰۱۱) همخوانی دارد.

اختیارات و قدرت ایمنی مدیریت با میانگین نمره ۲/۸۶ در یک سطح مطلوب در کارگاه‌های راهسازی فعال استان کرمان قرار دارد. سیستم ایمنی به طور کامل در سازمان و فعالیت‌های واردشده و با آن‌ها ادغام می‌شود. هر سیستم باید برای پیاده‌سازی خط مشی و مدیریت اثربخش باید تمهیداتی را اتخاذ نماید تا انجام فعالیت‌ها به صورت ایمن اطمینان حاصل شود. مدیریت باید این توانایی و مهارت را داشته باشد که از کمک دیگران به نحو ماهرانه بهره گیرد. همچنین اختیار مدیریت یکی از مؤثرترین و سازنده‌ترین ابزار قابل دسترس برای آموزش افراد است. نتایج حاصل با مطالعات محمدی زیدی و همکاران (Mohammadi Zeydi et al., ۲۰۱۱) و خندان و کوهپایه‌ای (Khandan & Koohpaei, ۲۰۱۶) همخوانی دارد.

تعهد ایمنی کارکنان یکی از مهم‌ترین فاکتورها در پیشگیری از حوادث و ارتقای سطح سلامت شغلی نیروی کار است. علاوه بر تعهد مدیریت، تعهد کارکنان نیز تاثیر زیادی بر جو ایمنی خواهد داشت. عدم وجود تعهد ایمنی منجر به ایجاد رفتارهای نایمن و بالا رفتن خطاهای انسانی می‌گردد و همچنین بدون وجود تعهد ایمنی در میان کارگران، مدیریت قادر به انجام تعهدات خود نیز نخواهد بود. در این پژوهش تعهد ایمنی کارکنان در کارگاه‌های راهسازی فعال استان کرمان مطلوب ارزیابی شده‌است که نتایج به دست‌آمده با مطالعات داودیان طلب و همکاران (Davodian Talab et al., ۲۰۱۷)، کاوازا و سرپ (Cavazza & Serpe, ۲۰۰۹) همخوانی دارد.

از دیگر ابعاد جو ایمنی می‌توان به آموزش و یادگیری و اعتماد به توانایی ایمنی اشاره کرد. از آنجایی که افراد مورد مطالعه در این پژوهش از سطح سواد علمی بالایی برخوردار هستند، بنابراین میزان آشنایی افراد از سطوح خطر و آگاهی از دستورالعمل‌ها بالا است. آموزش فرد را قادر می‌سازد که در صورت لزوم با به کارگیری دستورالعمل‌های ایمنی، عمل درست و مناسب را انجام دهد. نتایج حاصل نیز نشان می‌دهد میانگین نمره این بعد در این پژوهش از حد متوسط ۲/۵ بیشتر است که با مطالعات شیرالی و خادمیان (Shirali & Khademian, ۲۰۱۷) همخوانی دارد.

آخرین بعد مورد بررسی اعتماد به کارایی سیستم ایمنی است که عواملی نظیر ساختار مدیریتی ساختمان، میزان تاثیر و نفوذ فرهنگی و همچنین ساختارهای اجتماعی و علمی بر آن تاثیرگذار هستند. نتایج نشان می‌دهد میانگین نمرات وضعیت اعتماد به کارایی سیستم ایمنی در میان کارگران پایین‌تر از مقدار متوسط قرار دارد و وضعیت اعتماد به کارایی سیستم ایمنی در میان کارگران کارگاه‌های راهسازی فعال در استان کرمان مطلوب نمی‌باشد. نتایج حاصل از فرضیه حاضر با مطالعات میرزایی علی آبادی و همکاران (Mirzaie Ali Abadi et al., ۲۰۱۷) و فلین و همکاران (Flin et al., ۲۰۰۰) همخوانی دارد.

۵- نتیجه گیری

نیروی کار هر کشور، به ویژه کشورهای در حال توسعه از اهمیت بالایی در سرمایه ملی محسوب می‌گردد و از پایه‌های توسعه اقتصادی و اجتماعی به شمار می‌رود. بدون شک شکوفایی و خودکفایی اقتصاد و صنعت بدون داشتن نیروی کار سالم امکان پذیر نخواهد بود. از این رو حفاظت و بهسازی محیط کار از اهمیت بالایی برخوردار است. سالیانه تعداد قابل توجهی از نیروی کار به دلیل حوادث ناشی از کار جان خود را از دست می‌دهند یا دچار نقص عضو می‌شوند که این امر اهمیت توجه به جو ایمنی محل کار را نشان می‌دهد.

کارگاه‌های راهسازی یکی از محیط‌های مستعد در به خطر انداختن کارگران و افراد حاضر در آن است. در این پژوهش با در نظر گرفتن ۱۶۴ نفر از افراد حاضر در چند کارگاه فعال راهسازی در استان کرمان جو ایمنی بررسی شده است. با استفاده از پرسشنامه نوردیک ۷ بعد برای جو ایمنی در نظر گرفته شده است و شرایط هریک از ابعاد در این محل‌ها بررسی شده است که ابعاد با استفاده از آزمون t تک نمونه‌ای بررسی شده است.

یافته‌های این پژوهش نشان می‌دهد که ابعاد اختیارات و قدرت ایمنی مدیریت، تعهد ایمنی کارکنان، اولویت ایمنی و عدم پذیرش ریسک کارکنان و آموزش و یادگیری و اعتماد به توانایی ایمنی در کارگاه‌ها در شرایط مطلوبی قرار دارند اما اولویت و تعهد ایمنی مدیریت، عدالت ایمنی و مدیریت و اعتماد به کارایی سیستم در شرایط مطلوبی واقع نشده‌اند و نیاز به بهسازی دارند که این بهسازی را می‌توان با استفاده از آموزش و وضع قوانین مربوط به ایمنی آن را بهبود بخشید. اما در حالت کلی جو ایمنی مربوط به کارگاه‌های نمونه مطلوب می‌باشد و از لحاظ ایمنی خطر زیادی کارگران را تهدید نمی‌کند. آموزش را می‌توان در غالب ارائه بروشورها و برگزاری کلاس‌های HSE در کارگاه‌ها انجام داد. همچنین می‌توان استخدام نیروهایی جهت بازدید منظم از کارگاه‌ها را جهت افزایش ایمنی را در نظر گرفت.

سپاسگزاری

نویسندگان این مقاله از همفکری تمام اعضای کارگاه‌های راهسازی تحت نظارت شرکت مهندسی مشاور پارس بنیان مصالح کمال سپاسگزاری را دارند.

مراجع

- Adl, J., Shokoohi, Y., & Kakooei, H. (2011). Safety Climate as an Indicator to Evaluate the Performance of Occupational Health and Safety Management System. *Ardabil Medical University Health Journal*, 3(1), 32-40 (Persian).
- Amirbahmani, A., Vosoughi, S., & Alibabaei, A. (2018). Assessment of the Relationship between worker's safety climate and safety performance in construction projects. *Iran Occupational Health*, 15(3), 19-30 (Persian).
- Bergh, M., Shahriari, M., & Kines, P. (2013). Occupational safety climate and shift work. *Chemical Engineering Transactions*, 31, 403-408. <https://doi.org/10.3303/CET1331068>
- Brown, R. L., & Holmes, H. (1986). The use of a factor-analytic procedure for assessing the validity of an employee safety climate model. *Accident Analysis and Prevention*, 18(6), 455-470. [https://doi.org/10.1016/0001-4575\(86\)90019-9](https://doi.org/10.1016/0001-4575(86)90019-9)
- Cavazza, N., & Serpe, A. (2009). Effects of safety climate on safety norm violations: exploring the mediating role of attitudinal ambivalence toward personal protective equipment. *Journal of Safety Research*, 40(4), 277-283. <https://doi.org/10.1016/j.jsr.2009.06.002>

- Cooper, M. D. (2000). Towards a model of safety culture. *Safety Science*, 36(2), 111–136.
[https://doi.org/10.1016/S0925-7535\(00\)00035-7](https://doi.org/10.1016/S0925-7535(00)00035-7)
- Coyle, I. R., Sleeman, S. D., & Adams, N. (1995). safety-climate-Coyle. *Journal of Safety Research*, 26(4), 247–254.
- Davodian Talab, A., Azari, G., Hashem por, M., & Parvin, S. (2017). Investigating factors related to safety sign comprehension in industrial workers. *Iran Occupational Health*, 14(3), 58-70 (Persian).
- Dedobbeleer, N., & Beland, F. (1991). A Safety Climate Measure for Construction Sites. *Journal of Safety Research*, 22(2), 97–103. <https://doi.org/10.1016/b978-0-7506-1010-0.50014-0>
- Firoozichahak, A., Barkhordareifirozabadei, A., & MirzaeiAlavijeh, M. (2014). Assessment of Safety Climate in one of the Mine in Yazd Province. *Health University of Yazd Journal*, 13(4), 164-172 (Persian).
- Flin, R., Mearns, K., O'Connor, P., & Bryden, R. (2000). Measuring safety climate: Identifying the common features. *Safety Science*, 34(1–3), 177–192. [https://doi.org/10.1016/S0925-7535\(00\)00012-6](https://doi.org/10.1016/S0925-7535(00)00012-6)
- khaleghi nejad, A., & Ziaaldini, M. (2016). Relationship between employees' safety climate and safety performance with respect to mediating effect of safety knowledge and safety motivation in Sarcheshmeh copper complex. *Journal of Health and Safety*, 5(4), 69-86 (Persian).
- Khandan, M., & Koohpaei, A. (2016). Job burnout and safety climate relationship and their role in work-related accidents in an Iranian port. *Journal of Sabzevar University of Medical Sciences*, 22(6), 971-982 (Persian).
- Mirzaie Ali Abadi, M., Feize Arefi, M., Gholami, S., Chahardooli, Z., & Rostami, F. (2017). *Investigating Safety Climate and Its Structural Dimensions in a Sugar Industry Using Nordic Questionnaire (NOSACQ-50)*. 3(1), 59-67 (Persian).
- Mohammadi Zeydi, I., Heydarnia, A., & Niknami, S. (2011). Safety climate measurement at workplace: development, validity and reliability. *Payesh*, 10(2), 157-165 (Persian).
- Mortazavi, S. B., Asilian, H., & Avestakhan, M. (2011). Relationship between safety climate factors and the risk of dangerous situations in height among construction workers. *Iran Occupational Health*, 8(1), 51-60 (Persian).
- Niskanen, T. (1994). Safety climate in the road administration. *Safety Science*, 17(4), 237–255.
[https://doi.org/10.1016/0925-7535\(94\)90026-4](https://doi.org/10.1016/0925-7535(94)90026-4)
- Seo, D. C., Torabi, M. R., Blair, E. H., & Ellis, N. T. (2004). A cross-validation of safety climate scale using confirmatory factor analytic approach. *Journal of Safety Research*, 35(4), 427–445.
<https://doi.org/10.1016/j.jsr.2004.04.006>
- Shirali, G. A., & Khademian, F. (2017). Analysis of workplace safety climate using Nordic questionnaire: a case study in a metal industry. *Iran Occupational Health*, 13(5), 25-38 (Persian).
- Williamson, A. M., Feyer, A., Cairns, D., & Biancotti, D. (1997). The Development of A Measure of Safety Climate: The Role of Safety Perceptions and Attitude. *Safety Science*, 25(1–3), 15–27.
- Zare, S., Shabani, N., Babaei Heydarabadi, A., Aminzade, R., Arab Parizi, V., & Abbasi, M. (2013). Investigation of the Safety Climate among Workers in Sirjan GolGohar Mining and Industrial Company. *Scientific Journal*

of Ilam University of Medical Sciences, 20(4), 204-211 (Persian).

Zohar, D. (1980). Safety climate in industrial organizations: Theoretical and applied implications. *Journal of Applied Psychology, 65*(1), 96–102. <https://doi.org/10.1037/0021-9010.65.1.96>



Upgrading Project Audit Programs with Project Management Techniques

Kamran Yektaei*^۱

^۱- Supreme Audit Court, Iran

Email: k_yektaei@yahoo.com

ABSTRACT

Project management techniques such as project retrieval and evaluation and the critical path method help audit managers to be able to allocate audit staff well to related tasks and carry out auditing as planned. Project retrieval and evaluation techniques and the critical path method simplify An audit project plan helps managers a lot and shows short-term and long-term goals to employees and managers. Therefore, managers can better use these techniques to plan for employees and assign them to new tasks, and on the other hand, this They will also be able to modify the audit program more efficiently and accurately.

Keywords: *Audit, critical path method, cost control, project accounting, project recovery and evaluation*

All rights reserved to Civil & Project Journal.



www.cpjournals.com

نشریه عمران و پروژه
Civil & Project Journal (CPJ)

ارتقاء برنامه های حسابداری پروژه با تکنیک های مدیریت پروژه کامران یکتایی*

۱- از دیوان محاسبات کل کشور، تهران، ایران

پست الکترونیکی:

k_yektaei@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۱/۰۲ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۱۱/۳۰

چکیده

فنون مدیریت پروژه مانند بازیابی و ارزیابی پروژه و روش مسیر بحرانی به مدیران حسابرسی کمک می کنند تا بتوانند کارکنان بخش حسابرسی را به خوبی به کارهای مربوط تخصیص داده و حسابرسی را طبق برنامه به پیش ببرند. فن بازیابی و ارزیابی پروژه و روش مسیر بحرانی در ساده سازی یک برنامه پروژه حسابرسی به مدیران کمک بسیاری می کند و اهداف کوتاه مدت و بلندمدت را به کارکنان و مدیران نشان می دهد. بنابراین، مدیران با استفاده از این فنون بهتر می توانند برای کارکنان برنامه ریزی کرده و آنها را به کارهای جدید تخصیص داده و از طرف دیگر، این امکان را نیز پیدا می کنند که با کارایی و دقت بیشتر برنامه حسابرسی را تغییر دهند.

کلمات کلیدی: حسابرسی، روش مسیر بحرانی، کنترل هزینه، حسابداری پروژه، بازیابی و ارزیابی پروژه

۱- مقدمه

در دنیای امروز، بسیاری از واحدهای حسابرسی داخلی در شرکت‌ها و واحدهای اقتصادی، فعالیت‌های خود را بهبود بخشیده و با به کارگیری ابزارهای مدیریت پروژه ۱ هزینه‌های خود را کاهش داده‌اند. این روش‌ها در کنترل و مدیریت برنامه حسابرسی به کار می‌رود که مستلزم نظارت‌اند و باعث بهبود آنها در شرایط رقابتی می‌شود. با توجه به هزاران متغیر موجود، بسیاری از حسابرسان به حسابرسی داخلی به عنوان کار پرمسئولیتی می‌نگرند که پویایی بسیار دارد و از ابزارهای ساده مدیریت پروژه نیز استفاده می‌کنند و در آن، کار همواره از طریق نظارت بیشتر کارکنان اعمال می‌شود. با افزایش دامنه حسابرسی، پراکندگی جغرافیایی و افزایش مسئولیت‌های حرفه‌ای حسابرسان، در آینده‌ای نزدیک صرف به کارگیری روش‌های موجود برای رویارویی با چالش‌های پیش رو مناسب نخواهد بود.

علم مدیریت، فنون متعددی را برای کنترل وظایف متنوع در طول اجرای پروژه‌ها ارائه کرده است. این روش‌ها از فنون ساده مدیریت پروژه‌های کوچک تا روش‌های پیشرفته نظارت بر فعالیت‌های برنامه‌ریزی شده پیچیده را شامل می‌شوند که اجرای پروژه آنها چندین سال به طول می‌انجامد. اگر چه همه این روش‌ها در حسابرسی داخلی کاربرد ندارند اما برخی از آنها را می‌توان برای مدیریت و کنترل بهتر به کار گرفت.

در حقیقت، اهداف حسابرسی باید به صورت واضح، عینی و بدون هر گونه ابهامی برای دستیابی به آنها تعریف شود و تمام تلاش‌ها در جهت هماهنگی کردن تعاریف درست اهداف پروژه باشد. بیشتر پروژه‌های حسابرسی به مجموعه‌ای از وظایف قابل مدیریت ۲ تقسیم می‌شوند که مستلزم هماهنگی دقیقی هستند. این وظایف، نمایانگر اقداماتی هستند که نیاز به کامل شدن دارند تا بخش‌های خاصی از اهداف مشخص پروژه تحقق یابد. این اقدامات ممکن است تکمیل یکی از بخش‌های حسابرسی (مثل مرور و بررسی پرونده‌های اعتباری) یا اجرای یکی از آزمون‌های اصلی حسابرسی (مثل تایید حساب‌های دریافتی) و یا کامل کردن بخشی از حسابرسی (مثلاً کامل کردن بودجه حسابرسی) باشد. از آنجایی که حرفه حسابرسی شامل اهداف معین و اقدامات متعدد است، لذا استفاده از فنون مدیریت پروژه، می‌تواند فواید بسیاری برای برنامه‌ریزی و کنترل آن داشته باشد. البته حسابرسان دقیقاً اهداف را تعریف نمی‌کنند بلکه آنان به تلاش‌های متمرکز و انجام یکسری از کارها به عنوان اهداف میانی برای تکمیل موفقیت‌آمیز کار می‌پردازند. در محیط حسابرسی داخلی امروز، از حسابرسان خواسته می‌شود تا به انجام وظایف گوناگونی بپردازند. بنابراین، تعریف اهداف پروژه حسابرسی قدری مشکل‌تر می‌شود زیرا زمان اندک، امکان رسیدن به بسیاری از موفقیت‌ها را سلب می‌کند. تمام پروژه‌ها صرف نظر از اندازه آنها شامل سه هدف اولیه‌اند که باید به عنوان بخشی از اهداف، تعریف شده باشد. این اقدامات اولیه عبارتند از:

۱) هدف زمان: برای کار حسابرسی هدف زمان، هدفی ابتدایی است که باید بر برنامه‌های حسابرسی سالانه نیز منطبق باشد و در نهایت به مدیران ارشد و کمیته حسابرسی گزارش شود.

۲) اهداف بودجه‌ای: این اهداف در حسابرسی شامل تعداد ساعات مورد نیاز کارکنان و یا تخصیص ساعات و هزینه‌های عمومی مرتبط با کار است.

۳) اهداف نهایی برای هر کار حسابرسی شامل محصولات تولید شده توسط حسابرسان اعم از گزارش‌های حسابرسی، پیشنهادها و یا تجزیه و تحلیل سیستم‌ها است که به عنوان نتایج نهایی کار به استفاده‌کنندگان مربوط و یا صاحبکاران ارائه می‌شود.

۲- استفاده از فنون مدیریت پروژه در حسابرسی

حسابرسان حرفه‌ای نشان دادند که بیشترین کاربرد فنون مدیریت پروژه در حساب‌های مربوط به رویه‌های بودجه‌بندی ۳ است. بودجه‌بندی یکی از روش‌های مدیریت پروژه و به عنوان بخشی از اهداف کلی پروژه حسابرسی محسوب می‌شود. به هر حال، فنون ساده بودجه‌بندی در زمان استفاده در پروژه‌های حسابرسی، دارای اشکالاتی است. این اشکالات از آنجا ناشی می‌شود که اگر چه بودجه‌بندی می‌تواند به کنترل پروژه حسابرسی به وسیله ارائه استانداردهای اندازه‌گیری در دوره‌های زمانی مختلف کار حسابرسی کمک کند اما اطلاعات لازم را برای اصلاحات مناسب در زمان انحراف از بودجه ارائه نمی‌کند.

روش‌های پیشرفته که بخش وسیع‌تری از کارهای حسابرسی را شامل می‌شود باعث بهبود کارایی حسابرسی نیز می‌شود. فنون مدیریت پروژه مخصوصاً فن‌های ارزیابی و ارزیابی پروژه‌ها و روش مسیر بحرانی، پیش‌بینی‌های وسیع و موثری را انجام می‌دهند. هرچند کاربرد بودجه به کنترل‌ها و کشف موارد محدود می‌شود ولی سایر موارد مدیریت پروژه دارای ماهیتی پیشگیرانه است و این ابزارها، اولاً به حسابرسان اجازه می‌دهد تا از دیدگاه بالاتری به فعالیت‌ها نگاه کنند، ثانیاً به درک اعمال اصلاحی در محیط پروژه کمک شایانی می‌کنند.

مدیران از فنون مختلفی برای غلبه بر مشکلات استفاده می‌کنند که می‌تواند دامنه‌ای از فعالیت‌ها شامل استدلال ساده برای یک مشکل تا تحلیل رگرسیون‌های پیچیده داشته باشد. ولی باید توجه داشت همیشه یک راه‌حل را نمی‌توان به عنوان یک دستورالعمل با بیشترین کارایی برای موقعیت‌های مشابه در نظر گرفت. این اصل در مورد حسابرسان داخلی نیز مصداق دارد. هیچ مدیریت پروژه‌ای تمام مسائل حسابرسی را حل نمی‌کند بلکه این ابزارها کمک می‌کنند تا مشکلات مرتبط مشخص گردد، راه‌حل‌های واقعی در نظر گرفته شوند و در نهایت، حسابرسان با مدیریت پروژه‌ها از تمام عواملی آگاه شوند که در تصمیم آنان موثر خواهد بود. اهم وظایف حسابرسی داخلی:

۱. کنترل کلیه قراردادهای شرکت اعم از قراردادهای پیمانکاران اصلی پروژه‌ها و طرح‌های پشتیبانی و قراردادهای مشاوره‌ای و تامین نیروی انسانی به منظور حصول اطمینان از رعایت دستورالعمل‌ها و مقررات صنعت نفت و قوانین کشور جمهوری اسلامی ایران.

۲. نظارت بر چگونگی ثبت و نگهداری و مدیریت منابع تامین مالی طرح‌ها و پروژه‌ها اعم از اوراق مشارکت، فایننس، ریفایننس، بیع متقابل، ذخیره ارزی، صندوق انرژی، نیکو، منابع داخلی و مصارف مربوط به تفکیک طرح و پروژه.

۳. تجزیه و تحلیل گزارشات و حصول اطمینان از انجام بموقع برنامه‌های حسابرسی در مورد کلیه فعالیت‌های مالی و غیر مالی شرکت و ایجاد اصلاحات لازم.

۴. حصول اطمینان از رعایت دقیق دستورالعمل‌ها و آیین نامه‌ها و روش‌هایی برای محافظت از دارایی‌ها و تمامی منابع و درآمدهای شرکت و انجام صحیح مصارف و هزینه‌ها.

۵. ارزیابی و کنترل کلیه خدمات پشتیبانی و تخصیصی به طرح‌ها و پروژه‌ها، اجاره ماشین آلات، ارائه خدمات به اشخاص ثالث و پیمانکاران و رسیدگی به نحوه تسهیم هزینه‌ها در حساب‌های شرکت.

۶. بررسی نتایج اقدامات صورت گرفته در خصوص کنترل موثر بودن دستور العملها و کنترلهای پیش بینی شده در مورد فعالیتهای غیر مالی و صحت اطلاعات گزارش شده توسط دوایر مختلف به مدیریت شرکت.
۷. تحلیل گزارشات مربوط به بررسی اجرای دقیق قراردادها و مطابقت پیشرفت واقعی با برنامه و همخوانی آن با پرداختهای انجام شده.
۸. بررسی نتایج مطابقت گزارشها و صورتهای مالی نهایی با اسناد و مدارک و دفاتر مالی شرکت و اطمینان از این گزارشها.
۹. نظارت بر مستندسازی کلیه فرایندها، انجام مهندسی و طراحی پروژه ها و بهره برداری از داراییها و چگونگی وضعیت مالکیت املاک و مستحقات و تاسیسات شرکت.
۱۰. ارزیابی اقدامات انجام شده در خصوص کنترل صورت سود و زیان و ترازنامه شرکت، بررسی و کنترل کلیه حسابها از جمله حسابهای بدهکاران و بستانکاران و تایید ماندههای بدهکاری و بستانکاری، حساب هزینه های جاری و سرمایه ای با توجه به بودجههای مصوب ومقررات و دستورالعملها و روشها و آئین نامه های مربوطه و اصول حسابداری.

۳- فن بازیابی و ارزیابی پروژه

اهداف ارزیابی پروژه

☐ جلوگیری از اجرای پروژه های نامناسب و بد

☐ ممانعت از عدم اجرای پروژه های خوب و مناسب

☐ ارزیابی میزان سازگاری اجزای مختلف پروژه

☐ ارزیابی میزان ریسک پروژه

هدف ارزیابی پروژه پاسخ به پرسشهای زیر است:

☐ آیا پروژه از نظر مالی به صرفه است؟

☐ آیا پروژه از نظر اقتصادی به صرفه است؟

☐ چه کسانی و به چه میزان از اجرای پروژه منفعت می برند؟

☐ چه گروه های از اجرای پروژه ضرر می کنند؟

☐ منابع یسک شکست پروژه چیست؟

☐ آیا پروژه فقرزدایی می کند؟

☐ منابع مالی موردنیاز پروژه از کجا تامین می شود؟

☐ در ارزیابی پروژه باید منافع و هزینه هایی منتسب به پروژه شود که منتج از خود پروژه باشد و نباید منافع موجود قبل از اجرای پروژه به حساب پروژه گذاشته شود.

☐ جهت برآورد منافع پروژه باید منافع در دو سناریوی بدون اجرای پروژه با اجرای پروژه در طول زمان برآورد شود و سپس اختلاف منافع به پروژه ربط داده شود.

☐ مفهوم دیگری نیز در این زمینه وجود دارد تحت عنوان قبل و بعد از پروژه که مناسب برای برآورد منافع و هزینه ها در ارزیابی پروژه نیست. این روش، برای برنامه ریزی و کنترل امور غیر تکراری به کار می رود. بسیاری از فعالیت های حساس را می توان تحت عنوان این روش مطرح کرد.

پروژه هایی که دارای یکسری فعالیت های مرتبط و دارای فرایند که مدت زمان زیادی برای تکمیل آنها نیاز هست را می توان با فن بازیابی و ارزیابی پروژه با کارایی بالا، تجزیه و تحلیل کرد. بنابراین، فن بازیابی و ارزیابی پروژه برای مشاغل مشاوره ای نیز همان مطلوبیتی را ایجاد می کند که برای حسابرسان داشته است. این فن ممکن است نتواند راه حل یا جواب های بهینه را ارائه کند اما یک ابزار پیش بینی است که نه تنها به پیش بینی زمان تکمیل پروژه می پردازد بلکه بر فعالیت های برنامه ریزی یا انجام شده برای تکمیل کار نیز نگاهی انتقادی دارد.

فن بازیابی و ارزیابی پروژه اعم از دستی یا رایانه‌ای، یک فن کمی با اهمیت برای برنامه‌ریزی و هماهنگ کردن فعالیت‌های یک پروژه خاص است. در حسابرسی، (به تصویر صفحه مراجعه شود) فن بازیابی و ارزیابی پروژه، این امکان را به حساب‌برسان می‌دهد که زمان مورد نیاز برای تکمیل کار را تخمین بزنند. با این نگرش، یکی از موارد بسیار مهم حسابرسی با دقتی زیاد مشخص می‌شود و اصلاحات مورد نظر اعمال می‌شود. همچنین این فن کمک می‌کند که فعالیت‌های پنهان از طریق مقایسه واقعیت‌ها با فرآیندهای برنامه‌ریزی شده مشخص شوند.

از آنجایی که فن بازیابی و ارزیابی پروژه، یک تجزیه و تحلیل موثر برای تمام فعالیت‌های مورد نیاز برای کامل شدن یک کار ارائه می‌کند لذا گام ابتدایی در فرایند این فن، مشخص کردن تمام فعالیت‌هایی است که باید انجام بگیرد و رویدادهایی است که اتمام کار را نشان می‌دهد. به عنوان نمونه، استفاده از این فن در تاییدیه‌های حساب‌های دریافتنی باید به گونه‌ای باشد که این فعالیت را مشخص و تکمیل آن از طریق شواهد موجود در کاربرگ حساب‌های دریافتنی مستند کنند. گام بعدی در فن بازیابی و ارزیابی پروژه، نشان دادن رابطه بین فعالیت‌ها و رویدادهاست. پروژه حسابرسی نشان دادن رابطه بین فعالیت‌ها و رویدادهاست. پروژه حسابرسی شامل مشخص کردن مراحل اصلی فرایند حسابرسی و ارزیابی ارتباط بین این مراحل است. در این راستا، ارزیابی سیستم کنترل داخلی به تنهایی کافی نیست بلکه باید این ارزیابی با سایر جنبه‌های کار حسابرسی نیز ارتباط پیدا کند مثلاً در حسابرسی پرداخت‌های نقدی، ارزیابی سیستم کنترل‌های داخلی، اصولاً قبل از سایر برنامه‌ها از قبیل نمونه‌گیری و آزمون‌هایی انجام می‌شود ولی باید همگی در ارتباط با یکدیگر باشد.

فن بازیابی و ارزیابی پروژه می‌تواند اطلاعات ارزشمندی برای مدیران حسابرسی و یا حساب‌برسان ارشد فراهم آورد. اولاً می‌تواند تصویری از فعالیت‌ها را ارائه کند. ثانیاً نمایی از دوره فعالیت‌ها را در قالب ساعت کار کارکنان مشخص کند. فن بازیابی و ارزیابی پروژه نسبت به فعالیت‌های مورد نظر برای تکمیل کارها، دید انتقادی دارد و در نهایت، به وسیله آن می‌توان مشخص کرد که هریک از فعالیت‌ها را می‌توان تا چه میزان با تاخیر انجام داد بدون اینکه کل کار طولانی‌تر از مدت پیش‌بینی شود.

فن بازیابی و ارزیابی پروژه فواید بسیاری برای حسابرسی دارد. اولاً استفاده از این روش سبب می‌شود مدیران حسابرسی یا سایر مسئولان، اطلاعات در دسترس را بررسی و سازماندهی و در موارد لزوم از این اطلاعات استفاده کنند. ثانیاً مشخص کردن فعالیت‌های کلیدی و نظارت نزدیک بر آنها برای کاهش تاخیرهای بالقوه در پروژه از دیگر فواید کاربرد این فن می‌باشد. در مجموع، فن بازیابی و ارزیابی پروژه به ما کمک می‌کند تا رویه‌هایی را شناسایی کنیم که باعث ایجاد زمان بلا استفاده می‌شود و در نهایت، شاهد حذف آنها بدون افزایش در زمان کلی حسابرسی باشیم. این جنبه از فن بازیابی و ارزیابی پروژه، حساب‌برسان را قادر می‌سازد تا با تخصیص مجدد منابع، تاثیر رویدادهای پیش‌بینی نشده را به حداقل برسانند.

علاوه بر این، یکی دیگر از فواید این فن، مستندسازی فرایند برنامه‌ریزی است. زمانی که فن بازیابی و ارزیابی پروژه به کار گرفته شود باید تمام فرایند ارزیابی، درک و نمایش داده شود که این موضوع به حساب‌برسان داخلی کمک شایانی می‌کند.

۴- روش مسیر بحرانی

تعریف روش مسیر بحرانی (Critical Path Method))

روش مسیر بحرانی، که در سال ۱۹۵۰ معرفی شد، الگوریتمی برای ایجاد و کنترل زمان‌بندی مجموعه‌ای از فعالیت‌های پروژه است. برای استفاده از روش مسیر بحرانی (CPM) نیاز به رسم مدلی از پروژه خود داریم که شامل موارد زیر است:

فعالیت‌های موردنیاز برای انجام پروژه

ارتباط بین فعالیت‌ها

تخمین زمان موردنیاز هر فعالیت برای انجام

پس از رسم شبکه خود می‌توانیم مسیر بحرانی را شناسایی کنیم.

شناسایی فعالیت‌های بحرانی از سایر فعالیت‌های شبکه از این رو دارای اهمیت است که مدیران بتوانند این فعالیت‌ها را با دقت و توجه بیشتری رصد و کنترل کنند و از به تعویق افتادن یا طولانی‌تر شدن زمان اجرای آن‌ها جلوگیری نمایند.

تعریف هر فعالیت

برای تعریف فعالیت‌ها باید از ساختار شکست پروژه خود که در فرآیند مدیریت محدوده تهیه شده است، استفاده کنید.

تعریف ارتباطات

در شبکه دیاگرامی، فعالیت‌ها دارای روابط پیش‌نیازی و پس‌نیاز یا پی‌آمد هستند. هنگامی فعالیت A پیش‌نیاز فعالیت B می‌باشد که پس از اتمام فعالیت A فعالیت B قابل شروع شدن باشد. در این حالت فعالیت B پی‌آمد فعالیت A می‌باشد.

تعریف ارتباطات فعالیت‌ها در روش مسیر بحرانی کنترل پروژه - PMPiran

در این مرحله ما به مدت زمان انجام هر فعالیت نیاز داریم، برخلاف روش PERT که با استفاده از روش سه نقطه‌ای انجام می‌شود ما در این روش تنها یک زمان برای محاسبه داریم.

برای اینکه مشخص شود پروژه شما چقدر طول می‌کشد، شما نیاز دارید تا مسیر بحرانی پروژه را بیابید.

مسیر بحرانی طولانی‌ترین توالی فعالیت‌ها در یک شبکه دیاگرامی از پروژه است که کوتاه‌ترین زمان انجام پروژه را نشان می‌دهد.

هر پروژه حداقل یک مسیر بحرانی دارد. مسیرهای دیگر در شبکه کوتاه‌تر و یا برابر با مسیر بحرانی خواهد بود، در واقع یک پروژه می‌تواند بیش از یک مسیر بحرانی داشته باشد.

برای شناسایی مسیر بحرانی به آشنایی با مفاهیمی نیاز است که در ادامه به آن‌ها خواهیم پرداخت:

زودترین شروع Early Start

زودترین زمان برای شروع یک فعالیت در صورتی که فعالیت‌های پیش‌نیاز آن انجام شده باشد، این مقدار با حرکت رو به جلو از سمت چپ به راست در شبکه دیاگرامی محاسبه شود.

دیرترین شروع (Late Start)

دیرترین تاریخ شروع هر فعالیت است که با کم کردن دیرترین زمان پایان فعالیت از مدت زمان آن و حرکت رو به عقب از سمت راست به چپ در شبکه دیاگرامی محاسبه می‌شود.

زودترین زمان پایان (Early Finish)

زودترین زمانی که یک فعالیت به پایان می‌رسد به شرطی آن که فعالیت‌های پیش‌نیاز انجام شده باشند. این مقدار از مجموع زودترین زمان شروع فعالیت و مدت زمان فعالیت آن با حرکت رو به جلو از سمت چپ به راست بدست خواهد آمد.

دیرترین زمان پایان (Last Finish)

دیرترین زمانی است که یک فعالیت می‌تواند به پایان برسد، این زمان در حرکت رو به عقب بدست می‌آید و برابر با دیرترین زمان شروع فعالیت پس‌آمدی خود است.

شناوری (Float – Slack)

مدت زمانی که یک فعالیت می‌تواند از زودترین زمان شروع خود به تعویق بیفتد و یا طولانی شود بدون اینکه زمان کلی پروژه تغییری کند.

اختلاف بین زودترین تاریخ شروع و دیرترین و یا زودترین تاریخ پایان و دیرترین آن شناوری فعالیت را مشخص خواهد کرد.

اگر شناوری صفر باشد بدین معناست که فعالیت نمی‌تواند بدون اینکه فعالیت بعدی خود را جابجا کند، تاخیر داشته باشد و برای مثال اگر شناوری ۳ روز باشد، آن فعالیت می‌تواند تا ۳ روز تاخیر داشته باشد بدون اینکه فعالیت بعدی خود را جابجا کند.

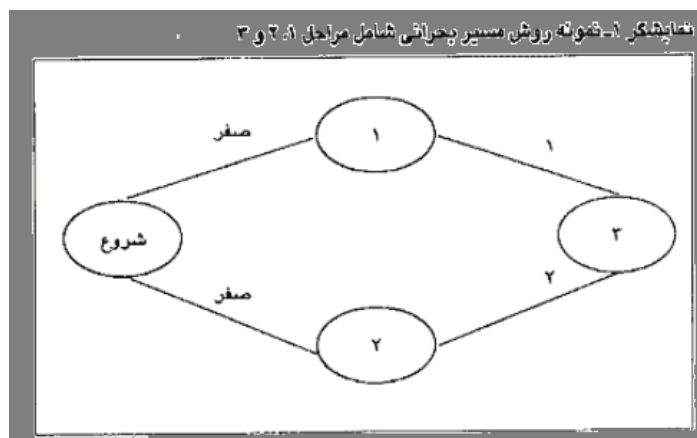
برای کنترل هر چه بهتر نحوه پیشرفت کار، مدیران باید به شناوری فعالیت‌ها توجه داشته باشند و به هر میزان که شناوری فعالیتی کمتر است، دقت و توجه بیشتری را به آن تخصیص دهند و از به تعویق افتادن و یا طولانی شدن آن جلوگیری کنند.

شناوری کل (Total Float)

شناوری کل اختلاف بین تاریخ پایان آخرین فعالیت موجود در مسیر بحرانی و تاریخ پایان پروژه است. هر تاخیری در هر فعالیتی در مسیر بحرانی مقدار شناوری کل پروژه را کاهش می‌دهد.

این شناوری نشانگر زمانی است که فعالیت می‌تواند به تعویق بیفتد بدون آنکه در کل زمان اجرای پروژه تاثیری داشته باشد.

روش مسیر بحرانی نیز شبیه فن بازیابی و ارزیابی پروژه است به جز این که در این روش، بر تعریف و کنترل "مسیر بحرانی" تاکید بیشتری وجود دارد. مسیر بحرانی شامل ترتیبی از فعالیت‌هاست که بیشترین زمان‌ها برای تکمیل آنها مورد نیاز است. هنگامی که این فعالیت‌ها، سلسله‌وار بدنبال هم بیایند طول پروژه مشخص می‌شود. بنابراین هر تاخیری در این مسیر، منجر به تاخیر در تکمیل نهایی پروژه می‌گردد. در مراحل مختلف برنامه‌ریزی حساس‌رسی، روش مسیر بحرانی، نقاط بحرانی بالقوه را مشخص کرده و استفاده مناسب‌تر از منابع موجود را سبب می‌شود. همانطور که در نمایشگر ۱ دیده می‌شود.



اگر فعالیت‌های ۱ و ۲ به طور همزمان آغاز و هر دو قبل از فعالیت‌های ۳ انجام شوند در این صورت ضرورت دارد که فعالیت‌های ۱ و ۲ در یک زمان پایان پذیرند.

اهمیت قضیه در صورتی بیشتر می‌شود که دو فرد به صورت جداگانه، آن فعالیت‌ها را انجام دهند و هر دو فرد نیاز به آغاز فعالیت ۳ داشته باشند. به طور خلاصه، اگر مرحله ۱، یک هفته به طول بینجامد و مرحله ۲ برای کامل شدن دو هفته زمان برای نیاز داشته باشد عملیات حسابرسی بر روی فعالیت مرحله ۱، یک هفته قبل از فعالیت مرحله ۲ پایان می‌پذیرد. بنابراین تنگنای کار مشخص می‌شود. در این صورت، اگر منابع مازاد در دسترس باشد باید به فعالیت مرحله ۲ تخصیص یابد و کار در مرحله ۲ تسریع شود، در این شرایط، روش مسیر بحرانی می‌تواند تنگنای کار را مشخص کند و بنابراین باعث بهبود در کارایی و تخصیص بهتر منابع می‌شود.

روش مسیر بحرانی می‌تواند در تخصیص بهینه در روش‌های دیگری نیز مفید واقع شود. مثلاً اگر حسابرس با استفاده از روش مسیر بحرانی می‌تواند تشخیص دهد زمانی که حسابرسی به انجام فعالیت مرحله ۱ می‌پردازد می‌تواند زمان کوتاهی در انجام کار خود داشته باشد بدون اینکه باعث افزایش در زمان کلی حسابرسی شود. در این صورت، اگر فعالیت مرحله ۲ نیازمند توجه و کار نیروی انسانی بیشتری باشد مدیر می‌تواند با تخصیص افراد به فعالیت جدید، باعث استفاده بهینه گردد.

در زمان انجام تغییرات در طی کار حسابرسی، روش مسیر بحرانی می‌تواند تاثیر این تغییرات را بر روی کار حسابرس مشخص کند. اگر اهداف حسابرسی به صورت عینی تعریف شده باشد در این صورت دستیابی به آنها بدون شک آسان‌تر خواهد بود زیرا رسیدن یا نرسیدن به اهداف در طی مسیر کاملاً تعریف شده، مشخص و ارزیابی می‌شود. روش مسیر بحرانی، نمای جغرافیایی از مراحل پیشرفت در مسیر بحرانی را نشان می‌دهد.

۵- نمونه‌هایی از فنون مدیریت پروژه در حسابرسی

برای ارائه نمونه‌هایی از اینکه چگونه فن بازیابی و ارزیابی پروژه و روش مسیر بحرانی برای برنامه‌ریزی و کنترل به کار می‌روند باید اثربخشی آنها را در پروژه حسابرسی مشخص کرد. نمایشگر ۲ بخشی از یک پروژه حسابرسی کوچک است که در آن، زمان به روز بیان شده است. در هر صورت، هرچه برنامه‌ریزی و کنترل شفاف‌تر باشد مدیریت بهتر و آسان‌تر می‌تواند از ساعات کار کارکنان استفاده کند.

۱. پذیرش کار

۲. تکمیل بررسی تحلیلی

۳. تکمیل بودجه

۴. انتخاب تیم حسابرسی

۴. انتخاب تیم حسابرسی

۵. آغاز اجرای عملیات

۶. تکمیل بخش وجوه نقد

۷. تکمیل حساب‌های دریافتنی

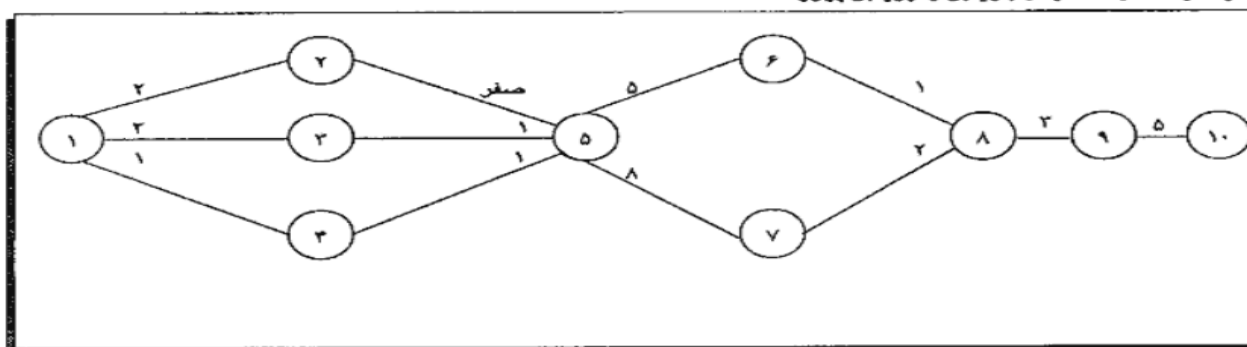
۸. بررسی کار حسابرسی

۹. تکمیل کار حسابرسی توسط مدیر

۱۰. گزارش حسابرسی به صاحبکار

کاربرد تئوری وجوه در حسابداری و گزارشگری مالی

نمایشگر ۲- نمونه‌ای از فن بازیابی و ارزیابی پروژه



دایره ۱ نشان دهنده پذیرش کار توسط واحد حسابرسی است. این امکان وجود دارد که رویدادهای دیگری نیز رخ دهد تا منجر به پذیرش کار شود. در این صورت، این رویدادها می‌تواند جزئی از نگاره فن بازیابی و ارزیابی پروژه باشد و یا به صورت یک نگاره جداگانه (و ترسیم یک فن بازیابی و ارزیابی پروژه دیگر) در نظر گرفته شود. هم چنین می‌توان برای برنامه حسابرسی سالانه نیز یک نمایشگر فن بازیابی و ارزیابی پروژه ترسیم شود. اهداف انتقادی فن بازیابی و ارزیابی پروژه که باید به وضوح تعریف شود اهداف ابتدایی و پایانی است. در نمایشگر ۲ کار با پذیرش کار حسابرسی (دایره ۱) آغاز و با ارائه گزارش به صاحبکار به تصویر صفحه مراجعه شود) پایان می‌پذیرد. در این نمونه، دایره ۵ نشان دهنده آغاز اجرای عملیات حسابرسی است البته باید قبل از این رویداد چندین برنامه شامل بررسی تحلیلی، بودجه‌بندی و انتخاب تیم حسابرسی انجام شده باشد. روش بررسی تحلیلی به دو روز زمان نیاز دارد و کار اجرای عملیات دقیقاً می‌تواند پس از بررسی تحلیلی آغاز شود. انتخاب تیم حسابرسی (دایره ۴) در یک روز به پایان می‌رسد و گروه حسابرسی می‌تواند یکروزه کار اجرای عملیات حسابرسی را انجام دهند. بنابراین، مسیر ۱-۴-۵ می‌تواند ظرف مدت ۲ روز به اتمام برسد.

در ادامه فعالیت‌ها، بودجه‌بندی (دایره ۳) به سه روز زمان احتیاج دارد و اجرای کار عملیات حسابرسی یک روز بعد از انتخاب کارکنان آغاز می‌شود. بنابراین مسیر ۱-۳-۵ به چهار روز زمان نیاز دارد. اگر سه نفر از کارکنان برای کار روی بررسی تحلیلی در دسترس باشند قابل اتکاترین و کاراترین ترکیب برای آغاز عملیات حسابرسی شکل می‌گیرد. برای تکمیل بخش وجوه نقد (دایره ۶) پنج روز زمان مورد نیاز است. در همان زمان حسابرس دیگری می‌تواند روی حساب‌های دریافتنی کار کند. تکمیل حساب‌های دریافتنی (دایره ۷) به هشت روز زمان نیاز دارد بنابراین اگر حسابرسان وجوه نقد در صورت مراجعه با مشکل نیازمند به دو روز کار اضافی باشند، می‌توانند این کار را بدون تاخیر در انجام کل حسابرسی، به انجام برسانند زیرا این دو روز تاخیر به روند کلی حسابرسی لطمه نمی‌زند. ولی اگر حسابرس مشغول بررسی حساب‌های دریافتنی، حتی یک روز تاخیر داشته باشد منجر به تاخیر در برنامه کلی حسابرسی می‌شود. در این نمونه، مسیر بحرانی کلی برنامه حسابرسی به صورت ۱-۳-۵-۷-۸-۹-۱۰ است. هر تاخیری در این مسیر، سبب تغییر در برنامه نهایی و تاخیر در کامل شدن حسابرسی نهایی می‌شود.

۶- جمع بندی

در اغلب موارد از مدیران حسابرسی خواسته می‌شود کارکنان حسابرسی را به صورت موقت در پروژه‌های دیگر تخصیص داده و از آنها برای کارهای مختلفی استفاده کنند. استفاده از فن بازیابی و ارزیابی پروژه و روش مسیر بحرانی، قصور و کوتاهی افراد را مشخص می‌کند و یا استفاده از آنها می‌توان برای انجام پروژه‌ها در مدت زمان تعیین شده، به تخصیص مجدد افراد پرداخت. به صورت تاریخی، فنون مدیریت پروژه مانند روش مسیر بحرانی و فن بازیابی و ارزیابی پروژه، ابزارهای باارزشی هستند و کمک آنها به حدی زیاد است که بدون به کارگیری آنها در پروژه‌های بزرگ، تکمیل آنها با سرعت فعلی غیر ممکن به نظر می‌رسد. این ابزارها باعث افزایش کارایی و بهره‌وری بیشتر حسابرسی می‌شوند. استفاده از روش مسیر بحرانی و فن بازیابی و ارزیابی پروژه می‌تواند در

بهبود برنامه‌ریزی‌های حسابرسی آتی، ارزیابی مشکلاتی که در آینده رخ خواهد داد و قضاوت دوره‌ای راهبردی سازمان در طی کار، کمک کند.

فنون مدیریت پروژه مانند بازیابی و ارزیابی پروژه و روش مسیر بحرانی به مدیران حسابرسی کمک می‌کنند تا بتوانند کارکنان بخش حسابرسی را به خوبی به کارهای مربوط تخصیص داده و حسابرسی را طبق برنامه به پیش ببرند. فن بازیابی و ارزیابی پروژه و روش مسیر بحرانی در ساده‌سازی یک برنامه پروژه حسابرسی به مدیران کمک بسیاری می‌کند و اهداف کوتاه‌مدت و بلندمدت را به کارکنان و مدیران نشان می‌دهد. بنابراین، مدیران با استفاده از این فنون بهتر می‌توانند برای کارکنان برنامه‌ریزی کرده و آنها را به کارهای جدید تخصیص داده و از طرف دیگر، این امکان را نیز پیدا می‌کنند که با کارایی و دقت بیشتر برنامه حسابرسی را تغییر دهند.

مراجع

۱. Sinason David H and John.E.McEldowncy and Arianna S.pinello "improving audit planning and Control with project management Techniques " , Internal Auditing . ۱۷ Nov / Dec , ۲۰۰۲ , Pp . ۱۲-۱۶
۲. Sinason David H .. " project Management in an audit Environment Internal Auditing . ۱۷. March April ۲۰۰۲ PP . ۳-۹ vid H and John E McEldownsy , and Arianna Spinello improvin
- الف) مقاله: رحیمیان، نظام الدین، ۱۳۸۵، برنامه های حسابرسی و کنترل با فنون مدیریت پروژه ، حسابدار، تهران، نشریه شماره ۱۷۱ صفحات ۲۹ تا ۳۳
- ب) ارایه: یوسفی، علی، ۱۳۹۶، اصول ارزیابی پروژه، دانشگاه صنعتی اصفهان - گروه توسعه روستایی