



دوفصلنامه علمی - ترویجی دانشگاه فنی و حرفه‌ای
سال شانزدهم - شماره چهل و پنجم
بهار و تابستان 1398

امتیاز علمی - ترویجی دوفصلنامه کارافن طی شماره 3/18/60837
تاریخ 1392/04/30

از طرف کمیسیون بررسی نشریات علمی کشور، وزارت علوم، تحقیقات و فناوری
ابلاغ گردیده است.

دوفصلنامه علمی - ترویجی کارافن در پایگاه استنادی علوم کشورهای اسلامی (ISC)
نمایه می‌شود.

صحت آرا و اندیشه‌های مندرج در هر مقاله، به عهده نویسنده(ها) است.

آدرس: تهران، میدان ونک، خیابان برزیل شرقی، پلاک 4، سازمان مرکزی دانشگاه فنی و حرفه‌ای
کدپستی: 1435761137
تلفن: 021-42350115 و 021-42350417

پست الکترونیک: karafan@tvu.ac.ir
وبسایت نشریه: <http://karafan.tvu.ac.ir>

دوفصلنامه علمی - ترویجی دانشگاه فنی و حرفه‌ای
سال شانزدهم - شماره چهل و پنجم
بهار و تابستان 1398

کارافن



صاحب امتیاز: دانشگاه فنی و حرفه‌ای
مدیر مسئول: دکتر ابراهیم صالحی عمران
سر دبیر: دکتر نعمت‌اله عزیزی
مدیر داخلی: دکتر آذرچهر صحت

طراحی و اجرای جلد:
مهندس محمد مشتاقی
سمیرا داناسرشت

اعضای هیأت تحریریه:

استاد دانشگاه مازندران و دانشگاه فنی و حرفه‌ای
استاد دانشگاه کردستان
استاد دانشگاه صنعتی نوشیروانی بابل
استاد دانشگاه صنعتی امیرکبیر
دانشیار دانشگاه یزد و دانشگاه فنی و حرفه‌ای
دانشیار دانشگاه فنی و حرفه‌ای
استادیار پژوهشکده مطالعات فرهنگی و اجتماعی
استادیار دانشگاه فنی و حرفه‌ای
استادیار دانشگاه فنی و حرفه‌ای

دکتر ابراهیم صالحی عمران
دکتر نعمت‌اله عزیزی
دکتر سیدعلی اصغر قریشی
دکتر مسعود شفیعی
دکتر سیدحیدر میرفخرالدینی
دکتر ویدا تقوائی
دکتر رضا مهدی
دکتر مهدی علینقی‌زاده اردستانی
دکتر معراج رجائی

اساتید محترمی که در داوری و ارزیابی مقالات این شماره همکاری داشته‌اند:

حسن احمدی، سیما آرامش، حامد ارزانی، ایرج اعتصام، حمیدرضا بیگزاده شهرکی، خسرو پورجوان، فرامرز جعفری، محمدمصطفی جعفری، سید باقر حسینی، ته‌مین‌ه حسینی، فاطمه رستمی، فرخنده رفیعی، پرویز سعیدی‌فر، پندرام سوداگر، محمدحسین صائمان، شیوا صفا ایسینی، امیر طریقت، اردشیر عبدی، علیرضا عزالدین، مهدی فائزی‌پور، محمدعلی فرهنگ‌فره‌مند، پرویز قلووسی، شمسی کاکوند، محسن مانشتی، مهدی منتظرالقائم، احمد نیک‌نام، زاهد وکیلی، سید یوسف هاشمی، آرمیس هوشیار

راهنمای نگارش و نحوه ارسال مقالات علمی – ترویجی دوفصلنامه کارافن

1. هدف نشریه کارافن انتشار نتایج پژوهش‌ها، مقالات و تجربیات علمی و کاربردی استادان و پژوهشگران دانشگاه و خارج از دانشگاه در محورهای مصوب کارافن است که به دو زبان فارسی و انگلیسی چاپ خواهد شد.
2. زمان فرایند داوری مقالات حداکثر 3 ماه می‌باشد.
3. مقالات از طریق پایگاه اینترنتی نشریه (لینک آن در سایت دانشگاه فنی و حرفه‌ای می‌باشد) به نشانی karafan.tvu.ac.ir قابل ارسال است و تمامی فرایند داوری و پی‌گیری از طریق سایت امکان‌پذیر می‌باشد.
4. نویسنده مسئول مکاتبات ابتدا باید در سامانه‌ی کارافن (بخش حساب کاربری) به‌عنوان «نویسنده» ثبت‌نام نموده، فرم مربوط به اطلاعات فردی را با دقت تکمیل و برای بارگذاری مقاله، به قسمت «ارسال مقاله» مراجعه نماید. لازم به‌ذکر است نویسنده باید پیش از بارگذاری فایل‌های مربوطه، مقاله را براساس راهنمای تدوین مقالات کارافن تنظیم نماید.
5. آثار ارسالی نباید قبلاً در هیچ نشریه‌ای به چاپ رسیده یا همزمان به مجله‌ی دیگری ارسال شده باشند.
6. هر مقاله توسط 2 داور متخصص در موضوع مقاله، ارزیابی می‌گردد و پس از کسب دو نظر موافق و تایید هیأت تحریریه، در نوبت چاپ قرار می‌گیرد.
7. مقالات می‌بایست در نرم‌افزار **Microsoft word 2010-2013** یا بالاتر در قطع **وزیری** تهیه شود و تعداد کل صفحات حداکثر از 20 صفحه بیشتر نباشد.
8. فایل هر مقاله باید در نسخه‌های الکترونیکی **Word** و **Pdf** همراه فرم تعهدنامه‌ی نویسنده‌ها (در فایل جداگانه‌ای در قسمت راهنمای نویسنده‌ها قرار گرفته است)، در وبگاه مجله بارگذاری شود.
9. برای داوری منصفانه و علمی مقاله، ضروری است نویسنده‌ی مسئول مکاتبات یک نسخه از مقاله (ترجیحاً نسخه‌ی **word**) را بدون ذکر مشخصات فردی در سامانه بارگذاری نماید. و در نسخه‌ی **Pdf** مقاله، کلیه‌ی مشخصات فردی نویسنده(ها) (اعم از مرتبه علمی، میزان تحصیلات، شماره تماس، نام سازمان/محل خدمت، ایمیل و...) را درج نماید.
10. عنوان جداول در بالا و تصاویر در پایین آنها نوشته شود و می‌بایست شامل منابع و مآخذ مورد استفاده باشند و به ترتیب شماره‌گذاری شوند.

11. در مقاله‌های به زبان فارسی، تمام اعداد در متن و جدول‌ها (به جز فهرست منابع انگلیسی) فارسی تایپ شوند.

12. هر مقاله باید به ترتیب دارای بخش‌های زیر باشد تا در فهرست مقاله‌های قابل داوری ثبت شود:
عنوان: تکراری نبوده و فاقد ابهام و نارسایی باشد به نحوی که با محتوای مقاله همخوانی داشته باشد.

چکیده: باید دربرگیرنده‌ی طرح موضوع، مسأله، هدف، روش تحقیق، یافته‌ها و نتیجه باشد. چکیده فارسی بین 100 تا 150 کلمه و چکیده انگلیسی نیز عیناً برگردان کامل چکیده‌ی فارسی باشد.

واژه‌های کلیدی: شامل 5-7 کلمه که به صورت تک‌واژه، معرف محتوای مقاله بوده و امکان جست‌وجوی مخاطبین را فراهم آورد. (به دو زبان فارسی و انگلیسی).

چارچوب مقاله: تمامی عنوان‌های به کار رفته از مقدمه تا نتیجه‌گیری می‌بایست به صورت سلسله مراتبی شماره‌گذاری شود، و چارچوب مقاله به شرح زیر است:

مقدمه: شامل مبانی نظری و تجربی و بیان مسأله است.

اهداف و سوالات پژوهش

روش‌شناسی

یافته‌ها

نتیجه‌گیری: باید منطقی، مفید و روشن‌کننده‌ی بحث و ارائه‌ی یافته‌های تحقیق باشد.

تشکر و قدردانی: سپاسگزاری از کسانی که در تهیه و تدوین مقاله راهنمایی و همکاری کرده‌اند.
پی‌نوشت‌ها: اصطلاحات، معادل‌های خارجی و توضیحات ضروری هستند که باید در متن مقاله به ترتیب شماره‌گذاری شده و در انتهای مقاله، قبل از فهرست منابع آورده شوند.

فهرست منابع: شایسته است از منابع جدید و معتبر به گونه‌ای در تنظیم مقالات استفاده شود که حداقل نیمی از آنها در 5 سال اخیر منتشر شده باشند. ضروری است ابتدا منابع فارسی و به دنبال آن منابع خارجی با توجه به الگوی زیر تدوین گردد. همچنین در منابع با سال متفاوت انتشار، نگارنده (گان) به ترتیب صعودی سال انتشار آورده شوند.

ترتیب نگارش فهرست منابع با استفاده از الگوی APA:

کتاب‌ها: نام خانوادگی نویسنده، حرف اول نام نویسنده (سال انتشار)، «عنوان کتاب»، نام مترجم یا مصحح، محل نشر، نام ناشر.

مثال:

نوروزی چاکلی، ع؛ حسن‌زاده، م. و نورمحمدی، ح. (1388)، «سنجش علم، فناوری و نوآوری»، تهران، مرکز تحقیقات سیاست علمی کشور.

مقاله‌ها: نام‌خانوادگی نویسنده، حرف اول نام نویسنده (سال انتشار)، «عنوان مقاله»، نام مجله، جلد، شماره مجله، شماره صفحه‌های مقاله در مجله.

مثال:

براتی‌مارنانی، ا. (1389)، «بررسی فرهنگ سازمانی بیمارستان شهید هاشمی‌نژاد تهران»، مدیریت سلامت، ج 13، ش 40، صص 63-72.

مقالات کنفرانس: نام‌خانوادگی نویسنده، حرف اول نام نویسنده (سال نشر)، عنوان مقاله، نام کنگره، سال، ماه، روز، نام شهر، کشور.

مثال:

ثقفی، م؛ شریفی، م. و هلجی‌اسدی، م. (بهار 1384)، «بررسی پتانسیل باد سیاهپوش در استان قزوین برای احداث نیروگاه برق بادی»، پنجمین همایش ملی انرژی، تهران، ایران.

پایان‌نامه: نام‌خانوادگی نویسنده، حرف اول نام نویسنده (سال انتشار)، عنوان کامل پایان‌نامه، مقطع تحصیلی، نام دانشگاه، صفحات.

مثال:

مشکینیان، ع. (1381)، «بررسی و ارزشیابی محیطی و بیولوژیکی میزان غلظت سرب در کارگران خدمات شهری شاغل در یکی از مناطق پر ترافیک تهران»، پایان‌نامه کارشناسی ارشد بهداشت حرفه‌ای، دانشگاه تربیت مدرس، دانشکده علوم پزشکی، صفحات 53 تا 57 و 88 تا 94.

منابع الکترونیک: نام‌خانوادگی نویسنده(ها)، نام نویسنده(ها)، (سال انتشار)، نام مقاله، نام نشریه ژورنال، سال انتشار ماه: شماره مقاله. نام سایت اینترنتی.

مثال:

Sharma, C.M. (2003), "Effect of exposure to aluminum on fish in acidic waters", See information in: <http://www.geocities.com/chhatra-sharma/ecotoxicology.pdf>.17p.

13. ارجاع منابع در متن مقاله به شیوه‌ی (APA) باشد، به نحوی که ابتدا نام خانوادگی نویسنده(ها)، سال انتشار و صفحه ذکر شود:

مثال: (پازوکی، 1393، 50)

1. عکس‌ها، تصاویر، نمودارها و جداول، با کیفیت مناسب و با اشاره به منبع مورد استفاده (نام خانوادگی نویسنده، سال انتشار، شماره صفحه) تهیه شود.

14. عکس‌ها، تصاویر و نمودارها حداقل با وضوح 300 نقطه در اینچ (300 dpi) با قالب مناسب Tiff و اندازه‌ی A5 تهیه و علاوه بر متن، در فایل جداگانه‌ای ضمیمه مقاله شوند.

15. مسئولیت هر مقاله از نظر علمی، ترتیب اسامی نویسنده‌ها و پی‌گیری به عهده‌ی نویسنده مسئول آن خواهد بود. نویسنده مسئول باید تعهدنامه ارسال مقاله را از سایت دانلود و پس از تکمیل، در هنگام ثبت‌نام ارسال نماید.

16. تعداد و ردیف نویسنده‌های مقاله به همان صورتی که در تعهدنامه ارائه شده، مورد قبول است. تقاضای حذف یا تغییر در ترتیب اسامی نویسنده‌ها فقط قبل از داوری نهایی و با درخواست کتبی تمامی نویسنده‌ها و اعلام علت درخواست، قابل بررسی است.

17. گواهی پذیرش مقاله پس از اتمام مراحل داوری و ویراستاری و تصویب نهایی هیأت تحریریه توسط مدیر مسئول فصلنامه صادر و به اطلاع نویسنده مسئول خواهد رسید.

18. کارافن مقالات تأیید شده را ویرایش می‌کند.

19. مطالب مطرح شده در مقالات الزاماً دیدگاه کارافن نیست.

20. صحت آرا و اندیشه‌های مندرج در هر مقاله، به عهده‌ی نویسنده(ها) است.

21. چاپ مقالات منتشر شده در کارافن با ذکر مأخذ در سایر مجله‌ها و کتاب‌ها بلامانع است.

فهرست مقالات

- تبیین شهر هوشمند و راهکارهای حمل و نقل هوشمند شهری 15
خسرو پورجوان
- ارائه مدلی جامع و اجرایی برای استقرار مدیریت ریسک در پروژه های ساختمانی براساس استاندارد PMBOK 37
شیوا منصورزاده، محمدحسین نظامی پاکده
- آسیب شناسی عملکرد بناهای تاریخی خشتی تحت اثر زلزله و بررسی روش های مقاوم سازی آنها 57
ابراهیم خلیل زاده وحیدی، رضا مرادی، پرستو خلیل زاده وحیدی
- مقایسه ضریب بازتاب پیشنهادی آیین نامه 2800 زلزله ایران با ضریب بازتاب واقعی به دست آمده از مناطق مختلف شهر گرگان در تعامل با پاسخ لرزه ای سازه های فولادی 71
پیام شفیعی فوجردی
- تبیین میزان امنیت در محله های شهری بر مبنای شاخص های کالبدی و طراحی محیط؛ نمونه موردی شهر ایلام 79
منصور منصوری
- تعیین پیمانکار مناسب برای انجام پروژه های عمرانی با استفاده از فرایند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) 99
محمد رضا داداشی، فیروز محمدی
- تحلیل عددی تأثیر بلاتکت رسی و دیوار آب بند بر کاهش نشت از پی سد خاکی 115
فرزاد فرخزاد، محمدجواد شعبانی، فرشاد شجاعی
- مقایسه اثر افزودنی های نوین بر مشخصه های فنی بتن آسفالتی با دانه بندی قشر رویه 137
رامین بیات، حسن طاهرخانی، محمد رضا حبیبی
- ارزیابی ایده استفاده از ضایعات پلاستیکی در تولید بتن با در نظر گرفتن خواص مهندسی 163
سامان راحت دهمرده، محمدحسن میرابی مقدم
- اصل همنشینی اضداد در عرفان، هنر و معماری ایرانی 185
ویدا تقوایی، سحر برهانی فر

213..... اثر نوع ماده لیگنوسلولزی و میزان اثرگذاری چسب بر خواص فیزیکی و مکانیکی تخته خرده چوب

محمد غفرانی، انوشه فاضلی

229..... ارزیابی امکان استفاده از رسانه های نوین هنری در مراکز آموزش عالی به عنوان رسانه آموزشی
با بهره گیری از الگوی Sections

میرمحمد رضا حیدری، زهرا بختیاری

یادداشت سردبیر

تحولات سریع در حوزه علم و فناوری، نوآوری های تکنولوژیک، تغییرات پارادیمی در نظام اقتصادی و مباحثی چون جهانی شدن، تشدید رقابت در بازار جهانی، روند جمعیتی و حوزه های نوین مهارتی، نیاز روزافزون به افراد ماهر و خلاق در بازار کار را دو چندان ساخته است. این در حالی است وضعیت و نرخ بیکاری دانش آموختگان دانشگاهی در کشور از مرز هشدار گذشته است. بی تردید افزایش همسویی میان سیاستهای توسعه دانشگاهی و فرایندهای آموزشی با نیاز بازار کار و تلاش برای کاهش دامنه و شعاع چنین معضل چالش انگیزی مستلزم آن است که ساختار، سیاستها، اهداف و برنامه های نظام آموزش عالی کشور به طور اساسی بازتعریف گردد. بانک جهانی (2013) در گزارشی نشان می دهد که تأکید بر حل مسأله اشتغال جوانان و کاهش نرخ بیکاری در میان آنان به دلیل اثر انکارناپذیر آن در ارتقای سطح رفاه افراد است. همچنین به دلیل نقش بسیار پررنگ حل معضل بیکاری جوانان در انسجام اجتماعی، این مهم مورد تأکید فراوان است (پریمند و همکاران، 2012). در این میان نظام آموزش عالی جوامع می تواند با افزایش تعامل خود با دیگر بخشهای اقتصادی و اجتماعی ضمن ایفای نقش و مسئولیت اجتماعی خود، در فرایند تربیت نیروی انسانی ماهر و متخصص مورد نیاز جامعه درست در مسیری حرکت کند که برآیند آن دانش آموختگانی با دانش نظری روز و قابلیت و توان عملی ضروری و مناسب برای انجام وظایف حرفه ای خود می باشند. شاید به همین دلیل است که نقش و کارکرد مؤسسات دانشگاهی در بیکاری دانش آموختگان اگر از دیگر عوامل اقتصادی، اجتماعی، فرهنگی و سیاسی بیشتر نباشد، از آنها هم کمتر نخواهد بود. به همین خاطر است که در بیشتر کشورها بهبود وضعیت اشتغال جوانان در کانون توجه سیاستگذاری های آموزشی و تلاش های اصلاحی آنها در نظام آموزشی قرار گرفته است.

بر اساس نتایج مطالعات یولیکنا و همکارانش (2016) از دلایل اصلی رشد و توسعه یافتگی آموزش عالی حرفه ای در تعدادی از کشورها می توان به تعداد رو به رشد جوانان علاقمند به ادامه تحصیل، وجود فرصت های شغلی نسبتاً خوب برای فارغ التحصیلان آموزش عالی حرفه ای در بسیاری از کشورها و تقاضای روزافزون از طرف بازار کار برای دانش آموختگان این دوره ها اشاره کرد که اولاً کوتاه

مدت هستند و ثانیاً دارای جهتگیری شغلی و حرفه‌ای بیشتری می‌باشند. با این وجود توسعه آموزش عالی حرفه ای در کشورهای توسعه یافته و یا در حال توسعه، وابسته به زیر ساخت های اجتماعی، فرهنگی و سیاسی و فناوری آن کشور است و شرایط اقتصادی و اجتماعی هر کشور باید تعیین کننده الگوی آموزشهای فنی و حرفه ای آن کشور باشد. بر اساس گزارش سی دیفوپ¹ (2015) کمیسیون اروپا و کشورهای عضو اتحادیه اروپا در راستای بهبود جایگاه آموزش عالی حرفه ای باید اولاً سیاستگذاری در حوزه آموزش عالی حرفه‌ای را با هدف تقویت مهارت های بالاتر توسعه دهند. ثانیاً برنامه ها و صلاحیت های آموزش عالی حرفه‌ای می بایست در برگیرنده فرصتهایی برای ارتقاء مهارت ها و صلاحیت افراد و دستیابی به مدارک مرتبط با کار برای یک گروه هدف متنوع و متکثر باشد. به هر حال این کشورها می‌بایست نسبت به متنوع ساختن ارائه فرصتهای آموزشی و مهارت-آموزی در سطوح عالیتر اهتمام نموده و ارتباط و تناسب این برنامه‌ها را با بازار کار تضمین نمایند. دانشگاه‌های کارآفرین با هدف آماده سازی دانشجویان برای محیط کار و ایجاد و توسعه پارکهای علمی، مراکز رشد و گسترش تعامل با بخش صنعت محیط پیرامونی خود تلاش می کند تا با توسعه فرهنگ بنگاه‌ی و سرمایه گذاری دانشگاهی، تشویق استفاده از آموزش مادام العمر و تبدیل دانش به کاربردها نیازهای حرفه‌ای دانشجویان را به طور اثربخشی تأمین کند. نقش دانشگاه کارآفرین به طور فزاینده ای جهت یافتن راه های جدید برای رقابت و موفقیت در محیطهای نامطمئن و غیر قابل پیش بینی و همچنین پیدا کردن راه حل های جدید برای چالش های متعدد در سطح محلی و یا جهانی عنوان می شود (هانون، 2013). البته چگونگی عبور موفقیت آمیز دانشگاه از این گذر گاه به عوامل مختلف بستگی دارد. کمیسیون اروپا (2012) در استراتژی خود با عنوان «کارآفرینی در اروپا» تأکید می کند که نظام آموزشی باید در ترغیب کارآفرینی از طریق پرورش ذهنیت درست در خصوص کارآفرینی، ارائه مهارت های لازم برای کارآفرینی و افزایش آگاهی از کارآفرینی به عنوان یک فرصت شغلی ایفای نقش کند. همچنین نتایج مطالعات لی و پاترسون (2000) و تولیدانو و اربانو، (2008) نشان می‌دهد که محیط‌های حمایت‌گرا می‌توانند در تسهیل مسیر کارآفرینی در دانشگاهها بسیار اثرگذار باشند. چنین محیط‌هایی را می‌توان از طریق توسعه اکوسیستم‌های کارآفرینی² ایجاد کرد (فیترز و همکاران، 2010). به باور آیزنبرگ (2010 و 2014) ایجاد چنین اکوسیستمی که هدفش تسهیل کارآفرینی است یک عنصر کلیدی در توسعه اقتصادی به شمار می‌رود. به نظر می‌رسد در سطح نهادی، روح محیط آموزشی در دانشگاهها، ارزشها و هنجارهای مشترک آن، رهبری و مدیریت

1. CEDEFOP

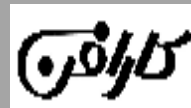
2. Entrepreneurial Ecosystems

اثربخش دانشگاهی و ابعاد و عناصر آموزشی و فناوری نظیر برنامه‌های درسی و فرایند طراحی آموزشی و درسی از جمله عوامل مهم در توسعه و پرورش پتانسیل کارآفرینی دانشجویی به شمار می‌آیند (رایدآوت و گری، 2013). به هر حال در راستای نیل به الگوی دانشگاهی کارآفرین، دانشگاه‌ها اغلب برای قابلیت استفاده بخشیدن به دانش تولید شده تلاش کرده‌اند تا منابع بیشتری را به این فرآیند اختصاص دهند (ون استین و همکاران، 2018؛ گریمالدی و گراندی، 2005). برای این منظور، دانشگاه‌ها به انجام اقدامات مختلفی از جمله ارائه آموزش کارآفرینی (شولت، 2004)، ایجاد دفاتر انتقال فناوری¹ و ایجاد مراکز رشد و حمایت از شرکتهای دانش‌بنیان دانشگاهی (سیگل، 2006) و انجام تحقیقات مشترک با صنعت (آدامز و همکاران، 2001؛ مددا و همکاران، 2004) پرداخته‌اند. امید است که دانشگاه‌های علیرغم چالش‌های متعددی که در مسیر تحول و توسعه خود تجربه می‌کنند بتوانند با برخورداری از اهداف، ساختار، نظام مدیریت و رهبری اثربخش، شبکه‌ها و راهبردهای کارآمد همکاری نزدیک بین صنعت و دولت با دانشگاه، فرهنگ سازمانی حمایت‌گرا و مناسب و تأکید بر ایجاد، حمایت و توسعه نهادهای چابک و پیشران فعالیت‌های نوآورانه و کارآفرینانه، روند تحول خود به دانشگاه‌های کارآفرین را تسهیل کرده و سرعت بخشند.

1. Technology Transfer Offices (TTOs)

منابع

- Adams, J. D., Chiang, E. P., & Starkey, K. (2001). Industry-university cooperative research centers. *The Journal of Technology Transfer*, 26 (1,2), 73, 86.
- CEDEFOP (2015). Stronger VET for better lives: Cedefop's monitoring report on vocational education and training policies 2010-14, Luxembourg: Publications Office of the European Union.
- EUROPEAN COMMISSION (2012). Building Entrepreneurial Mindsets and Skills In the EU. Brussels: Directorate-General For Enterprise and Industry, European Commission.
- Fetters, M., Greene, P.G., Rice, M., and Butler, J. S. (2010). The development of university-based entrepreneurship ecosystems: Global practices. Cheltenham: Edward Elgar Publishing.
- Grimaldi, R., & Grandi, A. (2005). Business incubators and new venture creation: An assessment of incubating models. *Technovation*, 25 (2), 111,121.
- Guerrero, M. Urbano, D. (2010). The development of an entrepreneurial university. *Journal of Technology Transfer*, Springer. 1-32.
- Hannon, P. (2013). Letter from Academia Why is the Entrepreneurial University Important? *Journal of Innovation Management* .1(2),10-17.
- Isenberg, D. (2010). How to start an entrepreneurial revolution. *Harvard Business Review*, 88(6), 40-50.
- Isenberg, D. (2014). What an entrepreneurship ecosystem actually is. *Harvard Business Review*, 92 (5), 25-32.
- Lee, S. M., and Peterson, S. (2000). Culture, entrepreneurial orientation, and global competitiveness. *Journal of World Business*, 35 (4), 401-416.
- Medda, G., Piga, C., & Siegel, D. S. (2004). University R&D and firm productivity: Evidence from Italy. *The Journal of Technology Transfer*, 30 (1,2), 199,205.
- Premand, P., Brodmann, S., Almeida, R., Grun, R., and Barouni, M. (2012). Entrepreneurship Training and Self-Employment among University Graduates: Evidence from a Randomized Trial in Tunisia. [ftp.iza.org/dp7079.pdf](http://iza.org/dp7079.pdf)
- Rideout, E. C. and Gray, D. O. (2013). Does entrepreneurship education really work? A review and methodological critique of the empirical literature on the effects of university-based entrepreneurship education. *Journal of Small Business Management*, 51 (3), 329-351.
- Schulte, P. (2004). The entrepreneurial university: A strategy for institutional development. *Higher Education in Europe*, 29 (2), 187,191.
- Siegel, D. S. (2006). Technology entrepreneurship: Institutions and agents involved in university technology transfer (Vol. 1). London: Edgar Elgar.
- Toledano, N., and Urbano, D. (2008). Promoting entrepreneurial mindsets at universities: a case study in the South of Spain. *European J. International Management*, 2 (4), 382,399.
- Ulicna, D., Luomi Messerer, K., and Auzinger, M. (2016). Study on higher Vocational Education and Training in the EU. Brussels: European Commission
- van Stijn, N., van Rijnsoever, F. J., and van Veelen, M. (2018). Exploring the motives and practices of university,start-up interaction: evidence from Route 128. *The Journal of Technology Transfer*, 43 (3), 674,713.



تبیین شهر هوشمند و راهکارهای حمل و نقل هوشمند شهری

خسرو پور جوان*

مربی، دانشجوی دکتری رشته معماری، دانشکده فنی انقلاب اسلامی، تهران

تاریخ پذیرش نهایی: 1398/05/30

تاریخ دریافت مقاله: 1398/03/26

چکیده

مفهوم شهر هوشمند بر ساختار، سامانه و هویت آبادی‌هایی دلالت دارد که فناوری ارتباطات از دور به آن‌ها حیات می‌بخشد. در این مجتمع‌های زیستی، بیشتر ارتباطات و فعالیت‌های متداول حقیقی و واقعی مجازی می‌شوند؛ در نتیجه فرم‌ها و فضاها نیز قالب‌های هندسی، ادراکی و مفهومی جدید پیدا می‌کنند. برنامه‌ریزان و طراحان شهری با هوشمندسازی شهرها به دنبال حل مسائل و پدیده‌های شهری، طراحی محله‌های هوشمند مسکونی، شبکه راه‌ها و مکان‌های همگانی هوشمند هستند. از مهم‌ترین موارد در شهرهای توسعه‌یافته و هوشمند، رابطه میان هوشمندسازی شهر و چگونگی بهره‌گیری از سیستم‌های نوین در این مسیر است تا منجر به کاهش مشکلات حمل و نقل شهری می‌شود. این پژوهش پس از معرفی اهداف اصلی شهر هوشمند، سیستم‌های پیشرفته در سیستم حمل و نقل را مورد واکاوی قرار می‌دهد و در تلاش است تا پس از بررسی سیستم‌های حمل و نقل شهری به ارائه راه‌حل‌های مناسب بپردازد. شیوه جمع‌آوری اطلاعات در این پژوهش، مطالعات اسنادی و کتابخانه‌ای بوده و با توجه به ماهیت موضوع، با روش تحقیق توصیفی - تبیینی مطالب مورد بررسی قرار گرفته‌اند.

واژگان کلیدی:

اصول هوشمندسازی، حمل و نقل هوشمند، شهر الکترونیک، شهر هوشمند، ITS.

* نویسنده مسئول مکاتبات: pourjavan@tvu.ac.ir

1. مقدمه

شهر موجودی است زنده، پویا و متحول در چرخه زمان و بر بستر مکان؛ متشکل از اجزای فیزیکی و انسانی و روابط پیچیده میان آن‌ها و متبلور نقش و اندیشه‌ی والای انسان و متأثر از عوامل و شرایط اجتماعی، اقتصادی، سیاسی، فرهنگی و جغرافیایی، در دو قرن اخیر و پس از انقلاب صنعتی، تحولات بنیادینی در جوامع رخ داد. احداث کارخانه‌ها و افزایش تولیدات آن، گسترش فناوری در شهرها مانند راه‌آهن و اختراع برق، ساخت ساختمان‌های مدرن و صنعتی‌شدن کشاورزی، موجب ارائه خدمات نوین در شهرها و افزایش رفاه شهری شد. از مهم‌ترین پیامدهای انقلاب صنعتی، رشد شهرنشینی بود. انگلستان مبدأ اصلی آغاز انقلاب صنعتی بود. تا پیش از آن 90 درصد مردمان در روستاها ساکن بودند و تا اواسط قرن 19 میلادی نیمی در شهرها و نیمی در روستاها زندگی می‌کردند، اما امروزه بیش از 80 درصد مردم در شهرهای توسعه‌یافته‌ی انگلستان ساکن هستند. یکی از عوامل دگرگونی ساختار شهرها، اتومبیل بود. اتومبیل موجب تغییر بافت و کالبد شهرها شد (قبادیان، 1395: 31). رشد شهرنشینی موجب افزایش جمعیت شهرها و به دنبال آن توسعه شهرهای کوچک و بزرگ بود. در آغاز قرن نوزدهم، درحالی‌که تنها سه درصد از جمعیت دنیا در شهرها ساکن بودند، این میزان در ابتدای قرن بیستم به پانزده درصد افزایش یافت. در قرن بیست‌ویکم رشد شهرنشینی سرعت بسیار بالاتری به خود گرفت و با توجه به تحولات پس از انقلاب صنعتی، مردم روستاها به شهرها نقل مکان کردند؛ به‌طوری‌که جمعیت شهری به مرز 50 درصد کل جمعیت جهان رسیده است.

از آغاز ورود به قرن 21 میلادی، چالش دولت‌ها مهاجرت سریع شهروندان به شهرهای بزرگ است. همراه با موارد و خصیصه‌های مثبت که می‌تواند ناشی از تراکم جمعیت باشد و شهرها را دارای پتانسیل مثبت کند، جنبه‌های منفی گوناگونی مانند توسعه غیررسمی و حاشیه‌نشینی، تراکم ترافیک، اخلال در مدیریت زباله و دسترسی به منابع و افزایش جرم و جنایت را نیز همراه داشته است. یکی از مهم‌ترین موضوعات در کلان‌شهرها سیستم حمل‌ونقل عمومی و ارزان برای شهروندان است تا مجاب شوند که از خودروی شخصی استفاده نکنند. رشد سریع جمعیت و تمرکز آن‌ها در شهرها در سراسر جهان، بر دورنمای زندگی اکثریت بشریت اثر می‌گذارد. شهرها با رشد هم معنی شده و به طور فزاینده‌ای در معرض بحران‌های ناگوار به‌ویژه در کشورهای درحال توسعه هستند. فقر، تخریب محیط زیست، فقدان خدمات شهری، نزول زیربنای موجود، فقدان دسترسی به زمین و سرپناه و در یک جمله اتلاف سرمایه‌های طبیعی و انسانی از جمله بحران‌های مربوط به این موضوع هستند (کیانی، 1390: 89). درحالی‌که بی‌توجهی به خدمات زیربنایی و خدمات عمومی شهری مانند

سیستم‌های ریلی یا هوشمندسازی خدمات‌رسانی به شهروندان سبب بروز مشکلات عدیده‌ای در شهرهای توسعه‌یافته می‌شود. یکی از مشکلات عدیده در شهرهای امروزی سیستم حمل و نقل شهری است که با رشد روزافزون جمعیت شهرها، بیش از پیش رخ‌نمایی می‌کند.

2. بیان مسئله

شهر هوشمند دارای مؤلفه‌هایی است که عملکردهای خدمات‌رسانی به شهروندان را متمایز می‌کند. یکی از این مؤلفه‌ها هوش شهری است. مفهوم هوش همواره به فرد نسبت داده شده و دستاوردهای برجسته ذهنی انسان را مشخص کرده است. هوش انسان دارای ویژگی‌های خاصی است مانند: ادراک (امکان دریافت و پردازش اطلاعات حسی برای نمایش جهان)، ارتباطات (امکان رد و بدل شدن اطلاعات)، یادگیری و حافظه (اجازه ارائه اطلاعات ذخیره‌شده از راه‌های مختلف، و برنامه‌ریزی و عمل بازخورد (امکان تدوین اهداف و ارزیابی پیشرفت) (مولایی و همکاران، 1395: 77). یکی از معضلات و درگیری‌های همیشگی در شهرها و به‌ویژه در کلان‌شهرها، حمل و نقل و ترافیک درون‌شهری است. بسیاری از کشورهای توسعه‌یافته برای حل این معضل راهکارهای متفاوتی را در پیش گرفته‌اند. کارگزاران شهرها همواره در تلاش برای کاهش معضلات حمل و نقل و پیامدهای آن بوده‌اند. مشکلات عدیده‌ای به دنبال مسائل حمل و نقل شهری در ابرشهرها پدید می‌آید، همچنین پرسش‌های بی‌شماری پیش روی یافتن پاسخی مناسب وجود دارد. سیستم‌های حمل و نقل شهری چه بهره‌ای از هوشمندسازی شهرها برده است؟ چه راهکارهای مناسبی برای کاهش معضلات حمل و نقل شهری وجود دارد؟ تأثیرپذیری جامعه، محیط زیست و شهروندان از هوشمندسازی سیستم حمل و نقل به چه میزان است؟ ضمن اینکه این پژوهش در نظر دارد با ارائه سیستم حمل و نقل هوشمند مناسب و ارائه راه‌حل‌ها، به کاهش معضلات شهری بپردازد. پژوهش حاضر بر آن است تا به پرسش‌های مطرح‌شده پاسخ دهد و به نتایجی در این زمینه دست یابد.

3. ضرورت پژوهش

شناخت بستر شهر و تأثیر مثبت یا منفی شهرهای بزرگ و به‌ویژه کلان‌شهرها از سیستم‌های هوشمند و الکترونیک شهری، امری ضروری است. همچنین ضرورت دارد به تأثیرات مثبت هوشمندسازی زندگی شهروندان آن جامعه پرداخته شود. یکی از مهم‌ترین موارد حساس در شهرهای

بزرگ، هوشمندسازی سیستم حمل و نقل شهری و میزان تأثیرات مستقیم و غیرمستقیم آن بر زندگی شهروندان است. از اواخر قرن بیستم جوامع بشری تحت تأثیر هوشمندسازی شهرها قرار گرفتند. یکی از مهم ترین مقوله های هوشمندسازی شهرها، بحث حمل و نقل شهری است. شهر به مثابه موجودی زنده همواره در تکاپو و تحرک است. حال این تحرک و پویایی می تواند هوشمند باشد؛ از این رو بررسی معضلات و راه حل ها در این مسیر می تواند منجر به عملکرد بهتر سیستم شود.

4. پیشینه پژوهش

شهر هوشمند و ریشه آن را باید از جنبش رشد هوشمند دانست که در اواخر دهه 1980 و اوایل 1990 میلادی به وجود آمد و از سیاست های جدید برنامه ریزی شهری حمایت می کرد. پیگیری برای غلبه بر عوامل جانبی توسعه، استراتژی های رشد هوشمند می تواند به حفظ و توسعه محیط های شهری سالم، ایمن، راحت تر و جذاب کمک کند. اصطلاح شهر هوشمند نخستین بار در مورد بریزبن¹ استرالیا و بلکسبرگ² در ایالت ویرجینیا ایالات متحده امریکا به کار گرفته شد؛ جایی که فناوری اطلاعات و ارتباطات از مشارکت اجتماعی، کاهش شکاف دیجیتال و دسترسی به خدمات و اطلاعات پشتیبانی می کردند (پوراحمد و همکاران، 1397: 9).

سوسانتی³ و همکاران (2016) در مقاله ای به نام «رشد هوشمند، شهر هوشمند و تراکم: در جستجوی شاخص مناسب برای تراکم مسکونی در اندونزی»، نشان دادند تراکم با میزان رضایتمندی مردم ارتباطی ندارد. با توجه به تراکم جمعیت، مشکلات شهری را می توان از طریق راه حل های دیجیتال کاهش داد و مدیریت مؤثر نواحی شهری را برای حمایت از مسائل پایداری اجتماعی، زیست محیطی و اقتصادی افزایش داد.

لاسیناک و رستویچ⁴ (2017) در تحقیقی با عنوان شهر هوشمند، ایمنی و امنیت، تمرکز اصلی خود را بر ایمنی و امنیت در شهرهای هوشمند آینده قرار دادند و مطالعه آن ها در مورد برنامه شهر هوشمند، فقدان اهمیتی را که به این موضوع داده می شود، نشان می دهد. نتایج نشان دادند که در همه زمینه ها باید توسعه فناوری پس از آموزش شهروندان در مورد استفاده از آن ها باشد. حتی پیشرفته ترین شهر هوشمند اگر ویژگی شهروند هوشمند و آموزش را از دست بدهد، موفق نخواهد بود.

1. Brisbane

2. Blacksburg

3. Susanti

4. Lacinak & Ristvej

ایلاریا برتتا¹ (2018) در تحقیقی با عنوان «اثرات اجتماعی نوآوری‌های زیست‌محیطی در شهرهای هوشمند ایتالیایی» به ارائه نتایج حاصل از تحقیقات انجام‌شده روی پروژه‌های زیست‌محیطی هوشمند اجراشده در ایتالیا بر پایه تجزیه و تحلیل کیفی پروژه‌های زیست‌محیطی می‌پردازد که به منظور تجزیه و تحلیل اثرات اجتماعی آن‌ها به‌ویژه با اشاره به مسئله جامعه اجتماعی و خطر زیست‌محیطی ارائه شده است. 51 پروژه در چهار منطقه استان لومباردی تجزیه و تحلیل شد، با توجه به سه حوزه مختلف (زیست‌محیطی، تحرک و انرژی) محققان به نتایج مختلفی دست یافتند. به‌طور کلی با توجه به پروژه‌های زیست‌محیطی توانستند تأکید کنند در چهار شهر مورد نظر شاهد خطر زیست‌محیطی نبوده‌اند و اغلب به طور مستقیم اثرات مفید پروژه‌ها به تمام گروه‌های اجتماعی هدایت شده است (ابراهیمی و معروف، 1397: 40).

5. روش پژوهش

با توجه به ماهیت موضوع، این پژوهش به روش تحقیق توصیفی - تحلیلی است. در واقع تلاش شده است ابتدا به ویژگی‌های شهر هوشمند پرداخته شود و پتانسیل‌های شهر هوشمند بررسی و سیستم‌های هوشمند در حمل و نقل شهری مورد واکاوی قرار گیرد. برای جمع‌آوری اطلاعات در این پژوهش، از شیوه مطالعات اسنادی و کتابخانه‌ای شامل مطالعه کتاب‌ها و مقاله‌های مرتبط استفاده شده است.

6. چهارچوب نظری

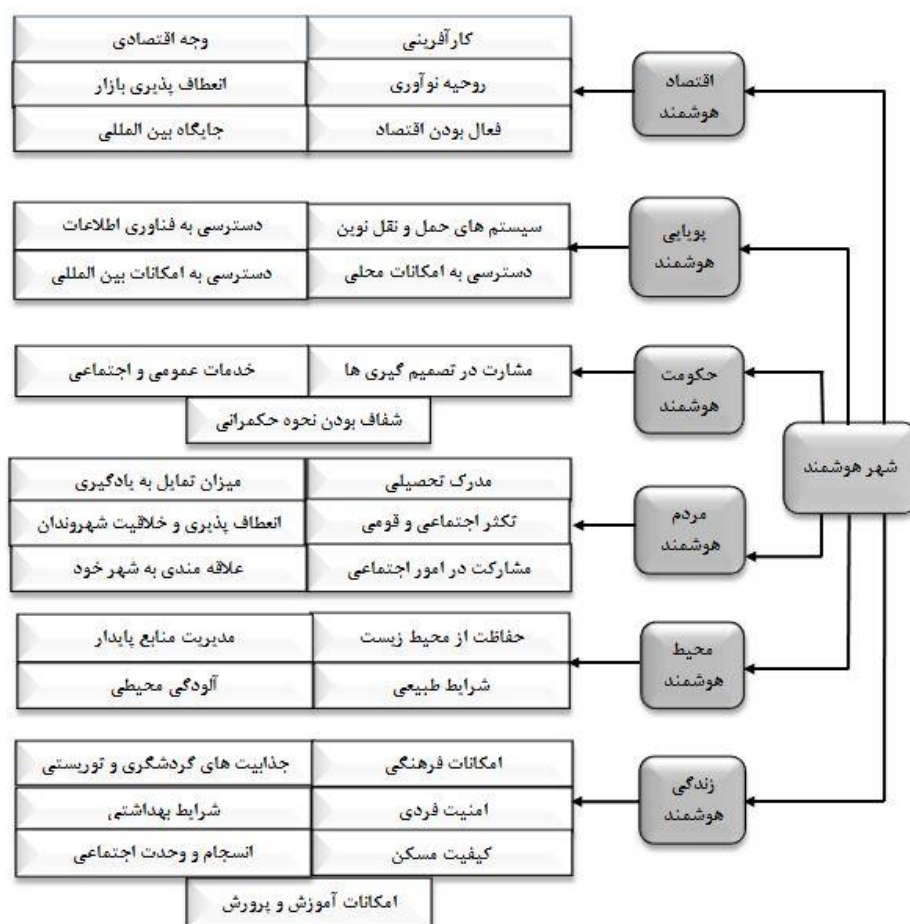
6-1. شهر الکترونیک

شهر الکترونیک، شهر هوشمند و شهر مجازی واژه‌هایی هستند که شهروند الکترونیک را به دنیای جدید و زندگی در شهرهای مدرن دعوت می‌کنند؛ شهری که در آن می‌توان به طور آنلاین خرید کرد، حساب‌های خود را آنلاین پرداخت کرد، آنلاین جلسه برگزار کرد و حتی آنلاین سفر کرد. شهر الکترونیک شهروندان را از دنیای یک‌بعدی شهرهای سنتی و امروزی، به دنیای دوبعدی می‌برد که دستاورد فناوری‌های نوین اطلاعات و ارتباطات دنیای اینترنتی است. شهر الکترونیک، شهری بیست و چهار ساعته است که امور شهری در تمام شبانه‌روز در آن جریان دارد. شهروندان می‌توانند از طریق اینترنت، در هر زمان و هر مکان به اطلاعات و خدمات آموزشی، تفریحی، تجاری، اداری، بهداشتی و غیره مورد نیاز خود دسترسی پیدا کنند.

کارت‌های هوشمند، بانکداری الکترونیک، آموزش الکترونیک، سلامت الکترونیک، تجارت الکترونیک

1. Ilaria Beretta

و دولت الکترونیک واژه‌هایی هستند که هرروزه به گوش شهروندان می‌رسند، اما تمام این‌ها وقتی در شهری واحد کنار هم جمع می‌شوند، شهر الکترونیک را به وجود می‌آورند. ارائه خدمات با سرعت و کارایی بالا در حوزه شهر، همزمان با کاهش هزینه‌ها و ترافیک، آلودگی‌ها و غیره در شهر الکترونیک متصور است. فراهم آوردن زیرساخت‌های ارتباطی، شبکه‌افزار، نرم‌افزار، انسان‌افزار، زیرساخت‌های امنیتی و توسعه نهادهای اطلاعاتی از جمله پیش‌زمینه‌های ایجاد شهر الکترونیک است. شهرها بر حسب میزان استفاده از خدمات الکترونیک، طبقه‌بندی می‌شوند. در برخی مناطق دنیا مانند امریکا، نمونه‌های موفقی از شهرهای الکترونیک وجود دارد. ایجاد شهرهای هوشمند یکی از مهم‌ترین اهداف فناوری اطلاعات است که شهرداری‌ها نقش عمده‌ای در تحقق آن دارند (کیانی، 1390).



شکل 1. مدل مفهومی شهر هوشمند (لطفی و همکاران، 1396: 25)

6-2. شهر سالم

از سال 1970 میلادی به بعد، جابه‌جایی با اتومبیل در اروپا تقریباً 150 درصد افزایش داشت. در مقابل، رفت‌وآمد با وسیله حمل‌ونقل عمومی با افزایش کمتری مواجه و مسافرت با دوچرخه و پای پیاده کاهش یافت. افزایش وابستگی به اتومبیل هم علت و هم نتیجه حومه‌نشینی است. بسیاری از شهروندان و سیاستمداران از مشکلات مربوط با پراکندگی شهری آگاه بودند. مهم‌ترین این مشکلات، افزایش آلودگی هوا، آلودگی صوتی، تراکم ترافیک، خطر صدمات جاده‌ای، افزایش تولید گازهای گلخانه‌ای و کاهش فضای سبز مطبوع در اروپا بود. ایده شهر سالم نخستین بار در تورنتو کانادا با حمایت سازمان بهداشت جهانی، توسط لئونارد دهل و تریور هانکوک مطرح شد. در کنفرانسی با همین نام شهر سالم چنین مطرح شد: «شهری که پیوسته در حال توسعه‌دادن به آن دسته از سیاست‌های عمومی و محیط‌های فیزیکی و اجتماعی است که مردم را به حمایت متقابل از یکدیگر برای تحقق تمامی عملکردهای زندگی و تکامل ظرفیت آن‌ها قادر می‌سازد». در سال 1985 دفتر اروپایی سازمان بهداشت جهانی، برنامه ارتقای سلامت را با عنوان پروژه شهر سالم پیشنهاد کرد و مشارکت مردم به‌عنوان یکی از چهار ضرورت تحقیق پروژه مطرح شد (لطفی و همکاران، 1396: 26).

6-3. تعاریف شهر هوشمند

1. دولت هوشمند (مشارکت): مشارکت در تصمیم‌گیری، خدمات عمومی و اجتماعی، حکومت شفاف، استراتژی‌های سیاسی و دیدگاه‌ها؛
2. جامعه هوشمند (رقابت): سطح صلاحیت، وابستگی به یادگیری با عمر طولانی، کثرت قومی و اجتماعی، انعطاف‌پذیری، خلاقیت، جهان‌وطنی، ذهن باز، مشارکت در زندگی عمومی؛
3. اقتصاد هوشمند (رقابت): روح نوآورانه، کارآفرینی، تصویر اقتصادی و علائم تجاری، بهره‌وری، انعطاف‌پذیری بازار کار، بین‌المللی‌بودن، قابلیت تبدیل؛
4. جابه‌جایی هوشمند (حمل‌ونقل و ICT¹): دسترسی محلی، دسترسی ملی (درونی)، دسترسی به زیرساخت‌های فناوری اطلاعات و ارتباطات ICT، سیستم‌های حمل‌ونقل پایدار، نوآور و ایمن؛
5. زندگی هوشمند (کیفیت زندگی): امکانات فرهنگی، شرایط بهداشتی، ایمنی فردی، کیفیت مسکن، امکانات آموزش و پرورش، جذابیت‌های توریستی، انسجام اجتماعی (روستایی و قنبری، 1392: 5).

1. International Commercial Terms

4-6. مدل شهر دیجیتالی

این مدل که در همایش شهر الکترونیک تایپه در سال 2002 میلادی ارائه شده است عبارت است از: (1) زندگی الکترونیک، (2) سازمان الکترونیک، (3) دولت الکترونیک، (4) زیرساختار الکترونیک مدل شهر الکترونیک (کیانی، 1390: 46).

4-6. تفاوت شهر هوشمند با مدل شهر دیجیتال

طرح شهرهای هوشمند تلاشی آگاهانه برای استفاده از فناوری اطلاعات برای تبدیل زندگی و کار در منطقه خود در راههای مهم و اساسی به جای راههای افزایشی است. تمایزهای مفهومی و عملی بین شهرهای دیجیتال و شهر هوشمند وجود دارد. برچسب شهر هوشمند معمولاً برای توصیف شهری استفاده می‌شود که توانایی پشتیبانی از روش‌های یادگیری، توسعه فناوری، و نوآوری را دارد. در این معنا، هر شهر دیجیتال الزاماً باهوش نیست، اما هر شهر هوشمند دارای اجزای دیجیتال است. نظرات در ارتباط بین شهر واقعی و شهر مجازی متفاوت است. شهرهای دیجیتال شامل هر تابعی از شهر مانند کار، مسکن، جنبش، تفریح و سرگرمی و محیط زیست است. شهر هوشمند در درجه اول شامل توابع پژوهش، انتقال فناوری، توسعه محصول و نوآوری فناوری، به‌عنوان بستر صنایع نوآورانه شبیه به شهر دانش است (کیانی، 1390: 7).

4-6. اصول رشد هوشمند شهری

رشد هوشمند نوعی برنامه‌ریزی است که با استفاده از عوامل اجتماعی، اقتصادی و زیست‌محیطی توسعه را به نواحی دایر و مجهز به زیرساخت‌های لازم و نواحی که می‌توانند به تأسیسات مورد نیاز تجهیز شوند، هدایت می‌کند. رشد هوشمند به اصول توسعه و عملیات برنامه‌ریزی اشاره دارد که الگوی کاربری زمین و حمل‌ونقل مؤثر را ایجاد کرده است و نتایج آن دسترسی بیشتر الگوهای کاربری و سامانه حمل‌ونقل چندگانه است. در مقابل رشد هوشمند، پراکندگی شهری مطرح می‌شود. رشد هوشمند دارای اصولی است که این اصول شامل ده اصل است:

اصل اول: کاربری اراضی ترکیبی؛

اصل دوم: بهره‌گیری از طراحی ساختمان‌های فشرده؛

اصل سوم: ایجاد طیفی از گزینه‌ها و شیوه‌های متنوعی از مسکن؛

اصل چهارم: ایجاد جوامع پیاده‌محور؛

اصل پنجم: مشخصه پرورشی، جوامع جذاب با حس قوی مکانی؛

اصل ششم: حفظ فضاهای باز، زمین‌های کشاورزی، زیبایی طبیعی و مناطق حساس زیست‌محیطی؛

اصل هفتم: تقویت و هدایت توسعه به سمت جوامع موجود؛

اصل هشتم: ایجاد مجموعه‌ای از گزینه‌های حمل و نقل؛

اصل نهم: تصمیمات توسعه‌ای قابل پیش‌بینی، عادلانه و مقرون به صرفه؛

اصل دهم: تشویق همکاری‌های قوی جامعه‌ای (سلمانی‌مقدم و زمانی جاوید، 1392: 56).

6-7. مدلی برای هوشمندسازی شهر

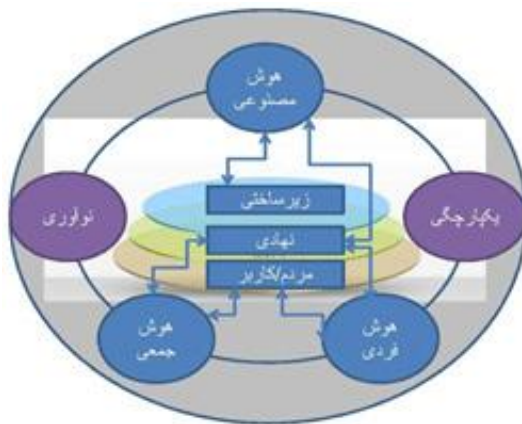
شهر هوشمند به واسطه ساختار پیچیده‌اش دارای شاخصه‌هایی است که می‌توان چهارچوبی برای بررسی زمینه‌ها و بسترهای مؤثر در جریان شکل‌گیری آن ارائه کرد؛ مدلی مفهومی که دارای سه شاخصه اصلی هوش، یکپارچگی و نوآوری است. همچنین با این سه مؤلفه می‌توان به مدلی مفهومی، برای هوشمندسازی شهرها براساس شاخصه‌های کلیدی آن دست یافت.



شکل 2. مدل مفهومی شهر هوشمند (مولایی و همکاران، 1395: 81)

مدل مفهومی هوشمندسازی براساس سه عامل بالا منجر به شکل‌گیری مدلی برای مدیریت شهر می‌شود که دارای پنج شاخصه اصلی است: «هوش مصنوعی، یکپارچگی، نوآوری، هوش فردی و هوش جمعی». هوش مصنوعی مستقیم زیرساخت‌های شهری را تحت تأثیر خود قرار می‌دهد. زیرساخت‌های شهری در شهرهای هوشمند مانند سیستم حمل و نقل هوشمند، تولید نیرو و بهینه‌سازی، مصرف آب و برق، راه‌اندازی آزادراه‌های شهری و بدون عوارض، به‌کارگیری فناوری‌های هوشمند در جریان خدمات فزاینده شهری، شبکه‌های ارتباطی با سرعت بالا، امکان اتصال شهرها، خدمات شغلی و شهروندی، هوش شهری می‌تواند موجب گسترش خدمات در شهرها و کاهش

هزینه‌های شهروندان شود. این امر نیازمند جانمایی هوش در زیرساخت‌های شهری است.



شکل 3. شاخصه‌های اصلی هوشمندسازی (مولایی و همکاران، 1395: 82)

7. معیارهای اصلی توسعه شهر هوشمند

توسعه شهر هوشمند به معیارهایی نیاز دارد. پنج معیار اصلی مورد نیاز برای توسعه شهر هوشمند عبارتند از:

1. زیرساخت‌های پهنای باند که مبنایی برای ارزیابی ظرفیت محلی در زمینه ارتباط دیجیتال است، زیرا وابستگی فزاینده شرکت‌ها و مؤسسه‌ها به ارتباطات و داده‌ها، موجب افزایش اهمیت پهنای باند به عنوان زیرساختی ارتباطی می‌شود و این عامل تسهیل‌کننده روند انجام کار برای توسعه و بهبود به حساب می‌آید؛

2. نیروی کار دانش‌بنیان، مبنایی برای اندازه‌گیری ظرفیت جمعیت واجد شرایط برای فعالیت‌های دانش‌بنیان به شمار می‌آید و جمعیت آماری آن شامل فارغ‌التحصیلان دانشگاهی در علوم پایه و مهندسی و رشته‌های پزشکی و نیروی انسانی شاغل در کارخانه‌ها، آزمایشگاه‌های تحقیقاتی می‌شود که به نوعی با تولید دانش و ارائه خدمات پژوهشی مرتبط است؛

3. نوآوری معیار مهمی برای ارزیابی میزان توانایی جوامع در ایجاد محیط‌های نوآورانه است که توانایی جذب طبقه خلاق و کسب‌وکارهای خلاقانه را داشته باشد. در بسیاری موارد، نوآوری به ایجاد خوشه‌هایی با فناوری بالا اشاره دارد و به معنای یافتن روش‌هایی با هدف ارتقای سطح کیفی خدمات ارائه‌شده به مشتریان است؛

4. دموکراسی دیجیتالی معیاری است که دولت و برنامه‌های بخش دولتی و خصوصی را از نظر

میزان غلبه بر شکاف دیجیتالی و اطمینان‌یابی از امکان دسترسی برابر همه اقشار جامعه به پهنای باند و بهره‌گیری از اطلاعات، ارزیابی می‌کند؛

5. بازاریابی آخرین معیاری است که جذابیت جوامع و میزان رقابت آن‌ها با سایر شهرها و مناطق را مورد سنجش قرار می‌دهد. بازاریابی مؤثر به عنوان عاملی کلیدی نقش مهمی را در کمک به توسعه اقتصادی، افزایش پهنای باند و زمینه‌سازی برای جذب نیروی کار ایفا می‌کند (خدایی، 1397: 78).

7-1. ضرورت توجه به عرصه حمل و نقل در شهرهای هوشمند

حمل و نقل شهری همواره یکی از مسائل مهم در شهرهای هوشمند است. توسعه فزاینده تقاضای سفر در شهرها، افزایش زمان تلف شده برای جابه‌جایی، گسترش تصادف‌ها، آلودگی‌های زیست‌محیطی، مشکلات نظارت و مدیریت ترافیک، افزایش خسارت‌های مادی و معنوی ناشی از تصادف‌ها، کاهش رضایت‌مندی بهره‌برداران و کاهش منابع انرژی، از مهم‌ترین دلایل ضرورت تأمین حمل و نقل ایمن در شهرها است. توجه به ایجاد شبکه‌های جدید حمل و نقل سبب ایجاد انگیزه بیشتر برای تولید سفر در کاربران خواهد شد؛ از این رو توسعه معابر و راه‌سازی، استفاده بهینه از امکانات و منابع موجود و ارتقای سطح ایمنی، کارایی و بهره‌وری شبکه حمل و نقل شهری با بهره‌گیری از پیشرفت‌های حاصل از فناوری‌های نوین، داشتن نوآوری و ابتکار عمل در برنامه‌های توسعه‌ای و مباحث مرتبط با مدیریت ترافیک شهری مورد توجه بسیار قرار گرفته است. یکی از جدیدترین و مؤثرترین راهکارهای مدیریت ترافیک که از فناوری اطلاعات ریشه می‌گیرد، ایده به کارگیری سیستم‌های هوشمند حمل و نقل است که می‌تواند در راستای تحقق شهرداری الکترونیکی افق تازه‌ای برای دستیابی به تحرک پویا و روان در جامعه ارتباطی و اطلاعاتی و ارائه خدمات بهتر به شهروندان ایجاد کند (پورحیدر، 1388: 9). سیستم هوشمند حمل و نقل نخستین بار در آمریکا در سال 1990 میلادی وارد مدیریت حمل و نقل شهرها شد. امروزه دست‌اندرکاران برای حل معضلات حمل و نقل در شهرها با استفاده از سیستم‌های هوشمند در شهرها و روش‌های نوین، به دنبال حل مشکلات پیش روی این معضل هستند.

7-2. مهم‌ترین اهداف در سیستم حمل و نقل شهر هوشمند

شهر هوشمند نخستین و مهم‌ترین هدف خود را در این مسیر در استفاده از حداقل اتومبیل و ارتقای کیفیت زندگی در سیستم حمل و نقل معرفی کرده است. مهم‌ترین موارد در این حوزه شامل موارد زیر است:

❖ خلق جوامع خوداتکا، کاستن مسافت‌ها، تشویق به پیاده‌روی و دوچرخه‌سواری؛

- ❖ ایجاد جوامعی جذاب با هویت مکانی؛
- ❖ تشویق به توسعه متراکم، کاهش اندازه قطعات و عقب‌نشینی ساختمان‌ها و به حداقل رساندن اندازه خیابان‌ها؛
- ❖ تشویق به توسعه‌های مبتنی بر حمل‌ونقل عمومی؛
- ❖ مدیریت بهینه پارکینگ؛
- ❖ شبکه‌های مناسب جاده‌ها، باریک‌نگه داشتن خیابان‌ها در مناطق مسکونی؛
- ❖ بهبود شرایط سفرهای غیرموتوری در مقابل تشویق به پیاده‌روی و دوچرخه‌سواری؛
- ❖ مدیریت خدمات عمومی شهری؛
- ❖ ایجاد فضای پارکینگ برای دوچرخه‌ها؛
- ❖ توسعه استفاده از دوچرخه با ایجاد مراکز اجاره دوچرخه در سطح شهر؛
- ❖ ایجاد مسیر امن برای دوچرخه‌سواران؛
- ❖ استفاده دوباره از زمین‌های سوخته (نسترن و همکاران، 1392: 20).

3-7. ارائه مدل هوشمند در حمل‌ونقل شهری براساس ITS¹

با توجه به پیشرفت‌های حاصل در فناوری، ارتباطات و الکترونیک در دهه 1980 میلادی، سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند مورد توجه قرار گرفتند. ITS به معنی ایجاد و به‌کارگیری فناوری‌های نوین مانند الکترونیک، ارتباطات، سیستم‌های پیشرفته کنترل به منظور ارتقای سطح ایمنی، کارایی و ارزانی در حمل‌ونقل است که برای شیوه‌های مختلف هم از لحاظ حمل‌ونقل جاده‌ای، راه‌آهن، هوایی و دریایی قابل تعمیم است.

ITS مجموعه‌ای از ابزارها و امکانات و تخصص‌ها مانند مفاهیم مهندسی ترافیک، فناوری‌های نرم‌افزاری، سخت‌افزاری و مخابراتی است که هماهنگ و مجتمع برای بهبود کارایی و ایمنی در سیستم حمل‌ونقل به کار گرفته می‌شود. تعدادی زیادی سیستم حمل‌ونقل هوشمند به ثبت رسیده‌اند اما به دلیل جوانی و تازگی آن هنوز تعریف کاملی از ITS ارائه نشده است (Chowdhury, 2003: 28). تعریفی که در سال 1998 توسط انجمن حمل‌ونقل هوشمند آمریکا در ارتباط با ایده ITS به صورت عام مورد قبول قرار گرفت، به این شرح بود که مردم از فناوری در حمل‌ونقل برای صرفه‌جویی در وقت و پول در زندگی روزمره استفاده می‌کنند. تعریف رسمی‌تری که در آوریل سال 1999 توسط اداره حمل‌ونقل آمریکا منتشر شد بدین شرح است: سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند،

1. Intelligent Transportation System

اطلاعات مربوط به جابه‌جایی مسافر و کالا را جمع‌آوری، نگهداری، پردازش و توزیع می‌کنند. سیستم حمل و نقل هوشمند یا ITS با استفاده و به‌کارگیری فناوری‌های نوین مانند الکترونیک، ارتباط و سیستم‌های کنترل سبب ارتقای سطح ایمنی، کارایی و ارزانی در حمل و نقل می‌شود که برای شیوه‌های مختلف حمل و نقل مانند جاده، راه‌آهن، هوایی و دریایی قابل تعمیم است.

7-4. تاریخچه ITS در حمل و نقل جاده‌ای

مبدأ کنترل آمدوشد، به پیشینه اتومبیل یا به دهه 1860 در لندن باز می‌گردد؛ زمانی که یک چراغ راهنمایی برای ایمنی اعضای پارلمان در تقاطع زدیک پارلمان نصب شد. در آمریکا بعضی از شکل‌های اولیه کنترل ترافیک از انواع چراغ‌های قدیمی که در دهه 1910 نصب شده بود، هم اکنون نیز وجود دارد.

نخستین چراغ راهنمایی به شکل امروزی در سال 1920 در دیتوریت و میشیگان مورد استفاده قرار گرفت. از این شروع ساده، سیستم‌های کنترل آمدوشد که دربرگیرنده گستره وسیعی از تجهیزات مانند چراغ‌های هوشمند کنترل تقاطع‌ها، تابلوهای متغیر، سیستم‌های کنترل سرعت و غیره است، به وجود آمد. به مرور زمان چراغ‌های کنترل ترافیک از شکل ابتدایی با زمان‌بندی ثابت به شکل امروزی خود یعنی کنترل تقاطع براساس شمارش ترافیک موجود ارتقا یافت. در سال 1920 در ایالات متحده سیستم‌هایی نصب شد که با استفاده از رایانه‌های آن زمان (IBM1800) برنامه‌ریزی شده بود. انجام کارهای فوق در آن زمان در واقع آغازی برای استفاده از سیستم‌های هوشمند کنترل ترافیک بود، زیرا این روش‌ها شیوه پیشرفت و سیستماتیک‌شدن را برای کنترل ترافیک دنبال می‌کردند. این تاریخچه در علم ترافیک نشان‌دهنده تلاش برای یافتن راه‌های مناسب به منظور ایجاد یکنواختی در جریان آمدوشد، افزایش ایمنی کاربران و کسب کارایی بیشتر از زیرساخت‌های موجود در راه‌ها بود.

برنامه ITS که در دهه 90 میلادی بسیار مورد توجه قرار گرفت، ریشه‌های مشخصی دارد که به فعالیت‌های تحقیقاتی و توسعه‌ای در دهه 60 میلادی توسط دولت فدرال آمریکا و همکاری صنعت و دانشگاه، باز می‌گردد. در آن زمان پروژه‌ای توسط دفتر راه‌های عمومی (BPR) که در حال حاضر اداره بزرگراه‌های دولت فدرال (FHWA) نامیده می‌شود، برای بهبود ایمنی و افزایش کارایی سفرهای بین‌شهری تعریف شد. این برنامه از نظر حجم، دیدگاه و مفاهیم، با فعالیت‌های تحقیقاتی گذشته تفاوت برجسته‌ای داشت. در بطن این برنامه ایجاد و به‌کارگیری ارتباطات الکترونیکی و سیستم‌های پیشرفته کنترل، برای استفاده در وسایل نقلیه و راه، به منظور بهره‌گیری جامعه و کاربران، مدنظر قرار گرفته بود (عراقی و همکاران، 1381).

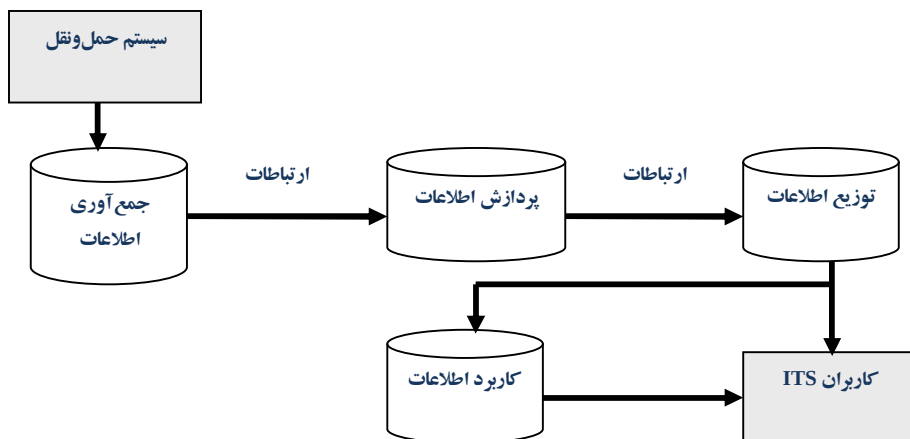
5-7. ساختار و شیوه عملکرد ITS

سیستم‌های هوشمند حمل‌ونقل براساس فناوری‌های کنترل و اطلاعات کار می‌کنند که در واقع هسته اصلی وظایف و عملکرد چنین سیستم‌هایی است. از یک دیدگاه کلی می‌توان گفت ITS از سه جزء اصلی تشکیل شده است که عبارتند از: راه هوشمند، وسایل نقلیه هوشمند و زیرساخت‌های ارتباطی.



شکل 4: ساختار و شیوه عملکرد ITS (پورحیدر، 1388: 10)

راه هوشمند، جاده یا بزرگراهی است که در بخش تأسیسات زیربنایی قرار می‌گیرد و شامل انواع تجهیزات لازم نصب‌شده در جاده و همچنین رعایت چهارچوبی مناسب و استاندارد برای یکپارچه‌کردن عملکرد اجزای مختلف سیستم در محدوده وسیعی از خدمات ITS به منظور تبادل محدوده وسیعی از اطلاعات ما بین کاربران شامل رانندگان، وسایل نقلیه و عابران پیاده است (پورحیدر، 1388: 10). وسایل نقلیه هوشمند عبارتند از: وسایل نقلیه‌ای که برای ارائه بخشی از خدمات تعریف‌شده در ITS مجهز به تجهیزات خاصی هستند. زیرساخت‌های ارتباطی فناوری است که جریان اطلاعات را بین وسایل نقلیه هوشمند و راه هوشمند برقرار می‌سازد. جریان اطلاعات در این فناوری شامل مراحل مانند جمع‌آوری و دریافت داده‌ها، انتقال داده‌ها و پردازش داده‌ها و همچنین توزیع و بهره‌برداری از اطلاعات پردازش‌شده است که برای عملکرد صحیح و مناسب سیستم لازم است تا زنجیره ارتباطی مناسبی بین آن‌ها تعریف و ایجاد شود.



شکل 5. زنجیره ارتباطی در ITS (پورحیدر، 1388: 11)

با توجه به تعاریف ارائه شده از ITS و به منظور روشن شدن موضوع لازم است به برخی از مهم ترین کاربردهای ITS در این قسمت اشاره شود. آشنایی با کاربردهای ITS سبب هرچه روشن تر شدن تعریف آن می شود. ITS طیف گسترده ای از کاربردها را شامل می شود؛ از سیستم های پیشرفته کنترل چراغ های راهنمایی تا کنترل تراکم آزادراه از طریق رمپ های ورودی و سیستم های اعلان خطر تصادف. کاربردهای ITS را می توان به دو گروه اصلی زیرساخت های هوشمند و وسایل نقلیه هوشمند تفکیک کرد. هریک از این گروه های اصلی خود شامل زیرگروه های دیگری است که در آن کاربردهای ITS به وضوح مشخص شده است (عراقی و همکاران، 1381).

7-6. ضرورت ITS

- ارزانی روش های ITS نسبت به روش های سنتی؛

• حل معضلات حمل و نقل و بازدهی بیشتر؛

• پاسخ گونبودن روش های سنتی به معضلات حمل و نقل؛

• به کارگیری زیرساخت های هوشمند در حمل و نقل کشور؛

• ایمنی و امنیت بیشتر؛

• رضایت کاربران و افزایش اعتماد و اطمینان مردم به مسئولان؛

• کارایی بیشتر؛

• کاهش آلودگی های زیست محیطی ناشی از ترافیک (حفظ محیط زیست)؛

• جلوگیری از اتلاف وقت؛

❖ کاهش تصادف‌ها؛

❖ کاهش هزینه‌ها؛

❖ کاهش مصرف سوخت؛

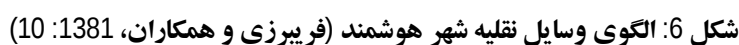
❖ افزایش بازدهی معابر (دستیابی همگان به اطلاعات ترافیکی برای انتخاب مسیر) (علی‌بیک و همکاران، 1388: 128).

7-7. ITS و دریافت عوارض

دریافت عوارض الکترونیکی و خودکار از رانندگان در مسیرهای پرتراфик، یکی از کاربردها و مزایای سیستم حمل‌ونقل هوشمند است که به وسیله آن می‌توان کارایی حمل‌ونقل عمومی را بالا برد و با مجهز کردن وسایل حمل‌ونقل عمومی به آن، برای فاصله زمانی حرکت این خودروها و اولویت عبور در تقاطع‌ها برنامه‌ریزی دقیقی کرد. این سیستم که در امریکا توسعه یافته است، می‌تواند عوارض مربوط به عبور وسایل نقلیه از یک راه یا پل را بدون توقف خودروها دریافت کند. در آینده با استفاده از سیستمی که در آن ماهواره با سطح گردش نزدیک به زمین به کار گرفته می‌شود، می‌توان تمام وسایل نقلیه در بزرگراه‌ها و جاده‌های کشور را ردیابی کرد و براساس کیلومتر طی شده یا مدت زمان برای دریافت عوارض اقدام کرد که موجب کاهش ترافیک در خیابان‌ها و بزرگراه‌ها می‌شود.

7-8. ناوگان حمل‌ونقل عمومی و ITS

الگوی وسایل نقلیه هوشمند و ناوگان حمل‌ونقل عمومی یکی دیگر از بسترهایی است که می‌تواند از خدمات ITS بهره‌مند شود. فناوری GPS و ITS این امکان را در اختیار ناوگان اتوبوسرانی قرار می‌دهد که در هر لحظه و موقعیت مکانی هر دستگاه اتوبوس خود را ردیابی کند (شکل شماره 6). این کار دو مزیت دارد: نخست اینکه کنترل‌کننده می‌داند در هر لحظه تراکم و کمبود ناوگان کجاست و به اصطلاح می‌تواند مدیریت ناوگان کند؛ دوم اینکه با این سیستم می‌توان به مسافران در مورد زمان دقیق ورود هر اتوبوس به ایستگاه و مدت انتظار برای آن اطلاع‌رسانی کرد (Kumagai Akazawa, 2000: 9).



در سیدنی استرالیا به منظور افزایش کارایی حمل و نقل از سیستم‌های مدیریت ترافیک پیشرفته استفاده می‌کنند. این سیستم‌ها سال‌های زیادی با کارایی مناسب در حال کار است و با تنظیم چراغ‌ها توانسته است ترافیکی به ظرفیت یک آزادراه را از یک خیابان شریانی شهری عبور دهد.

ژاپن استفاده از تجهیزات داخل وسیله نقلیه را برای کمک به رانندگان در حرکت به سمت مقصد تعیین شده رواج داده است. چنین تجهیزاتی چندین سال پیش در ایالت‌های فلوریدا و اورلاندو در آمریکا آزمایش شده بود. در حال حاضر این سیستم در آمریکا در حال گسترش است و براساس سیستم مکان‌یابی جهانی GPS و نقشه دیجیتالی که در داخل وسیله نصب شده است، عمل می‌کند (علم بیک و همکاران، 1388: 129).

سیستم اطلاعات جغرافیایی یا سامانه اطلاعات مکانی که به اختصار GIS نامیده می‌شود، سیستمی

1. Geographic Information System

رایانه‌ای برای مدیریت و تجزیه و تحلیل اطلاعات جغرافیایی است. در حقیقت با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی، می‌توانیم با اطلاعات جغرافیایی را به دانسته‌های مؤثر در تصمیم‌گیری تبدیل کرد (شکل شماره 7). سیستم اطلاعات جغرافیایی باید قابلیت‌های زیر را داشته باشد:



شکل 7. ساختار جغرافیایی GIS (برگرفته از سایت: <http://gisplus.ir/gis>)

GIS سیستمی کامپیوتری است که چهار قابلیت اساسی در رابطه با داده‌های مکانی فراهم می‌آورد:

- ❖ ورودی داده‌ها؛¹
- ❖ مدیریت داده‌ها که عبارت است از ذخیره و بازیابی داده‌ها؛²
- ❖ پردازش و تجزیه و تحلیل داده‌ها؛³
- ❖ خروجی داده‌ها.⁴

نتیجه‌گیری

چالش‌های جامعه آینده خواهان روش‌های جدید نوآوری است؛ تغییری در تفکر، انجام کارها و سازمان‌دهی آن‌ها، نه تنها استراتژی‌ها، ایده‌ها و روش‌های نوین سازمان برای رویارویی با چالش‌های جامعه وجود دارد، بلکه مشارکت خلاقانه فعال رابطه‌ای مهم و اساسی را برای تحقق جامعه تبدیلی نشان می‌دهد. این امر در مورد این نیست که چه کسی گرداننده است، بلکه در مورد یافتن یک گرداننده متقابل است. یک شهر در آینده باید شهر هوشمند اجتماعی باشد که قادر است جامعه را به حیطه مشارکتی تبدیل کند؛ یعنی جایی که ابتکار مشارکتی رخ می‌دهد. تأثیرات مثبت سیستم‌های هوشمند بر عملکردهای شهری موجب آسایش، امنیت، کاهش هزینه‌های جاری و حفظ محیط

1. Input
2. Data Storage and Retrieval
3. Manipulation and Analysis
4. Output

زیست می‌شود. ضمن اینکه امروزه به جهت رشد بی‌سابقه جمعیت شهرها و مهاجرت بی‌رویه، ضرورت دارد با بهره‌گیری از سیستم‌های نوین و هوشمند در عملکردهای مهم شهری مانند حمل و نقل شهری تلاش شود آرامش شهروندان بیشتر شود. سیستم حمل و نقل عمومی ITS که از اواخر قرن بیستم تحولات بسیاری را در غرب به وجود آورد، راهکار مناسبی برای رشد روزافزون شهرهاست. این سیستم برای استفاده در شهرهای هوشمند نیاز به زیرساخت‌هایی دارد که اجرای صحیح آن می‌تواند شهری با توان بالا در حمل و نقل شهری برای شهروندان ایجاد کند. نتایج حاصل از بهره‌گیری از سیستم‌های هوشمند حمل و نقل شهری را می‌توان در موارد زیر برشمرد:

دستاوردهای به کارگیری سیستم‌های نوین و هوشمند در حمل و نقل شهری

1. بهره‌وری از سیستم و دانش روز مانند ITS و GIS برای رسیدن به اهداف موفق در سیستم حمل و نقل شهری؛
2. تولید اتومبیل‌های برقی برای کاهش آلودگی هوا؛
3. گسترش سیستم‌های حمل و نقل شهر ارزان قیمت و پاک همچون منوریل، بی‌آرتی، مترو و تراموا؛
4. ایجاد پیاده‌راه‌های امن و با کیفیت بصری خوب و هوای پاکیزه؛
5. کاهش ترافیک شهری از طریق سوق دادن شهروندان به استفاده از وسیله‌های نقلیه هوشمند؛
6. افزایش سرعت حمل و نقل شهری؛
7. کاهش هزینه‌های جاری حمل و نقل شهروندان؛
8. کاهش آلودگی محیط زیست و افزایش فضای سبز؛
9. کاهش اتلاف انرژی؛
10. گسترش فرهنگ پیاده‌روی در میان شهروندان.

منابع

1. امین‌نژاد، کاوه (1396)، شهر هوشمند (درآمدی بر مفهوم، مبانی، محورها و مصادیق شهر هوشمند)، سندج: انتشارات علمی کالج.
2. ابراهیمی، مازیار، معروف، مریم (1397)، «توسعه پایدار شهری بر مبنای رشد هوشمند شهری؛ تحلیلی بر مؤلفه‌ها، ویژگی‌ها و مزایای شهر هوشمند»، همایش علوم اجتماعی، شماره 35، صص 39-48.
3. بهزادفر، مصطفی (1382)، «ضرورت‌ها و موانع ایجاد شهر هوشمند در ایران»، فصلنامه هنرهای زیبا، شماره 15، صص 14-27.
4. پوراحمد، احمد؛ زیاری، کرامت‌اله؛ حاتمی‌نژاد، حسین؛ پارساآبادی، شهرام (1397)، «مفهوم و ویژگی‌های شهر هوشمند»، فصل‌نامه باغ نظر، صص 5-26.
5. پورحیدر، مینا (1388)، «مروری بر به‌کارگیری سیستم‌های هوشمند حمل‌ونقل در مدیریت ترافیک شهری»، دومین کنفرانس بین‌المللی شهرداری الکترونیکی، صص 8-15.
6. سلمانی‌مقدم، محمد؛ زمانی‌جاوید، مریم (1392)، «بررسی توسعه فیزیکی منطقه 18 شهرداری تهران با تکیه بر شاخص رشد هوشمندی»، دوفصلنامه جغرافیا، شماره 26، صص 49-77.
7. خدایی، مسعود (1397)، «عوامل اثرگذار بر شیوه هوشمندسازی شهرها»، پژوهش‌های نوین علوم جغرافیایی، معماری و شهرسازی، شماره 15، صص 73-89.
8. روستایی، شهریور؛ قنبری، حکیمه (1392) درحال انتشار، «تئوری شهر هوشمند و حکمروایی شهری»، صص 1-28، برداشت از وبلاگ.
9. فریبرز عراقی، فرشید؛ شهپر افراشته، افشین؛ سالاری جوینی، احمد (1381)، گزارش مقدمه‌ای بر سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند، شورای اصلاحات وزارت راه و ترابری کمیته فناوری اطلاعات (IT)، تهران.
10. قبادیان، وحید (1395)، مبانی و مفاهیم در معماری معاصر غرب، دفتر پژوهش‌های فرهنگی، چاپ سی‌ویکم، تهران.
11. کیانی، اکبر (1390)، «شهر هوشمند ضرورت هزاره سوم در تعاملات یکپارچه شهرداری الکترونیک»، فصلنامه جغرافیایی آمایش محیط، شماره 14، صص 39-64.
12. علی‌بیگ، ایمان؛ علیزاده، نادی؛ حجتی، علی (1388)، «بررسی راهکارهای کاهش ترافیک در کلان‌شهر تهران»، پژوهش مطالعات شهری، شماره 2، صص 107-134.
13. لطفی، صدیقه؛ نیک‌پور، عامر؛ مهدوی، سحر (1396)، «ارزیابی رابطه میان شهر هوشمند و کاهش

مشکلات حمل و نقل عمومی در شهر ساری»، فصلنامه جغرافیا و آمایش منطقه‌ای، شماره 24، پاییز 96، صص 21-38.

14. مولایی، محمدمهدی؛ شاه‌حسینی، گلاره؛ دباغچی، سمانه (1395)، «تبیین و واکاوی چگونگی هوشمندسازی شهرها در بستر مؤلفه‌ها و عوامل کلیدی اثرگذار»، فصلنامه نقش جهان، شماره 3، صص 75-93.

15. نسترن، میهن؛ ایزدی، آروز؛ مطلوبی، فاطمه (1392)، «تحلیل ابعاد کالبدی - اجتماعی رشد هوشمند در شهر اصفهان»، پژوهش هنر دانشگاه هنر اصفهان، شماره 6، صص 17-30.

16. Chowdhury, Mashrur & Sadek (2003), "Fundamental of Intelligent Transportation System Planning", Artech House, Newyork.

17. Kumagai-Yasuhiko & kenzo Akazawa (2000), Recommende Approach to Introducing ITS in Asian Countries, p. 13.

<http://www.gisplus.ir>

ارائه مدلی جامع و اجرایی برای استقرار مدیریت ریسک در پروژه‌های ساختمانی براساس استاندارد PMBOK

شیوا منصورزاده*

استادیار، مهندسی صنایع، مرکز آموزش عالی فنی و مهندسی بوئین‌زهره، قزوین

محمدحسین نظامی پاکده

دانش‌آموخته کارشناسی مهندسی صنایع، مرکز آموزش عالی فنی و مهندسی بوئین‌زهره، قزوین

تاریخ پذیرش نهایی: 1397/08/28

تاریخ دریافت مقاله: 1397/05/21

چکیده

بیشتر پروژه‌های ساختمانی از تأخیر در اجرای تعهدات رنج می‌برند. تأخیر، عاملی اثرگذار بر ایجاد اختلال در اقتصاد پروژه است که حتی در مواردی حیات و ارزش سهام آن را نیز به خطر می‌اندازد و سود حاصل برای پیمانکار و کارفرما را کاهش می‌دهد. اغلب شرکت‌های عمرانی فاقد فرایندها و حتی فرهنگ مناسب برای مدیریت ریسک هستند که عاملی کلیدی در اجرای موفق پروژه است. از سویی در استاندارد PMBOK شیوه اجرای مدیریت ریسک بیان نشده، بلکه تنها الزام‌ها شرح داده شده است. در تحقیق حاضر، شناسایی ریسک از طریق مطالعات کتابخانه‌ای و میدانی انجام شده است، سپس مقدار ریسک‌ها با توجه به نتایج پرسشنامه‌ای که برای خبرگان و مدیران پروژه ارسال شده بود و از طریق روش‌های RPN و FMEA فاز، محاسبه شده است. در انتها نیز ریسک‌هایی که مقدار محاسبه‌شده آن‌ها در محدوده استاندارد نباشد، از طریق روش‌های FTA و ETA، تجزیه و تحلیل شده و احتمال کاهش آن‌ها بررسی می‌شود. مدل مربوطه در یک پروژه ساختمانی بزرگ پیاده‌سازی شده و نتایج آن در این مقاله تشریح شده است.

واژگان کلیدی:

استاندارد PMBOK، پروژه‌های ساختمانی، مدیریت ریسک.

* نویسنده مسئول مکاتبات: pourjavan@tvu.ac.ir

1. مقدمه

ریسک پتانسیلی است که می‌تواند مشکلاتی را برای اجرای پروژه ایجاد و دستیابی به اهداف آن را مختل کند. ریسک جزء ذاتی تمامی پروژه‌هاست و امکان حذف کامل آن وجود ندارد. اگرچه می‌توان برای کاهش تأثیر آن در دستیابی به اهداف پروژه، آن را به طور مؤثری مدیریت کرد. احتمال رخداد ریسک دست کم در یکی از ابعاد پروژه مانند محدوده، زمان، هزینه یا کیفیت وجود دارد؛ بنابراین شناسایی، تجزیه و تحلیل و اولویت‌بندی ریسک می‌تواند نقش بسزایی در موفقیت پروژه داشته باشد.⁽¹⁰⁾ پروژه‌های ساخت به دلیل مواجهه با مسائلی همچون شرایط پیش‌بینی نشده، زمین و آب‌وهوا، حضور افراد درگیر در پروژه با فرهنگ‌های مختلف، بی‌ثباتی‌های سیاسی و امکان تغییر سیاست‌های دولت، مسائل مالی و اقتصادی و غیره همواره با ریسک‌های فراوان روبه‌رو هستند. تعداد و اهمیت هریک از این ریسک‌ها به بزرگی پروژه و پیچیدگی آن بستگی دارد. پرهیز و جلوگیری از بروز ریسک‌ها در پروژه امری ناممکن است؛ از این رو استفاده از سیستم جامع مدیریت ریسک برای مدیریت تمام انواع ریسک‌ها ضروری به نظر می‌رسد.⁽¹¹⁾

مدیریت ریسک فرایندی پیوسته و منظم است که از طریق چرخه حیات یک پروژه و به‌منظور کسب درجه بهینه‌ای از کاهش و تعدیل و کنترل ریسک، به تحلیل و پاسخ‌گویی به آن‌ها می‌پردازد.⁽¹²⁾ مدیریت ریسک عنصری حیاتی در مدیریت پروژه است. اگر بخواهیم تعریفی برای ریسک ارائه دهیم می‌توانیم بگوییم امکان بروز پیشامدی ناخوشایند در کار است، مانند خطر، زیان مالی و صدمه که احتمال وقوع دارد و می‌تواند بر روی پروژه اثر بگذارد و از سه عامل احتمال وقوع، تأثیر و امکان کنترل تشکیل شده است.⁽⁴⁾ پیاده‌سازی سیستم مدیریت ریسک می‌تواند سازمان و کارفرمایان را در جهت مصرف بهینه زمان و انرژی یاری رساند و سود به‌دست‌آمده را بیشتر کند. استاندارد PMBOK¹ با ارائه الزامات مدیریت ریسک می‌تواند راهنمایی خوبی برای این منظور باشد. ولی روش اجرایی جامع و کاربردی را با توجه به مشخصه‌های پروژه ارائه نمی‌دهد.⁽⁵⁾

2. پیشینه تحقیق

صداقتی و همکاران در سال 1398، از روش FMEA فازی در شرایط عدم قطعیت برای پروژه‌های سدسازی استفاده کردند.⁽⁶⁾ رهنما و حجازی (1396)، نیز برای تدوین راهبردهای بهبود مشارکت در پروژه‌ها از روش مدیریت ریسک استفاده کردند. در این مقاله برای انتخاب استراتژی مقابله با ریسک،

1. Project Management Body of Knowledge

از روش سوات استفاده شده است.⁽⁷⁾ اسماعیل چراغی و همکاران ریسک‌های موجود در پروژه‌های ساخت‌وساز را از طریق روش FMEA تعیین کردند.⁽⁸⁾ خزامی نیز در تحقیق خود با استفاده از روش TOPSIS، ریسک‌های موجود در پروژه‌ها را اولویت‌بندی کرده است.⁽⁹⁾ با توجه به این موضوع، در این مقاله مدیریت ریسک‌های پروژه‌های ساختمانی که یکی از حوزه‌های مدیریت پروژه بر مبنای استاندارد PMBOK است، به طور کامل بررسی شده و فلوچارت‌های اجرایی هر مرحله ارائه می‌شود.

3. روش تحقیق

این تحقیق از نظر ماهیت، توصیفی و از نظر دیدگاه هدف، کاربردی است. جمع‌آوری اطلاعات از طریق مطالعات کتابخانه‌ای و میدانی (مصاحبه با مدیران پروژه) انجام شده است. مراحل تحقیق طی چهار گام اصلی مطابق شکل شماره 1 انجام گرفته است. در گام نخست برنامه‌ریزی، ریسک‌های موجود در پروژه‌های ساختمانی از طریق مطالعات کتابخانه‌ای و میدانی شناسایی شده و سپس پرسشنامه‌ای برای تعیین امتیاز ریسک‌ها تهیه و به روش دلفی برای پنج خبره (مدیر پروژه‌های ساختمانی) ارسال می‌شود. سپس مقدار کیفی ریسک‌ها یا به عبارتی مقدار RPN¹ از طریق نتایج پرسشنامه برآورد می‌شود. مقدار کمی ریسک‌ها نیز برای اولویت‌بندی، از طریق روش FFMEA² محاسبه و ریسک‌ها بر آن اساس رتبه‌بندی می‌شوند. ریسک‌هایی که از مقدار استاندارد فاصله دارند، برای کاهش به گام چهارم وارد می‌شوند. در گام چهارم، از طریق روش FTA³ ریشه و علل وقوع ریسک‌ها شناسایی و احتمال وقوع آن‌ها محاسبه می‌شود و سپس از طریق روش ETA⁴ استراتژی‌های کاهنده ریسک پیشنهاد شده و احتمال کاربودن آن‌ها به دست می‌آید.

4. مدیریت ریسک

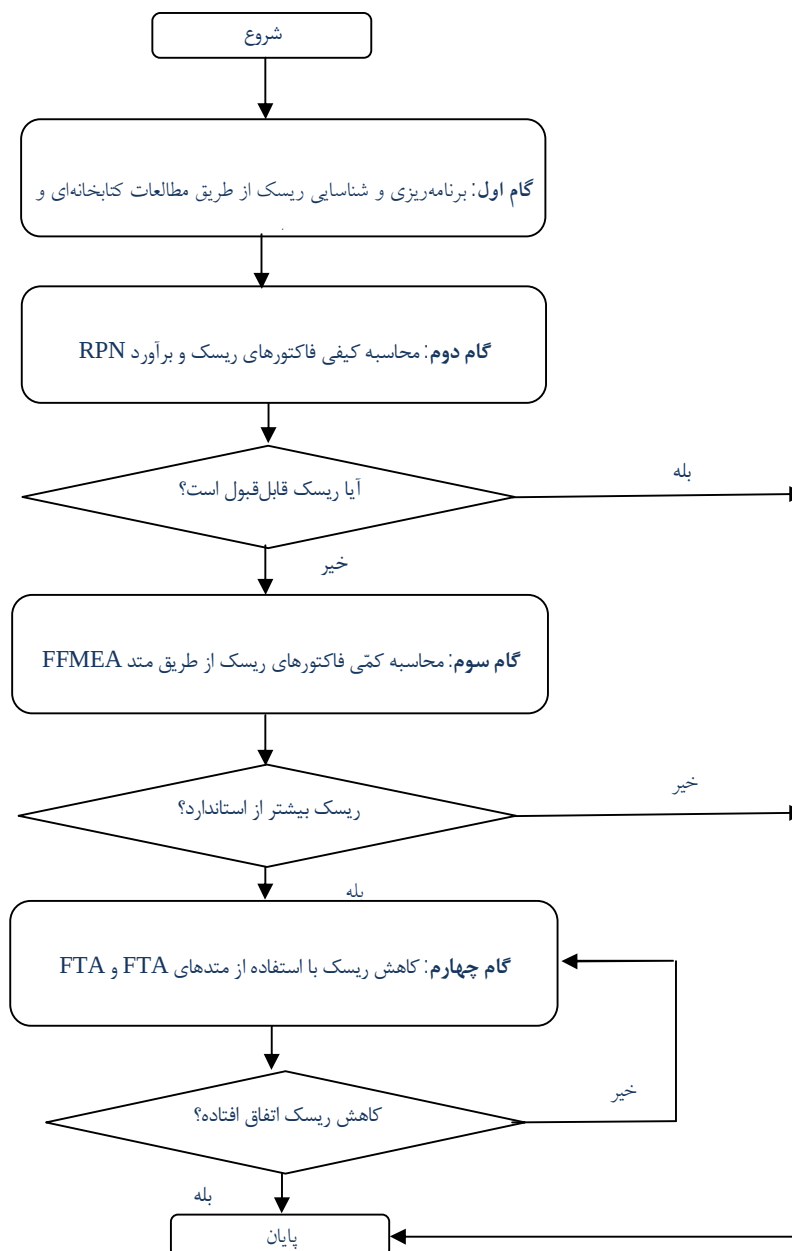
مدیریت ریسک یکی از حوزه‌های مدیریت پروژه در استاندارد PMBOK است که در شکل شماره 1 نمایش داده شده است. در این استاندارد، مدیریت ریسک پروژه به فازهای برنامه‌ریزی، شناسایی، اندازه‌گیری (کیفی و کمی)، ارائه پاسخ (واکنش در مقابل ریسک) و کنترل ریسک تقسیم شده است.⁽¹⁰⁾ شکل شماره 2 مراحل کلی مدیریت ریسک را بر مبنای استاندارد PMBOK نشان می‌دهد.

1. Risk Priority Number

2. Fuzzy Failure Mode and Effect Analysis

3. Fault Tree Analysis

4. Even Tree Analysis



شکل 1. مدل مفهومی تحقیق

در این تعریف، مدیریت ریسک پروژه عبارت است از «کلیه فرایندهای مرتبط با شناسایی، تحلیل و پاسخ‌گویی به هرگونه عدم اطمینان که شامل حداکثرسازی نتایج رخدادهای مطلوب و به حداقل رساندن نتایج وقایع نامطلوب باشد»⁽¹¹⁾ گفتنی است مورد مطالعاتی این تحقیق، یکی از

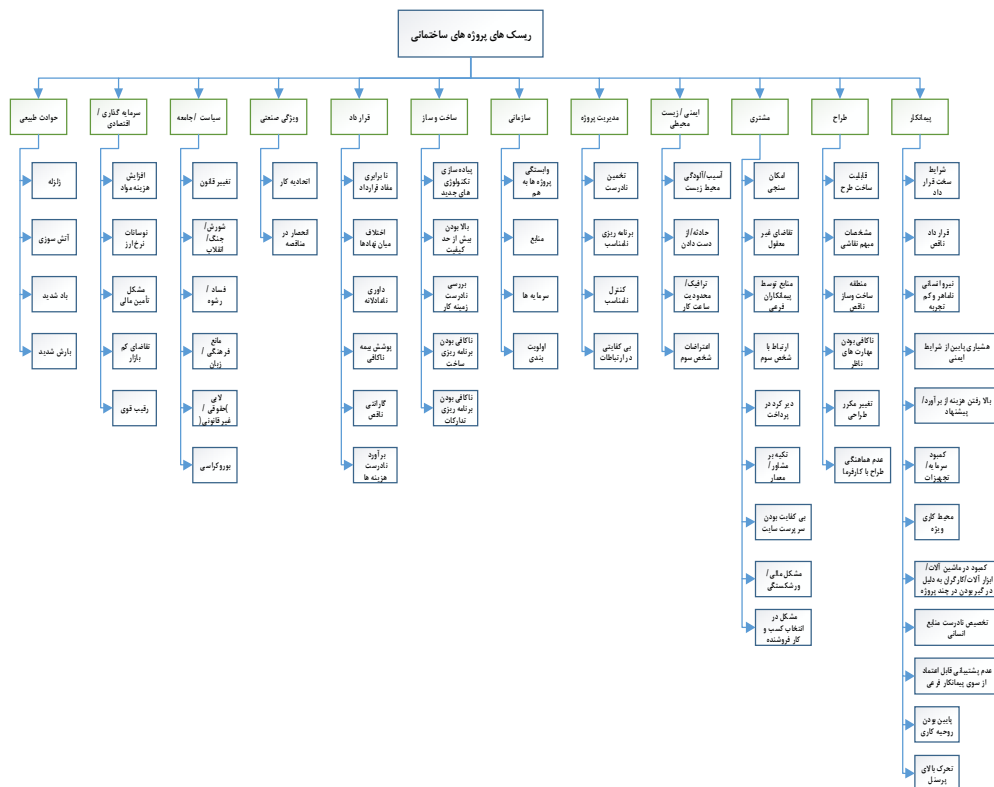
شرکت‌های بزرگ ساختمانی واقع در شهر تهران است که پیاده‌سازی مدل پیشنهادی در آن، نتایج چشمگیری به دنبال داشته است. در ادامه روش اجرایی هریک از این مراحل، جداگانه بررسی و تشریح می‌شود.



شکل 2. مراحل مدیریت ریسک بر مبنای استاندارد PMBOK

4-1. برنامه‌ریزی مدیریت ریسک

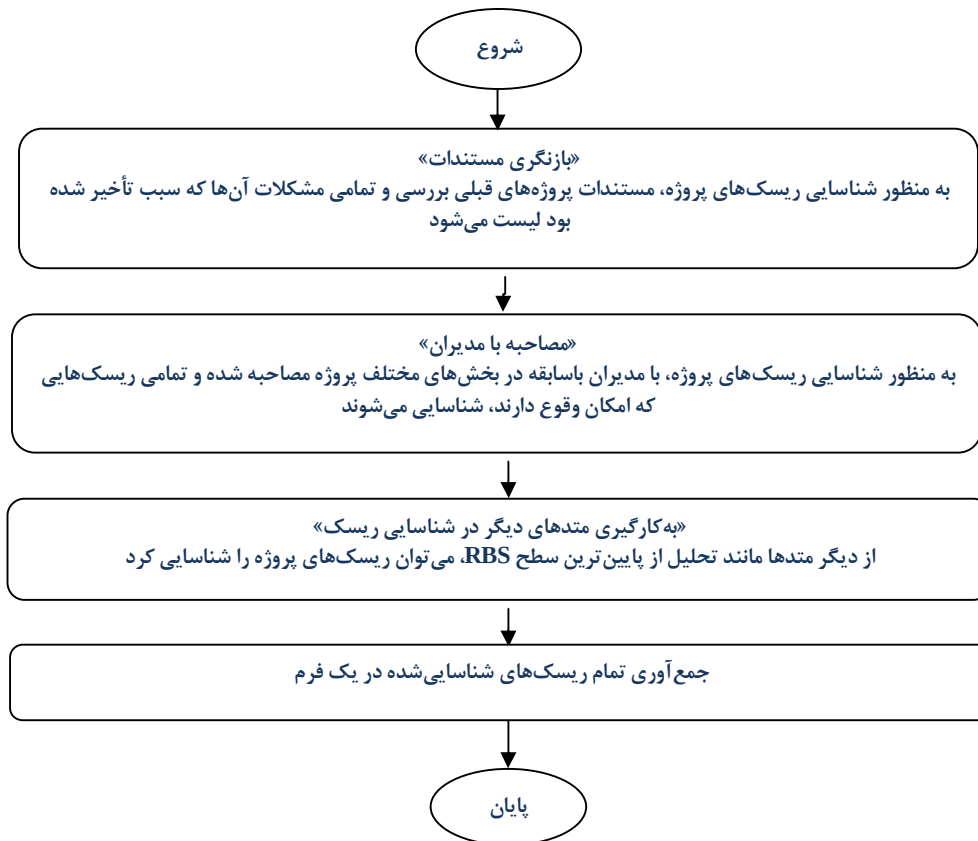
پیش از آغاز فرایند مدیریت ریسک (یا هر حیطه دیگری از مدیریت) ابتدا باید نقشه راهی برای کل فرایند ترسیم کرد تا در خلال اجرای فرایند، اعضای تیم سردرگم نباشند؛ یا به عبارت دیگر، بدانند چه می‌کنند و به دنبال دستیابی به چه نتیجه‌هایی هستند.⁽¹²⁾ مرحله تدوین این نقشه راه «برنامه‌ریزی ریسک» است. برنامه ریسک در واقع عملکرد تیم پروژه و رویکرد آنان نسبت به ریسک‌های پروژه است. برنامه مدیریت ریسک، یعنی شیوه برنامه‌ریزی، نظارت و کنترل ریسک، به عبارتی این برنامه تمام روندی را که بر حوزه مدیریت ریسک پروژه حاکم است، توضیح می‌دهد.⁽¹³⁾ یکی از الزام‌های مدل پیشنهادی، ارائه ساختار شکست ریسک‌های پروژه است که تأثیر بسزایی در شناسایی و مدیریت ریسک دارد.⁽¹⁴⁾ شکل شماره 3، ساختار شکست ریسک در پروژه‌های ساختمانی را نشان می‌دهد که دارای 12 شاخه اصلی ریسک و 67 ریسک است. 12 شاخه اصلی عبارتند از، پیمانکار، طراح، مشتری، ایمنی (زیست‌محیطی)، مدیریت پروژه، سازمانی، ساخت‌وساز، قرارداد، ویژگی صنعتی، سیاست (جامعه)، سرمایه‌گذاری (اقتصادی)، و حوادث طبیعی.



شکل 3. ساختار شکست ریسک در پروژه های ساختمانی

4-2. شناسایی ریسک

در این فرایند، ریسک های پروژه یعنی اتفاقات مطلوب یا نامطلوبی که ممکن است در آینده رخ دهد و رخ دادشان حتمی نیست، شناسایی می شوند.⁽¹⁵⁾ به منظور پیاده سازی مرحله دوم مدیریت ریسک نیاز است اقداماتی مطابق فلوجارت موجود در شکل شماره 4 صورت پذیرد.



شکل 4. فلوچارت اجرایی شناسایی ریسک

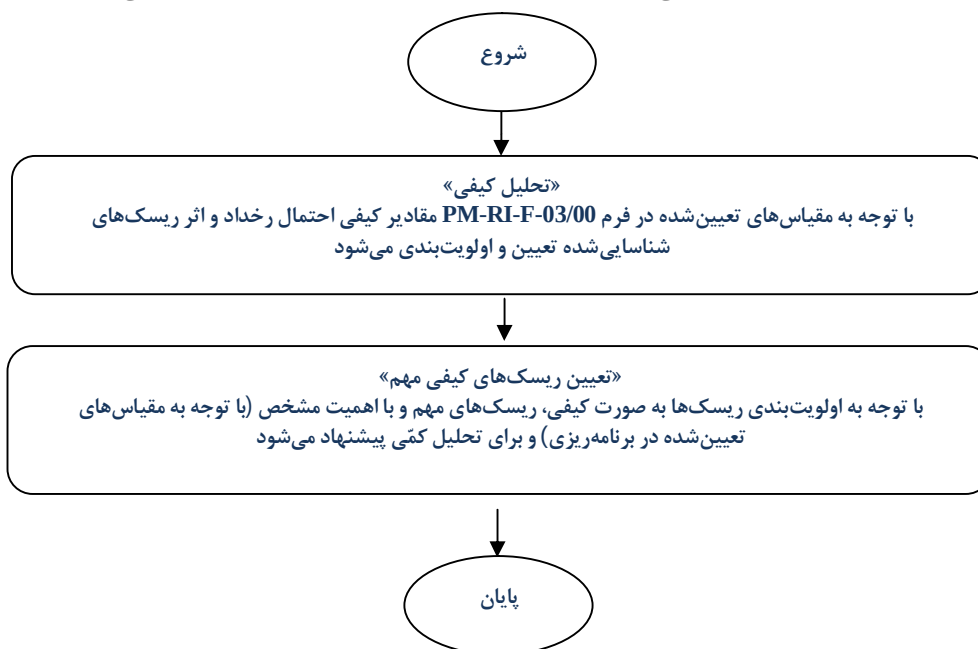
4-3. تحلیل کیفی

در این مقاله برای تحلیل ریسک از روش منطق فازی¹ استفاده می‌شود. برای این منظور، ابتدا باید تحلیل کیفی و سپس تحلیل کمی ریسک انجام شود. تحلیل کیفی ریسک یعنی تعیین حاصل ضرب احتمال وقوع، شدت و کنترل هریک از ریسک‌های شناسایی شده که با RPN مشخص می‌شود؛ به عبارتی تحلیل کیفی، میزان اهمیت احتمالی هریک از ریسک‌ها را از نقطه نظر تأثیرگذاری بر اهداف پروژه تعیین می‌کند؛ از این رو باید نتایج ناشی از هر ریسک تعیین شود.⁽¹⁶⁾

ساده‌ترین راه برای مشخص کردن ریسک‌های مهم در تحلیل کیفی این است که احتمال وقوع، میزان تأثیر و قابلیت کنترل آن‌ها را در هم ضرب کرده و امتیاز حاصله را درباره تمام ریسک‌ها با هم مقایسه کرد.⁽¹⁷⁾ مرز بحرانی بودن ریسک‌ها توسط مدیر پروژه با توجه به اهمیت و حساسیت هر پروژه

1. Fuzzy Logic

تعیین می‌شود و ریسک‌هایی که امتیازشان از آن حد بالاتر باشد، فرایند کاهش ریسک درباره آن‌ها اعمال می‌شود. ریسک‌هایی که امتیازشان از آن میزان پایین‌تر باشد نیز تحت نظر باقی می‌مانند، زیرا ممکن است در آینده میزان تأثیر یا احتمال وقوع‌شان تغییر کرده و به ریسک‌های مهم تبدیل شوند. در این تحلیل مقدار کیفی ریسک‌ها با خیلی زیاد،¹ زیاد،² متوسط،³ کم⁴ و خیلی کم⁵ تعیین می‌شود. به منظور پیاده‌سازی تحلیل کیفی، ریسک اقدامات زیر مطابق شکل شماره 5 صورت می‌پذیرد.



شکل 5. فلوچارت اجرایی تحلیل کیفی

برای تحلیل کیفی، پرسش‌نامه‌هایی طراحی و توسط کارشناسان سازمان و تیم پروژه تکمیل، جمع‌بندی و یکپارچه‌سازی شده است که بر آن اساس، اولویت‌بندی ریسک‌ها مطابق جدول شماره 1 ارائه شده است.

-
1. Very High
 2. High
 3. Medium
 4. Low
 5. Very Low

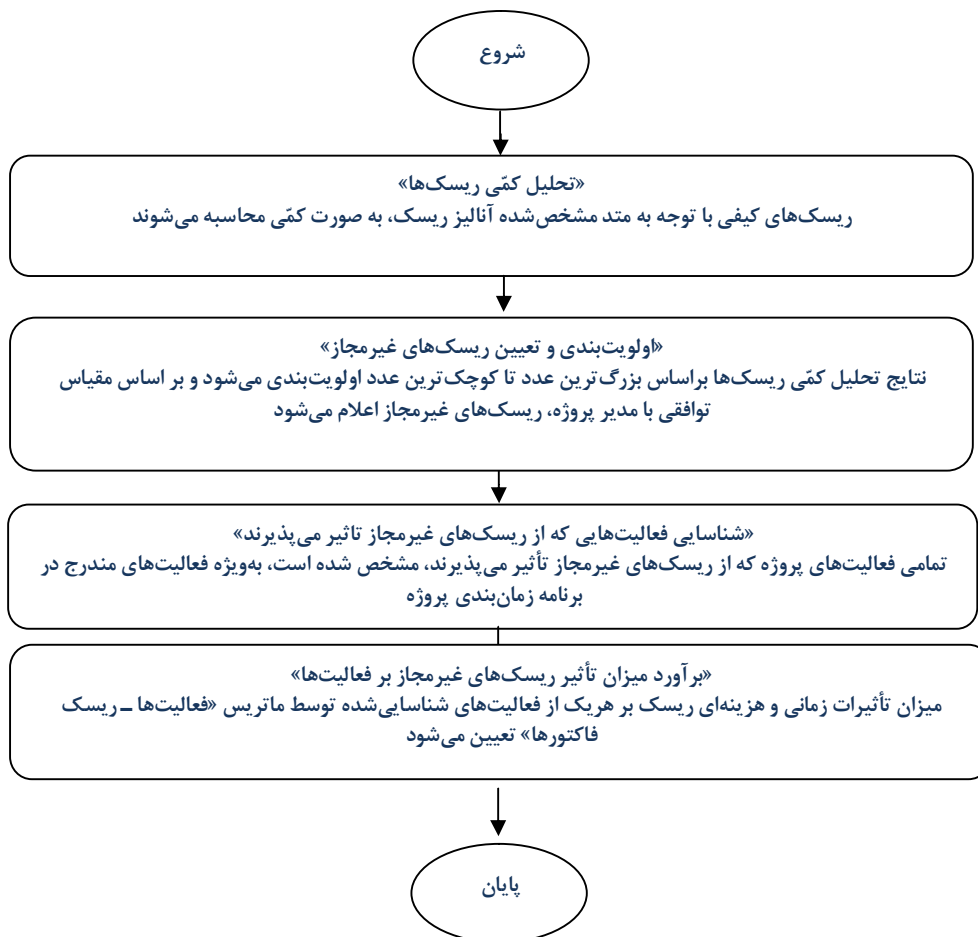
جدول 1. اولویت‌بندی کیفی ریسک‌ها

اولویت	ریسک	RPN	اولویت	ریسک	RPN
1	مشکل تأمین مالی	H	35	بالارفتن هزینه از برآورد پیشنهادی	L
2	تقاضای اندک بازار	H	36	پایین‌بودن روحیه کاری	L
3	شورش، جنگ، انقلاب	M	37	تغییر قانون	L
4	زلزله	M	38	منابع توسط پیمانکار فرعی	L
5	نوسان‌های نرخ ارز	M	39	تحرک بالای پرسنل	L
6	رقیب قوی	M	40	اختلاف میان نهادهای	L
7	بالابودن بیش از حد کیفیت	M	41	قابلیت ساخت طرح	L
8	ناکافی‌بودن برنامه ساخت	M	42	کمبود سرمایه و تجهیزات	L
9	ناکافی‌بودن برنامه‌ریزی تدارکات	M	43	تخصیص نادرست منابع انسانی	L
10	منابع	M	44	اتحادیه کار	L
11	سرمایه‌ها	M	45	بررسی نادرست زمینه کار	L
12	برنامه‌ریزی نامناسب	M	46	وابستگی پروژه‌ها به هم	L
13	بی‌کفایتی در ارتباطات	M	47	ارتباط با شخص سوم	L
14	امکان‌سنجی	M	48	شرایط سخت قرارداد	L
15	بی‌کفایتی سرپرست سایت	M	49	قرارداد ناقص	L
16	مشکل در انتخاب کسب‌وکار فروشنده	M	50	نیروی انسانی ناماهر و کم‌تجربه	L
17	باد شدید	M	51	فساد و رشوه	L
18	تکیه بر مشاور و معمار	M	52	بوروکراسی	L
19	تغییر چندباره طراحی	M	53	داوری ناعادلانه	L
20	آتش‌سوزی	L	54	آسیب یا آلودگی محیط زیست	L
21	افزایش هزینه مواد	L	55	بارش شدید	L
22	لابی (حقوقی یا غیرقانونی)	L	56	اعتراضات سوم شخص	L
23	برآورد نادرست هزینه‌ها	L	57	منطقه ساخت‌وساز ناقص	L
24	پیاده‌سازی فناوری‌های نوین	L	58	ناهماهنگی طراح با کارفرما	L
25	اولویت‌بندی	L	59	آگاهی پایین از شرایط ایمنی	L

اولویت	ریسک	RPN	اولویت	ریسک	RPN
26	تخمین نادرست	L	60	محیط کاری ویژه	L
27	کنترل نامناسب	L	61	کمبود در ماشین آلات، ابزارآلات و کارگران به دلیل مشغول بودن در چند پروژه	L
28	حادثه یا ازدست دادن	L	62	نبود پشتیبانی قابل اعتماد از سوی پیمانکار فرعی	L
29	ترافیک یا محدودیت ساعت کار	L	63	انحصار در مناقصه	L
30	تقاضای غیرمعقول	L	64	نابرابری مفاد قرارداد	L
31	دیرکرد در پرداخت	L	65	پوشش بیمه ناکافی	L
32	مشکل مالی یا ورشکستگی	L	66	گارانتی ناقص	L
33	ویژگی‌های مبهم نقاشی	L	67	مانع فرهنگی یا زبان	L
34	ناکافی بودن مهارت‌های ناظر	L			

4-4. تحلیل کمی ریسک

تحلیل کمی ریسک یعنی به طور عددی تعیین شود که احتمال وقوع هر کدام از ریسک‌هایی که در قسمت پیشین (تحلیل کیفی) آمده، چقدر است و اینکه هر کدام چه میزان اهمیت احتمالی از نظر تأثیرگذاری بر اهداف پروژه دارند؛ از این رو باید نتایج هر اتفاق یا ریسک تعیین شود.⁽¹⁸⁾ مجموع اقداماتی که باید در این مرحله انجام شود و شیوه اجرای آن در شکل شماره 6 نمایش داده شده است.



شکل 6. فلوجارت اجرایی تحلیل کمی ریسک

پس از تکمیل فرم‌ها براساس نظر کارشناسان و یکپارچه‌سازی آن‌ها، برای تحلیل کمی از جعبه‌ابزار نرم‌افزار متلب استفاده شد و با تقسیم‌بندی بازه‌ها و پیاده‌سازی قانون‌های بیان‌شده در روش مورد استفاده، نتایج مطابق جدول شماره 2 به دست آمد.

جدول 2. نتایج تحلیل کمی ریسک‌های پروژه‌های ساختمانی

اولویت	ریسک	RPN	اولویت	ریسک	RPN
1	مشکل تأمین مالی	645	35	بالارفتن هزینه از برآورد پیشنهادی	395
2	تقاضای اندک بازار	645	36	پایین‌بودن روحیه کاری	395
3	تحریم‌های اقتصادی	527	37	تغییر قانون	375
4	زلزله	500	38	منابع توسط پیمانکار فرعی	375

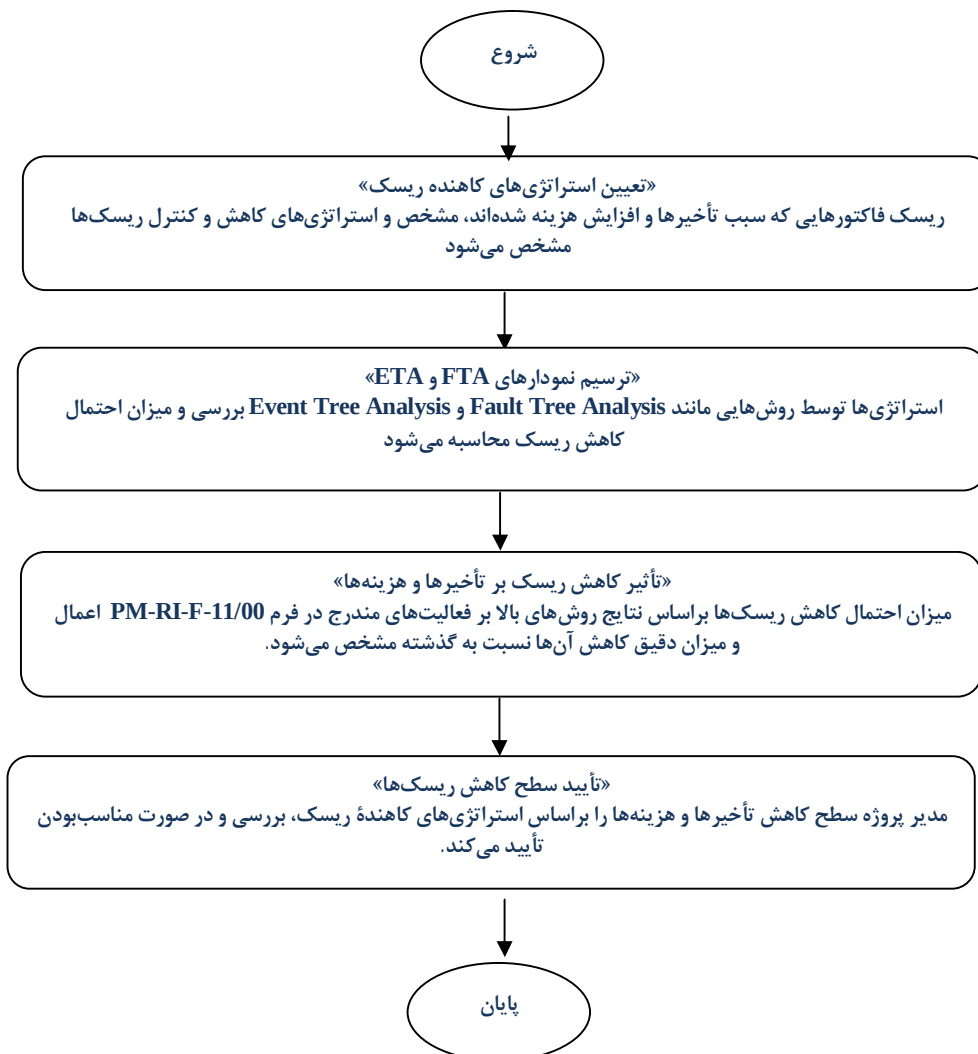
اولویت	ریسک	RPN	اولویت	ریسک	RPN
5	نوسان‌های نرخ ارز	500	39	تحرك بالای پرسنل	375
6	رقیب قوی	500	40	اختلاف میان نهادها	371
7	بالابودن بیش از حد کیفیت	500	41	قابلیت ساخت طرح	371
8	ناکافی بودن برنامه ساخت	500	42	کمبود سرمایه و تجهیزات	371
9	ناکافی بودن برنامه‌ریزی تدارکات	500	43	تخصیص نادرست منابع انسانی	371
10	منابع	500	44	اتحادیه کار	369
11	سرمایه‌ها	500	45	بررسی نادرست زمینه کار	355
12	برنامه‌ریزی نامناسب	500	46	وابستگی پروژه‌ها به هم	355
13	بی‌کفایتی در ارتباطات	500	47	ارتباط با شخص سوم	355
14	امکان‌سنجی	500	48	شرایط سخت قرارداد	355
15	بی‌کفایتی سرپرست سایت	500	49	قرارداد ناقص	355
16	مشکل در انتخاب کسب‌وکار فروشنده	500	50	نیروی انسانی ناماهر و کم‌تجربه	355
17	باد شدید	433	51	فساد یا رشوه	310
18	تکیه بر مشاور و معمار	433	52	بوروکراسی	310
19	تغییر چندباره طراحی	433	53	داوری ناعادلانه	310
20	آتش‌سوزی	395	54	آسیب یا آلودگی محیط زیست	310
21	افزایش هزینه مواد	395	55	بارش شدید	295
22	لابی (حقوقی و غیرقانونی)	395	56	اعتراضات سوم شخص	295
23	برآورد نادرست هزینه‌ها	395	57	منطقه ساخت‌وساز ناقص	295
24	پیاده‌سازی فناوری‌های نوین	395	58	ناهماهنگی طراح با کارفرما	295
25	اولویت‌بندی	395	59	آگاهی پایین از شرایط ایمنی	295
26	تخمین نادرست	395	60	محیط کاری ویژه	295
27	کنترل نامناسب	395	61	کمبود در ماشین‌آلات، ابزارآلات و کارگران	295

اولویت	ریسک	RPN	اولویت	ریسک	RPN
	به دلیل مشغول بودن در چند پروژه				
28	حادثه یا از دست دادن	395	62	فقدان پشتیبانی قابل اعتماد از سوی پیمانکار فرعی	295
29	ترافیک یا محدودیت ساعت کار	395	63	انحصار در مناقصه	229
30	تقاضای غیرمعقول	395	64	نابرابری مفاد قرارداد	229
31	دیرکرد در پرداخت	395	65	پوشش بیمه ناکافی	229
32	مشکل مالی یا ورشکستگی	395	66	گارانتی ناقص	229
33	ویژگی‌های مبهم نقاشی	395	67	مانع فرهنگی و زبان	213
34	ناکافی بودن مهارت‌های ناظر	395			

باتوجه به اهمیت و حساسیت پروژه، حد مجاز ریسک‌ها توسط مدیر پروژه تعیین می‌شود. در پروژه محل صحبت، حد مجاز $RPN=500$ برای ریسک‌ها در نظر گرفته شده است؛ بدین ترتیب که ریسک‌های بالاتر از $RPN=500$ باید فرایند کاهش ریسک (پاسخ به ریسک) در مورد آن‌ها لحاظ شود.

4-5. تعیین برنامه پاسخ به ریسک

در این فرایند، واکنش به ریسک‌های مهم برنامه‌ریزی می‌شود. هر واکنش اقدامی است که پیش از وقوع ریسک انجام می‌شود تا احتمال وقوع یا میزان تأثیر ریسک‌های نامطلوب را بکاهد و احتمال رخداد یا میزان تأثیر ریسک‌های مطلوب را افزایش دهد.⁽¹⁹⁾ اقداماتی مانند بیمه کردن حوادث در کارگاه ساختمانی نوعی واکنش به ریسک است. در دستورکار قرارداد مسائل ایمنی و در نظر گرفتن آموزش‌های ایمنی نوع دیگری از واکنش به حوادث است که احتمال وقوع را کاهش می‌دهد.⁽²⁰⁾ مجموع اقداماتی که باید براساس مدل پیشنهادی در این مرحله انجام شود، در شکل شماره 7 نمایش داده شده است.



شکل 7. فلوچارت اجرایی پاسخ به ریسک

به منظور پاسخ‌گویی و کاهش میزان ریسک‌های غیرمجاز، ابتدا برای هر ریسک، دو استراتژی کاهش انتخاب و احتمال موفقیت و شکست این استراتژی‌ها براساس روش FTA تعیین می‌شود که نتایج آن در جدول شماره 3 آمده است. سپس با توجه به حالت‌های شکست و موفقیت استراتژی‌ها، احتمال رخ‌دادن در چهار مسیر تعیین و میزان احتمال هر مسیر از طریق روش ETA محاسبه می‌شود. نتایج این محاسبات نیز در جدول شماره 4 بیان شده است.

جدول 3. احتمال موفقیت و شکست استراتژی‌های کاهش ریسک‌ها

نام ریسک	استراتژی اول			استراتژی دوم		
	نام استراتژی	احتمال موفقیت (T)	احتمال شکست (F)	نام استراتژی	احتمال موفقیت (T)	احتمال شکست (F)
ریسک تأمین مالی	پیش فروش کردن	725/0	275/0	چک مدت دار	9923/0	0077/0
ریسک تقاضای کم بازار	فروش قسطی	958/0	042/0	تخفیف‌ها	99/0	01/0
ریسک شورش، جنگ و انقلاب	پیش فروش کردن	725/0	275/0	درج بندی شفاف در قرارداد اصلی برای تغییر در انجام خدمات در صورت تحریم یا جنگ	7875/0	2125/0

جدول ۱.۴. احتمال وقوع حالت‌های مختلف برای هر یک از ریسک‌ها

نام ریسک	شماره حالت	نام استراتژی اول	وضعیت	نام استراتژی دوم	وضعیت	احتمال وقوع این حالت
ریسک تأمین مالی	1	پیش فروش کردن	موفقیت (T)	چک مدت دار	موفقیت (T)	7194/0
	2		موفقیت (T)		شکست (F)	0056/0
	3		شکست (F)		موفقیت (T)	2728/0
	4		شکست (F)		شکست (F)	0021/0
ریسک تقاضای کم بازار	1	فروش قسطی	موفقیت (T)	تخفیف‌ها	موفقیت (T)	9484/0
	2		موفقیت (T)		شکست (F)	0096/0
	3		شکست (F)		موفقیت (T)	0415/0
	4		شکست (F)		شکست (F)	0004/0
ریسک جنگ،	1	پیش فروش کردن	موفقیت (T)	درج بندی	موفقیت (T)	5709/0
	2		موفقیت (T)	شفاف در قرارداد	شکست (F)	2166/0

نام ریسک	شماره حالت	نام استراتژی اول	وضعیت	نام استراتژی دوم	وضعیت	احتمال وقوع این حالت
شورش و انقلاب	3		شکست (F)	اصلی برای تغییر در انجام خدمات	موفقیت (T)	1541/0
	4		شکست (F)	در صورت تحریم یا جنگ	شکست (F)	0584/0

با توجه به اینکه استراتژی‌های کاهنده، تأثیر بسزایی بر کاهش ریسک‌های غیرمجاز دارد، محاسبه احتمال وقوع استراتژی‌ها نیز به مدیر پروژه کمک می‌کند تا بتواند میزان کاهش ریسک‌ها را برآورد کند.

4-6. اندازه‌گیری و کنترل ریسک

در فرایند اندازه‌گیری و کنترل ریسک، اثربخشی برنامه‌های واکنش به ریسک، اندازه‌گیری و اقدامات اصلاحی برای حل مشکلات احتمالی طراحی می‌شود. تمام اقدامات اصلاحی به فرایند کنترل یکپارچه تغییرات فرستاده می‌شوند تا در صورت تأیید، در برنامه‌ها اعمال شده و از آن طریق مبنای اجرا قرار گیرند.⁽²¹⁾

در راستای اجرای مرحله کنترل مدیریت ریسک در نمونه مطالعاتی، برای ممیزی ادواری ریسک و ثبت نتایج ممیزی‌های مدیریت ریسک، نسبت به طراحی فرم کنترل و پیگیری ریسک اقدام شد.

5. نتیجه‌گیری

مدیریت ریسک فرایندی نظام‌یافته است که طی آن ریسک‌های بالقوه شناسایی و پس از اندازه‌گیری و تحلیل، استراتژی‌های پیشگیرانه‌ای برگزیده می‌شود تا اثر آن ریسک‌ها را به حداقل برساند. اهمیت و ضرورت مدیریت ریسک و راه‌های مقابله با آن نقش بسزایی در حفظ تعادل پروژه هنگام مواجهه با خطرهای ریسک‌های بالقوه دارد. استاندارد PMBOK، برای اجرای این فرایند روش‌های اجرایی ارائه نمی‌دهد؛ از این‌رو در این مقاله تلاش شد با ارائه مدلی فراگیر و اجرایی در مدیریت ریسک پروژه‌های عمرانی، گامی در راستای بهبود انجام پروژه‌ها برداشته شود. در گام نخست، از طریق مطالعات کتابخانه‌ای و میدانی تعداد 67 ریسک شناسایی شدند. در گام‌های دوم و سوم، تحلیل کیفی و کمی ریسک که توسط روش منطق فازی انجام شد، سه ریسک (مشکلات تأمین مالی، کاهش تقاضای بازار و امکان وجود تحریم‌های اقتصادی) که مقادیر آن‌ها بیشتر از حد مجاز بود ($RPN \geq 500$) تعیین شد.

در گام چهارم نیز از طریق روش FTA، هریک از ریسک‌های غیرمجاز، ریشه‌یابی شده و دلایل وقوع آن‌ها بررسی شد. برای هر ریسک غیرمجاز، دو استراتژی کاهنده انتخاب و احتمال وقوع آن‌ها از طریق روش ETA تعیین شد. در مورد ریسک مشکلات تأمین مالی، دو استراتژی پیش‌فروش و چک مدت‌دار پیشنهاد می‌شود که احتمال موفقیت هر دو 0/7194 است. درباره ریسک تقاضای اندک بازار، دو استراتژی فروش اقساطی و تخفیف‌ها پیشنهاد می‌شود که احتمال موفقیت هر دو 0/9484 است. در مورد ریسک تحریم‌های اقتصادی نیز دو استراتژی پیش‌فروش و درج بندی شفاف در قرارداد اصلی برای اقدام در زمان تحریم، پیشنهاد می‌شود، زیرا بیشتر پروژه‌ها در زمان تحریم به علت نبود توافقی شفاف بین کارفرما و پیمانکار دچار تأخیر می‌شود. احتمال موفقیت این دو استراتژی 0/5709 است. در مرحله نهایی نیز به کنترل پاسخ‌های تعیین‌شده پرداختیم. به کمک این مدل اجرایی می‌توان مدیریت ریسک را در تمامی پروژه‌ها از جمله پروژه‌های عمرانی پیاده‌سازی کرد تا بدین ترتیب تعادل مالی و زمانی پروژه‌ها در چرخه عمر آن‌ها تضمین شود.

منابع

1. سبزه‌پرور، مجید (1389)، کامل‌ترین مرجع درسی و کاربردی کنترل پروژه به روش گام به گام، چاپ دوم، انتشارات ترمه.
2. ذکایی آشتیانی، محسن (1392)، راهنمای گستره دانش مدیریت پروژه، تهران: انتشارات آدینه.
3. صداقتی، زهیر و همکاران (1398)، «تحلیل فازی و مدیریت ریسک هجوم آب زیرزمینی در تونل راه امام‌زاده هاشم (ع) با رویکرد تحلیل عددی و FMEA در شرایط عدم قطعیت»، مجله علمی و پژوهشی روش‌های تحلیلی و عددی در مهندسی معدن، دوره 9، شماره 19، صص 1-16.
4. رهنما، محمدرحیم؛ حجازی جوشقانی، محسن (1396)، «استفاده از دانش مدیریت ریسک پروژه برای تدوین راهبردهای بهبود مشارکت در پروژه‌های عمومی - خصوصی شهری؛ نمونه موردی: پروژه‌های مشارکتی شهرداری مشهد»، نشریه پژوهش و برنامه‌ریزی شهری، سال 8، شماره 29، صص 1-22.
5. چراغی، اسماعیل و همکاران (1398)، «انتخاب استراتژی‌های پاسخ به ریسک زیست‌محیطی پروژه‌های ساخت‌وساز با استفاده از الگوریتم‌های فرا ابتکاری، مطالعه موردی: پروژه مجتمع ساختمانی صبا»، مجله علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره 21، شماره 4، صص 61-76.
6. خزامی، محمدسجاد؛ دشتی، سولماز (1397)، «ارزیابی و مدیریت ریسک زیست‌محیطی فعالیت‌های کارخانه نمک‌زدایی شماره 1 اهواز با استفاده از روش TOPSIS»، فصلنامه علمی و پژوهشی مدیریت بحران، دوره 7، شماره 2، صص 93-103.
7. عبانی، مزدک (1392)، واژه‌نامه جامع مدیریت پروژه، تهران: انتشارات آریانا قلم.
8. کیوانلو، علی؛ آتش‌فراز، رضا (1392)، مدیریت ریسک پروژه‌های ساخت؛ مفاهیم، مدل‌ها، مطالعات کاربردی، چاپ دوم، تهران: انتشارات ناقوس.
9. امین‌ترابی، شهرام (1396)، مدیریت ریسک به زبان ساده، انتشارات دنیای اقتصاد.
10. Miller, Rojer & Lessard, Donald (2002), "Understanding and managing risk in large engineering project, University of Melborn, Australia", Structural survey, 2002, p.g. 437-443.
11. Kalani, E. and Kamrani, E. (2017), "The Pathology of the Hindrance Factors Impeding the Application of Value Engineering in the Construction Industry in Iran and Ranking Them by Use of Analytical Hierarchy Process", Journal of Human Resource and Sustainability Studies, 5, pp. 57-67.
12. Jump up, Center for Chemical Process Safety (October 1999), Guidelines for Chemical Process Quantitative Risk Analysis (2nd ed.), American Institute of Chemical Engineers. ISBN 978-0-8169-0720-5.
13. Krajewski, L. J., & Ritzman, L. P. (2005), Operations Management: Process and Value Chains, Prentice-Hall, New Jersey.

14. Dae-Woong Shin, Yoonseok Shin and Gwang-Hee Kim (2016), "Comparison of Risk Assessment for a Nuclear Power Plant Construction Project Based on Analytic Hierarchy Process and Fuzzy Analytic Hierarchy Process", *Journal of Building Construction and Planning Research*, 10. 4236/jbcpr. 2016. 43010, pp. 157-171.
15. O. E. Ogunsanmi, O. A. Salako and O. M. Ajayi (2011), "Risk Classification Model for Design and Build Projects", *Journal of Engineering, Project, and Production Management*, 1⁽¹⁾, pp. 46-60.
16. Elmar K., Mark H (2010), "Deliberate ignorance in project risk management", *International Journal of Project Management*, 28, pp. 245-255.
17. Prasanta K. D. (2010), "Managing project", *European Journal of Operation Research*, Vol. 85, pp. 65-95.
18. Yang Wang, Wenchun Wang and Jiaojiao Wang (2017), "Credit Risk Management Framework for Rural Commercial Banks in China", *Journal of Financial Risk Management*, 10. 4236/jfrm. 2017. 61005, pp. 48-65.
19. Raz,T., & Michael, E. (2001), "Use and benefits tools for project risk management", *International Journal of Project Management*, 19, 9-17.
20. Shumank Deep, Deepak Singh and Syed Aqeel Ahmad (2017), "A Review of Contract Awards to Lowest Bidder in Indian Construction Projects via Case Based Approach", *Open Journal of Business and Management*, 10. 4236/ojbm. 2017. 51015, pp. 159-168.
21. M. R. Maghareh, S. Mohammadzadeh, F. Mohammad Alinejad, and R. Maghareh, (2011), Evaluation of management indicators in projects, in 2nd International Conference on Construction and Project Management ICCPM, Singapore.

دوفصلنامه علمی - ترویجی کارافن

شماره چهل و پنجم، بهار و تابستان 1398 (صص 13-26)
شاپای چاپی: 2382-9796 شاپای الکترونیکی: 2538-4430
<http://karafan.tvu.ac.ir>



آسیب شناسی عملکرد بناهای تاریخی خشتی تحت اثر زلزله و بررسی روش های مقاوم سازی آنها

ابراهیم خلیل زاده وحیدی*

استادیار، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه رازی

رضا مرادی

دانشجوی دکتری سازه، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه رازی

پرستو خلیل زاده وحیدی

دانشجوی کارشناسی معماری، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه رازی

تاریخ پذیرش نهایی: 1398/05/06

تاریخ دریافت مقاله: 1398/02/22

چکیده

ایران سرزمینی با تمدن هفت هزارساله، یکی از کهن ترین تمدن های جهان باستان است که به دلیل سابقه فرهنگی و هنری غنی گذشته، بناهای تاریخی زیادی در آن وجود دارد که بیشترشان در مناطق با خطر لرزه ای زیاد واقع شده اند. ارگ بم که در سده پنجم پیش از میلاد ساخته شده بود و با مساحت 180 هزار متر مربع در مسیر جاده ابریشم قرار داشت، یکی از بزرگ ترین سازه های خشتی جهان بود. متأسفانه این سازه عظیم و بارزش طی زلزله بم آسیب دید و بیش از 80 درصد آن تخریب شد. با توجه به سابقه درخشان و میراث هنری غنی که شامل معماری، سنگ تراشی سفالگری و غیره می شود، نیاز به حفظ و نگهداری آثار به جای مانده از گذشته بیش از پیش احساس می شود. در این مقاله پس از بیان اهمیت و ضرورت حفظ بناهای تاریخی خشتی به ویژگی های معماری آنها

* نویسنده مسئول مکاتبات: e_vahidi2000@yahoo.com

پرداخته می‌شود. در گام بعدی عملکرد لرزه‌ای بناهای تاریخی خشتی مورد بحث قرار می‌گیرد و سپس روش‌های مقاوم‌سازی لرزه‌ای و ترمیم بناهای خشتی تاریخی بررسی می‌شود. در نهایت مطالعات انجام‌شده در زمینه مقاوم‌سازی و مرمت بناهای تاریخی خشتی مرور خواهد شد.

واژگان کلیدی:

بنای تاریخی، زلزله، عملکرد لرزه‌ای، مقاوم‌سازی لرزه‌ای و ترمیم، معماری ایرانی.

مقدمه

کشور ما با قدمت بیش از هفت‌هزار سال جزء کشورهای حادثه‌خیز جهان است و به دلیل اینکه بیشتر نواحی آن جزء مناطق با لرزه‌خیزی زیاد است، وقوع زلزله در آن اجتناب‌ناپذیر است؛⁽¹⁾ از این رو عموم مردم باید آمادگی مقابله با آن را داشته باشند، همچنین لازم است دولت‌ها در جهت کاهش خسارات مالی و جانی ناشی از زلزله، آموزش‌ها، فرهنگ‌سازی‌ها، قوانین و برنامه‌ریزی‌های لازم را انجام دهند. اگرچه جلوگیری از خسارت‌های مالی و جانی ناشی از حوادثی مانند زلزله مشکل است، اما با شناسایی سازه‌های آسیب‌پذیر و شناخت عملکرد لرزه‌ای آن‌ها می‌توان در صورت ضعف، آن‌ها را مقاوم‌سازی لرزه‌ای و ترمیم کرد تا تلفات و خسارت‌های ناشی از زلزله کاهش یابد.⁽²⁾

یکی از سازه‌های مهم و آسیب‌پذیر در ایران بناهای خشتی تاریخی هستند. برای این نوع بناها مانند دیگر آثار باستانی، عواملی همچون جنگ‌های داخلی و خارجی، عوامل طبیعی مانند سیل و زلزله و آتش‌سوزی، حفاری‌های غیرمجاز قاچاقچیان آثار باستانی و تلاقی طرح‌های عمرانی با آن‌ها، از جمله عوامل تهدیدکننده پایداری و دوام به شمار می‌آید.^(3,4) خشت یکی از مصالح رایجی است که از خاک رس و آب و کاه تشکیل شده است.⁽⁵⁾ این ماده به دلیل داشتن ویژگی‌های منحصربه‌فردی همچون در دسترس بودن مواد اولیه و ساخت راحت در مناطق خشک، همواره نزد معماران و سازندگان محبوبیت زیادی داشته است.⁽⁶⁾ همچنین خشت مانند عایق حرارتی در سازه‌ها عمل می‌کند که مزیت بسیار خوبی در مناطق با آب‌وهوای گرم و خشک است. در گذشته بسیاری از بناهای مهم با استفاده از خشت خام ساخته می‌شدند.

حفظ و مرمت آثار باستانی به‌عنوان میراث گرانبه‌ای گذشته، از اساسی‌ترین وظایف دولت‌هاست. تجربه زلزله بم نشان داد کم‌توجهی به این آثار منجر به خسارات جبران‌ناپذیر می‌شود؛ بنابراین نیاز به بررسی رفتار لرزه‌ای و مقاوم‌سازی لرزه‌ای بناهای تاریخی که همواره مورد توجه پژوهشگران داخلی و خارجی بوده است، بیش از پیش احساس می‌شود.

با توجه به اینکه از اساسی‌ترین ویژگی‌های هر ملتی اصالت و هویت و فرهنگ ملی آنان است، هدف اصلی این تحقیق بررسی رفتار بناهای تاریخی خشتی در برابر زلزله و روش‌های مقاوم‌سازی و ترمیم به منظور حفظ و نگهداری آن‌هاست. بدین منظور، در گام نخست این پژوهش، به شناخت رفتار و عملکرد لرزه‌ای بناهای تاریخی پرداخته می‌شود و ضعف‌های سازه‌ای موجود در آن‌ها بیان می‌شود. در گام بعدی راه‌های برطرف ساختن ضعف‌ها و بهبود عملکرد سازه‌ای در مقابل زلزله مورد بحث قرار می‌گیرد. در نهایت به بررسی پژوهش‌های انجام‌شده در رابطه با رفتار لرزه‌ای، روش‌های مقاوم‌سازی

لرزه‌ای و مرمت بنای خشتی پرداخته می‌شود. گفتنی است بررسی‌های انجام‌شده، پاره‌ای از تحقیقات و بررسی‌های موجود در این حوزه است و تمامی موارد را دربر نمی‌گیرد.

2. ویژگی‌های معماری بناهای تاریخی

هنر معماری ایرانی در تمامی دوره‌ها به صورت پیوسته، همواره نمونه‌های والایی از ارزش انسانی و خرمندی را به نمایش گذاشته است.⁽⁷⁾ هنر معماری ایرانی را می‌توان در اشکال مختلف بناهای تاریخی شامل کاخ‌ها، پرستش‌گاه‌ها و مساجد، ارگ‌ها، بازارها، فضاهای مسکونی، دروازه‌ها، بادگیرها، گنبد‌های حجیم، دیوارهای محافظت‌کننده و غیره مشاهده کرد.⁽⁷⁾ هر کدام از آن‌ها ممکن است خود شامل چند بخش مختلف شوند، برای مثال بازارها شامل فضاهای به هم پیوسته کاروان‌سراها، حمام‌ها، قهوه‌خانه‌ها، محل اجتماعات و غیره می‌شود.

فرم‌های مختلف معماری از چندین عنصر تشکیل می‌شود. عناصر تشکیل‌دهنده معماری ایرانی شامل میان‌سراها، ایوان، رواق، گنبد، شبستان ستون‌دار، چهار صفا، مناره، حجره و غیره می‌شود. فرم‌های مختلف هنر معماری متأثر از شرایط آب‌وهوایی و مصالح موجود در منطقه بوده است؛ برای مثال در مناطق با بارندگی زیاد، از سقف‌های شیب‌دار استفاده شده است و بناها با فاصله از هم قرار گرفته‌اند و در مناطق با بارندگی کم و آب‌وهوای گرم و خشک، از بناهای خشتی با فاصله اندک و پلان متراکم استفاده شده است.⁽⁸⁾

مصالح تشکیل‌دهنده ابنیه تاریخی اغلب آجر و خشت، آهک، خاک، ماسه، ملات، گچ، کاشی و غیره بوده است. در میان آن‌ها، آجر و خشت مهم‌ترین مصالح ساختمانی بوده است که با دارا بودن شکل مربعی علاوه بر قسمت‌های مختلف بنا برای تزیین بیرونی بناها نیز استفاده می‌شده است.^(9,10) خشت نسبت به آجر از مقاومت اندکی برخوردار بوده و بناهایی که در ساخت آن‌ها از خشت استفاده شده است، به دلیل مقاومت اندک، در برابر عوامل جوّی آسیب‌پذیرترند. حمام گنجعلی‌خان، مسجد کبیر یزد، مسجد جامع اردستان، مسجد جامع اصفهان و تکیه معاون‌الملک کرمانشاه نمونه‌هایی از بناهای دارای آجرکاری هستند.

شهر تاریخی بلقیس یکی از نمونه بناهای خشتی تاریخی بزرگ در ایران است. این بنا با وسعت حدود 180 هکتار در نزدیکی اسفراین قرار دارد. در این شهر تاریخی بقایای ارگ، برج و بارو، مقبره، کوره سفالگری، کاروان‌سرا، آب‌انبار و غیره وجود دارد. همچنین یکی از برجسته‌ترین و سالم‌ترین بناها در این شهر، ارگی است با 29 برج به ارتفاع 11 متر که مصالح تشکیل‌دهنده آن خشت است.⁽¹¹⁾

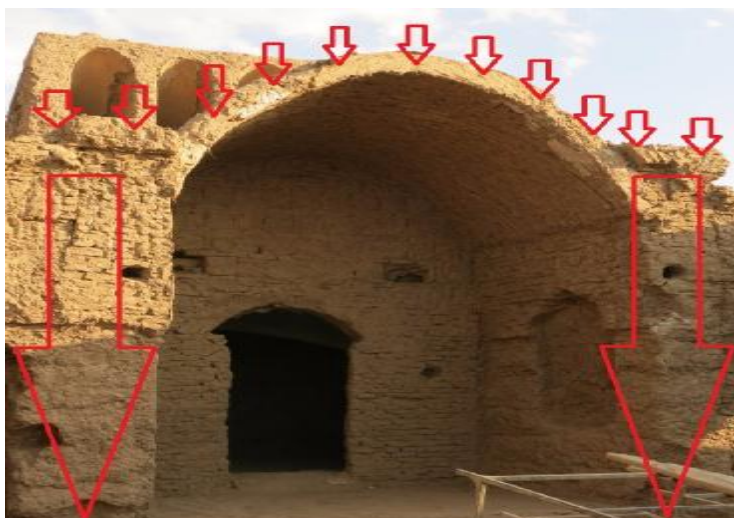


شکل 1. نمایی از ارگ شهر تاریخی بلقیس پس از مرمت

این شهر تاریخی بارها در دوران صفویه و سربداران و همچنین عصر معاصر، مرمت و بازسازی شده است.⁽¹¹⁾

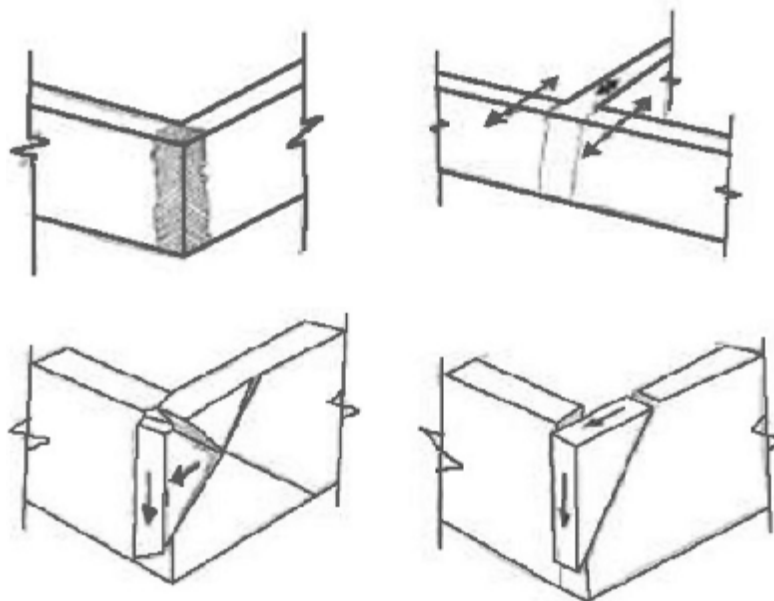
3. عملکرد لرزه‌ای بناهای تاریخی

بناهای خشتی تاریخی فراوانی در نواحی مختلف کشورمان وجود دارند. این نوع سازه‌ها معمولاً مقاومت اندکی در مقابل زلزله دارند و بیشتر به دلیل متروکه بودن، قابلیت بهره‌برداری و استفاده خود را از دست داده‌اند. عناصر و اجزای این نوع بناها همان‌طور که در شکل شماره 2 نشان داده شده است، اغلب شامل سقف و دیوارهای داخلی و خارجی، گنبدها، قوس‌ها، ستون‌ها، مناره، گلدسته غیره بوده‌اند.⁽¹²⁾ در این نوع بناها بارهای ثقیلی از طریق سقف به دیوارهای داخلی و خارجی و سپس به زمین منتقل می‌شدند.



شکل 2. شیوه انتقال نیروهای ثقیلی در بناهای تاریخی

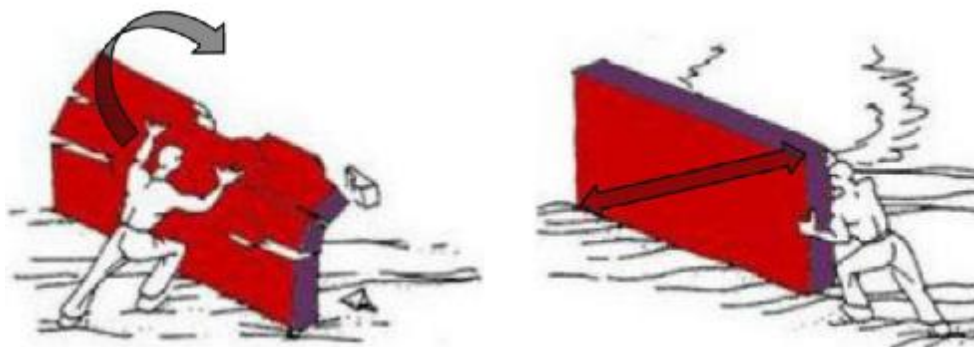
این نوع بناها به دلیل ضعف سازه‌ای در برابر بارهای لرزه‌ای عملکرد نامطلوبی دارند، به گونه‌ای که حتی در برابر ارتعاشات ضعیف، دچار خسارت می‌شوند.⁽¹³⁾ نخستین و شایع‌ترین ضعف چنین بناهایی، نبود شناژ در زیر دیوارهای باربر و یا شناژ بسیار ضعیف در زیر دیوار باربر است.⁽¹⁴⁾ همین امر موجب می‌شود علاوه بر اینکه بارها به شکل مطلوبی به ساختگاه منتقل نشود، سبب جدایش و لغزش دیوار روی زمین در هنگام وقوع زلزله شود.⁽¹⁵⁾ دومین عیب بناهای خشتی، ضعف مصالح در مقابل بارهای لرزه‌ای و شرایط محیطی و وزن بالای آن‌هاست.⁽¹⁶⁾ این مصالح مقاومت فشاری و کششی و مقاومت در برابر رطوبت و آب‌شستگی ندارند. نداشتن مقاومت‌های کششی و فشاری سبب کاهش شکل‌پذیری و سختی بناهای خشتی می‌شود. همچنین جذب آب بالای خشت، به مرور زمان موجب آب‌شستگی، و انقباض و انقباض سبب ترک‌خوردگی و فروپاشی خشت خواهد شد. سومین عیب بناهای خشتی، فقدان اتصال دیوارهای پیرامونی و داخلی به هم و نبود یکپارچگی بین دیوارهای باربر، و همچنین اتصال نداشتن دیوار به سقف است.⁽¹⁷⁾ (شکل شماره 3). هرچه اتصال دیوارها به همدیگر و در تراز کف و سقف به‌خوبی مهار شده باشد، بناهای خشتی عملکرد مناسب‌تری حین زلزله خواهند داشت.



شکل 3. فقدان یکپارچگی دیوارها و اتصال نامناسب به هم

در شکل شماره 4 دو نمونه از موده‌های رایج شکست دیوار باربر که عبارتند از شکست خارج از صفحه و داخل صفحه، نشان داده شده است. ضخامت دیوار، رابطه مستقیمی با مقاومت برشی و خمشی

دیوار بنایی در برابر بارهای لرزه‌ای دارد.⁽¹⁸⁾ هر اندازه ضخامت دیوار بیشتر باشد، مقاومت آن بیشتر خواهد شد و دیرتر به مود شکست داخل صفحه یا خارج از صفحه دچار می‌شود.⁽¹⁹⁾ چهارمین ضعف بناهای تاریخی، سنگین بودن سقف و کافی نبودن طول تکیه‌گاه سقف است.⁽²⁰⁾ در هنگام زمین‌لرزه، افزایش جرم بنا سبب جذب نیروی لرزه‌ای بیشتر می‌شود و چنانچه سازه، مقاومت، شکل‌پذیری، سختی و ظرفیت جذب انرژی مناسبی نداشته باشد، عملکرد نامطلوبی خواهد داشت.



ب: مود شکست خارج صفحه

الف: مود شکست داخل صفحه

شکل 4. مودهای شکست دیوارها در بناهای تاریخی

ازسوی دیگر، افزایش طول تکیه‌گاه سقف سبب لغزش سقف از روی دیوار و فروریختن سریع‌تر آن خواهد شد. پنجمین ضعف بناهای خشتی، ارتفاع و طول زیاد و مهارنشده دیوارهای پیرامونی است.⁽²¹⁾ نامنظمی در پلان و تقارن نداشتن دیوارها نیز ششمین ضعف بناهای خشتی به شمار می‌رود؛⁽²²⁾ بنابراین بناهای خشتی تاریخی عملکرد لرزه‌ای مناسبی در مقابل زلزله نخواهند داشت و در معرض آسیب جدی هستند.

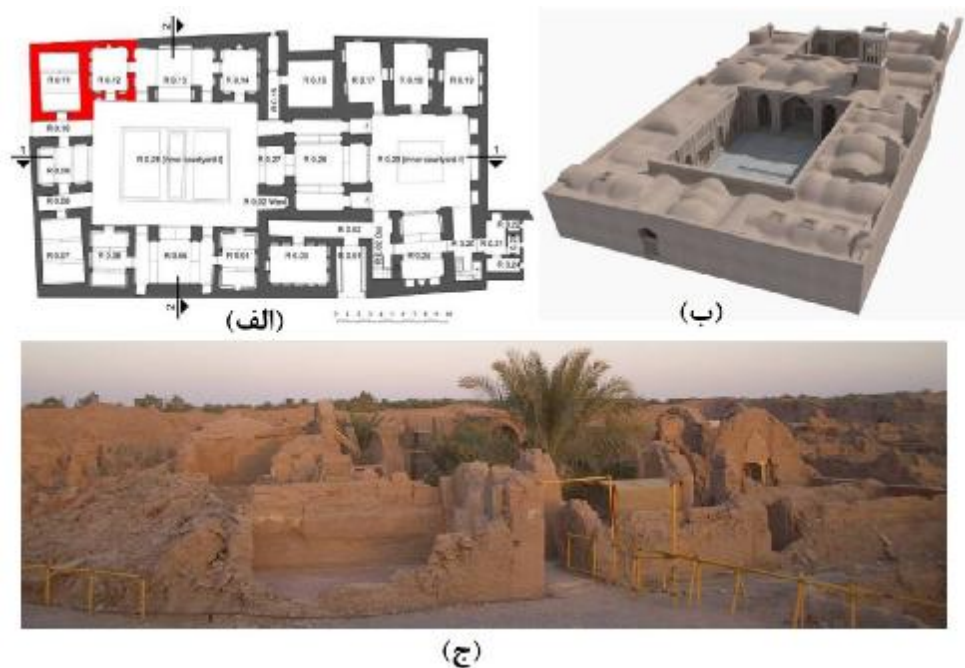
4. مقاوم‌سازی لرزه‌ای و ترمیم بناهای خشتی تاریخی

همان‌طور که در بخش پیشین بیان شد، بیشتر بناهای خشتی باستانی ضعف‌های سازه‌ای زیادی دارند؛ بنابراین در هنگام زلزله عملکرد مطلوبی ندارند و دچار آسیب جدی و جبران‌ناپذیری می‌شوند. برای جلوگیری از آسیب به این آثار که هویت ملی ما محسوب می‌شود، باید آن‌ها را در مقابل بارهای لرزه‌ای مقاوم‌سازی کنیم. روش‌های مختلفی برای مقاوم‌سازی و ترمیم بناهای خشتی وجود دارد مانند: اصلاح موضعی اجزای سازه دارای عملکرد نامناسب در زلزله، تأمین مقاومت و سختی لازم برای اجزای سازه و یا کل ساختمان، کاهش جرم بنای تاریخی و به‌کارگیری مصالح نوین.

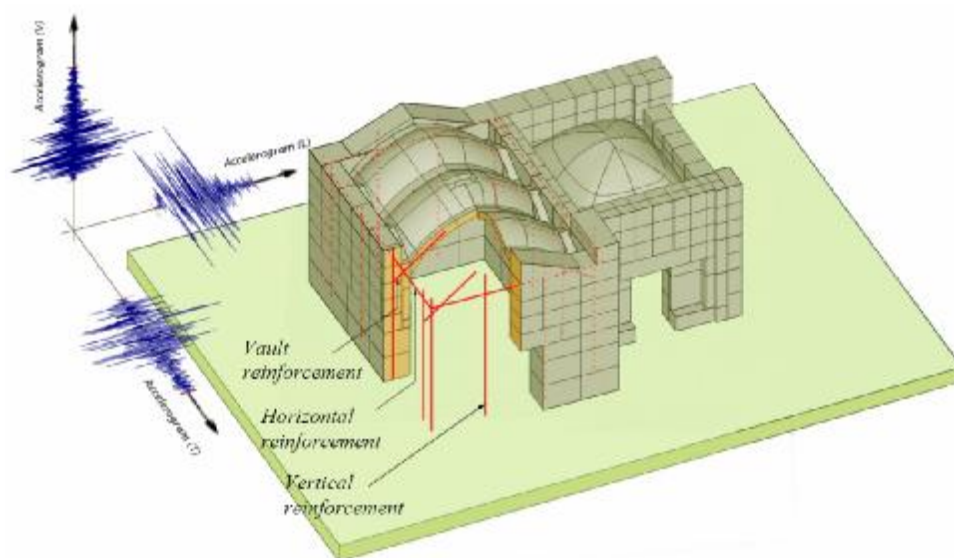
انتخاب مناسب‌ترین روش به عوامل مختلفی بستگی دارد که با بررسی دقیق آن‌ها می‌توان فنی‌ترین و اقتصادی‌ترین روش را برگزید. برخی از مهم‌ترین عوامل عبارتند از: ویژگی‌های اجزای سازه‌ای و غیرسازه‌ای، مشخصه‌های رفتاری مصالح به کاررفته، شیوه اجرای بنا، تاریخچه بنا، میزان لرزه‌خیزی ساختگاه، ملاحظه‌های اجتماعی و اقتصادی و غیره که باید پیش از هرگونه اقدامی آن‌ها را بررسی کرد. در نهایت پس از آن، نقشه‌های اجرایی که شامل تمام جزئیات سازه‌ای و غیرسازه‌ای است، تهیه می‌شود.

در دهه‌های اخیر محققان مطالعات آزمایشگاهی و عددی فراوانی روی مقاوم‌سازی و ترمیم بناهای خشتی انجام داده‌اند. از آن جمله می‌توان به محققان آلمانی با نام‌های براون و بورکت¹ اشاره کرد که خانه سیستانی‌های ارگ بم را مورد ارزیابی قرار دادند.⁽²³⁾ بنای مذکور در اثر زلزله بم آسیب جدی دیده بود. در شکل شماره 5، پلان بنای تاریخی خانه سیستانی‌ها به همراه مدل سه‌بعدی آن و خرابی‌های پس از زلزله نشان داده شده است.⁽²³⁾ آن‌ها ابتدا دو اتاق با شماره R0.12 و R0.11 انتخاب کردند. سپس عملکرد لرزه‌ای آن‌ها را در نرم‌افزار LS-DYNA مورد ارزیابی قرار دادند. نتایج ارزیابی آن‌ها نشان داد آسیب وارده به بنای تاریخی، بیشتر به دلیل خرابی خارج از صفحه دیوارهای پیرامونی بوده است.⁽²³⁾ همان‌طور که در شکل شماره 6 نشان داده شده است، برای جلوگیری از این مود خرابی با قراردادن آرماتورهای قائم در داخل دیوارها، اقدام به مسلح‌سازی دیوار کردند. این محققان پس از ارائه روش، بنای تاریخی مقاوم‌سازی‌شده را در نرم‌افزار LS-DYNA دوباره مورد ارزیابی قرار دادند. در نهایت پس از اطمینان‌یابی از روش ارائه‌شده برای مقاوم‌سازی، آن را به مرحله اجرایی درآوردند.

1. Braun & Burkert



شکل 5. خانه سیستانی‌ها: (الف) پلان بنا، (ب) مدل سه بعدی بنا، (ج) بنای آسیب دیده پس از زلزله
بم سال 2003⁽²³⁾



شکل 6. شیوه اعمال آثار زلزله و مقاوم‌سازی اتاق R0.11 در ساختمان سیستانی‌ها⁽²³⁾

تیسرا و همکاران¹ در سال 2017 ویژگی‌های حرارتی و رطوبتی را که از ویژگی‌های رفتاری مصالح بناهای خشتی است، مورد مطالعه قرار دادند. این مشخصه‌های رفتاری مصالح خشتی از جمله پارامترهای بسیار مهم در بالابردن دقت مدل‌سازی و پیش‌بینی عملکرد لرزه‌ای این نوع بناها هستند که هنوز به خوبی شناخته نشده‌اند.⁽²⁴⁾ رطوبت تأثیر زیادی بر عملکرد ساختمان دارد. رطوبت جذب‌شده در نمای ساختمان می‌تواند منجر به آسیب‌هایی همچون یخ‌زدن، رشد ترک، کاهش مقاومت حرارتی و غیره شود که همه این عوامل سبب کاهش پایداری و دوام بنای خشتی می‌شود. باران‌ها یکی از مهم‌ترین منابع رطوبت مؤثر بر نمای ساختمان است.⁽²⁵⁾ ژائو و میسنر² در سال 2017 به تأثیر هیدروفوبیزاسیون روی آجرهای بناهای تاریخی پرداختند. آن‌ها خواص رطوبتی آجرها را پیش و پس از هیدروفوبیزاسیون بررسی کردند. در سال 2004 الگادی³ روش‌های مختلف مقاوم‌سازی بناهای خشتی را مورد ارزیابی و مقایسه قرار داد⁽²⁶⁾ و به این نتیجه رسید که هریک از روش‌های ارائه‌شده مزایا و معایب خاص خود را دارد.

فیگیردو و همکاران⁴ در سال 2012 دیوارهای خشتی بنایی را مورد مطالعه قرار دادند.⁽²⁷⁾ آن‌ها ابتدا یک دیوار خشتی با مقیاس کامل تحت بارگذاری قائم و چرخه‌ای را ارزیابی کردند. سپس به داخل ترک‌ها چسب آهکی تزریق کرده و سطح دیوار را با میلگردهای شبکه‌ای مسلح کردند و در انتها دیوار مقاوم‌سازی‌شده را مورد آزمایش قرار دادند. آنان مشاهده کردند که روش ارائه‌شده عملکرد دیوار را به طور قابل‌توجهی بهبود بخشیده است. جرجیاس⁵ در سال 2016 به مطالعه رفتار لرزه‌ای و مقاوم‌سازی لرزه‌ای کلیسای کانو تامبو⁶ پرداخت. این بنا که در قرن هفدهم (1681) ساخته شده بود، یکی از اماکن مذهبی تاریخی کشور پروست (شکل شماره 7)⁽²⁸⁾ که دیوارهای آن از جنس خشت بوده و در سقف از چوب استفاده شده است. جرجیاس ابتدا رفتار لرزه‌ای این بنا را در نرم‌افزار DIANA بررسی کرد. سپس برای مدل‌سازی این بنای خشتی از روش ماکرو و برای تحلیل آن از روش پوش‌آور بهره گرفت.⁽²⁸⁾ وی مشاهده کرد آسیب بنای تاریخی بیشتر به دلیل نبود یکپارچگی بین دیوارها و اتصال نامناسب آن‌ها بوده است.⁽²⁸⁾

1. Tessa & et.al

2. Zhao & meissener

3. ElGawady

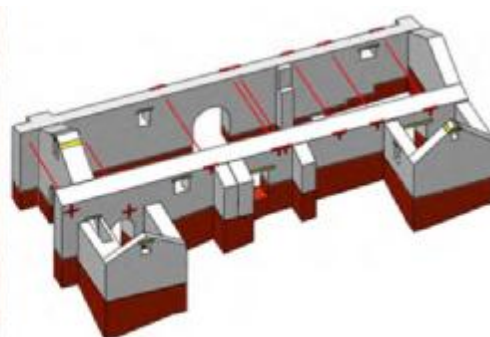
4. Figueiredo & et.al

5. Georgios

6. Kuno Tambo



(الف)



(ب)

شکل 7. کلیسای تاریخی کانوتامبو

(الف) پیش از زلزله پرو

(ب) مدل سه بعدی

در سال 2005 چارلسون¹ از لاستیک ضایعاتی خودرو برای مقاوم‌سازی بناهای تاریخی خشتی استفاده کرد. برای این منظور، وی آزمایش‌هایی روی تعدادی دیوار خشتی بارگذاری داخل صفحه و خارج از صفحه انجام داد. نتایج این پژوهش نشان داد بناهای خشتی دارای ضایعات لاستیک، عملکرد لرزه‌ای خوبی خواهند داشت.⁽²⁹⁾ کیونو و کلانتاری² در سال 2004 به بررسی آزمایشگاهی مقاومت کششی و برشی ملات در بناهای تاریخی خشتی بـم پرداختند. آن‌ها همچنین برای خشت پخته و خام مقدار چسبندگی کششی و برشی و همچنین ضرایب اصطکاکی دینامیکی را اندازه‌گیری کردند. نتایج این پژوهش حاکی از آن است که علت اصلی آسیب بناهای خشتی تاریخی در حین زلزله، کم‌بودن مقدار چسبندگی ملات است.⁽³⁰⁾ در سال 2004 وارا و میراندا³ به ارزیابی آزمایشگاهی دیوارهای خشتی پرداختند. آن‌ها به مقایسه رفتار نمونه آزمایشگاهی دارای خشت دستی و صنعتی نمونه تقویت‌شده با شبکه میلگردهای فولادی تحت بارگذاری رفت‌وبرگشتی اقدام کردند. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد عملکرد لرزه‌ای نمونه تقویت‌شده با مش فولادی بهتر از نمونه دارای خشت صنعتی، و عملکرد نمونه دارای خشت صنعتی بهتر از نمونه دارای خشت دستی است.⁽²⁹⁾

5. نتیجه‌گیری

در این پژوهش، عملکرد لرزه‌ای بناهای تاریخی خشتی و همچنین مطالعات انجام‌شده در زمینه مقاوم‌سازی لرزه‌ای و ترمیم بناها مرور شد. نتایج اصلی این پژوهش بدین شرح است:

1. Charleson

2. Kiyono & Kalantari

3. Vara & Miranda

1. نگهداری از بناهای تاریخی بسیار ضروری است. این بناها باید دائم زیر نظر باشند و مقاوم‌سازی‌ها و ترمیم مورد نیاز آن‌ها بدون وقفه انجام شود؛
2. یکی از عوامل تأثیرگذار در دوام مصالح خشتی رطوبت است. رطوبت ناشی از باران می‌تواند به بنای خشتی آسیب جدی وارد کند؛ بنابراین سطح بیرونی بناهای خشتی باید با موادی که نفوذپذیری و جذب آب را کاهش دهد، ترمیم شود. این کار به‌ویژه برای بازسازی و ترمیم بناهای تاریخی مهم است، زیرا در این سازه‌ها ظاهر بیرونی باید حفظ شود؛
3. برای درک بهتر رفتار لرزه‌ای بناهای تاریخی باید تاریخچه و اطلاعات کاملی از آن بنا داشته باشیم. در جمع‌آوری و حفظ اطلاعات این بناها باید توجه کافی شود؛
4. یکی از ابزارهای مهم برای شناخت عملکرد لرزه‌ای و مقاوم‌سازی بناهای تاریخی، نرم‌افزارهای اجزای محدود هستند. در این زمینه برای اعتبارسنجی نتایج مدل‌سازی عددی می‌توان از نمونه‌های آزمایشگاهی در مقیاس کوچک استفاده کرد؛
5. لازمه مدل‌سازی و تحلیل دقیق این بناها شبیه‌سازی رفتار صحیح مصالح است؛
6. پیش از انجام مقاوم‌سازی یا مرمت بناهای تاریخی، شناسایی آسیب‌های وارد بر آن بسیار ضروری است؛
7. انتخاب تکنیک مقاوم‌سازی و مرمت باید به‌دقت بررسی شود. اولویت با روشی است که ویژگی معماری بنا را تغییر ندهد و ماندگاری و دوام بیشتری هم داشته باشد؛
8. وضعیت اقلیمی یکی از عوامل مهم در آسیب و فرسایش بناهای تاریخی است؛ از این‌رو بررسی سازگاری روش مقاوم‌سازی و مرمت بناهای خشتی تاریخی با شرایط اقلیمی مهم است.

منابع

1. H. N. Nobakht, F. S. Ojagh, and K. Y. Dale, (2019), "Risk factors of post-traumatic stress among survivors of the 2017 Iran earthquake: The importance of peritraumatic dissociation," *Psychiatry Research*, Vol. 271, pp. 702-707.
2. M. Wang, K. Liu, H. Lu, H. Shrestha, R. Guragain, W. Pan, et al., (2019), "Increasing the lateral capacity of dry joint flat-stone masonry structures using inexpensive retrofitting techniques," *Bulletin of Earthquake Engineering*, Vol. 17, pp. 391-411.
3. H. Mortada, (2019), "Durability, Sustainability and Restorability of the Saudi Desert Village of Historic Al-Ghat," in *Structural Analysis of Historical Constructions*, ed: Springer, 2019, pp. 2475-2482.
4. B. Christaras, (1991), "Durability of building stones and weathering of antiquities in Creta/Greece," *Bulletin of the International Association of Engineering Geology-Bulletin de l'Association Internationale de Géologie de l'Ingénieur*, Vol. 44, pp. 17-25.
5. R. Aguilar, M. F. Noel, and L. F. Ramos, (2019), "Integration of reverse engineering and non-linear numerical analysis for the seismic assessment of historical adobe buildings," *Automation in Construction*, Vol. 98, pp. 1-15.
6. G. Zonno, R. Aguilar, B. Castañeda, R. Boroscchek, and P. B. Lourenço, (2019), "Environmental and Dynamic Remote Monitoring of Historical Adobe Buildings: The Case Study of the Andahuayllillas Church in Cusco, Peru," in *Structural Analysis of Historical Constructions*, ed: Springer, 2019, pp. 2216-2224.
7. M. Zandiyehvakili, I. Hojat, and M. Mahmudi, (2019), "The role of geometrical features in the architecturalstructural interaction: Some case studies of the Iranian ancient architecture," *Frontiers of Structural and Civil Engineering*, Vol. 13, pp. 716-724.
8. S. Yadollahi, (2019), "Tracing the Identity-driven Ambitions of the Iranian Urban Conservation Apparatus," *The Historic Environment: Policy & Practice*, pp. 1-20.
9. A. J. Momčilović-Petronijević, G. A. Topličić-Ćurčić, and A. A. Ćurčić, (2019), "Architecture and Ceramic Materials, Development Through Time: Adobe and Brick," *Facta Universitatis, Series: Architecture and Civil Engineering*, pp. 387-400.
10. H. Shahbazi Shiran, M. Montashery, and Z. Mohammadian Farsani, (2019), "The Development of Bricks Ornamentation from the early Islamic Centuries to the End of Kharazmshahian Period in the Architecture of Mosques in Iran," *International Journal of Architecture and Urban Development*, Vol. 9, pp. 61-72.
11. Hosseini Kshtan, SR, (2016), *History of the city of Belqis based on historical and archaeological documents*, the International Conference of Civil Engineering, Architecture and urban landscape, Turkey Istanbul University, Permanent Conference Secretariat, Istanbul University, https://www.civilica.com/Paper-ICCACS01-ICCACS01_529.html
12. C. Potouridou, (2019), "Can vernacular architecture be integrated within contemporary sustainable building design techniques?,"
13. L. A. L. A. Masungsong, M. M. Belarmino, and I. E. Buot Jr, (2019), "Delineation of the selected Cucumis L. species and accessions using leaf architecture characters," *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, Vol. 20, pp. 629-635.
14. J. Douglas, D. M. Seyedi, T. Ulrich, H. Modaressi, E. Foerster, K. Pitilakis, et al., (2015), "Evaluation of seismic hazard for the assessment of historical elements at risk: description of input and selection of intensity measures," *Bulletin of Earthquake Engineering*, Vol. 13, pp. 49-65, 2015.
15. P. Roca, M. Cervera, and G. Gariup, (2010), "Structural analysis of masonry historical constructions. Classical and advanced approaches," *Archives of Computational Methods in Engineering*, Vol. 17, pp. 299-325, 2010.
16. S. Burroughs and J. Růžicka, "The Use of Natural Materials for Construction Projects–

- Social Aspects of Sustainable Building: Case Studies from Australia and Europe,” in IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 2019, p. 012009.
17. M. Urban, (2007), “Earthquake risk assessment of historical structures,” Verlag nicht ermittelbar, 2007.
 18. E. K. Vahidi and R. Moradi, (2019), “Numerical Study of the Force Transfer Mechanism and Seismic Behavior of Masonry Infilled RC Frames with Windows Opening,” Civil Engineering Journal, Vol. 5, pp. 61-73.
 19. R. Moradi And E. Khalilzadeh Vahidi, (2018), “Comparison of Numerical Techniques of Masonry Infilled RC Frames for Lateral Loads,” Journal of Concrete Structure and Materials, Vol. 3, pp. 102-118.
 20. M. Indirli, L. A. S. Kouris, A. Formisano, R. P. Borg, and F. M. Mazzolani, (2013), “Seismic damage assessment of unreinforced masonry structures after the abruzzo 2009 earthquake: The case study of the historical centers of L'Aquila and Castelvechio Subequo,” International Journal of Architectural Heritage, Vol. 7, pp. 536-578.
 21. L. Siqu, Y. Tianlai, and J. Junfeng, (2019), “Investigation and Analysis of Empirical Field Seismic Damage to Bottom Frame Seismic Wall Masonry Structure,” International Journal of Engineering, Vol. 32, pp. 1082-1089.
 22. D. D. Fuentes, M. Laterza, and M. D'Amato, (2019), “Seismic vulnerability and risk assessment of historic constructions: The case of Masonry and Adobe Churches in Italy and Chile,” in Structural Analysis of Historical Constructions, ed: Springer, pp. 1127-1137.
 23. J. Braun and T. Burkert, (2014), “Einsatz von Glasfaserbewehrung in Historischem Mauerwerk-Dargestellt am Beispiel des Wiederaufbaus des Erdbebengeschädigten Sistani Hauses in Arg-e-Bam (Iran),” Mauerwerk Kalender 2014: Bemessen, Bewehren, Befestigen, pp. 269-322.
 24. T. Hansen, R. H. Peuhkuri, E. B. Møller, S. P. Bjarløv, and T. Odgaard, (2017), “Material characterization models and test methods for historic building materials,” Energy Procedia, Vol. 132, pp. 315-320.
 25. R. Illampas, I. Ioannou, and D. C. Charmpis, (2013), “Overview of the pathology, repair and strengthening of adobe structures,” International Journal of Architectural Heritage, Vol. 7, pp. 165-188.
 26. M. ElGawady, P. Lestuzzi, and M. Badoux, (2004), “A review of conventional seismic retrofitting techniques for URM,” in 13th international brick and block masonry conference, 2004, pp. 1-10.
 27. A. Figueiredo, H. Varum, A. Costa, D. Silveira, and C. Oliveira, (2013), “Seismic retrofitting solution of an adobe masonry wall,” Materials and Structures, Vol. 46, pp. 203-2013.
 28. P. B. L. Georgios KARANIKOLOUDIS, (2016), “Structural Performance and Seismic Vulnerability of Adobe Historical Constructions. The Kuño Tambo Case Study,” Terra Lyon.
 29. A. Charleson and M. French, (2005), “Improving seismic safety of adobe construction with used car-tire straps: preliminary investigations,” in Proceedings of the Conference of the NZ Society for Earthquake Engineering, 11-13.
 30. J. Kiyono and A. Kalantari, (2004), “Collapse mechanism of adobe and masonry structures during the 2003 Iran Bam earthquake,” Bull. Earthq. Res. Inst. Univ. Tokyo, Vol. 79, p. 161.



مقایسه ضریب بازتاب پیشنهادی آیین نامه 2800 زلزله ایران با ضریب بازتاب واقعی به دست آمده از مناطق مختلف شهر گرگان در تعامل با پاسخ لرزه‌ای سازه‌های فولادی

پیام شفیع فوجردی*



تاریخ پذیرش نهایی: 1397/11/24

تاریخ دریافت مقاله: 1397/08/30

چکیده

تحقیق حاضر به دنبال نشان دادن نقش ضریب بازتاب (B) در روش استاتیکی خطی است. (B) تابع تبدیلی است که ورودی آن شتاب‌نگاشت حرکت بستر سنگی و خروجی آن شتاب‌نگاشت حرکت سطحی زمین است. روش‌های لرزه‌ای و ارزیابی صحیح از اطلاعات بر پایه اصول فیزیکی حاکم بر مشخصات انتشار امواج استوار است که می‌تواند شامل تولید، انتقال، جذب و بی‌نظمی امواج در سنگ‌های زمین و همچنین پدیده‌های انعکاس، شکستگی و از محور اصلی خارج شدن امواج باشد. هدف از این مطالعه بررسی جنس خاک در اعمال نیروی زلزله به سازه و اهمیت ضریب بازتاب در کنترل سازه است که با در نظر گرفتن مقادیر واقعی ضریب بازتاب محل احداث بنا، می‌توان سازه را از نظر اقتصادی بهینه کرد. در این تحقیق ساختمان فولادی با سیستم قاب خمشی متوسط یک‌مرتبه با ضریب بازتاب مطابق با استاندارد 2800 (ویرایش چهارم) و بار دیگر با ضریب بازتاب واقعی شهر گرگان، تحلیل و طراحی شد. نتایج نشان می‌دهد مقدار تغییر مکان طبقات ساختمان به طور میانگین 53/3 درصد کاهش یافت و مقدار دررفت طبقات آن نیز 25/3 درصد کاهش پیدا کرد.

واژگان کلیدی:

دررفت، ضریب بازتاب، قاب خمشی متوسط، سنگ بستر.

* نویسنده مسئول مکاتبات: payamreal@gmail.com

1. مقدمه

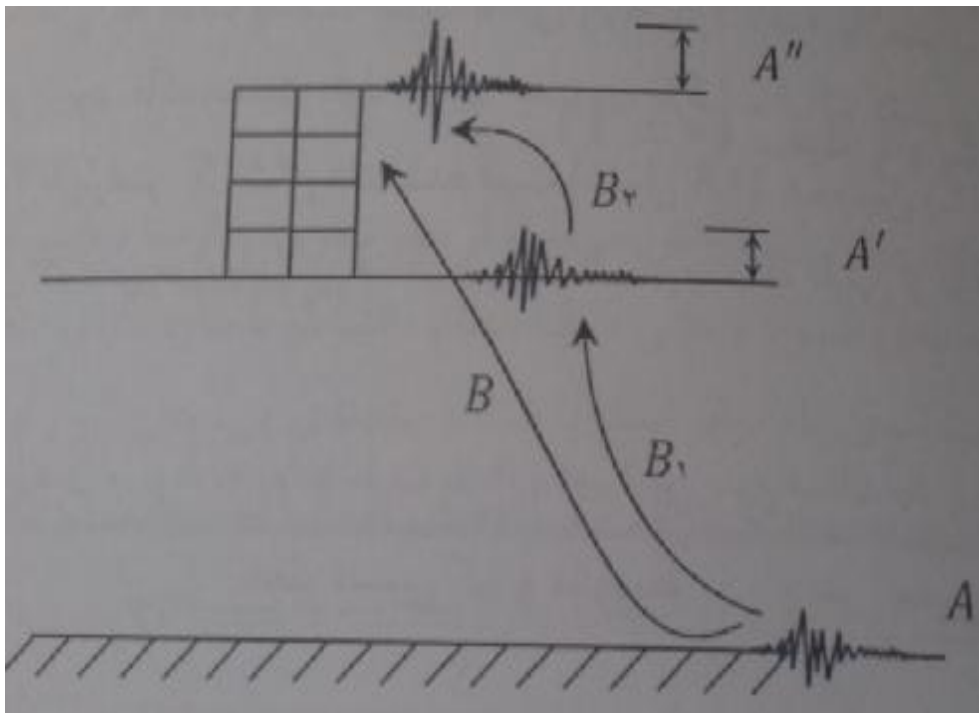
در این تحقیق تلاش شده است با استفاده از اطلاعات ژئوتکنیکی موجود در محل، به مطالعه ریزپهنه‌بندی ژئوتکنیک لرزه‌ای شهر گرگان و ضریب بازتاب و نقش جنس خاک در این رابطه پرداخته شود که از اساسی‌ترین پارامترهای حاصل از مطالعات ژئوتکنیکی است که در ارزیابی واکنش خاک محل در برابر زلزله و در نهایت تحلیل خطر منطقه به کار می‌روند. پارامترهای دیگری مانند سرعت موج برشی و مدول برشی دانسیته، نوع خاک، شاخص خمیری، عدد نفوذ استاندارد، چسبندگی و زاویه اصطکاک داخلی نیز، غیرمستقیم از نتایج مطالعات ژئوتکنیک به دست می‌آیند. با استفاده از نتایج آزمایش‌های مکانیک خاک در این منطقه، نوع خاک از عدد نفوذ استاندارد (SPT) به دست آمده است. با توجه به فرمول‌های محاسبه‌شده برای به‌دست‌آوردن سرعت موج برشی هر لایه خاک که توسط فاضلی و همکاران⁽¹⁾ وی انجام شده است، در این پژوهش برای خاک‌های ایران مطابق با فرمول‌های زیر سرعت موج برشی (V_s) را به دست می‌آوریم:

$$V_s = 168 N_{60}^{0.245} \text{ for Sand and Gravel} \quad (1)$$

$$V_s = 175 N_{60}^{0.232} \text{ for Clay and Silte} \quad (2)$$

2. روش تحقیق

در این پژوهش با عنوان پاسخ لرزه‌ای ساختمان فولادی، با در نظر گرفتن مقدار واقعی ضریب بازتاب کلی سازه در شهر گرگان براساس تعریف استاندارد 2800 (ویرایش چهارم)⁽²⁾، برای تحلیل استاتیکی نیروی زلزله برابر است با $C = AB_i/R$ که در این رابطه A شتاب مبنای طرح، B ضریب بازتاب کلی بین خاک و سازه، I ضریب اهمیت سازه، و R ضریب رفتار سازه است. در بحث در نظر گرفتن اثر خاک در این سازه‌ها مطابق با تعریف استاندارد 2800 (ویرایش چهارم) و کتاب «مبانی مهندسی زلزله» دکتر محمدرضا تابش‌پور⁽³⁾، منظور کردن اثر ضریب بازتاب خاک منطقه با سازه، انجام شده است؛ بدین صورت که نسبت شتاب بیشینه سطح روی زمین PGA، به شتاب بیشینه روی سنگ بستر، ضریب بازتاب خاک B_1 می‌شود. نسبت بیشینه شتاب سقف سازه به شتاب بیشینه روی سطح زمین، ضریب بازتاب سازه B_2 می‌شود. ضریب بازتاب کلی از حاصل ضرب $B = B_1 \times B_2$ به دست می‌آید. در شکل شماره 1 توضیحات دیده می‌شود.



شکل 1. توضیح چگونگی محاسبه ضریب بازتاب کلی بین خاک و سازه

در این صورت برای به دست آوردن این پارامتر نیازمند زلزله‌هایی هستیم که در منطقه گرگان رخ داده است؛ از این رو از سامانه شبکه شتاب‌نگاری کشور متعلق به وزارت راه و مسکن و شهرسازی⁽⁴⁾ و از پنج رکورد زلزله مطابق با جدول شماره 1 استفاده می‌کنیم.

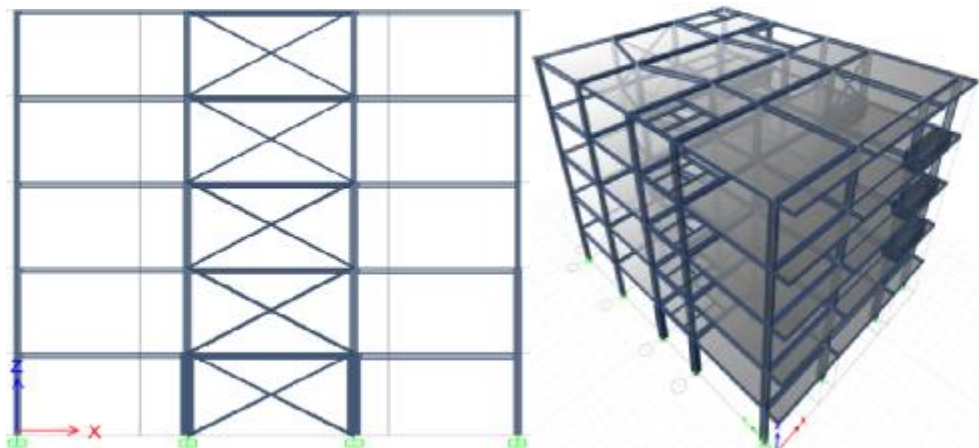
جدول 1. مشخصه‌های رکوردهای استفاده شده برای ضریب بازتاب خاک گرگان

نام زلزله	سال وقوع (میلادی)	شماره رکورد	بیشینه شتاب زمین واحد متر بر مجذور ثانیه (m/s^2)	بزرگای (ریشتر)
گرگان	1997	1713	55	4/7
گرگان (1)	1998	2233	18	4/5
گرگان (2)	2000	2386	22	5/7
گرگان	2004	3545	104	5/5
گرگان	2015	6637	11	4/3

سازه مورد مطالعه در شکل شماره 3 در شهر گرگان در منطقه جنگل سروش قرار داد. این سازه برای خاک تپ سوم که دارای ساختار فولادی چهارطبقه روی شالوده با سیستم دوگانه و مهاربندی دارای

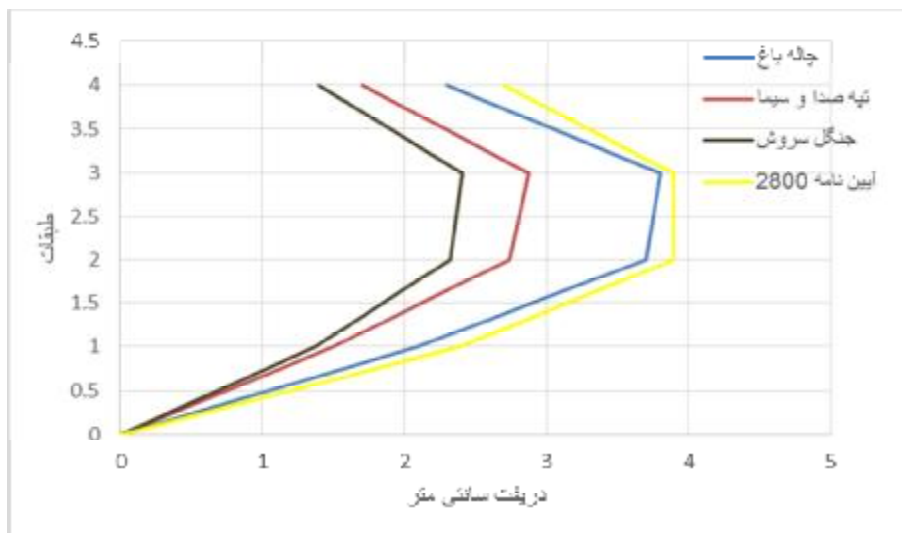
1. Peak Ground Acceleration

کنسول‌های 1/5 متری بوده است، به صورت شکل زیر اجرا شده است:



شکل 3. سازه مورد مطالعه در شهر گرگان

با استفاده از ضرایب بازتابی که در شکل شماره 2 به دست آوردیم، ضریب بازتاب برای محل احداث بنا در جنگل سروش 0/6، در تپه صداوسیما 1/2 و در چاله‌باغ 1/4 است. پس از تحلیل سازه، نمودارهای مقایسه‌ای آن به صورت شکل شماره 4 خواهد بود:



شکل 4. نتایج حاصل از دریفت سازه در مناطق مختلف با آیین نامه 2800

3. نتیجه گیری

دریفت یعنی جابه‌جایی دو کف نسبت به هم یا جابه‌جایی دو سقف نسبت به هم؛ از این رو در کنترل

پیچش در آیین نامه 2800 نقش بسزایی را ایفا می کند که منجر به کاهش یا افزایش سختی پس از تحلیل سازه در طراحی آن می شود؛ از این رو بهتر است در طراحی سازه ها مقدار واقعی ضریب بازتاب سازه وفق نتایج ژئوتکنیک در نظر گرفته شود تا پاسخ واقعی سازه نسبت به حالت دست بالای که آیین نامه پیشنهاد داده است، به دست آید. همان طور که در نمودار - شکل شماره 4 مشخص شده است، دریافت طبقات سازه در منطقه جنگلی سروش نسبت به سازه ای که با آیین نامه 2800 زلزله ایران طراحی شده بود، به طور میانگین 65 درصد کاهش، برای منطقه صداوسیما 50 درصد کاهش، و برای منطقه چاله باغ 45 درصد کاهش را نشان می دهد. این نتایج در طراحی بهینه و اقتصادی سازه های فلزی نقش بسزایی دارد.

منابع

1. فاضلی، ع.؛ علیزاده، ف. (1389)، «همبستگی بین سرعت موج برشی (Vs) و نتایج آزمایش نفوذ استاندارد (SPT) برای خاک‌های ایران»، پنجمین کنگره ملی مهندسی عمران، مشهد: دانشگاه فردوسی مشهد.
2. آیین نامه طراحی ساختمان‌ها در برابر زلزله (1391)، استاندارد 2800 ویرایش چهارم، تهران: مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی.
3. تابش پور، م. (1395)، مبانی مهندسی زلزله، تهران: انتشارات دانشگاه صنعتی شریف.
4. www.ismn.bhrc.ac.ir

دوفصلنامه علمی - ترویجی کارافن

شماره چهل و پنجم، بهار و تابستان 1398 (صص 13-26)
شاپای چاپی: 2382-9796 شاپای الکترونیکی: 2538-4430
<http://karafan.tvu.ac.ir>



تبیین میزان امنیت در محله‌های شهری بر مبنای شاخص‌های کالبدی و طراحی محیط؛ نمونه موردی شهر ایلام

منصور منصوری*

مربی، گروه معماری، آموزشکده فنی و حرفه‌ای پسران ایلام، دانشگاه فنی و حرفه‌ای، ایلام، ایران

تاریخ پذیرش نهایی: 1398/01/27

تاریخ دریافت مقاله: 1397/09/17

چکیده

امروزه به جای تبیین انگیزش ارتکاب جرم در ذهن مجرم، محیط و شرایطی تبیین می‌شود که به مجرمان انگیزه و فرصت ارتکاب جرم می‌دهد؛ از این رو توجه به نقش محیط و کالبد شهر در کاهش و پیشگیری از جرایم شهری اهمیت اساسی دارد. هدف اصلی پژوهش، سنجش فضایی بافت محله‌های شهری به منظور شناسایی محیط‌های ناامن در محله‌ها براساس مدل‌های تحلیلی است. از نظر هدف، پژوهش حاضر کاربردی و از نظر روش توصیفی - تحلیلی است. روش گردآوری داده‌ها در حوزه مطالعات میدانی، روش پیمایشی است. ابزار گردآوری داده‌ها پرسش‌نامه، چک‌لیست و مشاهده‌های عینی است. نتایج نشان می‌دهد عواملی مانند حاشیه‌نشینی، دسترسی اندک به خدمات شهری، پایین بودن سطح کیفیت محیط، فرسودگی بافت و نامتنوع بودن کاربری‌ها در محیط، از مهم‌ترین عواملی هستند که سبب کاهش امنیت محیطی در محله‌های شهر ایلام شده است.

واژگان کلیدی:

امنیت شهری، ایلام، پیشگیری از جرم، طراحی محیطی، کالبد شهر، CPTED.

* نویسنده مسئول مکاتبات: m-mansori@tvu.ac.ir

1. مقدمه

امنیت یکی از مهم‌ترین مؤلفه‌های تأثیرگذار بر کیفیت فضاهای شهری است. امروزه بیشتر فضاهای شهری که کانون تعاملات اجتماعی بافت‌های مسکونی نیز به شمار می‌آیند، به مجراهایی صرفاً عبوری و فاقد زندگی اجتماعی تبدیل شده‌اند. با کاهش حس تعلق ساکنان و نبود نظارت عمومی، این فضاها به مکان‌هایی برای ارتکاب جرایم گوناگون تبدیل شده‌اند؛ فضاهایی غیرقابل استفاده و جدامانده از انبوه فعالیت‌های مردم در شهر که در اثر نبود کنترل و نظارت طبیعی و انسانی بر آن‌ها و در نتیجه فقدان امکانات لازم برای تأمین امنیت، غیرقابل دفاع شده‌اند (ایلکا و دیگران، 1391: 17). سامان‌دهی کالبدی محله‌ها، طراحی عناصر هویت‌دهنده و نظارتی، تعیین سیاست‌های پیشگیری در فضاهای عمومی از جمله توجهات ویژه شهرسازی به مقوله امنیت شهری بوده است (آلن بوئر، 1382: 25). در این میان، روش‌های پیشگیری از جرم و جنایت باید بخشی از فرایند برنامه‌ریزی شهری باشد. توسعه سیاست‌های طراحی، وظیفه مقامات مسئول برنامه‌ریزی محلی است تا برای یک منطقه محلی، مکان‌ها، خیابان‌ها و فضاهای پاسخ‌گو به نیازهای مردم و از نظر بصری جذاب و امن فراهم آورد. طراحی دقیق این تحولات، مانع جرم و بی‌نظمی در جامع می‌شود. در حقیقت، برنامه‌ریزی و طراحی نامناسب و بی‌دقتی در تعمیر و نگهداری، تشویق به جرم می‌کند (monchok, 2012).

در دهه‌های اخیر، پژوهشگران و متخصصان شهری با برگزیدن تدابیر و سیاست‌هایی در خلق محیط‌های مطلوب و ترکیب مناسب کاربری‌های مختلف شهری در پهنه فضاهای موجود شهر، به آگاهی درباره شهرسازی رسیده‌اند، و در این زمینه به نظریه‌هایی از جمله نظریه فضاهای قابل دفاع، پیشگیری از وقوع جرم از طریق طراحی محیطی¹ (CPTED) و جرم‌شناسی محیطی دست یافته‌اند. رویکرد CPTED (پیشگیری از جرایم با استفاده از طراحی محیطی) را می‌توان نوعی رویکرد هدفمند در جهت طراحی کارآمد و هوشمندانه مؤلفه‌های محیطی با به کارگیری بهینه محیط مصنوع در کاهش جرایم دانست که به‌طور مؤثری در افزایش سرمایه اجتماعی، بهبود کیفیت زندگی و افزایش میزان رضایتمندی شهروندی و در نتیجه بهبود رفاه اجتماعی جامعه تأثیر بسزایی دارد. به‌طور کلی درباره این موضوع اتفاق نظر جمعی وجود دارد که رویکرد CPTED می‌تواند در دو بُعد کاهش حقیقی جرایم در محیط‌های شهری از یک‌سو و افزایش احساس ایمنی و امنیت فضایی از سوی دیگر، مؤثر واقع شود (Gronland, 2000).

بر این اساس، در تحقیق حاضر تلاش بر این است تا با توجه به رویکرد CPTED اصول اساسی

1. Crime Prevention Through Environmental Design

آن به راهکارهایی برای طراحی محله‌های امن از طریق طراحی محیطی دست یابیم و با تحلیل شرایط فضایی بافت نواحی چهارده‌گانه شهر ایلام و روابط بین اصول شکل‌دهنده آن، نواحی ناامن را شناسایی کنیم و نسبت به شکل‌گیری فضاهای قابل دفاع و فضاهایی که مردم را جذب کرده و از آنها مراقبت می‌کنند، اقدام کنیم.

2. اهداف و پرسش‌های پژوهش

هدف اصلی از این پژوهش، تحلیل امنیت در محله‌های شهری بر مبنای شاخص‌های کالبدی به‌منظور دستیابی به راهکارهای طراحی شهری برای رسیدن به محله‌های امن است. اهداف فرعی نیز عبارتند از: ارائه مدل تحلیلی از شاخص‌های مؤثر بر ارتقای امنیت در محله‌های شهری، و شناسایی محیط‌های ناامن براساس اولویت‌های به‌دست‌آمده در مدل تحلیلی پژوهش. سؤال اصلی تحقیق این است که آیا بین ساکنان شهر ایلام از نظر میزان احساس ناامنی تفاوت وجود دارد؟

پرسش‌های فرعی تحقیق نیز عبارتند از:

- ❖ شاخص‌های مؤثر برای سنجش امنیت در فضاهای شهری محله‌ها کدامند؟
- ❖ آیا می‌توان با کنترل دسترسی‌ها، تقویت قلمروها و نظارت طبیعی، میزان امنیت محله‌ها را افزایش داد؟
- ❖ راهکارهای کالبدی و غیرکالبدی در ایجاد محیطی امن چیست؟

3. روش‌شناسی و مفاهیم نظری

3-1. امنیت

«امنیت»¹ از ریشه لاتین «Secures» به معنای «نداشتن دلهره و دغدغه» است؛ بنابراین معنای لغوی امنیت، «رهایی از خطر، تهدید، آسیب، اضطراب، هراس، ترس، نگرانی یا وجود آرامش، اطمینان، آسایش، اعتماد، تأمین و ضامن است» (الماسی فر و انصاری، 1389).

3-2. امنیت شهری

امنیت در ساختار شهر وابسته به امن بودن شهر و درواقع قرارگرفتن شهر در سلسله‌مراتبی معنایی است که باید به بروز ویژگی‌های کالبدی و بصری در ساختار شهری بیانجامد. گفتنی است بی‌نظمی

1. Security

ساختار اجتماعی نیز می‌تواند از گسترش ناامنی به وجود آید که به خشونت اجتماعی یا خرده‌فرهنگ‌های هنجارستیز منتهی می‌شود. امنیت شهری نیز دارای ابعاد متمایزی است که از مفاهیم اجتماعی، فرهنگی، اقتصادی، سیاسی، مذهبی و دینی در ساختار شهری حاصل می‌شود (بمانیان و محمودی‌نژاد، 1388).

3-3. نظریه پردازان کلاسیک و جدید امنیت

در این بخش به تعدادی از نظریه‌پردازان مقوله امنیت اشاره می‌کنیم. افرادی که در این بخش به ایده آن‌ها اشاره شده است کسانی هستند که نظرات‌شان مستقیم در تدوین ضوابط نهایی اعمال شده است.

الیزابت وود از نخستین نظریه‌پردازان کلاسیکی بود که به ارتباط میان محیط کالبدی و جرم پی برد. وی در کتاب خود با عنوان «جنبه‌های اجتماعی خانه‌سازی در توسعه شهری» (1976) اندیشه‌هایش را تبیین کرده است. وی به این نتیجه رسید که چگونه ویژگی‌های فیزیکی طرح‌های اجرایی مجتمع‌های مسکونی عمومی، از ارتباطات و تماس میان شهروندان ساکن در بلوک‌های مسکونی جلوگیری می‌کنند (Newman, 1996).

هم‌زمان با وود، *جین جیکوبز* (1961) نیز تأثیر اختلاط کاربری بر کاهش جرم را مطرح کرد و با وجود اینکه گفته‌های وی در مورد امریکا بود، ولی نظراتش در ارتباط با سایر کشورها نیز صدق می‌کرد. وی در کتاب «مرگ و زندگی شهرهای بزرگ امریکایی» بیان می‌کند کاربری‌های گوناگون و زندگی فعال خیابان می‌تواند مانع از فرصت ارتکاب جرم شود. وی تأثیر تنوع فعالیت‌ها را در جلوگیری از جرم گسترش داد (Carmona, 2003: 122).

اسکار نیومن (1972) نظریه‌پرداز دیگری بود که بحثی را با عنوان «فضای قابل دفاع» مطرح کرد. اصول و مبانی فضای قابل دفاع با هدف اصلاح شرایط کالبدی یک محله به گونه‌ای که ساکنان قادر باشند محیط اطراف خانه‌هایشان را کنترل کنند، شکل گرفته است. این محیط می‌تواند شامل خیابان‌ها و فضاهای اطراف ساختمان‌ها و همچنین فضاهای داخلی آن (لابی و راهروها) باشد (Newman, 1996).

در دهه 1970 و 1980 رویکرد دیگری در زمینه طراحی مطرح شد. این رویکرد با عنوان جلوگیری از جرایم از طریق طراحی محیطی که بعدها به CPTED معروف شد، براساس نظریه‌های نیومن و جفری (1971) شکل گرفته بود.

در کنار مجموعه نظریات گفته‌شده، *فولر* (1986) نیز در مطالعات خود با عنوان «ساخت

شهرهایی که کار می‌کنند» (1992)، بر نقشی که محیط کالبدی در اوضاع شهر دارد، تأکید کرد. از نظر فولر، تنوع کالبدی محله گونه‌های مختلف گروه‌های استفاده‌کنندگان خیابان را ایجاد می‌کند. این گروه‌ها بخش‌های مهم یک زندگی اجتماعی همگانی هستند. یک زندگی اجتماعی همگانی سالم، مجرمان کمتر و فرصت‌های ارتکاب جرم اندک‌تری دارد (Coupland: 1997: 184).

پژوهشگران دیگری از جمله فیشور و لنسر (1992) نیز عامل دید و چشم‌انداز را به مثابه راهکاری برای کاهش جرم مطرح کردند و معتقد بودند دید گسترده این امکان را به فرد می‌دهد تا بتواند محیط پیرامون خود را بهتر درک کند و در هنگام وقوع جرم سریع‌تر تصمیم بگیرد. بر این اساس، ترس از جرایم در نقاطی با پناهگاه‌های زیاد، چشم‌انداز و نقاط زیاد دیده می‌شوند (طهرانی، 1390). نظریه دیگری که درباره ترس از جرم مطرح شد، تئوری پنجره‌های شکسته بود که به موضوع پیشگیری از جرم با تمرکز بر روی آگاهی ساکنان از رفتارهای مشکوک، حفاظت از محیط و پیامدهای آن ارتباط دارد (Wilson & Kelling, 1982).

در نظریه‌های نوین، نظریه نحو یا چیدمان فضا در دهه 1980 توسط هیلیر و هانسون (1984) مطرح و توسط هیلیر در سراسر جهان گسترش یافت (Hillier & Hanson, 1984). این رویکرد نظری و تحلیلی از روش‌های گرافیکی و ریاضی برای نشان‌دادن رابطه میان مفاهیم شکل‌یافته و فضای شهری استفاده می‌کند. یکی از اهداف اساسی نظریه نحو، دستیابی به پیچیدگی بی‌اندازه فضای شهر از راهی است که فضا بتواند خود را به مثابه مدلی معتبر ارزیابی کند. برخی این مدل را برای تفسیر و پیش‌بینی الگوهای جرم در قرارگاه‌های شهری به کار برده‌اند (Schnieder, 2007: 38).

چیدمان فضایی¹ روشی برای توصیف و تحلیل ارتباطات بین فضاهای شهری و ساختمان‌هاست. معماران به این ارتباطات عنوان «طرح‌بندی» می‌دهد. در چیدمان فضایی، فضاها به‌عنوان حفره‌هایی (مثل خیابان‌ها، میدان‌ها، فضاها، زمین‌ها و غیره) بین دیوارها، نرده‌ها و سایر موانع و حائل‌ها درک می‌شوند که از رفت‌وآمد یا دید بصری (عابر پیاده) جلوگیری می‌کنند (ایران‌منش و همکاران، 1392: 19).

از جنبش شهرگرایی نوین به‌عنوان مهم‌ترین جنبش برنامه‌ریزی قرن بیستم یاد می‌کنند. این جنبش در دهه 1990 پارادایم نوینی پیرامون ارزیابی کیفیت محیط‌های شهری گشود. شهرگرایی جدید شامل انتقادهایی از شهرسازی مدرن، با هدف افزایش تعامل اجتماعی از طریق طراحی دوباره فضاهای شهری، خیابان‌ها و مکان‌های عمومی علاوه بر جهت‌دهی برنامه‌ریزی فیزیکی محله‌های شهری به سوی محیط‌های پایدار است (Schneider, 2007: 44).

1. Space Syntax

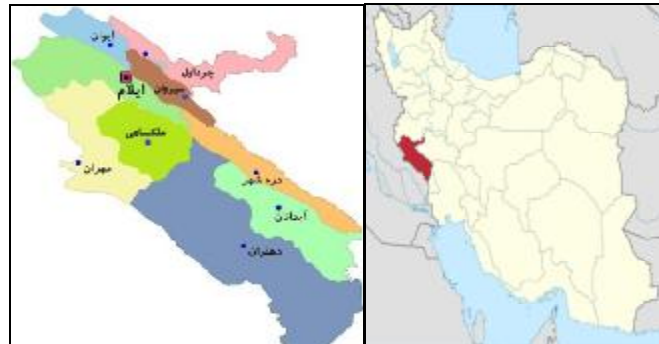
کنترل راه و دسترسی با محصورسازی و بستن کوچه‌ها یا خیابان‌ها، مثال‌های مستقیمی از استراتژی‌های فیزیکی و مدیریتی کاهش جرم و جنایت هستند که از نظریه‌های قابل دفاع و CPTED برداشت شده‌اند (Schneider, 2007: 60).

3-4. روش تحقیق

پژوهش حاضر از نظر هدف، کاربردی و از نظر روش بررسی توصیفی - تحلیلی است. «روش گردآوری داده‌ها» در حوزه مطالعات میدانی، روش پیمایشی است. «ابزار گردآوری داده‌ها» پرسش‌نامه، چک‌لیست و مشاهده‌های عینی به صورت بازدیدهای موردی از مکان‌های مختلف موجود در محدوده مطالعاتی و عکسبرداری بوده است. مبانی نظری با استفاده از روش کتابخانه‌ای شامل مطالعه دیدگاه‌های نظری و سوابق موضوع، اسناد و مدارک و نقشه‌ها، جمع‌آوری شده است. در ادامه، با بررسی‌های میدانی و کتابخانه‌ای و اسنادی به مطالعه نمونه موردی (نواحی چهارده‌گانه شهر ایلام) پرداخته شده است و با تهیه پرسش‌نامه، تکمیل چک‌لیست و مشاهده‌های میدانی و استفاده از نرم‌افزار ArcGIS، داده‌های مورد نیاز گردآوری شده‌اند. پس از گردآوری داده‌ها، برای پردازش و تحلیل آن‌ها از روش‌های تحلیلی کمی از جمله روش ANOVA و آزمون F و تست TUKEY HSD استفاده شده است. ابزار مورد استفاده در زمینه تحلیل داده‌ها نیز نرم‌افزار SPSS، ArcGIS و Excel است. همچنین تحلیل‌های مکانی، به کمک سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) انجام شده است.

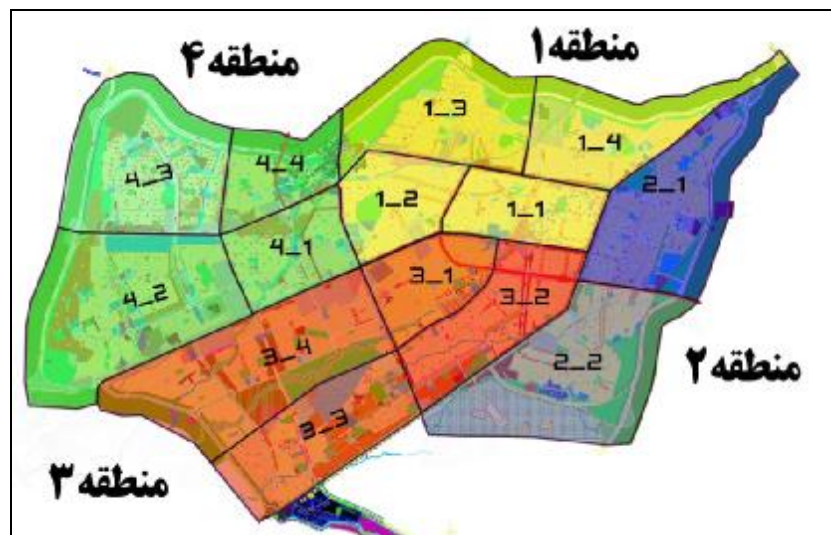
3-5. محدوده و قلمرو پژوهش

شهرستان ایلام، مرکز استان ایلام از نظر جغرافیایی در 46 درجه و 45 دقیقه طول شرقی و 32 درجه و 15 دقیقه عرض شمالی واقع شده است و در غرب کشور قرار دارد. شهرستان ایلام با مساحتی حدود 2165 کیلومتر مربع در شمال استان ایلام است. این شهرستان از شمال و شمال‌شرق به شهرستان اسلام‌آباد غرب، از شرق تا جنوب‌شرق به شهرستان سیروان و دره‌شهر (استان ایلام) و از جنوب و جنوب‌غربی به شهرستان مهران محدود است. ارتفاع این شهرستان از سطح دریا 1363 متر است (سالنامه آماری استان ایلام، 1395).



شکل 1. موقعیت جغرافیایی شهرستان ایلام

به گزارش سالنامه آماری استان ایلام (1395) جمعیت این استان 580158 نفر بوده است که 0/8 درصد نسبت به سال 1390 رشد جمعیتی داشته است. همچنین در سرشماری آبان‌ماه 1395 جمعیت ساکن در نقاط شهری شهر ایلام نیز 235144 نفر بوده است (سالنامه آماری استان ایلام، 1395). شهر ایلام شامل 14 ناحیه و 4 منطقه شهری است. در سال 1385 مساحت شهر ایلام برابر 1701/42 هکتار بوده است که به چهار منطقه، 14 ناحیه و 38 محله شهری تقسیم شده است (ملکی، 1390: 126).

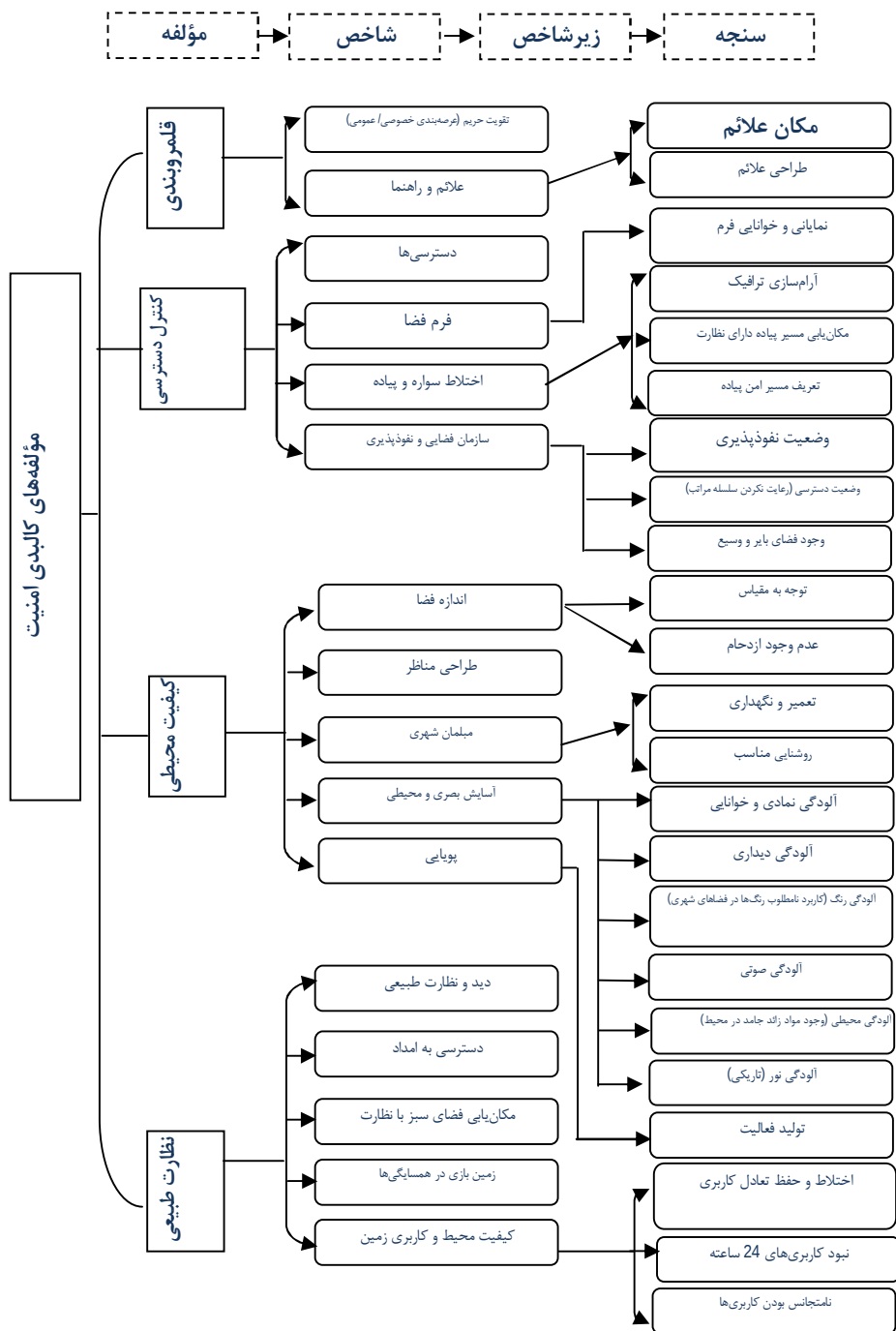


شکل 2. نقشه تقسیمات کالبدی شهر ایلام (مهندسین مشاور بعد تکنیک، 1385)

4. یافته‌های پژوهش

4-1. مؤلفه‌ها، معیارها و شاخص‌های پژوهش

مهم‌ترین متغیر پژوهش حاضر، امنیت شهری بوده است و رویکرد و محور کار تحقیق بر آن بنا شده است که براساس متغیرهای رویکرد CPTED سنجیده شده است. گفتنی است امنیت دو بُعد عینی و ذهنی دارد که بُعد عینی آن، به آمار مربوط به جرایم و انواع نابهنجاری‌ها و همچنین براساس چک‌لیست جامع بررسی وجود نقش عوامل محیطی در جرم‌خیزی فضاهای شهری، مورد بررسی قرار می‌گیرد. بُعد ذهنی امنیت نیز در احساس امن بودن یا نبودن بروز پیدا می‌کند که براساس پرسش‌نامه مردمی در مورد وضعیت امنیت در محل زندگی‌شان بررسی شده است. نمودار شماره 1 متغیرهایی را نشان می‌دهد که در این پژوهش ارزیابی شده‌اند.



نمودار 1. متغیرهای اصلی پژوهش

4-2. تجزیه و تحلیل داده‌ها

در این بخش از پژوهش، به بررسی 14 ناحیه مورد مطالعه و مقایسه آن‌ها از نظر مؤلفه‌ها، شاخص‌ها و زیرشاخص‌های امنیت کالبدی پرداخته می‌شود. در این راستا، بخشی از مطالعات میدانی از جمله سنجش میزان امنیت کالبدی براساس بُعد ذهنی شهروندان از طریق تکمیل پرسش‌نامه انجام گرفته است. در ابتدا شاخص‌های امنیت کالبدی از منابع کتابخانه‌ای مانند مقاله‌ها و کتب مختلف استخراج و سپس به پرسش‌هایی تبدیل شدند (نمودار شماره 1). برای ارزش‌گذاری داده‌ها نیز از طیف پنج‌گزینه‌ای لیکرت استفاده شده است. در ادامه با استفاده از مشاهده‌های عینی و مطالعات میدانی، چک‌لیست مربوط به بُعد عینی امنیت کالبدی تهیه شد. تعداد پرسش‌نامه‌های مشخص‌شده برای محله‌های مورد نظر براساس تعداد جمعیت محله‌ها بوده است. در نهایت، داده‌های جمع‌آوری‌شده وارد نرم‌افزار SPSS شدند و برای مشخص‌شدن اینکه تفاوت میان نواحی معنادار است یا نه از تحلیل واریانس یک‌طرفه ANOVA (آزمون F) استفاده شده است. نتایج آزمون به این صورت بود که نواحی از نظر امنیت کالبدی با یکدیگر تفاوت معناداری داشتند، چون سطح معناداری آزمون برابر 0/00 بود که این مقدار کمتر از 0/05 است.

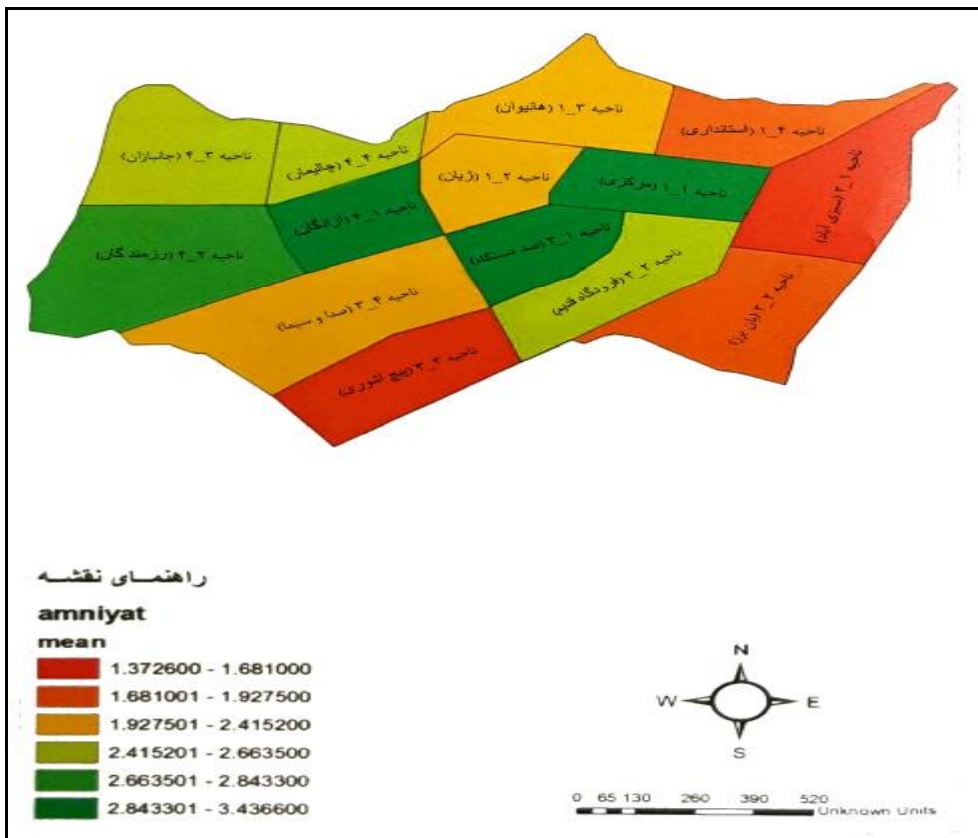
برای مشخص‌شدن میزان تفاوت نیز از تست Tukey HSD استفاده شد. در نهایت در قالب جدول سطوح همگن، نواحی به چند سطح تقسیم‌بندی شدند و نواحی که با هم تفاوت معناداری نداشتند، در یک سطح قرار گرفتند. پس از این مرحله، برای مکان‌دارکردن اطلاعات خروجی، داده‌ها وارد نرم‌افزار ArcGIS شدند و در قالب نقشه، وضعیت هرکدام مشخص شد. این روند برای تمامی ابعاد پژوهش از جمله متغیر کلی امنیت کالبدی، چهار مؤلفه و شانزده شاخص اصلی مورد تحلیل قرار گرفت.

پس از انجام محاسبات و تحلیل‌های مربوط، نتایج نهایی در سطح کلی به این صورت به دست آمد که با توجه به آزمون F و سطح معناداری (0/00)، نواحی تفاوت معناداری با یکدیگر یافتند. سپس براساس نتایج حاصل از تست Tukey HSD، نواحی به شش سطح همگن طبقه‌بندی شدند. نواحی که در یک سطح قرار می‌گیرند، یعنی وضعیت تقریباً مشابهی دارند و میزان تفاوت آن‌ها معنادار نیست، ولی نواحی که در سطوح مختلف هستند با هم تفاوت معناداری دارند.

در سطح اول، دو ناحیه (محلات سبزی‌آباد و پیچ آشوری) قرار گرفتند که سطح امنیت کالبدی در آن‌ها بین 1/37 تا 1/68 قرار دارد. در سطح دوم، دو ناحیه (بان‌برز و استانداری) قرار گرفتند که سطح شاخص امنیت کالبدی در آن‌ها بین 1/79 تا 1/92 بوده است. در سطح سوم، سه ناحیه (ژیان، هانیوان و صداوسیما) قرار گرفته‌اند که سطح امنیت کالبدی در آن‌ها بین 2/32 تا 2/41 بوده است.

در سطح چهارم، سه ناحیه (جانبازان، فرودگاه قدیم و چالیمار) قرار گرفتند که سطح امنیت کالبدی در آن‌ها بین 2/57 تا 2/66 است. در سطح پنجم، ناحیه رزمندگان با سطح 2/84 و در نهایت در سطح ششم، سه ناحیه (آزادگان، صد دستگاه و مرکزی) قرار گرفته‌اند که سطح امنیت کالبدی در آن‌ها بین 3/27 تا 3/43 است.

همان‌طور که در شکل شماره 3 مشاهده می‌شود، در زمینه امنیت کالبدی کلی، نواحی اطراف و حاشیه‌نشین با رنگ قرمز مشخص شده‌اند و نواحی مرکزی به رنگ سبز هستند که نشان می‌دهد نواحی حاشیه‌نشین و اطراف شهر، از این منظر مشکلات زیادی دارند.



شکل 3. نقشه سطح‌بندی نواحی براساس متغیر امنیت کالبدی

4-3. بحث و نتایج

در این بخش از پژوهش، به مقایسه نهایی نمونه‌های مورد مطالعه پرداخته شده است. میان نواحی چهارده‌گانه از نظر میزان امنیت کالبدی (کلی) تفاوت معناداری وجود دارد (معنادار بودن مقدار آزمون

(F , $Sig = 0/00$). برای مشخص شدن میزان تفاوت از تست Tukey HSD استفاده و نتایج در قالب جدول سطوح همگن مشخص شد. با توجه به این جدول، نواحی به شش سطح تقسیم بندی شدند. در نهایت، با توجه به نقشه ArcGIS مشخص شد هرچه نواحی از مرکز شهر دور شده اند (مانند سبزی آباد و پیچ آشوری) و در مناطق حاشیه نشین قرار گرفته اند، در وضعیت پایین تر قرار داشته اند (قرمز نشان دهنده پایین بودن امنیت کالبدی منطقه و سبز نشان دهنده بالا بودن امنیت کالبدی)، و هرچه به مرکز شهر نزدیک می شویم، در وضعیت بالاتری قرار دارند. در ادامه به بررسی نتایج حاصل از آزمون مؤلفه ها می پردازیم.

4-4. نتایج حاصل از مقایسه نواحی چهارده گانه با استفاده از مطالعات میدانی (بعد عینی پژوهش)

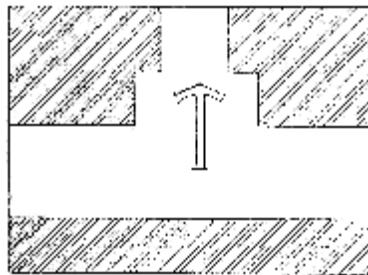
در این بخش از پژوهش به منظور مشخص شدن تفاوت میزان امنیت کالبدی در نواحی مورد مطالعه، به بررسی آن ها از منظر شاخص های محیطی مطابق نمودار شماره (1) پرداخته شد. در این راستا از ابزارهای مختلفی همچون اندازه گیری های میدانی، تکمیل چک لیست و عکسبرداری استفاده شد. نواحی از منظر دوازده شاخص اصلی مؤثر بر امنیت محیطی مورد سنجش قرار گرفتند. نتایج به صورت موردی برای تک تک شاخص ها بررسی، و نواحی براساس امتیازهای کسب شده در هر قسمت دسته بندی شدند. همچنین با توجه به تحلیل تصاویر محیط های مختلف، درستی نتایج پژوهش به اثبات رسیدند. به طور کلی براساس یافته های کالبدی (برداشت میدانی، تکمیل چک لیست و عکسبرداری) می توان نواحی را بدین صورت دسته بندی کرد (کاملاً نامطلوب: امتیاز 0، نامطلوب: امتیاز 1، حالت متوسط: امتیاز 2، مطلوب: امتیاز 3 و کاملاً مطلوب: امتیاز 4): ناحیه بان برز (امتیاز 0/83)، سبزی آباد (امتیاز 1)، پیچ آشوری (امتیاز 1/16)، استانداری (1/25)، ژیان (امتیاز 1/66)، هانیوان (امتیاز 1/91)، جانبازان (امتیاز 2/16)، چالیمار (امتیاز 2/25)، رزمندگان (امتیاز 2/33)، صداوسیما (امتیاز 2/41)، صد دستگاه (امتیاز 2/5)، آزادگان (امتیاز 2/75)، فرودگاه قدیم (امتیاز 2/75)، مرکزی (امتیاز 2/75).

5-4. راهکارها و نقشه های پیشنهادی

در این قسمت، راهکارهای اجرایی از منظر شاخص های کالبدی در بخش معابر شهری، مبلمان شهری، بدنه ها، پوشش گیاهی و کاربری اراضی ارائه شده است.

1-4-5. معابر شهری

معابر باید به گونه‌ای طراحی شوند که موجب آسان‌تر شدن حرکت دوچرخه‌سوار، عابر پیاده و اتومبیل باشد و برای هریک مسیرهای جدا تعریف شده باشد. معابر اصلی باید به گونه‌ای طراحی شوند که امکان افزایش سرعت خودرو فراهم نباشد و امکان حرکت در سرعت مجاز در معبر برای آن‌ها فراهم باشد. گشودگی فضا در ورودی‌ها به گونه‌ای که سبب ایجاد گنج‌های مخفی شود، مجاز نیست.



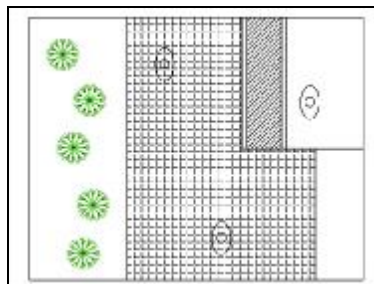
شکل 4. شیوه گشودگی فضا در ورودی‌ها

ورودی‌های چندگانه و نقاط خروج باید در پارک‌ها یا زمین‌های بازی ایجاد شود.



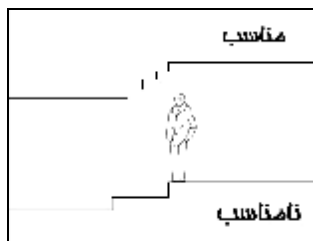
شکل 5. ورودی‌ها و خروجی‌های پارک‌ها و زمین بازی

برای تعیین نوع دسترسی افراد، عرصه‌های خصوصی، نیمه‌عمومی و عمومی باید از طریق تغییر کف‌سازی از یکدیگر تفکیک شوند. همچنین باید از به کارگیری مصالح لغزنده در کف و کف‌سازی‌های دارای درزهای زیاد که سبب یخ‌زدگی در زمستان می‌شوند، خودداری شود. این مصالح علاوه بر کاهش ایمنی عابران، از دوام کف‌سازی نیز می‌کاهند.



شکل 6: کف سازی فضاهای عمومی

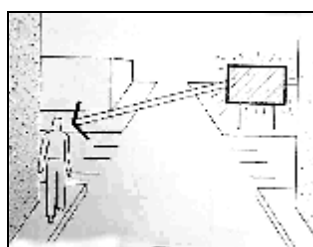
قراردادن تک پله در پیاده‌رو که سبب کاهش ایمنی افراد می‌شود، مجاز نیست. نباید اختلاف سطح ناگهانی در مسیر حرکت پیاده ایجاد شود تا به غافلگیری افراد و کاهش ایمنی آنان نیانجامد.



شکل 7: اختلاف سطح در مسیر پیاده

2-4-5. مبلمان شهری

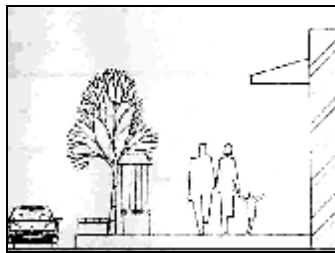
روشنایی باید به میزان ثابت، مقاوم در برابر تخریب و کافی باشد. لازم است تمامی استانداردهای بین‌المللی درباره نوع علائم و تابلوها و همچنین رنگ متن و زمینه آن‌ها رعایت شود تا نشانه‌ها برای تمامی اقشار دارای معنا باشند. تعداد علائم بر نشانه‌ها نباید به اندازه‌ای باشد که منجر به اغتشاش معنا شود.



شکل 8: علائم و نشانه‌های شهری

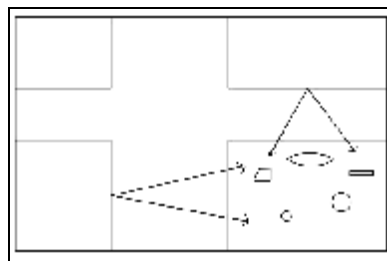
با هدف جلوگیری از تداخل فعالیت‌ها، محدوده قرارگیری مبلمان در پیاده‌رو باید جدا و متمایز از محدوده حرکت عابران باشد. تجهیزات خیابان باید به راحتی برای همگان قابل استفاده باشند. تمامی

تجهیزات جدید باید دارای دستورالعمل استفاده باشند، از قراردادن تجهیزات مبلمان شهری در گوشه‌های تقاطع‌ها و نبش‌ها که منجر به مسدود شدن دید رانندگان و کاهش ایمنی عابران می‌شود، پرهیز شود. مبلمان خیابان باید به گونه‌ای باشد که امکان تجمع و تعامل افراد را فراهم آورد و به سرزندگی خیابان یاری رساند.



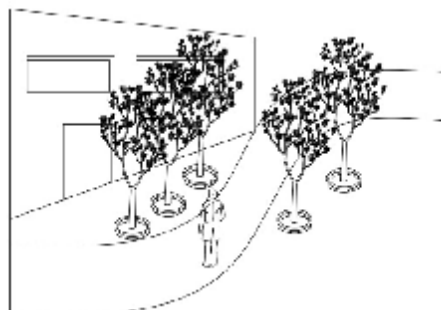
شکل 9. چیدمان مبلمان شهری

در ابتدا و انتهای پیاده‌رو باید موانعی برای جلوگیری از ورود موتورسیکلت به مسیر پیاده نصب شود. نظارت طبیعی و خطوط دید، پارک‌ها، فضاهای باز و زمین‌های بازی باید به شکل واضحی از خیابان‌های اطراف قابل دید باشد.



شکل 10. نظارت طبیعی در فضاهای شهری

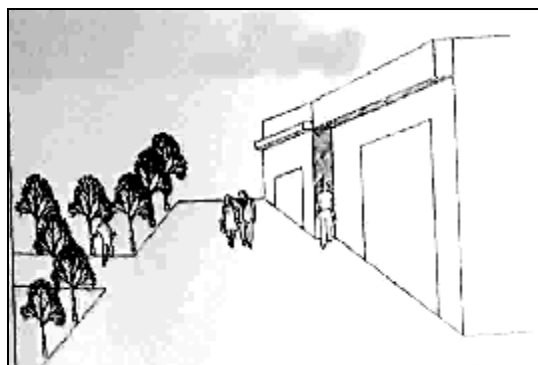
بهتر است پارک‌های کوچک یا لبه‌های پارک‌های بزرگ‌تر، توسط خانه‌ها یا مجموعه‌های تجاری اطراف قابل نظارت باشد.



شکل 11. نظارت بر پارک‌های کوچک

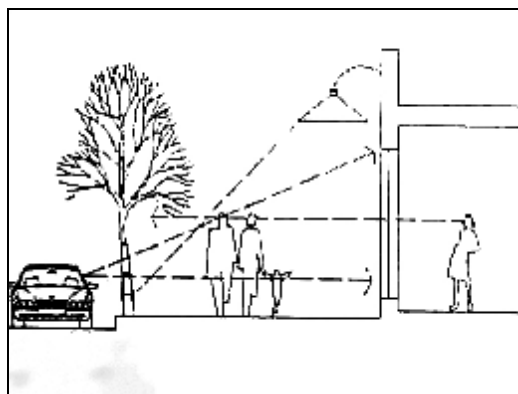
3-4-5. بدنه‌ها

بدنه‌ها باید فاقد گوشه‌های مخفی و بدون دید باشند تا مانع ایجاد ترس از جرم در عابران شوند.



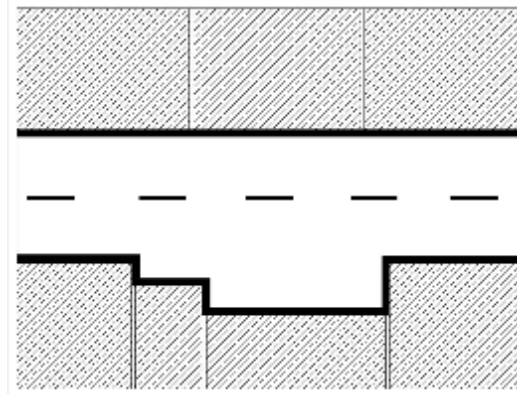
شکل 12. بدنه فاقد گوشه‌های مخفی

به منظور افزایش نظارت، بدنه مغازه‌ها باید شفاف بوده و فعالیت‌های درون مغازه تا جای امکان قابل دیدن باشد.



شکل 13. بدنه مغازه‌ها

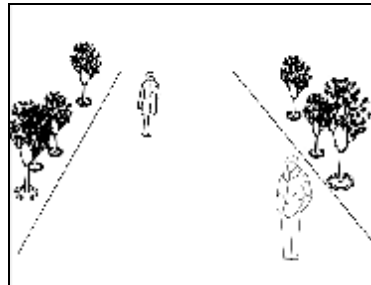
حذف پیش‌آمدگی و فرورفتگی بیش از اندازه که سبب القای احساس بی‌نظمی می‌شود.



شکل 14. حذف پیش‌آمدگی و فرورفتگی

5-4-4. پوشش گیاهی

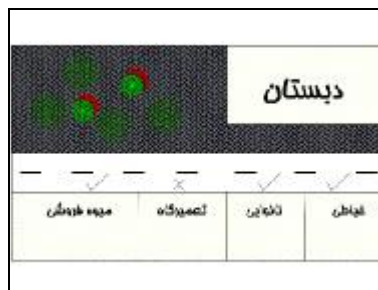
مسیرها می‌توانند دارای مرزی از گیاهان کوتاه یا گیاه‌کاری بلند باشند، به‌طوری‌که درختان و بوته‌ها ایجاد مناطق تله‌مانند نکنند و از خطوط دید نکاهند. همچنین پوشش گیاهی نباید سبب کاهش نور شود.



شکل 15. پوشش گیاهی مسیرها

5-4-4. کاربری اراضی

توزیع خدمات متنوع مورد نیاز ساکنان در مقیاس محله‌ای و در نتیجه کاهش نیاز ساکنان به مراجعه به سایر محله‌ها، از جمله موضوعاتی است که باید مورد توجه قرار گیرد. استقرار کاربری‌هایی که امکان حضور زنان در محدوده را در راستای افزایش سرزندگی محیط، افزایش می‌دهد نیز در همین راستاست.



شکل 16. توزیع خدمات متنوع مورد نیاز ساکنان محله‌ها

به منظور افزایش عملکرد و نظارت طبیعی، بعضی از مناطق می‌توانند برای دسته‌ای از فعالیت‌ها برنامه‌ریزی شوند؛ فعالیت‌هایی مانند خدمات محله، کافه‌ها، پارک‌های محله، مراکز باغبانی، مهد کودک‌ها، برنامه‌های بزرگسالان و سالخوردگان و کتابخانه‌های سیار.

5. نتیجه‌گیری

تحقیق حاضر به بررسی رابطه بین امنیت و کالبد شهر در محدوده‌های مطالعاتی پرداخت و یافته‌های برآمده از نتایج تحقیق نشان داد میزان امنیت کالبدی نواحی مختلف با یکدیگر متفاوت است. رویکرد پیشگیری از بروز جرم از طریق طراحی را می‌توان الگوی مناسبی برای ارتقای کیفیت و امنیت در عرصه‌های همگانی و به واسطه آن خلق مکان مطلوب در جهت ارتقای کیفیت زندگی به عنوان هدف نهایی طراحی شهری دانست. نکته مهم به رویکرد پیشگیری از بروز جرم از طریق طراحی محیطی در تدوین انواع طرح‌های شهری، استفاده از اهداف، راهبردها و سیاست‌های پیشنهادی این رویکرد در تمام طرح‌های شهری ارتباط می‌یابد. حال آنکه به نظر نگارنده، راهبردهای طراحی محیطی با توجه به شرایط مختلف و پیچیده طرح‌های شهری و موقعیت‌های اجتماعی - اقتصادی در مکان‌های مختلف، متفاوت است. پیشنهاد می‌شود در تدوین راهبردها و اهداف و سیاست‌های این رویکرد، با توجه به شرایط مکانی و فضایی طرح، راهکارهای منطبق بر موضوعات بیان شده مورد بازنگری و بومی‌سازی قرار گیرند. برای نمونه، استفاده از ابزار نظارت مکانیکی می‌تواند در جامعه‌ای مورد پذیرش، تشویق یا دفع قرار گیرد و این نکته باید با توجه به مسائل اجتماعی و شناخت وسیع‌تر محدوده در مورد استفاده از راهبردها، اهداف و سیاست‌ها و راهکارهای رویکرد CPTED در انواع طرح‌ها مورد بازنگری و استفاده قرار گیرد.

منابع

- الماسی‌فر انصاری، مجتبی (1389)، «بررسی امنیت محیطی در پارک‌های منطقه‌ای به‌عنوان بخشی از فضاهای شهری از دیدگاه زنان بر پایه رویکرد CPTED»، دوفصلنامه مدیریت شهری، شماره 25، صص 21-34.
- ایران‌منش، نسیم؛ بیگدلی، الهه (1392)، پیشگیری از جرایم توسط طراحی محیطی، تهران: نشر هنر معماری قرن.
- ایلکا، شهاب و همکاران (1391)، «تبیین مفهوم شناختی جلوگیری از جرایم از طریق طراحی محیطی» (CPTED)، اصول شاخص‌ها و معیارهای طراحی، نشریه پیام ایمنی، سال نهم، شماره 36، ص 17.
- بمانیان، محمدرضا؛ محمودی‌نژاد، هادی (1388)، امنیت و طراحی شهری، چاپ اول، تهران: انتشارات هله.
- بوئر، آلن؛ وروفر، اگزویه (1382)، خشونت و ناامنی شهری، ترجمه محمدرضا گودرزی بروجردی، چاپ اول، تهران: انتشارات مجد.
- طهرانی، فرید (1390)، ترس در فضای شهری، چاپ اول، تهران: انتشارات آرمان‌شهر.
- محمودی‌نژاد، هادی؛ آجوک، سوزان؛ تقوایی، علی‌اکبر؛ انصاری، مجتبی (1386)، «جلوگیری از جرایم شهری از طریق طراحی محیطی»، فصلنامه معماری ایران، شماره 29 و 30، 98-90، تابستان و پاییز.
- مرکز آمار ایران (1395)، سرشماری عمومی نفوس و مسکن، سالنامه آماری استان ایلام.
- ملکی، سعید (1390)، «سنجش توسعه پایدار در نواحی شهری با استفاده از تکنیک‌های برنامه‌ریزی (نمونه موردی: شهر ایلام)»، فصلنامه جغرافیا و توسعه، شماره 21، صص 117-136.
- مهندسین مشاور بُعد و تکنیک، طرح جامع شهرستان ایلام، سازمان مسکن و شهرسازی استان ایلام، 1385.
- Carmona, Matthew. Heath, Tim. Oc, Taner. Tiesdell, Steve (2003), Public places, Urban Spaces, Architectural Press an imprint of Elsevier.
- Coupland, Andy (1997), Reclaiming the City: Mixed Use Development, London: E & FN SPON.
- Hillier, B. & Hanson, J. (1984), The social logic of space, Cambridge University Press, New York.
- Monckuk L. (2012), The way forward in designing out crime? Greater Manchester police design for security consultancy, International CPTED Conference Sydney.
- Newman, Oscar (1996), Creating Defensible Space, U. S Department of housing and urban development office of policy development and research.
- Schneider, Richard H. & Kitchen, Ted (2007), Crime prevention and the built environment, Routledge, Taylor & Francis Group.
- Wilson. J. Kelling, G., Broken Windows (1982), "The police and neighborhood safety", The atlantic monthely, pp. 29-38, March.



تعیین پیمانکار مناسب برای انجام پروژه‌های عمرانی با استفاده از فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP)

محمد رضا داداشی *

مربی، گروه ریاضی، دانشگاه پیام نور، ایران

فیروز محمدی

مربی، گروه مهندسی عمران، آموزشکده شهید چمران اهر، دانشگاه فنی و حرفه‌ای، ایران

تاریخ پذیرش نهایی: 1398/03/01

تاریخ دریافت مقاله: 1397/12/05

چکیده

مدیریت ارزیابی و انتخاب پیمانکار مناسب یکی از قسمت‌های اساسی فرایند ساخت و ساز است، زیرا پیمانکاران یکی از ارکان پروژه‌های عمرانی و عامل اصلی تبدیل منابع به محصول نهایی هستند. بیشترین میزان بودجه پروژه‌های عمرانی، به عملیات اجرایی اختصاص می‌یابد؛ بنابراین اجرای هر پروژه نیازمند وجود پیمانکار مناسبی است که توانایی‌های لازم را برای انجام پروژه در محدوده زمانی و منابع پیش‌بینی شده و با کیفیت مورد نظر داشته باشد و از هدر رفتن منابع ملی کشور که از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است، جلوگیری کند. در این مقاله علاوه بر شناسایی شاخص‌های مؤثر در انتخاب پیمانکار مناسب و تعیین میزان اهمیت و اولویت‌بندی شاخص‌های مزبور، روش فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) را تشریح می‌کنیم و در ادامه، روش انتخاب پیمانکار مناسب را از میان پیمانکاران حاضر در مناقصه برای انجام یک پروژه عمرانی با به کارگیری روش فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) براساس شاخص‌های اولویت‌بندی شده بیان می‌کنیم.

واژگان کلیدی:

پروژه عمرانی، پیمانکار مناسب، فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی.

* نویسنده مسئول مکاتبات: mreza_dadashi@pnu.ac.ir

1. مقدمه

در حال حاضر روشی کارآمد و مبتنی بر اصول مدیریت نوین برای انتخاب پیمانکار پروژه‌های عمرانی وجود ندارد و در انتخاب آن به برگزیدن روش علمی و تکنیک‌های مناسب تصمیم‌گیری توجه چندانی نمی‌شود؛ از این رو اغلب پروژه‌های عمرانی دچار مشکلاتی مانند افزایش هزینه، به طول انجامیدن زمان اجرا یا کاهش کیفیت ناشی از انتخاب نکردن پیمانکار مناسب و شایسته برای پروژه می‌شوند (سعادت، 1373: 85). مدیریت ارزیابی و انتخاب پیمانکار برای واگذاری پروژه‌های عمرانی، قسمت اساسی فرایند ساخت و ساز است. از سوی دیگر، ضرورت انجام پروژه‌های کاربردی برای رفع مشکلات مختلف پروژه‌های عمرانی از جمله مشکلات موجود در زمینه مدیریت پروژه، شناسایی ابعاد و عوامل اثرگذار بر انتخاب پیمانکار و استفاده از شیوه‌های علمی تصمیم‌گیری در زمینه انتخاب پیمانکار اصلح و در نهایت جلوگیری از هدررفت منابع ملی کشور، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. در پژوهش حاضر که روی پروژه‌های عمرانی در شهرستان اهر از استان آذربایجان شرقی انجام گرفته است، تلاش می‌شود پاسخ به پرسش‌هایی که در رابطه با انتخاب پیمانکار پروژه‌های عمرانی مطرح است، با شناسایی شاخص‌های تأثیرگذار بر پیمانکاران و بررسی روش‌های علمی، انتخاب گزینه بهینه از میان گزینه‌های موجود و در نهایت تکنیکی مناسب برای انتخاب پیمانکار اصلح ارائه شود. یکی از کارآمدترین این تکنیک‌ها، فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی¹ (AHP) است که نخستین بار توسط توماس ال. ساتی² در سال 1980 مطرح شد (قدسی‌پور، 1379: 128). این تکنیک براساس مقایسه‌های زوجی بنا نهاده شده و امکان بررسی سناریوهای مختلف را به مدیران می‌دهد. همچنین دارای امکان بررسی سازگاری در قضاوت‌های انجام‌شده برای تعیین ضرایب اهمیت معیارها و زیرمعیارهاست (عطایی، 1394: 110). تویسرکانیان (1395) با ارائه الگویی، انتخاب پیمانکار مناسب در پروژه‌های عمرانی شهرداری منطقه 6 مشهد را با استفاده از مدل تحلیل سلسله‌مراتبی AHP بررسی کرده است (تویسرکانیان، 1395: 9). بیدی (1381) استفاده از سیستم‌های پشتیبان تصمیم‌گیری را برای تعیین پیمانکار مناسب، مفید دانسته و برای وزن‌دهی به معیارهای تصمیم‌گیری، روش تحلیل سلسله‌مراتبی را پیشنهاد کرده است. وی همچنین تعدادی از شاخص‌های مؤثر و مهم در انتخاب پیمانکار را نام برده و معتقد است در ایران، شاخص زمان اجرای کار برای رتبه‌بندی پیمانکاران در نظر گرفته نشده است (بیدی، 1381: 30).

1. Analytical Hierarchy Process

2. Thomas L. Saaty

در این مقاله شاخص‌های مؤثر در انتخاب پیمانکار مناسب و تعیین میزان اهمیت و اولویت‌بندی شاخص‌های مزبور و همچنین روش فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) به‌عنوان یکی از جامع‌ترین روش‌های علمی طراحی شده برای تصمیم‌گیری با شاخص‌های چندگانه، تشریح می‌شود. در ادامه، روش انتخاب پیمانکار مناسب برای انجام پروژه‌های عمرانی را با به‌کارگیری روش AHP براساس شاخص‌های اولویت‌بندی شده بیان می‌کنیم. همچنین در انجام این پژوهش، برای شناسایی معیارها از مطالعات کتابخانه‌ای و برای انجام محاسبات و رتبه‌بندی شاخص‌ها از نرم‌افزار Expert Choice 11 استفاده شده است.

2. روش فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی

فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی یکی از جامع‌ترین روش‌های طراحی شده برای تصمیم‌گیری با شاخص‌های چندگانه است که به منظور تصمیم‌گیری و انتخاب یک گزینه از میان گزینه‌های گوناگون تصمیم‌گیری، با توجه به شاخص‌های تعیین شده توسط تصمیم‌گیرنده، به کار گرفته می‌شود. فرایند AHP ترکیب معیارهای کیفی و کمی را هم‌زمان امکان‌پذیر می‌سازد. این فرایند از مقایسه‌های دویه‌دویی متغیرها و معیارهای تصمیم‌گیری استفاده می‌کند. مقایسه زوجی به تصمیم‌گیرنده این امکان را می‌دهد تا فارغ از هرگونه نفوذ و مزاحمت خارجی، تنها روی مقایسه دو معیار یا گزینه تمرکز کند؛ همچنین اطلاعات ارزشمندی را درباره مسئله مورد بررسی فراهم می‌آورد و سبب بهبود عامل منطقی بودن فرایند تصمیم‌گیری می‌شود (عطایی، 1394: 110).

2-1. مزایای فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی

- ❖ امکان فرموله کردن مسئله را به صورت سلسله‌مراتبی فراهم می‌کند؛
- ❖ در نظر گرفتن شاخص‌های مختلف کمی و کیفی را در مسئله ممکن می‌سازد؛
- ❖ گزینه‌های مختلف را در تصمیم‌گیری دخالت می‌دهد؛
- ❖ امکان تحلیل حساسیت براساس شاخص‌ها و زیرشاخص‌ها را دارد؛
- ❖ به واسطه بناشدن بر مقایسه‌های زوجی، قضاوت را آسان می‌سازد؛
- ❖ میزان سازگاری قضاوت‌های مربوط به مقایسه‌های زوجی را محاسبه می‌کند؛
- ❖ از مبنای نظری قوی برخوردار است؛
- ❖ امکان بررسی سازگاری در قضاوت‌های انجام شده به منظور تعیین ضرایب اهمیت معیارها

و زیرمعیارها در آن فراهم است؛

❖ امکان تلفیق قضاوت‌ها را فراهم کرده و منجر به تعیین رتبه نهایی هر گزینه می‌شود؛

❖ چهارچوبی برای مشارکت گروهی در تصمیم‌گیری آماده می‌سازد؛

❖ تمامی افراد متخصص می‌توانند به راحتی این روش‌ها را به کار ببرند؛

❖ برای حل محدوده وسیعی از مسائل قابل استفاده است؛

❖ مقیاسی برای اندازه‌گیری شاخص‌های کیفی و روشی برای محاسبه اولویت‌هاست (عطایی،

1394: 110؛ سعادت، 1379: 80).

با توجه به موارد گفته شده می‌توان از روش AHP برای مدل‌سازی انتخاب پیمانکار مناسب در پروژه‌های عمرانی و تعیین درجه اهمیت و اولویت‌بندی شاخص‌های مؤثر در آن استفاده کرد.

2-2. تشریح کلیات روش فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی

نخستین مرحله در تحلیل سلسله‌مراتبی، مدل‌سازی و بناکردن سلسله‌مراتب مدل است. در این مرحله، مسئله و هدف از تصمیم‌گیری، به صورت سلسله‌مراتبی از سطوح شامل عناصر تصمیم که با هم در ارتباط هستند، برداشت می‌شود. عناصر تصمیم شامل شاخص‌های تصمیم‌گیری و گزینه‌های تصمیم هستند. دومین مرحله، انجام مقایسه‌های زوجی است. در این مرحله تصمیم‌گیرنده باید مجموعه ماتریس‌هایی را که به طور عددی اهمیت یا برتری عناصر هر سطح را نسبت به عنصر مربوط به خود در سطح بالاتر نشان می‌دهد، ایجاد کند. این کار با انجام مقایسه‌های دوبه‌دو میان عناصر هر سطح (مقایسه زوجی) از طریق تخصیص اعدادی که نشان‌دهنده اهمیت یا برتری یکی نسبت به دیگری است، صورت می‌گیرد. مقادیر عددی این مقایسه‌ها در ماتریسی به نام ماتریس مقایسه‌های زوجی نگاشته می‌شود. این ماتریس دو خاصیت بارز دارد: نخست اینکه قطر آن عدد 1 است؛ بدین معنا که نسبت ترجیح هر عامل در مقایسه با خودش مساوی 1 است؛ دوم آنکه ترجیح عوامل نسبت به یکدیگر خاصیت معکوس‌پذیری دارد.

مرحله بعدی در روش AHP انجام محاسبات لازم برای تعیین وزن (اولویت) هریک از عناصر تصمیم با استفاده از اطلاعات ماتریس‌های مقایسه‌های زوجی است. چندین روش برای این کار وجود دارد که از مهم‌ترین آن‌ها می‌توان به روش حداقل مربعات، حداقل مربعات لگاریتمی، روش بُردار ویژه و روش‌های تقریبی اشاره کرد. در این مقاله از یکی از روش‌های تقریبی (میانگین حسابی) استفاده شده است که شامل سه مرحله است:

گام نخست: مقادیر هریک از ستون‌ها را با هم جمع می‌کنیم؛
گام دوم: هر عنصر در ماتریس مقایسه‌های زوجی را بر حاصل جمع ستون خودش تقسیم کرده تا ماتریس مقایسه‌های زوجی نرمالیزه شود؛
گام سوم: مقدار میانگین عناصر هر سطر از ماتریس نرمالیزه را محاسبه می‌کنیم. این مقادیر میانگین، وزن نسبی عناصر مورد نظر را مشخص می‌کند.
در روش تحلیل سلسله‌مراتبی، آخرین مرحله انتخاب گزینه برتر است. در این مرحله به منظور رتبه‌بندی گزینه‌های تصمیم و تعیین گزینه برتر، وزن‌های نسبی در هم ادغام می‌شوند. از آنجا که وزن شاخص‌ها منعکس‌کننده اهمیت آن‌ها در تعیین هدف بوده و وزن هر گزینه نسبت به شاخص‌ها، سهم آن گزینه در شاخص مربوط است، می‌توان گفت وزن نهایی هر گزینه از مجموع حاصل ضرب وزن هر شاخص در وزن گزینه مربوط از آن شاخص به دست می‌آید.

3. روش انتخاب پیمانکار مناسب با استفاده از تحلیل سلسله‌مراتبی

در روش فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP)، نخست سلسله‌مراتب تصمیم را که شامل عناصر تصمیم است، تشکیل می‌دهیم تا هدف نهایی که انتخاب مناسب‌ترین پیمانکار است، در سطح نخست سلسله‌مراتب تصمیم قرار گیرد. در سطح دوم، شاخص‌های اصلی که شامل کادر فنی و متخصص، سابقه کار، وضعیت اقتصادی و مالی و ماشین‌آلات پیمانکار و حسن سابقه است، قرار خواهند گرفت. در سطوح بعدی سلسله‌مراتب تصمیم، شاخص‌های فرعی و در سطح آخر گزینه‌های تصمیم یعنی پیمانکاران شرکت‌کننده در مناقصه قرار می‌گیرند.

3-1. مشخصات پروژه و پیمانکاران

برای انجام پژوهش حاضر و پیاده‌سازی روش فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی در انتخاب پیمانکار مناسب برای اجرای پروژه‌های عمرانی، پروژه ساختمان دانشگاه پیام نور اهر را در نظر می‌گیریم که در زمینی به مساحت 2222 متر مربع، با 730 متر مساحت زیربنا در سه طبقه واقع در استان آذربایجان شرقی، شهرستان اهر، در 100 کیلومتری مرکز استان با برآورد اولیه 12 میلیارد و 860 میلیون ریال، برای ساخت به مناقصه گذاشته شده بود. از شش شرکت پیمانکاری برای دریافت اسناد مناقصه دعوت شده بود که تنها چهار شرکت، اسناد تکمیل‌شده را بازگرداندند.

پیمانکار «الف» شرکتی دارای رتبه 4 ساختمان و رتبه 5 تأسیسات، با هشت سال سابقه کاری و دارای چهار کادر فنی لیسانس است.

- « پیمانکار «ب» دارای رتبه 4 ساختمان و رتبه 5 تأسیسات، با 21 سال سابقه کاری و دارای پنج کادر فنی لیسانس است.
- « پیمانکار «ج» دارای رتبه 4 ساختمان و رتبه 5 تأسیسات، با 27 سال سابقه کاری و دارای هفت کادر فنی لیسانس است.
- « پیمانکار «د» دارای رتبه 5 ساختمان و رتبه 5 تأسیسات، با هفت سال سابقه کاری و دارای سه کادر فنی لیسانس است.

2-3. تشکیل ماتریس‌های مقایسه زوجی نهایی پروژه

با استفاده از شاخص‌های کمی و کیفی مؤثر بر صلاحیت پیمانکاران و میزان اهمیت آن‌ها، همچنین با توجه به نظر مسئولان اداره مهندسی و میزان اهمیت پروژه، ماتریس مقایسه زوجی شاخص‌ها نسبت به هدف مشخص شد. همان‌طور که می‌دانیم عوامل مؤثر بر صلاحیت پیمانکاران پروژه‌های مختلف و میزان اهمیت آن‌ها، با توجه به نظر کارفرما تغییر می‌یابد (مظاهری‌زاده، 1392: 8). به همین منظور، پرسش‌نامه‌ای تدوین شد تا با استفاده از تصمیم‌گیری گروهی براساس روش AHP، شاخص‌های اصلی و فرعی را به صورت زوجی مقایسه کنیم. 40 نسخه از پرسش‌نامه تهیه و با مراجعه به جامعه آماری و استفاده از تکنیک‌های توزیع پرسش‌نامه و انجام مصاحبه، نسبت به جمع‌آوری قضاوت‌های افراد منتخب درباره اهمیت شاخص‌ها و مقایسه‌های زوجی آن‌ها اقدام شد. از میان موارد بیان‌شده درباره عوامل مؤثر بر صلاحیت پیمانکاران و میزان اهمیت آن‌ها برای تشکیل ماتریس‌های مقایسه زوجی، جدول‌های 1 تا 7 تهیه شده‌اند.

جدول 1. ماتریس مقایسه زوجی نهایی شاخص‌های اصلی نسبت به هدف

حُسن سابقه	ماشین‌آلات	مدیریتی و تخصص	اقتصادی و مالی	تجربی	فنی	انتخاب مناسب‌ترین پیمانکار
0/5	3	0/5	2	3	1	فنی
2	3	0/33	2	1	0/33	تجربی
1	2	0/5	1	0/5	0/5	اقتصادی و مالی
2	3	1	2	3	2	کادر متخصص و غیره
0/5	1	0/33	0/5	0/33	0/33	ماشین‌آلات
1	2	0/5	1	0/5	2	حُسن سابقه

جدول 2. ماتریس مقایسه زوجی نهایی شاخص‌های گروه فنی

چگونگی اجرای پروژه‌ها	رعایت استانداردها	داشتن نظام جامع برنامه‌ریزی	فنی
0/33	0/2	1	داشتن نظام جامع برنامه‌ریزی و فنی
3	1	5	رعایت استانداردها
1	0/33	3	چگونگی اجرای پروژه‌ها

جدول 3. ماتریس مقایسه زوجی نهایی شاخص‌های گروه تجربی

ارتباط و هماهنگی مستمر	خلاقیت و نوآوری	بومی‌بودن پیمانکار	سابقه اجرایی در رشته	تجربی
0/14	0/3	3	1	سابقه اجرایی در رشته
0/125	0/2	1	0/33	بومی‌بودن پیمانکار
0/3	1	5	3	خلاقیت و نوآوری
1	5	8	7	ارتباط و هماهنگی مستمر

جدول 4. ماتریس مقایسه زوجی نهایی شاخص‌های گروه اقتصادی و مالی

پرداخت به‌موقع دستمزد	قیمت پیشنهادی	توان مالی و پیشنهادی	اقتصادی و مالی
0/14	0/5	1	توان مالی و پیشنهادی
0/33	1	2	قیمت پیشنهادی
1	3	7	پرداخت به‌موقع دستمزد

جدول 5. ماتریس زوجی نهایی شاخص‌های گروه ماشین‌آلات

تجهیز کامل و به‌موقع کارگاه	دانش تجهیزات و ماشین‌آلات آماده به کار	ماشین‌آلات
1	1	دانش تجهیزات و ماشین‌آلات آماده به کار
1	1	تجهیز کامل و به‌موقع کارگاه

جدول 6. ماتریس مقایسه زوجی نهایی شاخص‌های گروه مدیریتی و کادر متخصص

میزان تحصیلات، رشته تحصیلی	مدیریت کارآمد	مدیریتی و کادر متخصص
1	1	مدیریت کارآمد و غیره
1	1	میزان تحصیلات، رشته تحصیلی

جدول 7. ماتریس مقایسه زوجی نهایی شاخص‌های گروه حُسن سابقه

اعتبار و خوش‌نامی شرکت و پرسنل کلیدی	حُسن سابقه در کارهای پیشین	حُسن سابقه
1	1	حُسن سابقه در کارهای پیشین
1	1	اعتبار و خوش‌نامی شرکت و پرسنل کلیدی

جدول 8. ماتریس مقایسه زوجی چهار پیمانکار نسبت به شاخص داشتن نظام جامع برنامه‌ریزی و کنترل پروژه

پیمانکار «د»	پیمانکار «ج»	پیمانکار «ب»	پیمانکار «الف»	داشتن نظام جامع برنامه‌ریزی
1	1	1	1	پیمانکار «الف»
1	1	1	1	پیمانکار «ب»
1	1	1	1	پیمانکار «ج»
1	1	1	1	پیمانکار «د»

جدول 9. ماتریس مقایسه زوجی چهار پیمانکار نسبت به شاخص رعایت استانداردها و مشخصه‌های فنی در پروژه‌های پیشین

پیمانکار «د»	پیمانکار «ج»	پیمانکار «ب»	پیمانکار «الف»	شیوه رعایت استانداردها
3	0/33	1	1	پیمانکار «الف»
3	0/33	1	1	پیمانکار «ب»
5	1	3	3	پیمانکار «ج»
1	0/2	0/33	0/33	پیمانکار «د»

جدول 10. ماتریس مقایسه زوجی پیمانکار نسبت به شاخص چگونگی اجرای پروژه‌های پیشین از نظر کیفیت، هزینه و برنامه زمانی

پیمانکار «د»	پیمانکار «ج»	پیمانکار «ب»	پیمانکار «الف»	چگونگی اجرای پروژه‌های پیشین
3	1	0/5	1	پیمانکار «الف»
2	0/5	1	1	پیمانکار «ب»
3	1	2	1	پیمانکار «ج»
1	0/33	0/5	0/3	پیمانکار «د»

جدول 11. ماتریس مقایسه زوجی چهار پیمانکار نسبت به شاخص سابقه اجرایی در رشته کاری مورد نظر

پیمانکار «د»	پیمانکار «ج»	پیمانکار «ب»	پیمانکار «الف»	سابقه اجرایی در رشته
3	2	2	1	پیمانکار «الف»
3	2	1	0/5	پیمانکار «ب»
2	1	0/5	0/5	پیمانکار «ج»
1	0/5	0/33	0/33	پیمانکار «د»

جدول 12. ماتریس مقایسه زوجی چهار پیمانکار نسبت به شاخص بومی بودن یا داشتن تجربه در محل اجرایی پروژه

پیمانکار «د»	پیمانکار «ج»	پیمانکار «ب»	پیمانکار «الف»	بومی بودن پیمانکار
0/33	1	0/5	1	پیمانکار «الف»
0/33	0/5	1	2	پیمانکار «ب»
0/5	1	2	1	پیمانکار «ج»
1	2	3	3	پیمانکار «د»

جدول 13. ماتریس مقایسه زوجی چهار پیمانکار نسبت به شاخص خلاقیت و نوآوری در پروژه‌های پیشین

پیمانکار «د»	پیمانکار «ج»	پیمانکار «ب»	پیمانکار «الف»	خلاقیت و نوآوری
1	1	1	1	پیمانکار «الف»
1	1	1	1	پیمانکار «ب»
1	1	1	1	پیمانکار «ج»
1	1	1	1	پیمانکار «د»

جدول 14. ماتریس مقایسه زوجی چهار پیمانکار نسبت به شاخص ارتباط و هماهنگی مستمر با کارفرما و دستگاه نظارت

پیمانکار «د»	پیمانکار «ج»	پیمانکار «ب»	پیمانکار «الف»	ارتباط و هماهنگی مستمر
1	0/3	2	1	پیمانکار «الف»
2	0/5	1	0/5	پیمانکار «ب»
3	1	2	3	پیمانکار «ج»
1	0/33	0/5	1	پیمانکار «د»

جدول 15. ماتریس مقایسه زوجی چهار پیمانکار نسبت به شاخص توان مالی و پشتیبانی

پیمانکار «د»	پیمانکار «ج»	پیمانکار «ب»	پیمانکار «الف»	توان مالی و پشتیبانی
0/5	1	0/5	1	پیمانکار «الف»
1	2	1	2	پیمانکار «ب»
0/5	1	0/5	1	پیمانکار «ج»
1	2	1	2	پیمانکار «د»

جدول 16. ماتریس مقایسه زوجی چهار پیمانکار نسبت به شاخص قیمت پیشنهادی

پیمانکار «د»	پیمانکار «ج»	پیمانکار «ب»	پیمانکار «الف»	قیمت پیشنهادی
0/5	2	3	1	پیمانکار «الف»
0/33	0/5	1	0/33	پیمانکار «ب»
0/5	1	2	0/5	پیمانکار «ج»
1	2	3	2	پیمانکار «د»

جدول 17. ماتریس مقایسه زوجی چهار پیمانکار نسبت به شاخص پرداخت به موقع دستمزد

کارکنان، عوامل کارگاهی و غیره

پیمانکار «د»	پیمانکار «ج»	پیمانکار «ب»	پیمانکار «الف»	پرداخت به موقع دستمزد، عوامل کارگاهی و غیره
1	1	1	1	پیمانکار «الف»
1	1	1	1	پیمانکار «ب»
1	1	1	1	پیمانکار «ج»
1	1	1	1	پیمانکار «د»

جدول 18. ماتریس مقایسه زوجی چهار پیمانکار نسبت به شاخص مدیریت کارآمد و سیستم مدیریتی مناسب

پیمانکار «د»	پیمانکار «ج»	پیمانکار «ب»	پیمانکار «الف»	مدیریت کارآمد و سیستم
2	1	1	1	پیمانکار «الف»
2	1	1	1	پیمانکار «ب»
2	1	1	1	پیمانکار «ج»
1	0/5	0/5	0/5	پیمانکار «د»

جدول 19. ماتریس مقایسه زوجی چهار پیمانکار نسبت به شاخص میزان تحصیلات، رشته تحصیلی، و تجربه اجرایی و عناصر کلیدی

پیمانکار «د»	پیمانکار «ج»	پیمانکار «ب»	پیمانکار «الف»	میزان تحصیلات، رشته تحصیلی، و تجربه اجرایی و عناصر کلیدی
3	0/5	2	1	پیمانکار «الف»
3	0/5	1	0/5	پیمانکار «ب»
3	1	2	2	پیمانکار «ج»
1	0/33	0/33	0/33	پیمانکار «د»

جدول 20. ماتریس مقایسه زوجی چهار پیمانکار نسبت به شاخص داشتن تجهیزات و ماشین‌آلات در دسترس

پیمانکار «د»	پیمانکار «ج»	پیمانکار «ب»	پیمانکار «الف»	داشتن تجهیزات و ماشین‌آلات
4	3	2	1	پیمانکار «الف»
3	2	1	0/5	پیمانکار «ب»
2	1	0/5	0/33	پیمانکار «ج»
1	0/5	0/33	0/25	پیمانکار «د»

جدول 21. ماتریس مقایسه زوجی چهار پیمانکار نسبت به شاخص تجهیز کامل و به موقع کارگاه

پیمانکار «د»	پیمانکار «ج»	پیمانکار «ب»	پیمانکار «الف»	تجهیز کامل و به موقع کارگاه
1	1	1	1	پیمانکار «الف»
1	1	1	1	پیمانکار «ب»
1	1	1	1	پیمانکار «ج»
1	1	1	1	پیمانکار «د»

جدول 22. ماتریس مقایسه زوجی چهار پیمانکار نسبت به شاخص حُسن سابقه در کارهای پیشین

پیمانکار «د»	پیمانکار «ج»	پیمانکار «ب»	پیمانکار «الف»	حُسن سابقه در کارهای پیشین
3	0/5	2	1	پیمانکار «الف»
2	0/33	1	0/5	پیمانکار «ب»
3	1	3	2	پیمانکار «ج»
1	0/33	0/5	0/33	پیمانکار «د»

جدول 23. ماتریس مقایسه زوجی چهار پیمانکار نسبت به شاخص اعتبار و خوش نامی شرکت و

پرسنل کلیدی

پیمانکار «د»	پیمانکار «ج»	پیمانکار «ب»	پیمانکار «الف»	اعتبار و خوش نامی شرکت و پرسنل کلیدی
3	2	2	1	پیمانکار «الف»
2	1	1	0/5	پیمانکار «ب»
2	1	1	0/5	پیمانکار «ج»
1	0/5	0/5	0/33	پیمانکار «د»

جدول 24. قیمت‌های پیشنهادی پیمانکاران

پیمانکار «د»	پیمانکار «ج»	پیمانکار «ب»	پیمانکار «الف»	پیمانکاران - قیمت پیشنهادی
1/980/000/000	2/018/000/000	2/024/000/000	000/000/2/010	قیمت پیشنهادی (ریال)

3-3. محاسبه وزن‌های نسبی شاخص‌ها

در این قسمت با استفاده از ماتریس‌های زوجی شاخص‌های اصلی نسبت به هدف (جدول 1)، ماتریس‌های مقایسه‌های زوجی شاخص‌های فرعی نسبت به شاخص‌های اصلی (جدول 2 تا 7) و ماتریس‌های مقایسه زوجی پیمانکاران نسبت به شاخص‌های فرعی (جدول 8 تا 23)، وزن نهایی شاخص‌های اصلی نسبت به هدف، و وزن نسبی شاخص‌های فرعی در رابطه با شاخص‌های اصلی، محاسبه می‌شوند.

3-4. انتخاب گزینه برتر

در این مرحله با ادغام وزن‌های نسبی، میزان اهمیت و اولویت‌بندی نهایی هریک از گزینه‌ها،

پیمانکاران به ترتیب زیر اولویت‌بندی می‌شوند که برای این منظور از نرم‌افزار Expert Choice استفاده شده است.

پیمانکار «ج»

پیمانکار «الف»

پیمانکار «ب»

پیمانکار «د»

4. نتیجه‌گیری

قیمت پیشنهادی پیمانکاران طبق جدول شماره 24 ارائه می‌شود. همان‌طور که می‌بینید، براساس قیمت پیشنهادی، پیمانکار «د» کمترین قیمت را ارائه داده است، در صورتی که طبق خروجی برنامه، پیمانکار «د» در آخرین اولویت قرار دارد و پیمانکار «ج» که طبق برنامه در اولویت اول قرار داشت، براساس قیمت پیشنهادی در ردیف سوم قرار دارد می‌گیرد. قیمت پیشنهادی پیمانکار «ج» حدود 1/9 درصد یعنی مبلغ 38 میلیارد ریال از قیمت پیشنهادی پیمانکار «د» بیشتر است. در این مثال اختلاف قیمت دو پیمانکار در حدود 1/9 درصد است که در مقایسه با ضرر و زیان احتمالی ناشی از انتخاب نادرست پیمانکار که ممکن است قیمت پیشنهادی آن براساس نداشتن تجربه کافی باشد، ناچیز است. چنانچه عوامل دیگری جز قیمت پیشنهادی در انتخاب پیمانکار دارای وزن‌بندی بیشتری باشد، پیمانکاری انتخاب خواهد شد که از نظر توان اجرایی، حسن سابقه و دیگر موارد در اولویت قرار دارد. این امر سبب می‌شود پروژه با کیفیت بالاتر، قیمت مناسب‌تر و زمان اجرای کوتاه‌تری به پایان برسد. با بررسی اطلاعات به‌دست‌آمده از تجزیه و تحلیل داده‌ها و مقایسه با روند جاری، نتایج زیر قابل‌دستیابی است:

1. قیمت پیشنهادی پیمانکاران که در حال حاضر در بیشتر موارد مهم‌ترین شاخص در انتخاب نهایی است، نه تنها مهم‌ترین شاخص نیست بلکه اهمیت آن از اهمیت تعدادی از شاخص‌های دیگر نیز کمتر است؛

2. شاخص مدیریت کارآمد و سیستم مدیریتی مناسب که تنها در مرحله ارزیابی توان اجرای کار و آن هم پایین‌ترین ضریب وزنی نسبت به شاخص‌های دیگر مورد بررسی قرار می‌گیرد، بزرگ‌ترین ضریب وزنی را دارد و اهمیت آن در رابطه با اصلح بودن پیمانکاران از تمام شاخص‌های دیگر بیشتر است؛

3. شاخص‌هایی که مربوط به توانایی و مهارت‌های پرسنل پیمانکاران است از جمله شیوه رعایت

استانداردها و مشخصه‌های فنی در پروژه‌های پیشین، داشتن نظام جامع برنامه‌ریزی و کنترل پروژه و میزان تحصیلات، رشته تحصیلی و تجربه اجرایی کادر متخصص و عناصر کلیدی، پس از شاخص مدیریت کارآمد و سیستم مدیریتی مناسب، از شاخص‌های دیگر مهم‌تر بوده و در اصلح‌بودن پیمانکار نقش بیشتری دارند؛

4. شاخص‌هایی که به توانایی‌های مالی و سخت‌افزاری پیمانکاران بستگی دارد، از جمله داشتن تجهیزات و ماشین‌آلات آماده‌به‌کار یا در دسترس و توان مالی و پشتیبانی، در اصلح‌بودن پیمانکاران در جایگاه‌های پایین‌تری قرار دارند. این مطالب نشان می‌دهد قابلیت‌های منابع انسانی پیمانکاران مهم‌تر از قابلیت‌های مالی و سخت‌افزاری است؛ به عبارت دیگر دانش، تجربه، خلاقیت و نوآوری مدیران توانا و پرسنل کارآمد، در اصلح‌بودن پیمانکاران بیشتر از هر معیار دیگری اهمیت می‌یابد؛ از این‌رو ضرورت بازنگری در روش جاری انتخاب پیمانکار و توجه بیشتر به پارامترهای مربوط به منابع انسانی در این رابطه، بیشتر نمایان می‌شود.

منابع

1. امیدواری، منوچهر؛ قره‌داغی، غلامرضا (1397)، «ارائه الگوی انتخاب پیمانکاران با استفاده از روش ترکیبی GDEMATEL-ANP و تحلیل رابطه خاکستری با رویکرد ایمنی (مطالعه موردی در صنعت نفت)»، سلامت کار ایران، دوره 15، شماره 1، صص 1-16.
2. تویسرکانیان، م؛ موسوی قوچانی، ح؛ نعیمی مقدم، م؛ سلطانی، م (1395)، «ارائه الگوی انتخاب پیمانکار مناسب در پروژه‌های عمرانی شهرداری با استفاده از مدل تحلیل سلسله‌مراتبی AHP، در راستای جامعه ایمن، مطالعه موردی: منطقه 6 شهرداری مشهد»، هشتمین اجلاس آسیایی جامعه ایمن و اولین اجلاس منطقه‌ای جامعه ایمن مشهد.
3. خلیلی بروجنی، ن؛ وسیلی، م؛ زارعی، ع. (1395)، «انتخاب پیمانکاران جزء مناسب در پروژه‌های عمرانی مبتنی بر عوامل مؤثر کیفیت و با استفاده از روش تاپسیس»، کنفرانس بین‌المللی مهندسی صنایع و مدیریت پایدار، دانشگاه آزاد اسلامی واحد خوراسگان، اصفهان.
4. نصراللهی، م؛ مظفری، م. (1395)، «خوشه‌بندی و رتبه‌بندی پیمانکاران با استفاده از مدل‌های خوشه‌بندی و ویکور (مطالعه موردی: مسکن مهر شهر جدید هشتگرد)»، مدیریت شهری، شماره 44، صص 548-537.
5. عطایی، محمد (1394)، تصمیم‌گیری چندمعیاره، شاهرود: انتشارات دانشگاه شاهرود.
6. محقر، علی؛ مهرگان، محمدرضا؛ آذر، عادل؛ مطهری فریمانی، ناصر (1393)، «طراحی مدلی برای انتخاب پروژه‌های عمرانی در بخش عمومی»، نشریه مدیریت صنعتی، سال ششم، شماره 15، صص 847-831.
7. مظاهری‌زاده، ی؛ ناجی عظیمی، ز. (1392)، «شناسایی و ارزیابی شاخص‌های مؤثر در انتخاب پیمانکاران پروژه‌های فاینانس شرکت آب و فاضلاب مشهد»، ششمین کنفرانس بین‌المللی انجمن ایرانی تحقیق در عملیات، پژوهشکده تحقیق در عملیات.
8. نوجوان، مهدی؛ محمدی، علی‌اصغر؛ صالحی، اسماعیل (1390)، «کاربرد روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره در برنامه‌ریزی شهری و منطقه‌ای با تأکید بر روش‌های TOPSIS و MADM SAW»، نشریه مدیریت شهری، شماره 28.
9. اصغری‌زاده، عزت‌اله (1387)، «شناسایی و تعیین وزن شاخص‌های مؤثر در انتخاب پیمانکاران پروژه‌های عمرانی»، مجله پژوهش‌های مدیریت، سال اول، شماره دوم، صص 105-123.
10. نیکمردان، علی (1386)، معرفی نرم‌افزار Expert Choice 11، انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر.

11. بیدی، عباس (1381)، «بررسی معیارهای ارزیابی پیمانکاران»، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه علم و صنعت ایران.
12. قدسی‌پور، حسن (1379)، فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی AHP، انتشارات دانشگاه تهران.
13. سعادت، اسفندیار (1373)، فرایند تصمیم‌گیری در سازمان، انتشارات دانشگاه تهران.
14. Gudienė, Neringa & Banaitienė Nerija (2014), "Identification and evaluation of the critical success factors for construction projects in Lithuania: AHP approach", Journal of Civil Engineering and Management.
15. Zabihi, Hosein; Habib, Farah; Mirsaedi, Leila (2013), "Sustainability Assessment Criteria For Building Systems in Iran", Middle East Journal of Scientific Research, No. 13.

دوفصلنامه علمی - ترویجی کارافن

شماره چهل و پنجم، بهار و تابستان 1398 (صص 13-26)

شاپای چاپی: 2382-9796 شاپای الکترونیکی: 2538-4430

<http://karafan.tvu.ac.ir>



تحلیل عددی تأثیر بلانکت رسی و دیوار آب‌بند بر کاهش نشت از پی سد خاکی

فرزاد فرخزاد

استادیار، دانشکده مهندسی عمران، مؤسسه آموزش عالی صنعتی مازندران، بابل

محمدجواد شعبانی*

دانشجوی دکتری، مدرس مؤسسه آموزش عالی طبری، بابل

فرشاد شجاعی

کارشناس ارشد، دانشکده مهندسی عمران، مؤسسه آموزش عالی صنعتی مازندران، بابل

تاریخ پذیرش نهایی: 1397/09/10

تاریخ دریافت مقاله: 1397/04/08

چکیده

اختلاف تراز آب در دو طرف سدهای خاکی، امکان نشت آب از بدنه و پی سد خاکی را سبب خواهد شد. روش‌های گوناگونی مانند اجرای بلانکت رسی، دیوار آب‌بند و ترکیبی از آن‌ها برای کاهش نشت از بستر سد خاکی مورد استفاده قرار می‌گیرد. در مقاله حاضر با استفاده از نرم‌افزار Seep/w میزان نشت عبوری از پی سد خاکی تحت تأثیر بلانکت رسی، دیوار آب‌بند و ترکیبی از آن‌ها مطالعه شده است. نتایج این بررسی نشان می‌دهد ترکیب بلانکت و دیوار آب‌بند با ارتفاع کامل تا انتهای لایه نفوذپذیر در مقابل حالت بدون بلانکت، تأثیر چندانی نداشته و درصد کاهش نشت در دو مورد تقریباً یکسان است، ولی در مقابل چنان‌چه از دیوار آب‌بند ناقص به همراه بلانکت استفاده شود، میزان کاهش نشت نسبت به حالت بدون بلانکت افزایش دوبرابری خواهد داشت.

واژگان کلیدی:

بلانکت رسی، دیوار آب‌بند، سد خاکی، نشت.

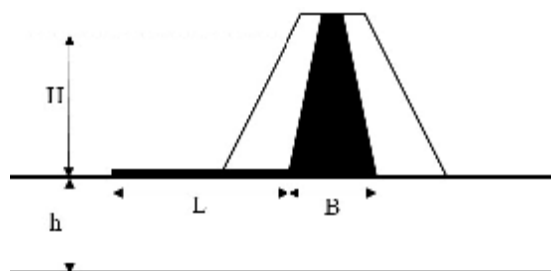
* نویسنده مسئول مکاتبات: javad.shr@gmail.com

1. مقدمه

مسئله تراوش یکی از موضوعات مهم در طراحی و بهره‌برداری از سدهای خاکی است. وجود تراوش از سدهای خاکی اجتناب‌ناپذیر بوده و اگر شرایط مناسبی برای فرسایش خاک وجود داشته باشد، موجب شسته‌شدن نقاط مستعد می‌شود و چنانچه در ابتدای بروز، اقدامات لازم صورت نگیرد به تخریب سد منجر خواهد شد. آب جمع‌شده در مخزن سد ممکن است از محل پی سد، تکیه‌گاه‌های جانبی یا از بدنه سد نشت کند. روش‌های متنوعی برای کاهش میزان نشت و کنترل آن وجود دارد. ویژگی‌های سنگ و خاک موجود در بستر سد و تکیه‌گاه آن، مصالح در دسترس برای ساختمان سد، شیوه طراحی و شکل انتخاب‌شده سد و سرانجام محدودیت‌های اجرایی هریک می‌توانند به شکلی در انتخاب روش‌های مناسب برای آب‌بندی سد مؤثر واقع شوند. یکی از روش‌های کاهش نشت از پی سدهای خاکی ساخته‌شده روی بسترهای آبرفتی با نفوذپذیری بالا، استفاده از بلانکت رسی و اتصال آن به هسته رسی است. آیین‌نامه USBR در سال 1987، برای محاسبه نشت از پی در صورت وجود بلانکت رسی، رابطه زیر را ارائه داده است:

$$Q = f k_f H \quad (1)$$

در این رابطه، Q دبی در واحد عرض و k_f ضریب نفوذپذیری بستر است. شیوه محاسبه f و تعیین H براساس شکل شماره 1 صورت می‌گیرد.



شکل 1. هندسه سد جهت محاسبه نشت براساس USBR

$$f = \frac{h}{(B + 0.80d)} \quad (2) \text{ محاسبه نشت بدون بلانکت}$$

$$f = \frac{h}{(L + B + 0.43d)} \quad (3) \text{ محاسبه نشت با حضور بلانکت}$$

از روش‌های دیگر کاهش نشت از پی سد خاکی، استفاده از دیوار آب‌بند با ارتفاع‌های مختلف است. آیین‌نامه USACE در سال 2004 رابطه زیر را برای محاسبه کاهش نشت از پی سد در اثر احداث

دیوار آببند توصیه کرده است:

$$Q/k_f H = 1 / \left(0.88 + \left(\frac{B}{H} \right) + \left(\left(\frac{k_f}{k_w} \right) - 1 \right) \left(\frac{t_w}{H} \right) \right) \quad (4)$$

با توجه به این رابطه، k_w ضریب نفوذپذیری دیوار آببند و t_w ضخامت آن است. معرفی پارامترهای دیگر مطابق با رابطه 1 و شکل 1 است. در سال‌های گذشته مطالعات آزمایشگاهی، تحلیلی و عددی متنوعی در مورد مسئله نشت انجام شده است (Fakhari & Ghanbari, 2013; Rezk & Senoon, 2011؛ توکلی و همکاران، 1395). نخستین مطالعه انجام گرفته در زمینه نشت از پی سدهای خاکی توسط ترذاقی¹ انجام گرفت. وی با تحلیل نشت از بدنه و پی سد خاکی و با توجه به ضریب نفوذپذیری مصالح تشکیل دهنده، نتیجه خود را ارائه داد. او با در نظر گرفتن عمق‌های مختلف از پرده آببند واقع شده در پی سد خاکی، به ارزیابی نشت از پوسته و پی پرداخت. ارزیابی او براساس روش شبکه جریان ترسیم شده برای هر حالت انجام گرفته بود. بنت² در مطالعه‌ای در سال 1946، معادله دیفرانسیل حاکم بر تراوش در سدهایی با پوشش بالادست (بلانکت) را به دست آورد و ارائه داد. بنت روابط محاسبه طول مؤثر بلانکت را در حالات مختلف نامحدود و محدود به دست آورد.

شهرکی و همکاران در سال 1392 تحلیل عددی کارایی تزریق پرده آببند سد شهر بیجار را بررسی کردند. نتایج حاصل از این بررسی نشان داد بهترین مکان قرارگیری پرده آببند برای کاهش نشت، در پنجه هسته سد بوده است. براساس مطالعات گوهرنژاد³ و همکاران در سال 2010 بر روی سد فریم صحرا مازندران، میزان طول مناسب بلانکت در بالادست سد 150 متر تعیین شد. قنبری و زریابی⁴ (2014) تأثیر ترانشه رسی بر کنترل نشت در پی سدهای خاکی را مورد مطالعه قرار دادند. نتایج حاصل از این مطالعه نشان داد هرچه نسبت عرض کف ترانشه به عرض کف هسته کمتر شود، مقدار نشت نیز کاهش خواهد یافت. منصوری⁵ و همکاران در سال 2014 تأثیر محل و زاویه دیوار آببند بر فشار بالابرنده در سد انحرافی را بررسی کردند. نتایج این مطالعه نشان داد با زاویه دار کردن دیوار آببند به سمت بالادست سد، نیروی بالابرنده کاهش قابل ملاحظه‌ای خواهد داشت.

بررسی‌های انجام گرفته در متون علمی نشان می‌دهد مسئله نشت از پی سد خاکی دارای اهمیت بسیار بوده است. در روابط ارائه شده در رابطه با محاسبه نشت، تأثیرات قابل ملاحظه مشخصات مصالح

1. Terzaghi

2. Bennet

3. Ghoharnejad

4. Ghanbari & Zaryabi

5. Mansuri

مورد استفاده در نظر گرفته نشده است؛ از این رو در مطالعه حاضر تحلیل پدیده نشت از پی سد خاکی با استفاده از نرم افزار Seep/w مورد بررسی قرار گرفت. در تحلیل های حاضر، پارامترهایی مانند تأثیر بلانکت رسی، دیوار آب بند و ترکیب آن ها بر میزان درصد کاهش نشت از پی سد مورد بررسی قرار گرفته است.

2. مبانی نظری معادله نشت

معادله اصل بقای جرم در یک محیط متخلخل به صورت زیر بیان می شود:

$$\frac{\partial(\rho_f m)}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x_i}(\rho_f q_i) = 0 \quad (5)$$

که در آن p_f معرف دانسیته آب (kg/m^3)، n معرف ضریب تخلخل، X_i معرف فاصله، q_i معرف جریان نشت (جریان دارسی، m/s) و t معرف زمان است. سرعت نشت آب را می توان براساس قانون دارسی و با استفاده از رابطه زیر توصیف کرد:

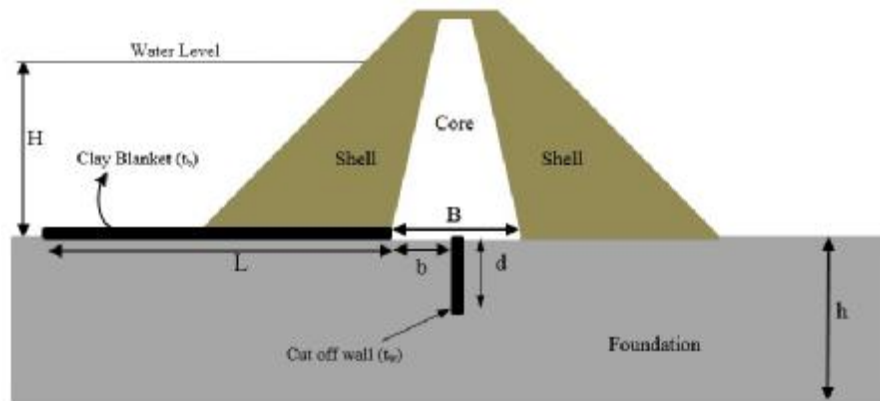
$$q_i = -\frac{k_{ij}}{\mu} \left(\frac{\partial p}{\partial x_i} + \rho_f g_i \right) \quad (6)$$

که در آن k_{ij} معرف نفوذپذیری، معرف ویسکوزیته، p معرف فشار و g_i معرف شتاب ثقل است. با ترکیب معادلات 5 و 6، معادله نشت آب به صورت رابطه 7 تعیین می شود. با توجه به این معادله، میزان نشت وابسته به فشار یا سطح پیزومتريک بوده و با تغییر دانسیته آب تغییر خواهد کرد:

$$\frac{\partial(\rho_f m)}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x_i} \left(k_{ij} \frac{\partial p}{\partial x_i} + \rho_f k_{ij} g_i \right) = 0 \quad (7)$$

3. مدل سازی

در تحقیق حاضر، به منظور انجام تحلیل ها از نرم افزار Seep/w 2012 استفاده شده است. همچنین سد خاکی با مشخصات هندسی نشان داده شده در شکل شماره 2 در نظر گرفته شده است. با توجه به این شکل، پارامترهای هندسه سد عبارتند از: طول بلانکت رسی (L)، ضخامت بلانکت رسی (t_b)، ضریب نفوذپذیری بلانکت رسی (k_b)، عمق پی (h)، ضریب نفوذپذیری پی (k_f)، عمق دیوار آب بند (d)، ضخامت دیوار آب بند (t_w)، ضریب نفوذپذیری دیوار آب بند (k_w)، در جدول شماره 1 محدوده پارامترهای مورد بررسی ارائه شده است. ارتفاع آب پشت سد (H) ثابت و برابر 40 متر منظور شده است. برای تراوش از بستر سد خاکی، نفوذپذیری هسته در حالت None قرار داده می شود؛ از این رو میزان نشت عبوری از پی سد خاکی تحت تأثیر پارامترهای مختلف مورد ارزیابی قرار گرفت.



شکل 2. هندسه سد خاکی مورد بررسی در تحلیل های Seep/w

جدول 1. مشخصات هندسه و مصالح خاکی

مشخصات	پی	بلانکت	دیوار آببند
طول (متر)	-	50 تا 350	12/5 تا 50
ضخامت (متر)	50	0/5 تا 1/5	0/5 تا 1/5
ضریب نفوذپذیری (m/s)	10^{-3} تا 10^{-4}	10^{-6} تا 10^{-8}	10^{-6}

4. ارائه نتایج

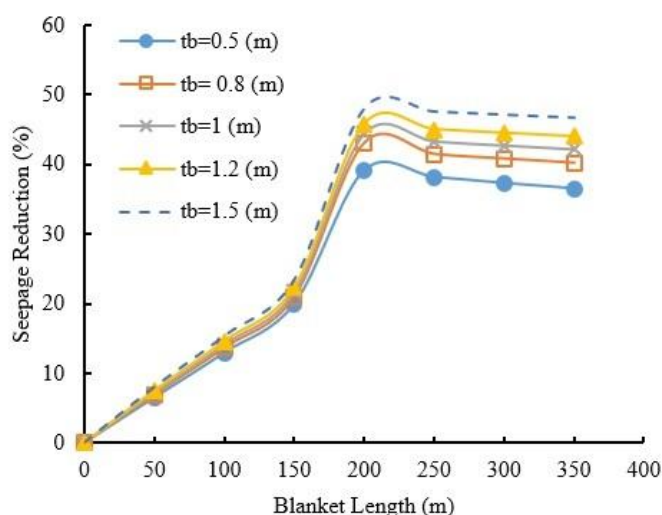
با توجه به مطالب بیان شده در این بخش، نتایج حاصل از درصد کاهش نشت¹ از بستر سد خاکی با استفاده از روش بلانکت رسی، دیوار آببند و روش ترکیبی ارائه شده است.

4-1. تأثیر بلانکت رسی

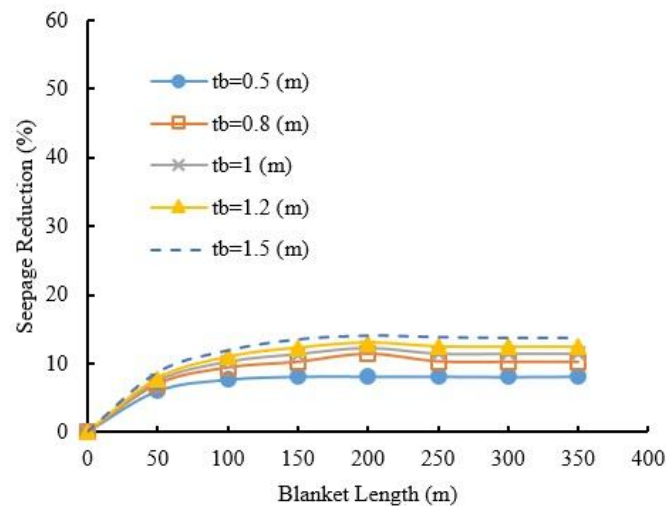
شکل های 3 و 4 تأثیر طول بلانکت رسی را بر کاهش نشت عبوری از پی سد خاکی نمایش می دهد. با توجه به این اشکال، با افزایش طول بلانکت، میزان نشت عبوری از بستر سد، روند کاهشی می یابد؛ البته تأثیر کاهش نشت به نفوذپذیری بلانکت وابسته بوده و با توجه به این شکل ها، بلانکت با نفوذپذیری 10^{-7} متر بر ثانیه (شکل 3) نسبت به بلانکت با نفوذپذیری 10^{-6} متر بر ثانیه (شکل 4) درصد کاهش نشت بیشتری را نشان داده است. درصد کاهش نشت حاصل از بلانکت با نفوذپذیری⁷ 10^{-7} متر بر ثانیه با هر ضخامتی و با طول بیش از 200 متر تقریباً ثابت بوده است، در حالی که همین روند برای بلانکت با نفوذپذیری 10^{-6} متر بر ثانیه برای طول های بیش از 100 متر تقریباً ثابت است.

1. Seepage Reduction Percent

تأثیر ضخامت بلانکت بر کاهش نشت در شکل شماره 5 نشان داده شده است. همان طور که از این شکل پیداست، با افزایش ضخامت بلانکت رسی میزان کاهش نشت افزایش یافته است. از این شکل ها می توان متوجه شد، تأثیر افزایش نشت برای بلانکت هایی با ضخامت بیش از 0/5 متر قابل توجه نخواهد بود؛ از این رو می توان اجرای بلانکت های رسی با ضخامت بین 0/5 تا 1 متر را برای درصد کاهش نشت از پی سدهای خاکی مناسب در نظر گرفت. همچنین با توجه به شکل های 3، 4 و 5، کاهش نشت برای طول بلانکت رسی بیش از 200 متر قابل توجه نیست؛ بنابراین می توان طول مناسب بلانکت را برای اجرا، 200 متر در نظر گرفت.

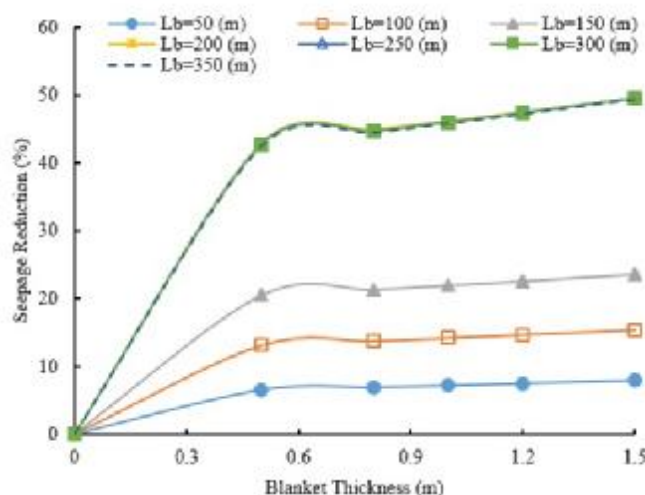


شکل 3. تأثیر ضخامت و طول بلانکت در کاهش نشت از پی ($K_b=10^{-7}$ m/s)



شکل 4. تأثیر ضخامت و طول بلانکت در کاهش نشت از پی ($K_b=10^{-6}$ m/s)

برای بررسی نتایج حاصل از تحلیل حاضر با روابط ارائه شده توسط USBR، مقایسه‌ای در جدول شماره 2 ارائه شده است. در روابط ارائه شده توسط آیین‌نامه USBR تأثیرات ضخامت بلانکت و نفوذپذیری بستر و بلانکت لحاظ نشده و تنها درصد کاهش نشت وابسته به طول و عمق بستر است. همان‌طور که جدول شماره 2 نشان می‌دهد، نتایج حاصل از تحلیل حاضر اختلاف قابل‌توجهی با روابط ارائه شده دارد. یکی دیگر از نکات قابل‌توجه در این جدول که می‌توان به آن اشاره کرد، تأثیر کم‌کاهش نشت برای طول‌های بیش از 200 متر است که هم در تحلیل حاضر و هم با روابط USBR قابل‌مشاهده است؛ از این‌رو توصیه می‌شود در طراحی سدهای خاکی از روابط آیین‌نامه USBR با دقت بیشتر و همراه با نتایج حاصل از تحلیل‌های عددی استفاده شود.



شکل 5. تأثیر ضخامت و طول بلانکت در کاهش نشت از پی ($K_b=10^{-8}$ m/s)

جدول 2. مقایسه درصد کاهش نشت حاصل از مطالعه حاضر (با $t_w=0.8$ متر) با آیین نامه USBR

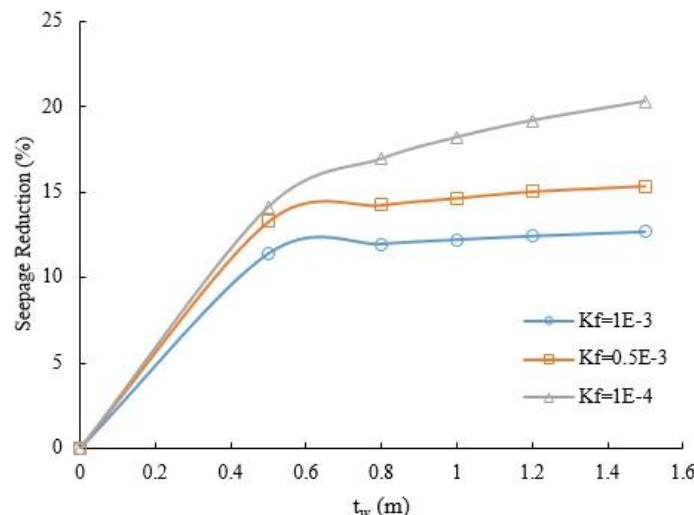
طول بلانکت (متر)	50	100	150	200	250	300	350
آیین نامه و تحلیل عددی							
USBR (1987)	27/1	51/1	63/3	70/6	75/5	78/9	81/6
Seep/w (m/s $K_f=10^{-4}$, $K_b=10^{-6}$)	6/9	9/3	10/2	11/4	10/2	10/2	10/2
Seep/w ($K_f=10^{-3}$, $K_b=10^{-7}$ m/s)	6/9	13/6	21	43/1	41/4	40/8	40/2

2-4. تأثیر دیوار آب بند

برای بررسی دیوار آب بند، پارامترهایی مانند ضخامت (t_w)، ارتفاع (d)، محل قرارگیری (b/B)، زاویه (α) نسبت به افق در سمت بالادست و پایین دست مورد توجه قرار گرفته است. نتایج به دست آمده در شکل های 6 تا 10 نشان داده شده است.

شکل شماره 6 تأثیر ضخامت دیوار آب بند بر درصد کاهش نشت از پی تحت ضرایب نفوذپذیری مختلف مصالح بستر را نشان می دهد. همان گونه که مشاهده می شود، با افزایش ضخامت دیوار آب بند،

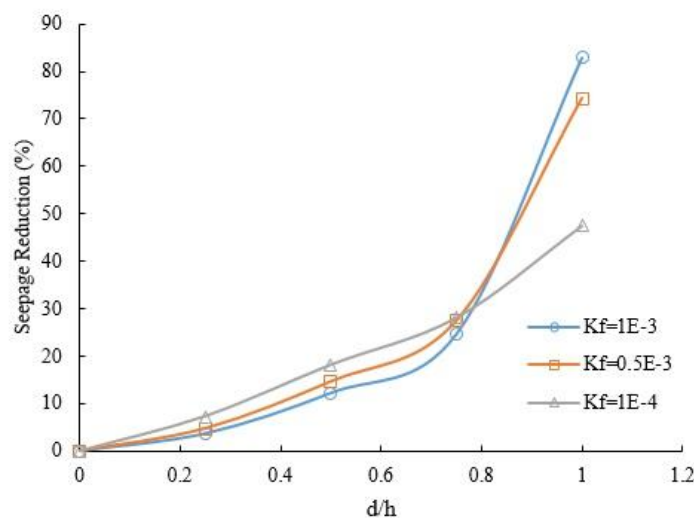
میزان درصد کاهش نشت از پی سد، روند افزایشی دارد، البته این روند با کاهش نفوذپذیری بستر مشهودتر است؛ بنابراین انتخاب ضخامت دیوار آب‌بند بین 0/4 تا 0/8 متر، می‌تواند مناسب‌ترین محدوده برای استفاده در کارهای طراحی و اجرایی باشد.



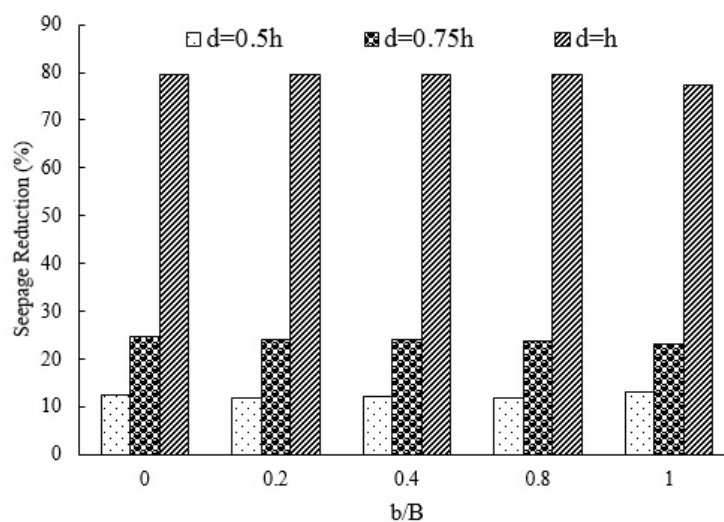
شکل 6. تأثیر ضخامت دیوار آب‌بند بر کاهش نشت

در شکل شماره 7 تأثیر ارتفاع دیوار آب‌بند (d) نسبت به h که معرف عمق تا سنگ بستر نفوذناپذیر است، نشان داده می‌شود. همان‌طور که می‌بینید، با افزایش عمق، میزان درصد کاهش نشت از بستر افزایش می‌یابد. همچنین از نسبت ارتفاع 0/8 میزان کاهش نشت، افزایش قابل توجهی را نشان داده است. افزایش میزان کاهش نشت با افزایش نسبت ارتفاع به بیش از 0/8 در مصالح با نفوذپذیری بالاتر نیز قابل توجه بوده است. براساس این موارد، شاید امکان استفاده از پرده آب‌بند به ارتفاع h کمتر مدنظر طراحان و مجری‌ها قرار گرفته باشد، اما استفاده از پرده آب‌بند با ارتفاع مناسب می‌تواند موجب کاهش قابل توجهی از میزان نشت از پی سد خاکی شود.

شکل شماره 8 تأثیر جایگاه قرارگیری دیوار آب‌بند در زیر هسته بر درصد کاهش نشت را نشان داده است. در این شکل، B عرض کف هسته و b فاصله از پای شیب بالادست هسته هستند. با بررسی انجام گرفته در نسبت ارتفاع‌های مختلف آب‌بند و در مکان‌های متفاوت در زیر هسته، تغییرات قابل ملاحظه‌ای در کاهش نشست مشاهده نشده است. همچنین گستره تغییرات به کمتر از 5 درصد رسیده است؛ از این رو محل قرارگیری دیوار آب‌بند تأثیری بر میزان کاهش نشت نخواهد داشت؛ بنابراین در کل تحلیل‌ها محل قرارگیری دیوار آب‌بند در وسط کف هسته است.



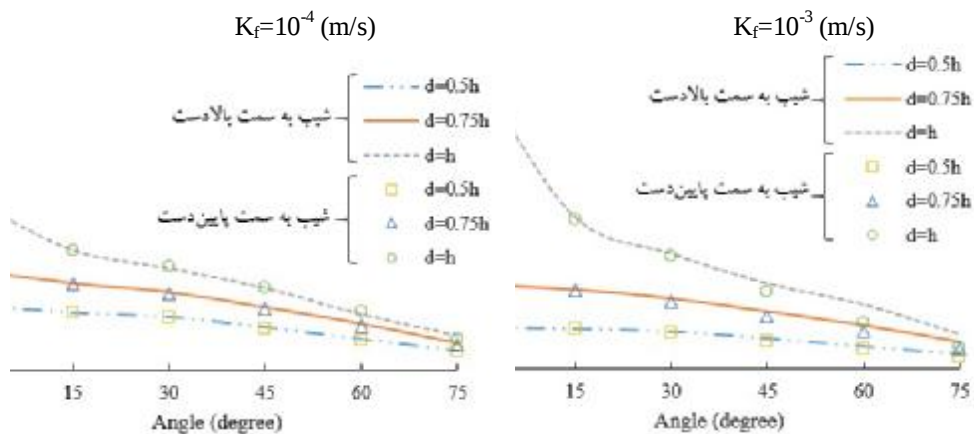
شکل 7. تأثیر ارتفاع دیوار آب‌بند بر کاهش نشت



شکل 8. تأثیر جایگاه دیوار آب‌بند بر کاهش نشت

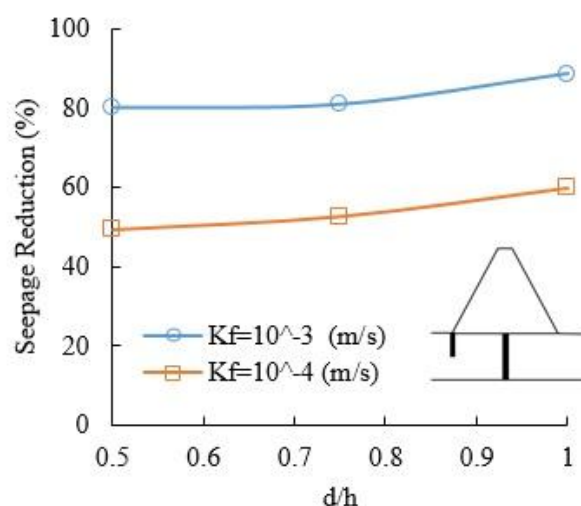
تأثیر زاویه‌دار کردن دیوار آب‌بند به سمت بالادست و پایین‌دست، در شکل شماره 9 نشان داده شده است. با افزایش زاویه دیوار آب‌بند نسبت به قائم، میزان درصد کاهش نشت، روند کاهشی داشته است؛ از این رو زاویه‌دار کردن دیوار آب‌بند تأثیر منفی را بر کاهش نشت نشان داده است؛ ضمن اینکه اختلاف قابل‌ملاحظه‌ای بین نتایج حاصل از دیوار آب‌بند زاویه‌دار به سمت بالادست و پایین‌دست مشاهده نشده است. با توجه به این نمودارها در شرایطی که نسبت ارتفاع دیوار آب‌بند به عمق بستر

برابر یک باشد، تأثیر منفی زاویه‌دار کردن بر روی درصد کاهش نشت، بیشتر شده است. از دلایل تأثیر منفی دیوار آب‌بند زاویه‌دار بر کاهش نشت این است که در حالت $d=h$ ، با زاویه‌دار شدن یک کانال برای عبور نشت به دلیل فاصله ایجاد شده بین مرز نفوذناپذیر و انتهای دیوار آب‌بند ایجاد می‌شود. همچنین برای حالت‌های $d < h$ ، فاصله ایجاد شده بین مرز نفوذناپذیر و انتهای دیوار آب‌بند بیشتر خواهد شد.

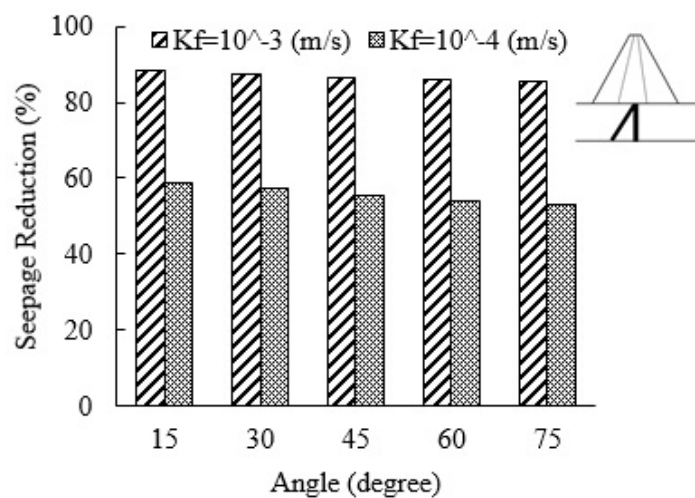


شکل 9. تأثیر زاویه دیوار آب‌بند بر کاهش نشت

شکل شماره 10 تأثیر ترکیب دو دیوار آب‌بند را بر کاهش نشت از بستر سد نشان داده است. در این بررسی یک دیوار آب‌بند در مرکز کف هسته ($d=h$) و دیگری در ابتدای بالادست کف هسته ($d \leq h$) و با ارتفاع‌های متفاوت قرار داده شده است. همان‌گونه که در شکل مشاهده می‌شود، ترکیب دو دیوار آب‌بند میزان کاهش نشت در محدوده 10 درصد را نسبت به حالت دیوار آب‌بند منفرد نشان می‌دهد. در ادامه، تأثیر ترکیبی دو دیوار آب‌بند که یکی قائم و دیگری به صورت شیب‌دار به سمت بالادست است، بر درصد کاهش نشت مورد بررسی قرار گرفت. نتیجه این بررسی در شکل شماره 11 نشان داده شده است. براساس تحلیل انجام گرفته، تأثیر شیب‌دار کردن دیوار آب‌بند که تا انتهای بستر قرار گرفته است، برای تمام زوایا کمتر از 5 درصد میزان نشت را بهبود داده است.



شکل 10. تأثیر ترکیب دو دیوار آب‌بند قائم بر کاهش نشت از بستر



شکل 11. تأثیر ترکیب دو دیوار آب‌بند قائم شیب‌دار بر کاهش نشت از بستر

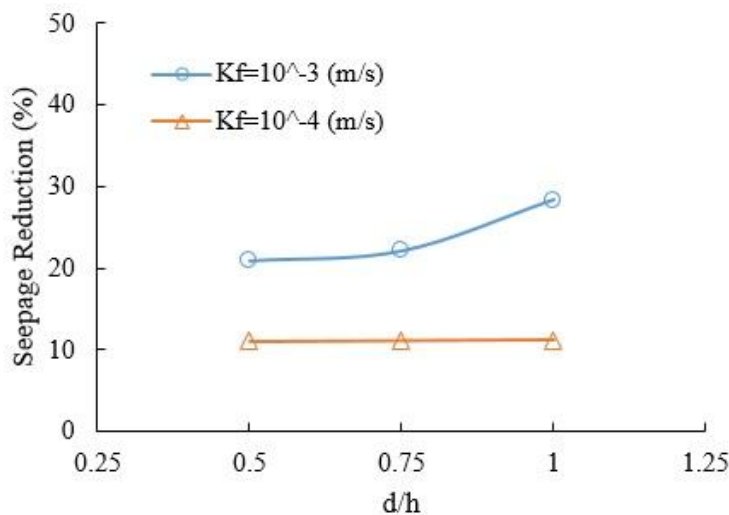
4-3. تأثیر ترکیب دیوار آب‌بند و بلانکت رسی

امروزه برای کاهش بیشتر نشت از بستر سدهای خاکی از روش‌های ترکیبی بلانکت با دیوار آب‌بند استفاده می‌شود. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده از بخش‌های پیشین، در این قسمت تأثیر ترکیبی بلانکت رسی و دیوار آب‌بند بر درصد کاهش نشت از بستر سد خاکی مورد بررسی قرار گرفته است.

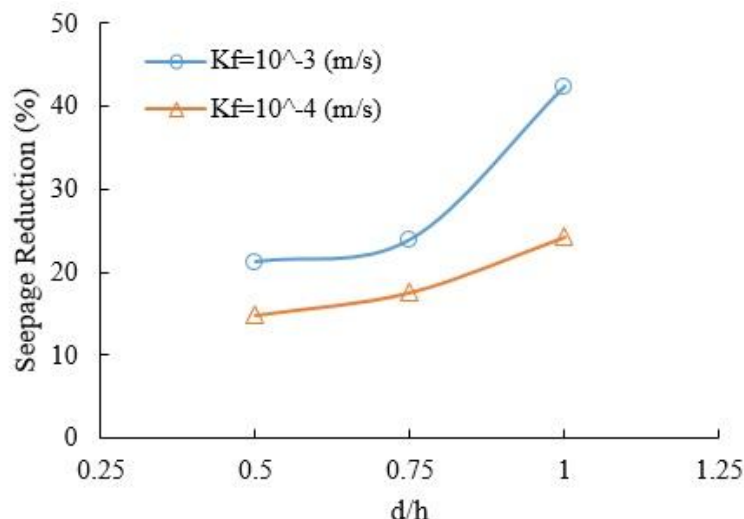
در شکل‌های 12، 13 و 14 تأثیر همزمان بلانکت و دیوار آب‌بند در شرایط مختلف نفوذپذیری بستر و بلانکت ارائه شده است. در این تحلیل‌ها طول بلانکت 200 متر و ضخامت بلانکت و دیوار آب‌بند برابر 0/8 متر انتخاب شده است. همچنین محل قرارگیری دیوار آب‌بند در ابتدا و انتهای بلانکت و در وسط کف هسته قرار داده شد.

زمانی که دیوار آب‌بند در ابتدای بلانکت رسی قرار گرفته است (شکل شماره 12)، تأثیر کاهش نشت برای ارتفاع‌های مختلف دیوار تقریباً یکسان بوده است. همچنین تأثیر بلانکت و دیوار در شرایطی که نفوذپذیری بستر افزایش یابد، میزان درصد کاهش نشت بیشتری را نشان می‌دهد. با توجه به شکل شماره 12، در این شرایط میزان کاهش نشت بین 9 تا 17 درصد بیشتر است.

همان‌گونه که از شکل‌های 13 و 14 برمی‌آید، با افزایش فاصله دیوار آب‌بند از ابتدای بلانکت به انتهای آن (نزدیک به پنجه هسته)، تأثیر بیشتری بر درصد کاهش نشت به دست آمده است. با توجه به شکل شماره 13 میزان کاهش نشت در شرایط دیوار آب‌بند کامل بسیار بیشتر شده است. بیشترین درصد کاهش نشت برای بستر با نفوذپذیری 10^{-4} متر بر ثانیه، حدود 13 درصد بیشتر از حالت قبل (دیوار در ابتدای بلانکت) شده است. همچنین این کاهش برای شرایط بستر با نفوذپذیری 10^{-3} متر بر ثانیه به حدود 14 درصد رسیده است.



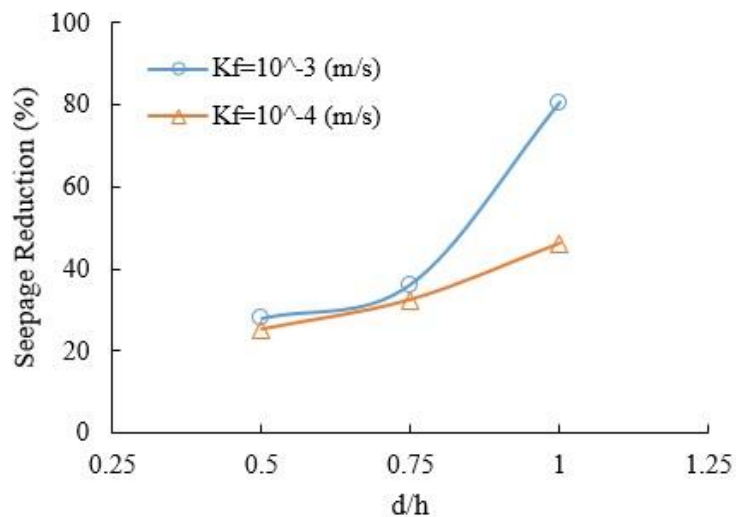
شکل 12. تأثیر همزمان بلانکت و دیوار آب‌بند در ابتدای بلانکت بر درصد کاهش نشت



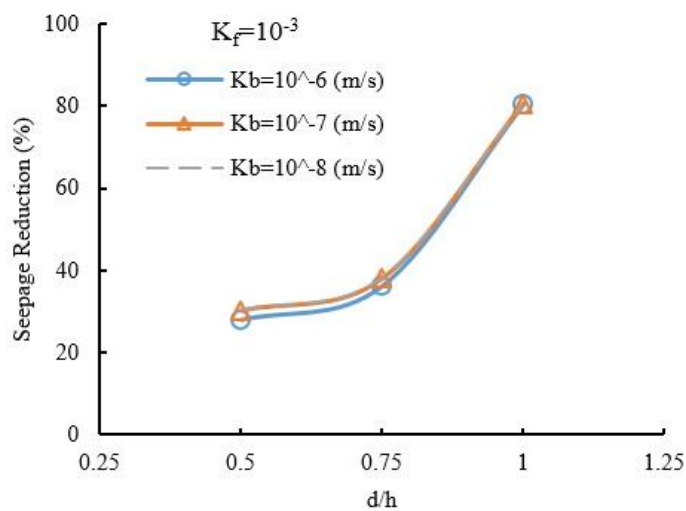
شکل 13. تأثیر همزمانِ بلانکت و دیوار آب‌بند در انتهای بلانکت بر درصد کاهش نشت

تأثیر قرارگیری دیوار در وسط کف هسته تحت شرایط نفوذپذیری مختلف بستر در شکل شماره 14 نشان داده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود میزان درصد کاهش نشت با بیشتر شدن ارتفاع دیوار آب‌بند و نفوذپذیری بستر، افزایش یافته است. با توجه به این شکل، بیشترین کاهش نشت برای بستر با نفوذپذیری 10^{-4} متر بر ثانیه نسبت به حالت دیوار در ابتدا و انتهای بلانکت به ترتیب حدود 35 و 22 درصد بیشتر شده است. افزون‌براین در شرایط بستر با نفوذپذیری 10^{-3} متر بر ثانیه، میزان کاهش نشت نسبت به حالت دیوار در ابتدا و انتهای بلانکت به ترتیب در حدود 52 و 38 درصد را نشان می‌دهد.

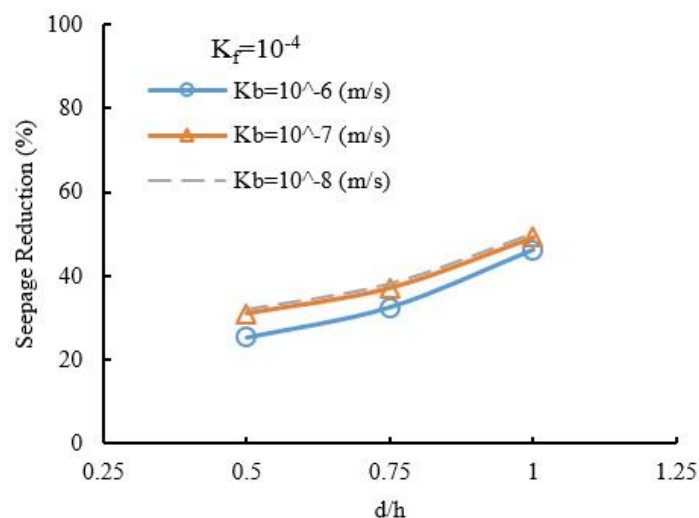
شکل‌های 15 و 16 تأثیر ترکیبی دیوار آب‌بند و بلانکت را در شرایط نفوذپذیری‌های مختلف بلانکت نشان می‌دهد. همان‌گونه که مشاهده می‌شود با افزایش ارتفاع دیوار آب‌بند، میزان کاهش نشت برای تمامی نفوذپذیری‌های متفاوت بلانکت به‌طور مشابه افزایش یافته است.



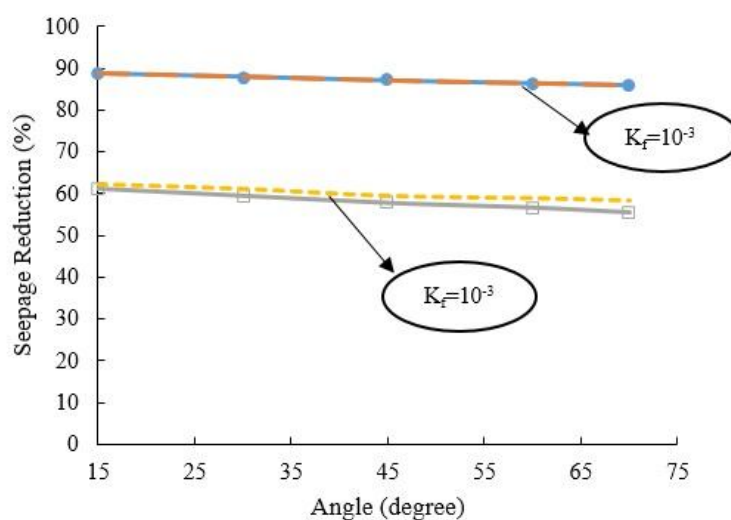
شکل 14. تأثیر همزمانِ بلانکت و دیوار آب‌بند در وسط کف هسته بر درصد کاهش نشت



شکل 15. تأثیر دیوار آب‌بند در وسط کف هسته در شرایط نفوذپذیری مختلف بلانکت ($K_f=10^{-3}$ m/s)



شکل 16. تأثیر دیوار آب‌بند در وسط کف هسته تحت شرایط نفوذپذیری مختلف بلانکت ($K_f=10^{-4}$) (m/s)



شکل 17. تأثیر بلانکت و دو دیوار آب‌بند (دیوار آب‌بند در حالت قائم و شیب‌دار)

شکل شماره 17 تأثیر ترکیب بلانکت و دو دیوار آب‌بند را بر کاهش نشت نشان می‌دهد. در این بررسی، یکی از دیوارها قائم و به ارتفاع h و دیگری به صورت زاویه‌دار و در کل ارتفاع بستر ایجاد شد. همان‌گونه که ملاحظه می‌شود با اضافه کردن دیوار آب‌بند تأثیری در کاهش نشت ایجاد نشده است. تأثیر ترکیبی بلانکت و دو دیوار آب‌بند بر کاهش نشت در شرایط جای‌گیری مختلف، در شکل

شماره 18 نشان داده شده است. در این بخش، یک دیوار آب‌بند در وسط کف هسته ثابت نگه داشته شده و دیوارهای دیگر در سه منطقه مختلف مطابق شکل شماره 18 قرار گرفتند. همان‌طور که مشاهده می‌شود، با افزایش فاصله دیوار آب‌بند از ابتدای بلانکت (بالادست) میزان درصد کاهش نشت افزایش یافته است. حداکثر کاهش نشت وقتی که دیوار آب‌بند در زیر کف هسته قرار داده شود، رخ می‌دهد.

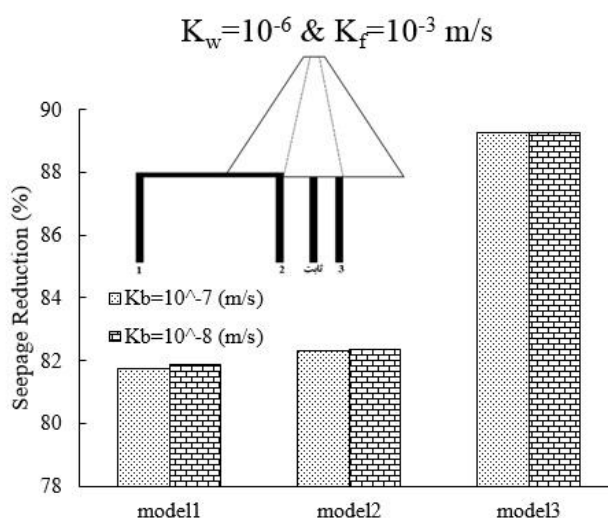
مطالعه کاهش نشت از پی سد خاکی تحت تأثیر سه عامل مختلف بررسی شده است: بلانکت رسی، دیوار آب‌بند و روش ترکیب این دو مورد. مهم‌ترین نتایج حاصل از این بررسی در جدول شماره 3 ارائه شده است.

با توجه به مهم‌ترین نتایج ارائه‌شده در جدول شماره 3، تأثیر بلانکت تحت تأثیر پارامترهای مختلف منجر به کاهش قابل توجه میزان نشت از پی سد خاکی شده است. هرچه میزان نفوذپذیری بلانکت کمتر باشد، میزان نشت عبوری کاهش بیشتری را نشان می‌دهد. تأثیر ضخامت‌های بین 0/5 تا 1 متر بر کاهش نشت قابل توجه نبوده است و تعیین ضخامت می‌تواند در این محدوده قرار گیرد. همچنین با بررسی انجام گرفته، بهترین طول برای بلانکت رسی 200 متر انتخاب شده است. در نهایت می‌توان اشاره کرد که با اجرای بلانکت رسی با طول 200 متر و ضخامت بین 0/5 تا 1 متر و با نفوذپذیری در محدوده 10^{-7} تا 10^{-8} ، میزان کاهش نشت از بستر سد خاکی به بیش از 40 درصد خواهد رسید.

نسبت به بلانکت رسی، اجرای دیوار آب‌بند تأثیر بیشتری بر میزان کاهش نشت عبوری از پی سد خاکی داشته است. همان‌گونه که در جدول شماره 3 ارائه شده است، ضخامت دیوار آب‌بند تأثیر قابل ملاحظه‌ای بر کاهش نشت ندارد؛ بنابراین می‌توان مناسب‌ترین ضخامت برای دیوار آب‌بند را 0/8 متر دانست. در صورتی که دیوار آب‌بند به صورت ناقص به اجرا درآید و تا انتهای لایه نفوذپذیر اجرا نشود، تأثیرات بسیار کمتری را نسبت به حالت ارتفاع کامل دیوار آب‌بند خواهد داشت. در این صورت اجرای کامل دیوار آب‌بند تا انتهای لایه نفوذپذیر، میزان نشت عبوری را به بیش از دو برابر حالت ناقص، کاهش خواهد داد. از دیگر موارد مورد توجه بر کاهش نشت، نفوذپذیری بستر است. چنانچه میزان نفوذپذیری بیشتر باشد تأثیر دیوار آب‌بند بر کاهش نشت بیشتر خواهد شد. افزون بر موارد گفته‌شده، اجرای دو لایه دیوار آب‌بند و با فاصله از هم در کف هسته نسبت به حالت تک‌لایه، میزان نشت عبوری را حدود 10 درصد بیشتر کاهش داده است.

اجرای ترکیبی دیوار آب‌بند و بلانکت رسی در اجرای سدهای خاکی مورد توجه است. یکی از نکات مورد توجه، در این بررسی نشان داده است؛ چنان‌که ترکیب بلانکت و دیوار آب‌بند با ارتفاع

کامل تا انتهای لایه نفوذپذیر، تأثیر چندانی نسبت به حالت بدون بلانکت نداشته است و درصد کاهش نشت در دو مورد تقریباً یکسان است، ولی در مقابل، اگر از دیوار آببند ناقص به همراه بلانکت استفاده شود، میزان کاهش نشت نسبت به حالت دیوار آببند ناقص تنها دو برابر خواهد شد. علاوه بر این، اجرای دیوار آببند دوبل به همراه بلانکت تأثیر قابل ملاحظه‌ای نسبت به حالت دیوار دوبل و بدون بلانکت نشان نداده و در هر دو مورد میزان کاهش نشت تقریباً یکسان است.



شکل 18. تأثیر ترکیبی از بلانکت و دو دیوار آببند بر کاهش نشت

جدول 3. نتایج حاصل از مهم‌ترین تأثیر عوامل مختلف بر درصد کاهش نشت

K_f	K_b	K_w	t_b	L	t_w	d	درصد کاهش نشت
10^{-3}	10^{-6}	-	0/5	200	-	-	8/1
10^{-3}	10^{-6}	-	0/8	200	-	-	11/4
10^{-3}	10^{-6}	-	1	200	-	-	12/2
10^{-3}	10^{-7}	-	0/5	200	-	-	39/1
10^{-3}	10^{-7}	-	0/8	200	-	-	43/1
10^{-3}	10^{-7}	-	1	200	-	-	44/2
10^{-3}	10^{-8}	-	0/5	200	-	-	42/9
10^{-3}	10^{-8}	-	0/8	200	-	-	44/9
10^{-3}	10^{-8}	-	1	200	-	-	46/2

10^{-3}	-	10^{-6}	-	-	0/8	$h_{0/75}$	24/1
10^{-3}	-	10^{-6}	-	-	1	$h_{0/75}$	24/6
10^{-4}	-	10^{-6}	-	-	0/8	$h_{0/75}$	28/1
10^{-4}	-	10^{-6}	-	-	1	$h_{0/75}$	28/1
10^{-3}	-	10^{-6}	-	-	0/8	h	79/5
10^{-3}	-	10^{-6}	-	-	1	h	82/9
10^{-4}	-	10^{-6}	-	-	0/8	h	47/5
10^{-4}	-	10^{-6}	-	-	1	h	47/5
10^{-3}	-	10^{-6}	-	-	0/8	h (دوبل)	88/6
10^{-4}	-	10^{-6}	-	-	0/8	h (دوبل)	59/9
10^{-3}	10^{-6}	10^{-6}	0/8	200	0/8	$h_{0/75}$	36/2
10^{-3}	10^{-6}	10^{-6}	0/8	200	0/8	h	80/5
10^{-4}	10^{-6}	10^{-6}	0/8	200	0/8	$h_{0/75}$	32/5
10^{-4}	10^{-6}	10^{-6}	0/8	200	0/8	h	46/1
10^{-3}	10^{-8}	10^{-6}	0/8	200	0/8	$h_{0/75}$	38/3
10^{-3}	10^{-8}	10^{-6}	0/8	200	0/8	h	80/6
10^{-4}	10^{-8}	10^{-6}	0/8	200	0/8	$h_{0/75}$	38/1
10^{-4}	10^{-8}	10^{-6}	0/8	200	0/8	h	49/9
10^{-3}	10^{-7}	10^{-6}	0/8	200	0/8	h (دوبل)	89/3
10^{-3}	10^{-8}	10^{-6}	0/8	200	0/8	h (دوبل)	89/3

5. نتیجه گیری

در مطالعه حاضر با کمک نرم افزار Seep/w بررسی میزان نشت از بستر سد خاکی با وجود بلانکت رسی، دیوار آببند و ترکیب آن ها انجام شده است. مهم ترین نتایج حاصل از این بررسی در زیر ارائه شده است.

با افزایش طول بلانکت، میزان نشت از بستر سد خاکی روند کاهشی خواهد داشت. تأثیر طول بلانکت بر درصد کاهش نشت وابسته به نفوذپذیری بستر بوده و با افزایش نفوذپذیری، طول مؤثر بر کاهش نشت افزایش خواهد یافت. بررسی های انجام شده نشان داد طول مؤثر بلانکت رسی با

نفوذپذیری 10^{-6} و 10^{-7} متر بر ثانیه بستر با هر ضخامت بلانکت به ترتیب 100 و 200 متر هستند. همچنین ضخامت مؤثر بلانکت بر درصد کاهش نشت، بین 0/5 تا 1 متر تعیین شده است. استفاده از دیوار آببند با ضخامت‌های متفاوت منجر به افزایش درصد کاهش نشت از بستر سد شده است. البته نتایج نشان داده است دیوار آببند با ضخامتی در محدوده 0/4 تا 0/8 متر بیشترین بازدهی را داشته است. همچنین با افزایش ارتفاع دیوار آببند، درصد کاهش نشت افزایش یافته و این روند برای ارتفاع بیش از 0/8 عمق بستر بسیار قابل توجه بوده است. علاوه بر این، اجرای زاویه دار دیوار آببند به علت ایجاد عرض کانال نشت بزرگ‌تر نسبت به حالت قائم در بستر، تأثیر منفی بر درصد کاهش نشت خواهد داشت.

اجرای دیوار آببند به همراه بلانکت، تأثیر قابل توجهی بر درصد کاهش نشت از پی سد خاکی به همراه خواهد داشت. بر این اساس، اجرای بلانکت رسی به همراه دیوار آببند به ارتفاع $d=h$ و برای بستر با نفوذپذیری 10^{-4} و 10^{-3} متر بر ثانیه به ترتیب باعث کاهش بیش از 40 و 80 درصدی نشت خواهد شد. همچنین اجرای دیوار آببند در زیر هسته رسی بیشترین تأثیر را بر درصد کاهش نشت نسبت به محل‌های دیگر در بالادست سد داشته است.

منابع

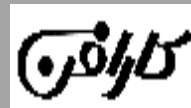
1. توکلی، ا.، قربانی، ب.، رادفر، م.، صمدی بروجنی، ح.، قهرمان، ب. (1395)، «اصلاح معادلات تجربی برآورد نشت با استفاده از تشابه ابعادی (کانال خاکی بلداجی، استان چهارمحال و بختیاری)»، نشریه حفاظت منابع آب و خاک (علمی - پژوهشی)، شماره 6 (2)، صص 105-120.
2. شهرکی، سعید و مهدی ازدری مقدم (1392)، «بررسی موقعیت قرارگیری دیواره آب‌بند نسبت به محور سد بر دبی و سرعت نشت، تنش و فشار آب منفذی؛ مطالعه موردی سد سارادان»، هفتمین کنگره ملی مهندسی عمران، زاهدان، دانشگاه سیستان و بلوچستان.
3. Bennett, P. T. (1946), "The effect of blanket on seepage through pervious foundation," ASCE Transactions, 3, pp. 52-61.
4. Fakhari, A. and Ghanbari, A. (2013), "A simple method for calculating the seepage from earth dams with clay core," Journal of Geo Engineering, TGS, 8 (1), pp. 27-32.
5. Ghanbari, A., & Zaryabi, S. (2014), A Simple Method for Calculating the Seepage at the Foundation of Embankment Dams with Blanket and Clay Trench, Journal of GeoEngineering, 9 (1), pp. 21-32.
6. Goharnejad, H., Noury, M., Noorzad, A., Shamsaie, A., and Goharnejad A. (2010), "The effect of clay blanket thickness to prevent seepage in dam reservoir," International Journal of Environmental Sciences, 4 (6), pp. 556-565.
7. Mansuri, B., Salmasi, F., & Oghati, B. (2014), "Effect of location and angle of cutoff wall on uplift pressure in diversion dam", Geotechnical and Geological Engineering, 32 (5), pp. 1165-1173.
8. Rezk, M. A. E. R. M., & Senoon, A. E. A. A. A. (2011), "Analytical solution of seepage through earth dam with an internal core", Alexandria Engineering Journal, 50 (1), pp. 111-115.
9. SEEP/W (2012), Seepage Modeling with SEEP/W, Geo-Slope International Ltd, Calgary.
10. Terzaghi, K. (1943), Theory of consolidation, John Wiley & Sons, Inc.
11. USACE. (2004), "Seepage Control", EM 1110-2-2300, US Army Corps of Engineers, Washington DC, US.
12. USBR. (1987), "Embankment Dams", Chapter 5, Seepage Analysis, US Department of the Interior, Bureau of Reclamation, Washington DC, US.

دوفصلنامه علمی - ترویجی کارافن

شماره چهل و پنجم، بهار و تابستان 1398 (صص 26-13)

شاپای چاپی: 2382-9796 شاپای الکترونیکی: 2538-4430

<http://karafan.tvu.ac.ir>



مقایسه اثر افزودنی‌های نوین بر مشخصه‌های فنی بتن آسفالتی با دانه‌بندی قشر رویه

رامین بیات*

آموزشکده فنی و حرفه‌ای سما، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد کرمانشاه، کرمانشاه، ایران

حسن طاهرخانی

دانشیار، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران

محمدرضا حبیبی

استادیار، گروه مهندسی عمران، دانشکده فنی و مهندسی، واحد کرمانشاه، دانشگاه آزاد اسلامی، کرمانشاه،

ایران

تاریخ پذیرش نهایی: 1398/05/20

تاریخ دریافت مقاله: 1398/04/15

چکیده

در چند دهه اخیر استفاده از افزودنی‌ها در بتن آسفالتی به طور گسترده‌ای رواج یافته است که از مهم‌ترین آن‌ها می‌توان به نانورس و الیاف پلی پروپیلن اشاره کرد. از این افزودنی‌ها در مهندسی عمران و به‌ویژه روسازی برای بهبود ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی مخلوط‌های آسفالتی استفاده شده است. در این پژوهش، با افزودن درصد‌های مختلف نانورس و الیاف پلی پروپیلن به صورت مجزا و مشترک در مخلوط آسفالتی و انجام آزمایش‌های مارشال، آنالیز داده‌ها و ترسیم نمودارهای لازم، مشاهده شد که افزایش مقاومت مارشال، درصد فضای خالی مخلوط آسفالتی و درصد فضای خالی مصالح سنگی، نسبت مستقیم

* نویسنده مسئول مکاتبات: ramin.bayat67@gmail.com

با این افزودنی‌ها دارند، و با روانی، درصد فضای پُر شده با قیر و وزن مخصوص، نسبت معکوس دارند. با توجه به نتایج و حدود مشخصات، درصد بهینه برای ترکیب نانورس و الیاف، 3 درصد نانورس و 0/3 درصد الیاف به دست آمد که بهترین تأثیرات را در بین حالت‌های آزمایش روی مخلوط آسفالتی داشته است. نتایج نشان می‌دهد نانورس نقش پُرکنندگی بالایی داشته، چسبندگی بین مصالح و قیر را بهبود بخشیده، افزایش حجم قیر را در پی داشته و در نهایت موجب افزایش ضخامت غشای قیری در اطراف سنگدانه‌ها می‌شود. در ضمن الیاف خاصیت مسلح‌کنندگی داشته، جذب مصالح و قیر شده است و با مخلوط واکنش شیمیایی دارد.

واژگان کلیدی:

الیاف پلی‌پروپیلن، بتن آسفالتی، دانه‌بندی، قشر رویه، نانورس.

1. مقدمه

شبکه راه‌ها بخش قابل توجهی از ثروت‌های ملی هر کشور را تشکیل می‌دهند. ساخت، نگهداری و ترمیم روسازی‌های آسفالتی اغلب اعتبارات مالی هنگفتی را به خود اختصاص می‌دهند و معمولاً هزینه‌های نگهداری بعدی از هزینه‌های اولیه ساخت به مراتب بیشتر است؛ بنابراین لازم است تا به کارگیری روسازی با کیفیت مطلوب و عمر مناسب همواره مدنظر قرار گیرد؛ از این رو راهکارهایی که منجر به افزایش دوام، کیفیت و عمر روسازی آسفالتی و جلوگیری از خرابی‌های زودرس لایه‌های آسفالتی می‌شوند، همواره مورد توجه پژوهشگران و دست‌اندرکاران صنعت راهسازی بوده‌اند.⁽¹⁾

قشر رویه، آخرین قشر آسفالتی است که در تماس مستقیم با بارهای وارده از ترافیک و عوامل جوّی محیط قرار می‌گیرد؛ از این رو باید طوری طراحی و اجرا شود که در مقابل اثرات سوء آب، یخبندان و تغییرات دما از پایداری و مقاومت لازم برخوردار باشد.^(1 و 14)

روسازی‌ها به مرور زمان و با توجه به شیوه بهره‌برداری، حجم ترافیک و شرایط آب‌وهوای منطقه‌ای که راه از آن عبور می‌کند و مشخصه‌های فنی و اجرایی اولیه، به تدریج فرسوده شده و خرابی در آن‌ها پدید می‌آید. وسعت و شدت این خرابی‌ها علاوه بر عوامل گفته‌شده، تابعی از شرایط شیوه نگهداری راه است که باید با آغاز بهره‌برداری از سیستم، به طور اصولی و مستمر انجام شود. خرابی در روسازی‌های انعطاف‌پذیر در اثر دو عامل ترک‌خوردگی یا شیارشدگی روی می‌دهد. عامل شیارشدگی عموماً در اثر عبور بارهای بیش از توان روسازی است، ولی ترک‌ها معمولاً در اثر تکرار عبور وسایل نقلیه با وزن‌های مختلف و انقباض و انبساط روسازی در اثر تغییرات دمایی به وجود می‌آید. از میان این دو مکانیزم، ترک‌های خستگی به مقدار زیاد در روسازی آسفالتی دیده می‌شود.⁽³¹⁾

مقاومت مخلوط‌های آسفالتی یکی از مهم‌ترین ویژگی‌های مصالح آسفالتی است که چه در طراحی مخلوط‌های آسفالتی و چه در طراحی روسازی‌های انعطاف‌پذیر از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. زمانی که یک روسازی انعطاف‌پذیر تحت تأثیر بارهای تکراری ناشی از وسایل نقلیه قرار می‌گیرد، لایه روسازی به صورت یک تیر خمشی عمل کرده و در زیر بار چرخ و در سطح روسازی، تنش‌های فشاری به وجود می‌آید و در پایین‌ترین لایه آسفالتی تنش‌ها یا کرنش‌های کششی ایجاد می‌شود. چنانچه تنش‌ها و کرنش‌های کششی ناشی از تکرار بارگذاری وسایل نقلیه در زیر لایه‌های آسفالتی از تنش‌های مجاز کششی یا کرنش‌های مجاز کششی آن لایه آسفالتی تجاوز کند، به ایجاد ترک‌هایی در زیر لایه آسفالتی می‌انجامد که در نهایت به سطح روسازی انتقال می‌یابد.⁽¹⁾ استفاده از

نانوفناوری و الیاف‌های پلیمری برای بهبود رفتار مخلوط‌های آسفالتی، یکی از مفاهیم نوپدید در سال‌های اخیر است. امروزه استفاده از نانورس و الیاف، تأثیر بسزایی در خواص مکانیکی و فیزیکی مخلوط‌های آسفالتی دارد.

2. پیشینه تحقیق

در رابطه با استفاده از فناوری نانو و الیاف‌ها در روسازی آسفالتی در ایران و سایر کشورها، تحقیقاتی صورت گرفته است که در این بخش به اختصار به آن‌ها پرداخته می‌شود. خد/دادی (1386) در تحقیقی به این نتیجه دست یافت که کاربرد نانورس در کارایی درازمدت آسفالت بسیار مؤثر است و افزایش تنها دو درصد نانورس به قیر، سبب افزایش تعداد سیکل‌های طی شده برای رسیدن به مراحل دوم و سوم شکست خمشی می‌شود.⁽⁴⁾ همچنین جهرمی و همکاران (2009) استفاده از دو نوع ساختار لایه‌ای و پراکنشی را در ترکیب نانورس در قیر و پلیمر بررسی کردند. ساختار لایه‌ای بیشترین تقویت را در بستر پلیمری ایجاد می‌کند و برای بررسی نوع ساختار نانورس می‌توان از آنالیز XRD بهره گرفت.⁽¹⁴⁾ چانگ¹ (2009) در پژوهشی نتیجه گرفت استفاده از نانورس در مخلوط آسفالتی سبب افزایش عمر روسازی‌های آسفالتی می‌شود.⁽¹⁷⁾ استین² و همکاران (2009) در پژوهشی با عنوان عملکردهای نانوفناوری در مهندسی روسازی بر افزایش مقاومت مخلوط‌های آسفالتی با استفاده از نانورس تأکید کردند.⁽¹⁸⁾ گایل³ (2006) در پایان‌نامه کارشناسی ارشد خود با عنوان تأثیر نانورس بر خواص رئولوژی قیر و عملکرد مخلوط آسفالتی نتیجه گرفت مخلوط آسفالتی با افزایش نانورس تا سه درصد، به نسبت مخلوط بدون نانورس، استحکام بالاتری دارد.⁽¹⁵⁾ جهرمی (1390) نیز در دو تحقیق مختلف نتیجه‌گیری کرد کاربرد نانورس در قیر، درصد قیر بهینه را اندکی افزایش داده و از حساسیت آن می‌کاهد و افزودن این نانوافزودنی، مدول برجهنگی قیر را بالا می‌برد. این افزایش در دمای پایین مشهودتر است که می‌تواند ناشی از پخش خوب نانورس‌ها در قیر باشد. همچنین این اصلاح‌کننده توانایی بهبود رفتار خستگی - به‌ویژه در دمای پایین را ندارد.^(13و3) قاسمی⁴ و همکاران (2012) در مطالعات خود نشان دادند آسفالت اصلاح‌شده با نانوسیلیس دارای سختی بیشتری نسبت به نمونه اصلاح‌نشده است، به‌طوری‌که افزودن 2 درصد

1. Chong, K. P

2. Steyn, W. J. M

3. Ghile, D. B

4. Ghasemi

نانوسیلیس بیشترین تأثیر را در بهبود مشخصه‌های فیزیکی مخلوط آسفالتی دارد.⁽¹⁹⁾ خدایی و همکاران نیز در پژوهشی نتیجه گرفتند افزودن نانورس به قیر، سفتی، ویسکوزیته (چسبندگی) و مقاومت برشی قیر را افزایش می‌دهد که این امر به کاهش روانی مخلوط آسفالتی می‌انجامد.⁽¹³⁾

شکرچی‌زاده و همکاران (1387) در پژوهشی پی بردند که معمولاً دو نوع نانورس به نام‌های رس و نانوفیل در اصلاح قیر استفاده می‌شود که در این میان، رس تأثیرات بهتری دارد و این یعنی در اصلاح قیر باید به نوع نانورس نیز توجه کرد.⁽⁶⁾ تن‌زاده و همکاران (1391) در تحقیقی اعلام کردند در محیط‌های با درجه حرارت بالا، عملکرد آسفالت بسیار پیچیده بوده و مقدار مدول دینامیکی آسفالت کمتر می‌شود. آن‌ها با استفاده از فناوری نانو در آسفالت از طریق یک ماده با ساختار پلیمری، قیر اصلاح‌شده پلیمری تشکیل دادند که نقش مهمی در اصلاح مدول دینامیکی آسفالت به همراه داشت.⁽²⁾ ژن‌پینگ یو¹ و همکاران (2003) در پژوهشی با عنوان آسفالت اصلاح‌شده با نانورس که به بحث درباره شیوه آماده‌سازی و ویژگی‌های آن اشاره داشت، بیان کردند که مقاومت آسفالت حاوی نانورس در برابر شیارشدگی بیشتر است و ویژگی‌های قیر را بهتر از SBS اصلاح می‌کند.⁽¹⁶⁾

فیروزی و همکاران (1391) در مطالعات خود نتیجه گرفتند با افزودن الیاف پلی‌پروپیلن و سیمان به مخلوط آسفالتی، روانی آن کاهش یافته و وزن مخصوص افزایش می‌یابد.⁽⁷⁾ بررسی‌های مائورر² و همکاران (2006) نشان داد استفاده از الیاف‌هایی همچون پلی‌پروپیلن می‌تواند در کاهش ترک‌های آسفالت مؤثر واقع شوند.⁽²³⁾ ابطحی و همکاران (2011) در پژوهشی از الیاف شش و دوازده میلی‌متری در آسفالت استفاده کردند و نتیجه گرفتند افزودن الیاف پلی‌پروپیلن به مخلوط آسفالتی در فرایند خشک، مقاومت مارشال و حجم فضای خالی مصالح سنگی را افزایش و روانی را کاهش می‌دهد.⁽²⁰⁾ ابراهیمی³ (2009) در تحقیقی نتیجه گرفت پلی‌پروپیلن موجب کاهش روانی می‌شود و قابلیت افزایش مقاومت مارشال را نیز دارد.⁽³³⁾ عبدالرحیم⁴ و همکاران (2005) در پژوهش‌شان به این نتیجه رسیدند که بهره‌گیری از الیاف پلی‌پروپیلن موجب افزایش مقاومت آسفالت می‌شود.⁽³⁴⁾ جنگ⁵ و همکاران (1998) در تحقیقات خویش، مفهوم مکانیک شکست را روی اثرات بتن آسفالتی اصلاح‌شده با الیاف، ارزیابی کردند. آن‌ها اعلام داشتند که با این روش مقدار سختی به طور

1. Zhanping You

2. Maurer

3. Ebrahimi, M

4. Abdul-Rahim

5. Jenq, Y. S

قابل توجهی افزایش می‌یابد؛ اما ازسوی دیگر، مقادیر مدول الاستیسیته و مقاومت کششی تحت تأثیر قرار نمی‌گیرند.⁽²⁴⁾

براون¹ و همکاران (1998) و تپکین (2007) نیز مطالعاتی روی الیاف پلی‌آستر، پلی‌پروپیلن و دیگر الیافی که برای اصلاح آسفالت استفاده می‌شود، انجام دادند. در این پژوهش از آزمایش‌های مقاومت مارشال، مقاومت کشش غیرمستقیم، حساسیت رطوبتی، حساسیت ذوب و انجماد، مدول برجهندگی و تغییر نمودار تکرارشونده استفاده شد. هیچ‌کدام از مخلوط‌های اصلاح‌شده با الیاف، در برابر خرابی ناشی از ذوب، انجماد و رطوبت، مقاومت نشان ندادند. همچنین در مخلوط‌های اصلاح‌شده با الیاف هیچ نوع افزایشی در پتانسیل قیرزدگی مشاهده نشد.^(25,22) تپکین (2008) در پژوهشی به این نتیجه رسید که افزودن پلی‌پروپیلن به بتن آسفالتی در حالت خشک، سبب افزایش مقاومت مارشال، کاهش عدد روانی و افزایش عمر خستگی می‌شود.⁽²⁶⁾ تپکین و همکاران (2009) در پژوهش دیگری روی اضافه کردن الیاف به مخلوط آسفالتی در حالت مرطوب کار کردند و دریافتند که مناسب‌ترین نوع پلی‌پروپیلن M-03 است. آزمایش‌های خزش دینامیکی تحت بارگذاری نشان‌دهنده این بود که نمونه‌های اصلاح‌شده نسبت به نمونه‌های شاهد، از 5 تا 12 مرتبه بهبود یافته‌اند. تپکین به این نتیجه رسید که اصلاح آسفالت به وسیله الیاف پلی‌پروپیلن، روش مؤثری برای بهبود خواص مکانیک آسفالت است و منجر به بهبود در عمر سرویس‌دهی آن‌ها می‌شود.⁽²⁷⁾

حجازی و همکاران (1387) به بررسی کاربرد مواد نساجی گوناگون برای تسلیح مکانیکی بتن آسفالتی پرداختند. آن‌ها در مقاله خود به این نتیجه رسیدند که از میان الیاف مختلف مورد بررسی، الیاف شیشه به دلیل دارا بودن مدول یانگ بالا، و پلی‌پروپیلن به دلیل پایین بودن نقطه ذوب، نسبت به سایر الیاف‌ها، قادر به افزایش مقاومت فشاری آسفالت هستند.⁽⁸⁾ کومار و همکاران (2009) نیز به بررسی مخلوط‌های آسفالتی اصلاح‌شده با الیاف پرداختند و نتیجه گرفتند در روش اختلاط خشک، با افزایش درصد الیاف، مقاومت مارشال بیشتر شده است تا جایی که با افزودن 0/5 درصد الیاف، مقاومت مارشال تا حدود 32 درصد بیشتر می‌شود. ازسوی دیگر، عدد روانی نیز با اضافه شدن الیاف بیشتر شده و درصد قیر بهینه نیز اندکی افزایش می‌یابد.⁽²¹⁾

1. Brown, S F

3. مواد و روش‌ها

3-1. نانورس

نانورس‌ها¹ کانی‌هایی هستند که حداقل یکی از ابعاد آن‌ها در حد نانومتر باشد. این مواد به دلیل ارزانی و در دسترس بودن، توجه زیادی را در زمینه فناوری نانو به خود جلب کرده‌اند. همچنین اندازه کوچک این مواد قادرشان ساخته است تا بتوانند با دیگر مواد موجود در این زمینه، رقابت کنند. نانورس در حقیقت ترکیبی از سیلیکات‌های معدنی است. بسته به ترکیب و مورفولوژی، نانو ذرات در دسته‌بندی‌های مختلفی قرار می‌گیرند که ابعاد آن‌ها کمتر 100nm است و سطح ویژه‌ای معادل 750 متر مربع بر گرم دارند.⁽⁹⁾

نانورس‌ها شامل صفحات کوچک و نامنظم رسی هستند که در حدود 1 نانومتر ضخامت و کمتر از 1 میکرومتر طول دارند. در شرایط مناسب، فضاهای خالی بین صفحه‌های رس می‌تواند به وسیله مونومرها، اولیگومرها (زنجیره‌های کوتاه پلیمری) یا پلیمرها اشغال شود. در اثر افزایش فاصله بین صفحات، رس‌ها متورم می‌شوند و پلیمرها به فضای بین دو صفحه راه می‌یابند. در این حالت وضعیت صفحات نسبت به هم به دو صورت پراکنشی یا لایه‌ای خواهد بود. برای تشخیص نوع ساختار نانورس در قیر، از تکنیک اشعه ایکس استفاده می‌شود.

ذرات فیلر با شبکه بلوری منظم، در یک پلیمر با ساختار نامنظم، می‌توانند یک نانوکامپوزیت بسازند. این مواد به عنوان افزودنی برای ساخت نانوکامپوزیت‌ها و بهبود قابل توجه خواص مواد پلیمری به کار می‌روند و دارای انواع مختلفی هستند از جمله: مونت‌موریلونیت، بنتونیت، کائولینیت، هالوسیت، هکتوریت که مونت‌موریلونیت‌ها معمول‌ترین نوع آن‌ها به شمار می‌روند.^(9,10)

نانورس‌ها مونت‌موریلونیت‌های طبیعی هستند که توسط نمک آمونیوم چهارعضوی اصلاح شده‌اند و به عنوان افزودنی در بهبود خواص فیزیکی و مکانیکی مخلوط‌های آسفالتی بسیار کارایی دارند. اصلاح‌کننده این ماده MT2EOH است که متنمودار از متیل، پیه، هیدروکسیل و آمونیوم چهار عضوی است.

مشخصه‌های فیزیکی و مکانیکی نانورس‌ها طبق جدول شماره 1 است. گفتنی است نانورس استفاده‌شده در این پژوهش از شرکت نانوثانی تهیه شده است.⁽¹⁰⁾

جدول 1. مشخصه‌های فیزیکی و مکانیکی نانورس⁽¹⁰⁾

نوع کانی	مونت موریلونیت
اصلاح‌کننده ارگانیک	MT2EOH
درصد رطوبت	کمتر از 2 درصد
افت وزنی در برابر اشتعال	حدود 30 درصد
چگالی	5-7 (gr/cm ³)
اندازه ذرات	1-2 nm
مساحت سطح ویژه	500-750 m ² /gr
فاصله خالی بین ذرات	60 Å ⁰
PH	7/3-7/6
مقدار هدایت الکتریکی	25 MV
ضریب تبادل یونی	48 (meg/100gr)

3-2. الیاف پلی پروپیلن

این نوع الیاف با مصرف سالانه 35 میلیون تن و اختصاص 21 درصد از مصرف جهانی پلیمرهای اساسی، رتبه دوم پرمصرف‌ترین پلیمر را به خود اختصاص داده‌اند. قابلیت افزایش پُرکنندگی، تقویت‌کنندگی و دیگر خواص آن، پلی پروپیلن را به پلیمری پرمصرف و پرتطرفدار تبدیل کرده است. این الیاف که از طریق پلیمریزاسیون پروپیلن به صورت پلیمر خطی تهیه می‌شوند و به اختصار پ - پ نامیده می‌شوند، پس از پیداشدن کاتالیست زیگلر-ناتا تولید شدند. این کاتالیست تولید پلی پروپیلن ایزوتاکتیک را که قادر به متبلور شدن است، امکان‌پذیر ساخت. الیاف و نخ‌های نواری که دو کاربرد پلی پروپیلن هستند، نسبتاً به آسانی به روش ذوب ریسی تهیه می‌شوند. آسان بودن تولید این نوع الیاف و پایین بودن هزینه تولید، استقبال بسیار گسترده‌ای را از آن به همراه داشته است.^(12,28)

ماده اولیه تولید پلی پروپیلن را $\text{CH}_2=\text{CHCH}_3$ تشکیل می‌دهد که به صورت تولیدی جانبی در تولید اتیلن به روش شکستن مولکول نفت در صنعت پتروشیمی نمودار می‌شود. گازهای مایع حاوی پروپیلن، دیگر ماده این منبع را تشکیل می‌دهند. الیاف پلی پروپیلن از پلیمریزاسیون پروپیلن در شرایط دما و فشار نسبتاً ملایم و در حضور کاتالیست معروف زیگلر - ناتا شکل می‌گیرد. وجود این کاتالیست، پلیمری به صورت ایزوتاکتیک را تشکیل می‌دهد که قادر به متبلور شدن تا حدود 90 درصد است. با توجه به سرعت تولید، الیاف تولیدشده ممکن است تا شش برابر طول اولیه خود کشیده شوند تا خواص مکانیکی مطلوب را به دست آورند.⁽⁸⁾

در این پژوهش از الیاف پلی‌پروپیلن شرکت صنایع نساجی نگین رز سپاهان اصفهان با طول برش 19 میلی‌متر با مشخصه‌های فنی جدول شماره 2 استفاده شد.

جدول 2. مشخصه‌های فنی الیاف پلی‌پروپیلن

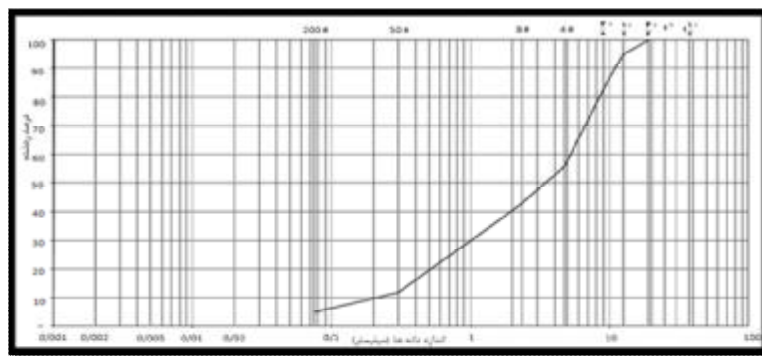
نوع جنس	پلی‌پروپیلن 100 درصد
رنگ ظاهری	سفید
وزن مخصوص	0/91 (gr/cm ³)
قطر	19 میکرون
محدوده ذوب	160-165 درجه سانتی‌گراد
دمای نرم‌شدگی	140-165 درجه سانتی‌گراد
مقاومت کششی	400 Mpa
طول برش	18 میلی‌متر
مدول الاستیسیته	4/1 Gpa
ازدیاد طول	بیشتر از 80 درصد
مقاومت در برابر اسیدها و قلیاها	بالا

3-3. سنگدانه‌ها

برای طرح اختلاط این پژوهش از مصالح سنگی کارخانه آسفالت شرکت جهاد نصر کرمانشاه واقع در کمربندی کرمانشاه، اسلام‌آباد غرب استفاده شد. ابتدا سنگدانه‌ها از معادن سنگ کوهی یا قلوه‌سنگ‌های درشت رودخانه‌ای تهیه و طی دو مرحله جداگانه در سنگ‌شکن‌های فکی و سپس دوار (کوبیت) شکسته شدند. پس از شکسته‌شدن، با روش سرندکردن دانه‌بندی‌شده و در قسمت‌های مجزا به صورت مصالح درشت‌دانه، میان‌دانه و ریزدانه انبار شدند. نسبت اختلاط مصالح طبق جدول شماره 3 و دانه‌بندی آن طبق نمودار شماره 1 است.

جدول 3. نسبت اختلاط مصالح سنگی مخلوط آسفالتی

مشخصات مصالح سنگی	درصد اختلاط مصالح سنگی
شن 25-4/75 میلی‌متر	صفر
شن 19-4/75 میلی‌متر	7
شن 12-0 میلی‌متر	31
ماسه 6-0 میلی‌متر	52
فیلر	10



نمودار 1. دانه‌بندی مخلوط مصالح سنگی در مخلوط آسفالتی

3-4. قیر مصرفی

قیر مصرفی در این پژوهش از قیرهای خالص 60/70 است. آزمایش‌های لازم روی قیر نمونه‌برداری شده انجام شد که نتایج آن در جدول شماره 4 آمده است. طبق استاندارد MS-2، مشخصه‌های فنی قیرهای خالص استفاده شده در راهسازی که براساس درجه نفوذ تقسیم‌بندی شده‌اند، باید با مشخصه‌ها مطابقت داشته باشند. همچنین با توجه به استاندارد، دمای تراکم، و با توجه به کندروانی قیر اختلاط مخلوط‌های آسفالتی تعیین می‌شود. بدین منظور کندروانی قیر خالص نمونه‌برداری شده در سه دمای متفاوت 120، 135، 160 درجه سانتی‌گراد تعیین و با رسم منحنی، تغییرات کندروانی قیر برحسب دما، محدوده دمای تراکم و اختلاط مخلوط آسفالتی مشخص شدند. همچنین نمونه‌های مخلوط آسفالتی برای انجام آزمایش‌های طرح اختلاط، در آن دماها مخلوط و تراکم شدند. بر همین اساس دمای اختلاط لایه توپکا در محدوده 144-150 درجه سانتی‌گراد و دمای تراکم آن در محدوده 134-138 درجه سانتی‌گراد به دست می‌آید. گفتنی است در این پژوهش از درصد قیر بهینه 5 درصد استفاده شده که با روش مارشال به دست آمده است.⁽¹¹⁾

جدول 4. نتایج آزمایش‌های انجام شده روی قیر

آزمایش‌های قیرهای خالص	روش آزمایش		نتایج ASTM	مشخصه‌های قیرهای خالص طبق استاندارد ASTM ⁽²⁰⁾	
	AASHTO	ASTM		حداقل	حداکثر
وزن مخصوص در 25°C	T228	D70	1/016	-	-
درجه نفوذ در 25°C (100 گرم-5 ثانیه)	T49	D5	69	60	70

مشخصه‌های قیرهای خالص طبق استاندارد ASTM ⁽²⁰⁾		نتایج ASTM	روش آزمایش		آزمایش‌های قیرهای خالص
			AASHTO	ASTM	
حداکثر	حداقل				
56	49	49/1	T53	D36	نقطه نرمی (ساجمه - حلقه) برحسب سانتی‌گراد
-	100	بیشتر از 100	T51	D113	مقدار کشش در 25°C برحسب سانتی‌متر
-	99	99/53	T44	D2042	حلالیت در تری کارواتیلین
-	232	310	T48	D92	درجه اشتعال (رو باز - کلوند) سانتی‌گراد
-	-	654	T201	D2170	ویسکوزیته کینماتیک در 120°C (سانتی‌استکس)
-	-	331	T201	D2170	ویسکوزیته کینماتیک در 135°C (سانتی‌استکس)
-	-	122	T201	D2170	ویسکوزیته کینماتیک در 160°C (سانتی‌استکس)
0/8	-	0/05			افت حرارتی درصد
-	-	40			درجه نفوذ پس از آزمایش افت حرارتی
-	54	57/97			نسبت درصد درجه نفوذ پس از آزمایش به درجه نفوذ اولیه
	50	بیشتر از 100			مقدار کشش قیر پس از آزمایش در 25°C
-	-	-0/65			حساسیت حرارتی قیر: -PI (برحسب درجه نفوذ در 25°C و نقطه نرمی قیر)
-	-	-0/91			-PVN (برحسب درجه نفوذ در 25°C و غلظت)

4. آزمایش‌ها و نتایج

4-1. اختلاط نانورس و مخلوط آسفالتی

در طرح اختلاط آسفالت، شن درشت‌دانه و ریزدانه، ماسه، فیلر و قیر با درصدهای مشخص مخلوط می‌شوند. با توجه به اینکه فیلر ریزدانه‌ترین بخش مخلوط است، نانورس به نسبت درصد وزنی مورد استفاده، جایگزین آن بخش از فیلر می‌شود. برای اختلاط نانورس و قیر در آزمایشگاه، ابتدا باید قیر را تا حدی ذوب کرد که کندروانی کینماتیک آن معادل 170 ± 2 سانتی‌استوکس باشد و درحالی‌که مخلوط‌کن در حال هم‌زدن آن است، به‌مرور نانورس را به آن افزود (عموماً توسط نمک‌پاش) تا کامل و به صورت همگن مخلوط شده و از توده‌شدن نانورس در قیر جلوگیری شود. در زمان اختلاط به دلیل بالابودن دما، نفوذ و تماس حباب‌های هوا با قیر اجتناب‌ناپذیر بوده و اکسیداسیون تسریع می‌شود؛ از این رو پارامترهای گوناگونی همچون زمان، سرعت و دمای اختلاط برای کل نمونه‌ها ثابت در نظر گرفته شده است تا پدیده پیرشدگی نسبتاً یکسان باشد. پس از اختلاط قیر و نانورس باید به مخلوط حاصله مابقی مصالح را که در گرمخانه گرم شده‌اند، افزود و مخلوط کرد تا زمانی که قیر تمامی فضای روی سنگدانه‌ها را پوشش دهد. در حین اختلاط باید دمای قیر دائم کنترل شود. برای ساخت نمونه‌های آسفالتی، سه نمونه برای هر درصد نانورس تهیه می‌شود. با توجه به اینکه طبق استاندارد ASTM نسبت فیلر نباید کمتر از 10 درصد وزنی مخلوط باشد، در این پژوهش از 5-1 درصد نانورس برای اختلاط استفاده شده است. به منظور ساخت نمونه‌های آسفالتی، سه نمونه برای هر درصد الیاف تهیه می‌شود که در این پژوهش از درصدهای 0/1-0/5 درصد الیاف برای اختلاط استفاده شده است. (11 و 12)

4-2. اختلاط الیاف PP با مخلوط آسفالتی

برای اضافه کردن الیاف پلی‌پروپیلن به مخلوط آسفالتی، سه روش وجود دارد:

4-2-1. روش خشک

در این روش ابتدا سنگدانه‌ها و قیر براساس استاندارد ASTM D1559 حرارت داده و آماده شدند. سنگدانه‌ها را از گرمخانه بیرون آورده و الیاف به سنگدانه‌ها اضافه و مخلوط شدند، سپس قیر به آن‌ها افزوده شد. در این روش مشاهده شد که الیاف جمع شده و هیچ‌گونه اختلاطی رخ نداد. در عمل این روش برای اختلاط مناسب نبود، به همین دلیل تلاش شد تا الیاف به روش متفاوتی به مخلوط اضافه

شود تا اختلاط مناسب و همگنی صورت پذیرد.

2-2-4. روش تر

در این روش ابتدا مصالح سنگی و قیر طبق استاندارد ASTM D1559 آماده‌سازی شد. الیاف پلی‌پروپیلن که از قبل آماده شده بود، به قیر داغ و روان اضافه و محصول به‌دست‌آمده به سنگدانه اضافه شد و کاملاً با هم مخلوط شدند. در این روش نیز به دلیل جذب قیر توسط الیاف، گلوله‌گلوله‌شدن رخ داد که منجر به عدم اختلاط مناسب الیاف با سنگدانه‌ها می‌شود؛ از این‌رو این روش هم برای اختلاط مناسب نیست.

2-2-4. روش مختلط

به دلیل اینکه در دو روش پیشین اختلاط همگنی بین الیاف و مخلوط آسفالتی صورت نمی‌پذیرفت و نموداراتی در جهت افزودن وجود دارد، روش دیگری بررسی شد که نتایج بهتری را در پی داشت. در این روش نیز طبق روش‌های پیشین، مصالح سنگی و قیر طبق استاندارد ASTM D1559 آماده شدند.

سنگدانه‌ها را که از قبل در گرمخانه حرارت دیده بودند، داخل ظرفی ریخته و سپس قیر حرارت‌دیده به مرور به آن اضافه شد و حدود 5-10 ثانیه توسط همزن مخلوط شدند. سپس الیاف را که رشته‌رشته شده بودند از هم جدا و به مرور به مخلوط افزودیم. پس از اضافه‌شدن الیاف به مخلوط، کل مخلوط به هم زده شد. پس از افزودن الیاف به روش گفته‌شده مشاهده شد که الیاف کاملاً همگن با مخلوط آمیخته شده‌اند و بدین ترتیب بهترین روش این خواهد بود که در این پژوهش از روش مختلط برای ساخت و انجام آزمایش‌ها استفاده شود.

2-3-4. اختلاط مشترک نانورس و الیاف در مخلوط آسفالتی

در این بخش نیز روال کار همچون مراحل گفته‌شده در قسمت‌های پیشین است، با این تفاوت که در ساخت نمونه‌های آسفالتی همراه با نانورس و الیاف پلی‌پروپیلن به صورت مشترک، باید ابتدا قیر را گرم کرده، سپس درحالی که همزن فعال است نانورس را به مرور بدان افزود، سپس مابقی مصالح را که در گرمخانه حرارت داده شده‌اند به مخلوط قیر و نانورس اضافه کرد، و درنهایت الیاف رشته‌رشته را به مخلوط نهایی اضافه کنیم تا الیاف کاملاً جذب قیر و سنگدانه‌ها شود. در این روش از درصدهای 1-5 درصد نانورس و 0/1-0/5 درصد الیاف به صورت مشترک استفاده شد. برای هرکدام از

درصدهای مشترک سه نمونه ساخته شد و در نهایت در این بخش 75 نمونه برای درصدهای مختلف نانورس و الیاف، به صورت مختلط به دست آمد.

روش ساخت و تهیه نمونه‌های مخلوط آسفالتی برای اختلاط آسفالت براساس روش استاندارد ASTM-D1559 انجام می‌شود. در این روش نمونه‌های مخلوط آسفالتی متراکم‌شده، در استوانه‌ای با ارتفاع حدود 63/5 و قطر 101/6 میلی‌متر (4 اینچ) تهیه قرار می‌گیرد. پس از عمل اختلاط که با دستگاه مخلوط‌کن یا دستی انجام می‌شود و پس از اطمینان از پوشش کامل مصالح سنگی با قیر، نمونه مخلوط آسفالتی به داخل قالب فلزی مربوطه که دارای قطر 101/6 میلی‌متر (4 اینچ) و ارتفاع حدود 75 میلی‌متر است، ریخته و متراکم می‌شود. دمای تراکم معادل دمایی است که در آن، کندروانی قیر برابر 280 ± 30 سانتی‌استوکس شود و عمل تراکم با چکش فلزی انجام می‌شود که دارای سطح مقطع به نمودار دایره (به قطر 98/4 میلی‌متر) و به وزن 4/5 کیلوگرم است و از ارتفاع مشخص 457 میلی‌متری (18 اینچ) به طور آزاد سقوط می‌کند. تعداد ضربه‌های تراکم 75 ضربه برای هر طرف نمونه انتخاب می‌شود (شکل 1).⁽¹¹⁾

پس از تعیین وزن مخصوص مخلوط‌های آسفالتی متراکم‌شده، نمونه‌ها به مدت 30 تا 40 دقیقه در آب 60 ± 1 درجه سانتی‌گراد قرار گرفته و پس از آن بلافاصله مقدار استحکام و روانی آن به وسیله دستگاه جک مارشال براساس روش استاندارد ASTM-D1559 تعیین می‌شود. در طرح اختلاط مخلوط‌های آسفالتی به روش مارشال، مقادیر وزن مخصوص حقیقی مخلوط آسفالتی، وزن مخصوص حقیقی مخلوط مصالح سنگی، وزن مخصوص قیر، حداکثر وزن مخصوص مخلوط آسفالتی، استحکام مارشال و روانی مخلوط آسفالتی متراکم شده تعیین می‌شود. سایر کمیت‌های مورد نظر براساس روابط محاسبات طرح اختلاط، به روش مارشال تعیین می‌شوند.⁽¹¹⁾



شکل 1. نمونه‌های آسفالتی مسلح شده با الیاف و نانو

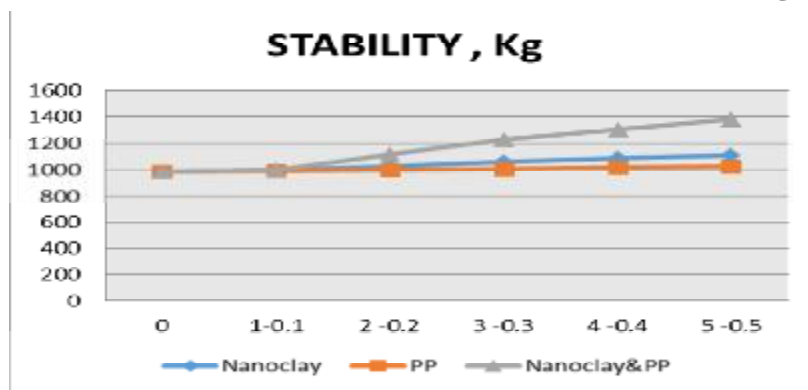
4-4. ارزیابی نتایج

4-4-1. مقاومت مارشال

استحکام و مقاومت مارشال تابع نوع، مقدار و مشخصه‌های فیلر است. نانورس فضای بین ذرات درشت دانه را پر کرده و سبب افزایش مقاومت، تراکم و درنهایت باربری می‌شود. این نانوافزودنی ضربه‌پذیری را افزایش داده و تغییر نمودار نسبی را کاهش می‌دهد. با توجه به نقش پرکنندگی بالای نانورس و نتایج حاصل از آزمایش‌ها و نمودارهای مربوطه می‌توان اظهار داشت مقاومت مارشال با افزایش درصد نانورس افزایش می‌یابد؛ به‌طوری‌که نمونه حاوی 5 درصد نانورس نسبت به نمونه بدون نانورس، حدود 13 درصد مقاومت بیشتری دارد.

با توجه به ویژگی مسلح کردن مخلوط آسفالتی توسط الیاف و نیز استفاده از آن در قیر و مصالح به صورت مختلط که موجب جذب همگن آن در مخلوط شده است، الیاف پلی‌پروپیلن سبب افزایش مقاومت مخلوط می‌شود. نتایج آزمایش نشان می‌دهد با افزایش درصد الیاف، مقاومت بالا می‌رود؛ به‌طوری‌که نمونه حاوی 0/5 درصد الیاف پلی‌پروپیلن نسبت به نمونه بدون الیاف، حدود 4 درصد مقاومت بیشتری دارد. نکته قابل توجه در نتایج آزمایش این است که با افزایش درصد الیاف، روند رشد مقاومت کاهش می‌یابد که علت آن می‌تواند جذب شدن الیاف به قیر باشد که در این صورت با افزایش درصد قیر می‌توان مقاومت را افزایش داد.

با توجه به اینکه نانورس و الیاف پلی‌پروپیلن هر دو خاصیت مقاومتی دارند، و نتایج هر دو به‌تنهایی مقاومت مارشال را افزایش داده است، در نمودار نیز ملاحظه می‌شود که مقاومت افزایش یافته است و در صورت افزودن 5 درصد نانورس و 0/5 درصد الیاف، مقاومتی معادل 1382 کیلوگرم ثبت شده می‌شود که نشان از افزایش 140 درصدی نسبت به نمونه شاهد است (نمودار 2).



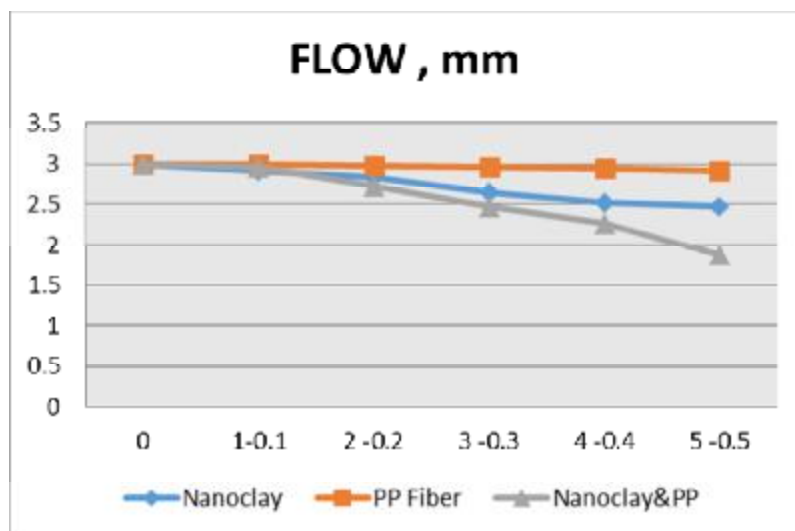
نمودار 2. مقایسه نتایج مقاومت مارشال افزودنی‌ها

4-4-2. روانی

روانی مارشال نیز تابع نوع، مقدار و مشخصات فیلر است. با توجه به اینکه نانورس چسبندگی بین فضای قیر و سنگدانه‌ها را بهبود می‌بخشد، روانی کاهش خواهد یافت. با بررسی نمودار مربوطه ملاحظه می‌شود با افزایش درصد نانورس، روانی نمونه‌ها کاهش می‌یابد؛ به‌طوری‌که نمونه حاوی بالاترین درصد نانورس نسبت به نمونه غیرمسلح، حدود 21 درصد روانی کمتری دارد.

طبیعی است که افزایش یا کاهش الیاف در قیر و مصالح سنگی روانی مخلوط را تحت تأثیر قرار می‌دهد. نتایج آزمایش مارشال نشان می‌دهد با افزایش درصد الیاف، روانی مخلوط کاهش می‌یابد و نمونه حاوی بالاترین درصد الیاف نسبت به نمونه غیرمسلح، حدود 2 درصد روانی کمتری دارد.

با توجه به نتایج آزمایش روانی و نمودار، و با توجه به اختلاط نانورس با قیر و جذب الیاف به مصالح سنگی، روانی نمونه‌ها کاهش یافته است؛ به‌طوری‌که در ترکیب بیشترین درصد نانورس و الیاف، روانی به میزان 161 درصد کاهش داشته است. البته گفتنی است روانی نمونه‌ها از 5 درصد نانورس و 0/3 الیاف، از حدود مشخصات طبق نشریه 234 خارج می‌شود (نمودار 3).



نمودار 3. مقایسه نتایج روانی افزودنی‌ها

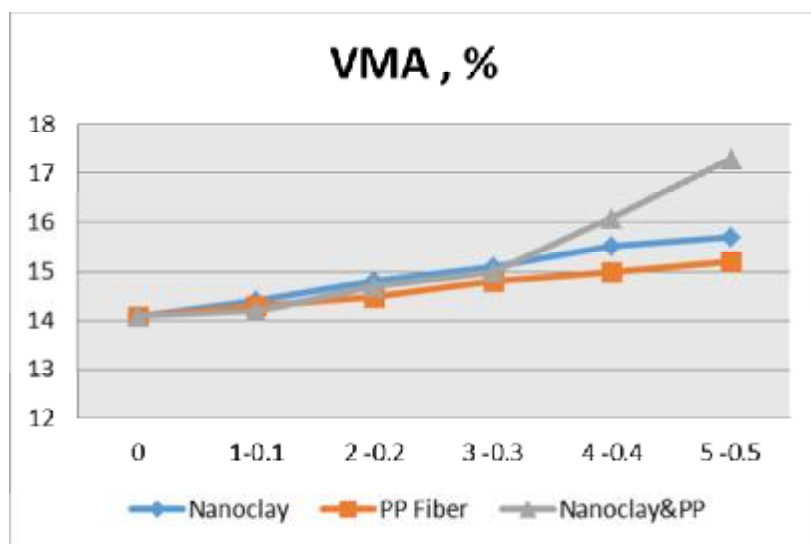
4-4-3. حجم فضای خالی مصالح سنگی (VMA)

در طرح مخلوط آسفالتی، حداقل حجم منافذ در سنگدانه‌ها تابع بزرگ‌ترین اندازه اسمی سنگدانه هاست که با ریزتر شدن سنگدانه‌ها افزایش می‌یابد. با توجه به اینکه وجود نانورس موجب افزایش ضخامت غشای قیری در اطراف سنگدانه‌ها می‌شود، نمودار نشان‌دهنده افزایش درصد فضای خالی

مصالح سنگی حاوی نانورس است، به‌طوری‌که درنهایت حدود 12 درصد فضای خالی مصالح سنگی افزایش می‌یابد.

با توجه نتایج آزمایش و نمودار باید گفت، حجم فضای خالی مصالح سنگی با وجود الیاف افزایش می‌یابد؛ به‌طوری‌که درنهایت در 0/5 درصد استفاده از الیاف، حدود 7 درصد فضای خالی مصالح سنگی افزایش می‌یابد.

با توجه به اینکه هر دو افزودنی به صورت مجزا موجب کاهش درصد فضای خالی مصالح سنگی شده‌اند، همان‌طور که در نمودار نیز دیده می‌شود، ترکیب این دو نیز نتیجه مشابهی در کاهش درصد فضای خالی مصالح سنگی دارد. گفتنی است با توجه به درصد قیر بهینه و مندرجات نشریه 234، درصد فضای خالی در این آزمایش‌ها از 3 درصد نانورس و 0/3 درصد الیاف، مورد پذیرش خواهد بود (نمودار 4).



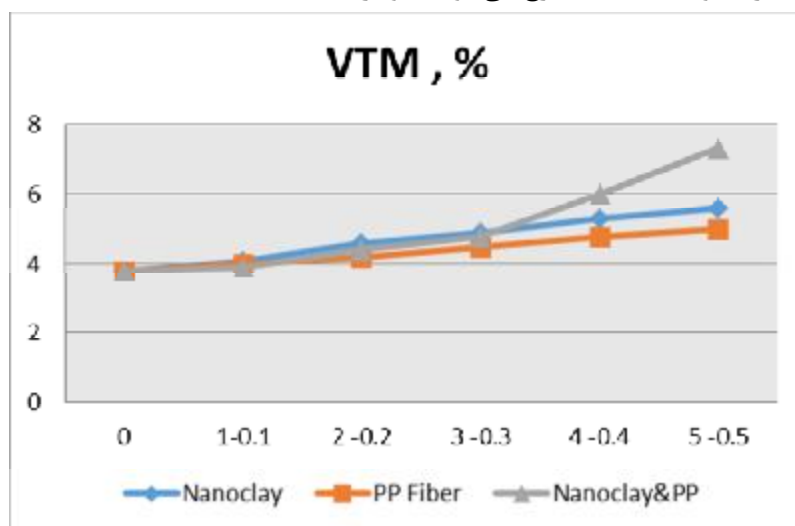
نمودار 4. مقایسه نتایج VMA افزودنی‌ها

4-4-4. حجم فضای خالی کل مخلوط (VTM)

با افزایش درصد نانورس در مخلوط، فضای خالی کل مخلوط افزایش می‌یابد و در 5 درصد میزان آن معادل 5/6 است که این مقدار نشان‌دهنده افزایش 48 درصدی نسبت به مخلوط بدون نانورس است. این موضوع می‌تواند ناشی از واکنش‌های شیمیایی نانورس با مخلوط باشد. این نتیجه می‌تواند موجب کاهش قیرزدگی به‌ویژه در فصول گرم و مناطق دارای آب‌وهوای گرم شود و توان باربری را نیز افزایش دهد.

با افزایش درصد الیاف در مخلوط، حجم فضای خالی کل مخلوط افزایش می‌یابد و در 0/5 درصد، میزان آن معادل 3/75 است که نشانگر افزایش 32 درصدی نسبت به مخلوط بدون الیاف است. این موضوع می‌تواند ناشی از واکنش‌های شیمیایی الیاف پلی‌پروپیلن با مخلوط باشد.

افزودن درصدهای بیشتر ترکیب نانورس و الیاف موجب افزایش درصد فضای خالی مخلوط می‌شود. نتایج حاصل از نمودار بیانگر رشد 192 درصدی فضای خالی در 5 درصد نانورس و 0/5 درصد الیاف است. نکته قابل توجه این است که درصد فضای خالی در ترکیب 3 درصد نانورس و 0/5 درصد الیاف، از حدود مشخصات خارج می‌شود (نمودار 5).



نمودار 5. مقایسه نتایج VTM افزودنی‌ها

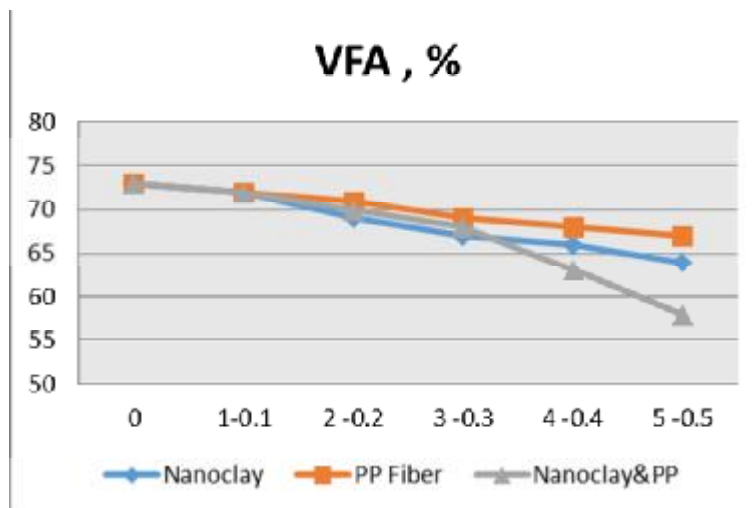
4-4-5. حجم فضای پرشده با قیر (VFA)

با افزودن درصدهای مختلف نانورس به مخلوط آسفالتی، ضخامت غشای قیری نیز افزایش می‌یابد که این مسئله منجر به کاهش عریان‌شدگی در آسفالت خواهد شد. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده از نمودار، ملاحظه می‌شود که با افزایش نانورس، درصد فضای پرشده با قیر کاهش یافته است که در 5 درصد افزودنی، کاهش معادل 14 درصد قابل مشاهده است.

با توجه به نتایج حاصل از نمودار، باید گفت با افزایش درصد الیاف پلی‌پروپیلن در مخلوط آسفالتی، درصد فضای پرشده با قیر کاهش یافته است و در 5 درصد، کاهش معادل 8 درصد نسبت به نمونه بدون الیاف دیده می‌شود.

با استفاده از ترکیب نانورس و الیاف در مخلوط آسفالتی، درصد فضای پرشده با قیر کاهش می‌

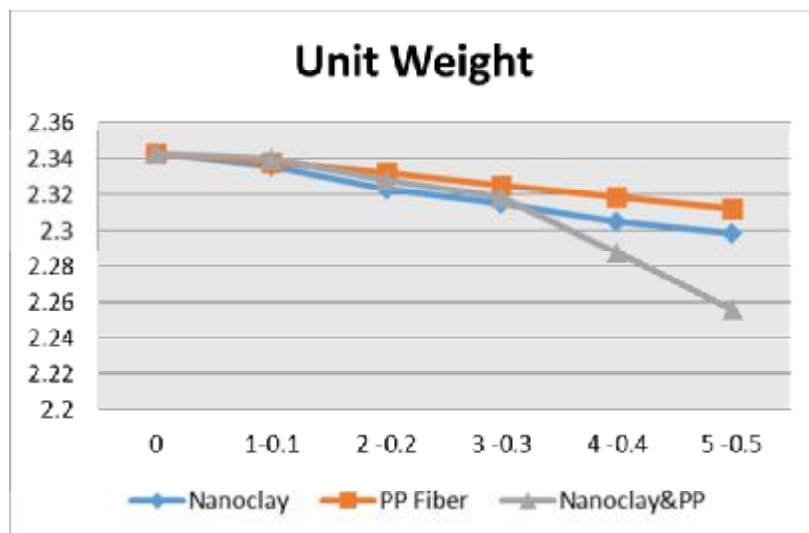
یابد. این کاهش درصد از 4 درصد نانورس و 0/2 درصد الیاف، از حدود مشخصات خارج می‌شود و در نهایت در بیشترین درصد مورد استفاده این دو افزودنی، 125 درصد کاهش درصد فضای پر شده با قیر نسبت به نمونه شاهد، قابل مشاهده است (نمودار 6).



نمودار 6. مقایسه نتایج VFA افزودنی‌ها

4-4-6. وزن مخصوص

با افزایش درصد نانورس در مخلوط، وزن مخصوص کاهش می‌یابد که این مسئله می‌تواند ناشی از افزایش حجم قیر و افزایش حجم مصالح سنگی در مخلوط باشد. با توجه به نمودار، وزن مخصوص مخلوط حاوی 5 درصد نانورس، در حدود یک درصد کمتر از مخلوط آسفالتی بدون افزودنی است. با افزایش درصد الیاف در مخلوط، وزن مخصوص کاهش می‌یابد که این مسئله می‌تواند ناشی از افزایش حجم مصالح سنگی در مخلوط باشد. با توجه به نمودار، وزن مخصوص مخلوط حاوی 0/5 درصد الیاف، در حدود یک درصد کمتر از مخلوط آسفالتی بدون افزودنی است. وزن مخصوص نمونه‌ها با افزایش درصد مشترک نانورس و الیاف کاهش می‌یابد و تقریباً از 3 درصد نانورس و 0/4 درصد الیاف، با مقدار بیشتری این کاهش رخ می‌دهد (نمودار 7).



نمودار 7. مقایسه نتایج وزن مخصوص افزودنی‌ها

5. نتیجه‌گیری

چند سالی است که کاربرد نانومواد و الیاف‌ها در بهبود رویه‌های روسازی آسفالتی و بتنی، مورد توجه محققان حوزه راه قرار گرفته است. همین امر سبب شده است تا آزمایش‌های گوناگونی برای اثبات این مدعا انجام گیرد. نتایج آزمایش‌ها تا میزان زیادی بر کارآمدی استفاده از این افزودنی‌ها دلالت دارد.

استحکام و مقاومت مارشال تابع مقدار و مشخصه‌های نانورس است. نانورس فضای بین ذرات درشت‌دانه را پر کرده و سبب افزایش مقاومت، تراکم و درنهایت باربری می‌شود. این نانوافزودنی ضربه‌پذیری را افزایش داده و تغییر نمودار نسبی را نیز کاهش می‌دهد. برای اختلاط این ماده با قیر لازم است پس از ذوب‌شدن قیر و درحالی‌که مخلوط‌کن فعال است، این ماده به‌مرور به قیر افزوده و مخلوط شود؛ درغیراین‌صورت پدیده گلوله‌شدن رخ می‌دهد.

الیاف پلی‌پروپیلن ذاتاً خاصیت مسلح‌کردن دارد و استفاده از آن در قیر و مصالح سنگی در صورت اختلاط همگن، موجب افزایش مقاومت مخلوط آسفالتی می‌شود. اختلاط این ماده با مخلوط آسفالتی می‌تواند به سه روش تر، خشک و مختلط انجام پذیرد که بهترین روش که مخلوط همگنی را حاصل می‌کند، روش مختلط است. در این روش ابتدا باید قیر و مصالح سنگی را مخلوط کرد و سپس الیاف را به مخلوط اولیه افزود.

با توجه به افزودن درصدهای 0/1-0/5 درصد الیاف پلی‌پروپیلن با طول برش 18 میلی‌متر و

درصدهای 5-1 نانورس با درجه خلوص 99/9 درصد و ترکیب این درصدها با یکدیگر و انجام آزمایش‌های مارشال انجام شده روی نمونه‌های آسفالتی و محاسبات لازم، می‌توان به طور خلاصه نتایج زیر را بیان کرد:

1. با توجه به نتایج حاصل از کاربرد نانورس و الیاف در نمونه‌های آسفالتی به‌تنهایی و به صورت مشترک، ملاحظه می‌شود که اثر مشترک این دو افزودنی محسوس‌تر از اثر هریک به صورت مجزا است و تأثیر بسزایی در افزایش مقاومت مارشال به صورت ترکیب مشترک ایفا می‌کنند؛
2. با توجه به نتایج حاصل از آزمایش روانی برای هر سه حالت و نمودار، روانی نمونه‌های هر سه حالت تقریباً تا 2 درصد نانورس و 0/2 درصد الیاف و ترکیب مشترک این دو تقریباً برابر بوده و از این درصدها به بعد، روانی نمونه‌های همراه با ترکیب دو افزودنی با سیر نزولی بیشتری کاهش می‌یابد و در نهایت روانی آن از حدود مشخصات خارج می‌شود؛
3. با توجه به نتایج برای هر سه حالت و نمودار، درصد فضای خالی مصالح سنگی نمونه‌های هر سه حالت تقریباً تا 3 درصد نانورس و 0/3 درصد الیاف و ترکیب مشترک این دو تقریباً برابر بوده و از این درصدها به بعد، درصد فضای خالی مصالح سنگی ترکیب مشترک، رشد قابل توجهی داشته و در این میان درصد فضای خالی مصالح سنگی الیاف، کمترین افزایش را دارد؛
4. ملاحظه می‌شود که با حضور افزودنی‌ها، درصد فضای خالی کل مخلوط نیز افزایش می‌یابد. همچنین با توجه به نمودار در حالت ترکیبی، از 3 درصد نانورس و 0/3 درصد الیاف، به نسبت دو حالت دیگر VTM رشد بیشتری داشته است؛
5. با توجه به نتایج به‌دست آمده از سه حالت آزمایش و مقایسه آن‌ها، بیشترین کاهش مربوط به ترکیب افزودنی‌ها و کمترین آن مربوط به الیاف است. با توجه به نمودار، تا 1 درصد نانورس و 0/1 درصد الیاف، تقریباً روند نزولی هر سه نمودار برابر است و از آن درصدها به بعد شیب تغییرات متغیر می‌شود؛
6. وزن مخصوص نمونه‌های هر سه حالت با افزایش درصد افزودنی‌ها نسبت عکس دارد. با توجه به نمودار، تا 3 درصد نانورس و 0/3 درصد الیاف، نانورس بیشترین کاهش را دارد، اما از این درصد به بعد ترکیب نانورس و الیاف، سیر نزولی بیشتری را طی می‌کند؛
7. با توجه به نتایج حاصل از ترکیب نانورس و الیاف و بررسی حدود مشخصه‌ها برای قشر رویه، درصد بهینه برای این دو افزودنی برای استفاده در دانه‌بندی قشر رویه عبارت است از 3 درصد نانورس و 0/3 درصد الیاف که نتایج در این درصدها به شرح جدول شماره 5 است:

جدول 5. نتایج حاصل از درصد بهینه برای ترکیب نانورس و الیاف پلی پروپیلن

وزن مخصوص	VFA	VTM	VMA	روانی	استحکام	مشخصه
2/319	68	4/8	15	2/48	1231	مقدار

8. این افزودنی‌ها به بهبود خواص فیزیکی و مکانیکی مخلوط آسفالتی با دانه‌بندی قشر رویه می‌انجامد و با توجه به تأثیرات قابل توجه در نتایج مارشال، استفاده از آن در افزایش باربری آسفالت توصیه می‌شود؛

9. با توجه به کاربردهای این ماده، بحث استفاده از آن را می‌توان را به‌ویژه در مسیر عبور وسایل نقلیه با ترافیک سنگین مورد بررسی قرار داد.

استفاده از انواع دیگر نانومواد و الیاف‌ها با درصدهای مختلف در مخلوط آسفالتی و نیز در دانه‌بندی قشر آستر همراه با درصدهای مختلف قیر به‌عنوان کارهای آتی، توصیه می‌شود.

منابع

1. معاونت فنی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک (1387)، مخلوط‌های آسفالتی و قیر، تهران: انتشارات شرکت مادر تخصصی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک.
2. تن‌زاده، ج.، تن‌زاده، ز. (1391)، بررسی تأثیر مواد نانو و پلیمری در بهبود خصوصیات عملکردی قیر و تغییرات مدول دینامیک آسفالت به‌عنوان یک ماده ویسکو الاستیک، نهمین کنگره ملی مهندسی عمران، اصفهان: دانشگاه اصفهان.
3. غفارپور جهرمی، س. (1390)، تأثیر نانورس و کربنات کلسیم رسوبی بر رفتار مهندسی مخلوط‌های آسفالتی، ششمین کنگره ملی مهندسی عمران، سمنان: دانشگاه سمنان.
4. خدادادی، ا.، کوکبی، م. و صالحی، س. (1386)، اثر افزودنی نانورس بر عملکرد درازمدت روسازی‌های آسفالتی، دومین همایش دانشجویی فناوری نانو، کاشان: دانشگاه کاشان.
5. اکبری مطلق، ع. (1390)، مقاوم‌سازی جاده‌ها با استفاده از نانو لوله کربنی، اراک: چهارمین همایش ملی مقاوم‌سازی و حفظ بناهای ماندگار.
6. شکرچی زاده، م.؛ باباپور، ح.؛ حاجی‌سامی، ب. (1387)، مقاومت در برابر ساییدگی روسازی بتنی حاوی مواد نانو، تهران: چهارمین کنگره ملی مهندسی عمران، تهران.
7. فیروزی، ف. و همکاران (1391)، بررسی کاربرد سیمان و الیاف پلی‌پروپیلن در مخلوط آسفالت بازیافتی به روش سرد با امولسیون قیر، نهمین اصفهان: کنگره بین‌المللی مهندسی عمران.
8. حجازی س. م.؛ شیخ‌زاده م.؛ ابطحی س. م.؛ سمنانی د. (1387)، بررسی کاربرد مواد نساجی گوناگون برای تسلیح مکانیکی بتن آسفالتی و تحلیل نتایج حاصل با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی، تهران: چهارمین کنگره ملی مهندسی عمران.
9. نوری، ا.؛ خدایاری، م. (1389)، مقدمه‌ای بر فناوری نانو، چاپ سوم، تهران: انتشارات سازش.
10. شرکت نانوآنانی (1391)، مشخصه‌های فنی محصولات نانو شرکت راک وود، مشهد.
11. بیات، ر.؛ طلعت‌اهری، س. (1396)، «بررسی آزمایشگاهی اثرات نانوکلوذیت بر خصوصیات فیزیکی مخلوط‌های آسفالت»، دنیای نانو، شماره 48، 25-20.
12. بیات، ر.؛ طاهرخانی، ح. (1395)، «عملکرد الیاف پلی‌پروپیلن بر شیارشدگی و حساسیت رطوبتی الیه بیندر روسازی آسفالتی بر پایه فرایند مختلط»، پژوهش نفت، شماره 86، صص 143-154.

13. Asphalt Institute (1984), "Mix Design Method for Asphalt Concrete and other Hot-Mix Types", MS-2.
14. ASTM Standard Specification (1988), Section 4, Vol. 03-04.
15. Jahromi, S. G., Ahmadi, N. L., (2011), "Engineering Properties of Nanoclay Modified Asphalt Concrete Mixtures", International Journal of Earth Sciences and Engineering, pp. 941-944.
16. Jahromi, S. G., Khodaii, A. (2009), "Effects of Nanoclay on Rheological Properties of Bitumen Binder", Construction and Building Materials, 23. 8.
17. Ghile D. B. (2006), "Effects of Nanoclay Modification on Rheology of Bitumen and on Performance of Asphalt Mixtures", M. S. Thesis, Delft University of Technology, Delft, The Netherlands.
18. You, Z., Mills-Beale, J., Justin, F., Roy, S., Odegard, G. M., Dai, Q., Goh, S. W., (2010), Nanoclaymodified asphalt materials: Preparation and characterization, Constr. Build. Mater, 25. 2, pp. 1072-1078.
19. Chong, K. P., (2003), Nanotechnology in civil engineering, 1st Int. Symp.on Nanotechnology in Construction, Paisley, Scotland, pp. 13-21.
20. Steyn, W. J. M., (2009), "Potential applications of nanotechnology in pavement engineering", ASCE Jnl of Transportation Engineering, 135. 10, pp. 764-772.
21. Ghasemia, M. Marandia, B. Tahmooresib, M. kamalia, R. J. (2012), "Modification of Stone Matrix Asphalt with Nano-SiO₂", Journal of Basic and Applied Scientific Research, pp. 1338-1344.
22. Abtahi, S. M. (2011), "Production of Polypropylene-reinforced Asphalt Concrete Mixtures Based on Dry Procedure and Superpave Gyratory Compactor", Iranian Polymer Journal.
23. Kumar P., Mehndiratta H. C., Immadi S. (2009), "Investigation on fiber Modified bituminous mixes", TRB Annual Meeting.
24. Brown, S F., Rowlett, R. D., & Boucher, J L. (1998), "Asphalt modification. Proceedings of the conference on the United States strategic highway research program", Sharing the benefits, ICE, pp. 181- 203.
25. Maurer D. A., & Malasheskie G. (2006), "Field performance of fabrics and fibers to retard reflective cracking", pp. 13-23.
26. Jenq, Y. S., Chwen- Jang, L., & Pei, L. (1998), "Analysis of crack resistance of asphalt concrete overlays", A fracture mechanics approach Transportation Research Record, No. 1388, pp. 160-166.
27. Tapkın, S. (2007), "The effect of polypropylene fibers on asphalt performance", Building and Environment, Vo. 43, Issue 6, pp. 1065-1071.
28. Tapkın, S., Tuncan, A., & Tuncan, M. (2008), "Repeated creep behavior of polypropylene fiber-reinforced bituminous mixtures," Journal of Transportation Engineering, ASCE, 135. 4, pp. 240- 249.
29. S. Tapkın, U. Usar, A. Tuncan and M. Tuncan. (2009), "Repeated creep behavior of polypropylene fiber-reinforced bituminous mixtures", Journal of Transportation Engineering, ASCE, pp. 240-249.
30. ITEM 400HS. (1999), "Standard specification for asphalt concrete-high stress using polypropylene fibers, Ohio Department of Transportation", Construction and Materials Specifications.
31. Colorado Department of Transportation (CDOT), (2009), "Standard Method of Test for Linear Kneading Compaction of Bituminous Mixture", Colorado Procedure Laboratory 5116.

32. Standard Specifications for Transportation Materials and Methods of Sampling and Testing, 1997.
33. Xicheng Qi and Witczak W. (2001), "Time-Dependent Permanent Deformation Models for Asphalt mixtures", Transportation Research Board, pp. 83-93.
34. Maurer, Dean, A., Malasheskie., (1998), "Field performance of fabrics and fibers to retard reflective cracking", Transportation Research Record, 1248, pp. 13-23.
35. Ebrahimi, M., (2010), The effect of polypropylene fiber on marshall stability and flow, Famagusta: E. M. U.
36. Abdul-Rahim., Al-Hadidy. (2005), "Evaluation of pyrolysis polypropylene modified asphalt paving material", Al-Rafidain Engineering, pp. 33-45.



ارزیابی ایده استفاده از ضایعات پلاستیکی در تولید بتن با در نظر گرفتن خواص مهندسی

سامان راحت دهمرده*

گروه مهندسی عمران، دانشکده فنی و مهندسی شهید نیکبخت، دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان،
ایران

محمدحسن میرابی مقدم

استادیار، گروه مهندسی عمران، دانشکده فنی و مهندسی شهید نیکبخت، دانشگاه سیستان و بلوچستان،
زاهدان، ایران

تاریخ پذیرش نهایی: 1397/05/03

تاریخ دریافت مقاله: 1397/02/03

چکیده

امروزه با توجه به رشد سریع جمعیت، شهرنشینی و صنعتی شدن شهرها روزانه حجم زیادی از ضایعات جامد در کشورهای در حال توسعه تولید می شود و مدیریت این پسماندها به دغدغه ای اساسی برای فعالان محیط زیست و مسئولان شهری تبدیل شده است. سهم قابل توجهی از این پسماندها ضایعات پلاستیکی هستند که تنها بخش اندکی از آن ها بازیافت می شوند. یکی از راه حل های جایگزین برای بازیافت غیرمستقیم این ضایعات، استفاده از آن ها در تولیدات بتنی است؛ از این رو بررسی خواص مهندسی این بتن ترکیبی، بیش از پیش ضرورت می یابد. در این راستا در مقاله حاضر تلاش شده است تا با ارزیابی داده های آزمایشگاهی، تأثیرات افزودن انواع ضایعات پلاستیکی بر خواص بتن تازه و سخت شده مطالعه شود. نتایج پژوهش نشان می دهد اگرچه گنجاندن پلاستیک در بتن

* نویسنده مسئول مکاتبات: Saman.dahmarde@yahoo.com

سبب ضعف مشخصات مکانیکی می‌شود، با این حال بتن ترکیبی حاصل می‌تواند در برخی کاربردهای سازه‌ای و غیرسازه‌ای به کار گرفته شود و ایده‌ای عملی برای کارآفرینی انگاشته شود.

واژگان کلیدی:

بتن، خواص مکانیکی، ضایعات پلاستیک، کارایی، محیط زیست.

1. مقدمه

ترکیب‌های مختلفی از پلاستیک در سرتاسر دنیا تولید می‌شوند و مورد استفاده قرار می‌گیرند. مقدار زیادی از پلاستیک‌های تولید شده مربوط به رول‌های پلاستیکی مصرفی در صنعت بسته‌بندی مواد، کیسه‌های خرید و زباله، نگهدارنده‌های مایعات، اسباب‌بازی‌ها و سایر محصولات پلاستیکی خانگی، صنعتی و ساختمانی است. گزارش‌ها نشان داده است که پلاستیک‌ها کوچک اما جزء قابل توجهی از ضایعات جاری شهری به شمار می‌آیند (Subramanian, 2000). حدود 5-15 درصد حجم ضایعاتی را که به زمین‌های دفن زباله برده می‌شوند، زباله‌های پلاستیکی تشکیل می‌دهند که از میان آن‌ها 69/13 درصد کیسه‌های پلاستیکی و 30/87 درصد انواع دیگر پلاستیک‌ها هستند (Zhou et al, 2014). محققان اثبات کرده‌اند با توجه به ترکیبات ضایعات پلاستیکی، صدها تا هزاران سال زمان برای تجزیه آن‌ها نیاز است (Raghatate, 2012). این امر چالش‌هایی جدی را پیش روی فعالان محیط زیست و مسئولان مدیریت پسماندها قرار می‌دهد. مطالعات سایکیا و بریتو¹ (2012) نشان می‌دهد ضایعات پلاستیکی، قابلیت نفوذپذیری آب در خاک را کاهش می‌دهند و در پی آن، در حاصلخیزی خاک کاملاً اثرگذارند. علاوه بر این، ذرات پلاستیکی خطری جدی برای زیست جانوری در خشکی و آب به شمار می‌آیند. بخش محیط زیست سازمان ملل متحد (UN) در سال 2006 میلادی تخمین زده است در هر مایل مربع از اقیانوس، بیش از 46 هزار تکه پلاستیک شناور وجود دارد و مصرف آن‌ها سبب مرگ تعداد زیادی از پرندگان و پستانداران دریایی می‌شود (Saikia & Brito, 2012).

با توجه به کمبود مراکز مناسب بازیافت، بخش قابل توجهی از ضایعات پلاستیکی به زمین‌های دفن زباله یا محل‌های سوزاندن ارسال می‌شوند. سازمان حفاظت محیط زیست امریکا در سال 2010 سهم ضایعات پلاستیکی از کل پسماندهای جامد شهری را حدود 13 درصد تخمین زده بود که تنها بخشی از آن‌ها بازیافت می‌شوند (Thomas & Gupta, 2016). در مثالی دیگر، میزان تولید ضایعات پلاستیکی در هند تقریباً 65 هزار تن در سال است که سهم شهر دهلی، تولید روزانه 689 تن زباله است و تنها 60 درصد از کل ضایعات پلاستیکی در این شهر بازیافت می‌شوند (Al-Salem et al, 2009). در ایران نیز شرایط بازیافت ضایعات پلاستیکی در جایگاه مناسبی قرار ندارد و بنا به اعلام رییس ستاد محیط زیست و توسعه پایدار شهرداری تهران، ایران جزء 10 کشور نخست پرمصرف ظروف پلاستیکی یک‌بارمصرف در جهان است و تنها 9 درصد ضایعات پلاستیکی در ایران بازیافت

1. Saikia & Brito

شده و به چرخه مصرف باز می‌گردند (خبرگزاری میزان، 1395). رشد شهرنشینی و افزایش تولید ضایعات از یک سو و کمبود زمین‌های دفن زباله و معضل‌های زیست‌محیطی از سوی دیگر، محققان را بر آن داشته تا به دنبال روش‌های جایگزین برای بازیافت ضایعات پلاستیکی باشند.

در دو دهه اخیر، امکان استفاده از ضایعات پلاستیکی در انواع بتن و ملات توسط محققان مورد سنجش قرار گرفته است. در حال حاضر، بتن با حدود 25 بیلیون تن در سال، پرمصرف‌ترین مصالحی است که در سرتاسر دنیا در کاربردهای عمرانی مورد استفاده قرار می‌گیرد (Gursel et al, 2014). از آنجاکه بین 65 تا 80 درصد حجم بتن را سنگدانه‌های طبیعی تشکیل می‌دهد، می‌توان با مدیریت خوب، بخشی از ذرات پلاستیکی را به‌عنوان جایگزین قسمتی از ریزدانه‌ها یا درشت‌دانه‌ها استفاده کرد (Araghi et al, 2015).

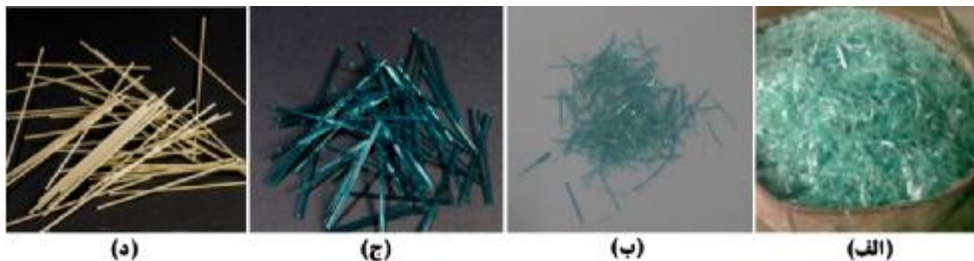
در سال‌های گذشته مطالعات زیادی روی اثرات افزودن انواع مختلف پلاستیک مانند ذرات ریز پلاستیکی (Rai et al, 2012)، ذرات پلی اتیلن ترفتالات (PET) (Araghi et al, 2015; Cordoba et al, 2012)، ضایعات پلی اتیلن با چگالی بالا (HDPE) (Naik et al, 1996)، ذرات درشت پلاستیکی (PCA) (Benosman et al, 2013; Mathew et al, 2013)، الیاف پلی اتیلن (Bhogayata & Arora, 2011)، الیاف بطری‌های پلاستیکی (Foti, 2013; Ramadevi & Manju, 2013)، و ضایعات لوله‌های پلی وینیل کلراید معروف به پی‌وی‌سی (PVC) (Kou et al, 2009)، بر خواص مهندسی بتن انجام شده است. در اشکال 1 و 2 می‌توان نمونه‌هایی از ذرات و همچنین الیاف پلاستیک‌های استفاده‌شده در تحقیقات را مشاهده کرد.



شکل 1. نمونه‌هایی از انواع مختلف ذرات پلاستیکی استفاده‌شده در مطالعات پیشین

الف (Bhogayata et al, 2013)، ب (Saikia & Brito, 2013)، ج (Rai et al, 2012)، د (Ismail & Al-Hashmi, 2010).

1. Polyethylene Terephthalate
2. High Density Polyethylene
3. Plastic Coarse Aggregates
4. Poly Vinyl Chloride



شکل 2. نمونه‌هایی از انواع مختلف الیاف پلاستیکی استفاده‌شده در مطالعات پیشین

الف (Bhogayata et al, 2012)، ب (Foti, 2011)، ج (Fraternali et al, 2011)، د (Fraternali et al, 2011).

اگرچه در گذشته مطالعاتی در زمینه تأثیر افزودن ضایعات پلاستیکی بر خواص رئولوژیکی و مکانیکی بتن انجام شده است، اما مطالعات مقایسه‌ای گسترده برای بررسی تأثیر انواع مختلف ذرات و الیاف پلاستیک با شکل و اندازه‌های مختلف بر رفتار بتن تازه و سخت‌شده محدود مانده است. علاوه بر این، به منظور دستیابی به درک مناسبی از نقطه ضعف‌ها و قابلیت‌های بتن حاوی ضایعات پلاستیکی و همچنین تعیین موارد استفاده این بتن ترکیبی در کاربردهای عمرانی، انجام این‌گونه تحقیقات ضرورت دارد. مقاله حاضر کوشیده است تا تأثیر جایگزینی و افزودن انواع مختلف پلاستیک با ابعاد و اشکال متنوع به بتن را به صورت گسترده مورد ارزیابی قرار دهد. بدین‌منظور، نتایج تحقیقات آزمایشگاهی مورد توجه قرار گرفته و اثرات ذرات ریز، درشت و همچنین الیاف انواع مختلف پلاستیک بر کارایی بتن تازه و خواص مکانیکی بتن سخت‌شده با دقت مطالعه شده است. نتایج نشان‌دهنده تأثیر قابل‌ملاحظه ضایعات پلاستیک بر این خواص هستند که در ادامه بدان پرداخته می‌شود.

2. کارایی بتن تازه

کارایی یکی از ویژگی‌های مخلوط بتن تازه است که یکنواختی و میزان سهولت در مخلوط کردن، جابه‌جایی، ریختن و تراکم بتن در محل نهایی خود بدون جداشدگی و ایجاد غیر یکنواختی را سبب می‌شود و به عوامل گوناگونی ارتباط می‌یابد. از مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار بر روانی، انسجام و لزجت خمیری بتن تازه علاوه بر نسبت آب به سیمان، می‌توان به مصالح مورد استفاده در آن با توجه به جنس، سایز و شکل آن اشاره کرد. افزودن ذرات پلاستیک به بتن، بر میزان آب مخلوط و کارایی آن اثر می‌گذارد. در این بخش، اثرات جایگزینی و افزودن انواع مختلف ضایعات پلاستیکی بر کارایی بتن تازه بررسی شده است.

2-1. اثرات جایگزینی و افزودن ذرات PET

رحمانی¹ و همکاران (2013) معتقدند ذرات PET در مقایسه با ریزدانه‌های طبیعی، سطح ویژه بیشتری دارند، به همین جهت اصطکاک بیشتری میان ذرات ایجاد می‌شود که بر کارایی مخلوط بتن تازه تأثیر منفی دارد. سایکیا و بریتو (2014) تأثیرات شکل ذرات پلاستیک بر کارایی بتن را ارزیابی کرده‌اند. آن‌ها در تحقیقات‌شان سه شکل مختلف از ذرات پلاستیکی شامل خرده پلاستیک ریزدانه (PF) خرده پلاستیک درشت‌دانه (PC) و ذرات پلاستیکی کروی شکل (PP) را به کار بردند و سپس نتیجه گرفتند که افزودن ذرات PP اندکی اسلامپ بتن را افزایش می‌دهد، اما افزودن ذرات PF و PC به مخلوط بتن منجر به کاهش شدید اسلامپ می‌شود. باتانه² و همکارانش (2007) گزارش دادند با جایگزینی 20 درصد ضایعات پلاستیکی به عنوان بخشی از ریزدانه‌ها، کارایی بتن تا 25 درصد کاهش می‌یابد.

2-2. اثرات جایگزینی و افزودن الیاف پلاستیک

بوهوگایاتا³ و همکاران (2012) کاهش کارایی بتن تا 25 درصد را پس از اضافه شدن الیاف پلاستیکی گزارش کرده‌اند. نیبودی⁴ و همکارانش (2013) اثرات الیاف پلاستیک با دو نسبت ابعادی (طول به قطر الیاف) 35 و 50 را روی کارایی بتن مورد بررسی قرار دادند. آن‌ها الیاف پلاستیکی را به میزان 0-3 درصد وزنی سیمان به مخلوط بتن افزودند و این گونه بیان داشتند که بیشترین اسلامپ اندازه‌گیری شده برای نمونه شاهد، برابر 67 میلی‌متر بوده است، اما برای نمونه‌های حاوی الیاف با نسبت ابعادی 35 و 50 به ترتیب تا 32 و 22 میلی‌متر کاهش یافته است. پراهالادا و پارکاش⁵ (2013) نیز در همین سال مطالعه‌ای در زمینه اثرات اضافه کردن الیاف پلاستیکی با نسبت‌های ابعادی متفاوت بر روی کارایی بتن انجام دادند و نتیجه گرفتند با افزایش نسبت ابعادی، کارایی کاهش می‌یابد. آن‌ها ضعف در کارایی را به مانع شدن الیاف پلاستیکی از جریان یافتن بتن تازه نسبت داده‌اند.

1. Rahmani

2. Batayneh

3. Bhogayata

4. Nibudey

5. Prahallada & Parkash

2-3. اثرات جایگزینی و افزودن ذرات پلاستیکی ریز گلوله‌ای و پولکی شکل

رای¹ و همکاران (2012) اثرات استفاده از ذرات ریز پلاستیک پولکی شکل در بتن را مطالعه کردند. آن‌ها ذرات پلاستیک را به میزان 5-15 درصد جایگزین ماسه کردند و بیان داشتند با این روش، کارایی بتن تازه تا 37 درصد کاهش می‌یابد. نتایج تحقیق این پژوهشگران نشان داد افزایش میزان ذرات پلاستیک از 5 به 15 درصد موجب کاهش اسلامپ از 55 میلی‌متر به 32 میلی‌متر می‌شود. در تحقیقاتی دیگر چوی² و همکارانش (2005 و 2009) روی اثرات ذرات پلاستیکی بر خواص اساسی بتن متمرکز شدند و پس از انجام آزمایش‌ها نتیجه گرفتند بافت سطوح دانه‌های پلاستیکی، شکل و همچنین میزان زبری و دندانه‌دار بودن این ذرات، برجسته‌ترین فاکتورهای مؤثر در کارایی بتن هستند و باید حتماً پیش از طراحی بتن‌های حاوی ضایعات پلاستیکی در نظر گرفته شوند.

3. خواص مکانیکی بتن سخت‌شده

3-1-3. مقاومت فشاری

مقاومت فشاری یکی از مهم‌ترین خواص مکانیکی بتن و وابسته به دسته‌بندی بتن است. بسیار مهم است که پیش از استفاده از بتن در مصارف سازه‌ای، مقاومت فشاری بتن معمولی و همچنین بتن حاوی مواد جایگزین را بدانیم. برای پی‌بردن به اثرات افزودن ضایعات پلاستیک با اشکال متفاوت روی مقاومت بتن، مطالعات زیادی توسط محققان صورت گرفته که در ادامه نکات کلیدی آن‌ها ارائه شده است.

3-1-1. اثرات جایگزینی و افزودن ذرات PET

رحمانی و همکاران (2013) مشاهده کردند جایگزینی ذرات PET به میزان 5 درصد، به جای ریزدانه‌های طبیعی می‌تواند مقاومت فشاری بتن را بین 8/86-11/97 درصد به ترتیب برای نسبت‌های آب به سیمان 0/42 و 0/52 افزایش دهد؛ هرچند با ادامه افزایش ذرات PET، به دلیل چسبندگی ضعیف بین مخلوط بتن و ذرات PET، به تدریج مقاومت فشاری بتن به میزان 10-15 درصد کاهش می‌یابد. در حقیقت ذرات PET مانند یک مانع عمل می‌کنند و تا حدودی جلوی چسبیدن خمیر سیمان با سنگدانه‌های طبیعی را نیز می‌گیرند و در نهایت موجب کاهش تدریجی مقاومت بتن می‌شوند. سایکیا و بریتو (2014) تأثیرات شکل ذرات پلاستیک بر خواص مکانیکی بتن

1. Rai

2. Choi

را بررسی کردند. آن‌ها در تحقیقات‌شان سه شکل مختلف از ذرات پلاستیکی شامل خرده پلاستیک ریزدانه (PF)، خرده پلاستیک درشت‌دانه (PC) و ذرات پلاستیکی کروی شکل (PP) را مورد استفاده قرار دادند. مطالعات آن‌ها نشان داد مقاومت 28 روزه نمونه‌ها حاوی 5، 10 و 15 درصد ذرات PP مقداری بیشتر، در مقایسه با 75 درصد مقاومت فشاری 28 روزه بتن شاهد است. این کاهش 25 درصدی مقاومت به دلیل درگیری ضعیف سنگدانه‌های طبیعی با ذرات پلاستیکی و همچنین اتصال نامناسب ذرات پلاستیکی با مخلوط بتن است.

3-1-2. اثرات جایگزینی و افزودن الیاف پلاستیکی

بوگویاتا و همکاران (2013) تأثیر افزودن الیاف کیسه‌های پلاستیکی بر خواص مکانیکی بتن را ارزیابی کردند. در این تحقیق، الیاف با اندازه متوسط 1×2 میلی‌متر با نسبت‌های 0، 0/5، 1 و 1/5 درصد به بتن افزوده شدند. نتایج تحقیق کاهش 56 درصدی مقاومت فشاری برای بتن حاوی 1/5 درصد الیاف پلاستیک را نشان داد. این افت بزرگ در مقاومت فشاری، نتیجه حضور الیاف‌های بزرگ در بتن است که مانع تکمیل عملیات هیدراتاسیون مخلوط بتن می‌شود. بوگویاتا و همکاران (2012) تفاوت اثرات افزودن الیاف پلاستیکی را که منظم و دستی خرد شده بودند، بر خواص مکانیکی بتن بررسی کردند. روی هم‌رفته براساس نتایج می‌توان گفت مقاومت بتن آماده‌شده از الیاف دستی، نسبت به بتن حاوی الیاف منظم خردشده، افت بیشتری داشته است. آن‌ها نتیجه گرفتند جایگزین کردن 0/6 درصد از حجم بتن با الیاف کیسه‌های پلاستیکی با قطر کمتر از 20 میکرون می‌تواند مقاومت فشاری را تا 30 درصد کاهش دهد و اگر میزان جایگزینی تا 1/2 درصد افزایش یابد، افت مقاومتی به بیش از 50 درصد می‌رسد. این پژوهشگران استفاده از الیاف پلاستیکی با ضخامت کمتر از 20 میکرون را برای تولید بتن‌های غیرسازه‌ای که در آن‌ها مقاومت اولویت اصلی نیست، پیشنهاد دادند. رامادوی و مانجو¹ (2012) مشاهده کردند با افزودن تا 2 درصد الیاف بطری PET به جای ریزدانه‌های طبیعی در بتن، مقاومت فشاری تا 19/23 درصد افزایش یافته و برای مقادیر بیشتر الیاف (4 و 6 درصد) به تدریج کاهش می‌یابد؛ از این‌رو جایگزین کردن 2 درصد الیاف بطری‌های پلاستیکی به عنوان بخشی از ریزدانه‌ها می‌تواند منطقی و مناسب باشد. مالاگاولی² (2011) نشان داد زمانی که 3/5 درصد الیاف HDPE به بتن افزوده می‌شود، مقاومت فشاری در سنین 7 و 28 روز افزایش می‌یابد که این افزایش برای سن 28 روز، 7/69 درصد است، اما افزودن این الیاف بیش از 3/5 درصد

1. Ramadevi & Manju

2. Malagaveli

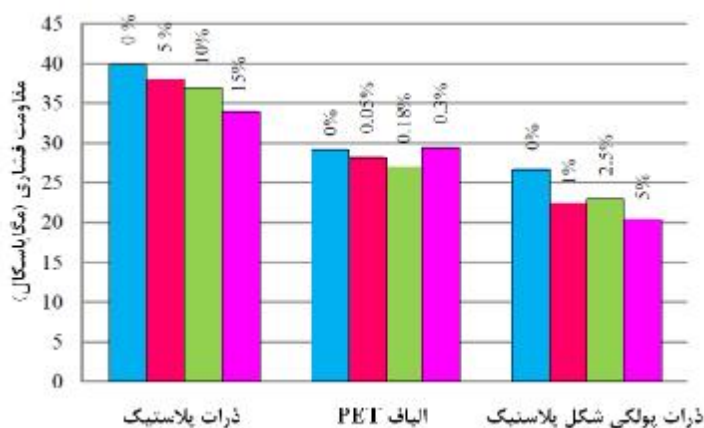
موجب کاهش مقاومت می‌شود.

3-1-3. اثرات جایگزینی و افزودن ذرات پلاستیکی ریز گلوله‌ای و پولکی شکل

رای و همکارانش (2012) اثرات ذرات پلاستیکی پولکی شکل بر خواص سخت شده بتن را مطالعه کردند. آن‌ها بیان داشتند هنگامی که 15 درصد ذرات پلاستیک به عنوان ریزدانه‌های طبیعی در بتن استفاده می‌شود، مقاومت فشاری به میزان 9/52 درصد کاهش می‌یابد. آنان نیز افت مقاومت را به چسبندگی پایین ذرات پلاستیکی با خمیر سیمان مرتبط دانستند. کوردوبا¹ و همکاران (2013) گزارش دادند اندازه مطلوب ذرات پلاستیک PET در بتن، 1/5 میلی‌متر است؛ زمانی که به میزان 25 درصد جایگزین ریزدانه‌های طبیعی می‌شوند. ذرات PET استفاده شده در مطالعه این محققان 0/5، 1/5 و 3 میلی‌متر بوده است که به میزان 1، 2/5 و 5 درصد به صورت حجمی، جایگزین سنگدانه‌های طبیعی شده‌اند. آن‌ها گزارش دادند مقاومت فشاری بتن ساخته شده با PET به مواردی همچون میزان ذرات PET و زمان عمل‌آوری بستگی دارد. نتایج میکروسکوپی نشان می‌دهد مقاومت فشاری بتن زمانی که ذرات ریزتر PET مورد استفاده قرار می‌گیرد، در مقایسه با ذرات درشت روند بهتری دارد. در سال 2012 نیز تحقیقی در زمینه تأثیر اضافه کردن ضایعات پلاستیکی بر خواص مهندسی بتن انجام شده است. در این تحقیق نشان داده شد اضافه کردن 1 درصد ذرات پلاستیک به بتن منجر به کاهش مقاومت 28 روزه در حدود 20 درصد می‌شود (Raghatate, 2012). افت مقاومت فشاری بتن حاوی پلاستیک توسط سایر محققان نیز گزارش شده است. ساگانتی² و همکارانش (2013) بیان داشتند با جایگزینی ذرات پلاستیک تا 25 درصد، به تدریج افت مقاومت مشاهده می‌شود، اما برای درصد‌های بالاتر، جایگزینی افت مقاومت زیاد و ناگهانی است. برای نمونه در شکل 3 تأثیر افزودن مقادیر متفاوت انواع ضایعات پلاستیک بر مقاومت فشاری قابل مشاهده است.

1. Cordoba

2. Suganthi



شکل 3. تأثیر افزایش محتوای ذرات پلاستیکی (Saikia and Brito, 2014)، الیاف پلاستیکی (Pelliser et al, 2012) و ذرات پولکی شکل پلاستیکی (Cordoba et al, 2013) بر مقاومت فشاری بتن

به طور کلی براساس نتایج به دست آمده از مطالعات آزمایشگاهی این محققان می توان نتیجه گرفت، افزودن انواع مختلف ضایعات پلاستیک در شکل های متفاوت به بتن موجب کاهش تدریجی مقاومت فشاری می شود که در شکل شماره 3 نیز مشاهده می شود. علت اصلی این افت مقاومت، ضعف در چسبندگی بین ذرات پلاستیکی و خمیر سیمانی است. هرچند همان طور که گفته شد، اندکی از محققان برای درصدهای پایین جایگزینی ضایعات پلاستیک، رشد مقاومت را گزارش داده اند، اما جایگزینی و افزودن نسبت های بالای ضایعات پلاستیک منجر به کاهش قابل توجه مقاومت فشاری می شود و بتن حاصل، دیگر برای مصارف سازه ای مناسب نیست و می تواند در کاربردهای غیرسازه ای مورد استفاده قرار گیرد.

نکته مهم دیگری که باید به آن اشاره کرد، مکانیزم شکست متفاوت نمونه های بتنی حاوی ضایعات پلاستیکی در مقایسه با بتن معمولی است. برخلاف بتن معمولی، در اثر تنش های فشاری در بتن حاوی ذرات پلاستیک، شکست ترد رخ نمی دهد و شکست مکانیزمی شکل پذیر را نمایان می سازد که این شرایط با افزایش محتوای ذرات پلاستیک در بتن چشمگیرتر است. بتن حاوی ذرات پلاستیک می تواند لحظاتی پس از شکست کماکان بار تحمل کند و دیرتر به گسیختگی کامل برسد (Hannawi et al, 2010). در شکل شماره 4 می توان مکانیزم شکست در نمونه های بتنی معمولی و حاوی 20 درصد ذرات پلاستیک را مشاهده کرد که جایگزین ماسه شده اند.



شکل 4. مقایسه مکانیزم شکست بتن معمولی و بتن‌های حاوی 20 درصد ذرات پلاستیکی (Hannawi et al, 2010)

3-2. مقاومت کششی

مقاومت کششی بتن به منظور درک رفتار بتن تحت تنش‌های کششی استفاده می‌شود و تعیین آن به صورت مستقیم دشوار است. به همین دلیل، رفتار بتن در کشش با انجام آزمایش غیرمستقیم سنجیده می‌شود. این آزمایش روش مناسبی برای استخراج مقاومت کششی بتن است. این بخش بر اثرات افزودن و جایگزینی ضایعات پلاستیک بر مقاومت کششی بتن متمرکز شده است.

3-2-1. اثرات جایگزینی و افزودن ذرات PET

رحمانی و همکارانش (2013) گزارش دادند با افزایش محتوای ذرات ضایعات پلاستیک، مقاومت کششی بتن به دلیل اثرات منفی سطوح صاف ذرات پلاستیک بر اتصال میان این ذرات و خمیر سیمان، کاهش می‌یابد. سایکیا و بریتو (2014) نیز نتیجه‌گیری مشابهی داشتند و بیان داشتند هنگامی که ذرات PET در مخلوط بتن افزایش می‌یابد، مقاومت کششی به میزان قابل ملاحظه‌ای افت می‌کند. از آنجاکه پلاستیک تقریباً جذب آبی ندارد، این محققان یکی از دلایل اصلی ضعف چسبندگی بین ذرات پلاستیک و خمیر سیمان را به آب جذب‌نشده موجود در سطح این ذرات نسبت داده‌اند.

3-2-2. اثرات جایگزینی و افزودن الیاف پلاستیکی

بوگایاتا و همکارانش (2013) بدین نتیجه رسیدند که افزودن الیاف پلاستیکی تا 1/5 درصد، مقاومت کششی را تا 43 درصد کاهش می‌دهد. در این پژوهش در مجموع 93 نمونه شامل نمونه شاهد و نمونه‌های حاوی الیاف پلی اتیلن با نسبت‌های 0-1/5 درصد و خاکستر بادی به میزان 0-30 درصد ساخته شده است. حداکثر مقاومت کششی بتن مربوط به نمونه کنترلی، به میزان 3/96 مگاپاسکال

بوده که پس از افزودن 1/5 درصد الیاف پلاستیکی، به 2/26 مگاپاسکال کاهش یافته است. افت مقاومت کششی برای نمونه‌های حاوی 0/5 و 1 درصد پلاستیک ناچیز بوده است. رامادوی و مانجو (2012) بیان داشتند مقاومت کششی برای جایگزینی الیاف PET تا 2 درصد افزایش می‌یابد و پس از آن برای درصد‌های بیشتر جایگزینی (4 و 6 درصد) روندی کاهشی را نشان می‌دهد. مالاگولی (2011) مقاومت کششی 7 و 28 روزه بتن حاوی الیاف پلاستیکی با چگالی بالا (HDPE) را ارزیابی کرد. وی الیاف پلاستیک را به میزان 0-6 درصد در ساخت نمونه‌ها به کار برد و نتیجه گرفت زمانی که محتوای الیاف پلاستیک 3/5 درصد است، مقاومت کششی تا 14 درصد رشد می‌کند اما برای نمونه‌هایی با محتوای بیشتر، الیاف پلاستیک مقاومت کششی روندی نزولی را نشان می‌دهند. نیبودی و همکارانش (2013) اثرات الیاف پلاستیک با دو نسبت ابعادی (طول به قطر الیاف) 35 و 50 را بر مقاومت کششی بررسی کرده‌اند. نتایج مطالعه این محققان نشان داد مقاومت کششی نمونه شاهد 3/48 مگاپاسکال بوده و با افزودن الیاف پلاستیکی با نسبت‌های ابعادی 35 و 50 به مقادیر 3/87 و 4/13 مگاپاسکال رسیده است.

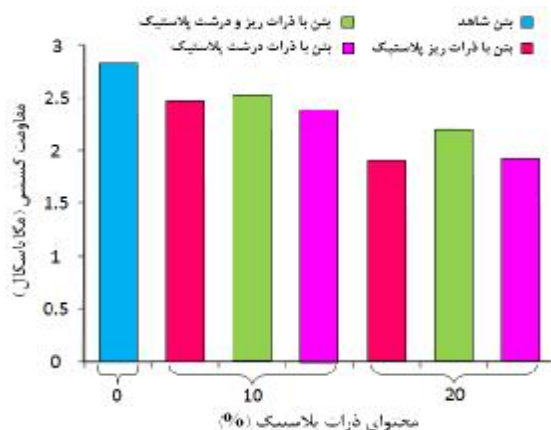
3-2-3. اثرات جایگزینی و افزودن ذرات پلاستیکی ریز گلوله‌ای و پولکی شکل

رگاتیت¹ (2012) ذرات ریز پلاستیکی را با نسبت‌های 0، 0/2، 0/4، 0/6، 0/8 و 1 درصد به بتن اضافه کرد و خواص مکانیکی بتن از جمله مقاومت کششی را در سنین 7، 14 و 28 روز مورد سنجش قرار داد. نتایج مقاومت 28 روزه نشان داد مقاومت کششی بتن حاوی 0/8 درصد پلاستیک در مقایسه با نمونه کنترلی، تا 26 درصد افزایش می‌یابد و برای مقادیر بالاتر روندی کاهشی را نشان می‌دهد. این در حالی است که آلبانو² و همکارانش (2009) افت مقاومت کششی به محض افزودن ضایعات پلاستیکی به بتن را گزارش کرده‌اند. به‌طور کلی براساس یافته‌های گزارش‌شده در این تحقیقات، می‌توان نتیجه گرفت مقاومت کششی بتن حاوی ضایعات پلاستیک تغییر اندکی دارد؛ به شرطی که محتوای پلاستیک کم باشد، اما اضافه کردن یا جایگزینی مقادیر بیشتر پلاستیک سبب افت قابل توجه مقاومت کششی در بتن می‌شود. علاوه بر این، مقاومت کششی بتن به شدت تابع عواملی مانند محتوای ضایعات پلاستیک، اندازه، شکل و همچنین خواص فیزیکی و مکانیکی مواد است. تأثیر ذرات پلاستیکی با ابعاد ریز و درشت، بر مقاومت کششی بتن را می‌توان در شکل شماره 5 دید. همان‌گونه که مشاهده می‌شود نمونه‌های بتنی که حاوی مخلوطی از ذرات ریز و درشت پلاستیک هستند، افت

1. Raghatate

2. Albano

کمتری را نسبت به سایر نمونه‌ها نشان می‌دهند.



شکل 5. تأثیر ذرات پلاستیکی با ابعاد ریز و درشت بر مقاومت کششی بتن (Albano et al, 2009)

3-3. مقاومت خمشی

توانایی یک عضو سازه‌ای در برابر شکست ناشی از خمیدگی، مقاومت خمشی نامیده می‌شود. این مقاومت به وسیله انجام آزمایش بارگذاری 3 یا 4 نقطه‌ای قابل دستیابی است. اثر افزودن و جایگزینی اشکال مختلف پلاستیک روی مقاومت خمشی بتن در این قسمت بحث شده است.

3-3-1. اثرات جایگزینی و افزودن ذرات PET

سایکیا و بریتو (2014) بیان کردند مقاومت خمشی بتن با اضافه شدن ذرات PET کاهش می‌یابد. در این مطالعه، ذرات PET با نسبت‌های 5، 10 و 15 درصد جایگزین مصالح سنگی ریزدانه شده‌اند. آن‌ها نتیجه گرفتند افزایش محتوای ضایعات پلاستیکی سبب کاهش بیشتر مقاومت خمشی می‌شود. همچنین ذرات پلاستیکی کروی شکل در مقایسه با خرده پلاستیک‌های ریز و درشت، رفتار بهتری در خمش دارند. ازسوی دیگر، خرده پلاستیک‌ها با توجه به شکل‌شان، تا حدودی مانع از شکست ترد در خمش می‌شوند.

3-3-2. اثرات جایگزینی و افزودن الیاف پلاستیکی

رای و همکاران (2012) افت مقاومت خمشی را در اثر افزودن الیاف پلاستیکی گزارش کرده‌اند. زمانی که مقدار الیاف اضافه شده در بتن از 5 به 15 درصد افزایش می‌یابد، مقاومت خمشی از 4 مگاپاسکال به 3 مگاپاسکال می‌رسد. افزون بر این، محققان بیان داشتند فوق روان کننده تأثیر چندانی بر مقاومت

خمشی ندارد و عامل اساسی مؤثر بر چسبندگی سطح الیاف پلاستیکی با مخلوط بتن است. ازسوی دیگر، نتایج حاصل از پژوهش مالاگولی (2011) نشان‌دهنده افزایش مقاومت خمشی بتن تا 17/47 درصد برای نسبت 3/5 درصد الیاف با چگالی بالا (HDPE) است. این محقق اندازه مناسب برای استفاده در بتن‌های سازه‌ای را میزان 2 درصد الیاف دانسته است. رامادوی و مانجو (2012) نتیجه گرفتند جایگزینی الیاف PET تا 4 درصد به جای ریزدانه‌های طبیعی، مقاومت خمشی بتن را افزایش می‌دهد. ¹ایروان¹ و همکاران (2013) نیز افزایش مقاومت خمشی را برای نمونه حاوی 1 درصد الیاف مشاهده کرده‌اند.

3-3-3. اثرات جایگزینی و افزودن ذرات پلاستیکی ریز گلوله‌ای و پولکی شکل

اسماعیل و الهاشمی² (2010) گزارش دادند افزودن 5 و 10 درصد دانه‌های ریز پلاستیکی و 0 تا 50 درصد آهن، مقاومت خمشی نمونه بتنی را افزایش می‌دهد. تغییر در محتوای آهن می‌تواند سبب تغییر خاصیت چسبندگی شود که طبق گفته‌های این محققان به دلیل واکنش‌های پوزولانی است. باتاینه³ و همکاران (2007) و سایکیا و بریتو (2013) در تحقیقاتی جداگانه به این نتیجه رسیدند که ضایعات پلاستیکی سبب کاهش مقاومت خمشی می‌شوند و با افزایش محتوای این ضایعات در بتن، مقاومت خمشی بیشتر افت می‌کند و روندی نزولی را نشان می‌دهد. در شکل شماره 6، روند تغییر مقاومت خمشی نمونه‌های بتنی در اثر افزودن مقادیر متفاوت ضایعات پلاستیکی با اشکال و اندازه‌های مختلف، حاصل از سه تحقیق آزمایشگاهی ارائه شده است. براساس نتایج گزارش شده می‌توان دریافت مقاومت خمشی بتن به شدت به خواص الاستیک الیاف پلاستیکی و همچنین جذب انرژی خمشی بتن بستگی دارد.

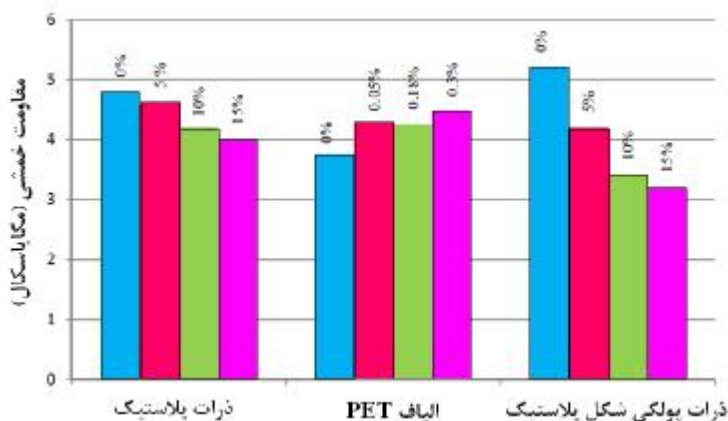
از آنجا که حداکثر تنش کششی ناشی از خمش، در تارهای بیرونی ایجاد می‌شود، الیافی که در این قسمت قرار می‌گیرند سهم مهمی در تغییر رفتار خمشی نمونه تیر بتنی دارند و باید به آن توجه کرد. به‌طور کلی افزودن و جایگزینی ذرات پلاستیکی ریز و درشت (خرده، گلوله‌ای و پولکی شکل) به بتن، مقاومت خمشی آن را کاهش می‌دهد و با افزایش محتوای ضایعات پلاستیکی افت مقاومت بیشتر می‌شود که در شکل شماره 6 نیز قابل مشاهده است. گفتنی است اضافه کردن الیاف PET در بتن می‌تواند روند متفاوتی را در مقاومت خمشی ایجاد کند و آن را به آرامی افزایش دهد. این روند تغییر

1. Irwan

2. Ismail & Alhashemi

3. Batayneh

مقاومت نیز در شکل شماره 6 مشاهده می شود.



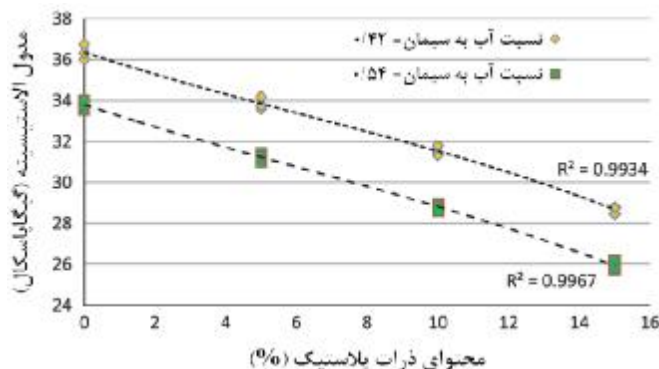
شکل 6. تأثیر افزایش محتوای ذرات پلاستیکی (Saikia and Brito, 2014)، الایف پلاستیکی (Pelliser et al, 2012) و ذرات پولکی شکل پلاستیکی (Rai et al, 2012) بر مقاومت خمشی بتن

3-4. مدول الاستیسیته

در گذشته مطالعات اندکی روی اثرات ضایعات پلاستیک بر مدول الاستیسیته بتن انجام شده است؛ بنابراین برای ارزیابی مدول الاستیسیته بتن مسلح شده با الایف پلاستیک، منابع کافی در دسترس نیست. به همین دلیل در ادامه تنها اثرات جایگزینی یا افزودن ذرات انواع مختلف پلاستیک مورد بحث قرار گرفته است.

3-4-1. اثرات جایگزینی و افزودن ذرات PET

رحمانی و همکارانش (2013) بیان داشتند اضافه کردن ذرات PET به بتن سبب کاهش در مدول الاستیسیته بتن می شود که این کاهش می تواند به تفاوت جنس ذرات پلاستیک با سنگدانه های طبیعی و همچنین پایین بودن مدول الاستیسیته ذرات PET نسبت داده شود. آن ها اظهار داشتند کاهش مدول الاستیسیته بتن با محتوای ذرات PET اضافه شده، تقریباً رابطه ای خطی را نشان می دهد که می توان آن را در شکل شماره 7 مشاهده کرد. سایکیا و بریتو (2014) نیز گزارش کردند بتن حاوی ذرات ریز و درشت PET مدول الاستیسیته کمتری در مقایسه با بتن معمولی دارد.



شکل 7. روند تغییر مدول الاستیسیته بتن با افزودن مقادیر مختلف ذرات پلاستیکی (Rahmani et al, 2013)

2-4-3. اثرات جایگزینی و افزودن ذرات پلاستیکی ریز گلوله‌ای و پولکی شکل

تأثیر استفاده از ذرات پلاستیک با اندازه‌های متفاوت 0/5، 1/5 و 3 میلی‌متر در نسبت‌های 1، 2/5 و 5 درصد بر مدول الاستیسیته بتن، به وسیله کوردوبا¹ و همکاران (2013) مورد مطالعه قرار گرفت. نتایج نشان داد 28 روز پس از عمل‌آوری نمونه بتنی حاوی ذرات 1/5 میلی‌متری PET با محتوای 2/5 درصد، بیشترین مدول الاستیسیته را داشته است و نمونه حاوی ذرات 3 میلی‌متری PET با محتوای 5 درصد، کمترین مدول الاستیسیته را نشان داده است. متیو² و همکارانش (2013) گزارش کردند مدول الاستیسیته نمونه‌هایی با دانه‌های درشت پلاستیک در مقایسه با نمونه شاهد حاوی درشت‌دانه‌های طبیعی، تا 22/12 درصد کاهش را نشان می‌دهند. کاهش مدول الاستیسیته بتن در اثر افزوده شدن ذرات پلاستیکی توسط محققان دیگری همچون هاناوی³ و همکاران (2010) و چوی⁴ (2009) نیز مشاهده شده است. این محققان بیان داشتند با افزایش محتوای پلاستیک در بتن، مدول الاستیسیته روندی کاهشی را آشکار می‌سازد. به‌طور کلی می‌توان نتیجه گرفت ریزدانه‌ها و درشت‌دانه‌ها نقشی کلیدی در خواص مکانیکی بتن سخت‌شده بازی می‌کنند و تغییر در نوع دانه‌ها از نظر جنس، سایز و محتوا می‌تواند تأثیر مستقیمی بر مدول الاستیسیته بتن داشته باشد. نتایج نشان‌دهنده این موضوع است که افزودن و جایگزینی ضایعات پلاستیک با هر شکل و اندازه‌ای که باشد منجر به کاهش مدول الاستیسیته بتن می‌شود و هرچه محتوای آن‌ها بیشتر شود، مدول الاستیسیته نیز بیشتر افت می‌کند. دلیل اصلی این اتفاق می‌تواند تفاوت میان جنس دانه‌های طبیعی

1. Cordoba
2. Mathew
3. Hannawi
4. Choi

و ذرات پلاستیک و همچنین پایین بودن مدول الاستیسیته خود ذرات پلاستیکی باشد.

3-5. سرعت امواج اولتراسونیک (UPV)

آزمایش غیرمخرب اولتراسونیک به منظور تعیین میزان یکنواختی بتن و ارزیابی کیفیت ساختار درونی بتن، به کار می‌رود. همچنین با این آزمایش می‌توان با دقت مناسبی، مقاومت فشاری بتن را تخمین زد (Rahat Dahmardeh et al, 2015, 2019). در حال حاضر مطالعات اندکی درباره ارزیابی سرعت امواج اولتراسونیک (UPV) برای بتن‌های حاوی ضایعات پلاستیک در دسترس است. مطالعات پیشین نشان می‌دهد بتن دارای ذرات پلاستیکی، UPV پایین‌تری دارند که ناشی از توسعه خلل و فرج در بتن است.

رحمانی و همکاران (2013) کاهش UPV را با افزایش محتوای ذرات PET در نمونه‌های بتنی گزارش کردند. افزایش ذرات PET در مخلوط بتن منجر به تولید بتنی با خلل و فرج و منافذ بیشتر می‌شود و به سبب آن ساختار درونی متخلخلی به وجود می‌آید که UPV را کاهش می‌دهد. در ضمن هرچه نسبت آب به سیمان بیشتر باشد، منافذ ناشی از خروج آب‌های مخلوط در حال خشک شدن بیشتر می‌شود و در ساختار درونی بتن سخت شده، خلل و فرج بیشتری ایجاد می‌شود. از آنجاکه ذرات پلاستیک جذب آب ناچیزی دارند و آب اطراف آن‌ها جذب نمی‌شود، می‌توانند سبب افزایش منافذ در ساختار درونی بتن و کاهش UPV شوند. آلبانو و همکاران (2009) نیز نتایج مشابهی از کاهش سرعت این امواج در بتن‌های حاوی ضایعات پلاستیک گزارش کرده‌اند. عراقی¹ و همکارانش (2015) مطالعه‌ای روی اثرات افزودن ضایعات PET بر خواص دوامی بتن انجام دادند و یکی از آزمایش‌هایشان تعیین سرعت امواج اولتراسونیک بود. آن‌ها ذرات PET را با نسبت‌های 0، 5، 10 و 15 درصد به بتن افزودند و مشاهده کردند بتن حاوی ذرات پلاستیک، دوام بیشتری در محیط‌های اسیدی دارد و نتایج UPV افت کمتر کیفیت را برای بتن حاوی 15 درصد پلاستیک نشان می‌دهد.

4. نتیجه‌گیری

در این مقاله به منظور ارزیابی تأثیر افزودن انواع مختلف ضایعات پلاستیکی بر خواص بتن تازه و سخت شده، نتایج آزمایشگاهی جمع‌آوری شد و مورد مطالعه قرار گرفت. در همین راستا، نتایج روانی و اسلامپ برای بررسی کارایی بتن تازه، و نتایج مربوط به آزمایش‌های خواص مکانیکی همچون مقاومت‌های فشاری، کششی و خمشی، مدول الاستیسیته و سرعت امواج اولتراسونیک مد نظر قرار

گرفتند. به طور کلی بتن حاوی ضایعات پلاستیکی علاوه بر منافع زیست محیطی می تواند با نسبت های معینی از پلاستیک برای کاربردهای سازه ای و غیرسازه ای نیز مورد استفاده قرار گیرد. دستاوردهای پژوهش حاضر به شکل خلاصه وار بدین شرح است:

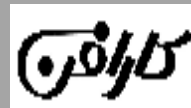
1. بتن حاوی ضایعات پلاستیک در مقایسه با بتن معمولی کارایی کمتری دارد و افزایش محتوای پلاستیک، سبب کاهش بیشتر اسلامپ و روانی مخلوط بتن تازه می شود؛
2. افزودن ضایعات پلاستیک به بتن منجر به کاهش مقاومت فشاری می شود؛ هرچند اندکی از محققان توانسته اند با استفاده از برخی افزودنی های معدنی و شیمیایی به میزان مناسب، مقاومت بتن مسلح شده با الیاف پلاستیکی را بهبود دهند. بر این اساس، از آنجاکه مقاومت فشاری بتن یکی از معیارهای تأثیرگذار در طراحی ایمن سازه هاست، استفاده از بتن های حاوی مقادیر بالای ضایعات پلاستیک برای کاربردهای غیرسازه ای توصیه می شود؛
3. اضافه کردن درصد محدودی از الیاف پلاستیک به بتن می تواند بهبود اندکی در مقاومت کششی بتن ایجاد کند که به دلیل کمک الیاف پلاستیکی در اتصال ساختار بتن، تحت کشش است؛
4. مقاومت خمشی بتن با افزودن الیاف پلاستیک به بتن افزایش می یابد. ضایعات پلاستیک در بتن همانند مانعی بر سر راه ترک ها عمل می کنند و موجب تأخیر در انتشار آن ها می شوند. بر همین اساس، شکل پذیری بتن مسلح شده با الیاف پلاستیکی در مقایسه با بتن معمولی بهبود می یابد؛
5. مدول الاستیسیته بتن حاوی ذرات ضایعات پلاستیک با هر شکل و اندازه ای که باشند، کمتر از بتن معمولی است. با افزایش مقدار پلاستیک در بتن، کاهش مدول الاستیسیته بیشتر می شود که از دلایل اصلی آن تفاوت در جنس پلاستیک و سنگدانه های طبیعی و همچنین مدول الاستیسیته پایین خود پلاستیک است؛
6. گنجاندن ضایعات پلاستیک در مخلوط بتن سبب ایجاد خلل و فرج بیشتر در ساختار درونی بتن سخت شده می شود که در پی آن سرعت امواج اولتراسونیک کاهش می یابد، اما تا اندازه مشخصی از پلاستیک، بتن همچنان کیفیت قابل قبول خود را حفظ می کند.

منابع

1. خبرگزاری میزان (1395)، «میزان بازیافت پلاستیک در ایران»، کد خبر: 198859.
<http://www.mizanonline.com>
2. Albano, C.; Camacho, N.; Hernandez, M.; Matheus, A. & Gutierrez, A. (2009), "Influence of content and particle size of per waste bottles on concrete behaviour at different w/c ratio", *Waste Management*, Vol. 29, pp. 2707-2716.
3. Araghi, H. J.; Nikbin, I. M.; Reskati, S. R.; Rahmani, E. & Allahyari, H. (2015), "An experimental investigation on the erosion resistance of concrete containing various PET particles percentages against sulfuric acid attack", *Construction and Building Materials*, Vol. 77, pp. 461-471.
4. Al-Salem, M. S.; Lettieri, P. & Baeyens, J. (2009), "Recycling and recovery routes of plastic solid waste (PSW): A review", *Waste Management*, Vol. 29, pp. 2625-2643.
5. Batayneh, M.; Marie, I. & Ibrahim, A. (2007), "Use of selected waste material in concrete mixes", *Waste Management*, Vol. 27, pp. 1870-1876.
6. Benosman, A. S.; Mouli, M. T.; Belbachir, H.; Senhadji, M.; Bahlouli, Y. & Houivet, D. L. (2013), "Studies on chemical resistance of PET-mortar composites: microstructure and phase composition changes", *Scientific Research*, Vol. 5, pp. 359-378.
7. Bhogayata, A. & Arora, N. K. (2011), "Green concrete from the post consumer plastic wastes: Indian scenario", *ICTSET proceedings*, pp. 437-440.
8. Bhogayata, A.; Shah, K. D.; Vyas, B. A. & Arora, N. K. (2012), "Feasibility of waste metallised polythene used as concrete constituent", *International Journal of Engineering and Advanced Technology*, Vol. 1, No. 5, pp. 204-207.
9. Bhogayata, A.; Shah, K. D.; Vyas, B. A. & Arora, N. K. (2012), "Performance of concrete by using non Recyclable Plastic waste as concrete constituent", *International Journal of Engineering Advanced Technology*, Vol. 1, No. 4, pp. 1-3.
10. Bhogayata, A.; Shah, K. D. & Arora, N. K. (2013), "Strength properties of concrete containing Post consumer metalized plastic wastes", *International Journal of Engineering Research & Technology*, ISSN: 2278-0181, Vol. 2.
11. Choi, Y. W.; Moon, D. J.; Chung, J. S. & Cho, S. K. (2005), "Effect of pet waste bottles aggregate on the property of concrete", *Cement Concrete Research*, Vol. 35, pp. 776-781.
12. Choi, Y. W.; Moon, D. J.; Kim, Y. J. & Lachemi, M. (2009), "Characteristics of mortar and concrete containing fine aggregate manufactured from recycled waste polyethylene terephthalate bottles", *Construction Building Materials*, Vol. 23, pp. 2829-2835.
13. Cordoba, L. A.; Berrera, G. M.; Diaz, C. B.; Nunez, F. U. & Yanez, A. L. (2013), "Effects on mechanical properties of recycled PET in cement-based composites", *International Journal of Polymer Science*, Article ID 763276, pp. 1-6.
14. Foti, D. (2013), "Use of recycled waste pet bottles fibers for the reinforcement of concrete", *Composite Structure*, Vol. 96, pp. 396-404.
15. Gursel, A. P.; Masanet, E.; Horvath, A. & Stadel, A. (2014), "Life-cycle inventory analysis of concrete production: A critical review", *Cement and Concrete Composites*, Vol. 51, pp. 38-48.
16. Hannawi, K., kamal-Bernard, S. & Prince, W. (2010), "Physical and mechanical

- properties of mortar containing PET and PC waste aggregate", *Waste Management*, Vol. 30, pp. 2312-2320.
17. Ismail, Z. Z. & Al-Hashmi, E. A. (2010), "Validation of using mixed iron and plastic wastes in concrete", *Sustainable Construction Materials and Technologies*, Vol. 2, pp. 278-283.
18. Kou, S. C.; Lee, G.; Poon, C. S. & Lai, W. L. (2009), "Properties of lightweight aggregate concrete prepared with PVC granules derived from scraped PVC pipes", *Waste Management*, Vol. 29, pp. 621-628.
19. Malagaveli, V. (2011), "Strength characteristics of concrete using solid waste an experimental investigation", *International journal of Earth Science and Engineering*, Vol. 4, pp. 937-940.
20. Mathew, P.; Varghese, S.; Paul, T. & Varghese, E. (2013), "Recycled plastics as coarse aggregate for structural concrete", *International journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology*, Vol. 2, pp. 687-690.
21. Naik, T. R.; Singh, S. S.; Huber, C. O. & Brodersen, B. S. (1996), "Use of post-consumer waste plastic in cement-based composites", *Cement and Concrete Research*, Vol. 26, pp. 1489-1492.
22. Nibudey, R. N.; Nagarnaik, P. B.; Parbat, D. K. & Pande, A. M. (2013), "Strengths prediction of plastic fiber reinforced concrete (M30)", *International Journal of Engineering Research and Applications (IJERA)*, Vol. 3, pp. 1818-1825.
23. Pelisser, F.; Montedo, R. K. O.; Gleize, J. P. P. & Roman, R. H. (2012), "Mechanical Properties of Recycled PET Fibers in Concrete", *Materials Research*, Vol. 15, No. 4, pp. 679-686.
24. Prahallada, M. C. & Parkash, K. B. (2013), "Effect of different aspect ratio of waste plastic fibers on the properties of fiber reinforced concrete-An experimental investigation", *International Journal of Advanced Research in IT and Engineering*, Vol. 2, pp. 1-13.
25. Raghatate, A. M. (2012), "Use of plastic in a concrete to improve its properties", *International journal of Advanced Engineering Research and Studies*, Vol. 1, pp. 109-111.
26. Rahat Dahmardeh, S.; Mirabi Moghaddam, M. H.; Sargazi Moghaddam, M. S. & Mousavi, S. R. (2015), "Assessment the potential use of milled glass as Portland cement in self compacting concrete", *Applied mathematics in Engineering, Management and Technology*, Vol. 3, No. 2, pp. 345-353.
27. Rahat Dahmardeh, S.; Sargazi Moghaddam, M. S. & Mirabi Moghaddam, M. H. (2019), "Effects of waste glass and rubber on the SCC: rheological, mechanical, and durability properties", *European Journal of Environmental and Civil Engineering*, <https://doi.org/10.1080/19648189.2018.1528891>.
28. Rahmani, E.; Dehestani, M.; Beygi, M. H. A.; Allahyari, H. & Nikbin, I. M. (2013), "On the mechanical properties of concrete containing waste PET particles", *Construction and Building Materials*, Vol. 47, pp. 1302-1308.
29. Rai, B.; Rushad, S. T.; Bhavesh, K. R. & Duggal, S. K. (2012), "Study of waste plastic mix concrete with plasticizer", *International Scholarly Research Network*, pp. 1-5.
30. Ramadevi, K. & Manju, R. (2012), "Experimental Investigation on the properties of concrete with Plastic PET (Bottle), Fibers as Fine Aggregate", *International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering*, Vol. 2, pp. 42-46.
31. Saikia, N. & Brito, J. D. (2014), "Mechanical properties and abrasion behaviour of concrete containing shredded PET bottle waste as a partial substitution of natural

- aggregate”, *Construction and Building Material*, Vol. 52, pp. 236-244.
32. Saikia, N. & Brito, J. D. (2012), “Use of plastic waste as aggregate in cement mortar and concrete preparation: a review”, *Construction and Building Material*, Vol. 34, pp. 385-401.
33. Subramanian, M. P. (2000), “Plastics recycling and waste management in the US. Resources”, *Conservation and Recycling*, Vol. 28, pp. 253-263.
34. Suganthi, P.; Chandrasekar, K. & Sathish, P. K. (2013), “Utilization of pulverized plastic in cement concrete as fine aggregate”, *International Journal of Research in Engineering and Technology*, Vol 2, pp. 1-5.
35. Thomas, B. S. & Gupta, R. C. (2016), “A comprehensive review on the applications of waste tire rubber in cement concrete”, *Renewable & Sustainable Energy Reviews*. Vol. 54, pp. 1323-1333.
36. Zhou, C.; Fang, W.; Xu W.; Cao, A. & Wang, R. (2014), “Characteristics and the recovery potential of plastic wastes obtained from landfill mining”, *Journal of Cleaner Production*, Vol. 80, pp. 80-86.



اصل همنشینی اضداد در عرفان، هنر و معماری ایرانی

ویدا تقوایی *

دانشیار دانشگاه فنی و حرفه‌ای و گروه معماری دانشکده فنی و حرفه‌ای دختران شریعتی، تهران

سحر برهانی‌فر

دانشجوی دکتری معماری، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد اهواز

تاریخ پذیرش نهایی: 1398/06/10

تاریخ دریافت مقاله: 1398/05/14

چکیده

هنر و معماری بیش از آنکه محصول تصمیم یک یا چند فرد باشد، محصول فرهنگ جامعه است. بسنده کردن به شناخت کالبد و شکل آن‌ها و غفلت از پیوندشان با بستر فرهنگی، به سطحی‌نگری می‌انجامد. در منطق آمده است که نمی‌شود دو ضد را با هم جمع کرد. منطق ارسطویی نیز مؤید دوگانه‌انگاری، تمایزها، کثرت‌ها و تباین‌هاست؛ حال آنکه به نظر می‌رسد، اوصاف خداوند و زوجیت‌ها در عالم و تفکر عرفانی مؤید اجتماع ضدین است. در عرفان مسیحی و تائیسیم نیز جمع ضدین پذیرفته شده است. در مباحث هرمنوتیک جدید نیز جمع اضداد دیده می‌شود. هدف از پژوهش حاضر بررسی اصل همنشینی اضداد در ذات تفکرات عرفانی و تأثیر آن در جوهره هنر و معماری و یافتن و تبیین مصادیق شکلی آن است و در این راستا، براساس روش کیفی و راهبرد استدلال منطقی به بررسی اصل همنشینی اضداد در ذات تفکرات عرفانی و مظاهر هنری و معماری آن پرداخته و بررسی کیفیت‌های متضاد در مصادیق آن‌ها را پی‌جو می‌شود. نتایج پژوهش نشان می‌دهد همنشینی و وحدت اضداد سرتاسر عالم هستی را فرا گرفته است؛ حکمتی که پس از نفوذ در جامعه، رفته‌رفته به هنجار و ارزش و ذوق بدل شده و آگاهانه و ناآگاهانه در هنر و معماری نیز به منصفه ظهور رسیده است.

واژگان کلیدی:

اصل همنشینی اضداد، عرفان، معماری ایرانی، هنر.

* نویسنده مسئول مکاتبات: taghvaei@shariaty.ac.ir

1. مقدمه

در منطق آمده است که نمی‌شود دو ضد را با هم جمع کرد. از نظر منطق، «تضاد آن بود با وجود تقابل، اجتماع ایشان بر صدق محال بود، اما بر کذب ممکن بود، چه ضدان جمع نیابند اما مرتفع شوند» (طوسی، 1326: 97). در صورتی که اوصاف تفکر عرفانی اجتماع ضدین است (خوانساری، 1387). به نظر می‌رسد آنچه را منطق نمی‌پذیرد، ذات تفکر قرار می‌گیرد. تضاد از نظر لغوی «با یکدیگر مخالفت کردن و ناهم‌تاشدن» است (لغت‌نامه دهخدا). تضاد به عنوان یکی از مضامین ریشه‌ای در طبیعت ظاهر می‌شود. همان گونه که در طبیعت با نیروهای متضاد مواجهیم و چهار عنصر اصلی آب، باد، خاک و آتش به جایگاه امهات اربعه و چهار متضاد جلوه‌گر می‌شوند، در دنیای عرفان نیز این جدال در قالب‌هایی مشابه به دنیای درون کشانده می‌شود. جهان هر چند آکنده از پدیده‌های متضاد است، اما به نظر می‌رسد این اضداد راهی به تنافر و تفرقه ندارند، بلکه در نهایت راه وحدت و کمال را می‌پویند. چنان که از ستیز عقل و نفس، گوهر ایمان زاده می‌شود و از پیکار فرشته‌جویان و دیوسیرتان نیز مدینه فاضله برپا می‌گردد. مولانا بارها در مثنوی بر این حقیقت تصریح کرده است که اضداد در عین ضدیت در نهایت هماهنگ می‌شوند تا کمالی را خلق کنند:

صلح اضداد است عمر این جهان جنگ اضداد است عمر جاودان
(مولوی، 22/5-3421)

جنگ اضداد در ابیات مولانا به وضوح آورده شده و به نظر او بنای خلقت بر اضداد نهاده شده است. از دیدگاه مولانا، عمر این جهان و تداوم حیات آن در صلح و سازش اضداد با یکدیگرند. اضداد سعی در رسیدن به توازن یا هم‌ترازی¹ دارند؛ ترکیب یا اتحاد اضداد امکان‌پذیر است؛ فرایندی که یونگ آن را «گردش اضداد» می‌نامد و معتقد است میان اضداد نوعی رابطه جبرانی وجود دارد (اواداینیک، 1379: 77). هریک از این عناصر از نظر ماهیت، در چرخه‌ای مفهومی با عناصر متضاد خود و در تقابلی از جاذبه و دافعه به تعادل می‌رسند و در صورت رسیدن به این پیوند و هماهنگی، یکدیگر را کامل خواهند کرد. این گردش بین ماهیت‌های متضاد، در سطحی از کمال به وحدتی می‌انجامد که لازمه حیات است. در مرحله نهایی این گردش، متضادها در قالبی مثالی به «پیوند مقدس اضداد» می‌رسند که در کیمیاگری از آن به «وصلت کیمیایی» تعبیر می‌شود (یونگ، 1373: 70-1).

هدف اصلی این پژوهش، بررسی اصل همنشینی اضداد در ذات تفکرات عرفانی و تأثیر آن بر

1. Homeostasis

جوهره هنر و معماری و یافتن مصادیق شکلی و تبیین آن‌هاست؛ بنابراین روش تحقیق در این مقاله تنها علم یا فلسفه و عرفان نیست. در این مقاله ما نیز چون گرابار معتقدیم در سازوکار ادراک و تبیین هنر و معماری، همه ما دانسته یا ندانسته مانند کاربران رایانه‌ها به سیستم عاملی نیاز داریم تا مکانیسم‌هایی را که برای پرداختن به هنرها در اختیار داریم، برایمان معنادار کند (Grabar, 1992: 231)؛ لذا راهبرد و سیستم عامل و شاکله نظریه‌پردازی این مقاله بُعد هستی و وجودشناسی توحیدی و نیز معرفت‌بدان است تا شاید از این طریق بتوانیم تا حدودی خود را از لغزشگاه‌ها و گره‌های علوم محض‌رها سازیم؛ بنابراین این پژوهش براساس روش کیفی و راهبرد استدلال منطقی به بررسی اصل همنشینی اضداد در ذات تفکرات عرفانی و مظاهر هنری و معماری پرداخته و در تلاش برای پاسخ به پرسش‌های زیر است:

1. آیا اصل همنشینی اضداد بخشی از ذات تفکرات عرفانی است و مصادیق آن کدامند؟
2. این اصل چگونه در مظاهر فرهنگی مانند هنر و معماری به منصه ظهور رسیده است؟

2. مروری بر پیشینه نظری

واژگان اضداد نقش مهمی در تفسیر آیات قرآن دارند. به‌منظور دست‌یابی به تفسیری روشن از معنای چنین کلماتی که در عین وحدت دارای دو معنای متضاد هستند، باید به دیدگاه مفسران صاحب‌نظر و لغت‌شناسی که در شناخت این کلمات مهارت دارند، مراجعه کرد. در این راستا، کاظمی‌تبار و ساجدی‌پور، اختلاف‌نظر وجود یا نبود اضداد و منشأ پیدایش آن‌ها میان علمای لغت را تبیین کرده و چند نمونه از واژگان اضداد را در آیات قرآن بررسی کرده‌اند. علمای لغت، شمار واژگان اضداد در زبان عربی را حدود چهارصد لغت دانسته‌اند که حدود 150 لغت آن در قرآن آمده است (کاظمی‌تبار و ساجدی‌پور، 1397). فرید و شکیب در پژوهشی با عنوان «بررسی واژگان اضداد و نقش تفسیری آن‌ها در قرآن کریم» به بررسی این پدیده انکارناپذیر زبانی، در تفاسیر قرآن پرداختند. از جمله نتایج این پژوهش، تأیید وجود پدیده اضداد در زبان عربی و قرآن از جانب هر دو مفسر، توجه و بهره‌گیری از معنای متضاد این کلمات در تفسیر آیات، گسترده‌تربودن مبحث اضداد در «تبیین» نسبت به «المیزان» و نیز توجه هر دو مفسر به عوامل پیدایش اضداد در زبان است (فرید و شکیب، 1395). ازسوی دیگر، باور به تضاد در آفرینش و دوجویی‌بودن مظاهر خلقت مانند روز و شب، پستی و بلندی، آب و آتش و غیره و از جهتی باور به اینکه جهان متشکل از چهار عنصر متضاد است و همچنین قیاس‌های تقابلی، از مهم‌ترین عوامل قوت‌دهنده کاربرد تضادهاست. در این میان، گاه در رویارویی این تضادها تمثیل‌های زیبایی خلق می‌شود و از دل آن‌ها اسطوره‌هایی خودنمایی می‌کنند

که در خودآگاه و ناخودآگاه بشر همواره به گونه‌های مختلف ظهور و بروز یافته‌اند. نهایت این تضادها در نگاه مولوی به یکرنگی یا بی‌رنگی ختم می‌شود (برادران، 1394). مولانا در سرتاسر مثنوی معنوی ما را به توجه به اضداد در عالم و طبیعت هوشیار می‌کند. در اندیشه مولانا به وجود آمدن حقایق در گروهی هماهنگی اضداد است و اگرچه این موضوع در بدو امر متناقض می‌نماید، ولی دستیابی به واقعیت نتیجه وحدت اضداد است (حصارکی، 1390).

در معماری مدرن، نخستین بار رابرت ونتوری¹ از اصل زوجیت سخن گفته است و به سلسله‌مراتبی از مقوله‌های متضاد در معماری مانند خوب و بد، بزرگ و کوچک، بسته و باز، پیوسته و جدا، ساختاری و فضایی اشاره کرده است (venture, 1966: 23). افشار نادری نیز به بررسی نوسان میان کیفیت‌های متضاد در گرایش‌های زیباشناختی و ویژگی‌های ساختاری فضا پرداخته است (افشار نادری، 1374). گفتنی است بخش مهمی از روان‌شناسی تحلیلی کارل گوستاو یونگ²، اصل تضاد و توجه به ابعاد متضاد شخصیت انسان است. در نظام روان‌شناسی او بیش از هر امری، بر جمع بین ضدها تأکید می‌شود. وی بر گرایش‌های مخالف برون‌گرا و درون‌گرای شخصیت تکیه دارد (باقری‌پور، 1389).

3. چهارچوب نظری

3-1. اصل همنشینی اضداد در خالق

در اوصاف خداوند می‌توان جمع اضداد را دید. خداوند در قرآن خود را دوگانه معرفی کرده و خودش را به مجموعه‌ای از اضداد به ما شناسانده است: برای نمونه در قرآن می‌خوانیم: «يُضِلُّ مَنْ يَشَاءُ وَيَهْدِي مَنْ يَشَاءُ» (نحل: 93). «هرکه را بخواهد گمراه می‌کند و هرکه را بخواهد هدایت می‌کند»؛ یعنی خداوند هم هادی است و هم مضل. این پرسش مطرح می‌شود که چطور می‌توان هم هادی بود و هم مضل؟ خداوند همچنین می‌فرماید: «هُوَ الْأَوَّلُ وَالْآخِرُ وَالظَّاهِرُ وَالْبَاطِنُ» (حدید: 3)؛ «و اول فی عین الاخریه، و آخر فی عین الاولیه، ظاهر فی عین باطنیه و باطن فی عین الظاهریه» چطور می‌توان هم اول بود و هم آخر؟ و چطور می‌توان هم ظاهر بود و هم باطن؟ و یا رحیم بود و جبار؟ به‌راستی چنین جملاتی، چگونه قابل توضیح است؟ چگونه ممکن است کتابی مقدس و آسمانی، صفات متضادی را برای خالق عالم برشمرد؟

1. Robert Venturi (1925-)

2. Carl Gustav Jung (1875-1961): فیلسوف و روان‌پزشک بزرگ سویسی

در قرآن جمع اضداد در ویژگی‌های قابل‌تصور برای انسان نیز وجود دارد. مثلاً دو مفهوم «جبر و اختیار» که کاملاً ضد یکدیگر هستند. هم عشایره که معتقد به جبر هستند و هم معتضله که قائل به اختیارند، با استناد به آیاتی از قرآن، مبانی فکری خود را بنیان گذاشته‌اند. به عبارتی برخی آیات قرآن دلالت بر جبر و برخی دیگر دلالت بر اختیار دارند. همچنین می‌توان به فقر و غنا اشاره کرد. «استغنا» به معنی «بی‌نیازی» که مخصوص خداست؛ چه او غنی است و جز او جمله فقیر (حسن‌زاده، 1387). ابن‌عربی می‌گوید: «خداوند عین ضدین است؛ زیرا در عین زائدی وجود ندارد؛ از این‌رو، ظاهر عین باطن است و اول عین آخر است (قیصری، 1357: 476).

2-3. اصل همنشینی اضداد در خلقت

قرآن کریم، خلقت آسمان و زمین و گردش شب و روز را نشانه‌هایی برای خردمندان می‌داند (بقره: 164). اگرچه دو وجهی بودن مظاهر خلقت تفاوت‌های ماهوی دارند، ولی همیشه همنشین و همراه یکدیگرند. زوجیت در عالم نه تنها زوجیت حیوانات بلکه گیاهان را نیز دربرمی‌گیرد. تضاد به عنوان یکی از مضامین ریشه‌ای در طبیعت ظاهر می‌شود و همنشینی و وحدت اضداد، در میان تمام پدیده‌های عالم قابل‌مشاهده است. این عالم جلوه‌گاه گونه‌های مختلف اضداد همچون شب و روز، آبادی و ویرانی، زاد و مرگ و غیره است. از منظر مولانا، تضاد و جمع اضداد از اصول آفرینش است. بر این اساس، ذرات عالم همواره در حال جمع و تفریق و حرکت دورانی خود به‌طور اجتناب‌ناپذیری با یکدیگر در ستیزند و همین تضاد و ستیزه کارساز است؛ چنان‌که شب و روز با هم درگیر و متضادند. زندگانی آشتی زده‌هاست مرگ، آن کاندرا میانشان جنگ خواست (مولوی، 1298-1/70)

خاصه جزوی کاو زاضداد است جمع ز آب و خاک و آتش و باد است جمع (مولوی، 1296-1/70)

مولوی معتقد است جنگ و پیکار اضداد قاعده‌ای است که عالم طبیعت بر آن استوار است. این جنگ‌های طبیعی که در اجزای طبیعت وجود دارد، پدیده‌ای تصادفی نیست، بلکه قوام این جهان بر ستون اضداد است.

روز و شب ظاهر دو ضد و دشمنند لیک هر دو یک حقیقت می‌تنند (مولوی، 1373/ 4420-3/ 4415)

در راستای همنشینی اضداد در خلقت خداوند، می‌توان به وحدت اضداد طبایع در آفرینش انسان و عالم ماده نیز اشاره کرد. در نظام حکمت و در پی آن در طب، هر آنچه در عالم ماده ظهور یافته، از

جمله انسان و مصنوعات و محیط پیرامونش، واجد کیفیات مشترکی است. نسبت انسان و محیط مصنوع همچنین بر پایهٔ طبیعیات و چهارگانه‌هاست. درواقع، مراد از چهارگانه‌ها ارکان اربعه (آب و باد و خاک و آتش) و کیفیات مشترک موجود در آن‌ها و مزاج‌های ساده و مرکب حاصل از آن‌هاست. ارکان اربعه یا چهار جوهر بسیط و حاملان کیفیات مشترک عالم ماده‌اند و تبیین عالم مادی و چگونگی رویدادها و پدیده‌های آن به مدد ایشان بوده است (عبدالله‌زاده، 1394). در واقع نظام چهارگانه‌ها (کیفیات، ارکان، مزاج‌ها) در حکم سازوکار بنیادینی بوده که برای تبیین طبیعیات به کار رفته است. این سازوکار، جسم انسان را در نسبت با نفس، با امور طبیعی شرح می‌دهد؛ اموری که سایر موجودات نیز با آن‌ها شکل گرفته و قوام یافته‌اند.

منظور از امور طبیعی، اموری است که به وجود آمدن و اعتدال انسان، به وجود آن‌ها بستگی دارد. امور طبیعی عبارتند از: ارکان، امزجه (طبایع)، اخلاط، اعضا، روح، قوا، افعال (ناصری، 1388: 23). آنچه در این بخش مورد توجه است، همنشینی و وحدت اضداد در امور طبیعی به عنوان عاملی اساسی در راستای به وجود آمدن و اعتدال انسان است. همان‌طور که می‌دانیم همهٔ موجودات و اجسام عالم ماده از چهار عنصر (ارکان) برپا شده‌اند که نه عنصر به معنای امروزی آ»، بلکه جواهری بسیط و شفاف‌اند که حامل چهار کیفیت هستند. همهٔ موجودات در این چهار کیفیت مشترک‌اند. از همین رو به این‌ها کیفیات مشترک نیز می‌گویند (ابن‌سینا، 1383 پ: 31-27؛ همو، 1383: ب، 3 و 4). این چهار کیفیت عبارتند از: گرمی و سردی و خشکی و تری.

حضور این چهار کیفیت در همه موجودات می‌تواند گویای همنشینی اضداد همچون گرمی، سردی، خشکی و تری به عنوان عاملی اساسی در شکل‌گیری و قوام عالم باشد. در واقع ترکیب این چهار کیفیت، چهار عنصر یا جسم بسیط را شکل می‌دهد که عبارتند از: آتش (جسمی که گرم و خشک است و سبکی مطلق دارد)؛ هوا (جسمی که گرم و مرطوب است و سبکی نسبی دارد)؛ آب (جسمی که سرد و مرطوب است و سنگینی نسبی دارد)؛ خاک (جسمی که سرد و خشک است و سنگینی مطلق دارد). این چهار عنصر چون جواهر بسیط‌اند، هیچ‌گاه به تنهایی قابل رؤیت نیستند و دیگر آنکه هیچ موجودی (هیچ پدیدهٔ مادی) در عالم ماده بدون این‌ها وجود ندارد. هریک از این جواهر خصوصیتی دارد و همهٔ اشیا و موجودات عالم ماده در بهره‌مندی از آن چهار کیفیت، پیرو احوال این چهار عنصر و در طیف‌های مختلف میان این چهار عنصر هستند: «گرم و خشک‌اند: آن موجوداتی که آتش در آن‌ها غالب است؛ گرم و ترند: آن موجوداتی که هوا در آن‌ها غالب است؛ سرد و ترند: آن موجوداتی که آب در آن‌ها غالب است؛ سرد و خشک‌اند: آن موجوداتی که خاک در آن‌ها غالب است» (ناصری، 1388: 24-25).

در هر جسم مرکب هر چهار کیفیت، با شدت و ضعف مختلف وجود دارد. کیفیت نهایی یکسان و جدیدی که در نتیجه آمیختن این کیفیات با یکدیگر در جسم مرکب حاصل می‌شود، «مزاج» یا «طبع» خوانده می‌شود (ابن سینا، 1386: 301). به عبارتی همنشینی این اعداد در کنار یکدیگر و در ترکیب با هم است که در یک جسم مرکب مانند انسان، منجر به شکل‌گیری طبع و حالات روانی و نفسانی همچون خجالت، شادی، غم و غیره می‌شود.

3-3. اصل همنشینی اعداد در علم

در اوایل قرن بیستم دانشمندان برای توجیه پدیده‌های جهان به مکانیک کوانتوم راه یافتند. این دیدگاه کل‌گرایانه، دنیای قطعه‌قطعه نیوتونی را متحد کرد. این جهان‌بینی متحول، زاینده و خلاق است که جهش‌های کوانتومی را که رکن ضروری خلاقیت، چندگانگی و گونه‌گونی است، ممکن می‌سازد. این جهان‌بینی ادعا دارد همواره در حال خلق هدف‌های متغیر و در معرض نوعی کیفیت متمایز آنی است. هایزنبرگ¹ و بور² در بطن این بینش مدرن به اصل مهمی دست یافتند که آن را «اصل عدم قطعیت»³ نامیدند. بر مبنای این اصل، امکان اندازه‌گیری در معنای مطلق آن ناممکن تلقی شد (تقوایی، 1394: 57). منظور هایزنبرگ از بیان این اصل این است که «هرچه کمیت را دقیق‌تر بدانیم دانش ما نسبت به متغیر مزدوج آن کمتر خواهد بود و برعکس» (گلشنی، 1380). در مکانیک کوانتوم این واقعیت وجود دارد که نیروهای ضد در طبیعت یا کامل‌کننده‌اند یا قابل تغییر شکل به یکدیگر (طاهری، 1392). همچنین در فیزیک نظری ضدین، فلسفه قدیم بازتاب گسترده‌ای یافت و فیزیک ذرات بنیادی، ساختمان این ذرات را بر مبنای جمع اعداد پایه‌گذاری کرد. مفهوم تقارن نیز در پی همین تفکر در فیزیک نظری پدید آمد. با کشف ضد ماده توسط دیراک⁴ که به الکترون مثبت یا پوزیترون معروف است، جدول اعداد فیزیک نظری تکمیل شد. دانشمندان کشف کردند که هر ذره ابتدایی ضد ذره خود را دارد. امروزه ضد پروتون و ضد نوترون نیز کشف شده است (فرشاد، 1388).

همان‌طور که در بین موجودات زنده نر و ماده دیده می‌شود، ذرات ابتدایی نیز به همین قیاس دارای علامت مثبت و منفی هستند. ذرات ابتدایی نیز مانند انسان و حیوان و گیاه نرینگی و مادپنگی

1. Heisenberg, Werner Karl (1901-1976): فیزیکدان آلمانی و یکی از بنیان‌گذاران فیزیک کوانتومی

2. Bohr, Niels (1885-1962)

3. Indeterminacy Princip

4. Paul Adrien Maurice Dirac (1902-1984): فیزیکدان و ریاضیدان بریتانیایی و از پایه‌ریزان مکانیک کوانتومی

دارند. به این اعتبار مرد و زن و حیوان نر و ماده و گیاه دارای صفت نرینگی و مادینگی، تقارن یکدیگر به حساب می‌آیند. دو چیزی که متقارن هم هستند، مکمل یکدیگرند؛ ذرات ابتدایی نیز در ضدیت با هم مکمل و متمم نیز هستند. تمام ذرات ابتدایی با اضداد خود کامل می‌شوند و این قانون طبیعت است. در فیزیک نوین می‌بینیم ذرات و ضد ذرات نسبت به هم نامتقارن‌اند و قرینه‌آینه‌ای یکدیگر به شمار می‌آیند. این جنبه، وحدت ضدین در تقارن و عدم تقارن را نشان می‌دهد.

3-4. اصل همنشینی اضداد در عرفان‌های شرقی

در جهان‌بینی عرفانی، کل جهان از رویدادهای متضاد تشکیل یافته است. باور به زوجیت و همنشینی اضداد، پیشینه‌ای دور در فرهنگ‌های کهن دارد و نه تنها در عرفان اسلامی بلکه در عرفان شرقی نیز قابل مشاهده است. این عالم، عالم اضداد و نتیجهٔ پیکار اضداد است (ریخته‌گران، 1386: 128). در عرفان، خداوند که ذات واحد بی‌همتاست، جمع اضداد است. این تعبیر، با معنایی که در بطن واژهٔ هماهنگی قرار دارد، هرچند به‌عینه یکی نیست، ولی همسو است، زیرا هم‌آهنگی «دو چیز» منجر به نواخت «یک آهنگ» می‌شود؛ یعنی در یک سیر گردشی، دوباره از مفهوم دو، دوئیت و دوگانگی به مفهوم یک، یکتایی و وحدت می‌رسیم. هماهنگی حاصل آمیختگی و ارتباط میان دو چیز متضاد است. این اصل، یکی از مبانی تفکر شرقی نیز هست که لائوتسه¹ آن را بیان می‌کند و علامت «یین یانگ» مظهر آن است.

در عرفان شرقی و حکمت الهی، وحدت میان دوگانه‌ها با عنوان «جمع اضداد» شناخته می‌شود. درواقع «یین» و «یانگ» از مقوله‌های فلسفه باستانی چین است. «در سندی قدیمی از چین باستان موسوم به ئی، چینگ شرحی دربارهٔ زوج متضاد «یین» و «یانگ» (یا اصل شرقی «هم این و هم آن») که «تمامی پدیده‌های طبیعی شامل یا تابع تضاد مضاعفی برای تکامل و هماهنگی هستند، آمده است» (گروتر، 1390: 151-355). در فلسفهٔ چین «یین و یانگ»، دو عنصر منفی و مثبت مکمل یکدیگرند.

3-5. همنشینی اضداد در جوهره وجودی هنر (هنر بی‌هنری) و بیان مصادیقی از آن

لفظ «هنر» در مثنوی به معنایی جز معنای امروزی آن است. در مثنوی «هنر» معادل فضیلت و

1. Laotse (604-524): از فلاسفه بزرگ چین که در قرن پنجم یا ششم پیش از میلاد «آیین تائو» را پایه‌گذاری کرد.

حُسن و متضاد عیب است. بورکهارت¹ هنر را ازدواج حکمت و صناعت می‌داند؛ بدان معنا که اگر کسی بخواهد واقعاً در هنری سرآمد شود، تنها دانش فنی و صناعت آن هنر برایش کافی نیست، بلکه باید با کسب و نهادینه کردن اصول حکمی چنان کند که به قول هریگل، از فن و مهارتش فراتر رود تا هنرش چنان شود که در عرفان شرقی آن را «هنر بی‌هنری» نامند و نماینده هنری است که از ندانستگی یا بی‌دلی برمی‌روید. این حالت ندانستگی هنگامی در هنرمند تحقق می‌یابد که او پاک از خود تهی و رها شود و با کمال مهارت فنی‌اش یگانه گردد (هریگل، 1377).

عیب می‌جمله بگفتی هنرش نیک بگو نفی حکمت مکن از بهر دل عامی چند
(حافظ: 182)

تلقی و تصور اصلی هنر نزد عارفان و بلکه هنر پیش از دوره مدرن این است که امری فراتر از مهارت در فن و حرفه خاصی است. هنر درواقع آراستگی و پیرایش باطن است که در ظاهر و قالب اثری هنری نیز بروز و ظهور می‌یابد. عامل این تجلی از باطن به ظاهر، شخص هنرمند است؛ چنان‌که ظاهر، روابط و جزئیات اجرای کار و حرفه همگی وسیله‌ای برای رسیدن به هدفی والاتر در سلوک باطنی است. چندان‌که در گلستان هنر آمده:

غرض مرتضی علی از خط نه همین لفظ بود حرف و نقطه

بل اصول صفا و خوبی بود زان اشارت به حسن خط فرمود

(منشی‌قمی: 65)

مبنایی که می‌توان آن را جوهره هنر شرق و حتی بنیاد حکمت هنری تا پیش از دوران مدرن دانست، در لابه‌لای متون هنری - عرفانی تا پیش از دوران مدرن ممکن است این تعبیر را به کار نبرده باشند، ولی جوهره فکری آن‌ها همین بوده است. در این راستا مولوی می‌فرماید:

گر بپرانیم تیر آن نه ز ماست ما کمان و تیر اندازش خداست

(مولوی، 29/1، 620)

این شعر حکایت تیراندازی حضرت محمد(ص) در جنگ بدر است که هم‌زمان با این آیه نازل شده است: «وَمَا رَمَيْتْ إِذْ رَمَيْتَ وَلَكِنَّ اللَّهَ رَمَى» (انفال: 17) یعنی ما تیر می‌اندازیم، ولی تیر نمی‌اندازیم. چطور ممکن است پیامبر در جنگ تیر بیندازد ولی او تیر نینداخته باشد؟

1. Titus Burckhardt (1908-1984): آلمانی سوییسی تبار، پژوهشگر در زمینه هنرهای اسلامی، معماری و تمدن اسلامی

تیر پران بین و ناپیدا کمان جان‌ها پیدا و پنهان جان جان
(مولوی، 26/2، 1307)

ما رمیت اذ رمیت گفت حق کار حق بر کارها دارد سبق
(مولوی، 26/2، 1309)

اینک مصادیقی از چیستی و چگونگی به منصفه ظهور رسیدن جمع اعداد در هنر و معماری پیش رو قرار می‌گیرد.

1-3-5. وحدت و کثرت

در نظر عرفا، در کثرت طولی تجلی وجود، حقیقت و ذات باری تعالی، مراتب و درجه‌های مختلفی پیدا می‌کند.¹ به‌طوری‌که این مراتب و درجات شئونی از تجلیات همان حقیقت واحده هستند؛ مانند نور که در عین وحدت دارای مراتب و درجات مختلفی است (صدرالمتألهین، 1353)، ولی «این‌طور نیست که مرتبه شدید نور مرکب از نور و چیز دیگری غیر از نور باشد، و یا آنکه مرتبه ضعیف نور چیزی از حقیقت نور را فاقد باشد، یا با ظلمت که همان نبود نور است، آمیخته شده باشد» (طباطبایی، 1379). عارف معتقد به تجلی یک حقیقت در عالم است که به جلوات مختلف روی می‌نماید؛ همان‌که ما آن را تجلی وحدت در کثرت می‌نامیم. این مراتب مبتنی بر تجلی یک «بود» و نه علیت ذو مراتب است. کل عالم از یک جلوه و کرشمه او پیدا شده است و همه کثرت ظاهری از لوازم همان وجود منبسط است (مطهری، 1369).

مفهوم نظم در عالم نیز ریشه در این عقیده اسلامی دارد که هر آنچه هست جلوه‌ای از وجود خداوند یکتاست که منشأ آن در عالم ملکوت است. بدین وسیله نظم با پیوندی که در میان کثرت برقرار می‌کند گویای وحدت پنهان در پس ظاهر آنان است (Brend, 2001). در این دیدگاه، از آنجاکه مبدأ و منشا همه پدیده‌ها در عقل الهی است، هر پدیده‌ای می‌کوشد با توجه به ظرفیت وجودی و هندسه و حدودش، اصل و مبدأ نخستین خود را باز گوید. در این معنا، رموز وسیله احیای صور گمشده و پنهان وجود جهت تحقق کثرات به وحدت در عالم هستند.

در معماری گذشته، هندسه و نظم با بهره‌گیری از رمز، سبب تعین و پردازش حقیقت و وجود در

1. نگاه کنید به: رییس سمیعی، محمد مهدی (1384)، «نظریه مراتب وجود و تأویل آن در معماری»، تهران: دانشگاه شهید بهشتی، دانشکده معماری و شهرسازی، پایان‌نامه برای دریافت درجه دکتری معماری.

اثر معماری می‌شدند. رمز با تبدیل پدیده‌ها به چیزی فراسوی ادراک مادی، ذره‌ذره و لایه‌لایه سرّ صعودی وجود معماری و اتصال آن را به ذات احدیت و تبدیل کثرات به وحدت، محقق می‌گرداند. در این معماری رمز نمادی نبود که دلیخواهی انتخاب شود و به چیزی دیگر دلالت داشته باشد. رمز عملکردی اخباری نیز نداشته و صرفاً در خدمت برقراری ارتباط نیز نبوده است، بلکه به کمک عناصر خود چون نور، زمان، ماده و غیره فضایی را به کمک نظم می‌آفریده که تجلیگاه عینی فضای مثالی در معماری بوده است. فضایی که غایتی در پیش رو داشته و همانا یادآوری ذات «او» بوده است.

همان‌طور که می‌دانیم، معماری ایرانی نه سراسر وحدت و نه سراسر تضاد و کثرت است، بلکه بین دو ویژگی در نوسان است. معماری نمایش‌دهنده گوناگونی ابزار و تعدد حالات رسیدن به وحدت است (اردلان و بختیار، 1391) معمار مسلمان ایرانی با استفاده بجا و نوآورانه از علم هندسه، به شکلی بدیع، مفهوم کثرت در عین وحدت را که همانا ریشه در تعالیم اسلام یعنی اعتقاد به توحید دارد، تجسم بخشیده است. بیشتر نقوش اسلامی به شمس ختم می‌شود. شمس سمبل حرکت همه اجزای هستی به طرف کمال و به معنای حرکت کثرت‌ها به سوی خداوند و رجوع هستی به اوست (شعاع احمدی، 1387: 592). این نوع نقوش در زیر گنبد مسجد شیخ لطف‌الله دید را از سمت پایین به سمت بالا و به اوج گنبد می‌کشاند. در این نقطه همه اشکال محو و یکی می‌شوند و یگانگی با خداوند را نشان می‌دهند. این نقوش نه تنها نشان‌دهنده حس کثرت در وحدت هستند، بلکه سبب ایجاد بسط و گشودگی درون انسان می‌شوند. این معماری گویای همشینی اضداد وحدت و کثرت در هنر معماری اسلامی در راستای رسیدن به کمال است.



شکل 1. نقش زیر گنبد مسجد شیخ لطف‌الله (www.archnet.org)

2-5-3. نظم و بی‌نظمی (سادگی و پیچیدگی)

مفاهیمی چون نظم و بی‌نظمی، سادگی و پیچیدگی، سال‌ها نظریه‌پردازان معماری چون وتوری و

رفتارشناسانی چون آرنهایم¹ و غیره را مجذوب خود ساخته است. در اغلب موارد، نظم مترادف سادگی به حساب آمده است، درحالی که سطحی از پیچیدگی بصری می تواند نظم باشد. طبق نظر آرنهایم، نظم وقتی به وجود می آید که اصول اولیه، سامان دهی اجزای یک ترکیب را ضروری سازند. محیط نامنظم محیطی است که رابطه اجزای آن ضعیف است و اصلی کلی بر آن حاکم نیست. ساختار پیچیده، ساختاری است که اجزای آن زیاد است و اصول نظم دهنده گوناگونی در آن دخالت دارند (لنگ، 1388: 216). به گفته ادگار مورن: «بی نظمی و نظم یکدیگر را در بطن سازمانی پیچیده افزایش می دهند» (مورن، 1379)؛ بنابراین نظم و بی نظمی همزاد یکدیگرند.

از شروع تاریخ بشر، نظم هندسی و پیچیدگی با هم در ساختارهای معماری وجود داشته است. در معماری توازن بین نظم و پیچیدگی ضروری است چراکه فضای معماری با فرایند طراحی خلق می شود، ولی در زمان های مختلف این فضا به علت مواجه شدن با عوامل اقلیمی، اجتماعی، سیاسی و فرهنگی دستخوش یک سری تغییرات می شود که خود این تغییرات و روند تکاملی آن ها قابل پیش بینی نیستند (Lynn, 2004). مفهوم نظم، ریشه در این عقیده اسلامی دارد که هر آنچه هست جلوه ای از وجود خدای یکتاست که منشأ آن در عالم ملکوت است. بدین وسیله نظم با پیوندی که میان کثرت ها برقرار می کند، گویای وحدت پنهان در پس ظاهر آنان است (Brend, 2001). شیخ حیدر آملی «میزان را نشانه هارمونی و نظم چیزها دانسته است» (آملی، 1375: 264). هانری کوربن² نیز با بهره گیری از گفته های شیخ حیدر آملی و جابرین حیان، با برشمردن میزان به عنوان موازنه ای میان نور و تاریکی، از آن به مثابه تأکیدی بر سلسله مراتب جهان مادی و معنوی بهره گیری کرده است (Corbin, 1986). اینشتین³ معتقد بود در ماورای ظواهر نظمی وجود دارد که تجربه این نظم را محسوس تر می سازد. وی راه رسیدن به آن نظم را اشراق و علم حضوری خوانده است (پلانگ، 1347: 12).

استفاده از نظم در مرتبت کلی، خلاقیت مسلمانان را محدود نمی کرد و مانع بهره گیری آنان از فرم های غیرمعارف و بی نظمی های پنهان در دل نظم کلی نمی شد. در این راستا، پیترو جی. لو⁴ در مقاله ای با عنوان «صنعتگران ایرانی پانصد سال پیش از ریاضیدانان، بافت تکرار ناشونده غریبی

1. Arnheim, Rudolf (1904-2007): فیلسوف و نظریه پرداز آلمانی

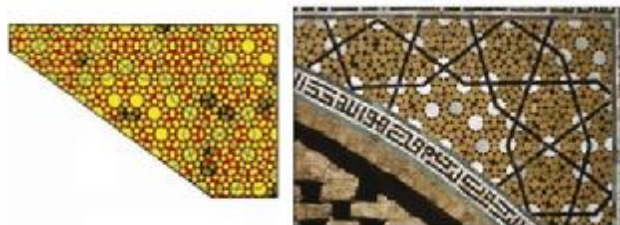
2. Henry Corbin (1903-1978): فیلسوف، ایران شناس، اسلام شناس، و شیعه شناس فرانسوی و از پایه گذاران فلسفه تطبیقی که به نقادی فلسفه مدرن غرب براساس سنت فلسفه اسلامی می پردازد.

3. Albert Einstein (1879-1955)

4. Lu, Peter J (1978-)

ساخته‌اند» متوجه شده است که در مسجد درب امام در اصفهان در قرن پانزدهم، گره‌هایی ساخته‌اند که غیرتکراری بوده و مشابه الگوهایی است که امروزه ریاضیدانان تنها به کمک رایانه قادر به طراحی و ترسیم آن‌ها هستند (شکل شماره 2). وی به همراه یکی از فیزیکدانان دانشگاه پرینستون که بانی نوعی فرکتال به نام کوازی کریستال¹ است، پس از جست‌وجو به این نتیجه رسیدند که برای طرح این نوع کاشی‌کاری در پنج قرن پیش، از همین سری ریاضی پیچیده‌ای که به‌تازگی کشف شده، استفاده شده است.

درواقع هنرمندان مسلمان، ضمن داشتن مهارت در علوم محض، ولی با اتکا به علم شهودی که مورد پذیرش دانشمندان غربی نیست، می‌توانستند در غیاب رایانه‌های امروزی و صدها سال پیش از ابداع معادله‌های پیچیده ریاضی، خلاقیت‌های خود را در ارتباط با نظم در دل بی‌نظمی، چنین زیبا و امروزی به منصه ظهور برسانند (تقوایی، 1394: 76)؛ بنابراین، خلاقیت هماهنگی نهفته در دل پیچیدگی‌هاست. بدون نظم هیچ وحدت و پیوستگی‌ای معنا نمی‌یابد. بدون بی‌نظمی گونه‌گونی و خلاقیت محدود می‌شود. در آمیختگی نظم و بی‌نظمی، در تلازم با هم می‌توانند در جهت کمال هنر و معماری عمل کنند که نشان‌دهنده همشینی اعداد و مکمل‌بودن آن‌ها در کنار یکدیگر است.



شکل 2. مسجد درب امام اصفهان (Iu, 2007)

3-5-3. تاریکی و روشنایی (نور و سایه)

در قرآن کریم در آیه شانزدهم سوره رعد، ظلمت و نور به صورت دو مفهوم مقابل هم آمده است. در آیه شانزدهم سوره نوح و آیه پنجم سوره یونس، شمس، منبع ضیاء (سراج) و قمر مظهر نور است. نور در آیه سی و پنجم سوره نور، عاملی است که خداوند به وسیله آن هر که را بخواهد هدایت می‌کند. اعداد نور و تاریکی در جهان توسط بسیاری از فلاسفه مورد تأکید قرار گرفته است. از دیدگاه سهروردی، جهان عبارت است از درجاتی از نور و ظلمت؛ درواقع وی ظلمت را فقدان نور می‌داند. از دیدگاه سهروردی، هر چیز بازگشت به نور دارد و نور مطلق خداوند است (سجادی، 1377: 71). نور

1. Quasi Crystal

نه تنها از راه‌های مختلف با انعکاس، شکست، تضاد و غیره معانی متفاوتی را در راستای وحدت در عین کثرت القا می‌کند، بلکه برای پی‌بردن به آن وجود ضد آن ضروری است.

همان‌طور که مولوی می‌فرماید:

پس نهانی‌ها به ضد پیدا شود چون که حق را نیست ضد، پنهان بود
که نظر بر رنگ بود آنکه به رنگ ضد به ضد پیدا بود چون روم و زنگ
پس به ضد نور دانستی تو نور ضد، ضد را می‌نماید در صدور
نور حق را نیست ضدی در وجود تا به ضد، او را توان پیدا نمود

(مولوی: 1/62، 1136-1139)

درواقع نور در معماری اسلامی ایران، چون عنصر مقدسی که حضور خدا را به خاطر می‌آورد، چنان محتاطانه و مقتصدانه و با احترام وارد فضا می‌شد و با عامل متضادش یعنی تاریکی، چنان عجین می‌شد که فضاهایی را در آشتی نور و «خلوت تاریکی» متجلی می‌ساخت. پنجره‌های مشبک با مواد مصالح مختلف در معماری ایرانی، ضمن اینکه حضور کنترل‌شده نور به داخل فضا را ممکن می‌ساخت، از کنتراست شدید تاریکی و روشنایی که موجب خستگی مکانیسم ادراک بینایی ما می‌شود نیز جلوگیری به عمل می‌آورد (تقوایی، 1394: 73).

بی‌رنگ یا نور مطلق که قلمرو وجود اعلی است، پس از تعین، سرچشمه رنگ و هستی می‌شود؛ از این رو در معماری اسلامی رنگ نیز ناظر به رمز دوگانگی نور و ظلمت است. نور بی‌رنگ، پس از تعین، سرچشمه رنگ‌ها و وجودهای گوناگون می‌شود، «روشنایی درواقع به‌خودی‌خود دیدنی نیست و سرشت آن با تقسیمات آن به رنگ‌ها دگرگون نمی‌شود و با افزایش و کاهش آن به درجات میان نور و تاریکی، کاستی نمی‌پذیرد» (بوکهارت، 1365: 87). در مسجد جامع اصفهان ضمن حضور کنترل‌شده نور به داخل فضا به واسطه پنجره‌های مشبک، همنشینی نور و تاریکی کاملاً قابل مشاهده است. در آشتی نور و تاریکی در فضای معماری نه تنها حضور هرکدام دلیلی بر وجود دیگری است، بلکه بیانگر همنشینی و وحدت اضداد است که وحدت در عین کثرت را نمایان می‌سازد و نشان‌دهنده حرکت به سوی وحدت و کمال است (شکل 3)

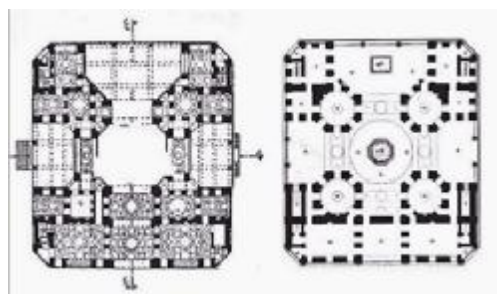


شکل 2. همنشینی نور و تاریکی در مسجد جمعه (جامع) اصفهان، (www.archnet.org/library/image)

4-5-3. تقارن و عدم تقارن (جفت و پاچفت)

نقش حیاتی تقارن در هنر به خوبی نشان داده شده است. تقارن، متضاد خود یعنی عدم تقارن را حذف نمی کند بلکه با آن جفت است و باوجوداین تضاد با آن همراه است. تقارن و عدم تقارن با یکدیگر جفت و همبسته اند. اصطلاح تقارن در اصل به معنای هماهنگی و تناسب زیبایی شناختی است که زیبایی را دربرمی گیرد. تقارن زیبایی است زیرا به جای فروپاشی و اختلال، به نظم پرداخته و عدم تقارن به نظم و زیبایی کمک می کند (Sabelli, 2010). همنشینی تقارن و عدم تقارن به عنوان دو ضد در کنار یکدیگر به صورت مکمل، نه تنها در فرایندهای طبیعی و انسانی قابل مشاهده هستند، بلکه همنشینی آن ها در کنار یکدیگر، زیبایی را به ارمغان می آورد. در این راستا می توانیم به مصداق آن در کاخ هشت بهشت اصفهان اشاره کنیم.

اتاق ها و فضاهای گوشه های کاخ در دو طبقه نزدیک به بیست غرفه هستند. این غرفه ها به وسیله غلام گردش و راهروهایی که حالت تعلیق در فضا را ایجاد می کنند، به هم متصل اند. از آنجاکه هیچ کدام از آن ها با هم و هم زمان دیده نمی شوند، از حیث شکل و اندازه و تزئینات مشابه، قرینه و جفت نیستند. این اتاق ها همگی بسان فضاهایی بسته و مشرف به ایوان یا باغ هستند که کارکردشان همان خفتن و آسودن است. اتاق های کوچک، اطراف فضای مرکزی را تعدیل بخشیده اند. این لذت گوشه نشینی در فضاهای کوچک با وسعت شاهانه فضای بزرگ مرکزی، جلوه های گوناگون وجود، آگاهی و نیاز، نمود دیگری از جمع اضداد در کنار هم است که آهنگ زندگی را می نمایند. چند قفس پله مخفی ارتباط طبقه همکف به بالا را فراهم می سازد. قرارگیری پله در گوشه های مخفی پلان، نشان از اهمیت سکون و خلوت در مکان میانی کاخ و حرکت و پویایی در گوشه هایی دارد که مسیر رفت و آمدهای زندگی را فراهم می کند و آن را به عنوان نمود دیگری از جمع اضداد متبلور می سازد (شکل های 5 و 4).



شکل 4. اصفهان، کاخ هشت بهشت، نقشه طبقه همکف (پیرنیا، 1386: 311)



شکل 5. اصفهان، کاخ هشت بهشت، فضای مرکزی (www.Archnet.org)

3-5-5. آیینگی در عالم حس و خیال

آب در فرهنگ ایرانی چه در ایران باستان و چه در دوره اسلامی، عنصری حیات‌بخش، مقدس و محترم شمرده می‌شده و دارای معنای حکمی بوده است. آب در معماری ایرانی - اسلامی، رمز آینه‌گونی عالم و استحالة عالم مادی در صور تمثیلی است. آب مرز بین عالم محسوسات و عالم خیال را که ورای عالم محسوس و ملموس است، از بین می‌برد. ادراک خیالی که ابزار شناخت انسان برای ورود به عالم خیال است، مانند ابزار حس، نیاز به مواجهه درک‌کننده و درک‌شونده ندارد. عالمی است که عرفای ما آن را «ناکجا» نامیده‌اند؛ یعنی جایی که با اشاره انگشت نمی‌توان آن را نشان داد. عنصر آب، مرز بین عالم حس و خیال را از طریق یکی کردن ماده و تصویر آن در خود، از میان می‌برد (تقوایی، 1394). در اینجا است که رمز با مرموز یعنی ماده و حس با روح و خیال توسط آب و خاصیت آیینگی آن یکی می‌شوند، و تصویر بنای چهل‌ستون در آب نیز جزئی از معماری محسوس آن به شمار می‌رود، حقیقت ستون‌های واقعی و ستون‌های تصویرشده در آب که یادآور عالم خیال است، یکی می‌شوند و یکجا «چهل ستون» نام‌گذاری می‌شود (شکل 6).



3-5-6. جزء و کل

در هنر و معماری ایران هر کلی نه تنها با اجزای خود کمال یافته است، بلکه هریک از اجزا خود به تنهایی کامل و تعالی بخش یکدیگرند؛ به عبارتی، همیشه جزء ناقص نبوده و نه تنها جزء به تنهایی کامل است، بلکه هر جزئی کامل کننده کل نیز بوده است.

برای مثال، اگر بتوان کوچکترین واحد معمارانه را در معماری ایران سرپوشیده ساده‌ای دانست که «اتاق» نام دارد و شکل به هم پیوستن و جفت و جور شدن این سرپوشیده‌ها و اتاق‌ها را دور (حیاط) نوعی ترکیب در نظر گرفت، می‌توان یکی از صورت‌های پایدار و همیشگی معماری گذشته ایران را که اتاق‌هایی دور حیاط است، رابطه «جزء و کل» انگاشت. هر کدام از اتاق‌ها خود به گونه‌ای یک «کل» اند و آنچه ساخته شده، «جزء کمال یافته» و «کل کمال یافته» است.

همچنین در یک مجموعه معماری، نقش‌های کاشی که بخشی از کل معماری را می‌سازند، در خود کامل‌اند: آیات قرآن، اشعار و کتیبه‌ها در اوج کمال‌اند و گچ‌بری و کاربندی هر کدام به تنهایی صنعت کاملی را عرضه می‌کند. همچنین در موسیقی ایرانی، دستگاه‌های هفت‌گانه هر کدام در حکم یک کل، نغمه‌ها و گوشه‌ها و راه‌ها را دربرمی‌گیرند، اما هریک از این اجزا نیز می‌توانند به تنهایی در حکم کل عرضه شوند و نوازنده چیره‌دست می‌تواند هر کدام از نغمه‌های دشتی و افشاری و ابوعطا را در نهایت آراستگی و کمال یافتگی دستگاه شور که در کلیت خود دربرگیرنده آن‌هاست، بنوازد (صارمی، 1376).

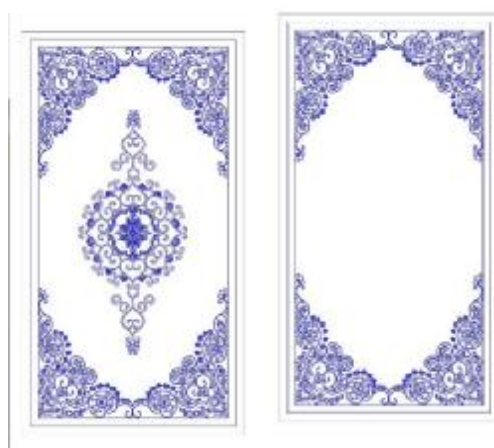
در اینجا باید به مصداق این موضوع در طرح و هندسه فرش و باغ ایرانی اشاره کرد که نمونه‌های فوق‌العاده‌ای از تجلی هنر ایرانیان هستند. برخی محققان باغ را تمثیلی از بهشت و باغ ایرانی را محصول انسان برای بازسازی بهشت آرمانی روی زمین دانسته‌اند (منصوری، 1390). از سوی دیگر، فرش ایرانی نمود و جلوه‌ای از باغ ایرانی است. «برخی بر این اعتقادند که جزئیات یادشده در قرآن، الگوی باغ‌سازی و باغ‌نگاری روی قالی‌ها هستند که بهشتی را بر خاک می‌سازند و برای مؤمنان تصویری عینی از بهشت برین بر خاک تیره نمایش می‌دهند و بشارت جهان دیگرند» (آدریان فون روکوئز، 1381: 97).

در طرح و هندسه فرش ایرانی وحدت اضداد جزء و کل به خوبی نمایان است. همان‌طور که در تصاویر زیر قابل مشاهده است، طرح و هندسه فرش ایرانی از الگوهای گوناگونی تشکیل شده‌اند. هریک از اجزا نه تنها خود به تنهایی کامل هستند و می‌توانند در حکم کل عرضه شوند، بلکه هر جزئی

کامل کننده کل واحدی نیز هست و اجزا در کنار یکدیگر مکمل و تعالی بخش هم می شوند. به عبارتی نقش ها چنان وحدتی می آفرینند که نقش دیگر جزء مجرد نیست، بلکه در کنار سایر نقش ها وحدتی را در کل مجموعه می آفریند. چنین «کمال یافتگی» از ارکان اساسی تمام هنرهای ایران است (شکل های 7-8).



شکل 6. قالیچه اصفهان، بافت کارگاه صراف (ژوله، 1390: 193-192)



شکل 7. اجزای مکمل در طرح و هندسه فرش ایرانی

4. جمع‌بندی

در ادامه خلاصه‌ای از مفاهیم، چیهستی‌ها، مصادیق و چگونگی به منصف ظهور رسیدن جمع اضداد در هنر و معماری را که می‌تواند توسط محققان دیگر تعمیم و گسترش یابد، چنان‌که در این پژوهش آمد، در جدول‌های 1 و 2 ارائه می‌کنیم.

جدول 1. اصل همنشینی اضداد در مفاهیم

همنشینی اضداد	تجلی اضداد	مثال‌هایی از اصل همنشینی اضداد
خالق عالم	در اوصاف خداوند و آفرینش عالم	مجموعه‌ای از اضداد در اوصاف خداوند مانند: اول و آخر، ظاهر و باطن، رحیم و جبار، جبر و اختیار، فقر و غنا
خلقت	در آفرینش عالم زوجیت در عالم (زوجیت حیوانات و گیاهان)	1. وحدت اضداد طبایع در آفرینش انسان و عالم ماده (گرمی، سردی، خشکی، تری) و حالات انسان (غم، شادی و غیره) 2. شب‌وروز، آبادی و ویرانی، زاد و مرگ، نور و تاریکی، نرینگی و مادینگی در انسان، حیوانات و گیاهان
علم	در مکانیک کوانتوم، فیزیک نظری	همنشینی اضداد در ذرات ابتدایی مثلاً همنشینی پروتون و ضد پروتون، نوترون و ضد نوترون در هسته اتم
عرفان‌های شرقی	اعتقاد به جمع اضداد در عالم، خدا و هماهنگی آن‌ها در عین ضدیت	1. در عرفان، خداوند که ذات واحد بی‌همتاست، جمع اضداد است 2. زوج متضاد «بین» و «یانگ» [یا اصل شرقی «هم این و هم آن»]
هنر و معماری	مفاهیم در هنر و معماری	1. در کیفیت‌های متضاد در گرایش‌های زیباشناختی و ویژگی‌های ساختاری فضا مانند وحدت و کثرت، نظم و بی‌نظمی، نور و تاریکی، تقارن و عدم تقارن 2. سلسله‌مراتبی از مقوله‌های متضاد در معماری مانند خوب و بد، بزرگ و کوچک، بسته و باز، پیوسته و جدا، ساختاری و فضایی

جدول 2. مصادیقی از چستی و چگونگی به منصفه ظهور رسیدن جمع اضداد در هنر و معماری

همنشینی اضداد	مصادیقی از چستی و چگونگی جمع اضداد	توضیحات	ویژگی اضداد	تصاویر
وحدت و کثرت	نقوش هندسی در گنبد مسجد شیخ لطف‌الله	شمسه سمبل حرکت همه اجزای هستی به طرف کمال و به معنای حرکت کثرات به سوی خداوند است. همه کثرات در نقطه اوج گنبد به وحدت می‌پیوندند	حرکت در عالم از کثرت به وحدت است. نظم هندسی می‌تواند به‌عنوان عاملی وحدت بخش، وحدت را در عین کثرت نمودار سازد. نوسان میان وحدت و کثرت نشان‌دهنده همنشینی اضداد به سوی کمال است	
نظم و بی‌نظمی	مسجد درب امام اصفهان	سطحی از پنج‌ضلعی‌ها و ستاره‌های ده‌ضلعی که در بین آن‌ها، اشکال از همه طرف غیرتکراری است. نظم و بی‌نظمی هم‌نشین و مکمل یکدیگرند	بدون نظم هیچ وحدت و پیوستگی‌ای معنا نمی‌یابد. بدون بی‌نظمی گونه‌گونی و خلاقیت محدود می‌شود. در آمیختگی نظم و بی‌نظمی، نشان‌دهنده همنشینی اضداد و مکمل بودن آن‌هاست	
تاریکی و روشنایی (نور و سایه)	پنجره‌های مشبک در مسجد جامع اصفهان	حضور کنترل‌شده نور به داخل فضا به واسطه پنجره‌های مشبک و همنشینی نور و تاریکی معانی متفاوتی را همچون وحدت در عین کثرت آشکار می‌سازد	در همنشینی نور و تاریکی نه تنها حضور هر کدام دلیلی بر وجود دیگری است بلکه بیانگر وحدت اضداد به سوی کمال است	

همنشینی اضداد	مصادیقی از چیستی و چگونگی جمع اضداد	توضیحات	ویژگی اضداد	تصاویر
تقارن و عدم تقارن (جفت و پاجفت)	در کاخ هشت بهشت اصفهان	سکون و خلوت در مکان میانی کاخ و حرکت و پویایی در گوشه‌های کاخ به واسطه قرارگیری پله در گوشه‌های مخفی پلان، نمودی از جمع اضداد است	تقارن، متضاد خود یعنی عدم تقارن را حذف نمی‌کند بلکه با آن جفت می‌شود و به‌رغم وجود تضاد با آن همراه است	
آیینگی در عالم حس و خیال	چهل‌ستون اصفهان	تصویر بنای چهل‌ستون در آب نیز جزئی از معماری آن به شمار می‌رود، در حقیقت ستون‌های واقعی و ستون‌های تصویر شده در آب یکی می‌شوند و یکجا «چهل‌ستون» نام‌گذاری می‌شود	عنصر آب، مرز بین عالم حس و خیال را از طریق یکی کردن ماده و تصویر آن در خود، از میان می‌برد	
جزء و کل	در طرح و هندسه باغ و فرش ایرانی	طرح و هندسه فرش ایرانی از الگوهای گونناگونی تشکیل شده‌اند. هریک از اجزا نه تنها خود به تنهایی کامل هستند و می‌توانند در حکم کل عرضه شوند، بلکه هر جزئی کامل‌کننده کل واحد است و اجزا در	هر کلی نه تنها با اجزای خود کمال یافته است، بلکه هریک از اجزا به تنهایی کامل و تعالی‌بخش یکدیگرند. همنشینی جزء و کل در کنار یکدیگر نشان‌دهنده وحدت اضداد است.	

همنشینی اضداد	مصادیقی از چیستی و چگونگی جمع اضداد	توضیحات	ویژگی اضداد	تصاویر
		کنار یکدیگر مکمل و تعالی بخش هم می شوند		
	طرح کاشی در معماری	در یک مجموعه معماری، نقش های کاشی که بخشی از کل معماری را می سازند، در خود کامل اند	نقش ها چنان وحدتی می آفرینند که یک نقش، دیگر کل مجرد و تمام شده ای در خود نیست بلکه در کنار سایر نقش ها، دیگر «آیات، اشعار و غیره» وحدتی را در کل مجموعه می آفریند	
	«اتاق» و «حیاط» در خانه (خانه برجردی های کاشان)	رابطه میان اتاق و حیاط در خانه های سنتی ایران، رابطه میان جزء و کل است	هر کدام از اجزای تشکیل دهنده، خود به گونه ای یک «کل» اند و آنچه با آن رو به رو هستیم «جزء کمال یافته» و «کل کمال یافته» است. هریک از اجزا نه تنها می توانند به تنهایی در حکم کل عرضه شوند، بلکه هر کلی با اجزای خود کمال یافته است. چنین «کمال یافتگی» از ارکان اساسی تمام هنرهای ایران است	

4. نتیجه گیری

چنانچه آمد، اصل همنشینی اضداد در عالم پدیده ای تصادفی نیست. نیروهای ضد در طبیعت نه تنها کامل کننده یکدیگرند، بلکه راه وحدت و کمال را نیز می پویند. همنشینی و وحدت اضداد سرتاسر

عالم هستی را فرا گرفته و هیچ موجودی از این جریان مستثنی نیست. تمام اضداد در نظامی هماهنگ به سمت عالم وحدت و الوهیت در حرکت‌اند. منشأ اضداد در عالم، ذات واحدی است که گاهی متباین و گاهی متضاد متجلی می‌شود. همنشینی اضداد در عالم حکمت الهی و از اصول آفرینش است. اصل همنشینی اضداد در اوصاف خداوند نیز قابل‌مشاهده است. اینکه خداوند خود را هم هادی و هم مضل می‌خواند، اینکه هم اول است و هم آخر، هم ظاهر است و هم باطن، نشان از همنشینی و وحدت اضداد در اوصاف خداوندی دارد که منشأ وجود در همه عالم است. همان‌طور که هدف هنرمند، متجلی‌ساختن وحدت الهی است تا به واسطه آن بتواند روح انسان را از کثرت به سوی وحدت بازگرداند و از آنجاکه انسان خلیفه خداوند روی زمین و محل تجلی صفات اوست، بنابراین او نیز ویژگی‌های متضاد را به منصف ظهور می‌رساند.

هنرمند حتی در ذلت و جوهره هنر نیز به دنبال «هنر بی‌هنری» است تا از این طریق خود را فراموش کرده، درحالی‌که هست، نیست شود، پاک از خود تهی و با کمال اثر هنری‌اش یگانه گردد؛ بنابراین از آنجاکه اصل همنشینی اضداد در تمامی پدیده‌های عالم و اوصاف خداوند و نماینده او یعنی انسان کامل نیز نمایان است، در عرفان، هنر و معماری نیز توسط هنرمند عارف به منصف ظهور رسیده است. برخلاف منطق که دو ضد را کنار هم بر نمی‌تابد، می‌توان گفت نه‌تنها همنشینی و اجتماع اضداد ذات تفکرات عرفانی و هنری است، بلکه جهان به واسطه همنشینی اضداد، در حرکت به سوی وحدت الهی در جریان است. در همین راستا مولانا و عرفان‌های شرقی نیز جمع اضداد را لزوم تداوم حیات و بنای خلقت را بر اضداد می‌دانند و بارها بر این حقیقت تصریح کرده‌اند که اضداد در عین ضدیت در نهایت هماهنگ می‌شوند. علوم نیز در قانون مکانیک کوانتوم، نیروهای ضد در طبیعت را کامل‌کننده یکدیگر می‌دانند.

براساس آنچه آمد، در مبادی هنر و معماری و در بررسی همنشینی اضداد در مفاهیم و مصادیقی همچون نظم و بی‌نظمی، تقارن و عدم تقارن، وحدت و کثرت، تاریکی و روشنایی، آیینگی در عالم حس و خیال و جزء و کل نیز آشکار شد که این اضداد همچون نظام موجود در عالم، نه‌تنها همیشه همراه و همنشین یکدیگرند، بلکه راه وحدت و کمال را می‌پویند. این اضداد در عین مکمل‌بودن و در توازن و هماهنگی، روندی تکاملی به سوی وحدت دارند. در بررسی مصادیق، همان‌طور که در هندسه نقوش مسجد درب امام مشاهده شد، نه‌تنها بدون نظم هیچ وحدت و پیوستگی معنا نمی‌یابد بلکه بدون بی‌نظمی، گونه‌گونی و خلاقیت محدود می‌شود؛ بنابراین در آمیختگی و همنشینی اضداد نظم و بی‌نظمی در تلازم با هم توانسته‌اند در جهت کمال هنر و معماری عمل کنند. در گنبد مسجد شیخ لطف‌الله همه کثرت‌ها در نقطه اوج گنبد که همان نقطه مرکزی است، به وحدت می‌پیوندند و گویای

همنشینی اضداد وحدت و کثرت هستند. در کاخ هشت بهشت اصفهان مشخص شد تقارن، متضادِ خود یعنی عدم تقارن را حذف نمی‌کند، بلکه با آن همراه و همنشین می‌شود و معمار فرهیخته هر کدام را در جای درست خودش قرار می‌دهد.

هنرمند ایرانی در طرح و هندسه فرش ایرانی هر الگویی را نه تنها به‌طور مستقل نمایانگر کمال می‌نمایاند، بلکه الگوهای مجزا را به گونه‌ای در کنار هم می‌نشانند که در کنار یکدیگر نیز مکمل و تعالی‌بخش هم جلوه می‌کنند. در معماری ایرانی میان اتاق و حیاط در خانه‌های سنتی رابطه «جزء و کل» برقرار است؛ همچنین در طرح کاشی‌کاری سنتی ایران نقش‌ها چنان وحدتی می‌آفرینند که یک نقش، دیگر یک جزء مجرد نیست، بلکه در کنار سایر نقش‌ها وحدتی را در کل مجموعه می‌آفریند. چنین «کمال یافتگی» از ارکان اساسی تمام هنرهای ایران است. همچنین خاصیت آیینگی در کاخ چهل‌ستون نمایانگر رمز آینه‌گونی آب در عالم و استحاله‌کننده عالم مادی در صورت تمثیلی است. این عنصر مرز میان واقعیت و مجاز را از طریق یکی کردن ماده و تصویر آن در خود از میان می‌برد و اینجاست که رمز با رموز یعنی ماده و روح توسط آب و خاصیت آیینگی آن یکی می‌شوند. در مسجد جامع اصفهان همنشینی نور و تاریکی که حضور هر کدام، دلیلی بر وجود دیگری است؛ بیانگر همنشینی و وحدت اضداد است که نه تنها وحدت در عین کثرت را نمایان می‌سازد بلکه در حرکت به سوی وحدت و کمال است.

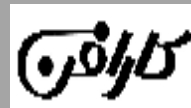
چنانچه آمد همنشینی اضداد سرتاسر عالم هستی را فرا گرفته است؛ حکمتی که پس از نفوذ در جامعه رفته‌رفته به هنجار و ارزش و ذوق بدل شده و آگاهانه و ناآگاهانه در هنر و معماری به منصه ظهور رسیده است.

منابع

1. اردلان، ن، بختیار، ل. (1380)، حس وحدت، ترجمه حمید شاهرخ، اصفهان: نشر تاک.
2. آدریان فون روکوئز، ک. (1381)، «نگاره‌های باغ و بوستان بر قالی‌های ایرانی»، ترجمه علی عبداللهی، ماهنامه گزارش گفت‌وگو، سال دوم، شماره 2، صص 96-98.
3. افشار نادری، ک. (1374)، «همنشینی اضداد در معماری ایرانی»، مجله آبادی، سال پنجم، شماره 19، صص 68-75.
4. اردلان، ن؛ بختیار، ل. (1391)، حس وحدت نقش سنت در معماری ایرانی، تهران: مؤسسه علم معمار.
5. اوداینیک، و. (1379)، یونگ و سیاست، ترجمه علیرضا طیب، تهران: نی.
6. آملی، ح. (1375)، نص النصوص در شرح فصوص الحکم، ترجمه محمدرضا جوزی، تهران: روزنه.
7. باقرپور، ا. (1389)، «یونگ و روان‌شناسی دین»، پژوهش‌های فلسفی، شماره 18، صص 155-179.
8. برادران، ش؛ سرامی، ق. (1394)، «ظهور اسطوره صعود از دل تضادها و تمثیل‌های مربوط به آن در دیوان کبیر»، فصلنامه تحقیقات تعلیمی و غنایی زبان و ادب فارسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد بوشهر، شماره 24، صص 95-118.
9. پلانگ، م. (1347)، علم به کجا می‌رود؟ با مقدمه آلبرت انیشتین، ترجمه احمد آرام، تهران: شرکت سهامی انتشار.
10. پیرنیا، م. (1386)، سبک‌شناسی معماری ایرانی، تدوین غلامحسین معماریان، چاپ پنجم، تهران: سروش دانش.
11. تقوایی، و. (1394)، از مبانی نظری تا مبانی نظری در هنر و معماری، تهران: دانشگاه فنی و حرفه‌ای.
12. حافظ، م. (1362)، دیوان حافظ، به تصحیح و توضیح پرویز ناتل خانلری، تهران: خوارزمی، غزل 182.
13. حسن‌زاده، ش. (1387)، «تجلی و تلاقی هفت شهر عشق در آثار مولانا و پائولو کوئیلو»، ادبیات تطبیقی، سال سوم، شماره 9، صص 47-68.
14. خوانساری، م. (1387)، منطق صوری (جلد اول و دوم)، تهران: آگاه.
15. دهخدا، ع. (1377)، لغت‌نامه، تهران: دانشگاه تهران.
16. شعاع احمدی، آ. (1387)، تکرار نقش در مساجد و ارتباط آن با عبادت در هنر و معماری مساجد، زین‌العابدین درگاهی (ویراستار)، جلد یکم، تهران: رسانش.
17. ریخته‌گران، م. (1386)، حقیقت و نسبت آن با هنر: شرح رساله‌ای از مارتین هایدگر، تهران: سوره مهر.
18. سجادی، ج. (1377)، شیخ شهاب‌الدین یحیی سهروردی، حکمه الاشراق، تهران: دانشگاه تهران.

19. طوسی، خ. (1326)، اساس الاقتباس، تصحیح مدرس رضوی، جلد یکم، تهران: دانشگاه تهران.
20. طباطبایی، م. (1379)، ترجمه و شرح نهایی الحکمه، نگارش علی شیروانی، تهران: دانشگاه الزهرا (ص)، ص 87.
21. طاهری، ج. (1392)، «بازاندیشی مفهوم سکونت در معماری»، دوفصلنامه مطالعات معماری ایرانی، شماره 5، صص 22-4.
22. فرشاد، م. (1388)، اندیشه‌های کوانتومی مولانا، تهران: نشر علم.
23. فرید، ز. شکیب، م. (1395)، «بررسی واژگان اضداد و نقش تفسیری آن‌ها در قرآن کریم»، مجله الجمعیه العلمیه الایرانیه للغه العربیه و آدابها، شماره 41.
24. قیصری، د. (1357)، رسائل قیصری، تصحیح سید جلال‌الدین آشتیانی، تهران: انجمن اسلامی حکمت و فلسفه ایران.
25. کاظمی تبار، م.؛ سجادی پور، س.م. (1397)، «بررسی معناشناختی واژگان اضداد در ترجمه‌های قرآن کریم»، فصلنامه مطالعات قرآنی، دوره 9، شماره 34، صص 177-198.
26. گلشنی، م. (1380)، تحلیلی از دیدگاه‌های فلسفی فیزیکدانان معاصر، تهران: فرزانه روز.
27. گروتز، ی. (1390)، زیبایی‌شناسی در معماری، به تصحیح جهان‌شاه پاکزاد، عبدالرضا همایون، تهران: انتشارات دانشگاه شهید بهشتی.
28. لنگ، ج. (1388)، آفرینش نظریه معماری، ترجمه علیرضا عینی‌فر، تهران: دانشگاه تهران، مؤسسه انتشارات.
29. منصوری، ا. حیدرنتاج، و. (1390)، «چهار باغ»، منظر، شماره 14، صص 16-23.
30. مطهری، م. (1369)، مقالات فلسفی، جلد سوم، تهران: حکمت، ص 129.
31. مورن، ا. (1379)، درآمدی بر اندیشه پیچیده، ترجمه افشین جهان‌دیده، تهران: نی، ص 71.
32. مولوی (1373)، مثنوی معنوی، به کوشش رینوالدالین نیکلسون، تهران: امیرکبیر.
33. منشی‌قمی، ق. (بی‌تا)، گلستان هنر، بی‌جا، ص 65.
34. ژوله، ت. (1390)، پژوهشی در فرش ایران، تهران: انتشارات یساولی، صص 92-93.
35. یونگ، ک. (1373)، روان‌شناسی و کیمیاگری، ترجمه پروین فرامرزی، مشهد: آستان قدس رضوی، بنیاد پژوهش‌های اسلامی.
36. هریگل، ا. (1377)، زن در هنر کمان‌گیری، ترجمه پاشایی، تهران: انتشارات فراوان.
37. Brend, B. (2001), Islamic Art, The Biritish Museum Press, London.
38. Brend, Barbara. (2001), Islamic Art, London: The British Museum Press.
39. Corbin, H. (1986), The Science of the Balance and Correspondences Between Worlds in Islamic Gnosis in Temple and Contemplation, tran Philip Sherrard, Islamic Publications, London.

40. Grabar, Oleg. (1992), *The Meditation of Ornament*, Princeton University press, Princeton, p. 23.
41. Enturi, Robert. (1966), *Complexity and Contradiction in Architecture*, New York: Museum of Modern Art.
42. Lynn, G. (2004), "Architectural Curvilinearity, The Fold, the Pliant and Supple", In *Folding in Architecture*, *Architecture Design*, 63 (3-4): p. 12, p. 80.
43. Lu, Peter J. (2007), "Islamic Artisans Constructed Exotic Nonrepeating Pattern 500 Years Before Mathematicians", *Scientific American*, Febr. 22.
44. Sabelli, Hector. Lawandow, Atoor. Kopra, Abbe R. (2010), *Asymmetry, Symmetry and Beauty*, *Symmetry* 2010. 2. 1591-1624; doi: 10. 3390/sym2031591.
45. <https://archnet.org>



اثر نوع ماده لیگنوسلولزی و میزان اثرگذاری چسب بر خواص فیزیکی و مکانیکی تخته خرده چوب

محمد غفرانی

استاد، گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده مهندسی مواد و فناوری های نوین، دانشگاه تربیت دبیر
شهید رجایی، تهران، ایران

انوشه فاضلی *

دانشجوی دکتری، گروه تکنولوژی و مهندسی صنایع چوب، دانشکده مهندسی چوب و کاغذ، دانشگاه علوم
کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران

تاریخ پذیرش نهایی: 1398/06/11

تاریخ دریافت مقاله: 1398/04/11

چکیده

در پژوهش حاضر استفاده از الیاف کاه گندم و خرده چوب صنعتی به عنوان منبع لیگنوسلولزی تجدیدپذیر، در ساخت تخته خرده چوب بررسی شد. بدین منظور میزان مصرف چسب اوره فرمالدهید در دو سطح 10 و 12 درصد براساس وزن خشک ماده اولیه تعیین شد. فشردگی یک با پرس گرم هیدرولیک با فشار 150 بار و زمان 12 دقیقه و با دمای 150 درجه سلسیوس صورت پذیرفت. سپس خواص فیزیکی و مکانیکی نمونه های ساخته شده از جمله جذب آب پس از 2 و 24 ساعت غوطه وری، واکشیدگی ضخامت پس از 2 و 24 ساعت غوطه وری، چسبندگی داخلی، مدول الاستیسیته و مدول گسیختگی مطابق با استاندارد EN310 بررسی شد. نتایج نشان داد استفاده از کاه گندم در ساخت تخته خرده چوب به دلیل آب دوستی آن سبب افزایش جذب آب و واکشیدگی

* نویسنده مسئول مکاتبات: anushehfazeli3731@gmail.com

ضخامت 2 و 24 ساعت شد؛ بدین معنا که اثر نوع ماده اولیه لیگنوسلولزی بر واکشیدگی ضخامت 2 و 24 ساعت، بستگی به درصد چسب مورد استفاده داشت. استفاده از الیاف خرده چوب صنعتی نسبت به ذرات کاه گندم، سبب کاهش معنی داری در جذب آب و واکشیدگی ضخامت 2 و 24 ساعت نمونه ها شد. با افزایش درصد چسب مصرفی، در جذب آب 2 و 24 ساعت نمونه ها کاهش معنی داری ملاحظه شد. چسبندگی داخلی نمونه های ساخته شده با خرده چوب صنعتی نسبت به نمونه های ساخته شده با کاه گندم، افزایش معنی داری نشان داد. مدول الاستیسیته و مدول گسیختگی نمونه های ساخته شده با کاه گندم، به دلیل فشردگی بیشتر ذرات کاه حین پرس، افزایش معنی داری نشان داد.

واژگان کلیدی:

تخته خرده چوب، خواص فیزیکی و مکانیکی، ضایعات لیگنوسلولزی، کاه گندم.

1. مقدمه

تخته خرده چوب محصولی است که تحت فشار و گرما به کمک خرده چوب یا مواد لیگنوسلولزی و چسب تولید می شود. جایگزین کردن چوب با دیگر منابع لیگنوسلولزی، امری ضروری است. الیاف جایگزین مانند پسماندهای کشاورزی و الیاف گیاهان غیر چوبی در برقراری تعادل بین عرضه و تقاضای تولید صفحات فشرده همچون تخته خرده چوب، نقش اول را بازی می کند (Keskinet al., 2015). این تخته خرده ها معمولاً از پسماندهای کشاورزی، گردو (Guru et al., 2008)، هرس کیوی (Nemli., 2003)، قوزه پنبه (Gurjar., 1993)، شلتوک برنج (Yang et al., 2003)، الیاف کتان (Papadopoulos & Hague., 2003)، هرس انگور (Ntalos & Grigoriou, 2002)، مخروط کاج (Buyuksariet al., 2010)، پوست بادام (Pirayeshet al., 2013)، آرد چوب (Kamdern, 2004)، باگاس (Fiorelliet al., 2013) و غیره تهیه می شود. استفاده از گونه های غیر چوبی بلا استفاده و نیز ضایعات کشاورزی به عنوان مواد خام در امر تولید صفحات فشرده، رواج گسترده ای یافته کرده است. این امر منجر به کاهش جنگل زدایی در بسیاری از کشورها و تبدیل چنین منابعی به صفحات فشرده با ارزش افزوده می شود (Bekhta & Hiziroglu., 2010). کاه گندم یکی از فراوان ترین مواد لیگنوسلولزی در دنیاست (Markessini et al., 1997)، ولی در حال حاضر موارد استفاده ای را که باید پیدا نکرده و خاک چال یا آتش زدن زمین، نمونه های معمول استفاده از این منبع است که موجب بروز مشکلات زیست محیطی عمده می شود (Sauter, 1996). بیشترین اراضی کشاورزی جهان به گندم اختصاص دارد و در کشور ما طبق آمار سازمان خواروبار جهانی¹، میزان تولید گندم در ایران در سال 2016 بالغ بر 11 میلیون تن بوده است. با افزایش مصرف مواد ضایعاتی مانند ساقه ذرت و کاه گندم که هر ساله دورریز بوده و سوزانده می شود و به آلودگی زیست محیطی می انجامد، نه تنها می توان استفاده مفیدتری از این نوع ضایعات داشت، بلکه می توان آن را منبعی برای مواد اولیه نیز در نظر گرفت (آورد و همکاران، 1397). الیاف کاه گندم، تفاوت ریخت شناسی زیادی با چوب داشته و ساختار پیچیده تری دارد (Robson & Hauge, 1993). الیاف کاه نسبتاً کوتاه تر و کوچک تر بوده و در مقایسه با چوب، خواص مکانیکی ضعیف تری دارد. دانسیته بالک خرده های کاه، یک سوم کمتر از ذرات چوب نوعی است (Grigoriou, 2000). در کل، ترکیب شیمیایی کاه گندم شبیه چوب است و محتوای سلولز، همی سلولز، لیگنین و مقادیر مشخصی مواد استخراجی با تفاوت عمده در ترکیب شیمیایی است (Rowell, 1992). کاه گندم نسبت به سوزنی برگان، سلولز کمتر و لیگنین و همی سلولز بیشتری دارد (Markessini et al., 1997).

جدول 1. ترکیبات شیمیایی کاه گندم (احمدی و همکاران، 1396)

ترکیب	درصد
سلولز	49/78
لیگنین	19/64
همی سلولزها	20/37
مواد استخراجی محلول در حلال آلی	4/93
خاکستر	5/28

2. پیشنهاد تحقیق

بر اساس تحقیقات صورت گرفته، چسب اوره فرمالدهید در بسیاری از کشورها رایج ترین چسب در تولید انبوه فرآورده های مرکب چوبی است. بیش از 90 درصد تخته خرده چوب ها با چسب اوره فرمالدهید ساخته می شوند زیرا اتصالات بسیار قوی برقرار می کند (Yang & Lou, 2010). نِملی و همکاران (2007) اظهار داشتند افزایش درصد چسب، ویژگی های فیزیکی و مکانیکی و صافی سطح تخته را بهبود می بخشد.

مقاومت تخته خرده چوب تا اندازه زیادی به مقاومت اتصالات بین ذرات چوب بستگی داشته و با سختی و دانسیته چوب مصرفی رابطه عکس دارد. تخته های حاصل از چوب های سبک در مقایسه با پانل های تولید شده از چوب های سنگین، به علت فشردگی بیشتر خرده چوب ها و توسعه سطح تماس بین آنها از مقاومت خمشی بالاتر برخوردارند، اما در صورت مصرف چوب های سنگین، مقاومت کششی عمود به سطح یا چسبندگی داخلی پانل های چوبی بهبود می یابد (دوست حسینی، 1391). آورند و همکاران (1397) اظهار داشتند افزایش ساقه ذرت و کاه گندم منجر به افزایش واکنشیدگی ضخامت پس از 2 و 24 ساعت غوطه وری در آب شده و چسبندگی داخلی نمونه ها با افزایش ساقه ذرت و کاه گندم در نمونه ها کاهش یافت.

تحقیقات رنگ آور و همکاران (1390) حاکی از آن بود که استفاده از پسماند ساقه کلزا به دلیل دانسیته کم و بالابودن ضریب لاغری و در نتیجه فشردگی بالای نمونه ها حین پرس، سبب افزایش مقاومت خمشی و مدول الاستیسیته نمونه ها شد. همچنین افزایش کلزا منجر به کاهش چسبندگی داخلی و افزایش واکنشیدگی ضخامت شد. افزایش چسب، سبب بهبود مقاومت خمشی و مدول الاستیسیته شد.

پژوهش های کارگر فرد و همکاران (1381) بر ساخت تخته خرده چوب از چوب تاغ و کاه گندم

نشان داد بیشترین مقاومت چسبندگی داخلی در تیماری که از ترکیب 100 درصد چوب تاغ استفاده شده است، به دست آمده است. افزایش مقدار کاه گندم در ماده لیگنوسلولزی مصرفی سبب شد از مقاومت چسبندگی داخلی نمونه‌ها کاسته شود. حداقل واکشیدگی ضخامت 2 و 24 ساعت در تیماری که از 100 درصد چوب تاغ استفاده شده بود، به دست آمد. افزایش مقدار کاه گندم در ترکیب ماده چوبی مورد مصرف به مقدار اندکی سبب بهبود مقاومت خمشی شد که این امر می‌تواند ناشی از بالارفتن ضریب فشردگی تخته خرده چوب و بهبود نسبی کیفیت سطح نمونه‌ها به واسطه مصرف یک ماده لیگنوسلولزی حجیم باشد.

نتایج تحقیقات/اصلاح و همکاران (1390) روی میزان اثرگذاری افزایش تراکم جرم تخته و میزان چسب بر ویژگی‌های تخته خرده چوب، حاکی از آن بود که با افزایش تراکم جرم تخته و میزان چسب، مقاومت خمشی و مدول کشسانی تخته‌ها افزایش می‌یابد. با افزایش مصرف چسب، سطوح خرده‌های چوب به چسب بیشتری آغشته شده و در نتیجه مقاومت و مدول خمشی تخته‌ها افزایش می‌یابد. هدف از پژوهش حاضر، بررسی امکان ساخت تخته خرده چوب با استفاده از الیاف کاه گندم و ارزیابی خواص فیزیکی و مکانیکی آن بود.

3. مواد و روش‌ها

به منظور ساخت تخته خرده چوب همسان با چگالی 0/75 گرم بر سانتی‌متر مکعب، از مواد اولیه کاه گندم، خرده چوب صنعتی و چسب اوره فرمالدهید استفاده شد. چسب پودری اوره فرمالدهید با غلظت 50 درصد آماده و به خرده چوب‌ها افزوده شد. سپس قالبی به ابعاد 40×40 سانتی‌متر مربع برای تشکیل کیک همسان مورد استفاده قرار گرفت. برای فشردن سازی کیک خرده چوب و ساخت نمونه‌ها از پرس گرم هیدرولیک استفاده شد. پرس گرم با فشار 150 بار و زمان 12 دقیقه با دمای 150 درجه سانتی‌گراد مورد استفاده قرار گرفت و ضخامت نهایی نمونه‌ها 16 میلی‌متر تعیین شد. نمونه‌های ساخته شده به منظور یکنواخت سازی رطوبت، به مدت دو هفته در درجه حرارت 20 ± 2 درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی 65 ± 5 درصد مشروط سازی و پس از آن، برای تهیه نمونه‌های آزمونی برش داده شدند. سپس خواص فیزیکی و مکانیکی نمونه‌ها شامل جذب آب، واکشیدگی ضخامت، چسبندگی داخلی، مدول الاستیسیته و مدول گسیختگی اندازه گیری شدند.

به منظور اندازه گیری جذب آب و واکشیدگی ضخامت، نمونه‌هایی به ابعاد 5×5 سانتی‌متر تهیه شد. با استفاده از کولیس، ضخامت و با استفاده از ترازو، جرم نمونه‌ها اندازه گیری شد. در ادامه نمونه‌ها به مدت 24 ساعت در آب غوطه‌ور شدند و جذب آب و واکشیدگی ضخامت نمونه‌ها محاسبه شد.

$$WA = M_2 - M_1 / M_1 \times 100 \quad (1)$$

$$TS = T_2 - T_1 / T_1 \times 100 \quad (2)$$

چسبندگی داخلی نمونه‌ها با استفاده از چسب گرما نرم طبق استاندارد EN310 و با سرعت بارگذاری 5 میلی‌متر بر دقیقه انجام شد.

$$IB = F / A \quad (3)$$

برای اندازه‌گیری مدول الاستیسیته، حداکثر نیروی وارده بر نمونه‌ها ثبت شد. طبق استاندارد EN310، 40 درصد و 10 درصد نیروی حداکثر محاسبه شد. خیز نمونه‌ها در 40 درصد و 10 درصد مقدار نیروی حداکثر ثبت شد.

$$MOE = L^3 (F_2 - F_1) / 4bt^3 (a_2 - a_1) \quad (4)$$

مدول گسیختگی طبق استاندارد EN310 و با سرعت بارگذاری 5 میلی‌متر بر دقیقه محاسبه شد.

$$MOR = 1.5 \text{ pl/bd}^2 \quad (5)$$

جدول 2. تیماربندی عوامل متغیر

توضیحات	کد اختصاری تیمار
تخته‌خرده‌چوب با 10 درصد چسب	PB10
تخته‌خرده‌چوب با 12 درصد چسب	PB12
تخته کاه با 10 درصد چسب	WS10
تخته کاه با 12 درصد چسب	WS12

تحلیل آماری داده‌ها با استفاده از طرح کاملاً تصادفی با دو فاکتور در نرم‌افزار Mini Tab17 انجام شد. میانگین تیمارها با گروه‌بندی 2K مقایسه شد.

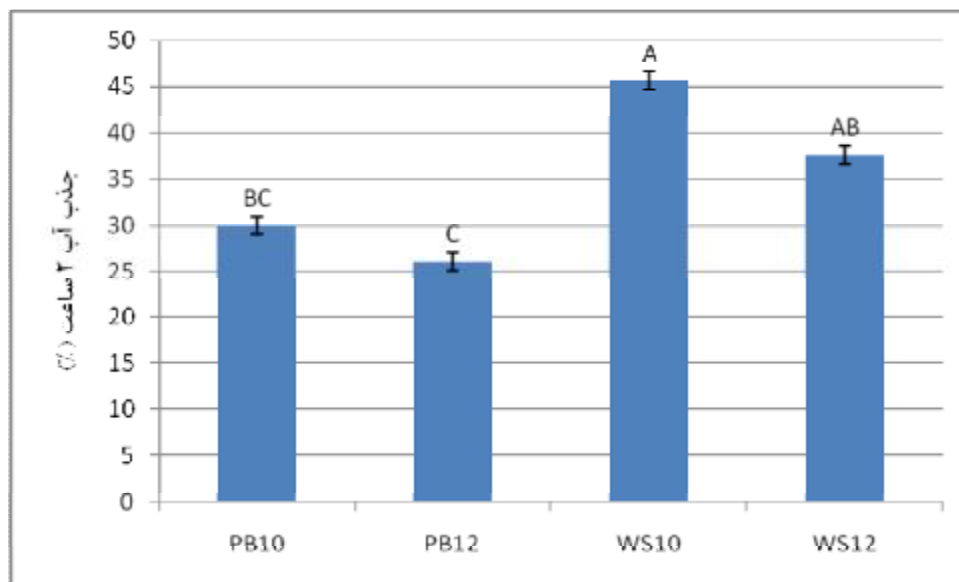
4. نتایج و بحث

مطابق جدول تحلیل واریانس، اثر مستقل نوع ماده اولیه لیگنوسولوزی بر جذب آب 2 و 24 ساعت، با سطح اعتماد 95 درصد اختلاف معنی‌داری را نشان داد؛ بدین صورت که با استفاده از کاه گندم در ساخت تخته‌خرده‌چوب، در جذب آب 2 و 24 ساعت افزایش معنی‌داری ملاحظه شد. این امر به آب‌دوستی بیشتر کاه نسبت داده می‌شود. سپهوند و همکاران (1391) بیان کردند درصد بالای جذب آب نمونه‌ها به دلیل استفاده از کاه است که جذب آب بیشتری نسبت به خرده‌چوب دارد.

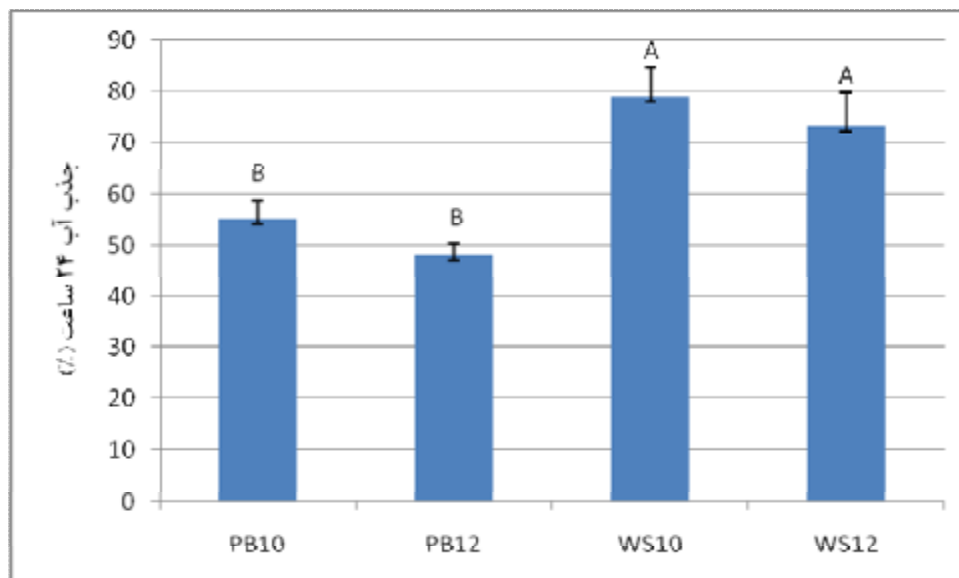
جدول 3. تحلیل واریانس اثر مستقل و متقابل عوامل متغیر بر جذب آب 2 و 24 ساعت

پارامترهای جذب آب	منبع تغییر	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	عدد F	عدد P
جذب آب 2 ساعت	ماده اولیه لیگنوسلولزی	1	1107/59	1107/59	30/70	0/000
	چسب	1	210/99	210/99	5/85	0/025
	ماده اولیه لیگنوسلولزی*چسب	1	24/12	24/12	0/67	0/423
جذب آب 24 ساعت	ماده اولیه لیگنوسلولزی	1	3586/08	3586/08	148/64	0/000
	چسب	1	254/61	254/61	10/55	0/004
	ماده اولیه لیگنوسلولزی*چسب	1	1/59	1/59	0/07	0/800

اثر مستقل درصد چسب بر جذب آب 2 و 24 ساعت، با سطح اعتماد 95 درصد اختلاف معنی داری را نشان داد؛ بدین صورت که با افزایش درصد چسب مصرفی، در جذب آب 2 و 24 ساعت نمونه‌ها، کاهش معنی داری ملاحظه شد.



شکل 1. اثر نوع ماده لیگنوسلولزی و درصد چسب بر جذب آب 2 ساعت



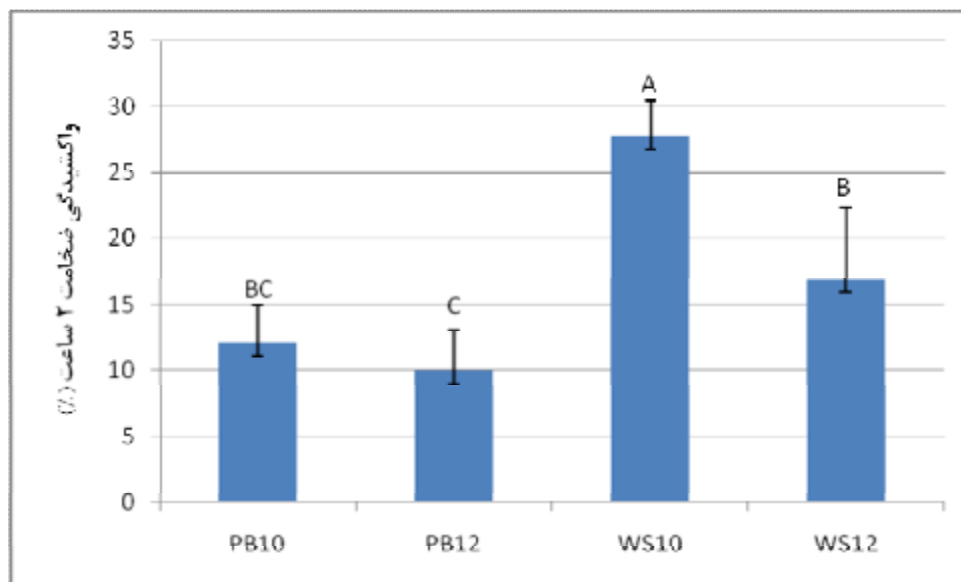
شکل 2. اثر نوع ماده لیگنوسلولزی و درصد چسب بر جذب آب 24 ساعت

نتایج تحلیل آماری بیانگر اثر مستقل معنی دار نوع ماده اولیه لیگنوسلولزی بر واکنشیدگی ضخامت 2 و 24 ساعت با سطح اعتماد 95 درصد بود. به طوری که با به کار بردن کاه گندم در ساخت تخته خرده چوب، افزایش معنی داری در واکنشیدگی ضخامت 2 و 24 ساعت ملاحظه شد. نتایج تحقیقات جهانشاهی و همکاران (1395) نشان می داد ذرات کاه یا مواد لیگنوسلولزی کاه نسبت به خرده چوب دارای همی سلولز بالاتر است و از آنجاکه همی سلولز ترکیب قطبی و جاذب آب است (پنتوزان)، افزایش واکنشیدگی ضخامت را می توان به این مورد نسبت داد. اثر مستقل درصد چسب با سطح اعتماد 95 درصد بر واکنشیدگی ضخامت 2 ساعت نمونه ها معنی دار بود و با افزایش درصد چسب، کاهش معنی داری در واکنشیدگی ضخامت 2 ساعت ملاحظه شد. نتایج تحقیقات شاکری و همکاران (2010) نیز بیانگر کاهش واکنشیدگی ضخامت نمونه ها با افزایش درصد چسب بود.

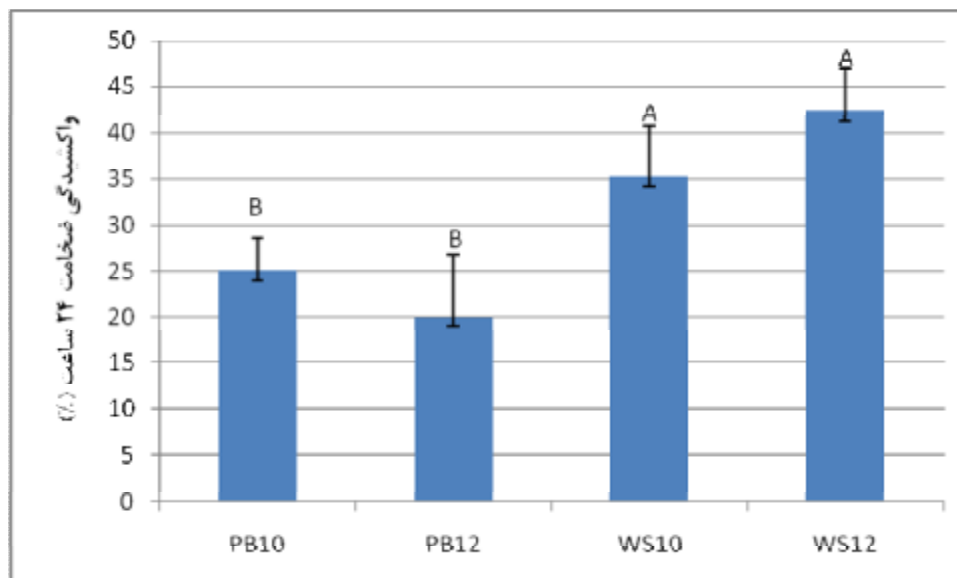
جدول 4. تحلیل واریانس اثر مستقل و متقابل عوامل متغیر بر واکنشیدگی ضخامت 2 و 24 ساعت

پارامترهای جذب آب	منبع تغییر	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	عدد F	عدد P
واکنشیدگی ضخامت 2 ساعت	ماده اولیه لیگنوسلولزی	1	769/31	769/31	56/97	0/000
	چسب	1	250/65	250/65	18/56	0/000
	ماده اولیه لیگنوسلولزی×چسب	1	112/6	112/58	8/34	0/009
واکنشیدگی ضخامت 24 ساعت	ماده اولیه لیگنوسلولزی	1	1576/42	1576/42	57/13	0/000
	چسب	1	6/42	6/42	0/23	0/635
	ماده اولیه لیگنوسلولزی×چسب	1	219/55	219/55	7/96	0/011

همان طور که در جدول 4 نشان داده شده است، اثر متقابل نوع ماده اولیه لیگنوسلولزی و درصد چسب بر واکنشیدگی ضخامت 2 و 24 ساعت معنی دار بود؛ بدین معنی که اثر نوع ماده اولیه لیگنوسلولزی بر واکنشیدگی ضخامت 2 و 24 ساعت، بستگی به درصد چسب مورد استفاده داشت.



شکل 3. اثر نوع ماده لیگنوسلولزی و درصد چسب بر واکنشیدگی ضخامت 2 ساعت



شکل 4. اثر نوع ماده لیگنوسولوزی و درصد چسب بر واکنشیدگی ضخامت 24 ساعت

همان طور که در جدول 5 مشاهده می شود، اثر مستقل نوع ماده اولیه لیگنوسولوزی بر چسبندگی داخلی نمونه ها معنی دار بود؛ بدین صورت که در نمونه های ساخته شده با خرده چوب، نسبت به نمونه های ساخته شده با کاه گندم، افزایش چشمگیری در چسبندگی داخلی مشاهده شد. نتایج حاصل از بررسی اثر مستقل درصد چسب بر چسبندگی داخلی نشان می داد با افزایش میزان چسب، چسبندگی داخلی نمونه ها افزایش یافت. همچنین مقدار خاکستر کاه گندم در مقایسه با چوب به مراتب بیشتر است (غفارزاده ملاباشی و همکاران، 1389).

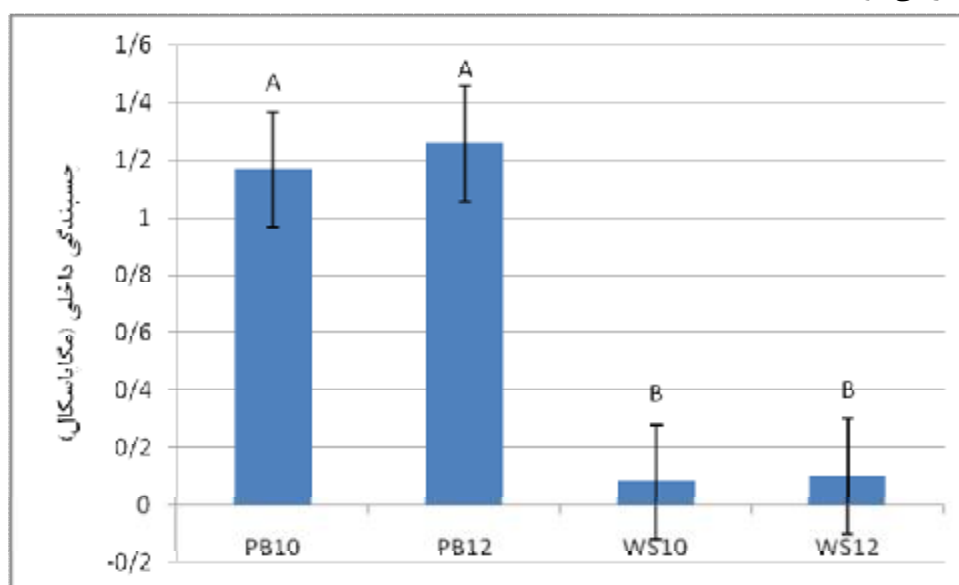
جدول 5. تحلیل واریانس اثر مستقل و متقابل عوامل متغیر بر چسبندگی داخلی

منبع تغییر	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	عدد F	عدد P
ماده اولیه لیگنوسولوزی	1	7/60500	7/60500	176/81	0/000
چسب	1	0/01870	0/01870	0/43	0/517
ماده اولیه لیگنوسولوزی×چسب	1	0/00454	0/00454	0/11	0/749

هان¹ (2001)، در تحقیقی به استفاده از ساقه گندم در تخته های مرکب اشاره کرد و نتیجه گرفت ساقه های گیاهان کشاورزی دارای مقادیر بیشتری از خاکستر (مواد معدنی) هستند که سطح بیرونی

1. Han

ساقه را پوشانیده است. استفاده از خرده های ساقه این گیاهان در ساخت تخته های مرکب، علاوه بر داشتن سطح ویژه بالا، به دلیل داشتن این مواد معدنی، منجر به کاهش اتصال مناسب بین ذرات در نمونه ها شده و چسبندگی داخلی در نمونه را کاهش می دهد. دوست حسینی (1391) اظهار داشت وجود ناخالصی همراه با مواد لیگنوسلولزی از محدودیت های مصرف این مواد است. کلش گندم به علت داشتن سیلیس، صاف بودن خرده ها (که باعث کاهش چسب خوری می شود)، اندازه ذرات و غیره ایجاد مشکل می کند و سبب می شود مقاومت های مکانیکی نمونه های ساخته شده از مخلوط کاه گندم و خرده چوب، نسبت به تخته خرده ساخته شده از خرده چوب خالص، کمتر باشد (Tabarsaet al., 2011). دوست حسینی (1391) بیان کرد دلیل کاهش چسبندگی داخلی با افزایش ساقه ذرت، دانسیته کمتر خرده های ساقه ذرت است که منجر به افزایش سطح ویژه ذرات و در نتیجه افزایش سطح چسب خوری شده است؛ بنابراین در میزان مشخصی از مصرف رزین، میزان چسب خوری ذرات کمتر می شود.



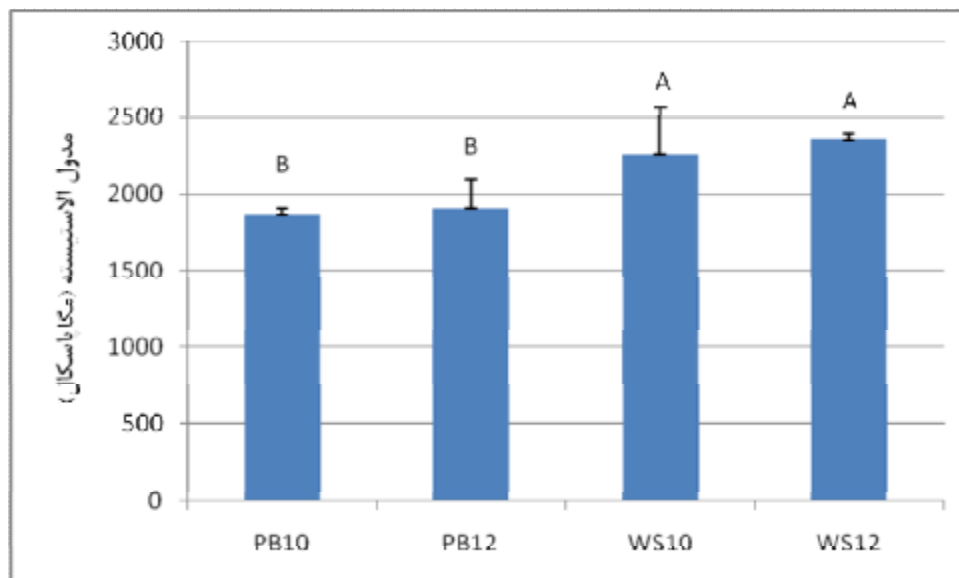
شکل 5. اثر نوع ماده لیگنوسلولزی و درصد چسب بر چسبندگی داخلی

مطابق جدول تحلیل واریانس 6، اثر مستقل نوع ماده اولیه لیگنوسلولزی با سطح اعتماد 95 درصد بر مدول الاستیسیته و مدول گسیختگی، معنی دار بود؛ بدین معنی که استفاده از کاه گندم سبب افزایش معنی داری در مدول الاستیسیته و مدول گسیختگی نمونه ها شد.

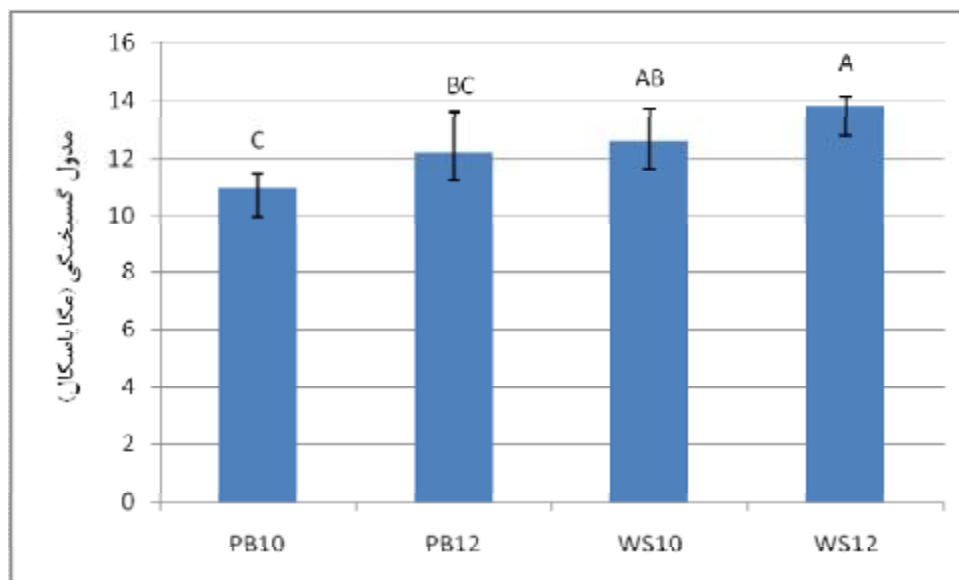
جدول 6. تحلیل واریانس اثر مستقل و متقابل عوامل متغیر بر مدول الاستیسیته و مدول گسیختگی

متغیرها	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	عدد F	عدد P
ماده اولیه لیگنوسلولزی	1	1062183	1062183	32/78	0/000
چسب	1	28497	28497	0/88	0/360
ماده اولیه لیگنوسلولزی×چسب	1	4620	4620	0/14	0/710
ماده اولیه لیگنوسلولزی	1	15/5526	15/5526	17/91	0/000
چسب	1	9/1267	9/1267	10/51	0/004
ماده اولیه لیگنوسلولزی×چسب	1	0/0140	0/0140	0/02	0/900

همان‌طور که در جدول شماره 6 نشان داده می‌شود، اثر مستقل درصد چسب بر مدول گسیختگی نمونه‌ها معنی‌دار بود؛ به‌طوری‌که افزایش سطح چسب، سبب افزایش معنی‌دار در مدول گسیختگی نمونه‌ها شد. دلیل افزایش چسبندگی داخلی مدول الاستیسیته و مقاومت خمشی با افزایش میزان چسب، این است که با افزایش مقدار چسب، میزان اتصالات بین ذرات بیشتر می‌شود (رنگ‌آور و همکاران، 1390). بالابودن مدول الاستیسیته و مدول گسیختگی نمونه‌های ساخته‌شده با کاه گندم به علت کم‌تر بودن دانسیته کاه نسبت به خرده‌چوب و درهم‌رفتگی بالاتر و فشردگی بیشتر ذرات کاه نسبت به خرده‌چوب بود. یافته‌های پژوهش حاضر با نتایج تحقیقات آورند و همکاران (1397) نیز سازگاری داشت داشت.



شکل 6. اثر نوع ماده لیگنوسلولزی و درصد چسب بر مدول الاستیسیته



شکل 7. اثر نوع ماده لیگنوسلولزی و درصد چسب بر مدول گسیختگی

5. نتیجه گیری

در پژوهش حاضر امکان استفاده از الیاف کاه گندم و خرده چوب صنعتی در ساخت تخته خرده چوب

بررسی شد. براساس نتایج به دست آمده از این پژوهش، استفاده از الیاف کاه گندم به عنوان منبع لیگنوسلولزی فراوان و تجدیدپذیر در ساخت تخته خورده چوب، خواص مطلوبی را نشان داد. الیاف کاه گندم، جذب آب و واکنشیدگی ضخامت نمونه ها را افزایش داده و اثر منفی بر چسبندگی داخلی آنها گذاشت. از سوی دیگر، به دلیل درهم رفتگی و فشردگی بیشتر ذرات کاه گندم هنگام پرس، در مدول الاستیسیته و مدول گسیختگی نمونه های ساخته شده با کاه گندم، افزایش مشاهده شد.

منابع

- احمدی، ا؛ حجازی، س؛ صالحی، ک (1396)، «تأثیر زمان کوبش بر ویژگی‌های خمیر کاغذ سودا و مونواتانول آمین حاصل از کاه گندم»، تحقیقات علوم چوب و کاغذ ایران، شماره 1، جلد 32، صص 94-105.
- اصلاح، ف؛ عنایتی، ع؛ فائزی پور، م؛ تجویدی، م (1390)، «ارزیابی میزان اثرگذاری افزایش تراکم جرم تخته و میزان چسب بر روی ویژگی‌های تخته‌خرده‌چوب»، مجله صنایع چوب و کاغذ ایران، شماره 1، صص 103-113.
- آورند، م؛ جمالی‌راد، ل؛ امینیان، ه؛ وزیری، و (1397)، «ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی تخته‌خرده‌چوب ساخته‌شده از مخلوط ساقه ذرت، کاه گندم و خرده‌چوب صنعتی»، علوم و فناوری چوب و جنگل، شماره 4، صص 103-115.
- جهانشاهی، ش؛ عبدالخانی، ع؛ دوست‌حسینی، ک؛ شاکری، ع (1395)، «بررسی خواص فیزیکی و مکانیکی تخته کاه ساخته‌شده با رزین بیوپوکسی تانن»، مجله صنایع چوب و کاغذ ایران، شماره 2، صص 271-282.
- دوست‌حسینی، کاظم (1391)، «فناوری تولید و کاربرد صفحات فشرده چوبی»، انتشارات دانشگاه تهران، صص 427-428.
- رنگ‌آور، ح؛ رسام، غ؛ آقاگلپور، و (1390)، «بررسی امکان استفاده از پسماند ساقه کلزا در ساخت تخته‌خرده چوب»، علوم و فناوری چوب و جنگل، شماره 1، جلد 18، صص 91-104.
- سپهوند، س؛ زاهدی، م؛ ویلکی، س؛ طبرسا، ت (1391)، «ساخت تخته‌خرده‌چوب با استفاده از چسب فنول بر پایه تانن»، تحقیقات علوم چوب و کاغذ ایران، شماره 4، صص 633-655.
- غفارزاده ملاباشی، ا؛ حسین‌خانی، ص؛ سراییان، ا (1389)، «بررسی مقایسه‌ای میزان ترکیبات شیمیایی کاه گندم (ارقام تاجن و کوه‌دشت)»، نخستین همایش ملی فناوری‌های نوین در صنایع چوب و کاغذ.
- کارگرفرد، ا؛ حسین‌زاده، ع؛ نوربخش، ا؛ فتح‌اله‌زاده، ع (1381)، «بررسی امکان ساخت تخته‌خرده‌چوب از چوب تاغ و کاه گندم»، تحقیقات علوم چوب و کاغذ ایران، شماره 17، صص 27-56.
- Bekhta, P. A & Hiziroglu, S. (2010), "Wood composites from wheat straw: challenges and opportunities", XXIII IUFRO world congress, 23-28. COEX, Seoul, Korea.
- Buyuksari, U.; Ayilimis, N.; Avci, E.; Koc, E.; (2010), "Evaluation of the physical, mechanical properties and formaldehyde emission of particleboard manufactured from waste stone pine (Pinuspinea L.) cones, Bioresour," Technol, 101, pp. 255-259.
- Fiorelli, J.; Sartori, D. L.; CravoI, J. C. M. Junior; H. S. Rossignolo; J. A. Nascimento; M. F. & Lahr. F. A. R (2013), "Sugarcane bagasse and castor oil polyurethane adhesive-based particulate composite", Mat. Res, 16, pp. 516-539.
- Grigoriou, A. (2000), "Straw- wood composites bonded with various adhesive systems", wood science and technology, 34 (4), pp. 355-365.

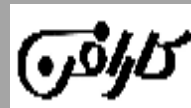
- Gurjar, R. M. (1993), "Effect of different binders on properties of particleboard from cotton seed hulls with emphasis on water repellency, Bioresour", Technol, 43, pp. 177-188.
- Guru, M.; Atar, M & Yıldırım, R.; (2008), "Production of polymer matrix composite particleboard from walnut shell and improvement of its requirements", Materials & Design, Des. 29, pp. 284-287.
- Han, G. (2001), "Development of high-performance reed and wheat straw composites panels", Wood Research, No. 88, pp. 19-39.
- Kamdern, D. P. (2004), "Properties of wood plastic composites made of recycled HDPE and wood flour from CCA-treated wood removed from service", Compos, A .35, pp. 347-355.
- Keskin, H.; Kucuktuvek, M.; Guru, M. (2015), "The potential of poppy (*Papaversomniferum* Linnaeus) husk for manufacturing wood-based particleboards, Construction and Building Materials, pp. 224-231.
- Lou, P.; Yang, C. (2010), "Utilization of wheat straw in manufacture of particleboard", International conference on challenges in environmental sciences and computer engineering, pp. 52-54.
- Markessini, E.; Roffael, E.; & Rigal, L. (1997), "Panels from annual plant fibers bonded with urea-formaldehyde resins", In: proceeding of the 31th international particleboard/composite materials symposium, Pullman, Washington, pp. 147-160.
- Nemli, G. (2003), "Suitability of kiwi prunings for particleboard manufacturing", Ind, Crop, Prod. 17, pp. 39-46.
- Nemli, G.; Zekovic, E.; Aydin, I. (2007), "Some of the parameters influencing surface roughness of particleboard", Building and environment Journal, 40 (10) 1337-1340.
- Ntalos, G. A. & Grigoriou, A. H. (2002), "Characterization and utilization of vine prunings as a wood substitute for particleboard production", Ind. Crop. Prod, 16, pp. 59-68.
- Papadopoulos, A. N. & Hague, J. R. B. (2003), "The potential for using flax shiv as lignocellulosic raw material for particleboard", Ind. CropProd, 17, pp. 143-147.
- Pirayesh, H.; Khanjanzadeh, H.; Salari, A (2013), "Effect of using walnut/almond shells on the physical, mechanical properties and formaldehyde emission of particleboard", Compos, Part B, 45, pp. 858-863.
- Robson, D. & Hauge, J. (1993), "The properties of straw fiberin: straw, a valuable raw material", Pira international Silsole research institute joint conference, leatherhead, UK, paper 3, 19 pp.
- Rowell, R. M. (1992), "Opportunity for lignocellulosic materials and composites, in: emerging technologies for materials and chemicals from biomass," ACS Symposium series 476, American chemical society, Washington, DC.
- Sauter, S. L. (1996), Developing composites from wheat straw, in proceeding of the 30th international particleboard/composite materials symposium, Pullman, Washington, pp. 197-214.
- Shakeri, A.; Tabarsa, T.; & Tasoji. M. (2010), "Investigation the properties of acrylatedepoxidized soy oil-wheat straw particle board", Iranian journal of polymer science and technology, Vol. 23, No. 1, pp. 29-39.
- Tabarsa, T.; Jahanshahi, S.; Ashori, A. (2011), "Mechanical and physical properties of wheat straw boards bonded with a tannin modified phenolformaldehyde adhesive", Composite: Part B, (42), pp. 176-180.
- Yang, H. S.; Kim, D. J.; Kim, H. J (2003), "Rice straw-wood particle composite for sound absorbing wooden construction materials, Bioresour" Technol, 86, pp. 117-121.

دوفصلنامه علمی - ترویجی کارافن

شماره چهل و پنجم، بهار و تابستان 1398 (صص 13-26)

شاپای چاپی: 2382-9796 شاپای الکترونیکی: 2538-4430

<http://karafan.tvu.ac.ir>



ارزیابی امکان استفاده از رسانه‌های نوین هنری در مراکز آموزش عالی به عنوان رسانه آموزشی با بهره‌گیری از الگوی Sections

میرمحمد رضا حیدری*

؟؟؟؟

زهرا بختیاری

؟؟؟؟

تاریخ پذیرش نهایی: 1397/10/11

تاریخ دریافت مقاله: 1397/06/14

چکیده

این مقاله در پی ارزیابی امکان، نتایج و اثرات به کارگیری تکنولوژی‌های نوین هنری به عنوان یکی از ابزارهای ممکن آموزشی با تأکید ویژه بر تأثیرات آن بر آموزش‌های فنی، حرفه‌ای و مهارتی در سطح آموزش عالی است. نویسندگان پنج رسانه جدید هنری شامل واقعیت مجازی، واقعیت افزوده، سیمولیشن، بازی‌های کامپیوتری، و فضاهای حساس و چندرسانه‌ای را با توجه به امکانات و توانایی‌های آن و براساس الگوی پیشنهادی توسط پول و بیتز به منظور ارزیابی رسانه‌های آموزشی با عنوان الگوی Sections مورد توجه قرار داده‌اند. در این الگو، هشت شاخص اساسی برای انتخاب یک رسانه آموزشی پیشنهاد و از طریق طراحی پرسش‌هایی متناسب با موضوع تحقیق و ارزیابی و امتیازدهی به رسانه‌های موجود، مناسب‌ترین رسانه برای آموزش مشخص شده است. نتیجه این تحقیق ضمن تأکید بر توجه به شاخص‌های متفاوت آموزشی در انتخاب رسانه، ارائه پیشنهادهایی برای بهترین استفاده از رسانه‌های موجود است.

واژگان کلیدی:

بازی‌های کامپیوتری، رسانه آموزشی، فضای چندرسانه‌ای، تکنولوژی‌های نوین هنری، واقعیت افزوده، واقعیت مجازی.

* نویسنده مسئول مکاتبات: Rheidari2006@gmail.com

1. مقدمه

امروزه در ایران آموزش‌های فنی و مهارتی در قالب آموزش‌های رسمی (هنرستان‌های فنی و حرفه‌ای و کارودانش و دانشگاه‌های فنی و حرفه‌ای و علمی - کاربردی (و غیررسمی) توسط مراکز فنی و حرفه‌ای و آموزشگاه‌های آزاد و جز آن) ارائه می‌شود (مولوی، 2014: 2). نظام آموزش‌های فنی و مهارتی (که موضوع مقاله حاضر است) سابقه‌ای چندصدساله در جهان دارد. در سده هجدهم و نوزدهم میلادی سه جریان مهم سبب دگرگونی عظیم مدارس و تحول آن‌ها به صورت امروزی شده است. ظهور جان لاک و تأثیر عقاید او، ظهور ژان ژاک روسو و تأثیر عقاید او و درنهایت انقلاب صنعتی (صدری و جبل عاملی، 1395: 7-8). این تحولات نقش دیرین آموزش و پرورش را دگرگون ساخت و در روش‌های تعلیم و تربیت برنامه‌ها و محتوای درسی تغییرات اساسی ایجاد کرد که از آن جمله می‌توان به دخالت دولت‌ها در تعلیم و تربیت، همگانی‌شدن آموزش و پرورش، اهمیت یافتن علوم ریاضی و طبیعی، طولانی‌شدن مدت تحصیل، ایجاد رشته‌های تحصیلی مختلف و از همه مهم‌تر ورود علوم فنی و حرفه‌ای در مدارس اشاره کرد (مرجانی، 1373).

با قدرت گرفتن دولت عثمانی که سده‌ی میان ایران و اروپا بود، ایرانیان نیز احساس کردند برای تقویت نیروی نظامی خود لازم است که پیوندهایی با اروپاییان برقرار کنند. سفر به این کشورها به ایران فرصت می‌داد تا پیشرفت‌های حاصل از جنبش رنسانس و اصلاحات انجام گرفته در اروپا را از نزدیک مشاهده و مزایای آن را به دولت سفارش کند (قاسمی‌پویا، 1377: 92). بر همین مبنا در ایران آموزش فنی و حرفه‌ای از حدود 100 سال پیش با تأسیس دارالفنون به صورت یکی از نظام‌های آموزش رسمی آغاز شد (طاهریان، 1391: 6). پس از تأسیس دارالفنون، توجه به معارف جدید بیشتر شد و علاوه بر ایجاد مدارس عادی که روز به روز بر تعداد آن‌ها افزوده می‌شد، چند مدرسه تخصصی نیز در این زمینه دایر شد (نویدی، 1394: 5). در سال 1286 هـ.ش. نظام رسمی آموزش‌های فنی و حرفه‌ای با احداث مدرسه ایران و آلمان در دو رشته فلزکاری و درودگری در تهران آغاز به کار کرد. در سال 1308 با هدف ایجاد زمینه‌های لازم برای تحصیلات، دوره هنرسرای عالی نارمک تأسیس شد. انستیتو تکنولوژی تهران نیز به منظور تربیت تکنیسین درجه یک در سال 1344 زیر نظر هیئت امنای پلی تکنیک تهران شکل گرفت (صدری و جبل عاملی، 1395: 8).

در سال‌های پیش از پیروزی انقلاب اسلامی، توسعه کارخانه‌ها نیاز به نیروی انسانی ماهر را در بازار کار به شدت افزایش داد. بخش عمده‌ای از این تقاضا از طریق استخدام متخصصان و کارگران خارجی پاسخ داده شد و برای تأسیس بخش دیگر، مدارس فنی و حرفه‌ای در سطح دیپلم

(هنرستان‌های فنی) و فوق دیپلم (انستیتوهای تکنولوژی) در سطح کشور گسترش یافتند (محمدعلی، 1390: 12). پس از پیروزی انقلاب اسلامی تغییرات بسیاری در سطح برنامه‌ریزی دستگاه‌ها با تأکید بر افزایش نقش بخش‌های مختلف اقتصادی در حوزه آموزش‌های فنی و حرفه‌ای صورت گرفت. آنچه مسلم است نظام آموزش فنی و حرفه‌ای و تربیت تکنیسین در ایران به درستی و متناسب با نیازهای بازار کار شکل نگرفته است (صدری و جبل عاملی، 1395: 6). از دیگر سوی و به زعم نویسندگان این مقاله، تحقیق مستقل و فراگیری درباره کاربست تکنولوژی‌های آموزشی و شیوه‌های نوین آموزشی در آموزش‌های فنی و حرفه‌ای و مهارتی در ایران انجام نشده است و از جمله نویسندگان به هیچ پژوهش مستقلی در زمینه کاربرد رسانه‌های آموزشی در نظام آموزش فنی و حرفه‌ای کشور دست نیافته‌اند. بر این مبنا تلاش نویسندگان بر آن قرار گرفت تا به جای ارزیابی وضع موجود، از طریق شناسایی و معرفی تعدادی از شاخه‌های نوین هنری که با پیشرفت‌های تکنولوژیک شکل و موضوعیت یافته‌اند، به ارزیابی امکان استفاده از این رسانه‌ها در امر آموزش با تأکید ویژه بر آموزش‌های فنی و حرفه‌ای بپردازند.

2. مبانی نظری

تعریف ابزارهای آموزشی در بستر مفهوم تکنولوژی شکل گرفته و تکامل یافته است. تعریف تکنولوژی آموزشی نیز در طول سال‌هایی که کارشناسان آن را به کار برده‌اند، دستخوش تغییراتی شده است که علاوه بر جنبه‌های ظاهری، در محتوا و معنای آن نیز رخ داده است (فردانش، 1394: 11). کلمه تکنولوژی (تکنولوژی) خود از دو جزء techno و logy تشکیل شده است. ریشه کلمه techno تکنیک و سایر مشتقات آن را باید در کلمه «تخنه» یونانی یافت. یونانیان در مورد هنر از واژه تخنه استفاده می‌کردند که به هر دو معنای امروزی هنر و فن به کار می‌رفت. کلمه لوژی نیز از ریشه یونانی logos به معنای دانش و شناخت آمده است. در این معنا تکنولوژی را می‌توان روش‌شناسی یا دانش و علم به روش‌های ماهرانه انجام دادن امور دانست (داوودی، 1389: 10). فردانش بر این اساس و با بررسی‌ای که در مفهوم آموزش دارد، تکنولوژی آموزشی را مجموعه روش‌ها و دستورالعمل‌هایی می‌داند که با استفاده از یافته‌های علمی برای حل مسائل آموزشی اعم از طرح، اجرا و ارزشیابی در برنامه‌های آموزشی به کار گرفته می‌شود (فردانش، 1394: 19). او همچنین به تعریفی که انجمن تکنولوژی و ارتباطات آمریکا¹ منتشر کرده است استناد می‌کند که تکنولوژی آموزشی را نظریه و عمل طراحی، تهیه (تولید) استفاده (کاربرد)، مدیریت و ارزشیابی فرایندها و منابع یادگیری می‌داند (Seels &

1. Association of Educational Communication & Technology

(Richey, 1994: 20).

فردانش در ادامه به سه جنبه‌ای اشاره می‌کند که باید در تحلیل تکنولوژی آموزشی مورد توجه قرار گیرد و این سه جنبه را به ترتیب بعدی می‌داند که بر رسانه‌های جدید، وسایل سمعی و بصری و استفاده از آن بر امر آموزش و یادگیری تأکید دارد (بعد سخت‌افزاری)؛ جنبه‌ای که به روش‌های طراحی نرم‌افزار یا مواد آموزشی متکی است (جنبه نرم‌افزاری)؛ و سرانجام جنبه‌ای که بر ویژگی حل مسئله تأکید دارد (فردانش، 1394: 21-22). فلشزینگ این سه جنبه را دستاورد سه دوره دانسته و آن را چنین نام‌گذاری می‌کند: دوره تکنولوژی ابزاری، دوره تکنولوژی نظام‌ها و دوره تکنولوژی متفکرانه (Flechsigt, 1998).

نوروزی و همکاران با ارائه تقسیم‌بندی تاریخی دیگری سه دوره از ارائه تعاریف درباره تکنولوژی آموزشی را شناسایی می‌کنند. آن‌ها این دوره‌ها را چنین نام‌گذاری می‌کنند: 1) دوره‌ای که در آن به تکنولوژی آموزشی به‌عنوان یک رسانه نگریسته می‌شد و تمرکز آموزش بر بهره‌گیری از ابزار رسانه‌ای متمرکز بود؛ 2) دوره‌ای که به تکنولوژی آموزشی به‌مثابه فرایندی در راستای یادگیری و حل مسئله نگریسته می‌شد؛ 3) دوره‌ای که تکنولوژی آموزشی امری فراتر از فرایند تعریف‌شده و تنها به حیطه عمل محدود نشده بلکه بر تحقیق و مطالعه نیز تمرکز می‌یابد (نوروزی و دیگران، 1396). علی‌آبادی سیر تکامل مفاهیم تکنولوژی آموزشی را به پنج مرحله تقسیم می‌کند: 1) ابزار آموزشی؛ 2) مواد آموزشی؛ 3) نظام‌های درسی؛ 4) نظام‌های آموزشی؛ 5) نظام‌های اجتماعی (علی‌آبادی، 1392).

آنچه از این تعاریف و سایر تعاریف مشابه در ارتباط با بحث این مقاله (رسانه‌های آموزشی) برمی‌آید آن است که امروزه با تغییر و تحولات در مفاهیم آموزشی، رسانه‌های آموزشی به‌مانند سال‌های نخستین قرن گذشته دارای نقش و اهمیت نیستند. ساتلر سرآغاز مباحث تکنولوژی آموزشی را به دهه نخست قرن بیستم بازمی‌گرداند؛ زمانی که سینما در اشکال نخستین آن فراگیر شده بود (ساتلر، 1990). در دهه 20 میلادی استفاده از مواد دیداری مانند فیلم‌ها، تصاویر و اسلایدهای فانوسی¹ در مدارس عمومی افزایش چشمگیری یافت. از اواخر دهه 1920 تا 1940 در نتیجه پیشرفت رسانه‌هایی مانند ضبط صوت و رادیو و تصاویر متحرک صدا، تمرکز از حوزه آموزش دیداری به آموزش دیداری - شنیداری تغییر کرد. این علاقه به رسانه، در دهه 1950 با رشد تلویزیون ادامه یافت؛ بنابراین در طول نیمه نخست قرن بیستم، تمام افراد درگیر در حوزه تکنولوژی آموزشی توجه خود را بر رسانه آموزشی متمرکز کرده بودند (نوروزی و دیگران، 1396: 5). در این دوران فیلم‌های

1. Lantern Slides

آموزشی علاوه بر تدریس ریاضیات و علوم و سایر درس‌ها، به آموزش شیوه‌های صحیح رفتاری برای کودکان و نوجوانان و نیز شیوه برخورد با بزرگ‌ترها می‌پرداختند (گلبهار، 1368: 38).

بالین همه و به‌رغم تغییرات پدیدآمده در مفاهیم و تعاریف، همچنان رسانه‌های آموزشی بخش مهمی از امر آموزش را بر عهده دارند. / سکندری ضمن برشمردن جریان‌های تأثیرگذار بر آینده تعلیم و تربیت اشاره می‌کند امروزه اهمیت تکنولوژی در اغلب ابعاد جامعه پُررنگ‌تر شده است. وجود شبکه‌های اشتراکی (با عنوان وب 2/0)، تلفن‌های همراه، خدمات شبکه‌ای اجتماعی و کتاب‌های شبکه‌ای، به اشخاص کنترل بیشتری در ایجاد اطلاعات و به اشتراک‌گذاری آن داده است. خدمات اطلاعاتی مانند جستجوگر گوگل، گوگل اسکالر، ابزارهای مجهز به موقعیت‌یاب جهانی و کتاب‌های الکترونیکی، میزان دسترسی و ارتباط یادگیرندگان را بهبود بخشیده‌اند. نوآوری‌های فنی در زمینه پهنای باند، ذخیره‌سازی، سرعت پردازش و نرم‌افزارها بر تعلیم و تربیت تأثیر مستقیم داشته است و فرصت‌های تازه‌ای را برای تعامل میان یادگیرنده - یادگیرنده، یادگیرنده - مربی و یادگیرنده اطلاعات فراهم می‌آورد (اسکندری، 1391: 33). چنین دیدگاهی صاحب‌نظران تکنولوژی‌های آموزشی را بر آن داشته است تا فارغ از میزان تأثیر رسانه‌های آموزشی بر یادگیری دانش‌آموزان، به کندوکاو در چیستی و نقش این رسانه‌ها در امر آموزش بپردازند.

/امیر تیموری تأکید دارد با تغییر مسیر فعالیت‌های مدرسه‌ای از تدریس به سوی یادگیری، تأکید بیشتر بر نقش یادگیرنده و اهمیت او در فرایند یادگیری و ضرورت جلب توجه و علاقه وی به یادگیری، سبب شده است تا اهمیت رسانه‌های یک‌سویه و غیرتعاملی روزبه‌روز کاهش یابد و در مقابل ارزش رسانه‌های دوسویه و تعاملی رشد یابد. او پیشنهاد می‌کند به جای استفاده از واژه رسانه آموزشی که بیشتر بر تدریس و فعال بودن معلم یا فرستنده پیام تأکید دارد، از اصطلاح رسانه‌های آموزشی - یادگیری که بیانگر توجه بیشتر به یادگیری و فعال بودن یادگیرنده است، استفاده شود (امیر تیموری، 1394: 1).

تاکنون تقسیم‌بندی‌های متفاوتی در زمینه انواع رسانه‌های آموزشی صورت گرفته است. برای نمونه، در حالی که داوودی و علی‌آبادی رسانه‌ها را از نظر فنی تقسیم کنند و از موارد نوینی نام می‌برند همچون چارت‌ها، پوسترها، گراف‌ها، رسانه‌های آموزشی نورتاب ساکن (فیلم استریپ، اسلاید، اورهد، اوپک)، رسانه‌های آموزشی نورتاب متحرک، رسانه‌های شنیداری و سه‌بعدی‌ها (داوودی، 1389)، مواد دیداری، مواد شنیداری، مواد شنیداری - دیداری، مواد دیداری شفاف (ثابت)، مواد شنیداری - دیداری شفاف (ثابت)، مواد شنیداری - دیداری متحرک، سه‌بعدی‌ها، منابع انسانی، موقعیت‌ها و کامپیوترها (علی‌آبادی، 1392)؛ افضل‌نیا بر نسبت رسانه آموزشی و یادگیرنده تمرکز کرده و از

رسانه‌های الکترونیک، رسانه‌های مجازی، شیوه‌های مبتنی بر یادگیری همگام، یادگیری از راه دور، تکنولوژی آی (Technology-i) و نظایر آن یاد کرده است (افضل‌نیا، 1393). نوروزی نیز از دیدگاهی تاریخی به این مسئله نگریسته و از نهضت آموزش دیداری و فیلم‌های آموزشی، نهضت آموزش دیداری - شنیداری و رادیوی آموزشی، ورود رایانه‌ها و پیشرفت‌های اخیر در رسانه‌های آموزشی به واسطه توسعه اینترنت و چندرسانه‌ای‌ها نام می‌برد (نوروزی و دیگران، 1396).

همان‌گونه که در تمامی این توصیف‌ها مشخص است، رسانه‌های آموزشی در تمامی اشکال آن بر دو محور تکنولوژی و هنر استوار هستند. همین مسئله سبب پیوند شاخه نوینی از هنر با عنوان تکنولوژی‌های نوین هنری و تکنولوژی‌های آموزشی می‌شود. بابک احمدی در کتاب «حقیقت و زیبایی» به دقت شرح می‌دهد که تکنولوژی و هنر با یکدیگر رابطه‌ای دیرپای دارند. او بیان می‌کند یونانیان در مورد هنر از واژه Tekhne استفاده می‌کردند که به هر دو معنای امروزین هنر و فن به کار می‌رفت و براساس همین یگانگی هنر و فن بود که واژه لاتین Ars نیز تمایزی میان هنر با شکل‌های دیگر تولیدی نشان نمی‌داد. احمدی ضمن بررسی سیر تحول این کلمه نشان می‌دهد حتی در نیمه نخست سده هجدهم یعنی در آستانه دوران روشنگری نیز یوهان سباستین باخ خود را نه Artiste یا هنرمند بل Artisan یا صنعتگر می‌خواند (احمدی، 1391: 28). او همچنین از ریموند ویلیامز نقل می‌کند تنها از سده بیستم بود که Art به نهادی اجتماعی اطلاق شد و رشته‌ای از کنش‌های خاص تولیدی را (آنچه ما امروز تولید هنری می‌نامیم)، چنین نامیدند (ویلیامز، 1977: 14-15).

فارغ از نسبت معنایی هنر و صنعت، شاید هیچ شاخه‌ای از هنر جز ادبیات با موسیقی آوایی را نتوان یافت که تولید آن بی‌نیاز از تکنولوژی مقدور باشد؛ مسئله‌ای که حتی تا دوران رنسانس نیز موجب تمایز دو شکل از هنر می‌شد: Ars Mechanicus فن یا هنری مکانیکی که به تولید دستی یا جسمانی بازمی‌گشت و Ars Liberalis آنچه به آفرینش ذهنی و به‌ویژه هنری انسان مرتبط است (احمدی، 1391: 28). بسیاری از کتاب‌های تاریخ هنر در زمینه‌های مختلف سرشار از بیان تأثیرات تحولات تکنولوژیک بر بیان هنری است. گاردنر در بسیاری از بخش‌های کتاب «هنر در گذر زمان» نشان می‌دهد چگونه ابداع مواد تازه بر شیوه‌های هنری به‌ویژه در زمینه نقاشی و معماری تأثیرگذار بوده است (گاردنر، 1365). رشد و گسترش موسیقی مرهون دستیابی به تکنیک‌های جدید ساخت آلات موسیقی بوده است و نمایش نیز تا اواخر قرن گذشته متأثر از امکانات صحنه‌ای و توانایی‌های تکنولوژیک، به ابداع شیوه‌های جدید بیانی نائل می‌آمد؛ با این‌همه آنچه پیوند میان تکنولوژی و هنر را شکلی دیگر بخشید، ابداع عکاسی در سال 1822 توسط ژوزف نیسفور نپیس و اختراع سینما در

1895 توسط برادران لومیر و همچنین دستیابی به امکان ضبط صدا بوده است. سینما و عکاسی را براساس ماهیت‌شان می‌توان هنرهایی سراسر فناورانه دانست، ولی آنچه امروزه رابطه تکنولوژی و هنر را شکل جدیدی بخشیده است، به ابداع دیجیتالیزم و تأثیر آن بر تمامی عرصه‌های زندگی و از جمله هنر باز می‌گردد. دیجیتالیزم همانند سایر عرصه‌های زندگی به سه شکل بر هنر تأثیر گذارده است: 1) تسهیل‌گر کار هنرمندان بوده است؛ 2) کیفیت ابزار و لوازم هنری را ارتقا بخشیده است؛ 3) به بروز و ظهور شکل‌های جدید هنری انجامیده است. به صورتی مرسوم، این فرم‌های جدید هنری با عنوان New Media Art شناخته می‌شود. هنر New Media اشاره به آثار هنری ایجادشده با تکنولوژی‌های جدید رسانه‌ای و از جمله هنر دیجیتال، گرافیک کامپیوتری، انیمیشن کامپیوتری، هنر مجازی، هنر اینترنتی، هنر تعاملی،¹ بازی‌های ویدئویی، روباتیک کامپیوتری، چاپ سه‌بعدی، هنر سایبورگ، هنر بیوتکنولوژیک و نظایر آن دارد. این مقاله به صورت اختصاصی بر پنج حوزه هنر New Media که به‌زعم نویسندگان امکان استفاده از آن به‌عنوان یک رسانه آموزشی وجود دارد، تمرکز می‌کند. این حوزه‌ها عبارتند از:

1. VR² یا واقعیت مجازی؛
2. AR³ یا واقعیت افزوده؛
3. سیمولیشن⁴ یا شبیه‌سازی؛
4. بازی‌های ویدئویی؛
5. فضاهای حساس و چندرسانه‌ای.

3. روش بررسی

به‌منظور ارزیابی رسانه‌های آموزشی پیش‌گفته در این مطالعه از الگوی Sections بهره گرفته‌ایم که توسط بیتز و پول پیشنهاد شده است. همان‌گونه که پیشنهاددهندگان این الگو مطرح می‌سازند، سطوح تصمیم‌گیری در زمینه استفاده از رسانه آموزشی شامل دو سطح تصمیمات راهبردی سازمان یا مؤسسه و البته تصمیمات فنی استادان به استفاده از رسانه‌ای ویژه، و سطح دوم تصمیم‌گیری فنی درون یک رسانه خاص برای استفاده از تکنولوژی‌های مشخص است (بیتز و پول، 1396: 107).

1. Interactive Art
2. Virtual Reality
3. Augmented Reality
4. Simulation

تمرکز این مطالعه بر سطح نخست تصمیم‌گیری‌ها مشتمل بر تصمیم‌گیری‌های راهبردی دانشگاه برای انتخاب یک رسانه است. مطابق نظر پیشنهاددهندگان، الگوی Sections بر هشت ضلع استوار است:

1. دانشجویان:¹ چه چیزهایی را درباره آن‌ها از نظر ویژگی‌های جمعیت‌شناختی، دستیابی به تکنولوژی و تفاوت در یادگیری می‌دانیم؟
 2. سهولت کاربرد و قابلیت اطمینان:² چه اندازه کار با رسانه آسان است و استفاده از آن تا چه اندازه خوب ارزیابی شده است؟
 3. هزینه‌ها:³ هزینه هر تکنولوژی چگونه است و برای هر دانشجو چقدر خواهد بود؟
 4. تدریس و یادگیری:⁴ چه نوع یادگیری مورد نیاز است و چه رویکرد آموزشی به بهترین نحو این نیازها را تأمین می‌کند؟
 5. تعامل:⁵ رسانه تا چه حد توانایی ایجاد تعامل و فعال کردن دانشجویان را دارد؟
 6. نیازهای سازمانی:⁶ نیازهای سازمان برای استفاده از رسانه کدام است و چه موانعی در سازمان باید رفع شود تا تکنولوژی با موفقیت مورد استفاده قرار گیرد؟
 7. تازگی:⁷ تکنولوژی تا چه اندازه تازه و بدیع است؟
 8. سرعت:⁸ سرعت تدریس دروس با تکنولوژی چقدر است و محتوای قبلی با چه سرعتی می‌تواند تغییر کند؟
- به منظور ارزیابی هریک از این شاخص‌ها پرسش‌هایی از سوی بیتز و پول مطرح شده است. در تحقیق حاضر، نخست پرسش‌های مطرح‌شده توسط نویسندگان مقاله متناسب با نیازهای تحقیق حاضر بازنویسی شده و سپس تلاش شد امتیازهای از یک تا چهار (1) بسیار مناسب، (2) مناسب، (3) نامناسب و (4) کاملاً نامناسب) با بیان دلایل، به هریک از تکنولوژی‌ها و رسانه‌ها در زمینه موردنظر داده شود.

-
1. Students
 2. Ease of use and reliability
 3. Costs
 4. Teaching
 5. Interactivity
 6. Organization
 7. Novelty
 8. Speed

4. نتایج

4-1. شاخص دانشجویان

به طور کلی می‌توان فرض کرد که تفاوت معناداری میان دانشجویان فنی و حرفه‌ای و سایر دانشجویان از نظر جمعیت‌شناختی وجود ندارد و تفاوت‌های موجود از منظر جنسیتی، محل تحصیل یا سکونت و امثال آن نیز میان دانشجویان فنی و حرفه‌ای و دانشجویان سایر مراکز آموزش عالی، مشاهده نخواهد شد. بنا بر همین پیش‌فرض در این زمینه شش پرسش اساسی مطابق با جدول شماره 1 ارائه شد.

جدول 1. ارزیابی شاخص دانشجویان بر مبنای الگوی Sections

ردیف	پرسش‌ها	VR	AR	سیمولیشن	Game	Multim
1	براساس ویژگی‌های جمعیت‌شناختی احتمالی دانشجویان ایرانی کدام تکنولوژی‌ها برای دانشجویان مناسب‌تر است؟	1	1	2	2	3
	به نظر می‌رسد دسترسی گسترده جامعه ایرانی به تلفن‌های همراه، تکنولوژی‌های مبتنی بر این گوشی‌ها را دارای اولویت بیشتری می‌کند. از سوی دیگر محافظه‌کاری جامعه ایرانی در زمینه فعالیت‌های تعاملی جمعی، فضای چندرسانه‌ای را در موقعیت ضعیف‌تری قرار می‌دهد.					
2	اگر قرار باشد دانشجویان بخشی از آموزش را از راه دور دریافت کنند، امکان دسترسی به کدام تکنولوژی به شکلی مطلوب‌تر وجود دارد؟	2	1	4	1	4
	در این زمینه نیز تکنولوژی‌های مبتنی بر گوشی هوشمند بهترین امکان برای دانشجویان است و پس از آن سایر تکنولوژی‌های مبتنی بر اینترنت قرار دارند.					
3	تا چه میزان امکان دسترسی به تکنولوژی در دانشگاه‌ها و مراکز عالی وجود دارد؟	1	1	3	1	3
	به لحاظ نظری، امکان دسترسی به تمامی تکنولوژی‌ها در دانشکده‌ها وجود دارد؛ با این حال تحقق تکنولوژی‌های مبتنی بر مکان (چندرسانه‌ای و سیمولیشن) در کلیه شهرستان‌ها بسیار پرهزینه است و از این رو برای دانشجویان با دشواری همراه خواهد بود.					
4	تا چه میزان دارا بودن مهارت‌های رایانه‌ای و تکنولوژیک از دانشجویان انتظار می‌رود؟	1	1	1	1	1
	استفاده از این تکنولوژی‌ها برای کلیه دانشجویان با حداقل مهارت‌های رایانه‌ای ممکن خواهد بود.					

ردیف	پرسش‌ها	VR	AR	سیمولیشن	Game	Multim
5	تکنولوژی چه میزان تجربه‌های منحصر به فردی را در زمینه آموزش برای دانشجو فراهم می‌آورد؟	1	1	1	2	1
	واقعیت مجازی، واقعیت افزوده و سیمولیشن به دلیل تازگی و جذابیت مجازی‌سازی، و فضای چندرسانه‌ای به دلیل ایجاد فضایی فراگیر، دارای جذابیت‌های بسیار بالایی هستند.					
6	تا چه میزان تکنولوژی می‌تواند با رویکردهای قبلی یادگیری دانشجویان سازگاری داشته باشد؟	1	2	2	2	2
	تا حدودی VR می‌تواند به دلیل شباهت به ویدیو برای دانشجویان آشنا تر باشد؛ باین همه دیگر تکنولوژی‌ها نیز چندان برای دانشجویان نامأنوس نخواهند بود.					

همان‌گونه که از نتایج این جدول برمی‌آید رسانه‌های VR و AR احتمالاً بهترین رسانه‌ها در زمینه آموزش با توجه به مقتضیات دانشجویان خواهند بود.

4-2. شاخص سهولت کاربرد و قابلیت اطمینان

در این زمینه چهار پرسش اساسی طرح و ارائه شده است. همان‌گونه که از این جدول برمی‌آید، تفاوت معناداری در مورد استفاده از رسانه‌های مختلف از منظر سهولت کاربرد وجود ندارد. به عبارتی استفاده از تمامی این تکنولوژی‌ها آسان و درعین حال بهسازی تکنولوژی و محتوای آن دشوار است. تنها تفاوت در زمینه اطمینان به تکنولوژی است. در این زمینه می‌توان فرض کرد تکنولوژی‌های قدیمی‌تر به دلیل فائق آمدن بر مشکلات پیش‌بینی نشده قابل اطمینان‌تر از تکنولوژی‌های جدیدتر هستند.

جدول 2. ارزیابی شاخص سهولت بر مبنای الگوی Sections

ردیف	پرسش‌ها	VR	AR	سیمولیشن	Game	Multim
1	استفاده از تکنولوژی توسط دانشجویان و استادان تا چه اندازه راحت است؟	1	1	1	1	1
2	تکنولوژی چقدر قابل اطمینان است؟	2	2	1	1	2
3	حفظ، نگهداری و بهسازی تکنولوژی تا چه حد آسان است؟	3	3	3	3	3
4	طراحی محتوای جدید آموزشی تا چه اندازه به پشتوانه حرفه‌ای و فنی نیاز دارد؟	4	4	4	4	4

4-3. هزینه‌ها

به‌منظور مشخص‌سازی هزینه‌ها سه پرسش شامل هزینه‌های سخت‌افزاری، تولید محتوا، و نسبت استاد به دانشجو مطرح شد. برای دادن امتیاز تلاش شد تا متوسط هزینه این تکنولوژی‌ها با تکنولوژی‌های رایج موجود مقایسه شود.

جدول 3. ارزیابی شاخص هزینه‌ها بر مبنای الگوی Sections

ردیف	پرسش‌ها	VR	AR	سیمولیشن	Game	Multim
1	هزینه تهیه سخت‌افزارهای لازم برای دانشگاه به چه میزان است؟	1	1	3	2	4
	امتیاز: (1) فاقد هزینه، (2) معمول در حد خرید رایانه و تجهیزات تصویری ویدیویی، (3) تا ده برابر هزینه‌های معمول، (4) بیش از ده برابر هزینه‌های معمول					
2	هزینه تولید محتوای آموزشی در رسانه مورد نظر تا چه میزان مناسب است؟	4	2	4	4	4
	امتیاز: (1) در حد هزینه وقت استاد، (2) هزینه به‌کارگیری نیروی فنی و متخصص، (3) هزینه در حد تهیه مواد، تولید گرافیک و هزینه‌های مشابه، (4) هزینه در حد تولید فیلم، ویدیو و بالاتر					
3	نسبت استاد به دانشجو با استفاده از این تکنولوژی به چه میزان است؟	4	4	4	4	3
	امتیاز: (1) آموزش بدون نیاز به استاد، (2) نیاز به یک استاد برای جمع نامحدودی از دانشجویان، (3) نیاز به یک استاد برای جمع بزرگی از دانشجویان، (4) نیاز به استاد در حد کلاس درس					

اگرچه شاخص نسبت استاد به دانشجو به دلیل آنکه این تکنولوژی‌ها به‌عنوان ابزار کمک‌آموزشی در نظر گرفته شده‌اند و در هر صورت نیاز به وجود استاد در کلاس درس وجود دارد، چندان برجسته نیست؛ با این حال سایر عوامل هزینه‌ای می‌توانند برای تصمیم‌گیری استفاده شوند.

4-4. تدریس و یادگیری

به نظر می‌آید این شاخص مهم‌ترین تفاوت میان آموزش‌های نظری و آموزش‌های فنی و حرفه‌ای را شکل دهد. طبق دیدگاه پول و بیتز تکنولوژی به چند طریق می‌تواند به امر آموزش کمک کند: (1) از طریق بازنمایی، در انتقال دقیق اطلاعات موفق باشد؛ (2) به تحلیل موقعیت‌های واقعی و نمایش کاربرد دانش در موارد جدید کمک کند؛ (3) به تعامل، گفت‌وگو و استفاده از تجربه‌های دیگران یاری

رساند (بیتز و پول، 1396: 126). در آموزش فنی و حرفه‌ای می‌توان برای هریک از این کاربردها نمونه‌هایی را یافت. نمونه‌ای از بازنمایی دقیق اطلاعات را می‌توان در مورد رسانه‌هایی همانند ویدیو و گرافیک در حالی مشاهده کرد که برای مثال تلاش می‌کنند جزییات دقیقی را از یک شی یا ساختار آن نمایش دهند. برخلاف این، مواردی را که برای نمونه، یک ویدیو به تشریح امور کلی و موقعیت‌های بیرونی، کارکرد اشیا و مانند آن می‌پردازد، می‌توان دومین کاربرد رسانه در دیدگاه پول و بیتز دانست. در دیدگاه این دو، تکنولوژی‌های مبتنی بر اینترنت همچنین امکان تعامل و گفت‌وگو را به راحتی فراهم می‌آورند. به زعم نویسندگان این مقاله علاوه بر این موارد، تکنولوژی می‌تواند در آموزش‌های مهارتی از طریق امکان تجربه عینی موضوع به توسعه مهارت‌ها نیز یاری رساند.

جدول 4. ارزیابی شاخص تدریس و یادگیری بر مبنای الگوی Sections

ردیف	پرسش‌ها	VR	AR	سیمولیشن	Game	Multim
1	تا چه میزان تکنولوژی می‌تواند از طریق بازنمایی در انتقال دقیق اطلاعات موفق باشد؟	1	1	4	4	1
2	تا چه میزان تکنولوژی می‌تواند به تحلیل موقعیت‌های واقعی و نمایش کاربرد دانش در موارد جدید کمک کند؟	1	1	1	1	1
3	تا چه میزان تکنولوژی می‌تواند به تعامل، گفت‌وگو و استفاده از تجربه‌های دیگران یاری رساند؟	4	4	4	4	4
4	تا چه میزان تکنولوژی می‌تواند به توسعه مهارت‌ها یاری رساند؟	4	1	1	1	4
5	تا چه میزان تکنولوژی می‌تواند منجر به ارزیابی وضعیت موجود شود؟	4	4	4	1	4

همان‌گونه که پول و بیتز نیز تأکید داشته‌اند، یکی از عوامل مهم در انتخاب نوع رسانه توجه به مقتضیات و نیازهای تدریس و یادگیری است. جدول بالا نیز نشان‌دهنده و تأییدکننده همین مسئله است.

4-5. تعامل

آن‌گونه که پول و بیتز توضیح می‌دهند، تعامل از یک سو میان دانشجو و محتوای یادگیری است و از سوی دیگر بین خود دانشجویان و به مثابه فعالیتی اجتماعی (بیتز و پول، 1396: 130). رسانه‌های نوین هنری بیشتر به دلیل ماهیت تعاملی و یا همه‌جانبه خود قادرند در زمینه تعامل دانشجو و

محتوای یادگیری موفق عمل کنند؛ با این حال در تعامل میان دانشجویان با یکدیگر شرایط منوط به نوع خاص تکنولوژی و فردی یا جمعی بودن آن خواهد بود.

جدول 5. ارزیابی شاخص تعامل بر مبنای الگوی Sections

ردیف	پرسش‌ها	VR	AR	سیمولیشن	Game	Multim
1	کدام رسانه یا تکنولوژی تعامل میان دانشجو و محتوای یادگیری را بهتر فراهم می‌سازد؟	2	2	1	1	1
2	کدام رسانه یا تکنولوژی تعامل دانشجویان با یکدیگر را بهتر فراهم می‌سازد؟	4	3	3	2	2
3	به چه میزان تکنولوژی کمک می‌کند تا منابع محدود آموزش، تا حد ممکن به کار گرفته شوند یا با منابع محدودتر، آموزش پشتیبانی شده و سبب افزایش میزان و کیفیت تعامل یادگیرنده شود؟	4	4	4	4	1

4-6. نیازهای سازمانی

در زمینه نیازهای سازمانی سه پرسش اساسی در این زمینه مطرح شد. همان گونه که مشخص است بهره‌برداری و استفاده از تکنولوژی‌های فوق، اغلب آسان و امکان‌پذیر است.

جدول 6. ارزیابی شاخص نیازهای سازمانی بر مبنای الگوی Sections

ردیف	پرسش‌ها	VR	AR	سیمولیشن	Game	Multim
1	در استفاده از تکنولوژی سازمان تا چه میزان به کمک دیگران نیاز خواهد بود؟	1	1	2	1	2
2	آیا کمک‌های فنی در دسترس است و یا امکان فراهم‌ساختن آن در آینده به راحتی فراهم می‌شود؟	1	1	1	1	1
3	تا چه میزان پشتیبانی از تکنولوژی به شکل گیری ساختار مناسب نیازمند است؟	1	1	1	1	2

4-7. تازگی

بیتز و پول بیان می‌دارند تازگی جزء معیارهایی است که همچون تیغی دولبه عمل می‌کند؛ از یک سو با نوآوری به راحتی می‌توان بر افراد نفوذ کرد، و در عین حال کاربرد تکنولوژی‌های نامطمئن و آزمایش نشده دارای ریسک بالایی است و می‌تواند مشکلاتی را در امر تدریس پدید آورد (بیتز و پول، 1396: 135).

جدول 7. ارزیابی شاخص تازگی بر مبنای الگوی Sections

ردیف	پرسش‌ها	VR	AR	سیمولیشن	Game	Multim
1	تکنولوژی به چه میزان تازه است؟	4	4	4	4	4

4-8. سرعت

همان گونه که در این جدول مشخص شده است، تکنولوژی‌های نوین به دلیل پیچیدگی‌های خاص خود و همچنین برنامه‌ریزی دقیق و از پیش تعیین شده، عمدتاً قابلیت تغییرات محتوایی سریع را نخواهند داشت.

جدول 8. ارزیابی شاخص سرعت بر مبنای الگوی Sections

ردیف	پرسش‌ها	VR	AR	سیمولیشن	Game	Multim
1	سرعت تولید و توسعه محتوا برای موضوعی خاص چقدر است؟	3	2	3	3	3
	امتیاز: 1) کمتر از یک روز، 2) بیش از یک روز تا یک هفته، 3) یک هفته تا یک ماه، 4) بسیار دشوار و زمان‌بر					
2	به چه میزان و با چه سرعتی تکنولوژی می‌تواند از تغییرات محتوایی پشتیبانی کند؟	4	3	4	4	4
	امتیاز: 1) کمتر از یک روز، 2) بیش از یک روز تا یک هفته، 3) یک هفته تا یک ماه، 4) بسیار دشوار و زمان‌بر					
3	برای ایجاد تغییرات محتوایی تا چه میزان به کمک دیگران نیاز خواهد بود؟	4	3	4	3	3
	امتیاز: 1) بدون نیاز به کمک دیگران، 2) نیازمند به کمک مسئول فنی، 3) نیازمند به کمک فرد یا شرکت طراح، 4) به سختی قابل انجام خواهد بود					

5. نتیجه‌گیری

همان‌گونه که پول و بیتز در طرح الگوی خود مطرح ساخته‌اند هیچ قاعده و قانون مشخصی برای انتخاب رسانه‌های آموزشی وجود ندارد، درعین‌حال براساس پرسش‌های ارائه‌شده می‌توان نتایجی را درباره چگونگی کاربرد هر یک از رسانه‌ها برشمرد:

1. واقعیت افزوده: با توجه به فراگیری استفاده از تلفن‌های همراه در جامعه ایرانی، تکنولوژی‌های مبتنی بر تلفن‌های همراه می‌توانند به صورت فراگیرتر مورد توجه قرار گیرند. این رسانه همچنین به دلیل هزینه‌های پایین‌تر و سرعت بالاتر و تغییرات محتوایی، به نسبت سایر رسانه‌های پیشنهادی قابل‌دستیابی‌تر است. به صورت مشخص، کاربرد این تکنولوژی در مشخص‌ساختن جزئیات و ارائه نکات اضافه در زمینه تشریح جزئیات می‌تواند در شناخت ساختارها به‌ویژه در حوزه‌های فنی قابل‌توجه باشد؛

2. واقعیت مجازی: نیاز به تجهیزات جانبی مانند عینک دشواری‌هایی را در استفاده از این رسانه فراهم می‌آورد. همچنین نبود امکان ایجاد تغییرات از دشواری‌های این رسانه است؛ بااین‌حال تازگی و جذابیت این رسانه از جمله نکات پُراهمیت آن است. واقعیت مجازی تا اندازه زیادی قادر به نمایش محیط‌های ناآشنا و شرایط نامعمول در امر آموزش است؛

3. سیمولیشن: به‌عنوان تکنولوژی تعاملی موقعیت بسیار مناسبی را برای آموزش مهارت‌های فنی فراهم می‌آورد. ترکیب این تکنولوژی با واقعیت مجازی 360 درجه می‌تواند به‌شدت بر جذابیت‌های رسانه بیفزاید؛ بااین‌همه هزینه‌های نسبتاً بالای تکنولوژی و دشواری تغییرات محتوایی و نظایر آن، استفاده از تکنولوژی را نیازمند توجیه اقتصادی می‌کند؛

4. بازی‌های کامپیوتری: فراهم‌آمدن امکان طراحی آسان بازی‌های کامپیوتری، طراحی بازی‌هایی برای تلفن‌های همراه و علاقه جوانان به این بازی‌ها از جمله دلایل فراگیری بازی‌های کامپیوتری است. این بازی‌ها با امکان قراردادن فرد در موقعیت‌های تصمیم‌گیری قادرند این مهارت فردی را به شکل مطلوبی گسترش دهند؛ بااین‌حال امکان آموزش‌های دقیق فنی با این رسانه تقریباً وجود ندارد؛

5. فضاهای چندرسانه‌ای و حساس: هزینه‌های بالا و نیازمندی به فضای گسترده در کنار دشواری‌های تغییر محتوا، بهره‌مندی از این رسانه را بسیار دشوار می‌سازد؛ بااین‌حال در صورت پیروزی بر مشکلات، این رسانه با توجه به ویژگی‌های آن ابزار مناسبی برای آموزش در حوزه‌های علوم انسانی است.

منابع

1. احمدی، بابک (1391)، حقیقت و زیبایی، چاپ بیست و چهار، تهران: نشر مرکز.
2. اسکندری، حسین (1391)، نظریه و عمل رسانه‌های آموزشی در عصر دیجیتال، سازمان مطالعه و تدوین کتب علوم انسانی دانشگاه‌ها (سمت)، تهران: مرکز تحقیق و توسعه علوم انسانی.
3. افضل‌نیا، محمدرضا (1393)، تکنولوژی یادگیری، سازمان مطالعه و تدوین کتب علوم انسانی دانشگاه‌ها (سمت)، تهران: مرکز تحقیق و توسعه علوم انسانی.
4. امیرتیموری، محمدحسن (1394)، رسانه‌ها و محیط‌های آموزشی - یادگیری، سازمان مطالعه و تدوین کتب علوم انسانی دانشگاه‌ها (سمت).
5. بیتز (تونی)، آی. دبلیو. پول، گاری (1396)، تدریس مؤثر با استفاده از تکنولوژی در آموزش عالی، ترجمه بی‌بی عشرت زمانی و سید امین عظیمی، سازمان مطالعه و تدوین کتب علوم انسانی دانشگاه‌ها (سمت)، تهران: مرکز تحقیق و توسعه علوم انسانی.
6. داوودی، مریم (1389)، تکنولوژی آموزشی، رفسنجان: سنجش و دانش.
7. دیویس، باربارا گراس (1396)، ابزارهای تدریس: روش‌ها و رسانه‌های جدید تدریس در دانشگاه‌ها و مراکز آموزش عالی، مترجمان: احمدرضا نصر اصفهانی، سید حسین زارع، لطفعلی عابدی، سازمان مطالعه و تدوین کتب علوم انسانی دانشگاه‌ها (سمت).
8. ذوفن، شهناز (1395)، کاربرد تکنولوژی‌های جدید در آموزش، سازمان مطالعه و تدوین کتب علوم انسانی دانشگاه‌ها (سمت).
9. صدری، عباس؛ جبل‌عاملی، شهناز (1395)، «تحولات تربیت تکنسین فنی و حرفه‌ای در ایران»، کارافرن، شماره 39، بهار و تابستان، صص 5-15.
10. طاهریان، عزت‌الله (1391)، بررسی تحلیلی و تطبیقی نظام آموزش فنی و حرفه‌ای دوره متوسطه در کشورهای آلمان، ژاپن و ایران با تأکید بر شیوه‌های آموزش کارشناسی ارشد آموزش و پرورش تطبیقی و بین‌المللی، دانشگاه علامه طباطبائی.
11. علی‌آبادی، خدیجه (1392)، مقدمات تکنولوژی آموزشی: رشته علوم تربیتی، دانشگاه پیام نور.
12. فردانش، هاشم (1394)، مبانی نظری تکنولوژی آموزشی، چاپ پانزدهم، سازمان مطالعه و تدوین کتب علوم انسانی دانشگاه‌ها (سمت).
13. قاسمی پویا، اقبال (1371)، آموزش تکنیسین وزارت صنایع سنگین.
14. گاردنر، هلن (1389)، هنر در گذر زمان، ترجمه محمدتقی فرامرزی، تهران: نشر آگه.

15. گلبهار، محمدرضا (1368)، «سخنی درباره سینمای آموزشی و تربیتی کودکان و نوجوانان»، نشریه سوره، دوره اول، شماره 3.
16. محمدعلی، محبوبه (1390)، «آموزش‌های فنی و حرفه‌ای و راه‌های اصلاح آن»، نشریه رشد آموزش فنی و حرفه‌ای، دوره هفتم، شماره 1.
17. مرجانی، بهناز (1373)، سیر تکوینی آموزش فنی و حرفه‌ای در ایران، معاونت آموزش متوسطه فنی و حرفه‌ای، وزارت آموزش و پرورش.
18. مولوی، زینب (2014)، «بررسی نظام آموزش فنی و مهارتی در ایران با تأکید بر مشکلات سیاست‌گذاری در این حوزه»، نشریه تجزیه و تحلیل سیاست‌گذاری عمومی، فوریه 2014، <http://www.ippra.com>.
19. نوروزی، داریوش؛ ولایتی، الهه؛ وحدانی اسدی، محمدرضا (1396)، تکنولوژی آموزشی پیشرفته، سازمان مطالعه و تدوین کتب علوم انسانی دانشگاه‌ها (سمت)، تهران: پژوهشکده تحقیق و توسعه علوم انسانی.
20. نویدی، احد (1394)، «ارزیابی برنامه‌های رسمی آموزش فنی و حرفه‌ای بر مبنای شواهد پژوهشی»، کارافن، شماره 38، پاییز و زمستان.

21. Flecsig, K. h. (1998), "Cultural Transmission, Teaching and Organizational Learning as culture", Embedded Activities, Gottingen: instituts fur Interkulturelle Didactic.
22. Saettler, P. (1990), The Evolution of American Educational Technology, Englewood, Co: Libraries Unlimited.
23. Seels, B. B. & R. C. Richey (1994), Instructional Technology: The Definition and Domains of the Field, Washington D. C. The Association for Educational Communication & Technology.
24. Williams, Raymond (1977), Culture and Society 1780-1950, Columbia University Press.

Explanation of Smart City and Urban Smart Transportation Solutions

Khosro Pourjavan*

Lecturer, Department of Architecture, Faculty of Islamic Revolution, Technical and Vocational University, Tehran, Iran

Accepted: 21/08/2019

Received: 16/06/2019

The concept of smart city implies the structure, system, and identity of the populations that make telecommunications technology come to life. In these biological complexes, actual and actual communication and activities become predominantly virtual. As a result, forms and spaces also find new geometric, conceptual, and conceptual formats. Urban planners and designers are seeking to solve urban problems and phenomena by designing smart residential neighborhoods, networking smart roads and public places. One of the pillars of the problem reduction in smart cities is to solve the problems of urban public transport. One of the most important issues in developed and smart cities is the relationship between smart city and how to utilize modern systems along this route, which reduces the problems of urban transport and the problems facing it. Therefore, it is necessary to know the context and the necessities and advantages of these systems. In this regard, after introducing the main goals of smart city, we analyze the advanced systems in the transportation system. Transportation in smart cities is one of the most important things that can lead to modeling the structure of smart cities. Therefore, the present study is an attempt to present suitable transportation system solutions in smart city after reviewing urban transportation systems. Documentary and library studies including the study of books and related articles have been used to collect information in this study. Due to the nature of the subject, descriptive-explanatory research method has been used and finally a necessary conclusion and conclusion have been presented.

keywords:

Smart City, Electronic City, Principles of Intelligent, Intelligent Transportation, ITS.

* pourjavan@tvu.ac.ir

A Comprehensive and Practical Model to Implement Risk Management in Construction Projects based on PMBOK Standard

Shiva Mansoorzadeh*

Assistant professor, Department of Industrial Engineering, Buein Zahra Technical University, Qazvin, Iran

Mohammad-Hussein Nezami Pakdeh

Bachelor, Department of Industrial Engineering, Buein Zahra Technical University, Qazvin, Iran

Accepted: 19/11/2018

Received: 12/08/2018

Delay and cost over and the main obstacle in nearly every large project. It is understood that even in some cases it can affect project life and stocks value; reducing profit of contractor and employer. The most construction company lack an appropriate process for risk management. For some the deprivation of necessary working culture withheld them from proper implementation of risk management. Therefore, the present study identifies the risk through literature review and case studies and then calculates the risks according to the results of a questionnaire that sent to experts and project managers through fuzzy RPN and FMEA methods. Finally, risk factors that are not within the standard range are analyzed through FTA and ETA methods and their probability of reduction is estimated. The relevant model is applied to a large construction project and its results are described in this article.

Keywords:

Risk Management, PMBOK Standard, Construction Projects.

* Corresponding author: Mansoorzadeh@bzte.ac.ir

Performance Pathology of Historic Adobe Structures and Their Methods of Retrofitting

Ebrahim Khalilzadeh Vahidi*

Assistant Professor, Razi University, Kermanshah, Iran

Reza Moradi

Phd Student, Department of Civil Engineering, Razi University, Kermanshah, Iran

Parasto Khalilzadeh Vahidi

Bachelor of Architecture Student, Department of Architectural Engineering, Razi University, Kermanshah, Iran

Accepted: 28/07/2019

Received: 12/05/2019

Iran is a land of seven thousand years old civilization, one of the oldest civilizations of the ancient world, because of its rich cultural and artistic history, there are many monuments, most of which are in high seismic danger areas. Bam Citadel was built in the 5th century BC and covers an area of 180,000 square meters was located on the Silk Road, one of the world's largest adobe structures. The superstructure and valuable damaged during the earthquake and unfortunately it was destroyed more than 80 percent. In other words, one of the lessons that can be learned from the Bam earthquake is that the historic adobe structures are extremely vulnerable. Therefore, due to its rich history and rich artistic heritage including architecture, masonry and pottery, the need to preserve remains of the past is felt more and more. In this article, after highlighting the importance and necessity of preserving historic adobe structures, their architectural features are discussed. The next step will be discussed the seismic performance of historic adobe structures and methods of the seismic retrofit and restoration of them investigated. Finally, studies on the retrofitting and restoration of adobe structures will be reviewed.

keywords:

historic structures, earthquake, seismic performance, retrofitting and restoration, Iranian architecture.

* Corresponding author: e_vahidi2000@yahoo.com

Comparison of Proposed Reflection Coefficient of 2800 Iranian earthquake code with Real Reflection from Different area of Gorgan City in Interaction with Seismic Response of Steel Structures

Payam Shafeie Foujerdi*

Masters, Department of Civil engineering, Faculty of Engineering, Azad university, Golestan, Iran.

Accepted: 13/02/2019

Received: 21/11/2018

The present study is intended to illustrate the role of reflection coefficient (B) in the linear static method, (B) is a conversion function whose input is accelerated rock bed motion and its output is accelerated earth motion. to understand properly how seismic methods work and to properly evaluate information based on physical principles governing wave propagation characteristics, which can include the generation, transmission, absorption, and irregularities of waves in terrestrial rocks as well as reflection, fracture and The main axis of the waves are out. the purpose of this study was to investigate the soil material in earthquake forces applied to the structure and the importance of reflection coefficient in the control of the structure. in this research, steel structure with one-way bending frame system with reflection coefficient in accordance with standard 2800 - Fourth Edition and again with real reflection coefficient of Gorgan city was analyzed and plotted. the results showed that the average displacement of its classes decreased by 53.3% on average, and its drift decreased by 25.3%.

Keywords:

Reflection coefficient, Ordinary bending frame, drift, bedrock.

* payamral@gmail.com

Explanation of security in urban neighborhoods based on physical indicators and environmental design; Case Study: Ilam city

Mansour Mansouri*

Lecturer ,Department of Architecture, Faculty of Ilam Branch, Technical and Vocational University, Ilam,Iran

Accepted: 12/08/2018

Received: 02/09/2018

Today, the explanation of the motive for criminal acts in the mind of the perpetrator is the range and conditions that lead to the perpetrators and the opportunity to create the crime and thereby facilitate the commission of the crime. Therefore, attention to the role of the environment and heart of the city is important in reducing and preventing urban crime. The main objective of the research is to measure urban spatial texture in order to identify insecure environments in the neighborhoods based on the analytical model. The present research is an applied and descriptive-analytical method. The method of data collection in the field of field studies is survey method. The data collection tool is a questionnaire, checklist, and objective observation. The results of the research show that factors such as the environment, lack of access to urban services, tissue erosion and lack of diversification of the environment are the most important factors in reducing the security environment in the neighborhoods of Ilam.

Keywords:

urban security, Ilam, crime prevention, environmental periphery, neighborhood, CPTED.

* m-mansori@tvu.ac.ir

Determining the right contractor for construction projects using the Analysis Hierarchical Process (AHP)

Mohammadreza Dadashi*

Lecturer, Department of mathematics, PayameNoor University, East Azarbayjan, Iran

Firooz Mohammadi

Lecturer, Department of Civil Engineering, Technical and Vocational University, East Azarbayjan, Iran

Accepted: 22/05/2019

Received: 24/02/2019

In as much as constructive projects budget is mainly used for administrative expenses, executing a project requires an appropriate contractor to be able to prevent unnecessary increase in executive expenses and finish the project on the estimated time and resources and with the expected quality, and Prevent the depletion of national resources of particular importance to the country. In addition, different quantitative and qualitative indicators with varying degrees of importance are to be taken into account in choosing an appropriate contractor. In this paper, first Analytical Hierarchy Process (AHP) which is one of the most comprehensive methods designed for decision making with multiple indexes is elaborated upon and then we describe the method of selecting the appropriate contractor among the contractors present in the tender for the implementation of a construction project using Analytical Hierarchy Process(AHP) based on the prioritized indicators.

Keywords:

Analytical Hierarchy Process, Constructive project, appropriate contractor.

* Corresponding author: mreza_dadashi@pnu.ac.ir

Numerical analysis of the effects of clay blanket and cut-off wall on reducing seepage from earth dam foundation

Farzad Farokhzad

Assistant professor, Departement of civil engineering, Mazandaran Institute of Technology, Mazandaran, Iran

Mohammad Javad Shabani*

Lecturer, Departement of civil engineering, Tabari Institute of Higher Education, Mazandaran, Iran

Farshad Shojaei

Masters, Departement of civil engineering, Mazandaran Institute of Technology, Mazandaran, Iran

Accepted: ??/??/????

Received: ??/??/????

Water level difference on both sides of earth dam provides seepage of water from body and foundation of dam. Various methods such as the implementation of a clay blanket, cutoff wall and combination of them are used to reduce seepage from the foundation of earth dam. In present study, Seep/w software was used to investigate the seepage from the foundation of earth dam under the influence of clay blanket, cut-off wall and combined method of them. The results showed that combination of clay blanket and cut-off wall with full height by the end of permeable layer was not significantly effective compare to case without clay blanket and reduction in seepage (percentage) was almost identical in the both cases. But if clay blanket is used with incomplete cut-off wall, reduction in seepage will be doubled compared to the use of incomplete cut-off wall without clay blanket.

Keywords:

Clay blanket, Cut off wall, Seepage, Earth dam.

* Corresponding author: javad.shr@gmail.com

Comparison of the Effect of Novel Additives on the Technical Characteristics of Asphalt Concrete with Topeka grading

Ramin Bayat

Lecturer, Sama technical and vocational training college, Islamic Azad University, Kermanshah, Iran

Hasan Taher khani*

Associate professor, Department of Civil Engineering, University of Zanjan, Zanjan, Iran

Mohammadreza Habibi

Assistant professor, Department of Civil Engineering, Kermanshah Branch, Islamic Azad University, Kermanshah, Iran

Accepted: 11/08/2019

Received: 06/07/2019

Additives have been widely used in asphalt concrete in recent decades, most notably nanocloisite and polypropylene fibers. These additives have been used in civil engineering, especially pavement, to improve the physical and mechanical properties of asphalt mixtures. In this study by adding different percentages of nanocloisite and polypropylene fibers separately and jointly in asphalt mix and performing Marshall tests, data analysis and drawing of necessary graphs, it was observed that these additives increase with Marshall resistance, percentage of space. The asphalt mix vacancy and the percentage of vacant stone materials have a direct and psychological relation, the percentage of bitumen space and the specific weight of the inverse ratio. In the meantime, the composition of nanocloisite and fibers had the greatest effect on the properties of the asphalt mixture, then the nanocloisite individually and finally the fibers had the least effect on the mixture. According to the results and the specification limits, the optimum percentages for the composition of nanocloisite and fibers, 3% nanocloisite and 0.3% fibers were obtained, which had the best effect on the asphalt mixture conditions. The results indicate that nanocloisite has a high filling role, improves the adhesion between the bitumen and the aggregate, resulting in an increase in bitumen volume and eventually increases the bitumen membrane thickness around the aggregates. The fibers are also reinforcing, absorbing materials and bitumen, and react with the chemical mixture.

Keywords:

Nanocloisite , Asphalt Concrete, polypropylene fibers, Topeka, Grading.

* Corresponding author: ramin.bayat67@gmail.com

Assessment of the Idea of Using Various Types of Plastic Waste in Concrete Production: Engineering Properties

Saman Rahat Dahmardeh*

Masters, Department of Civil Engineering, University of Sistan and Baluchestan, Sistan and Baluchestan, Iran.

Mohammad Hassan Mirabi Moghaddam

Assistant professor, Department of Civil Engineering, University of Sistan and Baluchestan, Sistan and Baluchestan, Iran

Accepted: 25/07/2018

Received: 23/04/2018

Nowadays, based on the rapid growth of population, urbanization and industrialization of cities, the huge amounts of solid waste are generated daily in developing countries, which management of these wastes has become a serious challenge for environmentalists and municipal officials. A considerable proportion of the solid waste is related to the plastic waste, which just a little portion of them will be recycled. One of the alternative ways for recycling plastic wastes is to use these wastes in the concrete productions. So, assessing the engineering properties of this kind of concrete for using in different civil targets is essential. For this purpose in the current paper, attempt has been made to study the effects of adding various types of plastic waste on the fresh and hardened properties of concrete by evaluating the results of experimental data. Although results show that the addition of plastic waste particles in the concrete mixture leads to the decrease of mechanical properties, but this composite concrete can be used in the several structural and non-structural applications and also considered as a practical idea to entrepreneurship.

Keywords:

Concrete, Environment, Plastic Waste, Workability, Mechanical Properties.

* Corresponding author: Saman.dahmarde@yahoo.com

The Principle of the coincidence of opposites in mysticism, Iranian art and architecture

Vida Taghvaei*

Associate Professor, Faculty of Shariaty, Technical and Vocational University, Tehran, Iran.

Sahar Borhanifar

Ph.D student, Department of Architecture, Islamic Azad University, Khozestan, Iran.

Accepted: 01/09/2019

Received: 05/08/2019

Art and architecture are mainly the product of community culture rather than that of one or more individuals decision. Being content with the bodies recognition and their form and neglecting their link with the cultural context, leads to the superficiality. It is written in logic that two opposites can not be combined. Aristotle's logic also confirms the dualism, the distinctions, the varieties and the differences. while it seems that god's adjectives and dualities in the world and the mystical thinking, confirm coincidence of opposites. Also in Christian and Taoism mysticism, coincidence of opposites, is also accepted. It also exist in the new hermeneutics. Rumi knows the opposites and the coincidence of opposites from the principles of creation. The Principle of combination and the coincidence of opposites can be seen among all the world's phenomena.

The purpose of the present research is to prove the coincidence of opposites in the essence of mystical thoughts and its impact on the essence of art and architecture and to find the case studies. In this regard, based on the qualitative method and the strategy of logical reasoning, we study the principle of the coincidence of opposites in the essence of mystical thoughts and its art and architecture manifestations and study the contrasting qualities in their case studies. The results of the research show that the coincidence of opposites in the universe, is theology and one of the principles of creation. The theology that after penetrating in to the society gradually has turned in to the norm, the value and the taste and has consciously and unintentionally emerged in art and architecture.

Keywords:

The Principle of Coincidence of Opposites, Mysticism, Art, Iranian Architecture.

* Corresponding author: taghvaei@shariaty.ac.ir

The effect of Lignocellulosic material and Resin Content on Physical and Mechanical Properties of Particle Board

Mohammad Ghofrani*

Professor, Department of Wood and Paper Sciences and Technology, Faculty of Materials Engineering and New Technologies, ShahidRajaei Teacher Training University, Tehran, Iran.

Anusheh Fazeli

Ph.D. Student, Department of Wood Science & Technology, Faculty of Wood and Paper Engineering, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Golestan, Iran.

Accepted: 02/09/2019

Received: 02/07/2019

In the present study, the use of wheat straw fibers and industrial wood particle as a renewable lignocellulosic resources for manufacturing particle board was investigated. For this purpose, urea formaldehyde resin was used at two levels of 10% and 12% based on the dry weight of the raw material. The cake was compressed by a hot hydraulic press at a pressure of 150 bar for 12 minutes at 150 °C. Then physical and mechanical properties of samples such as water absorption and thickness swelling after 2 and 24 hours immersion in water, internal bonding, modulus of elasticity and modulus of rupture were evaluated according to EN310. The results showed that the wheat straw fibers increased water absorption and swelling thickness of 2 and 24 hours due to increase in hydrophilicity; That is, the effect of the type of lignocellulosic material on the thickness swelling of 2 and 24 hours depended on the percentage of resin used. Application of industrial wood particle fibers in comparison to wheat straw particles decreased significantly water absorption and thickness swelling of 2 and 24 hours. Remarkable decrease in water absorption of 2 and 24 h was observed with increasing resin content. The internal bonding of samples made with industrial wood particle showed a significant increase compared to the samples made with wheat straw. Modulus of elasticity and modulus of rupture of samples made with wheat straw increased significantly due to the greater compression of straw particles during pressing.

Keywords:

wheat straw, lignocellulosic waste, particle board, physical and mechanical properties.

* Corresponding author: anushehfazeli3731@gmail.com

Assessment of the Potential of Using New Media Art Technology in Higher Education as an Instrument of Effective Media-Based Teaching through the Framework used in the SECTIONS Model

Mirmohammadreza Heydari*

Masters, MFA new technologies of art, Brera, Italy.

Zahra Bakhtiari

Masters, Department of Industrial Engineering, Amirkabiruniversity of technology, Tehran, Iran.

Accepted: 05/09/2018

Received: 01/01/2019

The main purpose of this Article is to provide an assessment for the potential use, outcomes and impacts of employing new media art technologies as one possible and viable instrument of effective teaching with particular emphasis on technical, vocational and skilled training in higher education. The researchers have specifically examined the five new media art technology-based teaching interface including: virtual reality, augmented reality, simulation, computer games; and sensitive multi-media environments with respect to their appropriateness and scope based on the model proposed by Bates and Poole in a bid to assess the effectiveness and influence of media-based education mapped by the framework used in SECTIONS model. The framework used is the SECTIONS model, which stands for: Students, Ease of use, Costs, Teaching functions, Interaction, Organizational issues, Networking, Security and privacy.

Made use of these eight major criteria as guidelines to select an instructional media-based technology through setting a set of appropriate questions and ensuing careful analysis, assessments and evaluations the result of which would lead to help inform an instructor/assessor when making decisions about which media or technologies to use. The outcome of this research study whilst illustrating the emphasis put on various factors and criteria influencing media selection and technologies for teaching and learning, puts forward propositions for the optimal use of media available.

Keywords:

Educational Technology, Educational Media, New Media Art Technologies, Virtual Reality, Augmented Reality, Computer Games, Multi-media Environments, Sensitive Settings and Spaces.

* Corresponding author: Rheidari2006@gmail.com

Table of contents

Explanation of Smart City and Urban Smart Transportation Solutions	
Khosro Pourjavan	1
A Comprehensive and Practical Model to Implement Risk Management in Construction Projects based on PMBOK Standard	
Shiva Mansoorzadeh- Mohammad Hussein Nezami Pakdeh.....	2
Performance Pathology of Historic Adobe Structures and Their Methods of Retrofitting	
Ebrahim Khalilzadeh Vahidi - Reza Moradi - Parasto Khalilzadeh Vahidi.....	3
Comparison of reflection coefficient of 2800 Iranian earthquake code with different area of Gorgan city in seismic response of steel building	
Payam Shafeie Foujerdi.....	4
Explanation of security in urban neighborhoods based on physical indicators and environmental design; Case Study: Ilam city	
Mansour Mansouri.....	5
Determining appropriate Contractor for doing Constructive Projects by using Analytical Hierarchy Process (AHP)	
Mohammadreza Dadashi - Firooz Mohammadi.....	6
Numerical analysis of the effects of clay blanket and cut-off wall on reducing seepage from earth dam foundation	
Farzad Farokhzad -Mohammad Javad Shabani -Farshad Shojaei	7
Comparison of the Effect of Novel Additives on the Technical Characteristics of Asphalt Concrete with Topeka Grading	
Ramin Bayat - Hasan Taherkhani- Mohammadreza Habibi.....	8

Assessment of the idea of using various types of plastic waste in concrete production: engineering properties	
Hajihe Bastami-Simin Janitabar Darzi	9
The Principle of the coincidence of opposites in mysticism, Iranian art and architecture	
Vida Taghvaei- Sahar Borhanifar	10
The effect of lignocellulosic material and resin content on physical and mechanical properties of particleboard	
Mohammad Ghofrani - Anusheh Fazeli	11
Assessment of the Potential of Using New Media Art Technology in Higher Education as an Instrument of Effective Media-Based Teaching through the Framework used in the SECTIONS Model	
Mirmohammadreza Heydari- Zahra Bakhtiari	12

Karafan

The Scientific - Extension Semi Annual of Technical and
Vocational University
Spring and Summer, 2019
Vol. 16, No. 45



License Holder: Technical and Vocational University
Director- in-Charge: Ebrahim Salehi Omran (Ph.D)
Editor-in- Chief: Nematollah Azizi (Ph.D)
Internal Director: Azarchehr Sehat (Ph.D)

Cover designer and implementation:

Mohammad Moshtaghi -

Samira Danaseresht

Editorial Board:

Dr. Ebrahim Salehi Omran:

Professor of Mazandaran University and Technical and
Vocational University

Dr. Nematollah Azizi:

Professor of Kurdistan University

Dr. Seyyed Ali Asghar Ghoreishi:

Professor of Babol Noshirvani University of Technology

Dr. Masoud Shafiee:

Professor of Amir Kabir University of Technology

Dr. Seyyed Heydar Mirfakhreddini:

Associate Professor of Yazd University and Technical and
Vocational University

Dr. Vida Taghvaei:

Associate Professor of Technical and Vocational University

Dr. Reza Mahdi:

Assistant Professor of Research Institute for Cultural and Social
Studies

Dr. Mehdi Alinaqhizadeh Ardestani:

Assistant Professor of Technical and Vocational University

Dr. Meraj Rajaei:

Assistant Professor of Technical and Vocational University

Hasan Ahmadi, SimaAramesh, HamedArzani, Iraj Etesam, Hamidreza Beygzade shahraki, Khosro Poorjavan, Faramarz Jafari, Mohammadmostafa Jafari, Seyed Bagher Hosseini, Tahmineh Hosseini, Fatemeh Rostami, Farkhondeh Rostami, Parviz Saeedifar, Pedram Sodagar, Mohammad hossein Sameian, Shiva SafaIsini, Amir Tarighat, Ardeshtir Abdi, Alireza Ezodin, Mohammadmahdi Faezipor, Mohammadali Farahmand, Parviz Ghodousi, Shamsi Kakavand, Mohsen Maneshti, Mehdi Montazerolghaem, Ahmad Niknam, Zahed Vakili, Seyed Yusef Hashemi, Artemis Hoshyar

In the Name of God

Karafan

The Scientific – Extension Semi Annual of
Technical and Vocational University

Spring and Summer, 2019

Vol. 16, No. 45

Due to certificate No. 3/18/60837
dated 21/07/2013 **from the scientific
publications review of Commission of the Ministry of Science,
Research and Technology this journal has been licensed to publish.**

Address: Central Organization of Technical and Vocational University, No. 4,
Eastern Brazil St., Vanak Sq., Tehran, Iran
Postal Code: 1435761137
Tel: (+98-21)42350115 / (+98-21)42350417

Email: karafan@tvu.ac.ir
Website: <http://karafan.tvu.ac.ir>