

ISSN: 2538-3809

فصلنامه علمی تخصصی

മുസ്ലിം സമൂഹത്തിന്റെ
മുന്നിലുള്ള

سال ششم، شماره ۲ (پیاپی ۳۴)، تابستان ۱۴۰۰

ارزیابی و بررسی اقتصادی استفاده از بطری Panel و 3D Panel در کاهش هزینه‌های ساخت و ساز مسکن
رحیم امین زاده، مسعود بهشتی راد، کرملی عظیم زاده

استخراج ویژگی در تشخیص هویت از روی عنبیه با استفاده
از الگوریتم ژنتیک و شبکه عصبی مصنوعی
احسان نریمانی، افشین رضاخانی

کنترل ولتاژ و مدیریت توان راکتیو در سیستم‌های توزیع شعاعی تحت نفوذ بالای سیستم‌های فتوولتاییک با استفاده از الگوریتم ژنتیک

بابک صفری چابک، سجاد غلامرضایی سرولات، حمید امینی خوانندی، سولماز کاظمی، امیرحسین آمرزش

کاربرد سنجش فشرده در تخمین کانال سیستم‌های چند-ورودی چند-خروجی انبوه در نسل پنجم شبکه‌های تلفن همراه

پنهان کاری در انتقال داده‌های پزشکی — کی ایمن برای سیستم‌های مراقبت بهداشتی مبتنی بر IoT



نشریه

تهران، افسریه، ۱۵ متری چهارم، کوچه ۳۸، پلاک ۲۸، واحد ۲۴۸۷ / ۰۲۶۴۴۴۵۳۱۳۱ / ۰۲۱۳۳۲۰۲۴۸۷
نشانی: کرج، آزادگان، ابتدای بلوار مطهری، کوچه شهید سنجابی، پلاک ۲۸، واحد ۴ کدپستی: ۳۱۳۳۹۵۲۵۹۵
www.NRES.ir @Shij.journals@gmail.com

چاپ

تهران، افسریه، ۱۵ متری اول، کوچه ۲۸، پلاک ۳۹۳
نشانی: تهران، افسریه، ۱۵ متری اول، کوچه ۲۸، پلاک ۳۹۳
انتشارات هنر و علوم دانشگاهی، تلفن: ۰۲۱۳۳۸۴۰۷۹۲

صاحب امتیاز و مدیر مسئول: امیر حسین یوسفی
زیر نظر شورای سردبیری
مدیر اجرایی: منیژه ملائی

اعضای شورای علمی و داوری تحریریه: (به ترتیب حروف الفبا)

- دکتر محمدعلی ارجمند، عضو هیئت علمی دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی
- دکتر شهرزاد اسدی، عضو هیئت علمی دانشگاه شهید بهشتی
- دکتر رضا افضل، عضو هیئت علمی دانشگاه خواجه نصرالدین طوسی
- دکتر علی جباری، عضو هیئت علمی دانشگاه اراک
- دکتر نعمت حسینی، عضو هیئت علمی دانشگاه شهید بهشتی
- دکتر راحله خادمیان، عضو هیئت علمی دانشگاه بین‌المللی امام خمینی
- دکتر چنگیز دهقانپایان، عضو هیئت علمی دانشگاه تهران
- دکتر علی رحمانی هنزکی، عضو هیئت علمی دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی
- دکتر قدرت الله رودینی، عضو هیئت علمی دانشگاه سیستان و بلوچستان
- دکتر محبعلی رهدار، عضو هیئت علمی دانشگاه سیستان و بلوچستان
- دکتر مرتضی زیودار، عضو هیئت علمی دانشگاه سیستان و بلوچستان
- دکتر علی فروغی، عضو هیئت علمی دانشگاه تبریز
- دکتر محمدحسین کاظمی، عضو هیئت علمی دانشگاه شاهد
- دکتر علی لکی روحانی، عضو هیئت علمی دانشگاه زنجان
- دکتر سیدحمید هاشمی، عضو هیئت علمی دانشگاه اراک
- دکتر هجیر کریمی، عضو هیئت علمی دانشگاه یاسوج

فراخوان پذیرش مقاله:

نشریه «پژوهش‌های نوین علوم مهندسی» توسط موسسه مطبوعاتی مطالعات کاربردی شبک و با همکاری علمی اساتید برجسته دانشگاه‌های کشور به انتشار مقالات علمی در حوزه‌های مختلف علوم مهندسی می‌پردازد. از این‌رو از تمام اساتید، صاحب‌نظران، کارشناسان، دانشجویان و پژوهشگران دعوت می‌شود با ارسال مقالات علمی خود از طریق وبسایت نشریه به نشانی www.Nres.ir در پربارتر کردن این نشریه، ما را یاری نمایند. برای ارسال مقاله کافی است تا در وبسایت ثبت‌نام نموده و با ورود به پنل کاربری، مقاله خود را ثبت کنید.

محورها و موضوعات پذیرش مقاله:

- | | |
|--------------------------|------------------------------------|
| - مهندسی صنایع | - مهندسی برق و الکترونیک |
| - مهندسی عمران | - مهندسی انرژی و فیزیک |
| - مهندسی مکانیک | - مهندسی شیمی، نفت و پلیمر |
| - مهندسی معدن | - مهندسی کامپیوتر و فناوری اطلاعات |
| - مهندسی هوا فضا | - مبانی علوم مهندسی |
| - مهندسی مواد و متالورژی | - مدیریت دانش در علوم مهندسی |

فهرست مقالات

صفحه	عنوان مقاله
۱	ارزیابی و بررسی اقتصادی استفاده از بطری Panel و 3D Panel در کاهش هزینه‌های ساخت و ساز مسکن رحیم امین زاده، مسعود بهشتی راد، کرملی عظیم زاده
۱۱	استخراج ویژگی در تشخیص هویت از روی عنبیه با استفاده از الگوریتم ژنتیک و شبکه عصبی مصنوعی احسان نریمانی، افشین رضاخانی
۲۱	کنترل ولتاژ و مدیریت توان راکتیو در سیستم‌های توزیع شعاعی تحت نفوذ بالای سیستم‌های فتوولتاییک با استفاده از الگوریتم ژنتیک بابک صفری چابک، سجاد غلامرضایی سرولات، حمید امینی خانوندی، سولماز کاظمی، امیرحسین آمرزش
۳۱	کاربرد سنجش فشرده در تخمین کانال سیستم‌های چند-ورودی چند-خروجی انبوه در نسل پنجم شبکه‌های تلفن همراه محمدعلی عابدی
۳۷	پنهان کاری در انتقال داده‌های پزشکی ایمن برای سیستم‌های مراقبت بهداشتی مبتنی بر IoT تورج استواری

ارزیابی و بررسی اقتصادی استفاده از بطری Panel و 3D Panel در کاهش هزینه‌های ساخت و ساز مسکن

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۵/۳۰

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۶/۳۱

کد مقاله: ۲۷۶۸۰

رحیم امین زاده^۱، مسعود بهشتی راد^۲، کرملی عظیم زاده^{۳*}

چکیده

زمینه و هدف: ایده استفاده از بطری های آب معدنی با مشاهده سازه سه بعدی 3D پانل و سقف کوبیاس آغاز گردید به این نحو که در صورت استفاده از بطری های آب معدنی در دل سازه سه بعدی 3D پانل نقشی همانند توپ های پلی اتیلنی پر تراکم که جهت کاهش وزن و کاهش حجم بتن مصرفی در سقف کوبیاس مورد استفاده قرار گرفته اندرا دارند. و در سازه سه بعدی 3D پانل کاهش میزان مصرف یونولیت بکار رفته در این سازه را در پی خواهد داشت. همچنین از طرفی با کاهش میزان مصرف یونولیت غیرقابل تجزیه از تولید این محصول تا حدودی جلوگیری به عمل خواهد آمد و هم اینکه بطری های آب معدنی از محیط زیست جمع آوری خواهند شد. در همین راستا تلاش های مختلفی شده است که در این تحقیق سعی گردید علاوه بر استفاده از بطری های پلاستیکی از یونولیت های بکار رفته در سازه سه بعدی 3D پانل بطور مشترک استفاده گردد تا ضمن استفاده از بطری های آب معدنی و جمع آوری و کاهش تعداد بطری های رها شده در جوامع شهری استفاده بهینه تری هم از بطری های آب معدنی گردد و هم اینکه افزایش وزن به نسبت به 3D پانل جلوگیری بعمل آید. در این مقاله با ساخت نمونه های جدید در قالب بلوک های تک سلول های کوچک از بطری پانل، 3D پانل که مورد مطالعه قرار گرفته و نتایج در خور توجه آنها مورد بررسی قرار گرفت.

روش بررسی: جهت دستیابی به اهداف تحقیق ما با استفاده از مواد مختلف از جمله بطری های آب معدنی، یونولیت و سازه های سه بعدی 3D پانل به تحلیل فرضیات مورد نظر دامن زدیم. این تحقیق کاربردی و از لحاظ رویکرد ماهیت «توصیفی-تحلیلی» دارد.

یافته ها: فرضیه های کاهش هزینه های ساخت دیوار، مقاومت فشاری، کاهش تعداد بطری های رها شده در محیط زیست و کاهش مصرف یونولیت مورد تایید قرار گرفت که تاثیر بسزایی در ساخت دیوار های بطری پانل برای ساختمان ها به همراه دارند. نتایج به دست آمده از تحلیل نتایج آزمایشگاه و فرضیه ها نشان داد در مجموع از نظر صرفه اقتصادی و کاهش مصرف یونولیت دیوارها ساخته شده با بطری های آب معدنی نسبت به دیوارهای مشابه (3D Panel) در برخی موارد عملکردی مشابه و در برخی موارد دیگر از عملکرد مناسب تری برخوردار می باشند.

واژگان کلیدی: بطری های آب معدنی، پلی اتیلن ترفتالات (PET)، 3D پانل، بطری پانل، یونولیت، صرفه اقتصادی

۱- استادیار گروه عمران، دانشکده مهندسی عمران و معماری دانشگاه فنی و حرفه ای تهران، ایران.

۲- استاد گروه عمران، دانشگاه آزاد اسلامی واحد سیرجان.

۳- دانشجوی مقطع کارشناس ارشد مهندسی عمران، مدیریت ساخت. دانشگاه آزاد اسلامی واحد سیرجان، ایران. (نویسنده مسئول)

۱- مقدمه

در سال های اخیر مبارزه با آلودگی های زیست محیطی بیشترین توجه کشورهای جهان را به خود معطوف نموده است. در حقیقت این آلودگی ها محصول جمعیت و پیشرفت تکنولوژی صنعتی می باشد که مستلزم بکارگیری روش ها و برنامه ریزی گسترده در این حوضه می باشد. برای همین منظور کنترل دهها هزار نوع مواد سمی و خطرناک در محیط، بخش عمده ای از مبارزه بر علیه آلودگی های زیست محیطی را تشکیل داده است. لذا در سال ۱۹۷۵ موضوع بازیافت مواد زائد به شکل جدی در دستور کار و برنامه ریزی جهت دفع زباله ها آغاز گردید. امروزه بازیافت طوری مورد استقبال کشورهای جهان قرار گرفته است که جزء لاینفکی از مدیریت مواد زائد به شمار می رود. (مرادی ۱۳۸۷). معمولاً از بطری های خالی پلاستیکی در موارد گوناگون و بطور مجدد استفاده می شود که بیشترین استفاده از این مواد برای تولید لوازم پلاستیکی بازیافتی از جمله پتو، لباس اسکی، کیسه خواب و غیره می باشد. همچنین در ساخت ساختمان های سستی اکثر، کشورهای همچون نیجریه، آرژانتین و تایلند و حتی در بعضی از نقاط کشور عزیزمان ایران در چندین موارد از بطری های نوشیدنی جهت ساخت ساختمان با بطری پلاستیکی اجرا گردیده و از این طریق پیام اهمیت و ضرورت استفاده و بکارگیری از بطری های پلاستیکی را برای همگان آشکار نمودند. بیشترین شکل استفاده از بطری های پلاستیکی جهت ساخت دیوار به گونه ای می باشد که با استفاده از خاک در درون بطری ها و قرار دادن آنها روی هم و استفاده از ملات خاک یا سیمانی بین رج های آنها و بستن سر بطری ها توسط یک طناب پلاستیکی جهت یکپارچه شدن بطری ها با یکدیگر می باشد از آنجائیکه هزینه ساخت و ساز این نوع سازه ها نسبت به سایر مصالح دارای قیمت ارزان و هزینه پایین تری می باشد همچنین از جمله مواردی که می تواند به آن اشاره نمود هزینه های زیاد ساخت مسکن و نیاز روز افزون تهیه مسکن برای جوانان با قدرت خرید پایین می باشد که در سایر کشور های با استفاده از بطری های خالی از نوشیدنی ها سعی بر رفع مشکلات مالی و پاکیزه نگه داشتن محیط اطراف خود شده است. که اهمیت موضوع را در سایر جوامع و ملل و نیاز به تهیه مسکن ارزان و مقاوم را بیان می نماید. پس می تواند نتیجه گرفت بازار مستعد و پویای این صنعت در پیش روی مهندسین عمران و ساختمان خواهد بود.

۲- بیان مساله

در حال حاضر میزان مصرف آب های بطری شده به دلیل عدم اطمینان مردم به کیفیت آب لوله کشی شهری در حال افزایش است. با توجه به اینکه عمده مصرف کنندگان آب بطری شده نگرانی از کیفیت آب لوله کشی شهری را دلیل مصرف آب بطری شده اعلام کرده اند و همین موضوع عامل مصرف آب های بطری شده در ایران را به سرعت افزایش داده است. آثار زیست محیطی ناشی از بطری های پلاستیکی PET شامل مواردی نظیر عدم تجزیه زیستی این بطری ها و افزایش حجم زباله های تولیدی، همچنین مصرف انرژی بیشتر ناشی از تولید و حمل و نقل بطری های آب در قیاس با شبکه لوله کشی می باشند. لذا بررسی علل تمایل مردم به استفاده از آب های بطری شده با توجه به اثرات بهداشتی و زیست محیطی دفع بطری های ناشی از آن می طلبد که با فرهنگ سازی و اطلاع رسانی مناسب به شهروندان و ایجاد اطمینان لازم در خصوص قابل قبول بودن کیفیت آب شرب شبکه در بین مردم و حتی سمی بودن آبهای بطری شده، می تواند از مصرف بی رویه آب های بطری شده و اثرات بهداشتی و زیست محیطی ناشی از آن را کاهش داد. (پشم تاب، ۱۳۹۶). همزمان با کاهش مصرف و ایجاد راهکارهای عملی جهت استفاده مجدد از بطری های آب معدنی از اثرات منفی وجود بطری های پلاستیکی در محیط زیست جلوگیری بعمل آید. در سالهای اخیر تمرکز بیشتری روی نحوه جمع آوری و استفاده مجدد از برخی ضایعاتی صورت گرفته است که می توانند دوباره در چرخه مصرف قرار بگیرند. اولین گام در راستای حفظ محیط زیست تفکیک مناسب زباله ها و گام بعدی بازیافت برخی از ضایعات به مواد قابل استفاده می باشد. امروزه نگاه دیگری به ضایعات وجود دارد و آن، بازیافت زباله ها به چرخه مصرف در زمینه ایجاد مصالح ساختمانی است. این نگرش حاکی از اینست که ضایعات فقط از تخریب ساختمان ها یا جاده سازی و غیره حاصل نمی شود بلکه زباله های تولید شده روزانه مانند زباله های خانگی یا تجاری میتواند با فرآیند بازیافت به یک مواد و مصالح قابل استفاده در ساختمان سازی تبدیل گردد (سپهری، ۱۳۹۵). حال با توجه به اینکه سازه سه بعدی 3D پانل علاوه بر مزایای معرفی شده از آن، دارای یک سری معایب مانند هزینه بالای خرید بوده که می تواند سازه سه بعدی 3D پانل به نحوی بهینه تر تهیه و ساخته شود و با کاهش حجم یونولیت بکار رفته در آن هزینه ساخت این محصول صنعتی را کاهش داد و همچنین بدلیل عدم تجزیه پذیری یونولیت مجبور به تولید محصولی غیر قابل بازیافت در صنعت نباشیم و تولید آن را بصورت حداقلی انجام دهیم. می تواند به این نکته اشاره نمود که به تنهایی استفاده از مواد غیر قابل تجزیه و جمع آوری آنها از محیط زیست جهت حفظ و حراست از طبیعت کافی نمی باشد و باید از تولید این گونه محصولات جلوگیری بعمل آید. در همین راستا با استفاده مشترک بطری های آب معدنی با یونولیت سازه سه بعدی 3D پانل و با کاهش حجم استفاده از یونولیت هزینه تولید سازه سه بعدی 3D پانل را کاهش خواهد داد و از طرفی بدلیل ارزشمند شدن این بطری ها سعی و تلاش جهت جمع آوری بطری های آب معدنی از سطح معابر شهری و بیرون

شهری باعث خواهد گردید حجم قابل توجهی از آنها جمع آوری و از تعداد آنها در محیط زیست کاسته می گردد. مزایای استفاد از بطری های آب معدنی می تواند به هزینه کمتر نسبت به یونولیت، کاهش هزینه های باز تولید بطری به سایر محصولات بازیافتی، در دسترس بودن بطری های آب معدنی، جلوگیری از تولید زباله غیر قابل تجزیه صنعتی، جمع آوری زباله ها از محیط زیست و استفاده مجدد از آنها اشاره نمود. بطری های پلاستیکی برای یک مرتبه تولید می شوند و بعد از یک بار استفاده، چون استفاده دیگری ندارد دور ریخته می شود. بنابراین به جای دور ریخته شدن مجدد مورد استفاد قرار می گیرد و هزینه باز تولید مواد پلاستیکی به محیط زیست تحمیل نمی شود حال آنکه تولید یونولیت علاوه بر، هزینه بر بودن و عدم سازگاری با محیط زیست و عدم وجود تاریخ بازیافت صدمات جبران ناپذیر دیگری را به دنبال خواهد داشت. باید توجه داشت که دیوارهای 3D پانل عمدتاً نقش جدا سازی و تقسیم فضا را در ساختمانها ایفا می کند و به همین سبب در باربری و نقش سازه ای آنچنانی در ساختمان ایفا نمی کند. جایگذاری بطری ها در دل این دیوارها سبب می شود که عامل جدا سازی دیوار ها پابرجا باشد و همچنین وزن و سربار اضافه ای به ساختمان تحمیل نشود چراکه وزن تمام شده بطری ها تقریباً برابر با وزن یونولیت بکار رفته در این دیوارهای جدا کننده می باشد. قرار دادن بطری در این دیوارها و محصور شدن آنها بین دو لایه نازک یونولیت و دو لایه بتنی هیچ خلل در عملکرد این گونه دیوار ها ایجاد نمی کند.

۳- اهمیت و ضرورت تحقیق

مصرف روز افزون مواد پلاستیکی باعث گردیده که حجم زیادی از این پلاستیک ها پس از مصرف بصورت ضایعات دور ریخته شوند. یکی از دلایل ازدیاد مصرف پلاستیک و مواد پلاستیکی (بطری) توسعه صنایع پتروشیمی و نفت می باشد. کالاهای پلاستیکی غالباً از مواد پلیمر مصنوعی ساخته می شوند که در مقابل عوامل محیطی مقاوم می باشند و بطور کامل در طبیعت تجزیه نمی شوند. همچنین این محصولات بدلیل داشتن ترکیبات شیمیایی و خاصیت مهاجرت قسمتی از ترکیبات شیمیایی خود با محتویات درون خود باعث اثرات سوء بهداشتی برای مصرف کننده را به همراه دارد که گزارشات متعدد از این نوع مهاجرت به مواد غذایی و آب معدنی شده است. همچنین استفاده روز افزون و گسترده پلاستیک PET به لحاظ خصوصیات منحصر به فرد آن و دارا بودن اثرات منفی بر روی سلامتی بشر و محیط زیست بسیار مورد توجه قرارگرفت بطوری که بررسی ها نشان می دهد مقادیر قابل توجهی از ترکیبات مونومرهای PET در مواد غذایی که در آنها از بسته بندی پلی اتیلن ترفتالات استفاده گردیده است وجود دارد. همچنین بالا بودن میزان استرهای اسید فتالیک که از اجزا مهم در ساخت پلیمرهای PET است در آب های زیر زمینی واقع در مناطق دفع زباله وجود دارد. بررسی های موجود نشان می دهد که استرهای فتالات و متابولیت آن اثر بازدارندگی بر تولید مثل ارگانیسم های آبزیان داشته و اثرات سوء بر موجودات خشکی مانند بازدارندگی تولید مثل جوندگان، سرطانزایی، ناهنجاری های جنینی، ناهنجاری های نوزدان و جهش زایی در موشها شده است. اهمیت و ضرورت بازیافت محصولات تولید شده از PET به حدی جدی می باشد که مطالعات فراوان در این حوضه انجام و با ارائه راهکارهایی سعی گردید تا از اثرات منفی ورود محصولات پلاستیکی PET که بیشتر برای بسته بندی آب استفاده می شود جلوگیری و به حداقل برسد. بطور کلی منافع حاصل از بازیافت PET یا زیست محیطی هستند و یا اقتصادی و هر کدام به نوبه خود دارای اهمیت می باشند. (مرادی ۱۳۸۷).

ضرورت قطع چرخه و زنجیره مواد غیر قابل بازیافت پلاستیکی از اهمیت ویژه ای برخوردار می باشد همچنین استفاده از بطری خالی به عنوان یک ماده پر کننده در ساخت دیوار های ساختمان، در کنار یونولیت جهت کاهش هزینه ها و کاهش وزن ساختمان، خود یک موضوع می باشد که نیازمند بررسی دارد. از آنجائیکه که مسکن ارزان قیمت یکی از دغدغه های جوانان می باشد استفاده از بطری های پلاستیکی در ساخت دیوار به میزان قابل توجهی هزینه های ساخت را کاهش خواهد داد بنابراین استفاده از بطری های خالی به عنوان یک ماده جایگزین جهت ساخت مسکن ارزان قیمت دارای اهمیت می باشد که نیازمند بررسی و تحقیق در این حوضه می باشد.

۴- اهداف تحقیق

از نظر اقتصادی: کاهش هزینه ساخت دیوار و کاهش مصرف یونولیت بعنوان ماده غیرقابل تجزیه
از نظر مقاومت: افزایش مقاومت فشاری
از نظر محیط زیست: جمع آوری بطری های آب معدنی

۵- تحقیقات داخلی و خارجی

استفاده از مواد دور ریز و غیر قابل تجزیه و ارائه راهکار جهت بکارگیری مجدد زباله امری پسندیده و متداول در اکثر کشورهای جهان می باشد که دارای زمینه های اقتصادی و زیست محیطی می باشد همچنین ذکر این نکته خالی از لطف نمی باشد که به تنهایی استفاده مجدد از این محصولات غیر قابل تجزیه جهت حفظ محیط زیست کافی نبود و جهانیان به سوی کاهش تولید مواد غیر قابل تجزیه در حال پیشرفت می باشند و در همین زمینه تحقیقات داخلی و خارجی متفاوتی وجود دارد از جمله :

موسوی و همکاران (۱۴۰۰) در تحقیقی با عنوان ساخت خانه زیست سازگار با محیط با استفاده از اکوپریک های ساخته شده از پسماند های بازیافتی به عنوان مصالح ساختمانی سبز ضمن اشاره به در حال افزایش بودن جمعیت جهان و نیاز مبرم به منابع جدید انرژی و مواد، آلودگی های ناشی از استفاده از سوخت های فسیلی و گسترش بیماری ها مختلف سبب شده که بازیافت و استفاده مجدد از انرژی طبیعی به عنوان یکی از راهکارهای حل مشکلات معرفی شد. استفاده از مصالح و موادی که قابلیت بازیافت و کاربرد مجدد دارند می توانند علاوه بر ایجاد نشاط و شادابی در بروز حس مسئولیت نسبت به طبیعت، مشکلات به وجود آمده ناشی از استفاده از مصالح ساختمان های صنعتی را کاهش داده و به دنبال آن در کاهش هزینه های پسماند پلاستیکی غیر قابل تجزیه به انسان ها و طبیعت کمک کند. در واقع ساخت خانه های زیست سازگار با محیط دارای اصول و قواعد خاص خود بوده که شامل صرفه جویی در منابع انرژی مورد نیاز از طریق بازیافت و استفاده مجدد مواد، حفظ انرژی و کاهش مصرف آب می باشد. انواع اکوپریک های تولید شده از بطری های پلاستیکی شامل اکوپریک های از نوع بلوک یا آجر ساختمانی است که به جای سیمان و ماسه و شن از پلاستیک غیر قابل بازیافت استفاده و با بسته بندی پوست چپس، کیک، پفک، بیسکویت و یونولیت، فیلتر های سیگار فاقد توتون انواع دستکش های پلاستیکی و سایر پلاستیکهای رنگارنگ و انواع نی های پلاستیکی، سلفون، چسب های نواری، انواع تیوپ خمیر دندان، ورقه دارو، انواع کیسه فریزر، درون بطری پلاستیکی متراکم شده استفاده می شود همچنین در تهیه این نوع از اکوپریک ها به هیچ عنوان نباید از مواد تجزیه پذیر و پسماند تر در بطری های پلاستیکی استفاده نمود و به عنوان بلوک در دیوارها استفاده می شود. نوع دیگر از اکوپریک ها نوع فشرده نام دارد که در تهیه آن از مواد پلاستیکی غیر قابل بازیافت و غیر قابل استفاده در نوع اول (اکوپریک بلوکی یا آجری) می باشد. در واقع پس از جمع آوری پسماندها و تمیز کردن آنها، پسماند خورده شده و پس از دادن حرارت به آنها و ذوب مواد، توسط دستگاه هیدرولیکی به ضخامت های مختلف فشرده و در رنگهای مختلف تولید و با قیمت تمام شده کمتر بکار گرفته می شوند.

منصور و علی (۲۰۱۵). در تحقیقی با استفاده مجدد از بطری های پلاستیکی به عنوان یک ماده ساختمانی جایگزین پایدار به بررسی عملکرد سازه ای و حرارتی بلوک های بتنی سنتی و بلوک های ساخته شده با بطری های پلاستیکی پر شده با ماسه خشک، ماسه اشباع و پر از هوا (بطری خالی) که توسط ملات ماسه سیمان به هم پیوند خورده اند مورد آزمایش و بررسی قرار داد که نتایج به شرح ذیل می باشد: بلوکهای بطری دار پر شده با هوا، کمی مقاومت بیشتری نسبت به بلوکهای بطری دار با سایر پر کننده ها دارد و ثابت شده که دارای پایداری سازه ای با ضریب اطمینان بالا می باشد. بلوکهای بطری دار پر شده با هوا می تواند جهت ساخت پارتیشن (در ساختمانهای چند طبقه) یا دیوار حمال با یک سقف دالی در ساختمان یک طبقه با ضریب اطمینان ۵/۸ مورد استفاده قرار گیرد. مواد پر کننده همچنین بر اساس مشخصاتشان مورد بررسی قرار گرفتند علاوه بر این مدل پیشنهادی اتاق توسط نرم افزار جهت بررسی رفتار اتاق ساخته شده مورد بررسی قرار گرفت و جهت مقایسه اتاق های ساخته شده با بلوکهای معمولی سنتی نشانگر این موضوع می باشد که بطری های پر شده با هوا دارای مشخصات عایق کنندگی بسیار بهتری نسبت به مدل ها سنتی ساخته شده می باشد. بنابراین استفاده از بطری های پلاستیکی به عنوان یک ماده پر کننده ساختمانی نه تنها از دفن شدن زباله آنها جلوگیری می کند بلکه به عنوان یک عایق حرارتی قابل قبول می باشد که همچنین از لحاظ سازه ای، پایدار و نگرانی های زیست محیطی را بر طرف می کند.

تافی و همکاران (۲۰۱۴) در تحقیقی به بررسی مشخصات و ویژگی های آزمایشگاهی آجرهای سازگار با محیط زیست همراه با پلاستیک های دور ریز و بطری های پلی اتیلن ترفتالات (PET) پرداختند. و هدف از این تحقیق امکان استفاده از آجرهای سازگار با محیط زیست و بکار گیری مصالح دور ریز و پلاستیک های تولید شده از تمام تولیدات بسته بندی شده و بازیافت آنها به نحوی که بتواند از پلاستیک های دور ریز را درون بطری های پلاستیکی به شکل یکنواخت متراکم و به بررسی خصوصیات و ویژگی های این نوع مصالح و مقایسه با مصالح سنتی از نظر عایق صوت و میزان انتقال نور مورد ارزیابی قرار داده است. نتایج حاصل از آن نشان می دهد که آجرهای زیست محیطی می تواند به عنوان یک منبع بادوام جهت مقاصد ساخت و ساز مورد استفاده قرار گیرد.

البکری^۱ و همکاران (۲۰۱۳). در تحقیقی به بررسی بتن های ساخته شده از ذرات درشت اصلاح شده پلی استایرن پرداختند. در ساخت این نوع از بتن قبل از ورود به خورد کن می بایست قطعات پلی استایرن به قطعات تقریباً یک سانتیمتر خورد و پس از خورد نمودن و آسیاب کردن قطعات بزرگ پلی استایرن آنها را در کوره به مدت ۲ دقیقه قرار و به میزان ۶۵-۶۸ درصد کاهش حجم منقبض و به ذرات درشت ۱۵ الی ۲۰ میلیمتری تبدیل شوند. که با نسبت آب به سیمان ۰/۴، ۰/۵، ۰/۶ تهیه شده است و با نسبت های متفاوت از دانه بندی ریز و درشت تحت آزمایش مقاومت فشاری و وزن مخصوص قرار داده شده اند که نتایج آزمایش ها پس از مقایسه بین نمونه های ساخته بتن معمولی و بتن های حاوی پلی استایرن پس از ۲۸ روز به این شرح می باشد.

مقاومت فشاری نمونه های مکعبی بتن معمولی از مقاومت فشاری نمونه های مکعبی حاوی پلی استایرن به میزان ۲۳ درصد بیشتر می باشند و وزن مخصوص بتن های حاوی پلی استایرن در مقایسه با بتن های معمولی به میزان ۳۰ درصد کمتر می باشند و با توجه به وزن مخصوص بتن های سبک (۱۸۰۰ کیلوگرم بر متر مکعب)، بتن های حاوی پلی استایرن به عنوان بتن سبک وزن دسته بندی می شوند.

رفعتی و همکاران (۱۳۸۵). در تحقیقی به بررسی ارزش بازیافت PET بدلیل و قیمت ارزان نسبت به سایر مصالح مثل شیشه و فلز، مقاومت بالا در برابر شکستگی، دما و نفوذ گاز و میزان مصرف این محصول در ایران اشاره شده بدلیل موفقیت روش استفاده از مراکز خرید در امر جمع آوری و بازیافت کاغذ باطله و قابلیت بیشتر آن جهت جمع آوری بطری های PET پس از مصرف از مبداء تولید بدون آغشته شده با مواد آلاینده خارجی و در نتیجه صرف هزینه کمتر جهت شستشو بطری ها جهت بازیافت آنها، این روش در مدت زمان ۵ سال در منطقه ۱۳ تهران مورد ارزیابی و آنالیز اقتصادی قرار گرفته است. جهت ارزیابی اقتصادی این طرح، تمامی هزینه ها از مرحله ساخت مراکز خرید، خرید بطری های PET از مردم تا آسیاب و تبدیل آن به پرک محاسبه شده است. منظور از محاسبه هزینه PET تا مرحله پرک به این معنی است که اکثر فعالیتهای موجود در حال حاضر به تولید پرک ختم شده است که این پرک ها اکثراً صادر می گردد. که شامل هزینه های ثابت و جاری می باشد. هزینه های ثابت مانند: ساخت غرفه، ساخت متراکم ساز، خرید میز و صندلی و خرید آسیاب پرک کننده که این هزینه ها در اوایل اجرای طرح در سال ۱۳۸۴ وجود داشته و هزینه های جاری شامل: اجاره محل غرفه، دستمزد متصدی غرفه، دستمزد بازرسی غرفه، سرویس جمع آوری هفتگی، خرید PET از مردم، اجاره واحد بازیافت، دستمزد پرسنل واحد بازیافت، هزینه های جانبی غرفه و هزینه های پیش بینی نشده می باشد. بررسی ها نشان داد در سال اول بهره برداری (۱۳۸۵) یا سال دوم اجرای طرح، هزینه ها تنها شامل هزینه جاری غرفه بوده که باز هم سود سال دوم بدلیل بالاتر بودن هزینه های جاری از درآمد منفی گردید. این طرح از اواسط سال ۱۳۸۶ هزینه و در آمد سر به سر و سود آوری از سال ۱۳۸۷ آغاز می گردد و نهایتاً در پنج سال اول طرح به لحاظ اقتصادی دارای توجهی بوده با در نظر گرفتن تورم سالیانه ۱۰ درصد موفق نامگذاری کرد. البته لازم به ذکر است که قبل از اجرای هر گونه طرح در ارتباط با زباله، آموزش مردم و فرهنگ سازی برای همکاری آنها با طرح، امری مهم و ضروری بوده و بدون این مهم حتی سود آورترین طرح ها نیز در اجرا و در شرایط واقعی به شکست مواجه خواهند شد.

(قاسمعلی، ۱۳۸۳). در این مطالعه مشخص گردید که میزان تولید PET در هر منطقه از شهر قم با فاکتورهای مختلفی نظیر موقعیت زمانی، مکانی، وسعت منطقه و ویژگی ها فرهنگی بستگی دارد.

۶- روش تحقیق

در این مقاله از روش نمونه گیری احتمالی ساده و حجم نمونه ها بسته به نیاز تعیین شده است همانگونه که در مقدمه توضیح داده شد روش تحقیق کاربردی و از لحاظ رویکرد ماهیت (توصیفی-تحلیلی) می باشد همچنین روش کار به موضوع، امکانات و اهداف تحقیق بستگی دارد. در تحقیق حاضر با توجه به اینکه هدف اصلی کاهش هزینه ساخت دیوار، افزایش مقاومت فشاری، جمع آوری بطری های آب معدنی و کاهش مصرف یونولیت بعنوان ماده غیر قابل تجزیه می باشد. لذا برای تدوین چارچوب نظری تحقیق و مروری بر تحقیقات پیشین از روش اسنادی نیز بهره گرفته شده است. به منظور جمع آوری اطلاعات، آمیزه ای از روش های تحقیق کتابخانه ای و میدانی استفاده می شود. روش تجزیه تحلیل به کمک ماشین حساب و ترازو، جک های فشاری صورت می گیرد.

۷- بررسی و تحلیل یافته ها

با مقایسه وزن بین بلوکهای تک سلولی به ابعاد ۱۰*۱۰*۳۰ برای دیوار با عرض ۱۰ سانتیمتر به وزن ۲٫۹۳ کیلوگرم، بلوکهای به ابعاد ۱۰*۱۵*۳۰ سانتیمتر برای دیوار با عرض ۱۵ سانتیمتر به وزن ۳٫۴۶ کیلوگرم ساخت شده و بلوکهای تک سلولی به ابعاد ۱۰*۲۰*۳۰ سانتیمتر برای دیوار با عرض ۲۰ سانتیمتر به وزن ۴٫۱۰ کیلوگرم ساخت شده بطری پانل با سازه سه بعدی 3D

1 Al Bakri.

پانل مشخص گردید که نتایج حاصل از آزمایش توزین، تمام نمونه ها با عرض ۱۰، ۱۵ و ۲۰ سانتیمتر ساخته شده از بطری پانل با نمونه های سازه سه بعدی 3D پانل وزنی برابر با یکدیگر داشته و تفاوت قابل ملاحظه ای با یکدیگر ندارند ولی وزن نمونه ای که درون آن تا نیمه از ماسه پر شده بود به میزان استفاده از ماسه خشک در درون آن (یک کیلوگرم) از سایر نمونه ها بیشتر بود. بررسی ها نشان داد بدلیل قرارگیری یونولیت در فضاهایی بین بطری ها و ایجاد یک سطح یکپارچه از ورود ملات بین بطری ها جلوگیری بعمل آورد و تاثیری منفی بر وزن نهایی بطری پانل نسبت به 3D پانل جلوگیری بعمل می آید. محاسبات اقتصادی نشان می دهد که به ازای کاهش استفاده از یونولیت (غیر قابل تجزیه در محیط زیست) و استفاده از بطری های آب معدنی به جای آن، هزینه تهیه بطری پانل (پانل های ساخت شده از بطری پلاستیکی و یونولیت) برای ابعاد $1,20 \times 1,20$ متر که بصورت پیش فرض در این مقاله در نظر گرفته شده است نسبت به سازه سه بعدی 3D پانل با همان ابعاد مورد مقایسه قرار گرفته و بطور مثال برای دیوارها با عرض 10 سانتی که از بطری ۰,۵ لیتری در تهیه آن استفاده شده است بیش از ۲۷ درصد، برای دیوارها با عرض ۱۵ سانتی که از بطری ۱,۵ لیتری در تهیه آن استفاده شده است بیش از ۴۳ درصد و برای دیوارها با عرض ۱۵ سانتی که از بطری ۰,۷۵ لیتری در تهیه آن استفاده شده است بیش از ۴۳ درصد و برای دیوارها با عرض ۲۰ سانتی که از بطری های ۲ لیتری و نیم لیتری بطور همزمان و مشترک استفاده گردد بیش از ۲۷ درصد و برای دیوارها با عرض ۲۰ سانتی که فقط از بطری های ۲ لیتری استفاده شده بیش از ۳۶ درصد و برای دیوارها با عرض ۲۰ سانتی که فقط از بطری های نیم لیتری استفاده شده بیش از ۲۳ درصد نسبت به هزینه تهیه 3D پانل کاهش هزینه، کاهش استفاده از یونولیت و صرفه اقتصادی دارند. (درصد کاهش هزینه های نوشته شده مربوط به مقایسه هزینه های یونولیت مصرف شده در بطری پانل و 3D پانل می باشد)

همچنین نتایج آزمون جک فشاری برای نمونه های بلوک تک سلولی بطری پانل های با عرض ۱۰ سانتیمتر دارای تحمل نیروی فشاری ۲ نیوتن بر میلیمترمربع برای بلوک با عرض ۱۵ سانتیمتر دارای تحمل نیروی فشاری ۲,۴۸ نیوتن بر میلیمترمربع و برای دیوار با عرض ۲۰ سانتیمتر دارای تحمل نیروی فشاری ۲,۸۷ نیوتن بر میلیمترمربع تحمل نیروی فشاری ثبت نمودن که نسبت به 3D پانل با همان عرض تغییری نداشت. همچنین حداقل تعداد بطری پلاستیکی آب معدنی جمع آوری شده از محیط زیست برای تولید بطری پانل به ابعاد $1,20 \times 1,20$ متر با ضخامت ۱۰ سانتی، تعداد ۶۶ عدد بطری ۰,۵ لیتری نیاز می باشد. برای تهیه بطری پانل با ابعاد $1,20 \times 1,20$ متر به ضخامت ۱۵ سانتی در صورتی که فقط از بطری های ۱,۵ لیتری استفاده گردد تعداد ۴۴ عدد بطری و در صورتی که فقط از بطری های ۰,۷۵ لیتری استفاده گردد تعداد ۶۶ نیاز می باشد. برای تهیه بطری پانل با ابعاد $1,20 \times 1,20$ متر به ضخامت ۲۰ سانتی سه نوع آرایش بطری در نظر گرفته شده است که نشان دهنده این موضوع می باشد که در صورت جمع آوری بطری های پلاستیکی آب معدنی از محیط زیست هیچ گونه محدودیتی جهت تولید این نوع دیوار نخواهیم داشت و به راحتی می تواند از هر سایز از بطری های آب معدنی استفاده نمود. برای آرایش اول در صورتی که از بطری های ۲ لیتری و نیم لیتری بطور همزمان و مشترک استفاده گردد تعداد ۱۶ عدد بطری ۲ لیتری و تعداد ۷۲ عدد بطری ۰,۵ لیتری مورد نیاز می باشد. آرایش دوم در صورتی که فقط از بطری های ۲ لیتری استفاده گردد تعداد ۴۲ عدد بطری ۲ لیتری مورد نیاز می باشد. آرایش سوم در صورتی که فقط از بطری های نیم لیتری استفاده گردد تعداد ۱۳۲ عدد بطری نیم لیتری مورد نیاز بوده که حجم قابل توجهی از بطری های پلاستیکی رها شده در محیط زیست با هر ظرفیتی می توانند برای ساخت بطری پانل از آنها بهره گرفت. از طرفی بدلیل اینکه وزن بطری های آب معدنی خالی بکار رفته برابر با حجم متناظر همان فضای از یونولیت می باشد و از نظر میزان وزن با هم برابر هستند پس تغییر در وزن سازه بطری پانل و سازه سه بعدی 3D پانل بوجود نیامد و بطری های بکار رفته هیچ گونه تغییر در ساختار سازه ای 3D پانل ایجاد نکرده اند و نتایج حاصل از آزمایش های مقاومتی، نشانگر عدم تغییر در مقاومت فشاری را نشان می دهد.



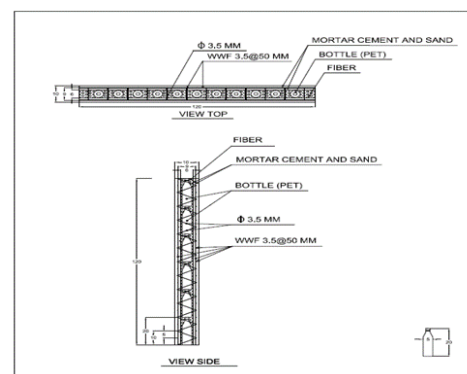
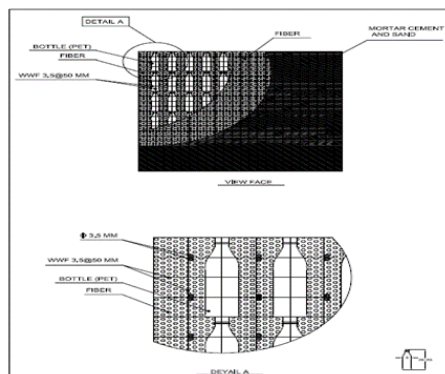
شکل ۱- ساخت نمونه تک سلولی از سازه سه بعدی 3D پانل با ابعاد $30 \times 15 \times 10$ سانتیمتر



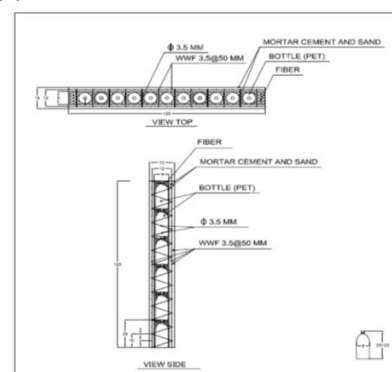
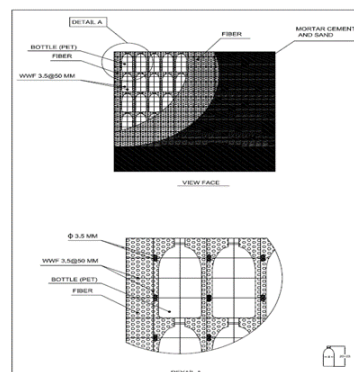
شکل ۲- ساخت نمونه تک سلولی از سازه بطری پانل با بطری خالی با ابعاد ۱۵*۳۰*۱۰ سانتیمتر



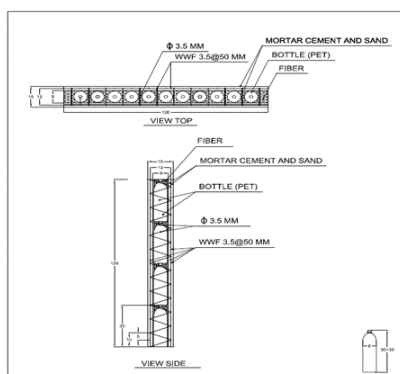
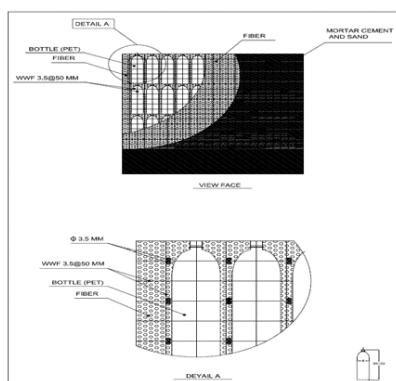
شکل ۳- ساخت نمونه تک سلولی از سازه بطری پانل با بطری نیمه پر شده از ماسه خشک با ابعاد ۱۵*۳۰*۱۰ سانتیمتر



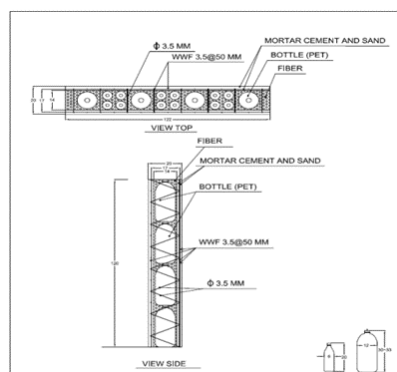
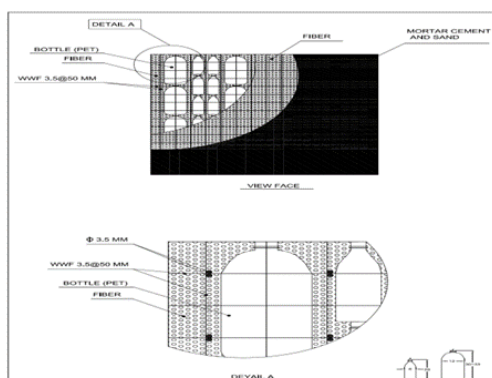
شکل ۴- طرح و نقشه ساخت دیوار بطری پانل با عرض ۱۰ سانتیمتر دارای بطری آب معدنی نیم لیتری همراه با یونولیت



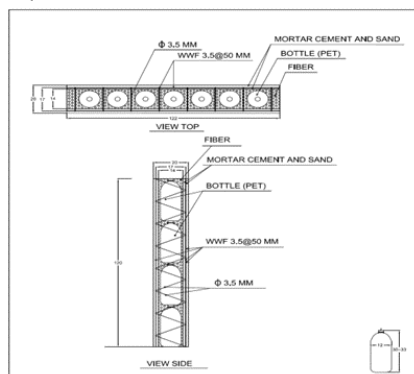
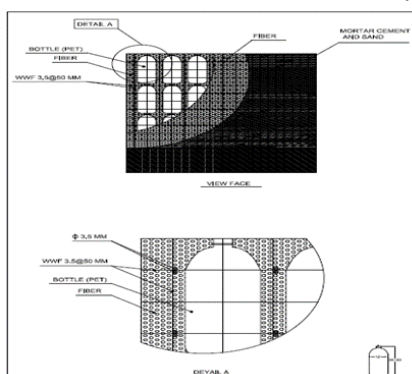
شکل ۵- طرح و نقشه ساخت دیوار بطری پانل با عرض ۱۵ سانتیمتر دارای بطری آب معدنی ۰٫۷۵ لیتری همراه با یونولیت



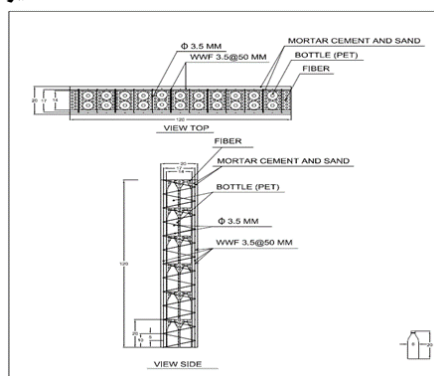
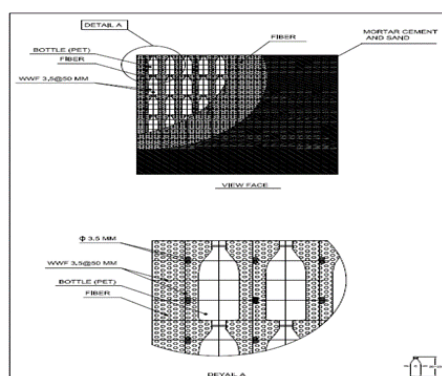
شکل ۶- طرح و نقشه ساخت دیوار بطری پانل با عرض ۱۵ سانتیمتر دارای بطری آب معدنی ۱٫۵ لیتری همراه با یونولیت



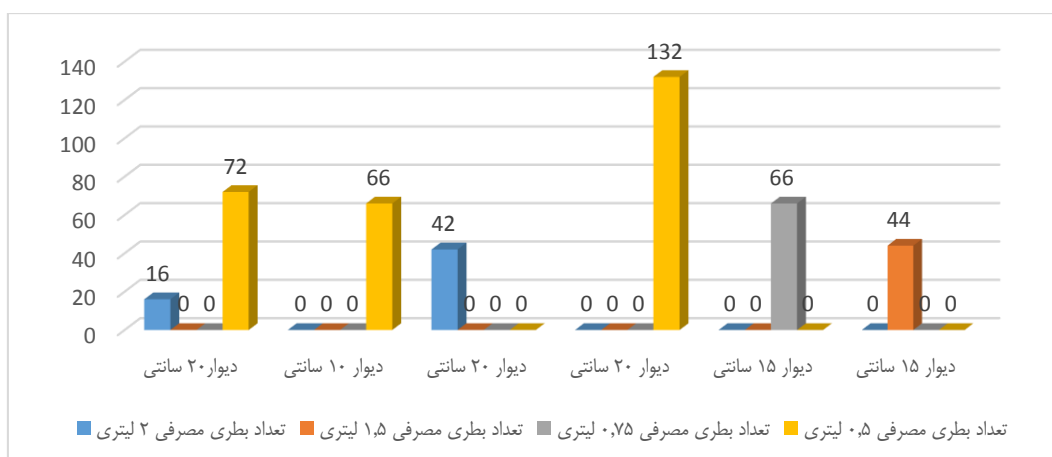
شکل ۷- طرح و نقشه ساخت دیوار بطری پانل با عرض ۲۰ سانتیمتر دارای بطری آب معدنی ۲ لیتری و نیم لیتری همراه با یونولیت



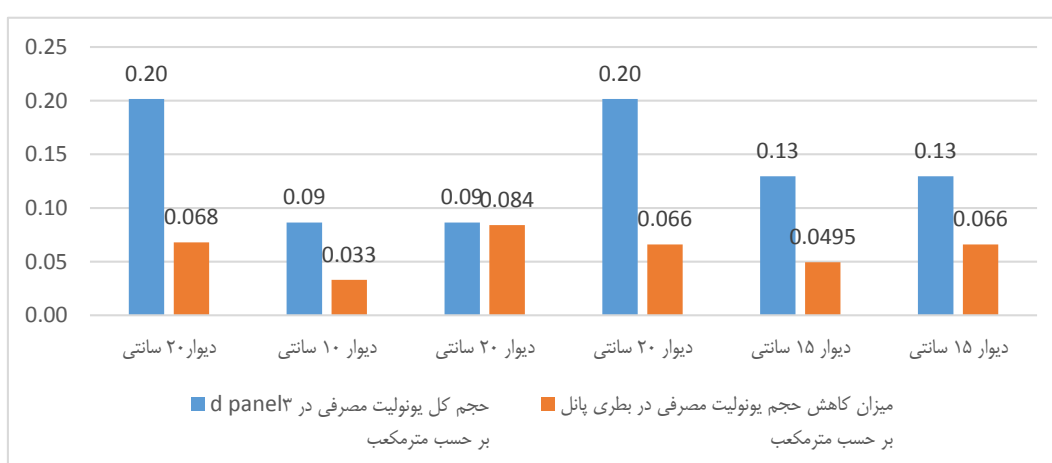
شکل ۸- طرح و نقشه ساخت دیوار بطری پانل با عرض ۲۰ سانتیمتر دارای بطری آب معدنی ۲ لیتری همراه با یونولیت



شکل ۹- طرح و نقشه ساخت دیوار بطری پانل با عرض ۲۰ سانتیمتر دارای بطری آب معدنی ۰٫۵ لیتری همراه با یونولیت



نمودار ۱- آرایش بطری‌های پلاستیکی براساس عرض دیوار غیر باربر بطری پانل، ظرفیت بطری‌های خالی آب معدنی و تعداد بکار رفته در ابعاد پیش فرض به ابعاد ۱,۲۰*۱,۲۰ دیوارها



نمودار ۲- مقایسه میزان مصرف و میزان کاهش مصرف یونولیت در دو نوع دیوارها در ضخامت‌های

۸- نتیجه گیری

با مقایسه وزن بین بطری خالی آب معدنی و یونولیت هم حجم آن مشخص گردید، بطری خالی آب معدنی هم وزن و برابر با یونولیت هم حجم خود بوده و با استفاده از بطری‌های خالی آب معدنی در دل سازه 3d پانل مشخص گردید تغییری در ساختار سازه ای و میزان مصرف بتن پاششی در هر دو نوع از سازه‌های بطری پانل و 3d پانل ایجاد نخواهد شد و همین امر باعث گردید تا تغییری در نتایج حاصل از آزمایش‌های مقاومتی نداشته و میزان مقاومت فشاری برای سازه‌های بطری پانل و 3d پانل با هم برابر و یا دارای اختلاف بسیار ناچیز باشد. البته نتایج حاصل از کاهش میزان مصرف یونولیت غیر قابل تجزیه یکی از نکات قابل اهمیت و مثبت در این مقاله می باشد که در هر نوع از آرایش‌ها با هر عرض از دیواره بطری پانل نسبت به 3d پانل می توان به آن اشاره نمود و نتایج اقتصادی ناشی از کاهش تولید و مصرف محصولات غیر قابل تجزیه (یونولیت) در بطری پانل با عرض ۱۰ سانتیمتر بیش از ۲۷ درصد و برای بطری پانل با عرض ۱۵ سانتیمتر بطور متوسط برای هر دو نوع آرایش بطری بیش از ۳۵ درصد و برای بطری پانل با عرض ۲۰ سانتیمتر بطور متوسط برای هر سه نوع آرایش بطری‌ها بیش از ۲۹ درصد کاهش هزینه و صرفه جویی اقتصادی را نسبت به 3d پانل در پی دارد. (درصد کاهش هزینه های نوشته شده مربوط به مقایسه هزینه های یونولیت مصرف شده در بطری پانل و 3D پانل می باشد) همچنین می تواند نتیجه گرفت جهت ساخت و ساز از دیوارهای غیر باربر، بطری پانل در ساختمان‌های مسکونی استفاده نمود و با قطع زنجیره انباشت بطری‌های پلاستیکی با استفاده مجدد از بطری‌های رها شده در طبیعت، گام‌های موثری در حفظ محیط زیست برداشت. ضمناً از نقطه نظر اجتماعی جهت جمع‌آوری بطری‌های پلاستیکی از سطح معابر شهری با ایجاد دکه‌های جمع‌آوری بطری‌های آب معدنی می‌تواند برای افراد کم‌درآمد و معزنین رها شده از بند اعتیاد با کمترین سرمایه ایجاد اشتغال نمود و به آنها در جدایی از منجلا ب اعتیاد کمک نمود. همچنین ضروری است جهت استفاده از دیوارهای بطری پانل، سایر جوانب ایمنی این نوع از دیوارها مورد بررسی قرار گرفته شود.

منابع

۱. موسوی، سید غلامرضا. شکوهمان، سکینه. قیاسوند، شیوا. (۱۴۰۰). ساخت خانه های سازگار با محیط با استفاده از اکوپریک های ساخته شده از پسماندهای بازیافتی به عنوان مصالح ساختمانی سبز. اولین کنفرانس ملی مدیریت سبز پسماند. گروه مهندسی بهداشت محیط. دانشگاه علوم پزشکی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران.
۲. مرادی، فریده. (۱۳۸۷). PET (پلی اتیلن ترفتالات) و اهمیت بازیافت آن. یازدهمین همایش ملی بهداشت و محیط. دانشکده علوم پزشکی زاهدان، ایران.
۳. رفعتی، مریم. عبدلی، محمد علی. حیدری، معصومه. عصارزاده، آزاده. (۱۳۸۵). مقاله آنالیز اقتصادی طرح پنج ساله جمع آوری بطری های PET با استفاده از مرکز خرید در منطقه ۱۳ تهران، اولین همایش تخصصی مهندسی محیط زیست، تهران، ایران.
۴. پشم تاب، پریرسا. تقی پور، حسن. محمد پور اص، اصغر و شقایق، عبدالرضا (۱۳۹۶) بررسی علل تمایل مردم به استفاده از آب بطری شده با توجه به اثرات بهداشتی و زیست محیطی دفع بطری های ناشی از آنها، هفتمین همایش سراسری محیط زیست، انرژی و منابع طبیعی پایدار
۵. غفوری، یدالله و عمرانی، قاسمعلی (۱۳۸۳). بررسی مسائل و مشکلات بازیافت PET (پلی اتیلن ترفتالات) در ایران و جنبه های بهداشتی بازیافت آن مطالعه موردی شهر قم، هفتمین همایش ملی بهداشت محیط. دانشگاه علوم پزشکی شهرکرد، ایران.
۶. خیرالدین، علی. قاسمی نقیب دهی، ماهان. و دهقان، مرتضی. (۱۳۸۹). مقایسه و بررسی خصوصیات دال های مجوف بادکنکی نسبت به دال های توپر و چگونگی طراحی آن، پنجمین کنگره ملی مهندسی عمران. دانشگاه فردوسی مشهد، ایران.
۷. سپهری، فریبا. (۱۳۹۵). مصالح ساختمانی که از بازیافت تولید می شوند. کنفرانس بین المللی نوآوری در علوم و تکنولوژی. بارسلون-اسپانیا.
۸. دستورالعمل طراحی، ساخت و اجرای سیستم های پانل پیش ساخته سبک سه بعدی - نشریه شماره ۳۸۵ (تجدید نظر اول)
9. Al Bakri, A. M., Zarina, Y., Noor, M. N., Kamarudin, H., Ruzaidi, C. M., & Rafiza, A. R. (2013). Study of Concrete using Modified Polystyrene Coarse Aggregate. In *Advanced Materials Research* (Vol. 740, pp. 502-506). Trans Tech Publications Ltd.
10. Mansour, A. M. H., & Ali, S. A. (2015). Reusing waste plastic bottles as an alternative sustainable building material. *Energy for Sustainable Development*, 24, 79-85..
11. Taaffe, J., O'Sullivan, S., Rahman, M. E., & Pakrashi, V. (2014). Experimental characterisation of Polyethylene Terephthalate (PET) bottle Eco-bricks. *Materials & Design*, 60, 50-56.

استخراج ویژگی در تشخیص هویت از روی عنبیه با استفاده از الگوریتم ژنتیک و شبکه عصبی مصنوعی

تاریخ دریافت: ۹۸/۰۴/۲۷

تاریخ پذیرش: ۹۸/۰۵/۳۰

کد مقاله: ۴۰۷۱۵

احسان نریمانی^{۱*}، افشین رضاخانی^۲

چکیده

امروزه سعی در مکانیزه سازی سیستم های شناسایی یا تشخیص هویت به یکی از مهمترین موضوعات تبدیل شده است. نیازی که پیشرفت در آن مزایای بسیاری در پی دارد از جمله باعث کاهش تخلفات، افزایش امنیت، تسريع در امور روزمره و ... شده است. در گذشته جهت شناسایی جرم و جنایتکار، از روال شناسایی اثر انگشت و چهرهنگاری استفاده می شده، اما اکنون سیستم های مکانیزه ای ایجاد شده است. فرآیند تشخیص و تایید هویت یک فرد به صورت خودکار را بیومتریک گویند. کلیه سامانه های بیومتریک دارای قابلیت تشخیص و تایید هویت به صورت یک جا هستند. مرحله تشخیص هویت با جستجوی ویژگی های فرد در بانک اطلاعاتی موجود در سامانه صورت می گیرد در مرحله تأیید هویت تمامی مقایسات شخص و بانک اطلاعاتی به صورت تک به تک انجام می شود، در بیش تر سامانه های بیومتریک مرحله ثبت نام در سامانه از مرحله تشخیص هویت جدا شده است. به طور کلی روش پیشنهادی در این پژوهش برای بازشناسی هویت به کمک عنبیه که یکی از تکنولوژی های بیومتریک می باشد، به این صورت است که یک الگوی عنبیه با انجام مراحل ضروری شناسایی عنبیه تولید می گردد و با الگوهای عنبیه پایگاه داده خیلی از اشخاص انطباق داده می شود. یک معیار انطباق در مرحله کدگذاری ویژگی استفاده می شود که مشابهت بین دو الگوی عنبیه را اندازه گیری می کند. این تحقیق از تلفیق الگوریتم ژنتیک و شبکه عصبی مصنوعی برای استخراج ویژگی در تشخیص هویت از روی عنبیه استفاده می کند. سامانه پیاده سازی شامل چند مرحله است. این مراحل عبارت اند از: قطعه بندی کردن (مشخص کردن مرزهای داخلی و خارجی یعنی مشخص کردن مرز بین مردمک- عنبیه و مشخص کردن مرز بین عنبیه- صلبیه در تصاویر چشم)، بهنجار کردن (نگاشت تصویر عنبیه به یک تصویر مستطیلی شکل با ابعاد مشخص)، استخراج ویژگی (کد کردن بردار ویژگی از تصویر بهنجار شده مرحله قبل)، تطابق (مقایسه کد فرد با سایر کدهای موجود در پایگاه داده به منظور تشخیص هویت فرد). پس از ارائه الگوریتم ها و پارامترهای مورد نیاز آن ها را در نرم افزار متلب وارد نموده و در ادامه با استفاده از الگوریتم پیشنهادی به شبیه سازی برای تشخیص چشم شخص خواهیم پرداخت.

واژگان کلیدی: تشخیص هویت، بیومتریک، عنبیه چشم، الگوریتم ژنتیک، شبکه عصبی مصنوعی

۱- کارشناس ارشد نرم افزار، دانشگاه غیرانتفاعی یاسین بروجرد، بروجرد، ایران (نویسنده مسئول)

f.shams1371@gmail.com

۲- استادیار و عضو هیئت علمی دانشگاه آیت اله بروجردی، بروجرد، ایران

۱- مقدمه

بیومتریک، فناوری تعیین یا تأیید هویت خودکار افراد بر اساس مشخصه‌های فیزیولوژیکی یا رفتاری منحصر به فرد انسانها می باشد و از جمله فناوری های نوظهور در عرصه فناوری اطلاعات است که مواجهه صحیح با آن مستلزم اتخاذ رویکردی جامع و همه جانبه نگر می باشد. کلیه سامانه‌های بیومتریک دارای قابلیت تشخیص و تأیید هویت به صورت یک جا هستند [1]. مرحله تشخیص هویت با جستجوی ویژگی های فرد در بانک اطلاعاتی موجود در سامانه صورت می‌گیرد و در صورت وجود اطلاعات ذخیره شده شخص در بانک اطلاعاتی سامانه، هویت او شناسایی و مشخص می‌شود. در مرحله تأیید هویت تمامی مقایسات شخص و بانک اطلاعاتی به صورت تک به تک انجام می شود، سامانه کد ورودی را با کد موجود مقایسه می‌کند و مشخص می‌کند که آیا مورد تشخیص داده شده درست است یا نه [2]. در بیش تر سامانه‌های بیومتریک مرحله ثبت نام در سامانه از مرحله تشخیص هویت جدا شده است، زیرا در مرحله ثبت نام باید این که آیا فرد قبلا در سامانه ثبت نام کرده است یا نه مدنظر قرار گیرد تا از ثبت نام یک نفر در سامانه با چند هویت مختلف جلوگیری شود و ضریب اطمینان سامانه بالا رود، در حالی که در مرحله تشخیص هویت مساله مهم فقط یافتن اطلاعات فرد از بین کدهای ذخیره شده در بانک اطلاعات است. خصوصیات یک ویژگی بیومتریک خوب جهت ذخیره سازی در بانک اطلاعاتی و استفاده در سامانه عبارتند از: منحصر به فرد بودن، استخراج پذیری، قابلیت تفکیک پذیری بالا و پایداری [3-4]. عنبیه یک دیاگرام دایره ای نازک است که بین قرنیه و عدسی چشمی شخص واقع می شود. نقش عنبیه کنترل مقدار نور ورودی به مردمک می باشد که این کار توسط ماهیچه های منبسط کننده و منقبض کننده انجام شده و اندازه مردمک را تنظیم می کنند. در کل می‌توان گفت، فناوری بیومتریک کاربردهای زیادی دارد. هویت شخص بر مبنای ویژگی‌های فیزیولوژیکی مانند عنبیه و اثر انگشت ... بررسی می‌شود که در میان این ویژگی های فیزیولوژیکی تأیید هویت فرد از روی عنبیه جالب توجه بوده است و در جامعه کنونی گسترش یافته است. الگوهای عنبیه در تشخیص هویت قابل اطمینان هستند و به سختی تغییر می‌کنند [5-6]. در این مقاله به استخراج ویژگی در تشخیص هویت از روی عنبیه با استفاده از الگوریتم ژنتیک و شبکه عصبی مصنوعی پرداخته می شود.

۲- روش مقاله

روش پیشنهادی در این مقاله برای بازشناسی هویت به کمک عنبیه که یکی از تکنولوژی‌های بیومتریک می باشد، به این صورت است که یک الگوی عنبیه با انجام مراحل ضروری شناسایی عنبیه تولید می‌گردد و با الگوهای عنبیه پایگاه داده خیلی از اشخاص انطباق داده می شود. یک معیار انطباق در مرحله کدگذاری ویژگی استفاده می‌شود که مشابهت بین دو الگوی عنبیه را اندازه گیری می‌کند. دو نوع مقایسه دسته‌ای وجود دارد. در مقایسه های درون کلاسی، مقایسه یک تصویر عنبیه با سایر تصاویر برای هر شخص ثبت می شود. این عمل به عنوان روند بررسی شناخته می شود. اما در مقایسه های زیر کلاس، مقایسه یک تصویر عنبیه با تمام تصاویر عنبیه برای یافتن تصاویری که به آن تعلق دارند صورت می‌گیرد که این روند پروسه شناسایی نام دارد. این دو دسته برای روند استخراج ویژگی بسیار با اهمیت هستند.

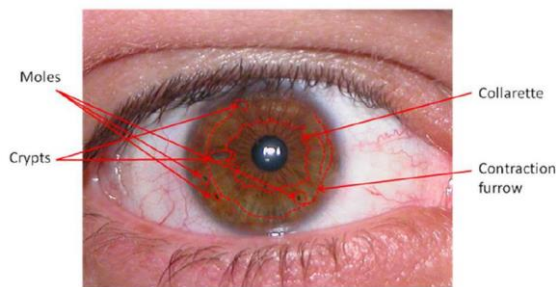
۳- اجرای شبیه سازی

برای انجام شبیه سازی ابتدا شرایط و پارامترهایی تعریف می شوند که در زیر لیست شده اند:

- چهل عکس از افراد مختلف
 - هر کدام از عکس ها به صورت جداگانه بخش بندی شده اند
- سیستم پردازش شده شامل ۵ مرحله اصلی است: تصویرگیری از چشم، محلی سازی عنبیه، برقراری سیستم‌های مختصات، فرآیند تشخیص و شناسایی عنبیه، تطابق

۳-۱- تصویرگیری از چشم

در این مرحله تصویر چشم با استفاده از یک دوربین دیجیتال گرفته می شود. یک چالش اصلی در سیستم تشخیص عنبیه، گرفتن تصویری با کیفیت بالا از عنبیه است. زیرا تشخیص عنبیه، به طور ذاتی به کیفیت تصویر عنبیه چشم و دستگاه های تصویرگیری اپتیکی مربوط می شود. با یک دستگاه تصویرگیری اپتیکی خوب، تصویر گرفته شده باید بافت عنبیه را با جزئیات خوبی مشخص کند. تصویر ۱ یک نمونه از تصویر عنبیه با کیفیت خوب را نشان می دهد.



شکل (۱) تصویر عنبیه با کیفیت خوب [4]

اگر ما نتوانیم یک تصویر با کیفیت خوب از عنبیه برای مرحله ثبت نام بگیریم، عملکرد تشخیص در مراحل بعد به شدت مشکل خواهد بود. بنابراین کیفیت تصویر نقش مهمی در مرحله تشخیص عنبیه دارد. برخی از دیتا بیس هایی که برای شبیه سازی در نظر گرفته شده است در شکل ۲ نشان داده شده است و تعدادی هم در فایل شبیه سازی موجود می باشد.



شکل (۲) برخی دیتا بیس های مورد نظر برای تشخیص چشم [۸]

۳-۲- محلی سازی عنبیه

مشخص کردن مرزهای داخلی و خارجی عنبیه در تصویر چشم با به کار بردن تصویر چشم در مرحله ی محلی سازی، مرزهای داخلی چشم، یعنی مرز بین مردمک و عنبیه و مرزهای خارجی چشم، یعنی مرز بین عنبیه و صلبیه در تصویر چشم مشخص می شوند. سپس مرکز و شعاع مردمک مشخص شده و با استفاده از آن شعاع چپ و راست عنبیه مبنی بر این داده ها مشخص می شوند.

۳-۳- برقراری سیستم های مختصات

با استفاده از مرکز و شعاع که در مرحله قبل محاسبه شده، ناحیه عنبیه را از مختصات کارتزین به مختصات قطبی تبدیل می کنیم. در این سیستم مختصات ویژگی های عنبیه استخراج می شوند.

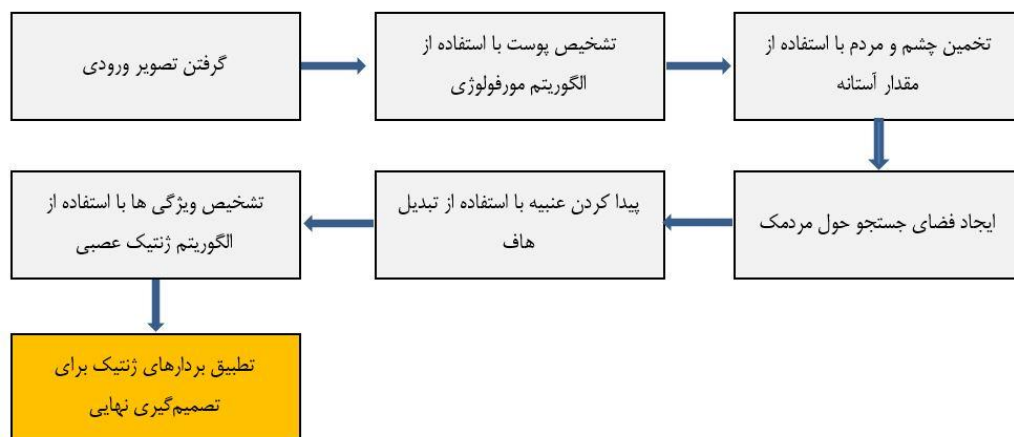
۳-۴- فرایند تشخیص و شناسایی عنبیه

بعد از تشخیص عنبیه برخی از قسمت های این ناحیه نویزی هستند و بافت ما نیاز به برخی فرایندها برای ناچیز گرفتن آرتیفکت ها دارد. پلکها و مژه ها منبع اصلی این مشکل هستند. در این کار ما مدل مخلوط گاوسی GMM را استفاده می کنیم.

سپس از الگوریتم ژنتیک برای تشخیص نقاط کلیدی و ذخیره آن در نمونه‌ای برای ثبت کاربر استفاده می‌کنیم. مزیت اصلی این کار سریع بودن آن برای فضای جستجو است. ما مشخصه‌های ژنتیک از ناحیه عنیبیه در پایگاه داده را به عنوان ویژگی‌های ماکرو و بازبایی مربوط عنیبیه‌ها از پایگاه داده ثبت می‌کنیم.

۳-۵- تطابق

در نهایت سیستم برای تشخیص یا شناسایی عنیبیه داده شده توسط نمره تطابق، یک تصمیمی می‌گیرد. شکل ۳ روند کلی از کارهای انجام شده را نمایش می‌دهد.



شکل (۳) فلوچارت تشخیص چشم با الگوریتم ژنتیک و عصبی [6-7]

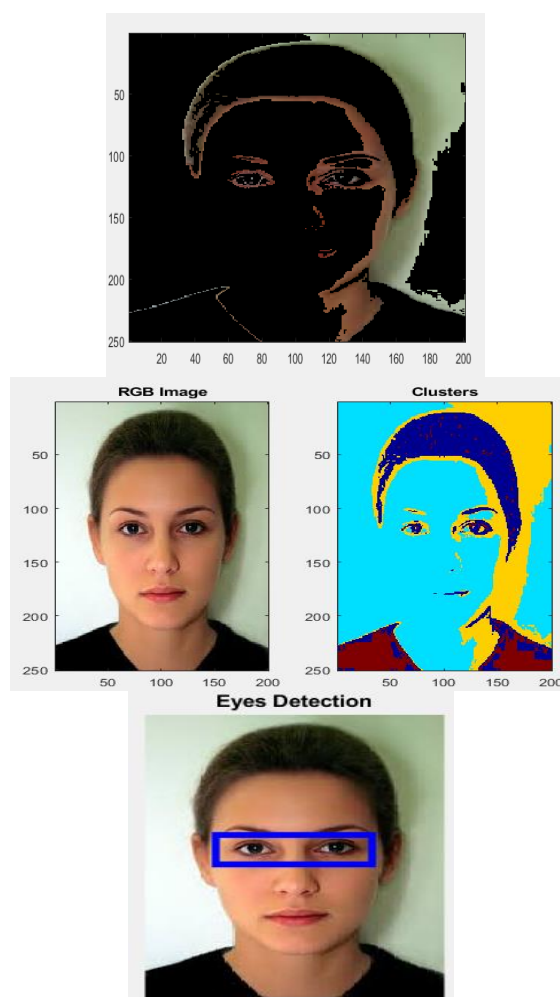
تشخیص عنبیه، اگر تصویر چشم واضح باشد و کنتراست بالایی داشته باشد، یک روند خیلی ساده ای خواهد داشت. اما در بسیاری از مواقع تصاویر واقعی که توسط سیستم های عنبیه در فاصله های طولانی به دست می آیند تار و نویزی هستند. سیستم های شناسایی بیومتریک جدید نیاز دارند که قابل اطمینان، کاربر پسندانه و سریع باشند. همچنین شرکت ها نیز تمایل دارند از چنین تکنولوژی هایی استفاده کنند.

۴- تشخیص چهره با الگوریتم ژنتیک و شبکه عصبی

یکی از مراحل اصلی در سیستم ارائه شده ما، مشخص کردن مکان چشم در تصویر ورودی است. انتقال های قوی چشم باید برای دست یافتن به این هدف تحت شرایط نوری و متغیر استفاده شود. منطقه چشم معمولاً شامل تصویری با آشکارسازی کم و لبه های با تراکم بالا است. تشخیص چشم یک مرحله مورد نیاز در تشخیص چهره و تشخیص عنبیه در فاصله های طولانی است، در این کار ما یک حد آستانه تطبیقی موضعی ترکیب شده با الگوریتم مورفولوژیکی را استفاده کردیم. در مرحله ی اول، ما یک نقش باینری از هیستوگرام تصاویر هم شکل که منطقه پوست را از نواحی دیگر جدا می کند، ایجاد کردیم. برای انجام این کار از عملگر dilation با diskSE و اندازه ۱۳، که توسط پر کردن حفره ها دنبال می شود، استفاده نمودیم. سپس عملگر erosion به کار بردیم. در آخر، تحلیل مولفه های اتصالی به کار گرفته شد. در آخر برای شبیه سازی با کمک الگوریتم ژنتیک و شبکه عصبی به صورت زیر عمل می کنیم:

- ابتدا یک چشم از تصویری خاص با هر حالتی که دارد به صورت آموزش با الگوریتم ژنتیک در شبکه عصبی آموزش داده می شود.
- یک نمودار هیستوگرام برای هر تصویر مطابق کدهای متلب ایجاد می شود.
- نمودار هیستوگرامی مشابه برای تمام تصاویر دیتابیس تشکیل می شود و تحلیل هیستوگرام بر روی آن ها انجام می شود.
- بر اساس این تحلیل شبکه عصبی به صورت کامل آموزش داده می شود.
- از طریق ویژگی های استخراج شده و شبکه مصنوعی چشم شخص مورد نظر از بین دیتابیس تشخیص داده می شود.

در شکل ۴ برای یک تصویر خاص عمل تشخیص انجام شده است. توجه کنید که قبل از تشخیص کامل فیلتر گابور اعمال شده و پس از آن عملیات خوشه بندی برای کشف نقاط کلیدی مربوط به چشم انجام شده و عمل تشخیص را تسهیل می نماید.



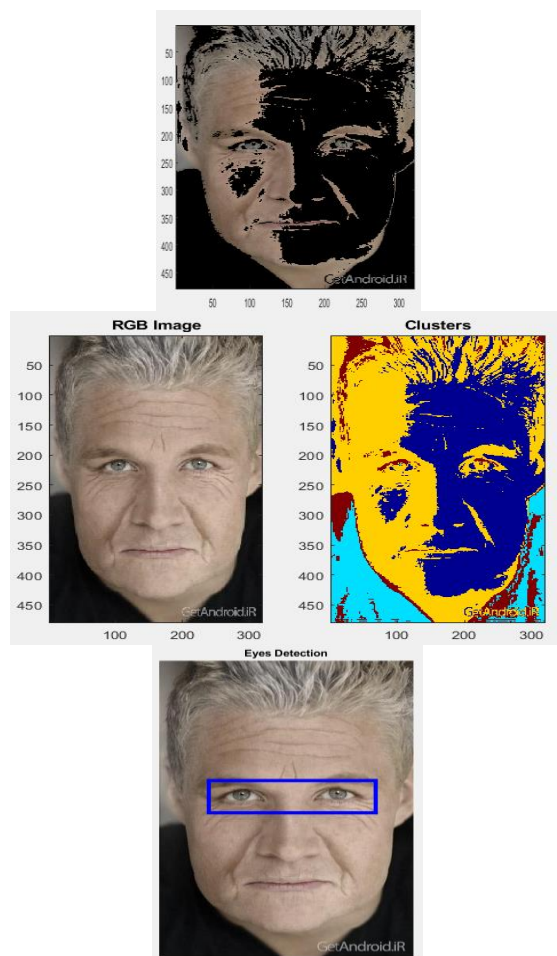
شکل (۴) تشخیص چشم شخص از دیتابیس مورد نظر [10]

در شکل ۴ برای یک تصویر تصادفی نمودار هیستوگرام استخراج شده است و روی تمام تصاویر دیتابیس تحلیل هیستوگرام انجام شده و ویژگی‌های لازم از این طریق استخراج شده و از طریق تصاویر دیتابیس چشم شخص تشخیص داده شده است. در ادامه برخی از دیتابیس‌های ارائه شده، شبیه سازی شده و نتایج آن ارائه می شوند.

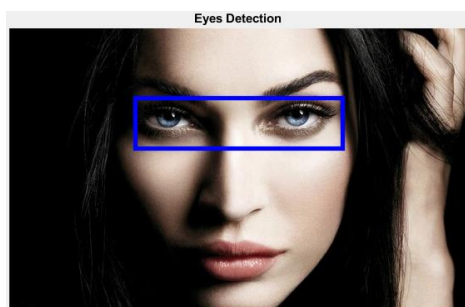


شکل (۵) تشخیص چشم یک تصویر تصادفی از دیتابیس مربوطه [10]

در شکل‌های ۵ الی ۱۰ تصاویر اشخاص مختلف برای اثبات کارایی الگوریتم پیشنهادی انتخاب شده و این تصاویر به صورت دقیق چشم اشخاص موجود در دیتابیس را تشخیص داده اند.

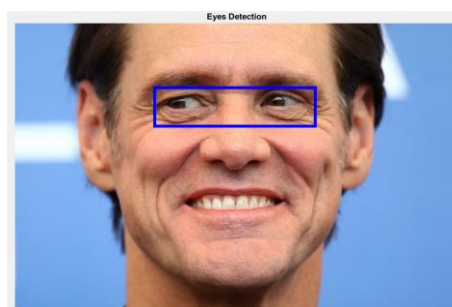


شکل (۶) تشخیص چشم شخص دیگری از داخل دیتا بیس [10]



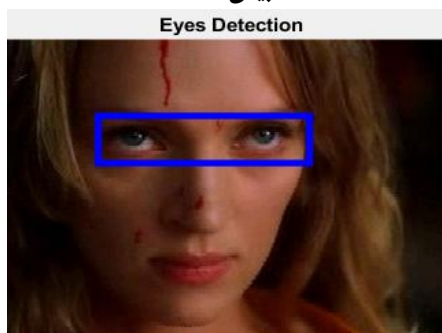
شکل (۸) تشخیص چشم شخص دیگری از داخل دیتا

بیس [10]



شکل (۷) تشخیص چشم شخص دیگری از داخل دیتا

بیس [10]



شکل (۱۰) تشخیص چشم شخص دیگری از داخل دیتا

بیس [10]

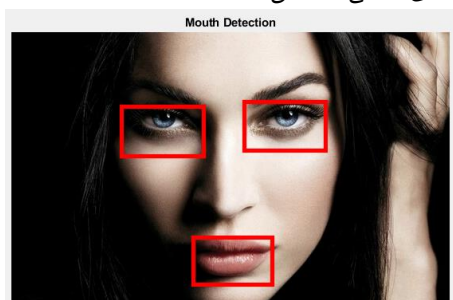


شکل (۹) تشخیص چشم شخص دیگری از داخل دیتا

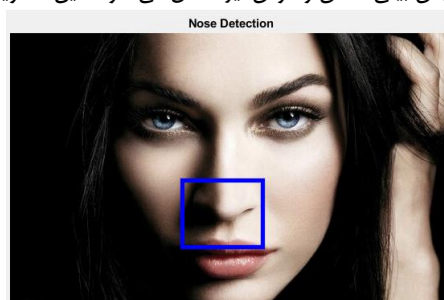
بیس [10]

۵- تشخیص بینی، دهان و گوش به کمک الگوریتم پیشنهادی

برای اثبات عملکرد الگوریتم پیشنهادی برخی از شکل‌های موجود در دیتابیس را مورد ارزیابی قرار داده و بر روی آن‌ها تشخیص بینی، دهان و گوش نیز اعمال می‌شوند. این تصاویر در شکل‌های ۱۱ الی ۱۳ نشان داده شده‌اند.



شکل (۱۲) تشخیص همزمان چشم و دهان دیتا بیس [9]



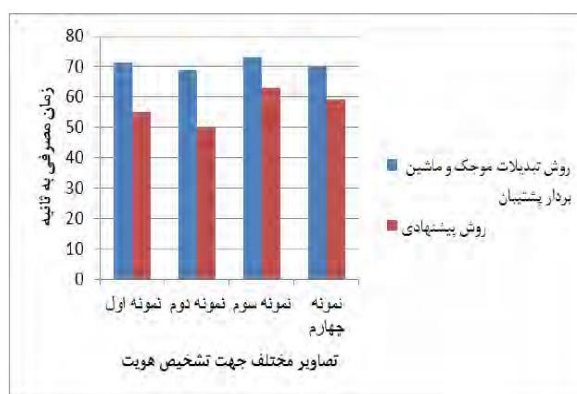
شکل (۱۱) تشخیص بینی شخص دیگری از داخل دیتا بیس [9]



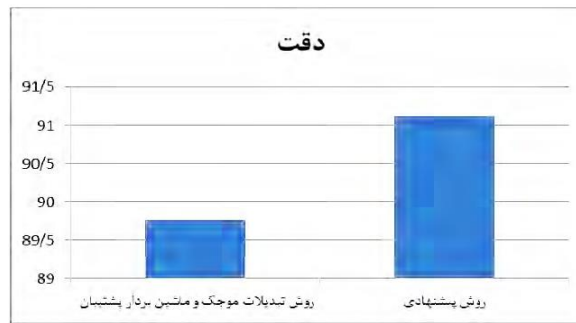
شکل (۱۳) استخراج و تشخیص همزمان دیتا بیس [9]

۶- بحث و نتیجه گیری

الگوریتم پیشنهادی نسبت به روشی که از تبدیلات موجک و ماشین بردار پشتیبان استفاده می‌کند نتایج بهتری را در بردارد. برای ارزیابی الگوریتم پیشنهادی، نتایج حاصل را با روشی که جهت تعیین هویت از تبدیلات موجک و ماشین بردار پشتیبان در دیتاست استاندارد CASIA-Iris-Twins استفاده می‌کند مقایسه کردیم و نتایج این مقایسه از لحاظ زمان اجرا و دقت به ازای یکصد مرتبه اجرا مشخص گردید. همچنین برای تعیین زمان اجرای عملیات از چهار تصویر نمونه که بصورت تصادفی انتخاب شده‌اند استفاده شد. سنجش زمان اجرا برای یکصد بار انجام گرفته و میانگین نتایج حاصل از آن در قالب شکل نشان داده شده است.



شکل (۱۴) مقایسه زمان اجرای الگوریتم پیشنهادی و دیگر روش‌ها



شکل (۱۵) مقایسه دقت اجرای الگوریتم پیشنهادی و دیگر روش ها

در این مقاله تشخیص هویت و شناسایی افراد بر مبنای عنبیه چشم با استفاده از انتخاب ویژگی بهینه مبتنی بر الگوریتم ژنتیک و شبکه های عصبی مورد بررسی قرار گرفته و نتایج حاصل از آن با برخی از متدهای مشابه مقایسه شده است. الگوریتم پیشنهادی این مقاله می تواند با دقت بیشتر و در زمان کمتری عملیات تشخیص هویت را انجام داده و نتایج را ارائه دهد.

منابع

- [1] Al-Allaf, O. N. (2014). Review of face detection systems based artificial neural networks algorithms. arXiv preprint arXiv:1404.1292.
- [2] Arianasab, E., Maadani, M., & Gandomi, A. (2015, November). A neural-network based gender detection algorithm on full-face photograph. In Knowledge-Based Engineering and Innovation (KBEI), 2015 2nd International Conference on (pp. 892-896). IEEE.
- [3] Ali, J. B., Fnaiech, N., Saidi, L., Chebel-Morello, B., & Fnaiech, F. (2015). Application of empirical mode decomposition and artificial neural network for automatic bearing fault diagnosis based on vibration signals. Applied Acoustics, 89, 16-27.
- [4] Abdel-Kader, R. F., Atta, R., & El-Shakhabe, S. (2014). An efficient eye detection and tracking system based on particle swarm optimization and adaptive block-matching search algorithm. Engineering Applications of Artificial Intelligence, 31, 90-100.
- [5] Miranda, J. D., & Salinas, S. A. (2019, April). Computational Measuring Approach for the Identification of Probable Intestinal System Pathologies through the Human Iris Parameters. In 2019 XXII Symposium on Image, Signal Processing and Artificial Vision (STSIVA) (pp. 1-5). IEEE.
- [6] Marra, F., Poggi, G., Sansone, C., & Verdoliva, L. (2018). A deep learning approach for iris sensor model identification. Pattern Recognition Letters, 113, 46-53.
- [7] Hutt, S., Mills, C., White, S., Donnelly, P. J., & D'Mello, S. K. (2016, June). The Eyes Have It: Gaze-based Detection of Mind Wandering during Learning with an Intelligent Tutoring System. In EDM (pp. 86-93).
- [8] Erkamaz, H., Ozer, M., & Orak, İ. M. (2015). Detection of directional eye movements based on the electrooculogram signals through an artificial neural network. Chaos, Solitons & Fractals, 77, 225-229.
- [9] Welikala, R. A., Fraz, M. M., Dehmeshki, J., Hoppe, A., Tah, V., Mann, S., ... & Barman, S. A. (2015). Genetic algorithm based feature selection combined with dual classification for the automated detection of proliferative diabetic retinopathy. Computerized Medical Imaging and Graphics, 43, 64-77.
- [10] Welfer, D., Scharcanski, J., & Marinho, D. R. (2013). A morphologic two-stage approach for automated optic disk detection in color eye fundus images. Pattern Recognition Letters, 34(5), 476-485.

کنترل ولتاژ و مدیریت توان راکتیو در سیستم‌های توزیع شعاعی تحت نفوذ بالای سیستم‌های فتوولتاییک با استفاده الگوریتم ژنتیک

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۵/۰۲

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۶/۱۶

کد مقاله: ۹۳۵۹۷

بابک صفری چابک^{۱*}، سجاد غلامرضایی سرولات^۲،
حمید امینی خاوندی^۳، سولماز کاظمی^۴، امیرحسین آمرزش^۵

چکیده

در سیستم‌های توزیع شعاعی تحت نفوذ بالای سیستم‌های فتوولتاییک (PVS)، باس‌های حساس شبکه به ویژه باس‌های انتهایی فیدر به دلیل نسبت بالای شاخه‌ها در معرض اضافه ولتاژهای استاتیکی و دینامیکی قرار دارند. در این مقاله، یک رهیافت متمرکز دو مرحله‌ای کنترل ولتاژ و مدیریت توان راکتیو با استفاده از ظرفیت به‌القوه واسط‌های اینورتری سیستم‌های PVS برای حل این مشکل پیشنهاد می‌گردد. ابتدا، حساس‌ترین باس‌های شبکه با بکارگیری آنالیز حساسیت شناسایی و اولویت‌بندی می‌شوند و سپس، ظرفیت بهینه جذب توان راکتیو توسط واسط‌های اینورتری PVS در باس‌های حساس شبکه بر اساس لیست اولویت با هدف حذف اضافه ولتاژها و بازگرداندن دامنه ولتاژ باس‌ها به محدوده مجاز مطابق استانداردهای بهره‌برداری تعیین می‌شود. به‌منظور اعتبارسنجی و تایید کارایی رهیافت پیشنهادی، مطالعات عددی و شبیه‌سازی بر روی یک فیدر توزیع شعاعی فشار ضعیف ۱۰-باسه با ظرفیت پست هوایی ۶۰ کیلوولت آمپر دارای بار ممتد ۵ کیلوواتی با ضریب توان واحد بکار گرفته می‌شود، در سیستم توزیع تست به جز باس ۱ مابقی باس‌ها به منبع PV مجهز به واسط اینورتری متصل هستند. نتایج شبیه‌سازی گواه این حقیقت است که رهیافت پیشنهادی دارای دقت و سرعت مناسب برای حذف اضافه ولتاژهای استاتیکی و دینامیکی ناشی از نفوذ بالای PV در شبکه توزیع شعاعی می‌باشد.

واژگان کلیدی: کنترل ولتاژ و مدیریت توان راکتیو (Volt/Var)، شبکه توزیع شعاعی، اضافه ولتاژهای استاتیکی و دینامیکی، اینورترها و سیستم‌های فتوولتاییک (PV)

۱- کارشناس ارشد مهندسی برق-قدرت، رئیس شرکت کهکشان پژوهش گستر برق (نویسنده مسئول)
Babak.safari9941@gmail.com

۲- مربی- هیئت علمی آموزشکده امام جعفر صادق آستانه اشرفیه

۳- دانشجوی دکترا مهندسی برق-قدرت دانشگاه آزاد اسلامی ساوه

۴- کارشناس ارشد مهندسی برق-کنترل فارغ التحصیل دانشگاه آزاد اسلامی تهران- جنوب

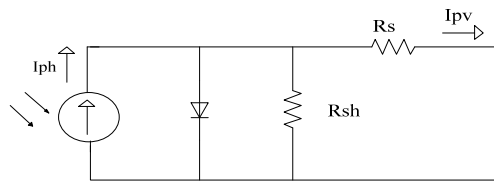
۵- کارشناس ارشد مهندسی برق-قدرت فارغ التحصیل دانشگاه آزاد اسلامی تهران- مرکز

۱- مقدمه

امروزه، تکنولوژی سیستم‌های فتوولتاییک (PVs) متصل به شبکه توزیع بواسطه مزایای فراوان بسیار اهمیت یافته است و به این دلیل، توسعه این منابع در مقایسه با منابع تولید پراکنده دیگر از سرعت بیشتری برخوردار شده است. یکی از مزایای اصلی استفاده از PVs در شبکه توزیع فشار ضعیف کاهش تلفات کل سیستم قدرت خواهد بود، اما نصب این منابع مسائلی نظیر کوری حفاظتی، اضافه ولتاژ و غیره را ایجاد می‌کند. در ساعات کم باری، شرایط وقوع اضافه ولتاژ و شارش معکوس توان به واسطه نفوذ بالای PVs در شبکه توزیع فراهم می‌گردد که ظرفیت نصب آنها را محدود می‌سازد و بنابراین تنظیم ولتاژ باسها در محدوده مجاز استاندارد بسیار با اهمیت می‌باشد. با توجه به اهمیت بحث تا کنون مطالعات زیادی در این زمینه انجام شده است که به طور خلاصه در ذیل به برخی از آنها پرداخته می‌شود. در مرجع (Franco, J.F, 2013:10-20) برورسانی بهینه مشخصات ساختاری شبکه توزیع از طریق افزایش سطح مقطع کابل‌های بمنظور کاهش امپدانس شاخه‌ها توسط یک رهیافت برنامه‌ریزی خطی صحیح-ترکیبی پیشنهاد شد. در مرجع (Legha, M.M, 2014:33-41)، بهینه‌سازی سطح مقطع هادی‌ها و خازنگذاری در شبکه توزیع به طور همزمان مطالعه گردید. در مرجع (Xu, Y. Z, 2013:4072-7079)، نصب بانک‌های خازنی در کنار ترانسفورماتورها برای مدیریت توان راکتیو و کنترل ولتاژ شبکه توزیع شعاعی مطالعه گردید و نشان داده شد که حتی تلفیق ترانسفورماتور مجهز به تیپ‌چنجر آنالین و بانک خازنی به واسطه پاسخ کند قادر به کنترل و تنظیم مناسب ولتاژ در زمان عبور ابرها از روی سیستم‌های خورشیدی سقفی نیستند. در مرجع (Salih, S.N, 2016:4026 – 4035)، کاربرد ترانسفورماتورهای مجهز به تیپ‌چنجر را برای کنترل ولتاژ و مدیریت توان راکتیو شبکه توزیع شامل منابع توربین بادی بحث شد. در مرجع (Mehrizi-Sani, A, 2012:216-223)، روش‌های مناسب کنترل ترانسفورماتور مجهز به تیپ‌چنجر آنالین را برای عملکرد مناسب شبکه‌های توزیع مجهز به سیستم‌های خورشیدی بررسی شد. در مراجع (Moursi, M. S. E, 2014:1157 – 1167) و (Salih, S. N, 2016:4026 – 4035) کنترل هماهنگ ترانسفورماتور مجهز به تیپ‌چنجر آنالین را برای عملکرد مناسب ریزش‌های تحت پوشش شبکه توزیع مجهز به منابع توربین بادی بحث گردید و دلیل عملکرد نادرست روش‌های کنترلی پیشین را ماهیت غیرمتمرکز آنها عنوان شد. در مرجع (Ghosh, S, 2017:13-22)، یک تکنیک تنظیم ولتاژ محلی توسط واسط اینورتری منابع PVs پیشنهاد گردید و در آن از پیش‌بینی بسیار کوتاه-مدت توان PVs مبتنی بر فیلتر کالمن استفاده شد تا مانع تخطی ولتاژ باسهای شبکه توزیع از حد ماکزیمم استاندارد (۰.۹۵ تا ۱.۰۵ پریونیت) شود. بعلاوه، روش پیشنهادی از قطع بار توان اکتیو در زمانی که جذب توان راکتیو قادر به حذف اضافه ولتاژ شبکه نمی‌باشد، استفاده کرده است. منابع PVs برای تولید بیشترین توان به سیستم ردیاب توان ماکزیمم تجهیز می‌شوند و از آنجایی که دارای واسط اینورتری هستند در کسری از ثانیه قادرند تا مشکلات مربوط به نوسان‌های ولتاژی شبکه را برطرف نمایند در حالیکه تجهیزات قدیمی برای رفع مشکل به چند ثانیه زمان نیاز دارند. البته یکی از روش‌های مقابله با اضافه ولتاژهای دینامیکی روش قطع بار بر اساس معادل تونن شبکه است که مرجع (Wang, Y, 2012:2071 – 2078) به آن پرداخته است. در مراجع (Tonkoski, R, 2011:139-147) و (Azzouz, M. A, 2015:3234-3245) غلبه بر این مشکلات را از طریق مدیریت توان راکتیو دنبال شد. بنابراین، با توجه نتایج تحقیقات اخیر بهترین راه بهبود پروفیل ولتاژ شبکه توزیع تحت نفوذ بالای PVs مدیریت توان راکتیو با کمینه‌سازی قطع بار اکتیو است که در این مقاله دنبال می‌شود. ایده اصلی، بکارگیری ظرفیت خالی اینورترهای واسط PVs برای جذب توان راکتیو در باس‌های حساس شبکه توزیع شعاعی می‌باشد به نحوی که به برای باسبار از دیدگاه شبکه ضریب قدرت بالاتر از ۰.۹ حفظ گردد. در رهیافت پیشنهادی، ابزار قطع بار برای حذف اضافه ولتاژها دسترس‌پذیر نمی‌باشد و عملکرد نرمال منابع PVs از طریق کنترل ردیاب توان ماکزیمم (MPPT) دنبال می‌شود. مزیت اصلی رهیافت متمرکز دو مرحله‌ای پیشنهادی این مقاله در حقیقت دقت بالا برای حذف رخداد اضافه ولتاژ در باسهای سیستم توزیع شعاعی از طریق مدیریت توان راکتیو واسط‌های اینورتری PVs در مقایسه با تنظیم-کننده‌های ولتاژ سنتی می‌باشد. رهیافت پیشنهادی موجب کاهش هزینه‌های بهره‌برداری و افزایش پایداری ولتاژی در شبکه‌های توزیع شعاعی می‌گردد. سازماندهی مابقی بخش‌های این مقاله به ترتیب ذیل می‌باشد. در قسمت دوم، اجزاء، نحوه عملکرد منبع تولید پراکنده PV و مدلسازی آن ارائه می‌شود. در قسمت سوم، رهیافت پیشنهادی مبتنی بر مدیریت توان راکتیو شبکه توزیع شعاعی تحت نفوذ بالای منابع PVs با هدف حذف اضافه ولتاژها استاتیک و دینامیک تشریح می‌گردد. در قسمت چهارم، بمنظور اعتبارسنجی و تأیید کارایی مدل پیشنهادی، مطالعات عددی و شبیه‌سازی بر روی یک سیستم توزیع تست فشار ضعیف ۱۰-باسه با ساختار شعاعی و بار ممتد ۵ کیلوواتی ارائه می‌شود. در نهایت، نتایج مفهومی حاصله از شبیه‌سازی‌ها در قسمت پنجم بیان می‌گردد.

۲- نحوه عملکرد منبع تولید پراکنده PV و مدلسازی آن

خورشید نه تنها خود منبع عظیم انرژی بلکه سرمنشاء حیات و تمام انرژی‌های دیگر در دنیا است. سلول خورشیدی بعنوان تجهیز پایه سیستم PV از یک پیوند p-n تشکیل شده است. مدار معادل سلول خورشیدی در حالت ایده‌آل مطابق شکل (۱) با یک منبع جریان و موازی با یک دیود نمایش می‌شود. در حالت غیرایده‌آل، دو مقاومت به صورت سری و موازی به مدار معادل ایده‌آل اضافه می‌گردد. (Chen, K, 2014:978-985)



شکل ۱- مدار معادل سلول خورشیدی

برای دستیابی به سطح جریان و ولتاژ بالاتر، سلول‌های خورشیدی بترتیب بفرم موازی و سری اتصال می‌یابند و ماژول (معمولاً ۳۶ سلول سری)، پنل (اتصال گروهی از ماژول‌ها)، آرایه (اتصال پنل‌ها) فتوولتاییک را می‌سازند. رابطه غیرخطی جریان آرایه یا سیستم فتوولتاییک بر اساس تعداد سلول‌های خورشیدی سری و موازی، سطح تابش، دمای عملکردی مطابق روابط (۱) تا (۷) قابل محاسبه می‌باشد.

$$I_{pv} = I_{ph} - I_d - I_r \quad (۱)$$

$$I_{ph} = I_{sc0} \times \frac{S}{S_0} + C_t (T - T_{ref}) \quad (۲)$$

$$I_d = I_0 (e^{\frac{qV_D}{AKT}} - 1) \quad (۳)$$

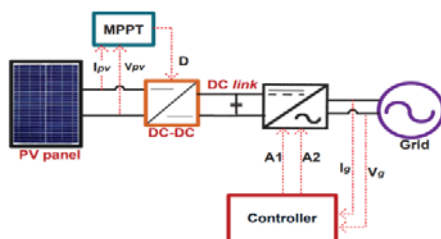
$$I_0 = I_{sc0} \times \left(\frac{T}{T_{ref}} \right)^3 \times e^{\frac{qE_g}{AK}} \quad (۴)$$

$$I_r = \frac{V_o}{R_{sh}} \quad (۵)$$

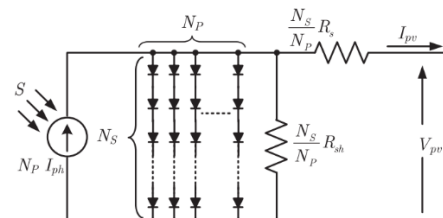
$$V_D = V_o + I_{pv} \times R_s \quad (۶)$$

$$I_{pv} = N_p I_{ph} - N_p I_{rs} (e^{q(\frac{V}{N_s} + I_{pv} \frac{R_s}{N_p})} - 1) - \frac{N_p \frac{V}{N_s} + I_{pv} R_s}{R_{sh}} \quad (۷)$$

که در روابط فوق جریان سلول I_{pv} ، جریان تولید شده توسط تابش I_{ph} ، جریان عبوری از دیود I_d ، جریان عبوری از مقاومت سری I_r ، جریان اتصال کوتاه در شرایط نامی I_{sc0} ، شدت تابش نامی S_0 که معمولاً 1000 W/m^2 تعریف می‌گردد، شدت تابش خورشید در مکان نصب $S (\text{W/m}^2)$ ، ضریب دمایی $C_t (A/C)$ ، دمای مرجع $T_{ref} (\square)$ (معمولاً $25 \square$ تعریف می‌گردد)، دمای سلول خورشیدی $T (\square)$ ، جریان اشباع معکوس دیود $I_0 (A)$ ، بار الکترون $q (\text{C})$ معادل $1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$ ، تعریف می‌گردد)، ضریب انتشار A ، ثابت بولتزمن $K (1.38 \times 10^{-23})$ ، ولتاژ دیود $V_D (V)$ ، مقاومت سری $R_s (\Omega)$ ، مقاومت موازی $R_{sh} (\Omega)$ ، باند انرژی $E_g (\text{eV})$ ، ولتاژ خروجی $V_o (V)$ می‌باشد. اگر تعدادی سلول به صورت موازی N_p یا سری N_s در اختیار باشد، مدار معادل یک منبع PV مطابق شکل (۲) نمایش داده می‌شود. جریان خروجی در ترمینال سیستم PV مطابق رابطه (۷) محاسبه می‌شود. سیستم‌های PVS به عنوان پرمصرف‌ترین منبع تولید انرژی تجدیدپذیر در صنعت برق است که هر روزه بر تعداد متقاضیان آن افزوده می‌شود. هم اکنون، در بسیاری از کشورهای دنیا نیروگاه‌های PV در واحدهای کوچک و بزرگ مقیاس متصل به/منفصل از شبکه سراسری نصب و بهره‌برداری می‌شوند و معمولاً ساختار کنترلی آنها در وضعیت متصل به شبکه مطابق شکل (۳) است.



شکل ۳- ساختار کنترلی سیستم فتوولتاییک در وضعیت متصل به شبکه

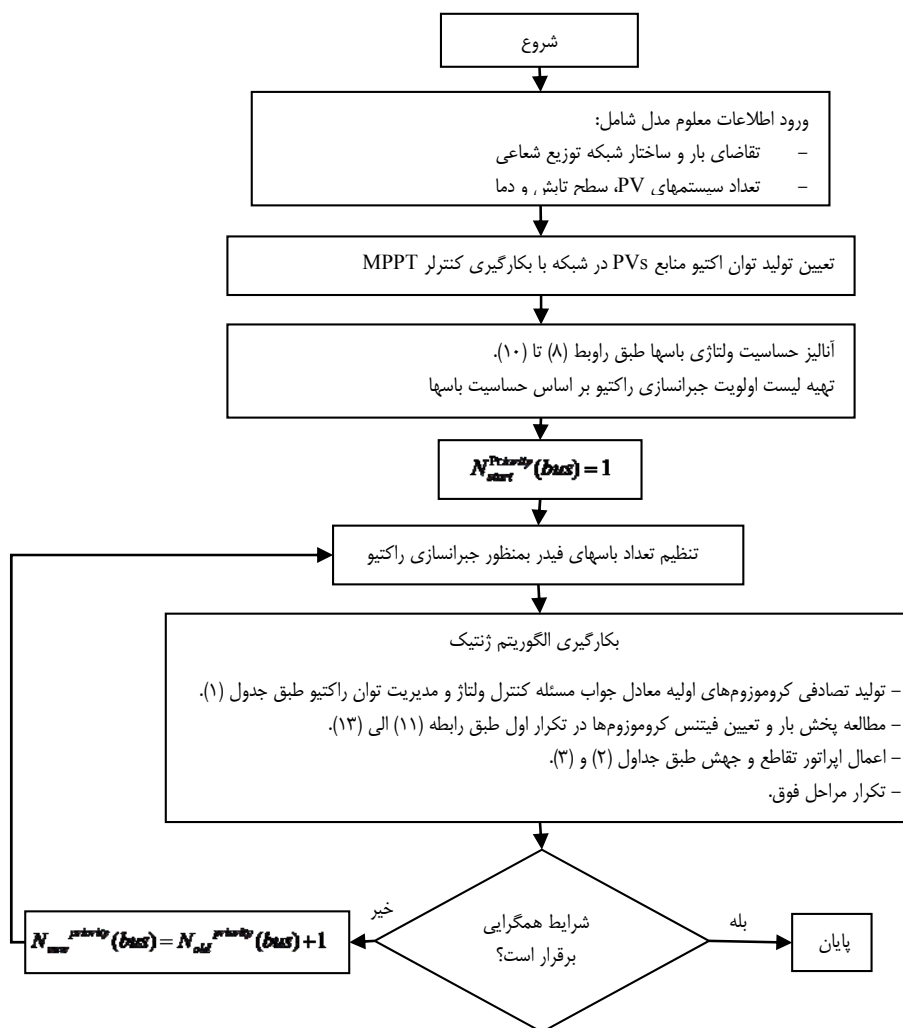


شکل ۲- مدار معادل یک سیستم فتوولتاییک

مطابق شکل (۳)، منبع PVS از طریق یک بوست کانورتر به لینک DC ورودی اینورتر متصل به شبکه سراسری اتصال می‌یابد. از آنجایی که در هر لحظه جریان خروجی منبع به شدت تابش خورشید و دمای پنل منبع PV وابسته است، کنترلر MPPT با نمونه‌برداری از ولتاژ و جریان خروجی پنل خورشیدی و با تغییر مدت زمان سوئیچینگ کانورتر DC-DC و اینورتر DC-AC باعث می‌شود تا در هر لحظه توان اکتیو ماکزیمم (P_{mp}) متناظر با ولتاژ ماکزیمم (V_{mp}) و جریان ماکزیمم (I_{mp}) از این منبع غیرخطی جذب گردد.

۳- مدلسازی مبتنی بر ژنتیک مسئله کنترل ولتاژ و مدیریت توان راکتیو

در شبکه‌های توزیع با ساختار شعاعی اغلب باس انتهایی فیدر پایین‌ترین دامنه ولتاژ و بیشترین افت ولتاژ را در امتداد فیدر تجربه می‌کنند. با بکارگیری آنالیز حساسیت می‌توان دریافت آخرین باس هر فیدر شعاعی بواسطه نسبت بالای مقاومت اهمی به راکتانس سلفی در شاخه‌ها بعنوان حساس‌ترین باس شناخته می‌شود. همواره باسهای انتهایی فیدر و خصوصاً باس انتهایی فیدرهای توزیع شعاعی تحت نفوذ بالای منابع PVS در معرض بیشترین اضافه ولتاژها هستند.



شکل ۴- فلوجارت پیشنهادی مدلسازی مبتنی بر ژنتیک مسئله کنترل ولتاژ و مدیریت توان راکتیو

بنابراین، هدف از برنامه مدیریت توان راکتیو در واقع کنترل و حفظ زمان واقعی دامنه ولتاژ حساس‌ترین باس شبکه توزیع در محدوده مجاز بین ۰٫۹۵ تا ۱٫۰۵ پریونیت یا ۰٫۹۸ تا ۱٫۰۲ پریونیت مطابق با استانداردهای بهره‌برداری شبکه است. در این مقاله برای تحقق هدف به عملکرد کنترلر MPPT در رابطه با استخراج توان ماکزیمم، ظرفیت اینورترهای واسط منابع PVS، حساسیت باس‌های به تزریق توان اکتیو و ضریب قدرت خالص هر باسبار از دیدگاه شبکه بعنوان چهار فاکتور مهم مدلسازی توجه شده است. به هنگام نفوذ بالای سیستمهای PVS در یک شبکه توزیع شعاعی معمولاً باس انتهایی فیدر بعنوان حساس‌ترین باسها

در معرض اضافه ولتاژ خواهند بود. بنابراین، جذب راکتیو در باسهای انتهایی فیدر اغلب بیشتر باعث کاهش اضافه ولتاژها می‌شود، این جذب توان راکتیو از طریق کنترل اینورتر واسط دارای ظرفیت توانی خالی و ضریب قدرت مجاز باسبار مذکور محدود می‌گردد. البته، ظرفیت تولید و انتقال توان اکتیو منابع PVS نیز یک فاکتور محدودکننده برای قابلیت جذب توان راکتیو توسط اینورترهای واسط سیستم محسوب می‌گردد. بنابراین، میزان بهینه جذب توان راکتیو توسط اینورترهای واسط منابع PVS بر اساس لیست اولویت مکانی نصب بترتیب از انتهای فیدر (حساس‌ترین باس)، اولویت ظرفیت اینورتر (بالاترین ظرفیت) و اولویت استخراج ماکزیمم توان از منابع PVS با عملکرد MPPT و اولویت آخر ضریب توان باسبار تعیین می‌گردد تا اضافه ولتاژها در برخی باسهای سیستم توزیع تحت نفوذ بالای منابع PVS حذف گردد. با توجه به سرعت و قابلیت کنترلی بالای مدیریت توان راکتیو از طریق اینورترهای واسط منابع PVS از بکارگیری گزینه قطع بار توان اکتیو چشم پوشی شده است. فلوچارت شکل (۴)، رهیافت پیشنهادی برای حذف اضافه ولتاژ در باسهای سیستم توزیع تحت نفوذ بالای منابع PVS را از طریق مدیریت توان راکتیو با بکارگیری ظرفیت به القوه واسط اینورتری منابع PVS تشریح می‌کند.

آنالیز حساسیت ولتاژ روشی مناسب برای مدیریت توان راکتیو در عملکرد اینورترهای واسط سیستمهای PV ارائه می‌کند. از معادلات پخش بار مطابق روابط (8) و (9)، می‌توان ماتریس حساسیت شبکه را طبق رابطه (۱۰) محاسبه کرد تا باس‌ها با شرایط بحرانی به لحاظ اضافه ولتاژی شناسایی شوند.

$$P_i = \sum_{j=1}^n |V_i| |V_j| Y_{ij} \cos(\theta_{ij} + \delta_j - \delta_i) \quad (8)$$

$$Q_i = \sum_{j=1}^n |V_i| |V_j| Y_{ij} \sin(\theta_{ij} + \delta_j - \delta_i) \quad (9)$$

$$\begin{bmatrix} \Delta \delta \\ \Delta V \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} S_{\delta P} & S_{\delta Q} \\ S_{VP} & S_{VQ} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta P \\ \Delta Q \end{bmatrix} \quad (10)$$

اندیس‌های V_i و V_j دامنه ولتاژ باس‌های i و j شبکه توزیع است، P_i و Q_i توان‌های اکتیو و راکتیو تزریقی خالص به باس i ، δ_i زاویه فاز ولتاژ باس i و Y_{ij} ادمیتانس شاخه بین باس‌های i و j است. اندیس‌های S_{VP} و $S_{\delta P}$ حساسیت زاویه فاز ولتاژ و دامنه ولتاژ نسبت به تغییر توان تزریقی اکتیو در باس‌ها می‌باشد و اندیس‌های S_{VQ} و $S_{\delta Q}$ حساسیت زاویه فاز ولتاژ و دامنه ولتاژ نسبت به تغییر توان تزریقی راکتیو در باس‌ها می‌باشد. به طور کلی، اجرای الگوریتم پیشنهادی به این شکل خواهد بود که بعد ورود اطلاعات مفروض مدل شامل ساختار شبکه توزیع، تقاضای بار، شدت تابش و دما، ابتدا ردیابی توان ماکزیمم سیستمهای PVS متصل به شبکه توزیع شعاعی توسط کنترلر MPPT انجام می‌شود و تولید توان اکتیو آنها تحت شرایط شدت تابش و دما منطقه مشخص می‌شود. سپس با استفاده از آنالیز حساسیت یک مجموعه کاندید از حساس‌ترین باسهای شبکه شناسایی شده و بر اساس اولویت شماره‌گذاری می‌شوند. با انتخاب شماره ۱ تنها یک باس (ظرفیت خالی واسطهای اینورتری PVS متصل به باس انتهایی فیدر)، شماره ۲ تنها دو باس (ظرفیت‌های خالی واسطهای اینورتری PVS متصل به دو باس انتهایی فیدر) و بر همین اساس در صورت انتخاب عدد $n-1$ (ظرفیت‌های خالی واسطهای اینورتری PVS متصل به همه باس‌های فیدر به جز باس ابتدایی) برای جذب توان راکتیو بمنظور حذف اضافه ولتاژ از باسهای شبکه استفاده خواهد شد. در ادامه روند حل مسئله برای تعیین مقدار بهینه جذب توان راکتیو توسط واسطهای اینورتری PVS با هدف حذف اضافه ولتاژ شبکه توزیع از کاربست الگوریتم ژنتیک استفاده می‌شود. مطابق جدول (۱)، با انتخاب تعداد باسها برای جبرانسازی راکتیو، تعداد ژن‌های هر کروموزم در الگوریتم ژنتیک معادل با متغیرهای مسئله کنترل ولتاژ و مدیریت توان راکتیو (توان راکتیو جذبی) شبکه توزیع شعاعی اکتیو تعیین می‌گردد.

جدول ۱- یک کروموزم نمونه معادل جذب توان راکتیو توسط واسطهای اینورتری منابع PVS

$Q_{Bus_2}^{Inv-PV}$		$Q_{Bus_{n-1}}^{Inv-PV}$	$Q_{Bus_n}^{Inv-PV}$
----------------------	-------	--------------------------	----------------------

محدوده مجاز برای تعیین مقدار بهینه جذب توان راکتیو از طریق اینورتر واسط PV در باس i شبکه توزیع معادل یک ژن کروموزوم‌های الگوریتم ژنتیک طبق رابطه (۱۱) محاسبه می‌شود. جمعیت اولیه کروموزوم‌های الگوریتم ژنتیک معادل جواب مسئله کنترل ولتاژ و مدیریت توان راکتیو در محدوده مجاز به طور تصادفی در تکرار اول الگوریتم تولید می‌شوند. برای هر کروموزوم با اعمال جذب توان راکتیو توسط واسطهای اینورتری PVS در باسها از شبکه توزیع شعاعی پخش بار گرفته می‌شود و

مقدار برانزندی آن‌ها بر اساس مجموع تخطی از مقادیر مجاز دامنه ولتاژ برای کلیه باسهای شبکه طبق روابط (۱۲) و (۱۳) محاسبه می‌شود.

$$Q_{Bus_i}^{Inv_PV} = \min(\sqrt{(S_{Bus_i}^{Inv_PV})^2 - (P_{Bus_i}^{Inv_PV})^2}, (S_{Bus_i}^{Inv_PV} \times \sin(\varphi_{\max})))$$

$$\cos(\varphi_{\max}) \geq 0.9$$

$$P_{Bus_i}^{Inv_PV} = P_{Bus_i}^{PV_{MPPT}}$$

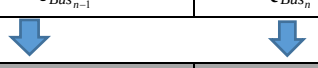
$$i = 1, 2, \dots, n$$
(۱۱)

$$Penalty^{voltage}(i) = \begin{cases} |V_i - V_{\max}| \times 10^{+3} \rightarrow V_i > V_{\max} & \text{if} \\ |V_{\min} - V_i| \times 10^{+3} \rightarrow V_i < V_{\min} & \text{if} \end{cases}$$
(۱۲)

$$Fit_{VC\&RM}^{GA} = \min(\sum_i Penalty^{voltage}(i))$$
(۱۳)

بعد محاسبه برآزش کروموزوم‌ها در الگوریتم ژنتیک ($Fit_{VC\&RM}^{GA}$)، نتایج را از بهترین به بدترین فیتنس یا عبارت دیگر از کمترین به بیشترین جریمه تخطی ولتاژ مرتب کرده و بمنظور ایجاد بهبود در نتایج بر روی هر جفت کروموزوم عملگر تقاطع مطابق جدول (۲) اعمال می‌شود و سپس عملگر جهش طبق جدول (۳) بر روی فرزندان بکار گرفته می‌شود. با اعمال اپراتورهای تقاطع و جهش، در واقع برای بهبود روند جبرانسازی توسط اینورترهای واسط PVS در راستای هدف حذف اضافه ولتاژها از باسهای سیستم در قالب تکامل ژنتیکی طبیعی پیش خواهیم رفت. اگر انتخاب تنها باس آخر فیدر و عملگر اینورتر واسط PV متصل به آن باس موجب حذف اضافه ولتاژ نشود یعنی معیار همگرایی برای مسئله کنترل ولتاژ و مدیریت توان راکتیو تحقق پیدا نکرده است و بایستی دو باس انتهایی فیدر شعاعی برای جبرانسازی راکتیو انتخاب گردد و در صورتی که بازمعیار همگرایی ارضاء نشد این روند افزایش تعداد باس‌ها و اینورترهای PVS مشارکت‌کننده در جبرانسازی توان راکتیو را افزایش داد تا شرایط همگرایی (مجموع تخطی ولتاژ باسها از محدوده مجاز صفر) ایجاد گردد.

جدول ۲- عملگر تقاطع برای هر جفت کروموزوم

$Q_{Bus_2}^{Inv_PV}$	..	$Q_{Bus_{n-1}}^{Inv_PV}$	$Q_{Bus_n}^{Inv_PV}$	والد ۱
$Q_{Bus_2}^{Inv_PV^*}$	..	$Q_{Bus_{n-1}}^{Inv_PV^*}$	$Q_{Bus_n}^{Inv_PV^*}$	والد ۲
				
$Q_{Bus_2}^{Inv_PV}$	...	$Q_{Bus_{n-1}}^{Inv_PV^*}$	$Q_{Bus_n}^{Inv_PV^*}$	فرزند ۱
$Q_{Bus_2}^{Inv_PV^*}$	...	$Q_{Bus_{n-1}}^{Inv_PV}$	$Q_{Bus_n}^{Inv_PV}$	فرزند ۲

جدول ۳- عملگر جهش برای کروموزوم فرزند

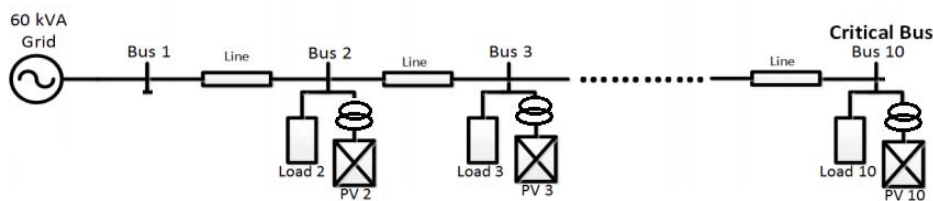
$Q_{Bus_{n-4}}^{Inv_PV}$	...	$Q_{Bus_{n-2}}^{Inv_PV}$	.	$Q_{Bus_n}^{Inv_PV^*}$	فرزند ۱
					
$Q_{Bus_{n-4}}^{Inv_PV}$	...	$Q_{Bus_{n-2}}^{Inv_PV^0}$	.	$Q_{Bus_n}^{Inv_PV^*}$	فرزند جدید

بعد پایان الگوریتم پیشنهادی، نتایج حل برای مسئله کنترل ولتاژ و مدیریت توان راکتیو به طور بهینه تعیین می‌گردد و در نتیجه توان اکتیو و راکتیو انتقالی اینورترهای واسط PVS در شبکه مشخص می‌شود.

۴- مطالعات عددی و نتایج شبیه‌سازی

بمنظور اعتبارسنجی و تایید کارایی الگوریتم پیشنهادی برای حل مسئله کنترل ولتاژ و مدیریت توان راکتیو شبکه توزیع تحت نفوذ بالای سیستم فتوولتائیک، مطالعات عددی و شبیه‌سازی بر روی یک فیدر توزیع شعاعی فشار ضعیف ۱۰-باسه، با ظرفیت

پست ۲۰۰ کیلوولت آمپر و تقاضای بار ممتد و ۹ عدد سیستم PVs مجهز به اینورتر واسط انجام می‌شود. شکل (۵) شبکه توزیع شعاعی مورد مطالعه شامل سیستم‌های PVs مجهز به واسط اینورتری نشان می‌دهد.



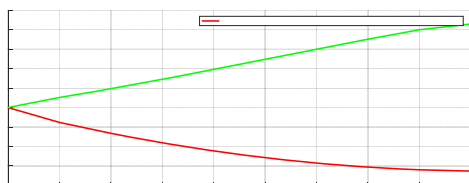
شکل (۵): شبکه توزیع شعاعی مورد مطالعه شام سیستم‌های PVs

همان طور که دیده می‌شود تقاضای بار اکتیو در باس ۲ تا ۱۰ به طور مشابه معادل ۵ کیلووات و برای توان راکتیو معادل ۰ کیلووار است. امپدانس خطوط فیدر شعاعی برای طول اسین‌های ۱۰۰ متری مشابه و معادل $0.0059 + j0.0065$ می‌باشد و امپدانس ترانسفورماتور در کنار شاخه اول معادل $0.0012 + j0.0015$ است. سیستم‌های خورشیدی متصل به شبکه توزیع همگی مجهز به کنترلر MPPT می‌باشند تا همواره ماکزیمم توان اکتیو بر اساس شرایط تابش و دمای عملکرد سیستم از آنها استخراج گردد. مشخصات فنی سیستم‌های PV2 تا PV10 مورد استفاده شامل تعداد ماژول سری و موازی، ظرفیت توان انتقالی واسط اینورتری سیستم PV، دمای محیط و شدت تابش خورشید در جدول (۴) آمده است.

جدول ۴- اطلاعات معلوم برای سیستم‌های PVs سیستم توزیع شعاعی مورد مطالعه

PVs	ظرفیت اینورتر KVA	ماژول‌های سری	آرایه‌های موازی	دمای سیستم (°C)	شدت تابش w / m^2
PV2	۷	۵	۴	۳۰	۸۰۰
PV3	۸,۵	۵	۴	۳۰	۸۰۰
PV4	۱۰	۵	۴	۳۰	۸۰۰
PV5	۱۰	۵	۴	۳۰	۱۰۰۰
PV6	۱۵	۵	۴	۳۰	۱۲۰۰
PV7	۱۵	۵	۴	۳۰	۱۵۰۰
PV8	۲۰	۵	۴	۳۰	۱۸۰۰
PV9	۲۵	۵	۱۰	۳۰	۲۰۰۰
PV10	۳۵	۵	۱۲	۳۰	۲۵۰۰

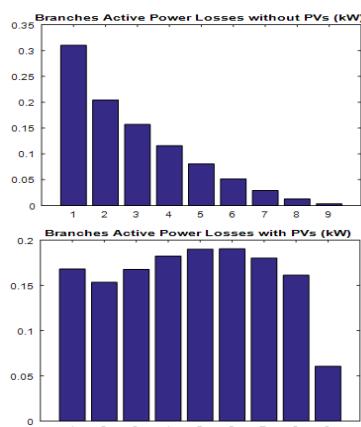
محدوده مجاز بالا و پایین دامنه ولتاژ باس‌ها مطابق استانداردهای بهره‌برداری شبکه توزیع به ترتیب ۰,۹۸ و ۱,۰۲ پریونیت لحاظ شده است و برای شناسایی باسهای متحمل اضافه ولتاژ بواسطه نصب سیستم‌های PVs از مطالعه پخش بار AC استفاده می‌شود. ضریب قدرت مطلوب هر باسبار از دیدگاه شبکه مقدار کمینه ۰,۹ ثابت فرض می‌شود و مطالعات شبکه با توجه به شرایط مفروض انجام می‌شود. کدهای مدل پیشنهادی برای حل مسئله کنترل ولتاژ و مدیریت توان راکتیو شبکه توزیع شعاعی ۱۰-باسه تحت مطالعه در محیط نرم افزار متلب نوشته شده است که بر روی لپ‌تاپ ASUS با پردازشگر ۴ هسته‌ای ۲ گیگاهرتزی و حافظه جانبی ۸ گیگابایت اجرا می‌شود. مطالعات شبیه‌سازی بر روی شبکه توزیع شعاعی تست در سه بخش مطابق ذیل انجام می‌شود: در مطالعه موردی اول شرایط الکتریکال شبکه توزیع به فرم فیدر شعاعی با بار ممتد در عدم حضور سیستم‌های خورشیدی مورد مطالعه قرار می‌دهیم و دامنه ولتاژ باسها و توان‌های انتقالی از پست و تلفات شبکه تحلیل می‌شود. در مطالعه موردی دوم شرایط الکتریکال شبکه توزیع مورد مطالعه در هنگام اتصال سیستم‌های PVs و عدم حضور سیستم کنترلی برای کنترل ولتاژ و مدیریت توان راکتیو بررسی می‌شود.



شکل ۶- مقایسه نتایج شبیه‌سازی برای پروفیل ولتاژ فیدر ۱۰-باسه در حضور و عدم حضور سیستم PVs

در مطالعه موردی سوم شرایط الکتریکال شبکه توزیع در حضور سیستم‌های PVs و بکارگیری کنترلر پیشنهادی برای مدیریت توان راکتیو و کنترل ولتاژ با تغییرات دینامیکی شدت تابش خورشید در برخی مناطق بررسی می‌کنیم. مقایسه نتایج شبیه‌سازی برای پروفیل ولتاژ در امتداد فیدر شعاعی ۱۰-باسه با حضور و عدم حضور سیستم PVs در شکل (۶) نمایش شده است.

همان طور که از نتایج شبیه‌سازی برای مطالعه موردی اول با رنگ قرمز مربوط به عدم حضور سیستمهای PVS در شبکه توزیع دیده می‌شود دامنه ولتاژ باس‌ها از ۲۲۰ ولت (باس اسلک) تا تقریباً ۲۱۳٫۴۸ ولت (باس ۱۰) کاهش می‌یابد زیرا علاوه بر مولفه حقیقی جریان که بواسطه توان اکتیو درخواستی مصرف‌کننده‌ها مولفه موهومی جریان نیز بواسطه درخواست توان راکتیو مصرفی در سلف شاخه از پست توزیع کشیده می‌شود و در نتیجه موجب افت ولتاژ در امتداد فیدر شعاعی می‌گردد. طبق استاندارد بهره‌برداری حد پایین مجاز برای دامنه ولتاژ باسها معادل ۲۱۵٫۶ ولت است، این مشاهده می‌شود که تخطی رخ داده است. از نتایج شبیه‌سازی برای مطالعه موردی دوم با خط سبز رنگ مربوط به تاثیر حضور و بهره‌برداری از سیستمهای PVS در شبکه توزیع شعاعی مورد مطالعه دیده می‌شود دامنه ولتاژ باس‌ها از ۲۲۰ ولت (باس اسلک) تا تقریباً ۲۲۸٫۵۸۷ ولت (باس ۱۰) افزایش می‌یابد در حالیکه که طبق استاندارد بهره‌برداری حد مجاز بالا برای دامنه ولتاژ باس‌ها معادل ۲۲۴٫۴ ولت است که در اینجا نیز تخطی رخ داده است. تلفات کل توان اکتیو در فیدر برای مطالعات موردی اول و دوم به ترتیب ۰٫۹۶۴۴ و ۱٫۴۵۴۱ کیلووات برآورد شده است. از مقایسه مقادیر تلفات توان اکتیو کل، می‌توان دریافت که نصب منابع تولید پراکنده سیستمهای PVS و عدم کنترل ولتاژ و مدیریت توان راکتیو در امتداد فیدر موجب افزایش تلفات به دلیل تغییر مقدار و جهت فلوئی توان عبوری از شاخه‌ها می‌شود. نتایج شبیه‌سازی برای تلفات توان اکتیو در شاخه‌های فیدر شعاعی در حضور و عدم حضور منابع تولید پراکنده سیستمهای PVS در عدم حضور کنترلر ولتاژی در شکل (۷) نمایش شده است.



شکل ۷- تلفات توان اکتیو فیدر شعاعی در غیاب کنترلر ولتاژی با حضور و عدم حضور سیستمهای PVS

مطابق انتظار در عدم حضور سیستمهای PVS در شبکه توزیع بیشتر جریان از شاخه اول عبور می‌کنند و تقریباً معادل با مجموع جریان کشیده شده توسط همه مصرف‌کننده‌های متصل به باسارهای شبکه می‌باشد که بیشترین تلفات اهمی را در این شاخه ایجاد می‌کند با پیشروی در امتداد فیدر و کاهش جریان عبوری از شاخه‌ها تلفات نیز کاهش می‌یابد. اما، در مطالعه موردی دوم حضور سیستمهای PVS شارش توان و جریان‌های عبوری از شاخه‌ها را تغییر می‌دهد در نتیجه میزان تلفات توان اکتیو قابل پیش‌بینی نبوده و به میزان تولید توان اکتیو این منابع بستگی خواهد داشت. نتایج شبیه‌سازی برای میزان تولید توان اکتیو سیستمهای PVS با توجه به شرایط مفروض شدت تابش و دمای عملکردی سیستم در جدول (۵) آمده است.

جدول ۵- میزان تولید توان اکتیو سیستمهای PVS با توجه به شرایط مفروض شدت تابش و دمای عملکردی سیستم

توان تولید سیستمهای PVS (KW)				
PV1=0	PV2=3.37	PV3=3.37	PV4=3.37	PV5=4.18
PV6=4.96	PV7=6.09	PV8=7.15	PV9=19.5	PV10=28.1

برای مطالعه موردی سوم دو سناریو بکار گرفته می‌شود که شرایط مفروض شدت تابش بر سطح برخی سیستمهای PVS در طی زمان مطابق جدول (۶) تغییر می‌کند. مجدداً از رهیافت پیشنهادی مدیریت توان راکتیو برای حذف اضافه ولتاژ دینامیکی برخی باسهای شبکه توزیع شعاعی و بازگرداندن دامنه ولتاژ این باسها به محدوده مجاز مطابق استاندارد بهره‌برداری استفاده می‌گردد. با بکارگیری رهیافت پیشنهادی، وضعیت سوئیچینگ اینورترهای واسط سیستمهای PVS با توجه به شرایط جدید ولتاژی فیدر تغییر می‌کند تا با جذب توان راکتیو بتواند اضافه ولتاژ دینامیکی بوجود آمده در برخی باسهای شبکه توزیع به ویژه در انتهای فیدر شعاعی را به محدوده مجاز بین ۲۱۵٫۶ ولت و ۲۲۴٫۴ ولت بازگرداند. نتایج شبیه‌سازی برای مطالعه موردی سوم نشان می‌دهد که دامنه ولتاژ باسهای فیدر توزیع شعاعی تحت مطالعه طی دو سناریو مختلف شدت تابش خورشید برای سیستمهای PV8، PV9 و PV10 پس از عملکرد کنترلر پیشنهادی به مقادیر حالت دائمی مطابق جدول (۷) می‌رسند.

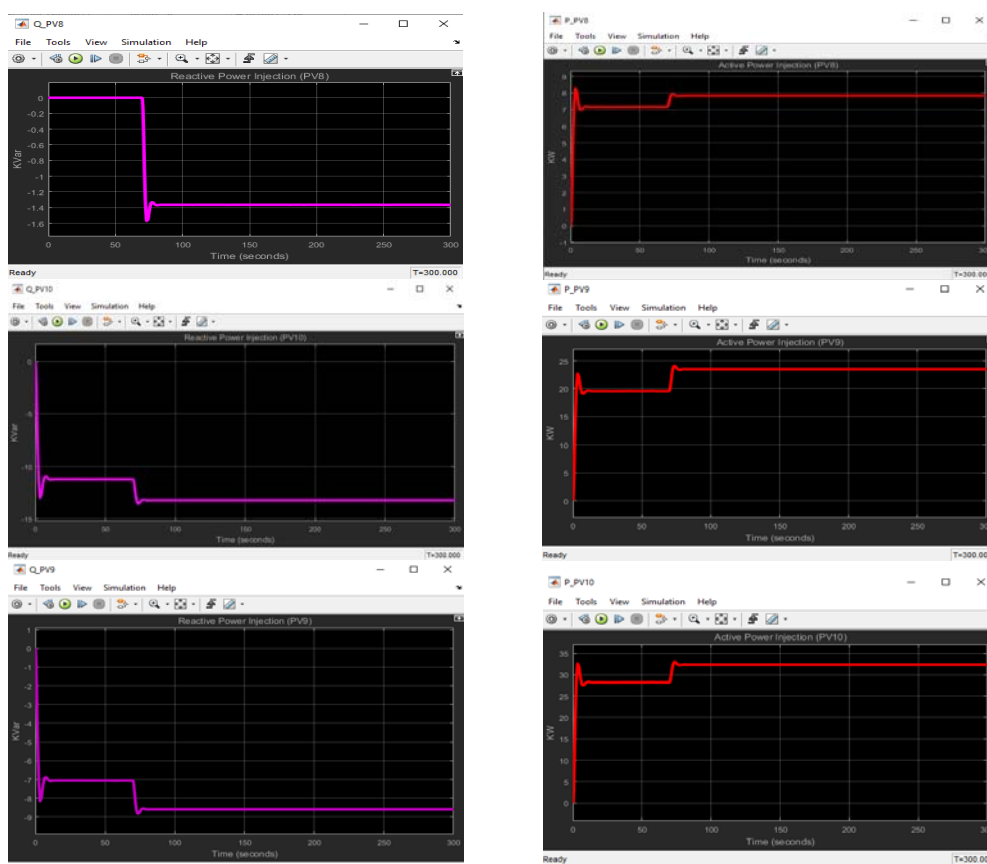
جدول ۶- شرایط مفروض شدت تابش بر سطح برخی سیستمهای PVS در طی زمان برای مطالعه موردی سوم

PV10	PV9	PV8	شدت تابش خورشید PVS
۲۵۰۰	۲۰۰۰	۱۸۰۰	سناریو ۱: زمان ۰ تا ۷۰ ثانیه
۳۰۰۰	۲۵۰۰	۲۰۰۰	سناریو ۲: زمان ۷۰ تا ۳۰۰ ثانیه

جدول ۷- دامنه ولتاژ باس‌های شبکه تحت سناریوهای مختلف شدت تابش خورشید برای برخی سیستمهای PVs

دامنه ولتاژ باس‌ها	Bus1	Bus2	Bus3	Bus4	Bus5
سناریو ۱	۲۲۰	۲۲۰٫۳۴	۲۲۰٫۶۹	۲۲۱٫۱۱	۲۲۱٫۵۸
سناریو ۲	۲۲۰	۲۲۰٫۳۷	۲۲۰٫۷۸	۲۲۱٫۲۴	۲۲۱٫۷۷
دامنه ولتاژ باس‌ها	Bus6	Bus 7	Bus 8	Bus 9	Bus10
سناریو ۱	۲۲۲٫۰۸	۲۲۲٫۶۰	۲۲۳٫۱۰	۲۲۳٫۵۵	۲۲۳٫۸۳
سناریو ۲	۲۲۲٫۳۳	۲۲۲٫۹۲	۲۲۳٫۴۹	۲۲۴٫۰۵	۲۲۴٫۳۹

با افزایش شدت تابش بر سطح سه سیستم PV8، PV9 و PV10 انتظار می‌رود کنترلر MPPT تحت شرایط جدید مقادیر بیشتری توان اکتیو را از این منابع استخراج نموده و به شبکه تحویل دهد. تحت چنین شرایطی، میزان جذب توان راکتیو توسط اینورترهای واسط سیستمهای PVs بمنظور حذف اضافه ولتاژ دینامیکی تغییر خواهد کرد. بعد اجرای مدل پیشنهادی، نتایج شبیه‌سازی برای مقادیر ماکزیمم توان اکتیو استخراج شده و توان راکتیو جذب شده از سیستمهای PV8، PV9 و PV10 با بکارگیری رهیافت پیشنهادی در شکل (۸) به نمایش در آمده است.



شکل (۷): نتایج شبیه‌سازی برای مقادیر ماکزیمم توان اکتیو استخراج شده و راکتیو جذب شده از طرق سیستمهای PV8، PV9 و PV10 برای مطالعه موردی سوم

نتایج شبیه‌سازی گواه این حقیقت است که کنترلر MPPT در مطالعه موردی سوم برای استخراج توان اکتیو ماکزیمم از منبع غیرخطی PVs با دقت و سرعت مناسبی تغییرات شدت تابش خورشید را تعقیب می‌کند. علاوه، رهیافت پیشنهادی مطابق انتظار با تغییر سطح راکتیو جذب شده توسط عملکرد واسطهای اینورتری در سناریو افزایش شدت تابش خورشید همچنان دامنه ولتاژ باسها را در محدوده مجاز حفظ می‌کند. برای سناریو اول در زمان ۰ ثانیه تا ۷۰ ثانیه واسطهای اینورتری سیستمهای PV9 و PV10 بترتیب موجب جذب ۷ کیلووات و ۱۱٫۲ کیلووات و برای سناریو دوم طی زمان ۷۰ ثانیه تا ۳۰۰ ثانیه سیستمهای PV8، PV9 و PV10 بترتیب موجب جذب ۱٫۳۸ کیلووات، ۸٫۸ کیلووات و ۱۳٫۵ کیلووات خواهند شد تا دامنه ولتاژ باس‌ها را در محدوده مجاز بهره‌برداری حفظ کنند.

۵- نتیجه‌گیری

در این مقاله یک راهکار جدید جهت بهبود پروفیل ولتاژ شبکه توزیع شعاعی تحت نفوذ بالای سیستمهای PVs از طریق مدیریت توان راکتیو با اجتناب از گزینه قطع بار توان اکتیو شبکه ارائه گردید. استخراج ماکزیمم توان اکتیو از سیستمهای PVs منصوب در شبکه توزیع شعاعی برای هر لحظه از طریق کنترلر MPPT انجام می‌شود. ایده اصلی کار برای حذف اضافه ولتاژهای استاتیکی و دینامیکی در واقع استفاده از ظرفیت خالی اینورترهای واسط سیستمهای PVs برای جذب توان راکتیو در باسهای حساس شبکه بوده است به نحوی که از حداکثر ظرفیت انتقال توان این تجهیزات الکترونیک قدرت با پاسخ سریع تا قبل رسیدن به محدودیت ضریب قدرت (۰,۹) استفاده گردد. بمنظور اعتبارسنجی و تایید کارایی رهیافت پیشنهادی جهت کنترل ولتاژ و مدیریت توان راکتیو شبکه توزیع تحت نفوذ بالای سیستم PVs، مطالعات شبیه‌سازی بر روی یک فیدر توزیع فشار ضعیف ۱۰- باسه، ۲۲۰ ولتی با ظرفیت پست ۶۰ کیلوولت آمپر و تقاضای بار ممتد ۵ کیلووات شامل ۹ سیستم PVs انجام شده است. مطالعات عددی و نتایج شبیه‌سازی نشان می‌دهد که الگوریتم پیشنهادی با استفاده بهینه از ظرفیت خالی اینورترهای واسط سیستمهای PVs برای جذب توان راکتیو قادر است تا مشکل تحمیل اضافه ولتاژهای استاتیکی و دینامیکی به سیستم را رفع نموده و دامنه ولتاژ باسهای حساس فیدرهای شبکه توزیع شعاعی تحت نفوذ بالای سیستم PVs را در محدوده مجاز حفظ کند.

منابع

1. Franco, J. F., Rider, M.J., Lavorato, M., and Romero, R. (2013). Optimal Conductor Size Selection and Reconductoring in Radial Distribution Systems Using a Mixed-Integer LP Approach, IEEE Transaction on Power System 28, pp. 10–20.
2. Legha, M. M. (2014). Combination of optimal conductor selection and capacitor placement in radial distribution systems using PSO method", Iraqi J. Electr. Electron. Eng 10, pp. 33–41.
3. Xu, Y. Z., Dong, Y., Wong, K., Liu, P. E. and Yue, B. (2013). Optimal Capacitor Placement to Distribution Transformers for Power Loss Reduction in Radial Distribution Systems, IEEE Transaction on Power Systems 28, 4, pp. 4072-7079.
4. Salih, S.N., and Chen, P. (2016). On Coordinated Control of OLTC and Reactive Power Compensation for Voltage Regulation in Distribution Systems with Wind Power, IEEE Transaction on Power System 31, 5, pp. 4026 – 4035.
5. Mehrizi-Sani, A., and Iravani, R. (2012). Online set point adjustment for trajectory shaping in micro-grid applications, IEEE Transaction on Power System 27, 1, pp. 216–223.
6. Moursi, M. S. E., Zeineldin, H. H., Kirtley, J. L. Jr., and Alobeidli, K. (2014). A Dynamic Master/Slave Reactive Power-Management Scheme for Smart Grids with Distributed Generation, IEEE Transaction on Power Delivery 29, 3, pp.1157 – 1167.
7. Salih, S. N., and Chen, P. (2016). On Coordinated Control of OLTC and Reactive Power Compensation for Voltage Regulation in Distribution Systems with Wind Power, IEEE Transaction on Power System 31, 5, pp. 4026 – 4035.
8. Ghosh, S., Rahman, S., and Pipattanasomporn M. (2017). Distribution Voltage Regulation through Active Power Curtailment with PV Inverters and Solar Generation Forecasts, IEEE Transaction on Sustainable Energy 8, 1, pp. 13-22.
9. Wang, Y., Zhang, P., Li, W., Xiao, W., and Abdollahi, A. (2012). Online Overvoltage Prevention Control of Photovoltaic Generators in Micro-grids, IEEE Transaction on Smart Grid 3, 4, pp. 2071 – 2078.
10. Tonkoski, R., Lopes, L. A., and El-Fouly, T. H. (2011). Coordinated active power curtailment of grid connected PV inverters for overvoltage prevention, IEEE Transaction on Sustainable Energy 2, 2, pp. 139–147.
11. Azzouz, M. A., Shaaban, M. F. and El-Saadany, E. F. (2015). Real-Time Optimal Voltage Regulation for Distribution Networks Incorporating High Penetration of PEVs, IEEE Transaction on Power Systems 30, 6, pp. 3234-3245.
12. Chen, K., Tian, S., Cheng, Y., and Bai, L. (2014). An Improved MPPT Controller for Photovoltaic System under Partial Shading Condition, IEEE Transaction on sustainable energy 5, 3, pp. 978-985.

کاربرد سنجش فشرده در تخمین کانال سیستم‌های چند-ورودی چند-خروجی انبوه در نسل پنجم شبکه‌های تلفن همراه

محمدعلی عابدی^۱

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۳/۲۱

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۵/۰۶

کد مقاله: ۵۲۷۰۸

چکیده

نسل پنجم شبکه‌های تلفن همراه (5G) انتظار می‌رود به نرخ داده بالا، کاهش تأخیر و همچنین بهبود طیفی و انرژی سیستم‌های ارتباطی بی‌سیم دست یابد. چندین فناوری در حال استفاده برای استفاده در سیستم‌های 5G است. یکی از اصلی‌ترین فناوری‌های امیدوارکننده‌ای که به نظر می‌رسد فعال‌کننده 5G است، سیستم‌های چند-ورودی چند-خروجی انبوه^۲ (M-MIMO) است. مطالعات متعدد کاربرد M-MIMO را در شبکه‌های بی‌سیم آینده نشان داده‌اند. با این وجود چالش‌های متعددی وجود دارد که باید حل شود. در این مقاله، در مورد چالش تخمین کانال در سیستم‌های M-MIMO، و چالش سربرار پایلوت و راهکار استفاده از سنجش فشرده صحبت می‌شود که باید قبل از اجرا سیستم‌های M-MIMO در شبکه‌های 5G مورد بررسی قرار گیرند. برای غلبه بر این مشکل، ما یک طرح تخمین کانال توام مکانی مبتنی بر سنجش فشرده ساختارمند^۳ (SCS)، برای کاهش سربرار پایلوت مورد نیاز، پیشنهاد کرده‌ایم، که توسط آن تنگی توام مکانی کانال‌های حوزه تاخیر MIMO، تقویت می‌شوند. نتایج الگوریتم جستجوی تطابق متعامد با ساختار تطبیقی در سمت کاربر پیشنهاد شده است تا به‌طور توام کانال‌های مرتبط با یک سمبل‌التهی پلکسینگ تقسیم فرکانسی متعامد^۴ (OFDM) را از تعداد محدودی از پایلوت‌ها تخمین بزنند. از این طریق، تنگی مشترک مکانی کانال‌های MIMO برای بهبود دقت تخمین کانال استفاده می‌شود. نتایج شبیه سازی نشان می‌دهد که طرح پیشنهادی می‌تواند با دقت کانال‌ها را با کاهش سربرار پایلوت، تخمین بزند، همچنین قادر به نزدیک شدن به تخمین گر حداقل مربعات بهینه است.

واژگان کلیدی: تخمین کانال، سیستم‌های چند-ورودی چند-خروجی انبوه، سنجش فشرده، اطلاعات حالت کانال، سیستم‌های تقسیم دو گانه براساس فرکانس

۱- دانشگاه افسری امام حسین (ع) (مدرس) - m.aliabedi@ut.ac.ir

2 Massive Multi Input Multi Output

3 Structured Compressed Sensing

4 Orthogonal Frequency division multiplexing

۱- مقدمه

سیستم‌های M-MIMO یک فناوری نوظهور است که با استقرار مقدار زیادی آنتن در ایستگاه پایه^۱ (BS)، بازده طیفی بی-سابقه‌ای را فراهم می‌کند (Chen and Yuan, 2018:2). با وجود این که تعداد ایستگاه پایه و سمبل‌های پیلوت محدود هستند به دلیل حرکت کاربرها و طول محدوده ثابت کانال^۲ (Bolcskei, 2006:2)، افزایش تعداد آنتن‌های ایستگاه پایه در طول سیگنال به نویز کم و اطلاعات حالت کانال^۳ (CSI) ضعیف موثر هستند. یکی از مهم‌ترین چالش‌هایی که M-MIMO باید با آن روبرو شود کسب CSI در BS است. با در نظر گرفتن سربار پیلوت به دست آوردن CSI در فرستنده‌ها، FDD از پیلوت‌های فروسو برای تخمین کانال استفاده می‌کنند. CSI تخمین زده شده را از طریق کانال‌های فراسو بازخوردگیری می‌کنند. در حالی که سیستم‌های تقسیم دوگانه براساس زمان^۴ (TDD)، CSI فراسو را از طریق ویژگی متقابل کانال^۵ به دست می‌آورند (Lu, Lai et al. 2014:3). تکنیک‌های چند-ورودی چند-خروجی انبوه می‌تواند با OFDM ترکیب شود تا به پیشرفت‌های چشم‌گیری در عملکرد و بهره‌وری طیف و انرژی دست یابد. با توجه به این که هر دو روش MIMO و OFDM در شبکه‌های بی‌سیم تجاری موجود به کار گرفته شده‌اند، OFDM M-MIMO به عنوان گزینه اولویت بالا برای ارتباطات بی‌سیم 5G آینده شناخته شده است. (Wang, Haider et al. 2014:4)

در OFDM M-MIMO، دستیابی دقیق به CSI برای به دست آوردن ظرفیت و قابلیت اطمینان وعده داده شده توسط سیستم ضروری است. با این حال رویکردهای مرسوم تخمین کانال نیاز دارد که طول پیلوت حداقل برابر با تعداد آنتن‌های فرستنده باشد. این امر ممکن است باعث ایجاد یک سربار پیلوت قابل توجه در فروسو یک سیستم OFDM M-MIMO شود، جایی که تعداد زیادی آنتن در BS مستقر شده‌اند. یک راه حل ممکن برای این مشکل فرض در TDD است، که در آن CSI فقط باید در فراسو به دست بیاید و سپس به لطف ویژگی متقابل کانال، CSI فروسو به طور خودکار به دست می‌آید. با این حال، از یک طرف، به دلیل زمان انسجام محدود و عدم تطابق فیلترهای ارسال و دریافت در فراسو و فروسو، ممکن است CSI به دست آمده در فراسو برای انتقال فروسو نادرست باشد. از طرف دیگر، از نظر اقتصادی استقرار سیستم‌های TDD صرفه‌ای ندارد زیرا FDD بر شبکه‌های سلولی کنونی مسلط است (Tropp and Gilbert, 2007:4). بنابراین، کاهش سربار پیلوت برای فروسوی سیستم‌های M-MIMO تقسیم دوگانه بر اساس فرکانس از اهمیت حیاتی برخوردار است.

برای کاهش سربار، تکنیک‌های سنجش فشرده، برای به دست آوردن CSI از طریق استخراج تنگی کانال معرفی شده است (Wang, Haider et al. 2014:5). تا به امروز الگوریتم‌های CS زیادی برای بازسازی CSI سیستم‌های M-MIMO پیشنهاد شده است. الگوریتم‌های متداول شامل روش‌های حریصانه، بهینه سازی محدب و... هستند. به طور مثال تطبیق پیگیری^۶ یک نوع از الگوریتم‌های حریصانه است (Yuan, Fan et al. 2018:6). برای هر تکرار، بردار ستونی را از ماتریس اندازه‌گیری انتخاب می‌کند تا حداکثر ضرب داخلی را با ماتریس افزونگی^۷ به دست آورد. هر بردار انتخاب شده به عنوان یکی از عناصر مجموعه پشتیبانی^۸ استفاده می‌شود. و در آخر مجموعه بردارهای ستون بدست می‌آید تا جواب تقریباً تنگ بدست آید. از آنجا که ماتریس مشاهده مربع نیست، تصویر سیگنال روی مشاهده متعام نخواهد بود. به همین دلیل، پیگیری تطابق متعام^۹ برای حل مسئله پیشنهاد شده است (Hassibi and Hochwald, 2003:4). برای مهار تنگی مکانی و زمانی پاسخ ضربه کانال برای کانال‌های FDD M-MIMO، پیگیری تطبیق متعام (Gao, Dai et al. 2014:5) و تطابق زیرفضا^{۱۰} در برآورد کانال MIMO تک کاربره معرفی شده است. برای سیستم‌های M-MIMO چند کاربره فروسو، برآورد کارآمد CSI براساس پیگیری زیرفضا بلوکی ارائه شده است. با بهره‌گیری از همبستگی‌های مکانی و زمانی کانال‌های MIMO در مقیاس بزرگ، الگوریتم پیگیری تطبیقی نمونه برداری فشرده ساختاریافته برای بازیابی اطلاعات چندین کانال پیشنهاد شده است. برای غلبه بر محدودیت یک بردار تک‌ستونی به مجموعه بردارهای انتخاب شده در هر مرحله، پیگیری تطبیق متعام مرحله‌ای در تخمین کانال MIMO-OFDM استفاده می‌شود. ادبیات فوق عمدتاً ایستگاه پایه را با یک کاربر در سیستم MIMO در نظر می‌گیرند، یا فقط یکی از الگوریتم‌های CS را در سیستم M-MIMO بررسی می‌کنند. اخیراً مطالعات گسترده‌ای روی تخمین کانال برای سیستم‌های متداول مقیاس کوچک FDD-MIMO صورت گرفته است. اثبات شده است که پیلوت‌های متعام با فضای مساوی و قدرت مساوی می‌توانند به منظور تخمین

1 Base Station

2 Channel State Information

3 Time Division Duplexing

4 Channel reciprocity

5 Matching pursuit

6 redundancy matrix

7 Support set

8 Orthogonal Matching Pursuit

9 Subspace Pursuit

کانال‌های MIMO رایلی ناهمبسته، برای یک سمبل OFDM، که در آن سربار پیلوت مورد نیاز با تعداد آنتن‌های انتقال افزایش می‌یابد، بهینه شوند. با استفاده از همبستگی فضایی کانال‌های MIMO، سربار پیلوت برای ارزیابی کانال‌های رایسین MIMO می‌تواند کاهش یابد (Bjornson, 2009:4). علاوه بر این، با استفاده از همبستگی زمانی کانال، می‌توان سربار پیلوت را برای تخمین کانال‌های MIMO مرتبط با چندین سمبل OFDM، بیشتر کاهش داد. در حال حاضر، پیلوت‌های متعامد به‌طور گسترده-ای در سیستم‌های موجود MIMO که در آن‌ها سربار پیلوت به دلیل کم بودن تعداد آنتن‌های انتقال (به‌عنوان مثال، تا هشت آنتن در سیستم LTE پیشرفته) مسئله بزرگ نیست، استفاده می‌شوند. با این حال، این موضوع می‌تواند در سیستم‌های M-MIMO با توجه به تعداد زیاد آنتن‌ها در BS (به‌عنوان مثال، ۱۲۸ آنتن یا حتی بیشتر در BS)، بسیار مهم باشد.

در مرجع (Dai, Wang et al. 2013:6) روشی برای استفاده از همبستگی زمانی و تنگی کانال‌های تأخیر دامنه برای سربار پیلوت کاهش یافته، برای سیستم‌های FDD M-MIMO پیشنهاد شده است اما حذف تداخل دنباله‌های آموزشی آنتن‌های انتقال مختلف هنگامی که تعداد آنتن‌های انتقال زیاد است، دشوار می‌شود. مرجع (Nam, Akimoto. 2012:4) از همبستگی فضایی و تنگی کانال‌های MIMO تأخیر-دامنه برای تخمین کانال‌ها با سربار پیلوت کاهش یافته استفاده کرده، اما فرض دانستن سطح تنگی کانال در سمت کاربر یک فرض غیر واقعی است. طرح تخمین کانال مبتنی بر سنجش فشرده با استفاده از همبستگی فضایی کانال در مرجع (Gao, Dai et al. 2015:5) پیشنهاد شده است، اما استفاده از همبستگی فضایی می‌تواند تحت تأثیر غیر ایده آل بودن آرایه آنتن دچار مشکل شود.

در مرجع (Gao, Dai et al. 2014:4) یک طرح تخمین کانال حلقه باز و حلقه بسته برای M-MIMO پیشنهاد شده است، اما تشخیص دراز مدت مشخصات آماری کانال در سمت کاربر می‌تواند دشوار باشد. از سوی دیگر، برای سیستم‌های ارتباطات بی-سیم پهن باند معمول، کانال‌های دامنه تأخیر به‌طور ذاتی، بواسطه تعداد محدود پراکنده‌سازها در محیط‌های انتشار و بزرگ بودن پخش تأخیر کانال، طبیعتی تنگ دارند. در همین حال، برای سیستم‌های MIMO با آرایه آنتن با محل مشترک در BS، کانال-های بین یک کاربر و آنتن‌های انتقال مختلف در BS، تأخیرهای مسیر بسیار مشابهی به علت مشابهت زیاد پراکنده سازها در محیط‌های انتشار نشان می‌دهند که مشخص کننده کانال‌های حوزه تأخیر بین کاربر و آنتن‌های انتقال مختلف در BS، هنگامی که دهانه آرایه آنتن خیلی بزرگ نیست، تنگی مشترک را به اشتراک می‌گذارند (Gao, Dai et al. 2014:5). علاوه بر این، از آنجا که تأخیر مسیر بسیار کندتر از بهره مسیر است بواسطه همبستگی زمانی کانال، این پراکندگی در زمان انسجام تقریباً بدون تغییر باقی می‌ماند.

در این مقاله، با استفاده از تنگی مشترک فضایی کانال‌های MIMO دامنه تأخیر، ما یک سنجش فشرده ساختار یافته (SCS) براساس طرح تخمین کانال مشترک فضایی با کاهش قابل توجه سربار پیلوت برای سیستم‌های FDD Massive MIMO، پیشنهاد کرده‌ایم. در سمت کاربر ما یک الگوریتم جستجوی ساختارمند تطابق متعامد (SOMP) برای تخمین کانال پیشنهاد کرده-ایم که به‌واسطه‌ی آن از تنگی مشترک فضایی کانال‌های MIMO حوزه تأخیر برای بهبود عملکرد تخمین کانال از تعداد محدود از پیلوت‌ها، استفاده می‌شود. در نهایت نتایج شبیه سازی تایید می‌کنند که طرح پیشنهادی با سربار پیلوت کاهش یافته از هم‌تایان متعارف خود برتر است، و در آن عملکرد طرح تخمین کانال مبتنی بر SCS به عملکرد تخمین گر حداقل مربعات (LS)، نزدیک است. ادامه مقاله به این شرح است که در بخش دوم، تنگی مشترک فضایی کانال‌های MIMO حوزه تأخیر را نشان می‌دهد. در بخش سوم، طرح پیشنهادی تخمین کانال مشترک فضایی مبتنی بر SCS با جزئیات مورد بحث قرار می‌گیرد. بخش چهارم، نتایج شبیه سازی را نشان می‌دهد. در نهایت در بخش پنجم نتیجه‌گیری از مقاله آورده شده است.

۲- تنگی مشترک فضایی حوزه تأخیر

مطالعات تجربی گسترده نشان داده است که کانال‌های بی‌سیم پهن‌بند در حوزه تأخیر، دارای تنگی هستند. این مساله ناشی از این واقعیت است که تعداد مسیرهای چندگانه‌ی حاکم بر اکثر انرژی‌های کانال، کم است که علت آن تعداد محدود پراکنده سازهای مهم در محیط‌های پخش سیگنال بی‌سیم است، درحالی که انتشار تأخیر کانال می‌تواند به دلیل تفاوت بزرگ بین زمان ورود اولین مسیر چندگانه و آخرین مسیر چندگانه، بزرگ باشد (Nguyen and Ghayen. 2013:5). به‌طور خاص، در فروسو پاسخ ضربه حوزه تأخیر کانال بین m امین آنتن انتقال در BS و یک کاربر را می‌توان به‌صورت زیر بیان کرد:

$$h_m = [h_m[1], h_m[2], \dots, h_m[L]]^T, 1 \leq m \leq M \quad (1)$$

L معادل طول کانال است

$$D_m = \text{Supp}\{h_m\} = \{l: |h_m[l]| > p_{th}, 1 \leq l \leq L\} \quad (2)$$

مجموعه پشتیبانی h_m مطابق (۲) تعریف می‌شود. P_{th} کف نویز است. سطح تنگی کانال‌های بی‌سیم به صورت $P_m = |D_m|_c$ تعریف شده است و به دلیل طبیعت تنگ کانال‌ها حوزه تاخیر ما داریم $P_m \ll L$. علاوه بر این، اندازه گیری‌هایی وجود دارد که نشان می‌دهد CIR های بین آنتن‌های انتقال مختلف و یک کاربر، تاخیرهای مسیر بسیار مشابهی دارند (Gao, Dai et al, 2015:6). دلیل این مسئله این است که در هندسه MIMO انبوه معمول، مقیاس آرایه آنتن فشرده در BS در مقایسه با فاصله بزرگ انتقال سیگنال نسبتاً کوچک است و کانال‌های مرتبط با جفت آنتن‌های ارسال-دریافت مختلف، پراکنده سازهای مشترک خود را به اشتراک می‌گذارند. بنابراین، الگوی تنگی CIR های جفت آنتن‌های ارسال-دریافت متفاوت دارای هم‌پوشانی بزرگی هستند. علاوه بر این، برای سیستم‌های MIMO با M نه چندان بزرگ، این CIR ها می‌توانند الگوی تنگی مشترکی را به اشتراک بگذارند (Gao, Dai et al, 2015:5)، یعنی:

$$D_{1,r} = D_{2,r} = \dots = D_{M,r} \quad (3)$$

که به عنوان تنگی فضایی مشترک کانال‌های MIMO بی‌سیم نامیده می‌شود. به عنوان مثال، ما فرض می‌کنیم سیستم پیشرفته LTE در یک فرکانس حامل $f_c = 2GHz$ با پهنای باند سیگنال $f_s = 10MHz$ و آرایه خطی یکنواخت (ULA) با فاصله آنتن نیم‌موج کار می‌کند. برای دو آنتن فرستاده شده با فاصله ۸ نیم-طول موج، حداکثر اختلاف تاخیر مسیر آنها از پراکنده-ساز مشترک برابر با $4/f_c = 0.002 \mu s$ ، که در مقایسه با دوره تناوب هرسمبل سیستم $1/T_s = 0.0004 \mu s$ ، که در آن λ و c به ترتیب طول موج و سرعت نور است، ناچیز است. باید اشاره کرد که بهره‌های مسیر جفت آنتن‌های مختلف فرستنده-گیرنده از پراکنده‌ساز یکسان می‌توانند متفاوت باشند یا حتی به واسطه‌ی آنتن‌های غیرایزوتروپیک، ناهم‌بسته باشند (Nam, Akimoto et al. 2012:6).

۳- تخمین کانال مبتنی بر SCS در سمت کاربر

در سمت کاربر پس از حذف فاصله گارد و تبدیل فوریه گسسته (DFT)، دنباله پایلوت دریافت شده $y_r \in \mathbb{C}^{N_p \times 1}$ مربوط به به سمبل OFDM را می‌توان به صورت زیر بیان کرد:

$$y = \sum_{m=1}^M \text{diag}\{p_m\} F|_{\xi} \begin{bmatrix} h_m \\ 0_{(N-L) \times 1} \end{bmatrix} + w \quad (4)$$

$$= \sum_{m=1}^M P_m F_L|_{\xi} h_m + w = \sum_{m=1}^M \Phi_m h_m + w$$

که در آن $P_m = \text{diag}\{p_m\} \in \mathbb{C}^{N \times N}$ یک ماتریس DFT است، $F_L \in \mathbb{C}^{N \times L}$ یک ماتریس DFT جزئی است که از اولین ستون L ماتریس F تشکیل شده است، $F_L|_{\xi} \in \mathbb{C}^{N_p \times L}$ و $F|_{\xi} \in \mathbb{C}^{N_p \times N}$ زیرماتریس‌هایی هستند که با به ترتیب انتخاب ردیف‌های F و F_L با توجه به ξ ، بدست آمده‌اند، $w \in \mathbb{C}^{N_p \times 1}$ بردار نویز گوسی سفید جمع‌شونده (AWGN) در سمبل OFDM است و $\Phi_m = P_m F_L|_{\xi}$.

علاوه بر این، (۴) را می‌توان به یک شکل فشرده‌تر بصورت زیر بازنویسی کرد:

$$y = \Phi \tilde{h} + w. \quad (5)$$

که در آن

$$\Phi = [\Phi_1, \Phi_2, \dots, \Phi_M] \in \mathbb{C}^{N_p \times ML} \text{ and } \tilde{h} = [h_1^T, h_2^T, \dots, h_M^T]^T \in \mathbb{C}^{ML \times 1}$$

یک بردار CIR انباشته است.

برای سیستم‌های M-MIMO، ما معمولاً با توجه به تعداد زیادی آنتن‌های انتقال M و تعداد محدود پایلوت‌ها N_p داریم $N_p \ll M$. این مسئله نشان می‌دهد که ما نمی‌توانیم به تخمین $\tilde{h}$ از y با استفاده از طرح‌های تخمین کانال متداول، اعتماد کنیم زیرا (۵) یک سیستم نامعین است. با این حال، مشاهداتی که نشان می‌دهد $\tilde{h}$ به دلیل تنگی $\{P_m\}_{m=1}^M$ یک سیگنال تنگ است، الهام بخش ما برای تخمین سیگنال تنگ $\tilde{h}$ ابعاد بالا از دنباله پایلوت دریافت شده y ابعاد پایین، تحت چارچوب نظریه CS، است. علاوه بر این، تنگی مشترک فضایی ذاتی کانال‌ها MIMO بی‌سیم هم‌چنین می‌تواند برای افزایش عملکرد مورد بهره برداری قرار گیرد.

به طور خاص، ما بردار CIR انباشته $\tilde{h}$ را برای به دست آوردن بردار معادل CIR، $\tilde{d}$ ، به صورت زیر دوباره مرتب می‌کنیم.

$$\tilde{d} = [d_1^T, d_2^T, \dots, d_L^T]^T \in \mathbb{C}^{ML \times 1} \quad (6)$$

که در آن :

$$d_l = [h_1[l] \cdot h_2[l] \cdot \dots \cdot h_M[l]]^T \text{ for } 1 \leq l \leq L$$

به طور مشابه، Φ را می توان به صورت زیر، مجددا مرتب کرد:

$$\psi = [\psi_1 \cdot \psi_2 \cdot \dots \cdot \psi_L] \in \mathbb{C}^{N_p \times ML} \quad (7)$$

که در آن

$$\psi_l = [\phi_1^{(l)} \cdot \phi_2^{(l)} \cdot \dots \cdot \phi_M^{(l)}] = [\psi_{1,l} \cdot \psi_{2,l} \cdot \dots \cdot \psi_{M,l}] \in \mathbb{C}^{N_p \times M}$$

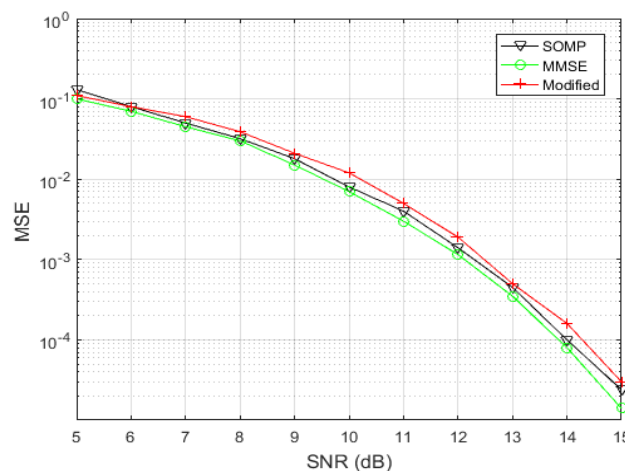
به همین ترتیب، (۵) را می توان بصورت زیر مجددا فرموله کرد:

$$y = \psi \tilde{d} + w \quad (8)$$

از (۸)، می توان مشاهده کرد که با توجه به تنگی مشترک فضایی کانال های MIMO بی سیم، بردار معادل CIR، $\tilde{d}$ دارای تنگی ساختارمند است (Gao, Dai et al. 2014:7).

۴- نتایج شبیه سازی

در این بخش، یک مطالعه شبیه سازی برای بررسی عملکرد طرح پیشنهادی تخمین کانال برای سیستم های Massiv MIMO FDD انجام شده است. برای فراهم کردن یک معیار جهت مقایسه عملکردها، ما علاوه بر الگوریتم SOMP پیشنهادی در سمت کاربر که یک الگوریتم تطبیق پذیر مطابق (Dai, 2013) و یک الگوریتم SOMP تغییر یافته با فرض سطح تنگی کانال شناخته شده در سمت کاربر، در نظر گرفته ایم. پارامترهای سیستم شبیه سازی به صورت زیر تنظیم شده اند: فرکانس حامل سیستم $f_c = 2GHz$ ، پهنای باند سیستم $f_c = 10MHz$ ، اندازه DFT برابر $N = 4096$ ، و طول گارد محافظ $Ng = 64$ بود که می تواند با حداکثر انتشار تاخیر برابر $6.4 \mu s$ ، مبارزه کند. ما یک آرایه آنتن مسطح 4×16 ($M = 64$) در نظر گرفته ایم. تعداد پایلوت ها برای تخمین کانال ها برای یک گروه آنتن N_p است، و نسبت سربار پایلوت برابر با $\eta_p = N_p/N$ است. مدل کانال اتحادیه بین المللی ارتباطات مخابراتی با مسیرهای $P = 6$ مورد موافقت قرار گرفت. در نهایت، P_{th} به صورت $0.1, 0.08, 0.06$ ، 0.05 و 0.04 به ترتیب برای $20 dB, 15 dB, 10 dB, 30 dB$ SNR تنظیم گردید. برای مقایسه بهتر در شکل ۱، عملکرد MSE الگوریتم پیشنهادی، الگوریتم تغییر یافته پیشنهادی و الگوریتم LS را در SNR های $10 dB$ و $30 dB$ مقایسه کرده ایم. واضح است که الگوریتم پیشنهادی، هنگامی که SNR و β می یابد، می تواند سطح تنگی کانال را با احتمال بالا به دست آورد. علاوه بر این، به نظر می رسد حتی در مواردی که تعداد پایلوت ها کافی نیست و بازیابی قابل اعتماد کانال های تنگ تضمین نمی شود، الگوریتم پیشنهادی هنوز می تواند سطح تنگی کانال را با یک انحراف جزئی از سطح تنگی کانال به دست آورد. در شکل ۱ نرخ خطای بیت (BER) فروسو را مقایسه می کنیم که در آن فرض می شود BS با استفاده از پیش کدگذاری (ZF) کانال های فروسو تخمین زده شده را می شناسد. در شبیه سازی، BS با $M = 64$ آنتن به طور هم زمان $K=8$ کاربر را با استفاده از QAM-۱۶ سرویس می دهد. می توان مشاهده کرد که طرح تخمین کانال پیشنهادی نسبت به هم تیان خود بهبودی نسبی در پی دارد.



شکل ۱- مقایسه عملکرد BER تخمین کانال های پیشنهادی و MMSE سیستم های FDD M-MIMO.

۵- نتیجه گیری

در این مقاله، ما طرح تخمین کانال مشترک فضایی مبتنی بر SCS را برای سیستم‌های Massive MIMO پیشنهاد داده‌ایم، که توسط آن تنگی مشترک فضایی ذاتی کانال‌های MIMO بی‌سیم برای کاهش سربار پیلوت مورد استفاده قرار می‌گیرد. طرح پیلوت انطباق‌پذیر فضایی می‌تواند سربار پیلوت مورد نیاز را با توجه به جابجایی کاربران، بیشتر کاهش دهد. نتایج شبیه سازی نشان می‌دهند که طرح تخمین کانال پیشنهادی می‌تواند عملکرد تخمین کانال بسیار بهتری نسبت به هم‌تایان خود با کاهش قابل ملاحظه در سربار پیلوت ارائه دهد، و تنها افت کارایی ناچیزی در مقایسه با محدوده‌ی عملکردی، نشان می‌دهد.

منابع

1. Bolcskei, H. (2006). "MIMO-OFDM wireless systems: basics, perspectives, and challenges." IEEE wireless communications 13(4): 31-37.
2. Chen, L. and X. Yuan (2018). Massive MIMO-OFDM channel estimation via structured turbo compressed sensing. IEEE International Conference on Communications (ICC), IEEE.
3. E. Bjornson and B. Otterste(2009). "How much training is needed in multiple antenna wireless links?," IEEE Transactions on Signal Processing Vol. 58 Issue 3 Pages 1807-1820
4. Gao, Z., L. Dai and Z. Wang (2014). "Structured compressive sensing based superimposed pilot design in downlink large-scale MIMO systems." Electronics Letters 50(12): 896-898.
5. Gao, Z., L. Dai, C. Yuen and Z. Wang (2015). "Asymptotic orthogonality analysis of time-domain sparse massive MIMO channels." IEEE Communications Letters 19(10): 1826-1829.
6. Gao, Z., L. Dai and Z. Wang (2014). "Structured compressive sensing based superimposed pilot design in downlink large-scale MIMO systems." Electronics Letters 50(12): 896-898.
7. Hassibi, B. and B. M. Hochwald (2003). "How much training is needed in multiple-antenna wireless links?" IEEE Transactions on Information Theory 49(4): 951-963.
8. Lu, L., G. Y. Li, A. L. Swindlehurst, A. Ashikhmin and R. Zhang (2014). "An overview of massive MIMO: Benefits and challenges." IEEE journal of selected topics in signal processing, 8(5): 742-758.
9. L. Dai, Z. Wang and Z. Yang(2013). "Spectrally efficient time-frequency training OFDM for mobile large-scale MIMO systems," IEEE Journal on Selected Areas in Communications Vol. 31 Issue 2 Pages 251-263.
10. Nguyen, S. L. H. and A. Ghrayeb (2013). Compressive sensing-based channel estimation for massive multiuser MIMO systems. 2013 IEEE Wireless Communications and Networking Conference (WCNC), IEEE.
11. Tropp, J. A. and A. C. Gilbert (2007). "Signal recovery from random measurements via orthogonal matching pursuit." IEEE Transactions on information theory 53(12): 4655-4666.
12. Wang, C.-X., F. Haider, X. Gao, X.-H. You, Y. Yang, D. Yuan, H. M. Aggoune, H. Haas, S. Fletcher and E. Hepsaydir (2014). "Cellular architecture and key technologies for 5G wireless communication networks." IEEE communications magazine 52(2): 122-130.
13. Yuan, X., C. Fan and Y. J. Zhang (2018). "Fundamental limits of training-based uplink multiuser MIMO systems." IEEE Transactions on Wireless Communications 17(11): 7544-7558.
14. Y.-H. Nam, Y. Akimoto, Y. Kim, M.-i. Lee, K. Bhattad and A. Ekpenyong(2012). "Evolution of reference signals for LTE-advanced systems," IEEE Communications Magazine Vol. 50, Issue 2 Pages 132-138.

پنهان کاری در انتقال داده‌های پزشکی ایمن برای سیستم‌های مراقبت بهداشتی مبتنی بر IoT

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۶/۰۳

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۶/۲۶

کد مقاله: ۳۵۲۵۰

تورج استواری^۱

چکیده

با توجه به پیشرفت قابل توجه IoT در بخش مراقبت‌های بهداشتی، امنیت و یکپارچگی داده‌های پزشکی برای برنامه‌های خدمات بهداشتی درمانی به چالش‌های بزرگی تبدیل شدند. در این مقاله یک مدل امنیتی ترکیبی برای ایمن‌سازی داده‌های متن تشخیصی در تصاویر پزشکی پیشنهاد شده است. مدل پیشنهادی از طریق تلفیق تکنیک پنهان نگاری دوبعدی^۲ با یک طرح رمزگذاری ترکیبی پیشنهاد شده است. طرح پیشنهادی رمزگذاری ترکیبی با استفاده از ترکیبی از الگوریتم‌های رمزگذاری پیشرفته^۳ و Shamir، Rivest، و Adleman (RSA) ساخته شده است. مدل پیشنهادی با رمزگذاری داده‌های مخفی آغاز می‌شود. سپس با استفاده از 2D-DWT-2L نتیجه را در یک عکس روی جلد مخفی می‌کند. هر دو عکس رنگی و مقیاس خاکستری به عنوان تصاویر پوششی برای پنهان کردن اندازه متن مختلف استفاده می‌شود.

واژگان کلیدی: پنهان کاری، رمزنگاری، تصاویر پزشکی، IoT

۱- کارشناسی مهندس نرم افزار دانشگاه فنی و حرفه‌ای شماره یک، تبریز ایران (نویسنده مسئول)

Toraj.ostovari@gmail.com

2 Discrete Wavelet Transform 2 Level (2D-DWT-2L)

3 Advanced Encryption Standard (AES)

۱- مقدمه

IoT با درگیر کردن دنیای فیزیکی با هم یک محیط ارتباطی یکپارچه از دستگاه‌ها و سیستم‌عامل‌های متصل به هم ایجاد می‌شود [۱]. با ظهور سیستم‌های اینترنت اشیا مبتنی بر مراقبت‌های بهداشتی از راه دور، انتقال داده‌های پزشکی به روال روزمره تبدیل می‌شود؛ بنابراین، تهیه یک مدل کارآمد برای اطمینان از امنیت و یکپارچگی داده‌های تشخیصی بیمار که از محیط IoT انتقال و دریافت می‌شود، ضروری است [۲] - [۸]. این هدف با استفاده از تکنیک‌های پنهان نگاری و الگوریتم‌های رمزگذاری سیستم برای مخفی کردن اطلاعات دیجیتالی در یک تصویر [۹] - [۱۶] انجام شده است. رمزنگاری اصطلاح دیگری برای رمزگذاری داده است [۱۷] رمزنگاری فرایند رمزگذاری پیام‌ها به شکلی است که هکرها نمی‌توانند آن را بخوانند، اما افراد مجاز می‌توانند از آن استفاده کرد. دو الگوریتم اصلی که برای رمزگذاری داده‌ها در این کار استفاده می‌شود، رمزگذاری پیشرفته استاندارد (AES) و الگوریتم Rivest-Shamir-Adleman (RSA) [۱۸] هستند. AES یک رمز رمزگذاری است که در آن دو کلید از همان کلید استفاده می‌شود [۱۹]. پیام دارای پیام ثابت ۱۲۸ بیتی متن (ساده یا رمزنگاری) و کلیدهایی با طول ۱۲۸، ۱۹۲ یا ۲۵۶ بیت است. با ارسال پیام‌های طولانی‌تر، آنها به بلوک‌های ۱۲۸ بیتی تقسیم می‌شوند. ظاهراً کلیدهای طولانی‌تر رمزگشایی را دشوارتر می‌کند، همچنین سربار فرایند رمزگذاری و رمزگشایی طولانی‌تری را نیز اعمال می‌کند. برعکس، RSA الگوریتم کلید عمومی است که به طور گسترده در بخش‌های ارتباطات شخصی استفاده می‌شود [۲۰]. این مزیت داشتن یک اندازه کلید متغیر است که از (۲-۲۰۴۸) بیت برخوردار است. تحقیقات اولیه در پنهان کردن داده‌ها با پنهان نگاری آغاز شد که به علم و هنر پنهان کردن اشاره دارد. منظور انتقال اطلاعات مبتنی بر سیستم‌های بهداشتی در یک تصویر است. مزیت پنهان نگاری این است که می‌توان از آن برای انتقال پیام‌های طبقه‌بندی شده بدون اینکه واقعیت انتقال مشخص شود استفاده کرد. DWT دارای مکان‌یابی فضایی، گسترش فرکانس و ویژگی‌های چند وضوح فوق‌العاده است که با تئوری اشکال در سیستم بینایی انسان مطابقت دارد. این مقاله هر دو مرحله ۱ و ۲ سطح پنهان کاری DWT را که در دامنه فرکانس کار می‌کنند، پیاده‌سازی می‌کند. این تصویر را به قسمت‌هایی با تکرار زیاد و کم تقسیم می‌کند. بخش تکرار زیاد شامل اطلاعات لبه است، درحالی‌که قسمت تکرار کم غالباً به قطعات با تکرار زیاد و کم تقسیم می‌شود [۲۱].

هدف از پنهان نگاری نه تنها جلوگیری از دانستن اطلاعات پنهان توسط سرپرستان، بلکه رفع سوطن در داشتن اطلاعات پنهان است. پیام یک سند محرمانه است که باید در حامل منتقل شود و از آن استفاده شود، بنابراین تشخیص آن دشوار می‌شود. در هر سیستم پنهان نگاری دو جنبه اصلی وجود دارد که عبارت‌اند از ظرفیت پنهان نگاری و عدم محسوس بودن. از این رو، این دو خاصیت با هم گنجانده هستند زیرا افزایش ظرفیت در عین حفظ نامحسوس بودن پنهان نگاری از سیستم پنهان نگاری سخت است. علاوه بر این، هنوز روش‌های محدودی برای پنهان کردن اطلاعات برای استفاده با پروتکل‌های ارتباطی انتقال داده وجود دارد که می‌تواند غیرمعارف باشد اما آینده آنها امیدوارکننده نیست. این مقاله با هدف بهبود امنیت انتقال داده‌های پزشکی بر اساس ادغام بین یک روش پنهان نگاری و یک طرح رمزگذاری ترکیبی برای یک سیستم مراقبت بهداشتی با امنیت بالا دریافت کنید. این مقاله در پنج بخش از جمله این بخش سازمان یافته است. بخش ۲ کارهای مرتبط را نشان می‌دهد؛ بخش ۳ مدل پیشنهادی و الگوریتم‌های آنها را توضیح می‌دهد؛ بخش ۴ نتایج آزمایشی و بحث‌های آنها را ارائه می‌دهد و بخش ۵ نتیجه‌گیری اصلی را خلاصه می‌کند.

۲- کارهای مرتبط

شباهت و همکاری [۲]، یک مطالعه جامع درباره مسائل امنیتی در شبکه‌های اینترنت اشیا را مورد بررسی قرار داد. در این پژوهش نیازهای امنیتی مختلف، احراز هویت، محرمانه بودن مورد بحث قرار گرفت. یک مطالعه تطبیقی انواع مختلف حملات، رفتارهای نامناسب و میزان تهدید آنها که در سطح پایین، متوسط، سطح بالا و بسیار سطح بالا طبقه‌بندی شده است حملات و راه‌حل‌های احتمالی برای مواجهه با این حملات ارائه شده است. بایراگیت [۳]، سه روش پنهان کاری تصویر رنگی را برای محافظت از اطلاعات در زیرساخت IoT پیشنهاد کرده است. رویکرد اول و سوم از سه کانال (قرمز، سبز و آبی) استفاده می‌کند، درحالی‌که رویکرد دوم از دو کانال (سبز و آبی) برای انتقال اطلاعات استفاده می‌کند. از تکنیک‌های ترکیب‌بندی پویا برای مخفی کردن اطلاعات در لایه عمیق کانال‌های تصویر با کمک کلید مخفی به اشتراک گذاشته شده استفاده شده است. انوارت و همکاران [۴]، تکنیکی را برای ایمن‌سازی هر نوع عکس به‌ویژه تصاویر پزشکی ایجاد کرد. این اهداف برای حفظ یکپارچگی اطلاعات پزشکی الکترونیکی، اطمینان از در دسترس بودن این اطلاعات و تأیید صحت این اطلاعات برای اطمینان از اینکه افراد مجاز فقط می‌توانند اطلاعات را به دست آورند، حفظ می‌شود. ابتدا روش رمزگذاری AES در قسمت اول اعمال شد. تصویر گوش نیز در این اثر تعبیه شده است، جایی که هفت مقدار به‌عنوان بردار ویژگی از تصویر گوش استخراج شده است. این تکنیک پیشنهادی امنیت تصاویر پزشکی را از طریق ارسال آنها از طریق اینترنت بهبود بخشیده و از دسترسی افراد غیرمجاز به این تصاویر اطمینان حاصل

می‌کند. باتوجه به استانداردهای عامل خطر، این برنامه‌ها را می‌توان به نظارت از راه دور، پشتیبانی تشخیصی، پشتیبانی درمانی، اطلاعات پزشکی، آموزش و آگاهی و ارتباطات و آموزش برای کارکنان مراقبت‌های بهداشتی دسته‌بندی کرد. هشت آسیب‌پذیری امنیتی و ده عامل خطر توسط سازمان بهداشت جهانی شناسایی شده است (پروژه امنیت تلفن همراه OWASP) در سال ۲۰۱۴ مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است. رزاق و همکاران [۹]، یک روش امنیتی ترکیبی را برای رمزگذاری، پنهان‌کاری و تکنیک‌های علامت‌گذاری کرده است. این به سه مرحله تجزیه شد. (۱) رمزگذاری تصویر با استفاده از عملیات XOR، (۲) فرایند تعبیه با استفاده از حداقل بیت‌های قابل توجه (LSB) برای تولید تصویر پنهان‌کاری، و سپس (۳) علامت‌گذاری عکس پنهان‌کاری در هر دو دامنه فرکانس و مکان. نتایج تجربی ثابت کرد که روش پیشنهادی بسیار کارآمد و ایمن است. جینت و همکاران [۱۱]، با پنهان کردن داده‌ها با استفاده از مفهوم درخت تصمیم، تکنیک جدیدی را برای انتقال اطلاعات پزشکی بیمار به تصویر پوششی پزشکی ارائه دادند. کدگذاری در فرم بلوک‌های مختلفی که به طور مساوی تقسیم می‌شوند. در پنهان‌سازی، بلوک‌های کد مخفی به تصویر روی جلد اختصاص داده می‌شود تا داده‌ها را با استفاده از مکانیسم نقشه‌برداری بر اساس جستجوی اولین و اول قرار دهد. الگوریتم RSA برای رمزگذاری داده‌ها قبل از جاسازی استفاده شده است.

یحات و همکاران [۱۲]، برنامه‌های مختلف مراقبت‌های بهداشتی مبتنی بر شبکه حسگر پزشکی بی‌سیم (WMSN) را بررسی کرد که می‌تواند در محیط اینترنت اشیا اجرا شود. همچنین، درباره تکنیک‌های امنیتی که برای رسیدگی به مسائل امنیتی سیستم‌های مراقبت‌های بهداشتی به‌ویژه تکنیک‌های امنیتی ترکیبی استفاده می‌شود، بحث شد. فایو و زاو [۱۳]، الگوریتمی بر اساس تقسیم تصویر اصلی به گروه بلوک‌ها ارائه دادند، جایی که این بلوک‌ها به‌صورت چرخش با استفاده از یک الگوریتم ترانس تشکیل پس از آن، رمزگذاری تصویر تبدیل شده با استفاده از الگوریتم Blowfish صورت پذیرفت. مشخص شد که همبستگی کاهش می‌یابد و با افزایش تعداد بلوک از طریق استفاده از اندازه بلوک‌های کوچک‌تر، آنتروپی افزایش می‌یابد. باریجو و اسکورتی [۲۱]، یک سیستم تأیید صحت پزشکی را برای بهبود امنیت تصویر پزشکی پیشنهاد کردند. سیستم پیشنهادی عمدتاً به دو مرحله تجزیه می‌شود: حفاظت و تأیید. از طریق مرحله محافظت، فرم دودویی داده‌های مخفی با استفاده از تکنیک دامنه فرکانس 2D Haar DWT در قسمت با فرکانس بالا (HH) تعبیه شده است. از طریق مرحله هشدار، الگوریتم استخراج برای بازیابی تصویر اصلی و داده‌های مخفی استفاده می‌شود.

۳- مدل پیشنهادی و الگوریتم‌ها

این مقاله یک مدل امنیتی مراقبت‌های بهداشتی را برای تأمین امنیت انتقال داده‌های پزشکی در محیط اینترنت اشیا ارائه می‌دهد. مدل پیشنهادی شامل چهار فرایند ترتیبی است:

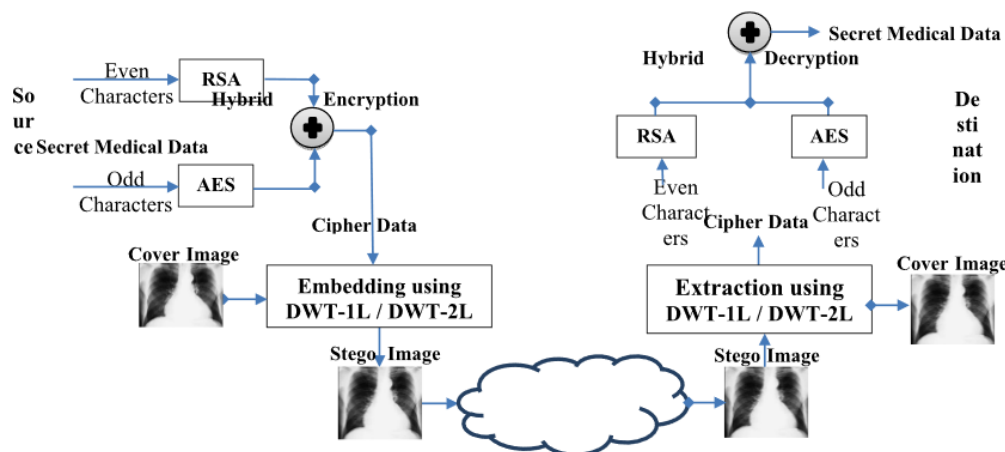
(۱) داده‌های بیمار محرمانه با استفاده از یک طرح رمزگذاری ترکیبی پیش‌فرض رمزگذاری می‌شود که از الگوریتم‌های رمزگذاری هر دو AES و RSA ساخته شده است.

(۲) داده‌های رمزگذاری شده با استفاده از 2D-DWT-1L یا 2D-DWT-2L در یک تصویر روی جلد مخفی می‌شوند و یک تصویر پنهان‌نگاری تولید می‌کنند.

(۳) داده‌های جاسازی شده استخراج می‌شوند.

(۴) داده‌های استخراج شده برای بازیابی داده‌های اصلی رمزگشایی می‌شوند.

شکل زیر چارچوب کلی مدل پیشنهادی ما را برای ایمن‌سازی انتقال مضمون داده در دو طرف منبع و مقصد نشان می‌دهد.



شکل ۱: چارچوب پیشنهادی برای اطمینان از انتقال داده‌های پزشکی.

۴- نتایج آزمایشی

عملکرد سیستم پیشنهادی بر اساس شش پارامتر آماری ارزیابی شد. نسبت اوج سیگنال به نویز در تصاویر^۱، میانگین مربعات خطا^۲، نرخ خطای بیت^۳، شباهت ساختاری^۴، محتوای ساختاری^۵ و همبستگی. در مقایسه با روش‌های پیشرفته، مدل پیشنهادی توانایی پنهان کردن اطلاعات بیمار محرمانه را در یک تصویر روی جلد منتقل شده با غیرقابل مشاهده بودن بالا، ظرفیت و حداقل خرابی در تصویر پنهان کاری دریافت شده، اثبات کرد. شکل‌های ۲ و ۳، خروجی آزمایش‌ها را نشان می‌دهند.

Image	Text Size (byte)	PSNR	MSE	BER	SSIM	SC	Correlation
Image(1)	15	56.60	0.14	0	1	1	1
	30	53.48	0.29	0	1	1	1
	45	51.65	0.44	0	1	1	1
	55	51.91	0.41	0	1	1	1
	100	52.46	0.37	0	1	1	1
	128	50.70	0.55	0	1	1	1
	256	51.66	0.44	0	1	1	1
Image(2)	15	56.60	0.14	0	1	1	1
	30	53.48	0.29	0	1	1	1
	45	51.62	0.45	0	1	1	1
	55	51.88	0.42	0	1	1	1
	100	52.45	0.37	0	1	1	1
	128	50.65	0.56	0	1	1	1
	256	51.60	0.45	0	1	1	1
Image(3)	15	56.24	0.15	0	1	1	1
	30	53.42	0.29	0	1	1	1
	45	51.56	0.45	0	1	1	1
	55	51.82	0.43	0	1	1	1
	100	52.40	0.37	0	1	1	1
	128	50.59	0.57	0	1	1	1
	256	51.49	0.46	0	1	1	1
Image(4)	15	56.39	0.15	0	1	1	1
	30	54.25	0.24	0	1	1	1
	45	52.42	0.37	0	1	1	1
	55	52.37	0.38	0	1	1	1
	100	53.78	0.27	0	1	1	1
	128	51.79	0.48	0	1	1	1
	256	51.27	0.43	0	1	1	1
Image(5)	15	57.44	0.12	0	1	1	1
	30	56.42	0.29	0	1	1	1
	45	53.66	0.37	0	1	1	1
	55	51.69	0.38	0	1	1	1
	100	51.88	0.30	0	1	1	1
	128	52.66	0.49	0	1	1	1
	256	50.58	0.41	0	1	1	1

شکل ۲: نتایج شش پارامتر آماری بدست آمده از عملکرد (D-DWT-2L۲) با طرح ترکیبی (RSA و AES) در تصاویر رنگی با اندازه متن مختلف.

1 Peak Signal to Noise (PSNR)

2 Mean Square Error (MSE)

3 Bit Error Rate (BER)

4 Structural Similarity (SSIM)

5 Structural Content (SC)

Image	Text Size (byte)	PSNR	MSE	BER	SSIM	SC	Correlation
Image(1)	15	56.04	0.16	0	1	1	1
	30	53.43	0.29	0	1	1	1
	45	51.59	0.45	0	1	1	1
	55	51.81	0.42	0	1	1	1
	100	52.44	0.37	0	1	1	1
	128	50.60	0.56	0	1	1	1
	256	51.49	0.46	0	1	1	1
Image(2)	15	56.05	0.16	0	1	1	1
	30	53.43	0.29	0	1	1	1
	45	51.58	0.45	0	1	1	1
	55	51.79	0.43	0	1	1	1
	100	52.46	0.36	0	1	1	1
	128	50.57	0.56	0	1	1	1
	256	51.42	0.46	0	1	1	1
Image(3)	15	56.00	0.16	0	1	1	1
	30	53.42	0.29	0	1	1	1
	45	51.60	0.44	0	1	1	1
	55	51.77	0.43	0	1	1	1
	100	52.50	0.35	0	1	1	1
	128	50.52	0.57	0	1	1	1
	256	51.34	0.47	0	1	1	1
Image(4)	15	56.39	0.14	0	1	1	1
	30	54.01	0.24	0	1	1	1
	45	53.87	0.37	0	1	1	1
	55	52.42	0.37	0	1	1	1
	100	53.78	0.27	0	1	1	1
	128	51.27	0.48	0	1	1	1
	256	51.13	0.42	0	1	1	1
Image(5)	15	56.09	0.15	0	1	1	1
	30	53.56	0.27	0	1	1	1
	45	52.35	0.43	0	1	1	1
	55	52.33	0.42	0	1	1	1
	100	53.23	0.35	0	1	1	1
	128	51.17	0.56	0	1	1	1
	256	51.94	0.46	0	1	1	1

شکل ۳: نتایج شش پارامتر آماری بدست آمده از عملکرد (D-DWT-2L2) با طرح ترکیبی (AES و RSA) در تصاویر خاکستری با اندازه متن مختلف.

۵- نتیجه گیری

انتقال داده‌ها از طریق هر کانال ارتباطی به تکنیک‌های رمزگذاری قوی به منظور امنیت داده‌ها نیاز دارد. اینترنت اشیا^۱ با درگیرکردن هر دودنیای مجازی و فیزیکی با یکدیگر، یک فضای ارتباطی یکپارچه از دستگاه‌ها و سیستم‌عامل‌های بهم‌پیوسته را ایجاد می‌کند. عملکرد مدل ما با تکنیک دیگری که توسط انوارت و همکاران توسعه داده شد مقایسه شد [۴]. در 256×256 پیکسل تصویر رنگی پزشکی با استفاده از اندازه متن ۱۸ بایت، دو روش با هم مقایسه شدند. شکل ۲ و ۳ نشان می‌دهد که مقادیر PSNR و MSE را با استفاده از مدل‌های ما در مقایسه با نتایج حاصل از [۴] به دست آورده است. نتایج به‌دست‌آمده پس از استفاده از مدل‌ها روی تصاویر پزشکی 256×256 رنگی با اندازه متن ۱۸ بایت است. مشخص شد که مدل پیشنهادی ما دارای ارزش PSNR بالاتر و مقدار MSE کوچک‌تر است که عملکرد بالاتر مدل پیشنهادی ما را نشان می‌دهد.

- [1] A. Darwish, A. E. Hassanien, M. Elhoseny, A. K. Sangaiah, and K. Muhammad, "The impact of the hybrid platform of Internet of Things and cloud computing on healthcare systems: Opportunities, challenges, and open problems," *J. Ambient Intell. Humanized Comput.*, to be published, doi: <https://doi.org/10.1007/s12652-017-0659-1>
- [2] A. Shehabet al., "Secure and robust fragile watermarking scheme for medical images," *IEEE Access*, vol. 6, pp. 10269–10278, 2018, doi: 10.1109/ACCESS.2018.2799240.
- [3] A. K. Bairagi, R. Khondoker, and R. Islam, "An efficient stegano-graphic approach for protecting communication in the Internet of Things (IoT) critical infrastructures," *Inf. Secur. J., Global Perspect.*, vol. 25, nos. 4–6, pp. 197–212, 2016.
- [4] A. S. Anwar, K. K. A. Ghany, and H. El Mahdy, "Improving the security of images transmission," *Int. J. Bio-Med. Inform. e-Health*, vol. 3, no. 4, pp. 7–13, 2015.
- [5] A. Abdelaziz, M. Elhoseny, A. S. Salama, and A. M. Riad, "A machine learning model for improving healthcare services on cloud computing environment," *Measurement*, vol. 119, pp. 117–128, Apr. 2018. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1016/j.measurement.2018.01.022>
- [6] M. Paschou, E. Sakkopoulos, E. Sourla, and A. Tsakalidis, "Health Internet of Things: Metrics and methods for efficient data transfer," *Simul. Model. Pract. Theory*, vol. 34, pp. 186–199, May 2013.
- [7] M. Sajjad et al., "Raspberry Pi assisted face recognition framework for enhanced law-enforcement services in smart cities," *Future Gen. Comput. Syst.*, to be published, doi: <https://doi.org/10.1016/j.future.2017.11.013>
- [8] P. Kumar and H.-J. Lee, "Security issues in healthcare applications using wireless medical sensor networks: A survey," *Sensors*, vol. 12, no. 1, pp. 55–91, 2012.
- [9] M. A. Razzaq, R. A. Shaikh, M. A. Baig, and A. A. Memon, "Digital image security: Fusion of encryption, steganography and watermarking," *Int. J. Adv. Comput. Sci. Appl.*, vol. 8, no. 5, pp. 224–228, 2017.
- [10] N. Dey and V. Santhi, *Intelligent Techniques in Signal Processing for Multimedia Security*. New York, NY, USA: Springer, 2017, doi: 10.1007/978-3-319-44790-2.
- [11] M. Jain, R. C. Choudhary, and A. Kumar, "Secure medical image steganography with RSA cryptography using decision tree," in *Proc. 2nd Int. Conf. Contemp. Comput. Inform. (IC3I)*, Dec. 2016, pp. 291–295.
- [12] L. Yehia, A. Khedr, and A. Darwish, "Hybrid security techniques for Internet of Things healthcare applications," *Adv. Internet Things*, vol. 5, pp. 21–25, Jul. 2015.
- [13] Z. M. Zaw and S. W. Phyto, "Security enhancement system based on the integration of cryptography and steganography," *Int. J. Comput.*, vol. 19, no. 1, pp. 26–39, 2015.
- [14] R. K. Gupta and P. Singh, "A new way to design and implementation of hybrid crypto system for security of the information in public network," *Int. J. Emerg. Technol. Adv. Eng.*, vol. 3, no. 8, pp. 108–115, 2013.
- [15] S. A. Laskar and K. Hemachandran, "High capacity data hiding using LSB steganography and encryption," *Int. J. Database Manage. Syst.*, vol. 4, no. 6, p. 57, 2012.
- [16] L. Yu, Z. Wang, and W. Wang, "The application of hybrid encryption algorithm in software security," in *Proc. 4th Int. Conf. Comput. Intell. Commun. Netw. (CICN)*, Nov. 2012, pp. 762–765.
- [17] S. F. Mare, M. Vladutiu, and L. Prodan, "Secret data communications system using steganography, AES and RSA," in *Proc. IEEE 17th Int. Symp. Design Technol. Electron. Packag. (SIITME)*, Oct. 2011, pp. 339–344.
- [18] A. K. Mandal, C. Parakash, and A. Tiwari, "Performance evaluation of cryptographic algorithms: DES and AES," in *Proc. IEEE Students' Conf. Elect., Electron. Comput. Sci. (SCEECS)*, Mar. 2012, pp. 1–5.
- [19] S. F. Mjolsnes, Ed., *A Multidisciplinary Introduction to Information Security*. Boca Raton, FL, USA: CRC Press, 2011.
- [20] R. L. Rivest, A. Shamir, and L. Adleman, "A method for obtaining digital signatures and public-key cryptosystems," *Commun. ACM*, vol. 21, no. 2, pp. 120–126, 1978.
- [21] M. S. Sreeakutty and P. S. Baiju, "Security enhancement in image steganography for medical integrity verification system," in *Proc. Int. Conf. Circuit, Power Comput. Technol. (ICCPCT)*, Apr. 2017, pp. 1–5.

پیوست:

لینک دریافت پروژه:

https://mega.nz/file/JO5WDQqA#6Aa-gV1_7IE67KIpVnkPX4cOXKK1Tk2xF64-T5j_izU

نقشه های نوین معماری

تهران، افسریه، ۱۵ متری چهارم،
کوچه ۳۸، پلاک ۲۸، واحد ۲
کرج، آزادگان، ابتدای بلوار مطهری،
کوچه شهید سبحانی، پلاک ۲۸، واحد ۴
۰۲۱ ۳۳۲۰ ۲۴ ۸۷
۰۲۶ ۳۴۴۵ ۳۱ ۳۱
۰۹۹۰ ۵۹۸ ۰ ۲۰۶
www.NRES.ir