



# توسعه و کاربرد مفهوم پانل خورشیدی ابریشم گرافن در طراحی ایستگاه اتوبوس هوشمند

کیانوش حسینیان<sup>۱</sup>، سید مجید کشاورز<sup>۲</sup>

## چکیده

با رشد مستمر جمعیت، با گسترش منطقه شهری. فعالیت ها و رفتارهای انسانی منابع محدود را از بین می برد، تعداد زیادی از این وسایل نقلیه شخصی جاده های ما را اشغال می کنند، همچنین باعث ایجاد مشکلات زیست محیطی مختلفی می شود. با افزایش آگاهی نسبت به حفاظت از محیط زیست، راه سفر سبز به تدریج به روشی برای سفر توسط مردم ساکن در کلان شهرها تبدیل شده است. راحتی و حفاظت از محیط زیست مزیت اصلی حمل و نقل عمومی است، اما متأسفانه، عملکرد، خدمات و محیط بسیاری از ایستگاه های اتوبوس راحت و دوستانه نیست. بنابراین، ایستگاه اتوبوس هوشمند متولد شد، نه تنها می تواند اطلاعات اتوبوس را در زمان واقعی ارائه دهد، بلکه فضای انتظار امن و راحت را نیز فراهم می کند. با این حال، با ارتقاء عملکردهای خدمات، مشکل مصرف انرژی به طور فزاینده ای برجسته شده است. تامین انرژی از طریق پنل های خورشیدی به طور طبیعی می تواند منبع انرژی پایداری برای ایستگاه های اتوبوس هوشمند باشد، اما بسیاری از مطالعات نشان داده اند که خود پنل های خورشیدی صرف نظر از مواد و قابلیت بازیافتشان، سازگار با محیط زیست نیستند. تحقیقات نویسنده نشان داد که مطالعات مربوطه تایید کرده اند که اسپری کردن محلول آبی حاوی نانولوله های کربنی یا گرافن روی برگ های توت برای تغذیه کرم های ابریشم، چقرمگی تف ابریشم را دو برابر می کند و رسانایی ابریشم کربنی شده ۱۰ برابر بیشتر است. علاوه بر این، فناوری ریسندگی الیاف روباتیک به کرم های ابریشم اجازه می دهد تا به طور مستقل تولید اشیاء ابریشم را بدون کشتن کرم های ابریشم تکمیل کنند. از طریق تحقیق بر روی مواد ابریشم گرافن و فناوری ریسندگی فیبر روباتیک، این مقاله یک راه حل مستقل بیولوژیکی برای تولید صفحات خورشیدی لایه نازک ابریشم گرافن پیشنهاد می کند تا به دنبال حل مشکل آلودگی پنل های خورشیدی در ایستگاه هوشمند باشد.

**کلید واژه ها:** ابریشم گرافن، ریسندگی فیبر رباتیک، ایستگاه اتوبوس هوشمند، پنل های خورشیدی زیستی.

## ۱- مقدمه

ایجاد شهرهای پایدار اجتماعی از جمله برنامه های توسعه در کشورهای توسعه یافته و در حال توسعه است. در تحقق هدف توسعه این شهرها، در دسترس قرار دادن خدمات ضروری شهری برای همگان اهمیت یافته است. سیستم های حمل و نقل و تحرک برای شهرهای هوشمند پایدار حیاتی هستند. علاوه بر این، حمل و نقل عمومی به عنوان ابزاری برای رسیدگی به مشکلات مختلف اجتماعی و زیست محیطی شناخته شده است. به عنوان مثال، گروه های آسیب پذیر جامعه می توانند از طریق سیستم های حمل و نقل عمومی به خدمات اولیه دسترسی داشته باشند. با توجه به نقش مهمی که حمل و نقل عمومی ایفا می کند، سیاست ها، زمینه های تحقیقاتی و توصیه

<sup>۱</sup> نویسنده مسئول: دانشجوی کارشناسی، رشته برق قدرت، دانشگاه فنی حرفه ای یاسوج

kidnoosh.hoseinian.taj1378@gmail.com

<sup>۲</sup> دپارتمان مهندسی برق و کامپیوتر، دانشگاه فنی و حرفه ای استان یاسوج، ایران،

Skeshavarz.tvu@ac.i

هایی برای توسعه حمل و نقل محلی ارائه شده است. برخی از این توصیه‌ها به دنبال رفع چالش‌هایی مانند دسترسی به مناطق حومه شهر، کاهش تراکم شهرها با تشویق بیشتر مردم به استفاده از حمل‌ونقل عمومی، و کاهش سطح آلاینده‌های بخش حمل‌ونقل هستند. علیرغم تلاش‌ها برای رفع تراکم جاده‌ها در شهرهای بزرگ جهان، حمل‌ونقل عمومی همچنان برای کاربران جذاب نیست. ایستگاه اتوبوس یک منطقه مهم برای مسافرانی است که از حمل و نقل عمومی در توسعه و توسعه استفاده می‌کنند [۱]. مشخص شده است که ایجاد ایستگاه‌های اتوبوس در دسترس و کارآمد می‌تواند به حل بحران در بخش حمل و نقل کمک کند. مدل‌های مختلفی برای ایجاد سرپناه اتوبوس پیشنهاد شده است که بتواند افراد با نیازهای مختلف را در خود جای دهد و در عین حال یک فضای آرامش بخش تبلیغاتی راحت ایجاد کند. بیشتر ایستگاه‌های اتوبوس هنوز استانداردهای شهر هوشمند را برآورده نکرده‌اند. علاوه بر این، آنها خدمات نوآورانه را شامل نمی‌شوند. بنابراین، سیستم‌های شهر هوشمند باید رویکردهای نوآورانه‌ای مانند استفاده از منابع انرژی تجدیدپذیر را برای افزایش کارایی در سرپناه‌های اتوبوس در نظر بگیرند.

علاوه بر این، سرپناه‌های اتوبوس در اکثر ایستگاه‌های اتوبوس، محیط مساعدی را برای مسافران فراهم نمی‌کند. به عنوان مثال، یک مطالعه موردی هندی نشان داد که مسافران نمی‌توانند از باران یا خورشید در اکثر پناهگاه‌های اتوبوس پناه بگیرند [۲]. این امر نیاز به طراحی ایستگاه‌های اتوبوس هوشمند برای ساکنان کلانشهرهای هند را ضروری می‌کند. این مفهوم پناهگاه می‌تواند یک محیط امن از مسافران و اطلاعات لحظه‌ای برای کاهش زمان انتظار فراهم کند. با این حال، سیستم‌های انرژی مورد استفاده از مفهوم پایداری، که شهرهای هوشمند مبتنی بر آن هستند، پشتیبانی نمی‌کنند. انرژی خورشیدی در بیشتر موارد مورد توجه قرار گرفته است زیرا به عنوان یک راه حل کارآمد انرژی تجدیدپذیر در نظر گرفته می‌شود. این فناوری سازگار با محیط زیست است زیرا پنل‌های خورشیدی به مشکل آلودگی کمک می‌کنند. این امر نیاز به استفاده از یک مفهوم مبتنی بر بیولوژیک را در توسعه ایستگاه‌های اتوبوس هوشمند که در آن مواد ابریشم گرافن و فن‌آوری‌های فیبر رباتیک توصیه شده است، ضروری می‌کند.

## ۲- مروری بر فناوری‌های مرتبط

فناوری‌های مختلفی برای استفاده به عنوان راه حل‌های تجدیدپذیر و سازگار با محیط زیست برای ایستگاه‌های اتوبوس توصیه شده است. فناوری‌های پیشنهادی به دنبال دستیابی به اهدافی مانند ارائه اطلاعات در مورد زمان بندی اتوبوس و جمعیت شناسی کاربر هستند. گزینه‌های فناوری برای فناوری خورشیدی شامل مواد ابریشم گرافن، ریسندگی فیبر رباتیک و صفحه خورشیدی لایه نازک است. اهمیت فناوری‌های الیاف و ابریشم با افزایش نیاز به انرژی تجدیدپذیر حاصل از موادی که به راحتی تجزیه می‌شوند، در حال افزایش است. فراوانی ابریشم و الیاف حیوانی جایگزین‌های امیدوارکننده‌ای برای انرژی پنل‌های خورشیدی است. کائو و همکاران ابریشم را به عنوان یک محصول با خواص مکانیکی خوب که پتانسیل آن را برای کاربردهای صنعتی افزایش می‌دهد، شناسایی کرد [۳]. علاوه بر این، ابریشم دارای رسانایی الکتریکی بالایی است که عملکرد آن را افزایش می‌دهد.

از سوی دیگر، پنل خورشیدی لایه نازک نیز جایگزین موثری برای ارائه راهکارهای انرژی است. مقدار انرژی به دست آمده از صفحات خورشیدی به اندازه سلول و مواد مورد استفاده برای ساخت دستگاه بستگی دارد [۴]. پنل خورشیدی لایه نازک با استفاده از سیلیکون کریستالی ساخته شده است، ماده‌ای که با عملکرد بالا همراه است. علاوه بر این، پنل خورشیدی لایه نازک سازگار با محیط زیست است. از دیگر عواملی که این فناوری را مطلوب می‌کند، می‌توان به مقرون به صرفه بودن سلول‌های خورشیدی لایه نازک اشاره کرد که ارزان‌تر از سایر سلول‌های خورشیدی و سهولت در کار هستند. با این حال، مواد خورشیدی لایه نازک از نظر بازده نور قابل اعتماد نیستند. با وجود این، مزایای هزینه و فایده بیشتر از مشکل روشنایی است.

## ۲-۱- وضعیت فعلی و کاربرد مواد ابریشم

در دنیای امروز که آلودگی زیست محیطی یک بحران بزرگ است، الیاف طبیعی با ویژگی‌های تجزیه‌پذیر بالا به عنوان جایگزینی موثر برای منابع انرژی تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر شناخته شده‌اند. ابریشم دارای ویژگی‌های مکانیکی منحصر به فردی است که پتانسیل آن را برای کاربرد صنعتی افزایش می‌دهد [۳]. با وجود این، ابریشم طبیعی نمی‌تواند به عنوان منبع انرژی مورد استفاده قرار گیرد، زیرا

فاقد ویژگی های حیاتی، مانند هدایت الکتریکی مورد نیاز برای تولید انرژی است. علاوه بر این، ابریشم طبیعی ضعیف است، ویژگی که کاربرد صنعتی آن را محدود می کند. بنابراین، کاربرد صنعتی فعلی ابریشم محدود است. علیرغم محدودیت های مختلف، پیشرفت های قابل توجهی در جهت حصول اطمینان از تحقق کاربردهای عملی ابریشم صورت گرفته است. روش های مختلفی مانند اصلاح سطح و تغذیه ابریشم برای بهبود این شکل از الیاف استفاده می شود. با این حال، اثربخشی این روش ها به طراحی سطحی بستگی دارد. علاوه بر این، چالش های مختلفی در فرآیند تغذیه و اصلاح ابریشم تجربه می شود که به موجب آن کنترل جنبه هایی مانند میزان کربن تغذیه شده به فیبر دشوار است. بنابراین، علی رغم کاربردهای امیدوارکننده الیاف، کاربرد فعلی ابریشم به منسوجات سنتی محدود می شود.

## ۲-۲- فناوری ریسندگی فیبر رباتیک

ابریشم یک فیبر حیوانی با محتوای پروتئین بالا است. فرآیندهای ریسندگی طی سال ها توسعه یافته اند تا سازمان دهی شیمیایی و محتوای ابریشم را به شکل الیاف با ویژگی های منحصربه فرد ترکیب کنند [۳]. علاوه بر این، ماتریکس پروتئین ابریشم آن را برای تولید طیف گسترده ای از مواد بیولوژیکی مفید می کند. برای بهبود نتایج اجزای شیمیایی و فرآیند سازماندهی محتوا، چندین سیستم ریسندگی مصنوعی با توانایی های مختلف توسعه داده شده است تا اطمینان حاصل شود که فیبر دهانه با ساختار مولکولی ابریشم مطابقت دارد [۵]. سیستم های ریسندگی رباتیک نیز سازماندهی سلسله مراتبی اجزای ابریشم بومی را تقلید می کنند. این فناوری ها مبتنی بر مفهوم هوش مصنوعی هستند، که تضمین می کند که سلسله مراتب ساختاری و اجزای شیمیایی تکراری هستند، در نتیجه یک ماده با کارایی بالا و قابل اعتماد برای کاربردهای پایدار ایجاد می کنند.

## ۲-۳- تجزیه و تحلیل فناوری پنل خورشیدی فیلم نازک

فناوری پنل های خورشیدی برای طولانی ترین زمان به عنوان یک راه حل انرژی تجدید پذیر مورد استفاده قرار گرفته است. هدف از فناوری خورشیدی کاهش مشکلات آلودگی زیست محیطی ناشی از استفاده از سوخت های فسیلی بود. با این حال، پنل های خورشیدی گزینه ای سازگار با محیط زیست نیستند زیرا به راحتی تجزیه نمی شوند. برای کاهش مسائل مطرح شده در مورد استفاده از مواد سلول خورشیدی، تحقیقات فشرده ای انجام شده است که منجر به توسعه فناوری صفحه خورشیدی لایه نازک شده است.

سلول های خورشیدی لایه نازک به عنوان یک فناوری نسل دوم شناخته می شوند. پانل های خورشیدی لایه نازک با سایر فناوری های پنل خورشیدی مقایسه شده اند. عامل تمایز اولیه، انعطاف پذیری در جفت کردن مواد فتوولتائیک (PV) است [۴]. سلول های لایه نازک در مقایسه با سایر سلول های پنل خورشیدی مانند سیلیکون، راحت تر و آسیب پذیرتر از تخریب هستند. علاوه بر این، TFSC از عناصر فتوولتائیک یک یا چند لایه از مواد مختلف ساخته شده است. عناصر مورد استفاده در این فناوری شامل شیشه، فلز یا پلاستیک است. مواد باید نازک با عرض چند نانومتر یا میکرومتر باشند. بر این اساس سلول های خورشیدی لایه نازک جرم کمتری نسبت به رقبای خود دارند.

طراحی پانل خورشیدی فیلم نازک بر اساس سه لایه است. یک لایه جاذب نور خورشید و دو لایه تماس وجود دارد و لایه اول بین این دو فشرده شده است [۶]. با این حال، در برخی موارد، لایه های اضافی سلول برای غیرفعال کردن مرزها گنجانده می شود، در نتیجه امکان ایجاد یک مرکز نوترکیب را کاهش می دهد که کارایی سلول را کاهش می دهد. علاوه بر این، تماس الکتریکی بخش مهمی از سلول لایه نازک است زیرا با سلول های جداگانه تماس می گیرد و یکپارچگی یکپارچه را تسهیل می کند.

## ۲-۴- مزایا و تحلیل امکان سنجی ابریشم گرافن

آنالیزهای اخیر ابریشم گرافن در تلاش برای تولید انرژی بیشتر و قابل اعتماد از منابع تجدیدپذیر مفید است. به عنوان مثال، تجزیه و تحلیل ابریشم گرافن به محققان کمک کرده است تا راه حل هایی را برای ایجاد سلول های خورشیدی در هر شرایط آب و هوایی شناسایی کنند. ژانگ، هه و یانگ ثابت کردند که فیلم گرافن فشرده داغ می تواند برای توسعه سلول های خورشیدی انعطاف پذیر

استفاده شود که می‌تواند توسط باران و خورشید برای تولید الکتریسیته فعال شود [۵]. با توجه به اینکه قطرات باران حاوی نمک هستند، تجزیه و تحلیل ابریشم گرافن به شناسایی چگونگی استفاده از ابریشم به عنوان ماده جایگزین برای ایجاد الکترون ها و کاتیون های باردار در هوای بارانی کمک کرد.

### ۳- مشکلات ایستگاه اتوبوس در سیستم های حمل و نقل عمومی

بررسی های مسافران نشان داده است که مشکلات متعددی در ایستگاه های اتوبوس در سیستم حمل و نقل عمومی وجود دارد. علاوه بر این، نگاهی اجمالی به تصاویر ایستگاه های اتوبوس مختلف در سالم، هند، نشان می دهد که این مناطق نه جذاب هستند و نه امن، همانطور که در شکل ۱، شکل ۲ مشاهده می شود. برخی از مشکلات رایج در تمام ایستگاه های اتوبوس برای سیستم های حمل و نقل عمومی شامل ناامنی، هیچ اطلاعاتی در مورد مسیرهای سینه برای دیدن مسافران و کمبود امکانات روشنایی نمایش داده نمی شود. این امکانات همچنین فاقد سرویس بهداشتی رفت و آمد هستند. این نشان می دهد که پناهگاه های اتوبوس فاقد امکانات ضروری هستند که می تواند آنها را ایمن، راحت و برای مسافران بیشتری که به دنبال استفاده از سیستم حمل و نقل عمومی هستند جذاب کند. همانطور که اشاره شد، اطلاعات مربوط به مسیرهای اتوبوس در ایستگاه های اتوبوس نمایش داده نمی شود. اگرچه اکثر مردم در ایستگاه های اتوبوس مسافران عادی هستند که ممکن است با مسیرهای اتوبوس آشنا باشند، اما در دسترس بودن اطلاعات در حمل و نقل عمومی مهم است. کمبود اطلاعات، از جمله جدول زمانی حمل و نقل و مسیرهای حمل و نقل یک چالش بزرگ در این نقاط است. هر شکلی از اطلاعات حمل و نقل بسیار مهم است، از طریق پاسخ های نظرسنجی که در آن بیش از نیمی از مسافران معتقد بودند که نمایش اطلاعاتی مانند زمان در ایستگاه های اتوبوس ارزشمند است، مشهود است [۷]. بنابراین، مسافران تا حد زیادی از در دسترس بودن اطلاعات در پناهگاه های اتوبوس بهره مند می شوند.



شکل ۱. ایستگاه اتوبوس سالم شوایت [۲].

کمبود امنیت یکی دیگر از چالش های مهم در ایستگاه های اتوبوس حمل و نقل عمومی است. امنیت یک اصطلاح کلی است که می تواند با جنبه های مختلفی مرتبط باشد که از فردی به فرد دیگر متفاوت است. در زمینه ایستگاه های اتوبوس، مسافران ایمنی را با عواملی مانند روشنایی، تلفن اضطراری و زنگ هشدار، گشت ها و دوربین ها مرتبط می کنند [۷]. هیچ یک از این امکانات در ایستگاه های اتوبوس برای حمل و نقل عمومی موجود نیست. اگرچه بسیاری از این جنبه ها ممکن است مهم به نظر نرسند زیرا این امکانات در فضاهای عمومی و باز هستند، اما نبود آنها خطرات قابل توجهی را برای مسافران ایجاد می کند. افسران امنیتی اغلب در این مکان ها

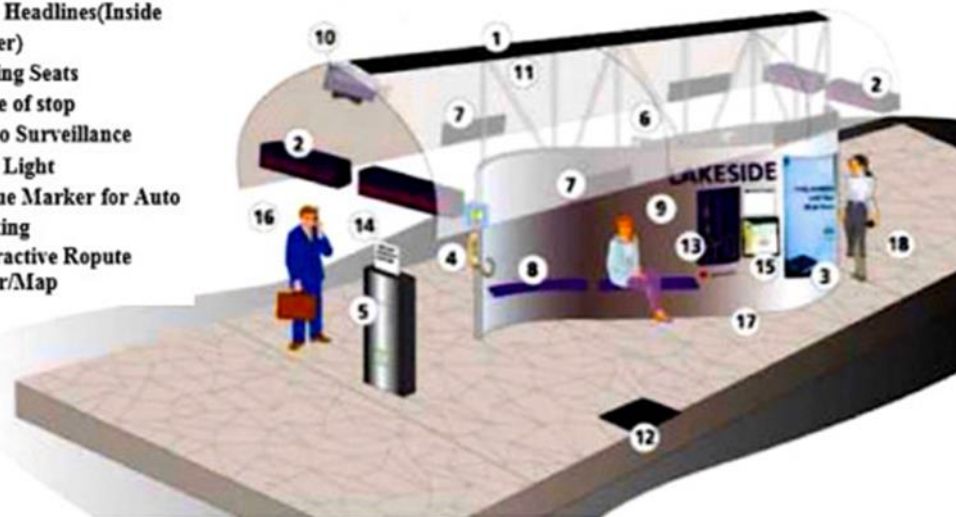
همیشه در دسترس نیستند. بنابراین، در دسترس بودن امکانات رفاهی مانند روشنایی کافی و هشدارهای اضطراری، احساس امنیت را برای کاربران حمل و نقل عمومی ایجاد می کند.

ایستگاه های اتوبوس نیز فاقد امکانات رفاهی برای مسافران هستند. بودن در ایستگاه اتوبوس تجربه جذابی نیست. اگرچه اکثر مسافران در نظرسنجی ها نشان دادند که عاشق محیط باز و تمیز هستند، اما همچنان فاقد امکاناتی مانند صندلی و سپر بودند [۲]. علاوه بر این، هیچ فعالیتی وجود ندارد که مسافران بتوانند در انتظار اتوبوس در آن شرکت کنند. این بدان معناست که افراد در طول زمان برگزاری تجربه خوبی کسب نمی کنند. ایستگاه اتوبوسی که در آن فرد نمی تواند تلفن را شارژ کند، برخی از کارها را بررسی کرده یا به دستگاه خودپرداز دسترسی ندارد ممکن است مناسب نباشد. اگر این خدمات در دسترس بود، بسیاری از مردم اغلب از حمل و نقل عمومی استفاده می کردند. برخی از امکاناتی که می تواند در یک ایستگاه اتوبوس شهری هوشمند برای جلب توجه مسافران گنجانده شود، در ساختار شکل ۳ نشان داده شده است.

در ایستگاه های اتوبوس نیز جنبه راحتی در نظر گرفته نمی شود. همانطور که در عکس های ایستگاه های اتوبوس مختلف دیده می شود، یک مسافر به سختی می تواند غذا بخورد یا از کامپیوتر استفاده کند. اگرچه افراد مختلف نظرات منحصر به فردی در مورد راحتی دارند، اما جنبه های مشترکی در کارهایی وجود دارد که بیشتر افراد دوست دارند در طول زمان انتظار خود انجام دهند. محبوب ترین فعالیت هایی که یک ایستگاه اتوبوس را راحت می کند، توانایی مکالمه با یک مسافر، خواندن، غذا خوردن و استفاده از لپ تاپ است [۸]. اکثر مسافران نیز ترجیح می دهند به موسیقی گوش دهند و با تلفن همراه با کمترین وقفه صحبت کنند.

1. Solar Panel
2. Variable Message Sign
3. Street Beam for PDA
4. Traveler's Info 511
5. Automated Ticket Printer
6. Solar Battery
7. LCD Headlines(Inside shelter)
8. Folding Seats
9. Name of stop
10. Video Surveillance
11. Spot Light
12. Queue Marker for Auto Docking
13. Interactive Ropute Manager/Map

14. Smart paper Variable Info (4X)
15. Wi-Fi Access
16. Cellphone
17. Alert and Intercom
18. PDA



شکل ۳. امکانات ممکن ایستگاه اتوبوس خورشیدی شهر هوشمند [۲].

### ۳-۱- تحلیل وضعیت فعلی ایستگاه اتوبوس هوشمند

در سال های اخیر، اکثر شهرها از کاربرد سیستم های هوشمند در حمل و نقل عمومی پشتیبانی کرده اند. اگرچه فشاری برای محبوبیت ایستگاه های اتوبوس با استفاده از فناوری های هوشمند مانند اینترنت اشیا (IoT) وجود دارد، اجرای آنها هنوز محقق نشده است. ایستگاه های اتوبوس هوشمند به عنوان راه حلی برای بهبود عملیات و نگهداری در حمل و نقل عمومی پیشنهاد شده است [۹]. علاوه بر این،



استفاده از فناوری هوشمند در ایستگاه‌های اتوبوس، یک ابتکار مناسب برای حفظ انرژی خواهد بود. ایستگاه‌های اتوبوس هوشمند انرژی را در سیستم‌های روشنایی و AC تنظیم می‌کنند، زیرا بر اساس داده‌های به‌دست‌آمده از حسگرهای نظارت بر محیط‌زیست تصمیم‌گیری در زمان واقعی می‌گیرند.

ایستگاه اتوبوس هوشمند شامل فناوری های بدون راننده است. بنابراین، ایستگاه اتوبوس بدون سرنشین است. ترکیبی از هوش مصنوعی، فناوری رباتیک و اینترنت اشیا، ایستگاه اتوبوس محیط اتوبوس جدیدی را برای مسافران فراهم می‌کند. بنابراین مسافران می‌توانند از طریق زیرساخت یک ایستگاه اتوبوس هوشمند از مفهوم شهرهای هوشمند لذت ببرند [۱۰]. در حال حاضر، طراحی ایستگاه اتوبوس هوشمند فضای انتقالی را ایجاد می‌کند که می‌تواند با تغییرات و نیازهای آینده سازگار شود. این بدان معنی است که در صورت نیاز، ایستگاه اتوبوس می‌تواند برای برآورده کردن الزامات یک ایستگاه سرنشین دار تغییر شکل دهد. بنابراین، نیازی به برچیدن کل زیرساخت ایستگاه اتوبوس برای ارتقاء وجود نخواهد داشت. بنابراین، یک توقف هوشمند می‌تواند در منابع اجتماعی و اقتصادی، زمان، هزینه و اختلالات زیست‌محیطی که مانع توسعه پایدار می‌شود، صرفه‌جویی کند. علاوه بر این، سیستم ایستگاه اتوبوس هوشمند باید شامل سیستم‌های خدمات انتظار با صندلی‌های مدولار، سایه‌بان‌های سایبان و فضاهای شارژ USB/بی‌سیم باشد. امکانات شارژ برای کاربران تلفن و لپ‌تاپ که منتظر اتوبوس هستند قابل استفاده است. شکل ۴ نشان می‌دهد که چگونه یک ایستگاه اتوبوس که از یک سیستم فناوری هوشمند استفاده می‌کند، شبیه خواهد بود. با وجود این مزایا، شهرها هنوز ایستگاه‌های اتوبوس هوشمند را در توسعه شبکه‌های حمل و نقل هوشمند گنجانده‌اند.



شکل ۴. نوار اطلاعات هوشمند، توقف شارژ و صندلی سرنشین.

#### ۴- راه حل

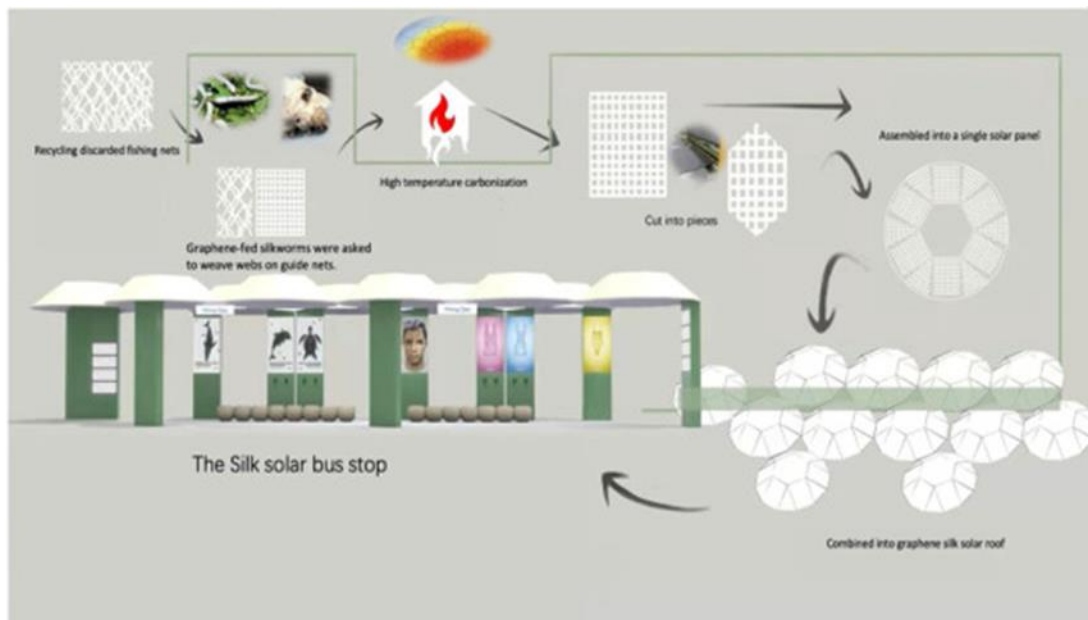
فناوری‌ها و دستگاه‌های پیشرفته تولید انرژی و برق از منابع تجدیدپذیر در سال‌های اخیر توجه زیادی را به خود جلب کرده است. نیاز به انرژی پاک در طول سال‌ها افزایش یافته است. اگرچه ثابت شده است که پنل‌های خورشیدی راه حلی موثر برای رفع این نیاز هستند، اما فناوری‌های دیگری که فراتر از مفهوم تابش خورشید تولید برق می‌کنند، مورد نیاز هستند. بنابراین، تمرکز باید بر روی استفاده از دستگاه‌های سازگار با محیط‌زیست و مقرون به صرفه باشد [۱۱]. منابع انرژی با راندمان بالا نیز باید در نظر گرفته شود. این راه حل‌ها باید با الزامات نظارتی ایمنی دولت، مانند مواردی که در آیین‌نامه طراحی حفاظت در برابر آتش ساختمان‌ها [۱۲] مشخص شده‌اند،

ادغام شوند. اطمینان از در دسترس بودن برق در تمام فصول نیز ضروری است. این بدان معناست که کارشناسان در بخش حمل و نقل عمومی باید سلول های خورشیدی را در نظر بگیرند که می توانند در روزهای آفتابی و بارانی برق تولید کنند تا ناکارآمدی در هنگام تاریکی کاهش یابد. سلول های خورشیدی در همه شرایط آب و هوایی به عنوان راه حلی برای پاسخگویی به تقاضای فزاینده انرژی در بخش های مختلف پیشنهاد شده است. سلول های خورشیدی مجهز به گرافن یکی از راه حل های رسیدن به این هدف است. نتایج آزمایش های اخیر نشان داده است که از گرافن می توان برای ایجاد یک سلول خورشیدی انعطاف پذیر با پتانسیل شارژ-تخلیه استفاده کرد. فرآیند شارژ-دشارژ جریان و ولتاژ تولید می کند [۵]. بنابراین با استفاده از این فناوری امکان ایجاد یک سیستم خورشیدی برای تمام آب و هوا برای تامین برق پناهگاه های اتوبوس در شهرهای هوشمند وجود خواهد داشت.

#### ۴-۱- تحلیل امکان پنل های خورشیدی ابریشم گرافن اعمال شده در ایستگاه های اتوبوس هوشمند

پنل های خورشیدی ابریشم گرافن برای جایگزینی پنل های خورشیدی سنتی در ایستگاه های اتوبوس پیشنهاد شده است. مفهوم پنل خورشیدی گرافن با طراحی ارائه شده در شکل ۵ ایجاد شده است، که مزایایی را نشان می دهد که می توان از انرژی و مزایای زیست محیطی حاصل از ایستگاه های اتوبوس با استفاده از طرح به دست آورد. فرآیند طراحی شامل تورهای ماهیگیری بازیافتی است که برای توری کرم ابریشم استفاده می شود. سپس از کرم های ابریشم تغذیه شده با گرافن خواسته می شود تا شبکه هایی را در شبکه ها ببافند و به دنبال آن در دماهای بالا کربن سازی می شوند. فرآیند کربنیزاسیون تضمین می کند که توری ابریشم دارای ویژگی های رسانایی و مقاومت در برابر درجه حرارت بالا گرافن است. سپس پانل های ابریشم کربنی شده به قطعات بریده می شوند تا فضای داخلی اصلاح شود و مشخص شود که آیا میزان عبور پنل های خورشیدی مطابقت دارد یا خیر. پانل های زیره تصفیه شده به سقف ایستگاه اتوبوس خورشیدی ابریشم گرافن ثابت می شوند.

پنل های خورشیدی ابریشم گرافن به دلیل جنبه های بیولوژیکی که می تواند به ایجاد یک سازگار با محیط زیست کمک کند، توصیه می شود. مزایای بیولوژیکی امکان سنجی زیست محیطی طراحی ایستگاه اتوبوس پنل خورشیدی ابریشم گرافن را افزایش می دهد [۱۳]. زیست شناسی به جنبه مهمی تبدیل شده است که طراحی را تکمیل می کند زیرا این دو مفهوم مکمل یکدیگر هستند [۱۴]. پنل های خورشیدی ابریشم گرافن با طراحی زیست شناسی و زیست شناسی برای معیارهای طراحی مورد نیاز برای استقرار فناوری های جدید مطابقت دارند. بر اساس این مفهوم می توان از میکروارگانسیم ها و سایر اجزای بیولوژیکی برای تولید برق استفاده کرد.



شکل ۵. فرآیند طراحی مفهوم ایستگاه اتوبوس ابریشم گرافن.

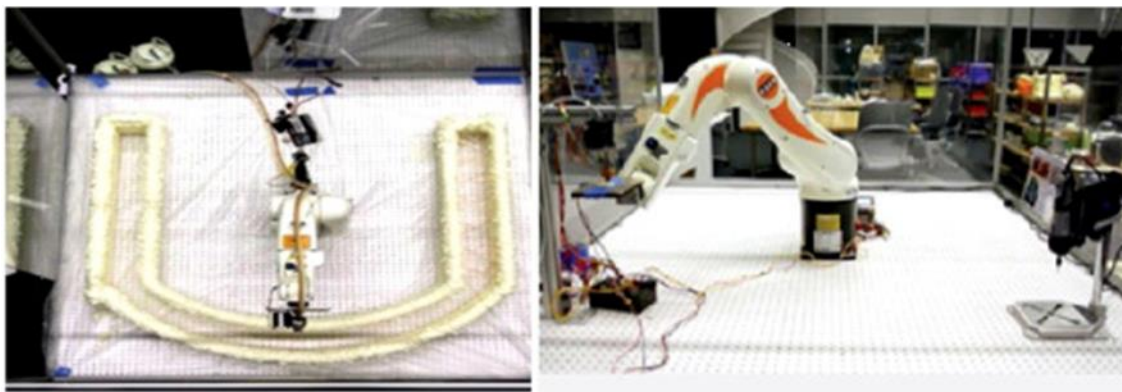
فرآیند تولید ابریشم گرافن سازگار با محیط زیست است زیرا شامل مواد تجدیدپذیر و تف کردن کرم ابریشم برای ایجاد یک چرخه انرژی طبیعی است. علاوه بر این، استفاده از تورهای ماهی باز یافتی باعث افزایش مصرف منابع و کاهش آلودگی محیط زیست می شود. علاوه بر این، ایستگاه اتوبوس بر اساس یک طراحی مدولار است که باعث تعمیر و نگهداری می شود و در نتیجه در دراز مدت به نفع بخش حمل و نقل عمومی است. برخلاف پنل های خورشیدی سنتی که یک بار دور ریخته می شوند برای مدت طولانی در محیط باقی می ماند و باعث آلودگی می شوند، طرح پیشنهادی ایستگاه اتوبوس از ابریشم کربنی شده استفاده می کند. این ماده سازگار با محیط زیست است و فرآیند نگهداری شامل دفع مواد نمی شود. این امر میزان زباله های تولیدی را کاهش می دهد.

مطالعات تجربی پتانسیل زیادی برای کاربردهای بزرگ گرافن نشان داده است. گرافن دارای خواص خارق العاده ای است که می تواند مکمل ابریشم برای دستیابی به کاربردهای تجاری در ایستگاه های اتوبوس باشد. پوشش ابریشم طبیعی با گرافن کربنی شده یا مشتقات آن یک راه عملی برای اعطای چند کارکردی به مواد است [۳]. این از نتایج به دست آمده از این تحقیق مشهود است که نشان می دهد ابریشم تغذیه شده با گرافن و نانولوله ها ویژگی های جدیدی به دست آورده است. به گفته محققان دانشگاه Tsinghua در سال ۲۰۱۶ در مقاله ای در Nano Letters، کرم های ابریشم که از نانولوله های کربنی و گرافن تغذیه می شوند، می توانند ابریشم قوی تری را تف کنند. محققان برگ های توت حاوی نانولوله های کربنی یا گرافن را با محلول آبی اسپری کردند. آزمایش ها نشان داد که ابریشم بعد از تغذیه دو برابر قوی تر از ابریشم معمولی است. علاوه بر این، وقتی ابریشم تا ۱۰۰۰ درجه گرم شد، رسانای الکتریکی باقی ماند، چیزی که ابریشم معمولی ندارد. شکل ۶ طرح پیشنهادی حاصل از پوشش ابریشم با گرافن یا نانولوله را نشان می دهد. اگرچه استدلال می شود که رسانایی ابریشم گرافن ممکن است کم باشد، اما برای دستیابی به عملکردهای الکتریکی مورد نیاز برای تامین روشنایی و تامین انرژی سیستم های هوشمند و تامین انرژی مورد نیاز برای تامین انرژی سایر ویژگی هایی که باعث می شود ستون ها برای مسافران جذاب و راحت باشد، کافی است. فن آوری های مشابه دیگری نیز وجود دارد که شامل ساخت بیومواد با مواد افزودنی می شود. این فناوری ها برای ایجاد پروتکل های ارتباطی و کنترل پیچیده استفاده شده اند [۱۴]. این فرآیند شامل ساخت افزودنی در ساخت و ساز ازدحام با استفاده از ویژگی های مواد محلی برای توسعه یک سیستم چاپ سه بعدی است. یک بازوی رباتیک از مواد ساخته شده ایجاد می شود، سپس عوامل خارجی و افکت هایی به آن اضافه می شوند تا یک دروازه بزرگتر همانطور که در تصویر ۷ نشان داده شده است ایجاد شود. اگرچه استدلال می شود که رسانایی ابریشم گرافن ممکن است کم باشد، کافی است دستیابی به عملکردهای الکتریکی مورد نیاز برای تامین روشنایی و قدرت سیستم های هوشمند، از جمله ویژگی های دیگری که باعث جذابیت و راحتی پایه ها برای مسافران می شود.



شکل ۶ طراحی صفحات خورشیدی ابریشم گرافن که در ایستگاه های اتوبوس هوشمند اعمال می شود.





شکل ۷. ساخت افزودنی قالب های عایق با استفاده از بازوی روباتیک و حسگر یکپارچه توسط آزمایشگاه رسانه ای موسسه فناوری ماساچوست [۱۴].

##### ۵- نتیجه گیری و محدودیت ها

طراحی پیشنهادی برای ایستگاه های اتوبوس در شهرهای هوشمند برای اطمینان از اینکه این مناطق دارای امکانات رفاهی برای مسافران هستند، مفید است. نیاز به ایجاد ایستگاه های اتوبوس راحت، ایمن و جذاب با اهداف پایداری جهانی افزایش یافته است. انرژی خورشیدی ویژگی های روشنایی بهتری را فراهم می کند، اما پنل های خورشیدی راه حل های پایداری برای برآوردن نیازهای انرژی نیستند زیرا به آلودگی محیط زیست کمک می کنند. علاوه بر این، اکثر ایستگاه های اتوبوس در حال حاضر در وضعیت بدی قرار دارند و امکانات مهمی مانند سرپناه، روشنایی و سیستم های امنیتی ندارند. بنابراین، بیومواد یک راه حل موثر برای کمک به ایجاد زیرساخت های بهبود یافته در این ایستگاه ها است.

فناوری های مختلفی برای طراحی ایستگاه اتوبوس برای شهرهای هوشمند پیشنهاد شده است. توسعه دهندگان می توانند سیستم های هوشمند و راه حل های ابریشم گرافن را در نظر بگیرند. سیستم های هوشمند می توانند به شامل امکاناتی مانند توالی های هوشمند و هشدارهای امنیتی در ایستگاه های اتوبوس کمک کنند. از سوی دیگر، پنل های خورشیدی ابریشم گرافن جایگزینی کارآمد برای پنل های خورشیدی سنتی محسوب می شوند. پنل های خورشیدی ابریشم گرافن از خواص مکانیکی ابریشم طبیعی و رسانایی گرافن و اجزای آن الهام گرفته شده اند. بنابراین، می توان یک استراتژی سازگار با محیط زیست ایجاد کرد تا عملکرد ایستگاه های اتوبوس را بهبود بخشد، در نتیجه توقف را برای کاربر مساعد کرده و افراد بیشتری را به استفاده از حمل و نقل عمومی تشویق کند. سیستم های عامل دار ابریشم گرافن دارای ویژگی های عالی مانند استحکام و رسانایی الکتریکی، در میان سایر کاربردهای کاربردی هستند. بنابراین، این رویکرد الهام بخش زیستی فرصت هایی را برای اصلاح فیبر برای ایجاد محیط های آینده هوشمند فراهم می کند.

با وجود امیدوار کننده بودن این طراحی، محدودیت هایی در توسعه و کاربردهای آن وجود دارد. اول، طرح پیشنهادی شامل استفاده از کرم ابریشم است. این امر می تواند توسعه پنل های خورشیدی ابریشم گرافن را به دلیل ملاحظات اخلاقی محدود کند. با این محدودیت، ممکن است پتانسیل کامل طراحی در شهرهای هوشمند تحقق نیابد. محدودیت دیگر عدم حمایت دولت و ذینفعان در بخش حمل و نقل است. به عنوان یک فناوری جدید، باید روی تحقیق و طراحی سرمایه گذاری زیادی کرد. بنابراین، علی رغم اینکه یک راه حل مقرون به صرفه است، فناوری های ابریشم گرافن هنوز حمایت کافی را از طرف سهامداران کلیدی دریافت نکرده اند. همچنین گزینه هایی برای پنل های خورشیدی در همه شرایط آب و هوایی وجود دارد که علاقه به کشف طراحی پنل های ابریشم خورشیدی گرافن را محدود می کند. ناکافی بودن در تحقیقاتی که به بررسی رابطه بین زیست شناسی و طراحی می پردازند نیز می تواند محدودیتی برای استفاده از مواد زیستی برای راه حل های انرژی خورشیدی در نظر گرفته شود. استفاده از پنل های خورشیدی ابریشم گرافن برای تکمیل نیازهای انرژی در ایستگاه های اتوبوس هوشمند ممکن است نیاز به دسترسی به اینترنت برای تجهیز کامل سازه ها داشته باشد. این یک محدودیت است زیرا اتصال Wi-Fi در اکثر کشورها هنوز محدود است.

## منابع

- [1] Reconnecting America. Sustain Urban Des Transit 2011.
- [2] Arora S. Designing a smart bus stop for metropolitans and Tier-1 cities of India. 2014.
- [3] Can C. Strong reduced graphene oxide coated bombyx mori silk. Adv Funct Mater 2021;31.
- [4] Erteza E. A review of primary technologies of thin-film solar cells. Eng Res Express 2021;3.
- [5] Yue Z, Qunwei T, Benlin He, Peizhi Y. Graphene enabled all-weather solar cells for electricity harvest from sun and rain. J Mater Chem 2016;4.
- [6] Marika E. Thin film solar cells: Research in an industrial perspective. Ambio 2012;41.
- [7] Ashwin M, Mounika V, Kommineni M, Swetha K. Secure design for smart bus shelter using renewable energy. J Crit Rev 2020;7(1).
- [8] Xie Z. Research on bus passenger flow analysis method based on intelligent transportation. IOP Conf Ser Earth Environ Sci 2020;440.
- [9] Miraal K. IoT based smart city bus stops. MDPI J Future Internet 2019;11(227).
- [10] Xiaoguang C, Jinting S, Xufeng T, Heqi L. The sustainable development of smart cities: A case study of the design of driverless bus stops in Zhengzhou. E3S Wen Conf 2021;293.
- [11] TransLink. Transit passenger facility design guidelines. 2011, October.
- [12] Code for fire protection design of buildings. GB50016-2014, 2018.
- [13] Haifeng L. Aligned Graphene/silk fibroin conductive fibrous scaffolds for guiding Neurite outgrowth in rat spinal cord neurons. J Biomed Mater Res 2021.
- [14] Oxman N. Templating design for biology and biology for design. Cambridge, Massachusetts: Oxman/MIT Mediated. Matter Group and Professor Massachusetts Institute of Technology (MIT); 2015.