فصلنامه دانش پیشگیری و مدیریت بحران/ دورهٔ پنجم، شمارهٔ سوم، پاییز ۱۳۹۴
Disaster Prevention and Management Knowledge (DPMK) Quarterly, Vol. 5, No. 3 (Fall 2015)

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۶/۲۵
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۷/۳۰

طراحی سرپناه پس از سانحه

مبانی طراحی سرپناه پس از سانحه با محوریت تولید و مصرف بهینه انرژی در شهر هوشمند انرژی؛ نمونه موردی: شهر بوشهر

هدیه گمینی‌اصفهانی[۱] و جلال فرجی[۲]

۱. کارشناس‌ارشد بازسازی پس از سانحه، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران. (نویسنده مسئول) hedyeh.gamini@gmail.com

۲. کارشناس‌ارشد مهندسی برق قدرت دانشگاه شهید بهشتی تهران، پژوهشگاه نیرو، تهران، ایران. jalalfaraji1988@gmail.com

چکیده

زمینه و هدف: امروزه در دنیا تلاش‌های گسترده‌ای برای کاهش مصرف سوخت‌های فسیلی در حال انجام است. در چند سال اخیر مباحث طراحی و ایجاد شهرهای هوشمند انرژی با همین هدف و همچنین افزایش کارایی و بهره‌وری ساختمان‌ها با رویکرد پایداری مطرح گردیده است. حال در اینجا این سول مطرح می‌شود که با حجم تولیدات گازهای گلخانه‌ای و افزایش رو به رشد برداشت سوخت‌های فسیلی، چه راه حلی برای کنترل افزایش جمعیت شهرنشین و معضلات پیرامونی آن وجود دارد؟

روش: در این مقاله فرض بر این است که در شهر نمونه بوشهر، سانحه‌ای رخ‌داده است و تقریباً تمامی زیرساخت‌های حیاتی شهر از بین رفته‌اند و علاوه بر آن، شبکه تأمین برق شهر (که شبکه برق، زیرساخت تمامی زیرساخت‌های شهری است) نیز از بین رفته و کارایی خود را ازدست‌داده است. در این مقاله به منظور بررسی فرض بالا، ابتدا تمامی داده‌های مربوطه مانند دما، سرعت و جهت وزش باد، شدت تابش خورشید و میزان مصرف انرژی در شهر پیش از وقوع حادثه از منابع معتبر گردآوری شده است و سپس شبکه هوشمند برق آن طراحی و بعد به کمک نرم افزارهای حل عددی مانند هومر، متلب و ... به تحلیل آن طراحی و بررسی پاسخ‌ها پرداخته شده است.

یافته‌ها: پس از طراحی مدل اولیه شبکه هوشمند برق و انرژی برای شهر بوشهر با توجه به موقعیت جغرافیایی و اقلیمی و همچنین منابع در دسترس، همزمان اطلاعات به دست آمده در خصوص وضعیت اقلیم شهر به نرم افزار داده شد تا بهینه‌ترین مدل اقتصادی را پیشنهاد دهد. مطابق با انتظار نویسندگان مقاله، سهم تولید انرژی بیشتر به دیزل ژنراتور و سپس پانل‌های خورشیدی اختصاص یافت.

نتیجه‌گیری: به نظر می‌رسد یکی از بهترین و عملی‌ترین راهکارها، پیش از وقوع سوانح طبیعی و یا پس‌ازآن، حرکت و برنامه‌ریزی به‌سوی داشتن شهری هوشمند است. از طرفی نگاه به معماری سنتی هر منطقه و الهام گرفتن از روش‌های کنترل انرژی مصرفی که گذشتگان در قالب معماری سنتی و اصیل برای ما بر جای گذاشته‌اند، می‌تواند یکی از راه‌کارهای عملی به‌منظور کاهش مشکلات در این زمینه باشد. بنابراین حل این مسائل نیازمند مدیریت صحیح و اتصال درست معماری نوین و سنتی و ترکیب آن دو با موضوع انرژی‌های تجدید پذیر است.

نوع مقاله: توصیفی

کلیدواژه‌ها: طراحی پس از سانحه، شهر هوشمند انرژی، منابع تولید پراکنده، معماری پایدار، خانه انرژی صفر.

◀ **استناد فارسی (شیوه APA، ویرایش ششم ۲۰۱۰):** گمینی اصفهانی، هدیه؛ فرجی، جلال، (پاییز ۱۳۹۴). مبانی طراحی سرپناه پس از سانحه با محوریت تولید و مصرف بهینه انرژی در شهر هوشمند انرژی؛ نمونه موردی: شهر بوشهر. *فصلنامه دانش پیشگیری و مدیریت بحران. ۵* (۳)، ۱۸۶- ۲۰۱ .

Basics of Sheltering Design in Post Disaster Phase with Focus on Optimal Production and Consumption of Energy in Smart Cities; Case Study:Bushehr

Hedyeh Gamini Esfahani & Jalal Faraji

ABSTRACT

Background and Purpose: Today, there are world -wide efforts for reducing consumption of Fossil Fuels. In recent years, designing and developing smart cities with the said aim and also, with the objective to improve buildings' effectiveness and efficiency through sustainability approach has been discussed. Now, there is a question that wi demolished. In this article for reviewing this theory, at first, all the related data e.g. temperature, wind speed and direction, radiation intensity and energy consumption had been gathered through reliable sources prior to occurrence of disaster and then smart energy network designed. Following that by using softwares e.g. Homer and Matlab and ... designing analyzed and responses reviewed.

Findings: This article by referring to the objectives of the smart cities clears the role of smart homes in the phase of reconstruction and also examine the sustainable architecture as the part of smart cities that are built after disasters in. In this regard, smart cities can be built, after or pre-disaster to prevent damaging critical infrastructure and the most important of them urban electricity network.The result of this study is to improve the use of resources of energy production in Bushehr's building with sustainable architecture approach.

Conclusion: It seems that one of the best and most practical solutions pre or post-disaster is planning to have smart city. On one hand, traditional architecture in each region and inspiration of energy consumption controlling methods that ancestors used in the form of traditional architecture can be one of the practical approaches reducing problems in this field. Therefore, solving these problems requires good management and correct connection of modern architecture and traditional one and combination of these two with renewable energies.

Keywords: Designing after disaster, Smart city of energy, contributed energy resources, sustainable architecture, zero home.

▶**Citation (APA 6th ed.):** Gamini Esfehani H, Faraji J (2015, Fall). Basics of Sheltering Design in Post Disaster Phase with Focus on Optimal Production and Consumption of Energy in Smart Cities; Case Study:Bushehr. *Disaster Prevention and Management Knowledge Quarterly (DPMK), 5*(3), 186- 201 .

مقدمه

چالش‌های متعددی، حرکت به‌سوی شهرهای هوشمند را به الزامی جدی بدل کرده است. کاهش منابع در دسترس هر یک از شهرنشینان، افزایش ترافیک شهری و غیره، از مواردی است که با افزایش نرخ شهرنشینی، کیفیت زندگی افراد را دچار تنزل می‌کنند. موضوع‌هایی که هم‌اکنون هم با نرخ شهرنشینی ۵۰درصدی برای بشر دردسرساز شده‌اند (شرکت توزیع نیروی برق هرمزگان، ۱۳۹۲). وجود ساختاری که میزان مصرف منابع توسط شهرنشینان را با حفظ و حتی ارتقای کیفیت زندگی افراد، بهینه نماید، از مهم‌ترین اهداف پیاده‌سازی شهرهای هوشمند محسوب می‌شود. نگرانی‌های زیست‌محیطی یکی دیگر از این چالش‌ها است. در حال حاضر سالانه ۳۰میلیارد تن کربن ناشی از سوزاندن سوخت‌های فسیلی وارد جو زمین می‌شود (شرکت توزیع نیروی برق هرمزگان، ۱۳۹۲).

در جوامع شهری، یکی از دغدغه‌های همیشگی مهندسین شهرسازی و ساختمان‌سازی از دیرباز (به‌ویژه در یک قرن اخیر) ارتقای سطح رفاه و کیفیت زندگی شهروندان به کمک زیرساخت‌های دخیل در مقوله زندگی شهری بوده است. این مسئله نه‌تنها در زمان پیش از سانحه بلکه در زمان پس از سانحه و با توجه به رویکرد توسعه در بازسازی نیز مطرح می‌شود. بدیهی است که هر چه قدر کیفیت این زیرساخت‌ها در زندگی شهری بالا باشد، میزان سطح کیفی و رفاه زندگی شهروندان نیز افزایش خواهد یافت. میزان مصرف انرژی الکتریکی نیز یکی از مؤلفه‌های مهم در توسعه جوامع شهری هست. شهرهای هوشمند انرژی، شهرهایی هستند که در آن‌ها معیارهای مربوط به شهرهای الکترونیکی و شبکه‌های هوشمند انرژی به‌صورت توأم رعایت می‌گردد. در شهر هوشمند با حفظ معیارهای هوشمند سازی باید تلاش شود تا تبادلات انرژی مصرفی با شبکه برق به حداقل برسد. این شهر، دارای شاخصه‌های یک شهر الکترونیکی با شهروندانی آگاه برای استفاده از هوشمندی شهر است.

امروزه بروز سوانح و بلایای طبیعی، بحران‌های متعدد و مختلفی را برای انسان در شهرها به وجود آورده و می‌آورد. آسیب دیدن زیرساخت‌های شهری (ازجمله، راه‌ها، بیمارستان‌ها، شبکه بهداشت و توزیع و از همه مهم‌تر شبکه برق‌رسانی در شهر) و فروریختن ساختمان‌ها و غیره باعث مرگ‌ومیر و آسیب‌های جسمی و روانی ازجمله آن‌هاست. بر طبق آمار، در صورت آسیب دیدن شبکه برق‌رسانی شهری، سایر زیرساخت‌ها نیز دچار خرابی دوچندان خواهند شد و آثار مخرب آن‌ها بیشتر نمود پیدا خواهد کرد. علاوه بر این‌یکی از مسائل مهم در زمان بازسازی موضوع سرپناه است. باید به این نکته نیز اشاره کرد که یکی از شیوه‌هایی که در تأمین سرپناه پس از سانحه موردتوجه قرار می‌گیرد شیوه مصالح-محوری است. تمرکز اصلی این رویکرد به اسکان موقت است. در سال‌های اخیر توجه زیادی به نوع مصالح ساختمانی در احداث سرپناه موقت به‌عمل‌آمده که در این میان تأکید بر استفاده از مصالح بومی و بازیافتی بیشتر بوده است. (فلاحی،۱۳۸۶)

در این مقاله، ضمن اشاره به معماری پایدار شهری و مبانی شهر هوشمند انرژی و با در نظر داشتن شرایط شهر نمونه بوشهر، یک شبکه برق هوشمند طراحی‌شده است که بتواند در صورت بروز حادثه و سانحه برای شهر، آثار مخرب از میان رفتن شبکه برق شهری را کاهش دهد. با نگاهی دیگر به این مسئله می‌توان آن را این‌گونه بیان داشت که؛ اگر سانحه‌ای طبیعی برای این شهر نمونه پدید آید، پس‌ازآن و به‌منظور بازسازی آن شهر می‌توان با دیدگاه توسعه پس از بازسازی، بنیان ایجاد زیرساخت‌های شهری را بر پایه مبانی شهر هوشمند انرژی بنا نهاد تا در صورت بروز بلایای طبیعی، آثار سابق کاهش یابد.

روش

به‌منظور طراحی یک طرح بهینه ازنظر اقتصادی و مصرف انرژی، ابتدا اطلاعات مصرف انرژی، دما، رطوبت، میزان تابش و جهت تابش در یک دوره زمانی مشخص، سرعت و جهت وزش باد در ارتفاعی معین برای منطقه‌ای نمونه از شهر بوشهر از منابع معتبری چون پژوهشگاه نیرو، ناسا و ... استخراج شد. سپس هزینه‌های تولید انرژی توسط انواع منابع تجدیدپذیر انرژی، طول عمرشان، بازگشت سرمایه هر منبع، نوع کاربری آن در اقلیم موردنظر و ... استخراج شد. پس‌ازآن، اطلاعات موردنظر با توجه به نوع انرژی مصرفی (الکتریکی، گرمایش و سرمایش)، طراحی بهینه منابع تجدید پذیر انرژی با رعایت شرایط اقلیمی صورت پذیرفت و اطلاعات موردنظر

به نرم‌افزار هومر داده شد. سپس ارزیابی و حل مسئله غیرخطی با چندین پارامتر و پیچیدگی بهینه‌سازی آن‌همه پارامتر (بیش از ده‌ها پارامتر)، نرم‌افزار با توجه به طراحی اولیه پاسخ‌های خود را با یک سری اعداد و نمودارها و مقایسه اقتصادی همه جواب‌ها ارائه داد. در ادامه این مقاله، نتایج شبیه‌سازی به‌طور کامل موردبررسی و ارزیابی قرار خواهد گرفت.

یافته

شهر هوشمند انرژی

تمامی شهرها را می‌توان به‌سوی هوشمند شدن سوق داد و هوشمندی شهرها با به‌کارگیری سامانه‌های هوشمند برای کاربردهای زیست‌محیطی و سکونتی میسر می‌گردد؛ شبکه‌های برق، سامانه‌های توزیع گاز، سامانه‌های توزیع آب، سامانه‌های حمل‌ونقل عمومی و شخصی، ساختمان‌های تجاری، بیمارستان‌ها و منازل، همگی در راستای پربازده‌ای، زیست پذیری و پایداری قابلیت حرکت به‌سوی هوشمند شدن را دارا هستند. یک شهر هوشمند منافع ساکنین و مدیران شهری را بیشینه می‌سازد و درعین‌حال اثرات سوء بر محیط‌زیست و اقتصاد را به‌طور عام به کمترین حد خود می‌رساند. درواقع، یک شهر هوشمند درعین‌حال که سبک زندگی شهری را حفظ می‌نماید، سعی می‌کند که کنترل مؤثری برافزایش اقتصادی پایدار، سازگاربامحیط‌زیست و قابل ارتجاع داشته باشد (فرجی، ۱۳۹۳).

در یک شهر هوشمند، تنها ابزارها، وسایل حمل‌ونقل، روشنایی‌ها و ... نیستند که هوشمند می‌شوند، بلکه مفهوم فراتر از این است. درواقع اولین مرحله از هوشمند سازی یک شهر، فرهنگ‌سازی در این زمینه و ایجاد زیرساخت‌های لازم در جهت هوشمندی شهر، شهروندان و شهرداری‌هاست (مک، ۲۰۱۲)[1]. به‌طور مثال در یک شهر هوشمند، بسته به اقلیم منطقه، حمل‌ونقل آن ناحیه به‌طور هوشمند خواهد شد. در مناطق گرم و مرطوب به علت وجود آفتاب شدید در اکثر روزهای سال، مردم با مسئله عبور و مرور و گرمای شدید مواجه هستند و حمل‌ونقل هوشمند باید در این زمینه راه‌حل مناسبی را ارائه دهد. از نمونه این راه‌حل‌ها می‌توان باریک کردن کوچه‌ها و خیابان‌های این شهرها و ایجاد سایه‌هایی در سطح شهر به‌وسیله قرار دادن چادرهایی بر روی پشت‌بام ساختمان‌ها و ... را ارائه کرد.

اخیراً، بسیاری از روش‌های فناوری محیطی، قبل از اینکه با موفقیت، کامل شوند، با شکست مواجه می‌شوند؛ به دلیل ناتوانی طراحانشان که نتوانسته‌اند، پیوستگی و محتوای فرهنگی- اجتماعی معماری و شهرسازی را تشخیص دهند، یا اینکه نیازها و انتظارات کسانی را که قصد دارند از آن استفاده کنند، درک نمایند. درواقع در اینجا، صحبت درباره فراموشی است که چگونه فرهنگ و ارزش‌های محلی را باید حفظ کرد و فراموش ننمود. این موضوع حقیقتاً روی موفقیت یا شکست یک پروژه تأثیر می‌گذارد (ریموند و لورچ، ۲۰۰۴)[2]. الگوهای جدید نژادی و رابطه‌های فرهنگی به امر غیرمنتظره فرهنگ‌های ترکیبی، تبدیل‌شده است. در حال حاضر، رشد سریع فناوری، در افزایش مشکلات محیطی در مقیاس جهانی تأثیر می‌گذارد، که نتیجه آن را در بلایای اکولوژیکی که نمونه آن از بین رفتن سریع منابع و گونه‌های طبیعی و مصرف بالا و افزایش مقادیر اتلاف انرژی هست، می‌توان دید. بدین ترتیب این‌گونه درک می‌شود که محیط مصنوع به‌عنوان یک شاخه فرهنگی برجسته و مصرف‌کننده اصلی انرژی و منابع به‌طورجدی در هر دو فرآیند دلالت می‌کند (ریموند و لورچ، ۲۰۰۴).

بازسازی پس از سانحه با رویکرد توسعه پایدار

هدف از بازسازی در حد مطلوب، برقراری مجدد شرایط گذشته با استانداردی به‌مراتب بالاتر است. هر اقدامی در جهت بهینه‌سازی شرایط قبل از سانحه باید به کاهش خطر سانحه و تخفیف خسارات آینده منجر شود. (آیسان و دیویس، ۱۳۸۵) بازسازی پس از سانحه زمینه‌های توسعه پایدار را ایجاب می‌کند که امکان دستیابی به آن‌ها در شرایط معمول وجود نداشته است(بیرودیان،۱۳۸۵). در این زمان استفاده از موقعیت‌های پیش‌آمده ضمن تقویت مرحله‌ی بازتوانی، منجر به عملکرد مناسب جامعه‌ی آسیب‌دیده در برابر بحران‌ها و سوانح آتی خواهد شد. بحران‌ها و بلایا می‌توانند فرصت‌های توسعه‌ی چندی از قبیل سیاسی، اجتماعی- فرهنگی، اقتصادی، و کالبدی در سطح محلی، منطقه‌ای و ملی و بعضی‌اوقات در سطح

1. Mack

2. Raymond & Lorch

بین‌المللی به وجود آورند. این‌ها فرصت‌هایی هستند که درگذشته و قبل از سانحه وجود نداشته که اگر به‌درستی شناسایی و به‌موقع مورداستفاده قرار گیرند نقش مهمی در پیشگیری بحران‌ها و بلایای آتی و افزایش کیفیت زندگی بازماندگان بحران‌ها بر عهده خواهند داشت. (آیسان و دیویس، ۱۳۸۵)

مفهوم توسعه پایدار مدتی است که به‌عنوان راه‌حلی برای چنین مشکلاتی مطرح‌شده است. این مفهوم یک تغییر مهم در فهم رابطه انسان و طبیعت و انسان‌ها با یکدیگر به وجود آورده است. این مسئله با دیدگاه دو قرن گذشته انسان که بر پایه جدایی موضوعات محیطی و اجتماعی و اقتصادی شکل‌گرفته بود در تضاد است. مفهوم توسعه پایدار، حاصل رشد آگاهی از پیوندهای جهانی، مابین مشکلات محیطی در حال رشد، موضوعات اجتماعی، اقتصادی، فقر و نابرابری و نگرانی‌ها درباره یک آینده سالم برای بشر هست. توسعه پایدار، قویاً موضوعات محیطی، اجتماعی و اقتصادی را به هم پیوند می‌دهد (هاپوود و همکاران)[1].

امروزه ده‌ها کنوانسیون (کنوانسیون حقوق زیست، کنوانسیون دریاها و ...) شکل گرفتند تا بشر خطاهای گذشته خود را جبران کند. بسیاری از کشورهای پیشرفته درصدد بازسازی طبیعت برآمدند و به دیگر کشورها نیز به علت آلوده کردن محیط‌زیست هشدار دادند. یکی از راهکارهای کاهش آلودگی، دستیابی به انرژی‌های پاک و سازگاربامحیط‌زیست است. شهرهای پاک دارای سازگاری بالایی با محیط‌زیست هستند و برای آن تقریباً هیچ تهدیدی ایجاد نمی‌کنند. در این شهرها تمامی نیازها از طریق انرژی‌های پاک برطرف می‌گردند و هیچ آلودگی‌ای را به محیط اعمال نمی‌کنند. مسئولیت ضمانت محیطی، به معنی حساسیت فرهنگی، پایداری فرهنگی است که می‌بایست شامل آگاهی‌های اکولوژیکی باشد (ریموند و لورچ، ۲۰۰۴). برای شهرهای بدون ترکیب سازگار این دو، هیچ آینده ماندنی و قابل‌دوامی نخواهد بود. باید توجه داشت که پایداری به معنای مداومت، پیوستگی و استمرار است و آن چیزی را حفظ می‌کند که قابلیت پایداری دارد. پس معماری نیاز دارد که به‌عنوان یک فعالیت طراحی، پایدارکننده محیط به همراه توانایی پایدار کردن آنچه نیاز به پایداری دارد (هاپوود و همکاران، ۲۰۰۵).

در این راستا باید توجه داشت که ساختمان‌ها در مقایسه با سایر مصنوعات داخل شهرها، عمر نسبتاً طولانی‌تری دارند و در طول تمام مراحل نقشه‌کشی، ساختمان‌سازی، تجهیز کردن و تخریب یا استفاده دوباره از آن، در توسعه پایدار تأثیرگذار خواهند بود. این تأثیر در برنامه بازسازی و همچنین در زمان پیشگیری نیز بسیار حائز اهمیت است. یک ساختمان، محصول مرکبی از مصالح، مواد و ترکیبات است که متقابلاً بر هم اثرگذارند. به‌علاوه، ساختمان اثر فراوانی بر سلامت انسان دارد (WGSC، ۲۰۰۴)[2]. به‌صورت عامیانه، معماری پایدار بر روی پایداری معماری، به‌عنوان یک‌رشته علمی و هم به‌عنوان محصول یک‌رشته علمی، توجه می‌کند. در مواردی که تأکید آن روی محورهایی چون آینده باشد، بر بهترین روش طراحی و برنامه‌ریزی قلمرو عمومی متمرکزشده است، در این راستا مواردی چون: استدلال‌های کلیدی، مفاهیم شهرسازی- معماری و پایداری جالب و درخور توجه هستند که شدیداً به هم گره‌خورده‌اند.

با توجه به گستردگی مسئله پایداری و جوانب پیچیده و به هم پیوسته‌ای که این موضوع شامل می‌شود، توجه به یک نکته نیز ضروری می‌نماید؛ و آن در نظر گرفتن پایداری به‌عنوان محصول فرآیند معماری است. معماری پایدار نیاز دارد که در رابطه با فرآیند دیده شود. به‌عنوان قدرتی که پایدار می‌کند، آنچه را که قابلیت پایدار شدن دارد. چراکه در این حالت سؤالی اساسی مطرح می‌گردد؛ اینکه چه چیزی می‌بایست پایدار شود و در اینجاست که راه‌حل‌ها تشخیص داده می‌شوند (هاپوود و همکاران، ۲۰۰۵)[3]. هرچند که اصول معماری پایدار شامل بازه وسیعی از به‌کارگیری ساده‌ترین روش‌ها تا پیچیده‌ترین فناوری‌های روز است، اما مسئله مناسب بودن روش و مطابقت آن با زمینه‌های اجتماعی و فرهنگی مردمان و استفاده‌کنندگان آن محیط نیز مطرح است.

جایگاه ساختمان‌های سبز در برنامه بازسازی

به‌منظور کارا بودن یک شهر هوشمند می‌بایست سه بعد اصلی و عمده مدنظر قرار داده شوند: اجتماعی، اقتصادی و زیست‌محیطی. بدین معنی که اگر بتوانیم یک شهر هوشمند بسازیم که برای

1. Hopwood et al.

2. Working Group for Sustainable Construction

3. Hopwood et al.

محیط‌زیست و اجتماع مفید واقع گردد ولی منافع اقتصادی حاصل نگردد، موفق نبوده‌ایم. ضمناً باید این مسئله را مدنظر قرار داد که اگر بخواهیم آثار سوانح و بلایای طبیعی بر شهرها و زیرساخت‌های شهری را کاهش دهیم، باید مسئله انرژی و هوشمندی و بهینه بودن تأمین و مصرف انرژی را مدنظر قرار داد. مشترک خانگی درعین‌حال که نیاز به خلق آرامش در محل سکونت خود دارد، تمایل به کاهش مصرف برق در خانه خود نیز دارد. همچنین امنیت بیشتر خانواده در کنار آرایه‌گری دلخواه محیط زندگی از مطلوبات یک شهروند است. درنتیجه کنترل و مدیریت مصرف تجهیزات برقی خانگی به کمک ارتباط مخابراتی تجهیزات با سیستم هوشمند مرکزی، بطوریکه هم نیاز افراد ساکن در منزل را تا حد بسیار مطلوب فراهم آورده و هم کمترین هدر رفت هزینه را داشته و کاهش ناسازگاری و خرابی را در کنار امنیت بالای منزل ایجاد نماید؛ از ملزومات یک خانه هوشمند است. به انضمام اینکه چنین خانه‌ای ازنقطه‌نظر امنیت خاطر، آسودگی و رفاه ساکنین منزل که کاملاً در راستای هدف غایی احداث شهر هوشمند -رفاه زندگی شهروندان- است، بسیار مطلوب و موردتوجه است. در شکل ۱. یک خانه هوشمند نمونه دیده می‌شود.

شکل ۱: خانه هوشمند در شهر هوشمند (نویسندگان مقاله)

طراحی و ساخت خانه‌های سبز و سازگار با محیط‌زیست و حتی استفاده مجدد و بازسازی ساختمان‌های فرسوده، همچنین راهکارهای بازیافت زباله مسائلی است که در این مقوله جهت ارتقاء مناسب محله‌ها موردنظر است. همچنین ساخت و نصب مولدهای انرژی تجدید پذیر و استفاده آن‌ها جهت مصارف مختلف در محله از نکات مهم این حوزه است. یک ساختمان هوشمند همچنین قابلیت نصب و اتصال انواع ممکن منابع تولید و ذخیره انرژی را برای مصارف داخلی و نیز فروش انرژی دارا است. برای هوشمند سازی یک ساختمان، زیرسیستم‌ها و فناوری‌های مختلفی مورداستفاده قرار می‌گیرد که این سامانه‌ها با یکدیگر دارای تعامل مؤثری می‌باشند. ازجمله این فناوری‌ها می‌توان به موارد زیر اشاره کرد (فرجی، ۱۳۹۳):

- زیرساختارهای مخابراتی ازجمله
  - زیگبی[1]؛
  - KNX؛
  - بلوتوث؛
  - WiFi؛
  - و ... .
- زیر ساختار اندازه‌گیری و پایش مصرف ازجمله
  - کنتورهای هوشمند آب، برق و گاز؛
  - IHD؛
  - حس‌گرهای حرارتی، دود، روشنایی، حرکت سنج؛
  - و ... .
- زیر ساختار تولید و ذخیره‌سازی انرژی ازجمله
  - پانل‌های خورشیدی[2]؛
  - میکرو توربین‌های بادی[3]؛
  - سلول‌های سوختی[4]؛
  - تولید همزمان حرارت و توان[5]؛
  - باتری‌ها؛
  - تانک‌های ذخیره‌ساز هیدروژن؛
  - سامانه‌های تولید هیدروژن مانند الکترولایزر[6] و ریفرمر[7]؛
  - و ... .

1. ZigBee
2. Photo Voltaic Panel (PV-Panel)
3. Micro-Wind Turbine (WT)
4. Fuel Cell (FC)
5. Combined Heat and Power (CHP)
6. Electrolizer
7. Reformer

تولید انرژی در ساختمان‌های سبز و ساختمان انرژی صفر

در ساختمان‌های هوشمند و سبز یکی از مهم‌ترین فن‌آوری‌های مورداستفاده، بهره‌گیری از انواع فناوری‌های تولید و ذخیره انرژی الکتریکی و یا انتقال انرژی از محیط بیرون ساختمان به درون آن، جهت مصرف است. امروزه مباحث مربوط به ساختمان انرژی صفر[1] و «ساختمان انرژی نزدیک به صفر» مطرح‌شده است. در این ساختمان‌ها، مصرف حامل‌های انرژی از شبکه، صفر و یا نزدیک به صفر بوده و تمام یا بخش عمده انرژی موردنیاز مصرفی ساختمان از طریق منابع تولید و ذخیره انرژی الکتریکی در ساختمان تولیدشده و یا به کمک برخی از فناوری‌ها، انرژی موجود در محیط پیرامون مستقیماً به داخل ساختمان انتقال می‌یابد (مهدوی نژاد و همکاران، ۱۳۹۱).

مجموعه‌های انرژی صفر، می‌توانند به‌طور متصل و مستقل از شبکه تأمین انرژی (برق و حامل‌های انرژی) فعالیت نموده و همچنین با شبکه تبادل انرژی نمایند. در یک مجموعه انرژی صفر فن‌آوری‌هایی که می‌توانند در تولید، ذخیره و یا انتقال انرژی (به معنای جابه‌جایی انرژی از بیرون مجموعه به داخل آن) به کار روند عبارت‌اند از:

الف) تولید انرژی الکتریکی با استفاده از نور خورشید

پنل‌های خورشیدی شناخته‌شده‌ترین و پرکاربردترین فن‌آوری تولید انرژی الکتریکی از منبع انرژی خورشیدی می‌باشند که به‌سادگی در بام یا محوطه ساختمان قابل‌نصب هستند. شکل ۲. استفاده از این پانل‌ها را نشان می‌دهد.

ب) فناوری انتقال نور خورشید به داخل ساختمان

یکی از فناوری‌های نسبتاً جدید در عرصه ساختمان‌های هوشمند، فناوری انتقال نور خورشید برای تأمین روشنایی ساختمان‌ها در طول روز است. در این فناوری از رشته‌های منتقل‌کننده انرژی نوری به اتاق‌های مختلف ساختمان استفاده می‌گردد که به آن‌ها لوله‌های خورشیدی گفته می‌شود. این لوله‌ها با انتقال نور خورشید به داخل ساختمان امکان استفاده از روشنایی روز را در ساختمان‌های تاریک به وجود می‌آورند. به کمک این فناوری، نور خورشید توسط یک لوله استوانه‌ای آلومینیومی پوشیده شده از نقره با ضریب انعکاس بالا به محل‌های مختلف در داخل ساختمان قابل‌انتقال است. طبق مطالعات صورت گرفته لوله‌های خورشیدی می‌توانند تا میزان بسیار زیادی انرژی موردنیاز برای تأمین روشنایی ساختمان‌ها را در روز کاهش دهند.

شکل ۲: استفاده از پنل خورشیدی در منطقه گرم برای کاربرد خانگی (شرکت توزیع نیروی برق هرمزگان، ۱۳۹۲)

این فن‌آوری به‌ویژه برای ساختمان‌های اداری که در طول روز مورداستفاده قرار می‌گیرند، بسیار مفید است. همچنین تحقیقات نشان می‌دهد روشن کردن محیط با استفاده از نور طبیعی در بهبود روحیه و سلامت افراد ساکن در ساختمان نیز مؤثر است. از مزایای دیگر این فناوری می‌توان به قابلیت نصب آسان در ساختمان، عمر بالا، اتلاف انرژی پایین و عدم نیاز به نگهداری و تعمیرات اشاره کرد (مهدوی نژاد و همکاران، ۱۳۹۱). شکل ۳. این فناوری را به نمایش می‌گذارد.

پ) آب‌گرم‌کن‌های خورشیدی

آب‌گرم‌کن خورشیدی دستگاهی است که با جذب انرژی خورشیدی آب موردنیاز برای مصرف ساختمان را گرم می‌کند. استفاده از آب‌گرم‌کن خورشیدی در یک ساختمان هوشمند می‌تواند به‌طور مؤثر انرژی موردنیاز برای تأمین آب گرم را برای یک ساختمان کاهش دهد.

ت) پنجره‌های خورشیدی

دانشمندان اخیراً موفق به ساخت پنجره‌های هوشمندی شده‌اند که قادر به تولید انرژی الکتریسیته با استفاده از نور خورشید می‌باشند. در این فناوری نانولوله‌های کربنی به‌عنوان یک پیل

1. Zero Energy Building (ZEB)

سوختی باقابلیت نصب روی شیشه‌ها بدون مانع‌شدن در عبور نور خورشید قادر به تولید انرژی الکتریکی می‌باشند. از مزایای آن می‌توان به قیمت بسیار پایین و قابلیت نصب بر روی تمام درها و پنجره‌ها اشاره کرد؛ درحالی‌که تنها عیب آن، بازده پایین است. به‌طوری‌که انرژی الکتریکی تولیدی آن قابل‌توجه نیست. مطابق پیش‌بینی‌ها این فناوری در دهه آینده وارد بازار خواهد شد.

ث) تولید انرژی الکتریکی از فعالیت بدنی ساکنان ساختمان

به‌طورکلی انرژی مکانیکی یکی از منابع تولید انرژی الکتریکی است. ازاین‌رو محققین در سال‌های اخیر فناوری‌هایی را توسعه داده‌اند که می‌توانند از فعالیت‌های مختلف فیزیکی ساکنان ساختمان‌ها انرژی الکتریکی تولید کنند.

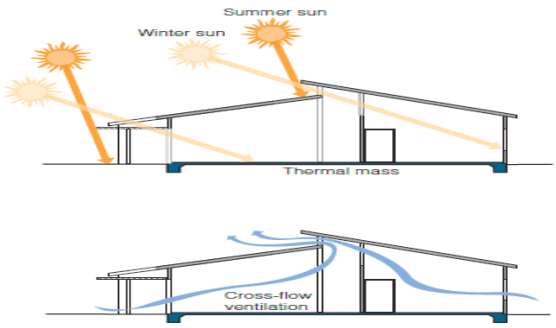


FIGURE 16
Modified section of project house to improve solar access and ventilation

شکل۳: طرح‌واره استفاده بهینه از نور خورشید در ساختمان و ایجاد تهویه مناسب (مهدوی نژاد و همکاران، زمستان ۱۳۹۱)

یکی از این فناوری‌ها می‌تواند تولید انرژی الکتریکی از وسایل ورزشی مستقر در پارک‌ها (همانند تجهیزات بدن‌سازی، دوچرخه‌ها و ...) باشد. به‌طوری‌که فعالیت ورزشی شهروندان منجر به تولید انرژی الکتریکی گردد. یکی دیگر از جدیدترین فناوری‌های تولید انرژی الکتریکی، "پیاده‌روهای مولد انرژی" می‌باشند. در این فن‌آوری از نانو ژنراتورهای پیزو الکتریک باقابلیت تبدیل میدان مغناطیسی القاشده از راه رفتن به انرژی الکتریکی استفاده می‌گردد. این فناوری هنوز در مطالعات آزمایشگاهی خود به سر می‌برد اما نتایج آزمایش‌ها نشان می‌دهد که به‌طور متوسط یک فرد با وزن ۶۰ کیلوگرم در هر گام عبوری خود از روی سطح این کف‌پوش‌ها می‌تواند ۰/۱ وات انرژی الکتریکی تولید نماید.

برنامه بازسازی و اصول طراحی خانه هوشمند در راستای کاهش مصرف انرژی

فناوری خانه هوشمند، زیرساخت و موقعیتی مناسب برای بهبود بازده مصرف انرژی در ساختمان‌ها فراهم می‌آورد. یک خانه هوشمند، شامل مجموعه‌ای از بارها و منابع تولید انرژی گرمایی و الکتریکی است. منابع تغذیه انرژی می‌توانند اعم از شبکه توزیع انرژی، ژنراتورهای مستقل (مانند پیل‌های سوختی و سامانه‌های)، منابع انرژی نو (مانند پنل‌های و توربین‌های بادی) و تجهیزات ذخیره‌ساز انرژی مانند باتری‌ها و مخزن‌های آب باشند. بارهای الکتریکی معمول در ساختمان نیز با توجه به نیازمندی‌ها و احتیاجات رفاهی ساکنین تعیین می‌شوند، مانند سیستم روشنایی، تهویه هوا، آسانسورها و غیره. نکته بسیار اساسی در بهبود بازده انرژی مصرفی ساختمان، هماهنگ‌سازی و بهینه کردن بهره‌برداری از بارها و منابع انرژی مختلف است. بااین‌وجود، مسائل بسیاری باید از پیش دیده شوند. اولاً وجود ارتباط و لزوم هماهنگ‌سازی در بهره‌برداری منابع مختلف انرژی اعم از گرمایی و الکتریکی مانند واحدهای تولید همزمان برق و حرارت و انرژی نو که هرکدام تجهیزات متنوع مربوط به خود رادارند. عملکرد منابع انرژی و بارهای قابل‌کنترل نیز درگذر زمان به یکدیگر مرتبط هستند و باید در طی زمان به خاطر وجود تجهیزات ذخیره‌ساز انرژی گرمایی و الکتریکی هماهنگ‌سازی انجام شود. ثانیاً، بدیهی است که منابع انرژی نو مانند پانل‌های خورشیدی و انرژی بادی در معرض نوسانات تصادفی فراوانی می‌باشند. نا یقینی‌های فراوان موجود در تولید و مصرف می‌تواند موجب ایجاد مشکلات بزرگی در زمان‌بندی و کنترل شود (فرجی، ۱۳۹۳).

فناوری‌ها و تمرین‌های جدید، برای اینکه پذیرفته شوند و کار کنند، نیاز دارند که با انتظارات و نیازها، دانش مردم و فرهنگی که احتمالاً آن را به کار می‌گیرند، در یک خط باشند. البته این موضوع غیرقابل‌انکار است که فرهنگ مصرف مردم و نگاه آن‌ها نسبت به طبیعت، به‌تدریج تغییر کرده و اصلاح رویکرد آن‌ها نیز امری حیاتی است؛ چراکه فناوری‌های جدید می‌بایست بافرهنگ صحیح توأم با آن ترویج گردند و به نظر می‌رسد که علاوه بر فرهنگ بومی، اصلاح آن نیز می‌بایست مدنظر قرار گیرد. ازآنچه درباره معماری پایدار گفته شد، می‌توان اهداف معماری پایدار را در رابطه با محیط‌زیست،

اغلب در رابطه باانرژی جستجو کرد؛ ایجاد ساختمان‌هایی حساس به نیازهای بومی، مصرف حداقل انرژی و غیره. البته همان‌طور که اشاره شد، در نظر گرفتن محتوای فرهنگی-اجتماعی بومی نیز، برای پیاده‌سازی فناوری‌های محیطی ضروری است (گیتز، ۱۹۹۳)[1].

در بسیاری از راه‌کارهایی که معماری پایدار در راستای احداث شهر هوشمند و ساختمان‌های هوشمند ارائه می‌دهد، نگرش اقلیمی مطرح است. با نگرش اقلیمی، انسان در حد یک موجود خاکی نیازمند آسایش آب و هوایی تقلیل می‌یابد. توجه به شرایط اقلیمی یکی از پایه‌های مهم معماری ایرانی است، اما همه‌چیز به آن ختم نمی‌شود. در اینجا مجموعه‌ای از عوامل گوناگون، که یکی از آن‌ها اقلیم است، دست در دست هم داده و شکل نهایی بنا را می‌ساخته است. به‌طوری‌که انسان، حضور در یک فضای آسایش دهنده را حس می‌کند و همزمان در درون آن فضا، پیام‌های بسیاری را دریافت می‌کند (معماریان، ۱۳۸۴).

تیپولوژی معماری و بافت شهر بوشهر

حاشیه جنوبی ایران دارای یکی از بحرانی‌ترین اقلیم‌های جهان بوده و لذا توجه به مولفه های اقلیمی در فرآیند طراحی خانه‌ها در این منطقه ضروری است. فضاهای باز و نیمه باز از عوامل موثر در شکل دادن به الگوهای اقلیمی خانه‌های بومی و بکارگیری این الگوها در طراحی مسکن معاصر این اقلیم، می‌تواند سبب ارتقای سطح آسایش حرارتی شود. از نظر صاحبنظران، اهداف معماری مناطق گرم و مرطوب، در راستای تعدیل مهم ترین مولفه های اقلیمی این منطقه یعنی درجه حرارت و رطوبت بالاست. این اهداف منجر به راهکارهایی برای ایجاد سایه و نفوذ حداقل تابش و گرمای خورشید به داخل ساختمان و استفاده از جریان طبیعی هوا و بکارگیری بادهای غالب و نسیم های محلی در ساختمان می شود و ویژگی هایی را در پی دارد که منجر به تعریف شاکله معماری این منطقه م یشود. این ویژگی ها عمدتاً برای دستیابی به سه هدف اصلی شکل می گیرند:۱-ایجاد سایه و نفوذ حداقل تابش و گرمای خورشید به داخل ساختمان ۲-استفاده از جریان طبیعی هوا و بکارگیری بادهای غالب و نسیم های محلی ۳-توجه به مورفولوژی محلی مانند نزدیکی به بدنه آب و گیاه (نیکقدم، ۱۳۹۱).

تشکل باز بین فضاها، تماس کم و حداکثر سیرکولاسیون در داخل بنا (مفیدی شمرانی،۱۳۸۸)، استفاده از ایوان‌های بزرگ با سقف‌های بلند (کسمایی،۱۳۸۲)، استفاده از ایوان‌های مسقف در اطراف حیاط و در جلوی اتاق‌ها (طاهباط و جلیلیان،۱۳۸۷)، فراهم کردن فضاهایی برای فعالیت در در فضای نیمه باز به عنوان بخش جدایی‌ناپذیر فضای زندگی و فراهم کردن مهتابی و ایوان (جیووانی، ۱۹۹۸)[2] و مهتابی‌های عمیق و بالکن‌های پیش آمده برای سایه‌اندازی (هیده، ۲۰۰۰)[3]، به‌کارگیری فضاهای عملکردی باز مسقف در مناطقی که باد مناسبی می‌وزد به عنوان عناصر مهم الگوی خانه (سالمون، ۱۹۹۹)[4] و همچنین استفاده از اتاق‌های بیرونی به سمت حیاط به عنوان حائل برای سایه‌اندازی فضاهای داخلی و حفظ آن‌ها از تابش از مهم‌تری مواردیست که در معماری بومی و اقلیمی شهر بوشهر مورد توجه قرار می‌گیرد.

از آنجایی که بوشهر مانند شبه جزیره ای در کنار دریا واقع شده، در این بندر وزش باد مطلوب در تمام ماه های سال و با سرعت و تواتر مناسب از سمت دریا وجود دارد؛ بنابراین الگوهای اقلیمی و در نتیجه الگوهای فضاهای نیمه باز در این خانه ها بیشتر بر اساس استفاده از جریان هوا استوار است. در خانه های شهربوشهر، عموماً فضاهای زیستی نیمه باز در وجوه شمال شرقی، شمال غربی و جنوب غربی و رو به دریا و فضاهای ارتباطی نیمه باز در چهار گوشه حیاط مستقر هستند. این ترکیبِ فضاهای نیمه باز، مانند سامانه تهویه غیرفعال، جریان نسیم وزنده را از شمال غربی دریافت کرده و از طریق راهروهای نیمه باز به طبقات هدایت می کند و از طریق راهروهای نیمه باز و باز پیرامون حیاط در اطراف آن می چرخاند. منافذ اتاق ها به سمت خارج از ساختمان، این سامانه را تقویت می کنند. ترکیب غالب فضاهای باز و نیمه باز در خانه‌های بوشهر و نحوه ارتباط آنها با فضاهای زیستی سبب ایجاد جریان هوا در داخل فضاهای بسته زیستی و به همین صورت در حیاط مرکزی می شود. این خانه ها عمدتاً متراکم هستند ولی به واسطه وجود فضاهای نیمه باز مابین فضاهای بسته و به تناوب، از نظر ماهیت گردش هوا به صورت گسترده عمل می کنند؛ یعنی اغلب فضاهای

1. Geertz

2. Giovani
3. Hyde
4. Salmon

بسته از چهار طرف با فضاهای باز و نیمه باز محصور می شود.

همچنین باید درنظر داشت که تغییرات فصلی اقلیمی در مناطق گرم و مرطوب بسیار کم است، نیازهای حرارتی فیزیولوژیکی طی سال تقریباً مشابه است. برای پیدایش سرمایش تبخیری تعریفی، به دلیل رطوبت بالا، سرعت جریان هوا باید بسیار بالا باشد، بنابراین تهویه مستمر نیاز پایه و اساسی برای فراهم کردن آسایش است، و این عامل بر روی عوامل دیگر مؤثر است. ازاین‌رو در طراحی باید به کنترل باران، کنترل تابش و تهویه داخلی توجه داشت. در اقلیم گرم و مرطوب برای فراهم کردن آسایش در طراحی باید تهویه طبیعی مدام در بدنه و سقف ساختمان و همچنین در درون فضاها پدید آید، سطح پنجره‌ها در برابر تابش خورشید محافظت گردند و ترفندهای طراحی برای جلوگیری از نفوذ آب باران به داخل از راه سقف‌ها و بدنه‌ها به کار گرفته شوند. همچنین پیش‌بینی هدایت و تخلیه آب‌های سطحی در این اقلیم ضروری است. جلوگیری از ایجاد دماهای تشعشعی طول‌موج بلند در داخل فضاها نیز باید مدنظر قرار گیرند. در جدول(۱)، راهکارهای اقلیمی در بخش‌های گوناگون طراحی معماری در اقلیم‌های گرم و مرطوب به‌طور مجمل آمده است.

تأثیر ویژگی‌های اقلیمی شهر بوشهر و معماری بومی آن در برنامه بازسازی

در این مقاله، با در نظر داشتن یک رویداد طبیعی مخرب در شهر بوشهر، فرض شده است که بناها و زیرساخت‌های شهری ازجمله شبکه برق فروپاشیده شده است. بنابراین با طراحی ساختمان‌های اقلیمی و شبکه هوشمند برق که اکثر انرژی مصرفی را از منابع تجدید پذیر انرژی تأمین می‌نماید، سعی شده است به مدیریت بحران در این شرایط پرداخته شود. باید به این نکته نیز توجه داشت که در زمان بازسازی که شرایط مساعدی برای ایجاد برنامه‌های توسعه فراهم می‌شود، می‌توان احداث بناها را به‌سوی هوشمند شدن در عین داشتن ویژگی‌های اقلیمی سوق داد. در برنامه بازسازی همچنین باید به این نکته توجه ویژه داشت که به‌طورکلی عناصر معماری و شکل‌گیری واحدها در هر ناحیه متناسب با شرایط اقلیمی و در هماهنگی محیط و جبر طبیعت ساخته‌شده و باید از شرایط زیست‌محیطی مناسبی برخوردار باشد. میزان دما و رطوبت زیاد منطقه به‌ویژه در تابستان، از عوامل شکل‌دهنده، بافت قدیمی و ترکیب واحدهای مسکونی و کوچه‌های تنگ و باریک و پیچ‌درپیچ شده است. آب‌وهوای گرم و مرطوب، فرساینده‌ترین نوع آب‌وهوا برای بناها و ساختمان‌هاست و کنار آمدن با آن بسیار مشکل است. این آب‌وهوا همچون اقلیم خشک مرکزی ایران نیست که بتوان به‌وسیله بادگیر با آن کنار آمد، بلکه اجزا و عناصر خاصی را می‌طلبد. بناهای سنتی و بافت قدیم بوشهر که اکنون تقریباً به‌صورت متروکه درآمده است، به دوره‌های افشاریه، زندیه و سالم‌ترین آن‌ها به دوره قاجار بازمی‌گردد که تقریباً از ۵۰سال گذشته کم‌کم رو به ویرانی نهاده است.

طراحی و ساخت خانه‌ها پس از سانحه و یا پیش از آن در شهر هوشمند، باید با رویکرد پایداری همراه باشد تا بتواند در راستای تعامل با طبیعت، نیازهای ساکنین را نیز تأمین نماید. طراحی و ساخت خانه‌های سبز و سازگاربا محیط‌زیست مسئله‌ای است که در این مقوله جهت ارتقاء مناسب ساختمان‌ها موردنظر است. بنابراین در زمان بازسازی توجه به ویژگی‌های ساختمان‌های اقلیمی و تیپولوژی معماری و بافت شهر بوشهر همان‌طورکه در بخش قبلی و در جدول(۱) به تفصیل به آن پرداخته شد، بسیار حائز اهمیت است. همچنین در این راستا باید به نحوه طراحی ساختمان‌های هوشمند نیز توجه شود. در ادامه به مباحث مرتبط با طراحی ساختمان‌ها و شهر هوشمند پرداخته می‌شود.

طراحی سیستم تولید و ذخیره انرژی الکتریکی و حرارتی برای منطقه‌ای از شهر بوشهر باهدف هوشمندی

سال‌هاست مفاهیمی چون مدیریت انرژی در سمت تولید و مصرف، بهبود بهره‌برداری از شبکه‌های قدرت، بهره‌گیری مناسب‌تر از انرژی‌های نو و تجدید پذیر، کاهش اثرات زیست‌محیطی تولید انرژی و ... در جوامع پیشرفته و حتی در حال پیشرفت موردتوجه قرارگرفته است. بااین‌حال می‌توان نگاه دقیق‌تری به موضوع داشت. طبق تعریف؛ تولید پراکنده عبارت‌اند از: هر نوع فنّاوری تولید برق که در محلی در نزدیکی مصرف‌کننده نصب‌شده باشد یا تولید مستقل برق که به شبکه توزیع قدرت وصل باشد و شامل تولید برق به روش‌های مختلف بوده و برای بهره‌برداری توسط مشترکان استفاده شود (سلی، ۲۰۰۶)[1]. تولیدات پراکنده

1. Celli, 2006

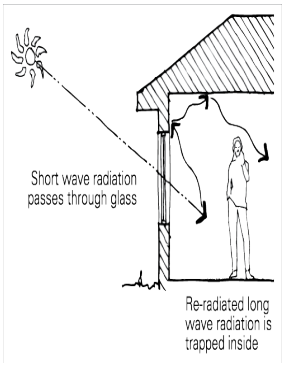
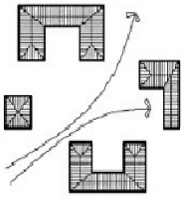
در کشورهای توسعه‌یافته و اخیراً در کشورهای درحال‌توسعه توجه ویژه‌ای را یافته است و علل آن می‌توان به کم بودن زمان طراحی و نصب و بهره‌برداری در مقایسه با تولیدات متمرکز، اثرات کم زیست‌محیطی و ... اشاره کرد. باید دقت داشت که مجموعه منابع تولید پراکنده در شبکه‌های توزیع باعث تعریف ساختار جدیدی در صنعت برق و در ریز شبکه‌ها شده است. ریز شبکه‌ها به شبکه‌های کوچکی حاوی واحدهای تولیدی کوچک به همراه سامانه‌های ذخیره انرژی و بارهایی اطلاق می‌شود که می‌توانند مستقلاً در شبکه بزرگ‌تر حضور یابند. از مزایای ریز شبکه‌ها می‌توان به مزایای فراوان فنی و اقتصادی آن‌ها، کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای، تنوع تولید بالا، دسترسی به منابع تولید کوچک و بهره بردن از مزایای آن‌ها مانند سهولت در طراحی، اجرا و بهره‌برداری ساده‌تر منابع کوچک تولید، کاهش هزینه‌های سرمایه‌گذاری، کاهش هزینه‌های انتقال و ... اشاره کرد.

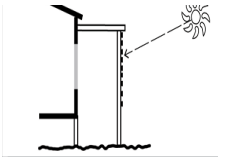
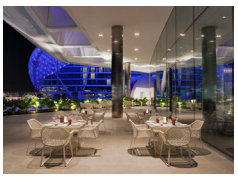
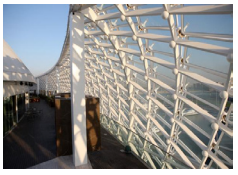
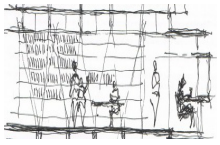
مزایای ریز شبکه‌ها و موارد کاربرد آن‌ها

سازمان انرژی آمریکا طی تحقیقی بیان داشته است که ریز شبکه‌ها می‌توانند تا سال ۲۰۲۰، بین یک تا سیزده گیگاوات از بار را تأمین کنند. این مهم باوجود ۵۵۰ ریز شبکه در جهان با ظرفیت متوسط ۱۰مگاوات محاسبه‌شده است. در این گزارش آمده است که سودآوری ریز شبکه‌ها در همان سال می‌تواند به حدود یک میلیارد دلار در سال برسد که سهم بیشتر این سود ناشی از کاهش آلودگی‌های زیست‌محیطی خواهد بود. در همین راستا بیان‌شده است که سامانه‌های ریز شبکه محدوده وسیعی از امکانات و تأسیسات را در برمی‌گیرند که شامل موارد زیر می‌شود:

- توسعه شهری؛
- تغذیه مناطق دورافتاده مانند روستاها، جزایر و غیره؛
- تأسیسات حیاتی چون بیمارستان‌ها، تأسیسات نظامی، پلیس، آتش‌نشانی و غیره؛
- خدمات اضطراری چون وقوع حوادث غیرمترقبه از قبیل توفان، زلزله، زمین‌لرزه‌ها و غیره.

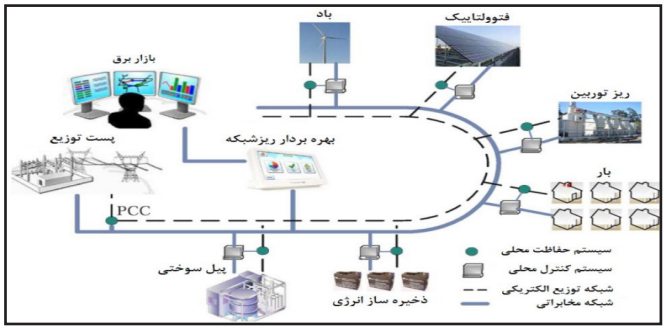
جدول ۱ : راهکارهای اقلیمی در بخش‌های گوناگون طراحی معماری در اقلیم‌های گرم و مرطوب (نویسندگان مقاله)

هدف	اصول	راهکارهای طراحی
کاهش تولید گرما	کاهش تولید گرما و بخارآب حاصل از فعالیت‌های روزانه	جداسازی فضای مربوط به ماشین ظرف‌شویی، رخت‌شویی و خشک‌کن از آشپزخانه؛ جداسازی فضای گرم از فضاهای دیگر؛ استفاده از فضاهای نیم‌باز و سایه برای پخت‌وپز؛ استقرار آشپزخانه در بخش شمالی ساختمان؛ تعبیه حیاط در بخش آشپزخانه؛ امکان ایجاد دیوارهای متحرک در آشپزخانه.
	کاهش تولید گرما حاصل از محیط و ساختمان 	ازدیاد فاصله بین ساختمان‌ها به‌منظور بیشترین حرکت هوا در پیرامون و داخل ساختمان‌ها؛ استفاده از پلان‌های باز برای فراهم نمودن تهویه مستمر فضای داخلی؛ استفاده از مصالح با ظرفیت حرارتی کم برای دیواره و سقف به‌منظور کاهش دمای تشعشعی؛ بالا بردن فضاهای زندگی از سطح زمین برای زندگی بهتر؛ از محوطه‌سازی که باعث پیدایش خرد اقلیم‌های بسیار گرم می‌شود باید پرهیز کرد؛

کاهش تشعشع‌های طول‌موج کوتاه و کاهش تشعشع‌های طول‌موج بلند	به حداقل رسانیدن تشعشع‌های طول‌موج کوتاه خورشید  	استفاده از سایبان برای جلوگیری از تابش، فراهم کردن تهویه و جلوگیری از تجمع گرما زیر سایبان؛ ایجاد سایه در بدنه‌هایی که در معرض تابش قرار می‌گیرند؛ ایجاد دیوارهای مشبک و بلند در پشت‌بام؛ ساختمان باید باهدف حذف تابش خورشید از فضاهای داخلی، ایجاد فضای باز در سایه و فراهم کردن تهویه در پیرامون و داخل ساختمان و تهویه فضای باز در محل قرار گیرد؛ مناسب‌ترین جهت‌گیری ساختمان به سمت حیاط‌های در سایه است.
	۲. جلوگیری از تولید طول‌موج بلند و انعکاس تابشی طول‌موج کوتاه  	زندگی در فضای باز به‌خصوص در فضای بام بسیار مناسب است؛ جلوگیری از ایجاد سطح‌های ساختمانی در نزدیک پنجره‌ها، سطح‌های آسفالتی منعکس- کننده آفتاب هستند و میزان زیادی دما تولید می‌کنند؛ پرهیز از تراکم ساختمانی بالا برای جلوگیری از تولید تابش انعکاسی از سطح‌ها به یکدیگر و نیز جلوگیری از تابش طول‌موج بلند؛ استفاده از رنگ‌های باز برای سطح‌های در معرض تابش؛ استفاده از مصالح با ظرفیت حرارتی بسیار پایین برای دیوارها، کف و سقف؛ ایجاد تهویه طبیعی در کف.
	۳. عایق سازی 	ایجاد سقف دوجداره با امکان تهویه طبیعی؛ عایق سازی سطوحی که در معرض تابش مستقیم خورشید هستند، دادن عایق در لایه نزدیک به ساختمان.
۳. کاهش انتقال انرژی	۱. جریان هوا در خارج ساختمان 	ایجاد جریان هوا روی سطح‌هایی خارجی که در معرض تابش خورشید هستند؛ استفاده نکردن از مصالح بنایی با ظرفیت حرارتی بالا در محوطه‌سازی حیاط و فضاهای باز.
	۲. جریان هوا در داخل ساختمان 	ایجاد سطح‌های بازشو بزرگ؛ ایجاد سقف با ارتفاع زیاد برای ایجاد تله حرارتی و احداث پنجره برای خروج آن.
۴. کاهش تبخیر	جلوگیری از پیدایش رطوبت 	استفاده نکردن از آب‌نما در فضای باز؛ استفاده نکردن از درختان پهن‌برگ در نزدیکی ساختمان؛ استفاده نکردن از پوشش انبوه گیاهی در نزدیکی ساختمان؛ طراحی ساختمان به‌گونه‌ای که بیشترین تهویه در بالا و زیر و داخل ساختمان ایجاد شود.

درواقع ریز شبکه‌ها مزایایی را برای شبکه‌ها به دنبال دارد مانند راندمان، کیفیت توان، توسعه اجتماعی و ... که در جدول(۲) با توجه به مشتریان و شرکت‌های توزیع این مزایا بیان‌شده‌اند. همچنین برخی مزایای تکمیلی عبارت‌اند از:

- افزایش امنیت؛
- راندمان بالاتر سیستم؛
- بهبود قابلیت اطمینان سیستم و مشتریان؛
- توسعه و مجتمع سازی فنّاوری‌های سبز؛
- کاهش در هزینه‌های انرژی و مدیریت تغییرات قیمت.



شکل ۴. شمایی از ریز شبکه به همراه زیرساخت‌های آن (جدید و ذکریازاده، ۱۳۹۱)

به علت آنکه اقتصاد اولین هدف در توسعه ریز شبکه‌ها بوده است، بنابراین می‌توان در بررسی‌ها تنها جنبه اقتصادی را در نظر داشت هرچند جنبه‌های دیگری چون فنی، اثرات مثبت زیست‌محیطی و مزایای اقتصادی آن و ... نیز از اهداف ریز شبکه‌ها به شمار می‌آیند. در همین راستا و با توجه به مزایا و الزامات استفاده از منابع تولید پراکنده در شهر هوشمند و همچنین ویژگی‌های محیطی و اقلیمی شهر بوشهر، منطقه‌ای از این شهر را به‌منظور طراحی سیستم تولید برق و حرارت انتخاب کرده و با فرض عدم اتصال این منطقه به شبکه سراسری برق، تعداد، نوع و میزان منابع تولید پراکنده، تجهیزات ذخیره انرژی و سوخت استخراج خواهد شد. در همین راستا و به‌منظور تحلیل و طراحی این سیستم، میزان مصرف انرژی الکتریکی و حرارتی در این منطقه، سرعت باد در طول شبانه‌روز، میزان تابش خوشید و دما و دیگر پارامترهای موردنیاز مانند هزینه‌های سرمایه‌گذاری، بهره‌برداری، نرخ بهره، طول عمر تجهیزات، مدل‌ها و سازنده‌های این تجهیزات و نمونه‌های موجود در بازار و دیگر پارامترها از منابعی چون سازمان بهره‌وری انرژی ایران (سابا)، سازمان ناسا در آمریکا، کاتالوگ‌ها و دیتاشیت‌های این تجهیزات، بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران، شرکت توانیر و .... استخراج شده است. تمامی این پارامترها و اطلاعات اولیه برای طراحی سیستم، به نرم‌افزار هومر[1] داده‌شده و نتایج طراحی در زیر آمده است (مسائلی و همکاران، ۱۳۸۸- سیگر، ۲۰۰۰)[2].

نتایج شبیه‌سازی

پیش از بررسی نتایج ناشی از شبیه‌سازی، واضح است که استفاده از پانل‌های خورشیدی و میکرو توربین بادی و ... به علت هزینه سرمایه‌گذاری بالا به‌هیچ‌عنوان اقتصادی نخواهند بود. قابل توجه است که به منظور شبیه‌سازی و طراحی شبکه هوشمند انرژی، اطلاعاتی نظیر شدت تابش نور خورشید برای تمام طول سال در شکل(۵) آمده است. همچنین اطلاعات مربوط سرعت وزش باد در ارتفاع هجده متری (ارتفاع متوسط شهر بوشهر از سطح دریا) در شکل(۶) ارائه شده است. با در نظر گرفتن این اطلاعات به همراه هزینه‌های تولید انرژی از منابع مختلف تجدید پذیر در کنار این داده‌ها، خروجی‌های نرم افزار با تحلیل آن‌ها در ادامه آمده است. از همین رو در بررسی اولین نتیجه از شبیه‌سازی، اقتصادی‌ترین طرح پیشنهادی و هزینه‌های سرمایه‌گذاری و بهره‌برداری از طرح پیشنهادی به همراه میزان تولید آلاینده‌ها در طول سال آمده است. در جدول(۳) هزینه‌های سرمایه‌گذاری و بهره‌برداری اقتصادی‌ترین طرح برای این منطقه آمده است. همان‌طور که انتظار داشتیم تنها دیزل ژنراتور و باتری برای تغذیه منازل طراحی‌شده است. در جدول(۴) نیز مقادیر تولید گازهای مهم آلاینده هوا آمده است. اما در مرحله دوم بررسی طرح‌های پیشنهادی، فرض اقتصادی بودن طرح را کنار گذاشته و شرط استفاده از منابع تولید پراکنده پیشنهادی را بررسی می‌کنیم. در ادامه نتایجی از شبیه‌سازی را ارائه می‌دهیم که در آن از تمامی منابع تولید پراکنده پیشنهادی مانند پانل خورشیدی، توربین بادی، دیزل ژنراتور و ... استفاده‌شده است. در شکل(۷) مقدار استفاده از این منابع تولید پراکنده در سیستم طراحی‌شده آمده است. شکل (۷) نشان می‌دهد که از پانل خورشیدی در این سیستم ۱۴٫۳۴درصد، از

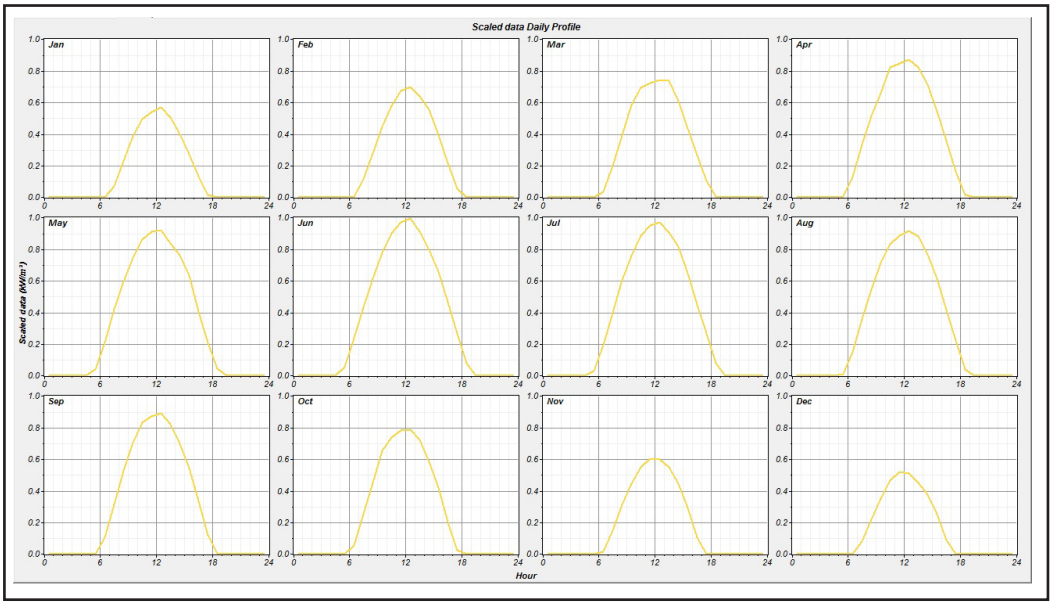
1. Hybrid Optimization Model for Electric Renewables
2. CIGRE

میکرو توربین بادی ۰٫۷۹درصد و از ژنراتور نیز مقدار ۸۴٫۸۶درصد در تأمین انرژی الکتریکی و حرارتی سیستم در طول یک سال استفاده‌شده است، درحالی‌که در اقتصادی‌ترین طراحی ۱۰۰درصد کل انرژی توسط ژنراتور تأمین می‌شد.

همچنین در طرح دوم به میزان ۸۱۱۹ساعت از طول سال از ژنراتور، از پانل خورشیدی ۱۵کیلوواتی با سطح نفوذ ۱۴٫۹۸درصد، میکرو توربین ۳کیلوواتی به مقدار نه کیلووات با ۳۹۱۳ساعت تولید در طول سال و نفوذ ۰٫۸۳درصد استفاده‌شده است. طرح دوم با هزینه کل ۵۰۶۹۵۷۹دلار به دست خواهد آمد. در شکل (۸) نیز مقایسه‌ای میان میزان بار الکتریکی جریان متناوب، میزان تولید پانل خورشیدی، توربین بادی، دیزل ژنراتور و بار حرارتی برای ماه ژوئن آمده است.

ماه	پارامتر	جهت باد غالب	سرعت باد غالب (بر حسب $\frac{m}{s}$)	درصد باد غالب	درصد باد آرام
دي	Jan	شمال غربي	4.2	31.6	21.5
بهمن	Feb	شمال غربي	4.4	34.7	20
اسفند	Mar	شمال غربي	4.6	32	18.7
فروردين	Apr	شمال غربي	4.4	27	20.3
ارديبهشت	May	شمال غربي	4.7	36	15.6
خرداد	Jun	شمال غربي	5	37.1	15.9
تير	Jul	غربي	4.4	27.4	22.4
مرداد	Aug	غربي	4	24.5	26.1
شهريور	Sep	غربي	4	20.9	31.2
مهر	Oct	شمال غربي	3.8	22.8	29.7
آبان	Nov	شمال غربي	4.4	28.3	25.7
آذر	Dec	شمال غربي	4	30.1	24
ساليانه	ANN	شمال غربي	4.4	28.4	22.6

شکل ۵: اطلاعات مربوط به شدت تابش خورشید در طول سال در منطقه بوشهر



شکل ۶: اطلاعات سرعت باد با توجه به داده‌های چهل‌ساله شهر بوشهر (سیوف‌جهرمی، مریم و همکاران، ۱۳۸۵)

جدول۲ : مزایای منابع تولید پراکنده (جدید و ذکریازاده، ۱۳۹۱)

مزایا برای مشتریان	مزایا برای شرکت‌های برق
کاهش وقفه‌ها	کاهش خطا
هزینه انرژی کمتر	کاهش تلفات
افزایش کیفیت توان	بهبود پروفیل ولتاژ
افزایش قابلیت اطمینان	افزایش ظرفیت سیستم
کاهش گازهای گلخانه‌ای	فراهم کردن کنترل توان راکتیو
مصرف انرژی باراندمان بالاتر	بهبود ارتباط میان مشتری و شرکت برق
تشویق به استفاده از انرژی‌های تجدید پذیر	کاهش سرمایه‌گذاری برای توسعه سیستم

جدول۳، اقتصادی‌ترین طرح برای سیستم جدا از شبکه برق سراسری (نویسندگان مقاله)

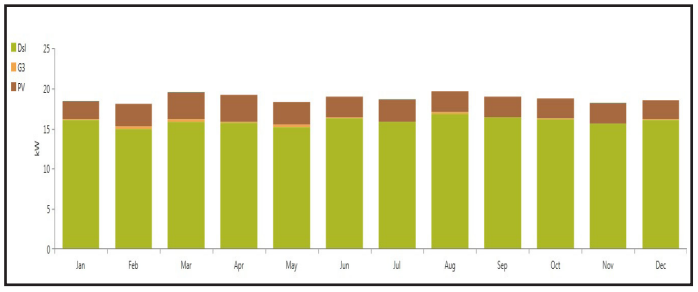
Top of Form Bottom of Form تجهیز	سرمایه‌گذاری ($)	جایگزینی ($)	تعمیر و نگهداری ($)	سوخت ($)	هزینه کل ($) Bottom of Form
Top of Form DieselBottom of Form	۲۶/۳۷۲	۸/۴۲۳	۴/۸۷۴	۱۱/۲۴۸	۵۰/۹۱۸
DGs	۴/۱۱۶	۸۶۸	۱/۰۰۰	۰	۵/۹۸۳
Converter	۱/۶۷۳	۱۴۸	۱۲۰	۰	۱/۹۴۰
Other	۵۶۲	۰	۰	۰	۵۶۲
System	۳۵/۹۵۴	۹/۶۳۵	۵/۹۹۴	۱۲/۴۰۹	۶۳/۹۹۳

جدول۴: مقادیر تولیدشده از گازهای آلاینده مهم در طرح اول (نویسندگان مقاله)

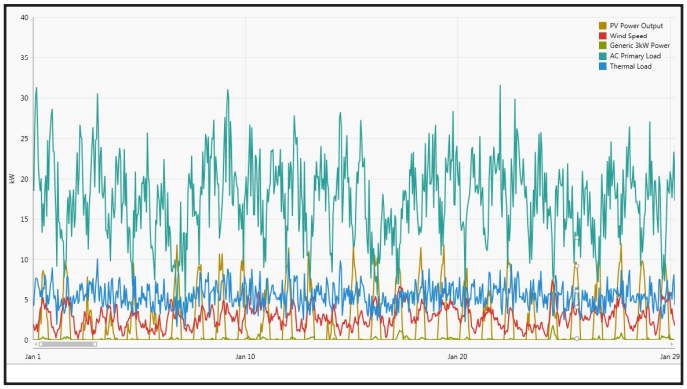
آلاینده	دی‌اکسید کربن	مونوکسید کربن	هیدروکربن سوخته نشده	اکسید نیتروژن	دی‌اکسید سولفور	برخی از دیگر مواد
مقدار آلایندگی (kg/year)	۱۶۳,۴۵۵	۳۶۶	۴۰	۳,۲۶۲	۳۲۹	۲۸

نتیجه‌گیری

در این مقاله تلاش شد تا با انجام این مطالعه و بررسی شهر نمونه بوشهر، مسئله بازطراحی و ایجاد شبکه هوشمند انرژی پس از وقوع سوانح و رخدادهای طبیعی توضیح داده شود. ازجمله محدودیت‌هایی که ما در این مطالعه داشتیم، در اختیار نداشتن اطلاعات ریز و تخصصی از شرایط اقلیمی منطقه موردمطالعه بود که توانستیم برخی از اطلاعات اصلی را از منابعی چون ناسا و غیره به دست آوریم. با توجه به مشکلاتی از قبیل کاهش منابع در دسترس، افزایش ترافیک شهری، افزایش نرخ شهرنشینی که جامعه بشری را در دنیای مدرن امروزی تهدید می‌کند، حرکت به‌سوی شهرهای هوشمند، به الزامی جدی تبدیل‌شده است. باید به این نکته نیز توجه داشت که در زمان بازسازی که شرایط مساعدی برای ایجاد برنامه‌های توسعه فراهم می‌شود، می‌توان احداث تمامی شهرها را به‌سوی هوشمند شدن سوق داد. در این راستا هوشمندی شهرها با به‌کارگیری سامانه‌های هوشمند برای کاربردهای زیست‌محیطی و سکونتی میسر می‌گردد. یک شهر هوشمند منافع ساکنین و مدیران شهری را به بهترین نحو تأمین می‌کند و درعین‌حال اثرات سوء بر محیط‌زیست و اقتصاد را به‌طور عام به کمترین حد خود می‌رساند. درواقع، یک شهر هوشمند درعین حفظ سبک زندگی شهری، سعی می کند در کنترلی مؤثر بر افزایش اقتصادی پایدار، سازگار با محیط‌زیست و قابل ارتجاع داشته باشد. باید در نظر داشت که یکی از عوامل سازنده شهرهای هوشمند ساختمان‌های هوشمند هستند.



شکل۷: مقایسه مقدار استفاده از هر یک از منابع تولید پراکنده در طول سال (نویسندگان مقاله)



شکل۸. مقایسه میان بار الکتریکی، حرارتی و تولیدات پراکنده در سیستم طراحی‌شده (نویسندگان مقاله)

طراحی و ساخت خانه‌ها پس از سانحه و یا پیش از آن در شهر هوشمند، باید با رویکرد پایداری همراه باشد تا بتواند در راستای تعامل با طبیعت، نیازهای ساکنین را نیز تأمین نماید. طراحی و ساخت خانه‌های سبز و سازگار با

محیط‌زیست مسئله‌ای است که در این مقوله جهت ارتقاء مناسب ساختمان‌ها موردنظر است. همچنین ساخت و نصب مولدهای انرژی تجدید پذیر و استفاده آن‌ها جهت مصارف مختلف در ساختمان از نکات مهم این حوزه است. درنتیجه باید عنوان کرد که استفاده از منابع تولید پراکنده شاید ازنظر اقتصادی به‌صرفه نباشد، اما یکی از راه‌کارهای حل مشکلات بشر در آینده است و مزایای فراوان آن‌ها توجیه‌گر تصمیمات اکثر کشورها در استفاده بهینه و حداکثری از این منابع است. در این مقاله، با در نظر داشتن یک رویداد طبیعی مخرب در شهر بوشهر، فرض شده است که زیرساخت‌های شهری ازجمله شبکه برق فروپاشیده شده است. بنابراین با طراحی یک شبکه هوشمند برق که اکثر انرژی مصرفی را از منابع تجدید پذیر انرژی تأمین می‌نماید، سعی شده است به مدیریت بحران پرداخته شود. طوری که اگر در آینده، حادثه مشابهی رخ داد که باعث شبکه برق دوباره دچار چالش شود، این بار میزان قطعی برق به حداقل برسد و همچنین بتوان سریع شبکه برق را راه‌اندازی کرد تا خسارات به حداقل برسد. ازآنجاکه هزینه تولید برق توسط پانل‌های خورشیدی و توربین‌های بادی بسیار زیاد است و اقتصادی‌ترین نوع تأمین انرژی، همان تولید از طریق سوخت‌های فسیلی و توربین‌های گازی است، اما باید خاطرنشان ساخت که در این شرایط می‌توان حداقل ۱۵درصد از انرژی کل شهر بوشهر را توسط پانل‌های خورشیدی تولید کرد زیرا بادهایی که از سوی دریا به سمت شهر می‌آیند، توانایی تولید انرژی زیادی را ندارند. با این شرایط اگر بخواهیم یک شبکه برق ایمن را داشته باشیم که پس از وقوع بلایای طبیعی سریع انرژی شهر را تأمین کند، باید توجه داشت که هزینه‌بر است و بهترین پیشنهاد همان تولید انرژی الکتریکی به‌وسیله پانل‌های خورشیدی است. در انتها پیشنهاد می‌شود هرگونه مطالعه درزمینه بازسازی پس از سوانح انجام می‌گیرد، در کنار آن، مطالعات تخصصی در خصوص شبکه برق آن منطقه و تأثیر آن بر عملکرد مردم، شهر و سایر بخش‌های شهری را ارزیابی کنند و در ادامه، هرگاه بازسازی هر منطقه پس از وقوع سوانح شروع شد، یکی از اولویت‌های کاری را، بازسازی شبکه برق آن منطقه قرار دهند طوری در آینده بتوان یک شبکه برق پایدار داشت که آن‌قدر در برابر وقوع سوانح ضعیف و آسیب‌پذیر نباشد و بتواند از قابلیت اطمینان بالاتری برخوردار باشد. به منظور مقایسه، مقاله مشابهی در این زمینه یافت نشده است.

منابع

منابع فارسی:

آیسان، یاسمن؛ دیویس، یان(۱۳۸۵). معماری و برنامه‌ریزی بازسازی(علیرضا فلاحی، مترجم). تهران: انتشارات دانشگاه شهید بهشتی.

بیرودیان، نادر (۱۳۸۵) .مدیریت بحران اصول و ایمنی در حوادث غیرمنتظره، انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد

جدید، شهرام؛ ذکریا زاده، علیرضا (۱۳۹۱). شبکه‌های توزیع هوشمند. انتشارات دانشگاه علم و صنعت، چاپ اول.باز یابی از:
http://www.iust.ac.ir/find.php?item=10.740.26810.fa

سیوف‌جهرمی، مریم؛ صداقت‌کردار، عبدالله؛ حسن‌زاد، اسماعیل (۱۳۸۵). شبیه‌سازی نسیم دریا/خشکی در بوشهر و حومه آن. ششمین همایش پیش بینی عددی وضع هوا باز یابی از
http://www.civilica.com/Paper-NWP06-NWP06_013.html

شرکت توزیع نیروی برق هرمزگان. (۱۳۹۲).گزارش سوم از مجموعه گزارش‌های تدوین نقشه راه هوشمند سازی شبکه برق جزیره هرمز.

فرجی، جلال (۱۳۹۳). مدل‌سازی منابع تولید پراکنده برای یک خانه انرژی صفر(پایان‌نامه کارشناسی ارشد) دانشکده مهندسی برق، دانشگاه شهید بهشتی تهران،.

فلاحی، علیرضا (۱۳۸۶). معماری سکونتگاه‌های موقت پس از سوانح، تهران: انتشارات دانشگاه شهید بهشتی. باز یابی از
http://unipress.sbu.ac.ir/node/99

کسمایی، مرتضی (۱۳۸۲). اقلیم و معماری، انتشارات خاک، اصفهان باز یابی از.http://www.arvin-bookstore.com/-/5929--.html

مسائلی، مریم؛ محمد جوادیان، سید علی؛ حقی فام، محمود رضا(۱۳۸۸). ارزیابی منافع زیست‌محیطی منابع تولید پراکنده و مقایسه هزینه تولید آن‌ها با نیروگاه‌های حرارتی با در نظر گرفتن تأثیر آلودگی تولیدی بر سلامتی انسان. بیست وچهارمین دوره کنفرانس PSC، پژوهشگاه نیرو، تهران. باز یابی از
http://www.pogc.ir/Portals/0/maghalat/890728-7.pdf

معماریان، غلامحسین (۱۳۸۴). سیری در مبانی نظری معماری، تهران: نشر سروش دانش. باز یابی از
http://iranwiki.net/detail/763942/article/1

مفیدی شمیرانی، سید مجید (۱۳۸۸) جزوه درس اقلیم و معماری دوره دکتری،

دانشکده هنر و معماری، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران، تهران

مهدوی نژاد، محمدجواد؛ بمانیان، محمدرضا؛ مطور، سها (زمستان ۱۳۹۱). تخمین کارایی کانال‌های انتقال نور افقی در ساختمان‌های عمیق. نشریه هنرهای زیبا، معماری و شهرسازی، ۱۷(۴). باز یابی از https://jfaup.ut.ac.ir/article_36364_46e090743d6bf863e2242d4e26acdd5.pdf

نیکقدم، نیلوفر (۱۳۹۱) الگوهای اقلیمی برای فضاهای عملکردی مسکن در اقلیم گرم و مرطوب ایران(رساله دکتری) دانشکده هنر و معماری، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران، تهران.

منابع انگلیسی:

Celli, G., Ghiani, E., Mocci, S., & Pilo, F. (2006). "A multi-objective approach to maximize the penetration of distributed generation in distribution networks", in Proc. 9th Int. Conf. on Probabilistic Methods Applied to Power Systems (PMAPS), pp. 1-6. Retrieved from: DOI: 10.1109/PMAPS.2006.360270

CIGRE, (2000) Technical Brochure on Modeling New Forms of Generation and Storage, November .Retrieved from: http://fglongatt.org/OLD/Archivos/Archivos/SistGD/CIGRE-TF-380110.pdf

Geertz, Clifford (1993). Local Knowledge, London: Fontana Press. Retrieved from: http://capitadiscovery.co.uk/roehampton/items?query=author%3A%28Geertz%2C+Clifford%29

Givoni, B (1998), Climate Consideration in Building and Urban Design, Van Nostrand Reinhold, New York. Retrieved from: http://www.ebanque-pdf.com/fr_climate-considerations-in-building-and-urban-design.html

Hopwood, Bill., Mary, Mellor., & Geoff, O'Brien. (2005). Sustainable Development: Mapping Different Approaches, John Wiley & Sons, Ltd and ERP Environment. Retrieved from: http://nrl.northumbria.ac.uk/9387/1/Mapping_Sustainable_Development.pdf

Hyde, R (2000), Climate Responsive Design: a Study of Buildings in Moderate and Hot Humid Climates, Taylor & Francis Retrieved from:. http://samples.sainsburysebooks.co.uk/9781136743252_sample_837476.pdf

Mack, R.(2012). Building Birmingham's Roadmap for a Smart City. Birmingham. Retrieved from: https://birminghamsmartcity.files.wordpress.com/2014/03/birmingham_smart_city_roadmap_03_03_20141.pdf

NREL, (2004). [Online]. Retrieved from:: http://www.nrel.gov.

Raymond,C.,Lorch, R. (2004). Buildings, Culture & Environment: Informing Local and Global Practice, Taylor & Francis Group. Retrieved from: http://eu.wiley.com/WileyCDA/WileyTitle/productCd-1405100044.html

Salmon, Cleveland (1999), Architectural Design for Tropical Regions, JOHN WILEY & SONS, New York. http://www.gbv.de/dms/bs/toc/248272624.pdf

WGSC, 2004. Working Group for Sustainable Construction, Working Group Sustainable Construction Methods and Techniques Final Report. Retrieved from:. http://www.etn-presco.net/library/SustConst_EC-TaskGroup.pdf