

proceeding of
1st International Conference on Building
Energy Management & BEMS Technologies
21 June 2018



مدیریت انرژی در ساختمان و فناوری های مرتبط
(خلاصه مقالات نخستین همایش بین المللی)

۳۱ خرداد ۱۳۹۷

دبیرخانه دائمی مدیریت انرژی در ساختمان و فناوری های مرتبط





سرشناسه: همایش بین‌المللی مدیریت انرژی در ساختمان و فناوری‌های مرتبط (نخستین : ۱۳۹۷ : تهران)
International Conference On Building Energy Management and BEMS Techno-
(ogies (1st : 2018 : Tehran

عنوان و نام پدیدآور: مدیریت انرژی در ساختمان و فناوری‌های مرتبط (خلاصه مقالات نخستین همایش
بین‌المللی / ۳۱ خرداد ۱۳۹۷)

گردآورندگان زهرا برزگر، شیما پورشاهید؛ زیر نظر کمیسیون انرژی و محیط‌زیست سازمان نظام مهندسی
ساختمان استان تهران؛ ویراستار علمی حیدر جهان‌بخش؛ ویراستار فنی زهرا شیرمحمدلو.

مشخصات نشر: تهران: نشر هنر و علوم دانشگاهی، ۱۳۹۷.

مشخصات ظاهری: ۵۰ ص؛ ۵/۱۴ × ۵/۲۱ س.م.

شابک: ۹۸۲۸۷-۴-۶-۹۸۲۸۷-۶۰۰-۹۷۸-۴۰۰۰۰۰ ریال

وضعیت فهرست نویسی: فیپا

موضوع: ساختمان‌ها -- ایران -- صرفه‌جویی در انرژی -- کنگره‌ها

موضوع: Buildings -- Energy conservation -- Iran -- Congresses

موضوع: انرژی -- استفاده بهینه -- ایران -- کنگره‌ها

موضوع: Force and energy -- *Optimization -- Iran -- Congresses

شناسه افزوده: برزگر، زهرا، ۱۳۵۷ -

شناسه افزوده: پورشاهید، شیما، ۱۳۶۵ -

شناسه افزوده: جهان‌بخش، حیدر، ۱۳۴۵ -، ویراستار

شناسه افزوده: شیرمحمدلو، زهرا، ۱۳۵۹ -

شناسه افزوده: سازمان نظام مهندسی ساختمان استان تهران. کمیسیون انرژی و محیط زیست

رده بندی کنگره: TJJ۱۶۳/۵/۵۸ ۱۳۹۷

رده بندی دیویی: ۷۹۶/۰۹۵۵

شماره کتابشناسی ملی: ۵۳۰۴۲۰۲

رئیس علمی همایش: دکتر سید مجید مفیدی شمیرانی

صفحه آرای و طراحی جلد: امیرحسین یوسفی

شمارگان: ۱۰۰۰ جلد

ناشر: نشر هنر و علوم دانشگاهی

ناظر چاپ: علی عبدی

این اثر مشمول قانون حمایت مولفان و مصنفان و هنرمندان ۱۳۴۸ است، چنانچه تمام یا قسمتی از این
اثر را بدون اجازه ناشر و مولف، نشر یا پخش یا عرضه کند مورد پیگرد قانونی قرار خواهد گرفت.



نخستین همایش بین‌المللی
مدیریت انرژی در ساختمان و فناوری های مرتبط

تهران، خرداد ۱۳۹۷

دبیرخانه دائمی مدیریت انرژی در ساختمان و فناوری های مرتبط

پیشگفتار

از آنجا که بهبود وضعیت مصرف انرژی در ساختمان یکی از مهمترین چالش های پیش روی کشور است، اولین همایش بین المللی مدیریت انرژی در ساختمان و فناوری های مرتبط به همت کمیسیون انرژی و محیط زیست سازمان نظام مهندسی ساختمان استان تهران و شورای جهانی انرژی (کمیته ملی انرژی جمهوری اسلامی ایران) و با حمایت سازمان ها و نهادهای علمی و اجرایی سی و یکم خرداد ماه سال جاری در پژوهشگاه نیرو برگزار گردید. برگزاری پنل تخصصی اجرایی، کارگاه های آموزشی، معرفی مصالح و تکنیک های اجرایی روز دنیا و نمایشگاه مصالح و فناوری های مرتبط و انرژی های تجدیدپذیر از جمله بخش های این همایش بود.

در این همایش محورهای مختلفی مورد بحث و تبادل نظر قرار گرفت که از آن جمله می توان به «جایگاه انرژی در گسترش بناهای پایدار»، «مصرف انرژی و آسایش حرارتی ساختمان»، «مدیریت و ممیزی انرژی در ساختمان (BEMS)»، «برنامه ریزی، طراحی و پیاده سازی ساختمان های هوشمند (BMS)»، «بررسی جایگاه ساختمان های بهینه انرژی و آرایه نمونه های اجرایشده»، «بهره وری انرژی در مرحله طراحی ساختمان (مدل سازی انرژی ساختمان)»، «مصالح و فناوری های نوین و نقش آن در ارتقای بهره وری انرژی و پایداری»، «فناوری های نوین و نقش آن در تاسیسات، سامانه های سرمایشی، گرمایشی و روشنایی»، «فرصت ها و تهدیدهای استفاده از فناوری های مرتبط با مدیریت انرژی (انرژی تجدیدپذیر)»، «انرژی نهفته و مدیریت آن در مصالح ساختمانی ممیزی و کاهش مصرف انرژی در ساختمان های موجود» و «رویکردها و راهکارهای مدیریت انرژی عملی و بهینه سازی مصرف انرژی در ساختمان های موجود و در حال ساخت» اشاره داشت.

نتایج این همایش را می توان چنین بیان نمود: ترویج فرهنگ بهینه سازی مصرف انرژی از طریق اصلاح الگوی مصرف و مدیریت انرژی در صنعت ساختمان، بررسی راهکارهای مهندسی برای بهبود وضعیت موجود در زمینه مدیریت مصرف انرژی در صنعت ساختمان، محیط زیست و تعیین صحیح معیارهای مصرف و برچسب های انرژی ساختمان ها، آگاه سازی مهندسان نسبت به انواع مصالح، فرآورده های ساختمانی، تجهیزات و سیستم های نوین ساختمانی در زمینه توسعه ساختمان های پایدار که از جمله راهکارهای نهادینه سازی مقوله صرفه جویی مصرف انرژی در ساختمان ها می باشد.

محورهای کنفرانس

- محورهای اولین کنفرانس بین المللی مدیریت انرژی در ساختمان و فناوری های مرتبط :
- جایگاه انرژی در گسترش بناهای پایدار
 - بررسی جایگاه ساختمانهای بهینه انرژی و ارائه نمونه های اجرا شده
 - مدیریت و ممیزی انرژی در ساختمان (BEMS)
 - انرژی نهفته مواد و مصالح ساختمانی و مدیریت آن
 - مصالح و فناوری های نوین و نقش آن در ارتقاء بهره وری انرژی و پایداری
 - فرصت ها و تهدیدهای استفاده از فناوری های مرتبط با مدیریت انرژی (انرژی تجدیدپذیر)
 - رویکردها و راهکارهای مدیریت انرژی عملی و بهینه سازی مصرف انرژی در ساختمان های در حال ساخت و موجود
 - بهره وری انرژی در مرحله طراحی ساختمان (مدل سازی انرژی ساختمان)
 - مصرف انرژی و آسایش حرارتی ساختمان
 - برنامه ریزی، طراحی و پیاده سازی ساختمانهای هوشمند (BMS)
 - فناوری های نوین و نقش آن در بهینه سازی مصرف انرژی در تأسیسات، سامانه های سرمایشی، گرمایشی و نور

کنفرانس با حمایت کمیسیون انرژی و محیط زیست سازمان نظام مهندسی ساختمان استان تهران برگزار گردید.

اسامی شورای سیاست گذاری

- دکتر حیدر جهانبخش (نظام مهندسی تهران)
- دکتر حامد مظاهریان (وزارت راه و شهرسازی)
- مهندس حبیب الله بیطرف (وزارت نفت)
- دکتر سعید صادق زاده (وزارت نیرو)
- دکتر حامد مانی فر (وزارت راه و شهرسازی)
- دکتر سورنا ستاری (معاون فناوری و رئیس جمهور)
- دکتر داوود منظور (کمیته ملی انرژی)
- مهندس فرج الله رجبی (نظام مهندسی کشور)
- مهندس احمد خرم (نظام مهندسی تهران)
- مهندس محمود مقدم (نظام مهندسی تهران)
- دکتر سید مجید مفیدی شمیرانی (دانشگاه علم و صنعت)
- مهندس سید محمد هاشمی (نظام مهندسی تهران)

کمیته اجرایی

- مهندس زهرا شیرمحمدلو (دبیر اجرایی)
- مهندس علی ابراهیم زاده (دبیر نمایشگاهی)

کمیته علمی کنفرانس

- ۱- دکتر وحید افشین مهر (عضو هیات علمی دانشگاه پیام نور)
- ۲- دکتر الهام امینی (عضو هیات علمی دانشگاه آزاد اسلامی)
- ۳- دکتر ابوالفضل اسدی (عضو هیات مدیره سازمان نظام مهندسی ساختمان یزد)
- ۴- دکتر ایرج اعتصام (استاد دانشگاه تهران)
- ۵- مهندس حسین اکبریان راد (عضو هیات مدیره سازمان نظام مهندسی ساختمان استان تهران)
- ۶- مهندس محمد پرورش (مدیر عامل شرکت آب و فاضلاب استان تهران)
- ۷- مهندس کامبیز تیموری (عضو هیات مدیره سازمان نظام مهندسی ساختمان استان تهران)
- ۸- دکتر حیدر جهانبخش (عضو هیات علمی دانشگاه، رئیس همایش)
- ۹- دکتر محمدتقی حریری (عضو هیات علمی دانشگاه تهران)
- ۱۰- دکتر سید مصطفی حسینی پور (عضو هیات علمی دانشگاه علم و صنعت ایران)
- ۱۱- دکتر شاهین حیدری (عضو هیات علمی دانشگاه تهران)
- ۱۲- دکتر جمال خداکرمی (عضو هیات علمی دانشگاه ایلام)
- ۱۳- دکتر محمد خزاعی (معاون وزیر اقتصاد)
- ۱۴- مهندس الهه رادمهر (عضو هیات مدیره سازمان نظام مهندسی ساختمان استان تهران)
- ۱۵- دکتر مهدی روانشادنیا (عضو هیات علمی دانشگاه آزاد اسلامی و عضو هیات مدیره سازمان نظام مهندسی ساختمان استان تهران)
- ۱۶- دکتر مهدی زندیه (عضو هیات علمی دانشگاه بین المللی امام خمینی)
- ۱۷- دکتر فرزانه سفلیایی (استاد مدعو دانشگاه استونگر نروژ)
- ۱۸- مهندس محمدرضا سلطان دوست (استاد مدعو دانشگاه تهران)
- ۱۹- دکتر مجید سلطانی (استاد مدعو دانشگاه واترلو کانادا، عضو هیات علمی دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی)
- ۲۰- کسل شال هازه (عضو هیات علمی موسسه دنا آلمان) Deutsche Energie (Agentur)
- ۲۱- دکتر حمزه شکیب (عضو هیات علمی دانشگاه تربیت مدرس)
- ۲۲- دکتر علی شمس اردکانی (رئیس کمیسیون انرژی، صنایع پالایشی و پتروشیمی)
- ۲۳- دکتر عفت السادات شهریاری (عضو هیات علمی موسسه دنا آلمان) Deutsche Energie (Agentur)
- ۲۴- دکتر کورش شوری (دبیر کل کمیسیون انجمن های علمی ایران)
- ۲۵- دکتر اصغر شیرازپور (عضو کمیسیون انرژی، مصالح استاندارد و محیط زیست شورای مرکزی نظام مهندسی ساختمان کشور)
- ۲۶- دکتر سعید صادق زاده (معاون وزیر نیرو)

- ۲۷- دکتر سید علی صدر واقفی (عضو هیات علمی دانشگاه آزاد اسلامی)
- ۲۸- دکتر سید علی اکبر صفوی (عضو هیات علمی دانشگاه شیراز)
- ۲۹- دکتر هانیه صنایعیان (عضو هیات علمی دانشگاه علم و صنعت ایران)
- ۳۰- دکتر منصوره طاهباز (عضو هیات علمی دانشگاه شهید بهشتی)
- ۳۱- مهندس احمد رضا طاهری اصل (عضو هیات مدیره سازمان نظام مهندسی ساختمان و رئیس کمیسیون انرژی، مصالح استاندارد و محیط زیست شورای مرکزی نظام مهندسی ساختمان کشور)
- ۳۲- دکتر علی عمرانی پور (عضو هیات علمی دانشگاه کاشان)
- ۳۳- دکتر مهسا فلاح نیا (عضو هیات علمی دانشگاه هنر تهران)
- ۳۴- دکتر ریما فیاض (عضو هیات علمی دانشگاه هنر تهران)
- ۳۵- دکتر سید فرید قادری (عضو هیات علمی دانشگاه تهران)
- ۳۶- دکتر وحید قبادیان (عضو هیات علمی دانشگاه آزاد اسلامی)
- ۳۷- دکتر مهرنوش قدسی (عضو هیات علمی دانشگاه آزاد اسلامی)
- ۳۸- دکتر زهرا قیابکلو (عضو هیات علمی دانشگاه تهران)
- ۳۹- دکتر خشایار کاشانی جو (عضو هیات علمی دانشگاه آزاد اسلامی)
- ۴۰- دکتر حدیثه کامران کسمایی (عضو هیات علمی دانشگاه آزاد اسلامی)
- ۴۱- دکتر ماریا کرد جمشیدی (عضو هیات علمی دانشگاه مازندران)
- ۴۲- مهندس رامین کرمی (عضو هیات مدیره سازمان نظام مهندسی ساختمان استان تهران)
- ۴۳- دکتر محسن گیتی زاده (عضو هیات علمی دانشگاه صنعتی شیراز)
- ۴۴- دکتر بهروز محمد کاری (عضو هیات علمی و رئیس بخش انرژی مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی)
- ۴۵- پروفسور جعفر محمودی (استاد دانشگاه استونگر نروژ)
- ۴۶- دکتر مهناز محمودی زرنندی (عضو هیات علمی دانشگاه آزاد اسلامی)
- ۴۷- دکتر حسین مدی (عضو هیات علمی دانشگاه بین المللی امام خمینی)
- ۴۸- دکتر سید مجید مفیدی شمیرانی (عضو هیات علمی دانشگاه علم و صنعت ایران، رئیس علمی همایش)
- ۴۹- دکتر کاظم مندگاری (عضو هیات علمی دانشگاه یزد)
- ۵۰- دکتر لیلا موسوی (استاد مدعو دانشگاه یزد)
- ۵۱- دکتر محمدجواد مهدوی نژاد (عضو هیات علمی دانشگاه تربیت مدرس)
- ۵۲- دکتر مجتبی مهدوی نیا (عضو هیات علمی دانشگاه هنر تهران)
- ۵۳- دکتر طاهره نصر (عضو هیات علمی دانشگاه آزاد اسلامی و عضو شورای مرکزی سازمان نظام مهندسی ساختمان کشور)
- ۵۴- دکتر نازنین نصراللهی (عضو هیات علمی دانشگاه ایلام)
- ۵۵- دکتر نیلوفر نیک قدم (عضو هیات علمی دانشگاه آزاد اسلامی)
- ۵۶- دکتر حمید یزدانی (عضو هیات علمی دانشگاه آزاد اسلامی)

- ۵۷- دکتر منصور یگانه (عضو هیات علمی دانشگاه تربیت مدرس)
 ۵۷- مهندس شمس نوبخت دودران (عضو هیات علمی دانشگاه علم و صنعت ایران)

کمیته داوری همایش

- ۱- دکتر الهام امینی (عضو هیات علمی دانشگاه آزاد اسلامی)
- ۲- مهندس حمیدرضا ایزدی (استاد مدعو دانشگاه معماری پارس)
- ۳- دکتر بهنود برمیه ور (عضو هیات علمی دانشگاه هنر تهران)
- ۴- دکتر شیما پورشاهید (استاد مدعو دانشگاه آزاد اسلامی)
- ۵- مهندس علی پورمند (استاد مدعو دانشگاه آزاد اسلامی)
- ۶- دکتر منصوره طاهباز (عضو هیات علمی دانشگاه شهید بهشتی)
- ۷- دکتر زهرا برزگر (عضو کمیسیون انرژی، مصالح استاندارد و محیط‌زیست شورای مرکزی نظام مهندسی ساختمان)
- ۸- دکتر فرشید جنابی (مشاور سازمان نظام مهندسی ساختمان استان تهران)
- ۹- دکتر جمال خداکرمی (عضو هیات علمی دانشگاه ایلام)
- ۱۰- مهندس فرشاد سرایی (مدرس مدعو دانشگاه)
- ۱۱- دکتر اشکان شادکام (استاد مدعو دانشگاه British Columbia ونکوور کانادا)
- ۱۲- دکتر علی شهبانی نژاد (مدیر داخلی دوفصلنامه معماری اقلیم گرم و خشک)
- ۱۳- دکتر هانیه صنایعیان (عضو هیات علمی دانشگاه علم و صنعت ایران)
- ۱۴- دکتر اسماعیل ضرغامی (عضو هیات علمی دانشگاه شهید رجایی تهران)
- ۱۵- دکتر سعید فرمهین فراهانی (عضو هیات علمی دانشگاه آزاد اسلامی)
- ۱۶- مهندس مهیار فرنی (عضو هیات مدیره سازمان نظام مهندسی ساختمان استان تهران)
- ۱۷- دکتر هادی قدوسی فر (عضو هیات علمی دانشگاه آزاد اسلامی)
- ۱۸- دکتر زهرا قیابکلو (عضو هیات علمی دانشگاه تهران)
- ۱۹- مهندس محمد محمدی نژاد (عضو کمیسیون انرژی، مصالح استاندارد و محیط‌زیست شورای مرکزی نظام مهندسی ساختمان کشور)
- ۲۰- دکتر حسین مدی (عضو هیات علمی دانشگاه بین‌المللی امام خمینی)
- ۲۱- دکتر فاطمه السادات موسوی (عضو کارگروه انرژی سازمان نظام مهندسی ساختمان استان تهران)
- ۲۲- دکتر مجتبی مهدوی نیا (عضو هیات علمی دانشگاه هنر تهران)
- ۲۳- دکتر طاهره نصر (عضو هیات علمی دانشگاه آزاد اسلامی)
- ۲۴- دکتر نیلوفر نیک قدم (عضو هیات علمی دانشگاه آزاد اسلامی)
- ۲۵- مهندس امیر نیک کار (مدرس مدعو دانشگاه آزاد اسلامی)
- ۲۶- دکتر رزا وکیلی نژاد (عضو هیات علمی دانشگاه شیراز)
- ۲۷- دکتر حمید یزدانی (عضو هیات علمی دانشگاه آزاد اسلامی)
- ۲۸- مهندس جابر نصیری (عضو هیات مدیره سازمان نظام مهندسی ساختمان تهران)
- ۲۹- مهندس ایرج معزی (عضو هیات مدیره سازمان نظام مهندسی ساختمان تهران)

فهرست مطالب

۱	ارزیابی تاثیر جداره های سبز بر کارایی حرارتی جبهه جنوبی ساختمان های اداری از نظر مصرف انرژی (شهر شیراز)
۹	تأثیر عایق کاری بام تخت بر میزان مصرف انرژی گرمایشی ساختمان (نمونه موردی اصفهان)
۱۸	تأثیر نسبت مساحت پنجره به دیوار در مصرف انرژی نمونه موردی ساختمان اداری در شیراز با نرم افزار گرس هایپر و هانی بی
۲۵	اندازه گیری عملکرد حرارتی دیوار خارجی دارای عایق آبروژلی هوشمند شبیه سازی شده در مقایسه با دیوار مشابه فاقد عایق
۴۶	آنالیز انرژی/اکسرژی و میزان کاهش انتشار CO ₂ در سیستم تولید همزمان با ابعاد کوچک قابل استفاده در ساختمان
۵۷	بررسی اقتصادی زیست محیطی استفاده از نیروگاه خورشیدی کوچک و مقایسه با روش CHP به منظور مدیریت تولید و مصرف انرژی در ساختمان های موجود مقیاس متوسط
۶۷	بررسی و امکان سنجی بهره گیری از انرژی خورشیدی در مجتمع های گردشگری (مطالعه موردی: منطقه برم دلك شیراز)
۸۱	کاربرد روش های مختلف ذخیره سازی حرارتی ساختمان در کنترل و جابجایی بار پیک به ساعات کم باری
۱۱۰	هوشمند سازی رادیاتور قرنیزی با قابلیت کنترل دمای هر زون، برنامه ریزی و تعریف سناریو
۱۱۷	توسعه بهینه سازی مصرف انرژی در جامعه با کمک دانشگاه های سبز
۱۱۸	بررسی آسایش حرارتی فضای باز در مدارس اقلیم گرم و خشک (نمونه موردی: مدارس شهرهای شیراز و زاهدان)
۱۱۹	مطالعات اقلیمی به منظور طراحی ساختمان صفرائرزی در بندرعباس
۱۲۰	بررسی راهکارهای طراحی معماری متکی بر روش های غیر فعال خورشیدی در جهت گرمایش ساختمان
۱۲۱	امکان سنجی فنی و اقتصادی استفاده از انرژی های نو (خورشیدی) در ساختمان های در حال بهره برداری
۱۲۲	رویکرد طراحی معماری در تغییرات اقلیمی پاسخی به گرمایش زمین
۱۲۳	امکان سنجی کاهش مصرف انرژی سرمایشی و گرمایشی یک ساختمان اداری با ارتفاع ۴ طبقه
۱۲۴	جنبه های صرفه جویی انرژی مدارس با رویکرد معماری سبز
۱۲۵	مقایسه تطبیقی معیارهای ارزیابی سرفصل انرژی در سامانه های رتبه بندی ساختمان ها؛ BREEAM, LEED, CASBEE و HQE
۱۲۶	نقش بام سبز بر کاهش آلودگی هوا در فصول سرد در شهر تهران
۱۲۷	انرژی نهفته ساختمان و مفهوم پایداری
۱۲۸	تأثیر پیش آمدگی لبه بام بر تهویه ساختمان
۱۲۹	نقش صندوق های ثروت در سرمایه گذاری در بخش فناوری های انرژی پاک با نگاهی به صندوق توسعه ملی ایران
۱۳۰	سیستم پنل های پیش ساخته سفالی پر شونده با گل در جهت تحقق اهداف معماری پایدار
۱۳۱	بررسی نقش مصالح نوین و قابل بازیافت در قیاس با مصالح بومی در توسعه شهری پایدار
۱۳۲	کارکرد استاندارد ستاره سبز در ایران (سیستم رتبه بندی ساختمان ها)
۱۳۳	معماری سبز الگویی از توسعه پایدار
۱۳۴	تامین آسایش انسان ساختمان ها بر پایه اصول معماری پایدار
	ژئوسنتتیک ها و نقش آنها در کاهش ترک های روسازی های آسفالتی شهری (مصرف بهینه

- ۱۳۵ سوخت و انرژی) (سوخت و انرژی)
رویکردهای شهرسازانه در جهت کاهش مصرف سوخت های فسیلی و تحقق توسعه پایدار
شهری
- ۱۳۶ بررسی ملزومات و اجزای معماری در گرمایش غیر فعال خورشیدی
- ۱۳۷ بهره وری انرژی در فضاهای آموزشی
- ۱۳۸
- ۱۶۰ Simulation of the impact of window overhang and thermal envelope office used for reducing conductivity on energy consumption of an building located in a hot and humid climate in Ahvaz, Iran
- ۱۸۰ Thermal Performance Investigation through the Residential Building Envelope's Shading Effect in a semi arid climate of Esfahan
- ۱۹۸ A new design of wind-catcher with an evaporative cooling pad

مدیریت انرژی در ساختمان ها، تضمینی برای حفظ منابع کشور، رفاه و آسایش شهروندان

امروزه جوامع بشری با چهار بحران بزرگ آب، انرژی، محیط زیست و تغییرات اقلیمی مواجه هستند که در این میان تغییرات اقلیمی ناشی از تخریب محیط زیست و آلودگی های ناشی از مصرف بیش از حد انرژی خود از مهم ترین عوامل تخریب محیط زیست می باشد. با توجه به قرار گرفتن کشور ایران در کمربند اصلی تغییرات اقلیمی و بحران کم آبی به عنوان یکی از اساسی ترین مسائل کشور، ضرورت استفاده بهینه از منابع طبیعی از جمله استفاده بهینه از آب و منابع آبی، کاهش مصرف سوخت های فسیلی و توسعه بهره گیری از منابع تجدید ناپذیر انرژی و بویژه بهره وری و بهینه سازی مصارف انرژی را ایجاب نموده و یک اصل و واقعیت مهمی است که باید در کلیه فرآیندها مورد توجه باشد.

هیأت وزیران در جلسه ۳۰ مهرماه ۹۶، با هدف صرفه جویی مصرف انرژی در ساختمان ها از طریق جهت گیری به سوی ارتقای بهره وری انرژی و کاهش آلاینده های زیست محیطی ساختمان ها، آیین نامه اجرایی صرفه جویی مصرف انرژی ساختمان را تصویب کرد. به موجب این آیین نامه، وزارت راه و شهرسازی موظف شد برای صرفه جویی در ساختمان های دولتی، حداکثر ظرف سه ماه نسبت به بازنگری مقررات ملی ساختمان به منظور ممیزی، تعیین رده انرژی و چگونگی تعبیه سامانه های کنترلی لازم با جهت گیری به سوی ساختمان سبز اقدام نماید.

در راستای این مصوبه ارزنده، اجرای ماده ۱۸ «قانون اصلاح الگوی مصرف» و اجرای قانون نظام مهندسی و کنترل ساختمان، آیین نامه های صرفه جویی مصرف انرژی در ساختمان ها را با جهت گیری به سوی ساختمان سبز و همچنین شهرسازی با الگوی یاد شده را ظرف یکسال بعد از تصویب آن باید توسط وزارت راه و شهرسازی تهیه و به تصویب هیأت وزیران برساند. علاوه بر آن لزوم تهیه آیین نامه های اجرایی شامل معیارها و مشخصات فنی مصرف انرژی ساختمان سبز حداکثر ظرف شش ماه پس از تصویب آیین نامه به گونه ای که تمامی ضوابط خاص در طراحی و ساخت از دیدگاه مدیریت انرژی و محیط زیست از جمله کاهش آلودگی و نیاز به کمترین حد انرژی های تجدید

- ناپذیر (فسیلی) در آنها لحاظ شده باشد .
 با تصویب و اجرای آیین نامه صرفه جویی مصرف انرژی در ساختمان ها اهداف ذیل تحقق خواهد داشت.
- کاهش مصرف انرژی در بخش ساختمان؛
 - اصلاح الگوی مصرف انرژی در بخش ساختمان؛
 - اصلاح الگوی رفتاری مصرف کننده در بخش ساختمان؛
 - افزایش بهره وری در بخش ساختمان و منابع تولید مصالح ساختمانی؛
 - اصلاح مباحث مقررات ملی ساختمان، ضوابط و دستورالعملهای موجود در جهت کاهش مصرف انرژی در بخش ساختمان؛
 - حرکت به سوی ساختمان سبز؛
 - حرکت به سمت و سوی ساخت ساختمانهای سبز و صفر انرژی و توجه به بازیافت مصالح ساختمانی ، انرژی و آب؛
 - اتخاذ رویکرد دورن زا و برون نگر در مدیریت انرژی ساختمان؛
 - اولویت دهی به بخش غیر دولتی به ویژه خصوصی در اجرا با تاکید بر حفظ نقش سیاست گذاری و نظارتی دولت؛
 - توجه به فناوریهای بومی در توسعه بهینه سازی انرژی ساختمان کشور؛
 - بهره گیری حداکثری از منابع انرژیهای تجدیدپذیر اعم از خورشیدی ،بیوگاز، زمین گرمایی و....؛
 - بهره گیری از مصالح بومی و اقلیمی و توجه به طراحی و بهره گیری از تجهیزات نوین سرمایشی و گرمایشی مطابق با شرایط اقلیمی؛
 - تغییر ساختار طراحی، نظارت و اجرای تاسیسات مکانیکی ساختمان مطابق با الگوی های نوین بهینه سازی مصرف انرژی و رشد استفاده از تجهیزات نوین اقلیمی؛
 - کاهش رشد مصرف انرژی و آلاینده های زیست محیطی مطابق با تعهدات ملی و بین المللی در بخش ساختمان کشور
- بی شک این اقدام دولت در تصویب آیین نامه اجرایی صرفه جویی مصرف انرژی در ساختمان ها، گام موثری در راستای صرفه جویی مصرف انرژی در ساختمان ها از طریق جهت گیری به سوی ساختمان سبز و ارتقای بهره وری انرژی و کاهش آلاینده زیست محیطی است. اما دستیابی به این مهم در گرو تعامل، همکاری، تعاون همه دستگاه ها و نهادهای ذیربط از جمله وزارت راه و شهرسازی، وزارت نیرو، وزارت نفت، وزارت کشور، سازمان برنامه و بودجه،

سازمان بهره‌وری انرژی، سازمان نظام مهندسی ساختمان، سازمان استاندارد، سازمان حفاظت از محیط زیست، بهینه‌سازی مصرف سوخت، شهرداری ها و ... می باشد.

ضرورت توجه به موضوع اقتصاد مقاومتی، محدودیت انرژی و راهکارهای بهینه‌سازی مصرف انرژی در جهت نیل به قانون اصلاح الگوی مصرف انرژی و آمادگی این حوزه بر ضرورت گسترش راهکارهای استفاده از تکنولوژی های نوین بهره‌وری انرژی و بررسی توجییهات اقتصادی، فرصت مغتنمی برای جامعه حرفه‌ای کشور، صنعت ساختمان و شرکت های فعال در این زمینه فراهم کرده است تا با تاکید بر گسترش فرهنگ بهینه‌سازی مصرف انرژی در میان بهره‌برداران و تاکید بر اهمیت انرژی و حفظ محیط زیست، راهکارهای موثری در جهت توسعه انرژی های پاک و نیز اجرایی شدن قوانین و آیین نامه های قانونی اصلاح الگوی مصرف در بخش ساختمان اندیشیده و در یک کلام، رویدادی مهم و تاثیرگذار محقق گردد. شکی نیست که بهبود وضعیت مصرف انرژی در ساختمان یکی از مهمترین چالشهای پیش رو در کشور است. آنچه اهمیت و موفقیت موضوع را به ویژه در کلان شهر تهران دوچندان می نماید، این است که شناخت درستی از وضعیت کنونی ساختمان ها در زمینه مصرف انرژی در بخش ساختمان وجود داشته باشد و از فرصت های پیش رو بهره برداری مطلوب صورت پذیرد.

ترویج فرهنگ بهینه‌سازی مصرف انرژی از طریق اصلاح الگوی مصرف و مدیریت انرژی در صنعت ساختمان، بررسی راهکارهای مهندسی برای بهبود وضعیت موجود در زمینه مدیریت مصرف انرژی در صنعت ساختمان، ایجاد هم افزایی میان نهادهای ذیربط جهت اجرای هرچه مؤثرتر قوانین و مقررات بهینه‌سازی مصرف انرژی و حفاظت از محیط زیست، تعیین صحیح معیارهای مصرف و برچسب های انرژی ساختمان ها، آگاه سازی مهندسان نسبت به انواع مصالح، فرآورده های ساختمانی، تجهیزات و سیستم های نوین ساختمانی در زمینه توسعه ساختمانهای پایدار، تصویب طرح های تشویقی برای پیمانکاران ساختمانی که از روشها و فناوری های مطلوب، مناسب و پیشرفته بهره می گیرند، از جمله راهکارهای نهادینه سازی مقوله صرفه جویی مصرف انرژی در ساختمان ها می باشد.

یقیناً با عزم و همت رفیع و برنامه ریزی مدون وزارتخانه ها به ویژه وزارت راه و شهرسازی و نیز سایر دستگاه های دولتی، شهرداری، سازمان نظام مهندسی

ساختمان و سازمان های مرتبط در استقرار سامانه های کنترلی لازم، بهبود ممیزی انرژی، جهت گیری به سمت توسعه ساختمان ، ترویج فرهنگ بهینه سازی و اصلاح الگوی مصرف انرژی می توان بیش از پیش شاهد کارآمدی ساختمان ها، پیشرفت شهرها و آسایش شهروندان و حفظ منابع انرژی کشور برای نسل های آینده بود.

دکتر حیدر جهان بخش

رئیس دبیرخانه دائمی همایش و دبیر کمیسیون انرژی و محیط زیست

سازمان نظام مهندسی ساختمان استان تهران

پیام رئیس سازمان نظام مهندسی ساختمان (شورای مرکزی)

اگر مروری کنیم بر بحرانها و چالشهای پیش روی جهان و کشور، اعم از بحران مصرف انرژی ومهم تر از آن بحران آب و این دو موضوع را در قالب با ارزش ترین کالایی که در زندگی خریداری یا تامین می کنیم یعنی مسکن و ساختمان بررسی کنیم، مشاهده می گردد تلفات در این بخش بالا بوده و ایران فاصله زیادی با معیارها و استانداردهای جهانی دارد، در صورتی که اگر ساختمانها با شرایط استاندارد و مطابق با ضوابط و الگوی سبز و اقلیم منطقه ساخته شود قطعا ایمنی، رفاه، آسایش و بهره وری را برای بهره بردار به همراه خواهد داشت. اما متأسفانه ما شاهد این هستیم که در الگوی طراحی های فعلی مسایل مهم و تاثیرگذار بر آسایش و رفاه بهره برداران همچون طراحی بر اساس اقلیم منطقه، جهت گیری و جانمایی مناسب مطابق با شرایط محیطی، بهره وری حداکثری از منابع طبیعی و مصالح اقلیمی و انرژی های تجدید پذیر در الگوی طراحی و ساخت وجود ندارد و الگوی ساخت و ساز کلیشه ای و یکنواخت در سراسر کشور پیاده سازی می شود و این موضوع وقتی تاسف بارتر می گردد که مقررات ملی ساختمان که حداقل های مباحث استانداری ساخت و ساز را بیان می کند خود کمتر نسبت به مبانی ساخت و ساز اقلیمی، موضوعات بهره وری، بازیافت، بهینه سازی و مهمتر بهره گیری از فناوری ها و تکنولوژی های نوین توجه نموده است. در این میان لازم است با توجه به بحرانهای تغییر اقلیم، بحران کاهش منابع، بحران انرژی و آلودگیهای ناشی از مصرف آن و مهمتر از همه بحران کم آبی که درسالهای اخیر به شدت گریبان گیر کشور گردیده است، فکری اساسی در خصوص مفاهیم پایه ای ساخت و ساز کنیم و به جای پرداختن به مسایل کم اهمیت تری که این روزها در خصوص نحوه مدیریت ساخت می کنیم به مسایل مهم چگونگی ساخت ساختمان های باصرفه و با بهره بپردازیم، چرا که در مقوله بهره وری و بهینه سازی در کشور قوانین، آیین نامه و بخشنامه های زیادی داریم ولی در مرحله اجرا هیچگونه حرکت مثبتی مشاهده نمی شود، و بهانه عدم اجرای آنها را پایین بودن

قیمت حامل های انرژی و آب بیان می گردد، در صورتی که اگر این موضوع را در اقتصاد کلان مملکت بررسی کنیم و خسارتهای و زیانهایی که بابت مصرف بالای انرژی هم از لحاظ مصرف، هم از لحاظ آلودگیهای زیست محیطی ناشی از مصرف، همچنین از بعد تبعات آلودگی بر سلامت انسانها مورد نقد و مطالعه قرار دهیم مشاهده می کنیم مصرف بی قاعده انرژی که در بخشهای مختلف و به خصوص در ساختمان رخ می دهد، زیانهای سنگین و جبران ناپذیری را بر بدنه دولت و جامعه به طور نامحسوس قرار داده است. لذا نیاز است مسوولین محترم وزارتخانه های مختلف از جمله نفت، نیرو، راه و شهرسازی و کشور و همچنین سازمانهایی نظیر سازمان محیط زیست کشور و سازمان ملی استاندارد با هدفی واحد و بدون هیچگونه موازی کاری در راستای تحقق سیاستهای کلی اصلاح الگوی مصرف مقام معظم رهبری و قانون اصلاح الگوی مصرف انرژی، یکپارچه و با نگاه ملی و فرادستی و فراستادی در خصوص اجرای قوانین قدم بردارند و سازمان نظام مهندسی ساختمان کشور و استانها نیز آمادگی کامل دارند تا در جهت اجرای ضوابط و قوانین به خصوص ماده ۱۸ قانون اصلاح الگوی مصرف (حرکت به سمت ساخت ساختمانهای سبز) و همچنین در خصوص بازنگری مقررات ملی ساختمان با نگاه صرفه جویی در مصرف و بازیابی آب و انرژی و تغییر الگوی ساخت و ساز مطابق با اقلیم و به روزرسانی این مقررات با فن آوریهای نوین همکاری لازم را انجام دهند. در پایان از برگزار کنندگان و حامیان این سمینارها و کنفرانسها که می تواند در به روزرسانی اطلاعات مهندسیین این حوزه کمک کند، به خصوص سازمان نظام مهندسی ساختمان تهران، کمیسیون انرژی سازمان نظام مهندسی استان تهران، کمیسیون انرژی، استاندارد مصالح و محیط زیست شورای مرکزی نظام مهندسی کشور و سایر همکاران سپاسگزارم.

فرج ا... رجبی

(رئیس سازمان نظام مهندسی ساختمان)

ارزیابی تاثیر جداره های سبز بر کارایی حرارتی جبهه جنوبی ساختمان های اداری از نظر مصرف انرژی (شهر شیراز)

کد مقاله: ۱۰۱۷

فریده ایلانی^۱، ریما فیاض^۲، حجت اله رشید کلویر^۳، حسن اکبری^۴

چکیده

امروزه بکارگیری فناوری پوسته های عمودی سبز در نمای ساختمان ها با توجه به بحران مصرف بیش از ۴۰٪ انرژی در بخش ساختمان می تواند ابزار مناسبی برای تنظیمات حرارتی و کاهش مصرف انرژی در ساختمان ها باشد. دیواره های سبز در دو گروه نماهای سبز و یا دیوارهای زنده می توانند به عنوان سیستمی غیرفعال جهت کاهش بار انرژی ساختمان به حساب آیند. این پژوهش ضمن مطالعات میدانی و کتابخانه ای پیرامون جداره های سبز، شبیه سازی جداره سبز جبهه جنوبی یک مدول در اقلیم شهر شیراز با استفاده از نرم افزار شبیه سازی انرژی پلاس ۸،۸، مورد تجزیه و تحلیل قرار داد. نتایج حاکی از آن است که بکارگیری جداره سبز در نمای جنوبی ساختمان می تواند یک ظرفیت سرمایشی در سطح ساختمان ایجاد کند، همچنین با سایه اندازی و سرمایش تبخیری در کاهش بار سرمایشی در طول دوره گرم شهر شیراز بسیار تاثیرگذار بود. بنابراین می توان گفت در اقلیم گرم و خشک شهر شیراز فناوری جداره سبز می تواند راهکاری موثر در کاهش بار سرمایشی، افزایش رطوبت هوا و سایه اندازی باشد.

واژگان کلیدی: پوسته های سبز، مصرف انرژی، بار سرمایشی، انرژی پلاس.

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد معماری، دانشگاه محقق اردبیلی؛ Faridehilani@gmail.com

۲-دانشیار گروه معماری، دانشگاه هنر تهران؛ fayaz@art.ac.ir

۳- استادیار گروه معماری، دانشگاه محقق اردبیلی؛ PhDrashid@yahoo.com

۴- استادیار گروه معماری، دانشگاه محقق اردبیلی؛ h.akbari.arc@gmail.com

مقدمه :

در ابتدای قرن ۲۱ ضمن مواجهه با تاثیرات فعالیت های انسانی بر محیط زیست ، سیستم های زیست محیطی و حتی خودانسان ها، نگرانی های بیشتری نسبت به خطرهای ناشی از گرمایش زمین ، تغییرات آب و هوایی کره زمین ، انتشار گازهای گلخانه ای ، تخریب لایه اوزن ، باران های اسیدی ، تخریب اکوسیستم ها و بسیاری دیگر که ناشی از آلودگی های زیست محیطی تحت تاثیر مداخله انسان در طبیعت است ، ایجاد شده است. صنعت ساختمان سازی و صنایع وابسته به آن جزء صنایع پر مصرف و آلودکننده در جهان شناخته شده و عنوان شده که ساختمان سازی ، بزرگترین صنعت جهان پس از کشاورزی است [۱]. ساختمان ها و ساخت و ساز آنها تقریباً نیمی از انتشار گازهای گلخانه ای و مصرف انرژی را در سرتاسر جهان شامل می شوند. در واقع بخش ساختمان بخش اصلی تقاضای مواد و مصالح و انرژی است.

میزان مصرف انرژی سالیانه در جهان در ۲۰ سال گذشته به میزان ۵۴٪ افزایش یافته است [۲]. وجود چالش هایی همچون بحران انرژی و تغییرات آب و هوایی، معماران را بر آن داشت که به ایجاد دیدگاه جدیدی در جهت کاهش تقاضای انرژی در ساختمان به منظور حفظ محیط زیست بپردازند، یکی از این دیدگاه ها استفاده از نمای سبز است که این یک ایده و نوآوری جدید نیست اگر چه به عنوان روشی در ذخیره انرژی در ساختمان در نظر گرفته نشده بود، اما در دو دهه اخیر استفاده از جداره و نماهای سبز و همچنین فضاهای

آمیخته با طبیعت در ساختمان ها به عنوان یک روش خلاقانه جهت آمیختگی فضای زیست با طبیعت و بالابردن کیفیت زندگی مبتنی بر ساختارهای پاک در بناهای ساخته شده توسعه یافته است [۳]. دیوارهای سبز در دو گروه نماهای سبز و یا دیوارهای زنده، می توانند به نوعی یک سیستم غیرفعال جهت کاهش بار انرژی ساختمان به حساب آیند [۴].

امروزه عواملی چند از قبیل ، افزایش استفاده از ماشین ، قطع گیاهان و تبدیل زمین های سبز به ساختمان و در نتیجه تغییرات ایجاد شده در ویژگی های حرارتی مصالح سطوح و فقدان سرمایش تبخیری در محیط های شهری ، موجب افزایش دمای کلی محیط مصنوع شده است. استفاده از پوشش گیاهی افقی و عمودی ، چه در تابستان و چه در زمستان ، تاثیر زیادی بر عملکرد حرارتی ساختمان ها و همچنین بر محیط شهری دارد.

پوشش سبز باعث چند عملکردی شدن نمای ساختمان می شود. فضای سبز عمودی نتیجه پوشش نماها با گیاهان است ، چه ریشه در زمین یا در خود مصالح دیوار و یا در مدول های متصل به دیوار داشته باشند [۴].

گونه بندی های دیوار سبز :

با وجود آنکه سیستم های سقف سبز تقریباً از یک روند پیروی می کنند؛ ولی در دیوارهای سبز، تفاوت های بسیاری بین سیستم ها وجود دارد. یک طبقه بندی از دیوارهای سبز برای تشخیص انواع و مقایسه رفتارهای آنان به عنوان سیستم های غیرفعال ذخیره انرژی را می توان بر اساس تفاوت بین نماهای سبز و دیوارهای

هستند که یا بر دیوار بنا قرار گرفته و یا دارای سازه مستقل خواهند بود که گیاه بالارونده را نگه می دارند. نوع دیگر از نماهای سبز غیرمستقیم، سازه شبکه ای است. سازه شبکه ای سازه بسیار سبکی است که حائلی از شبکه های فولادی برای گیاهان بالارونده ایجاد نموده که این حائل به دیوار یا سازه ساختمان متصل می شود [۵].

دیوارهای زنده:

در این روش از جعبه هایی استفاده می شود که این جعبه ها خود از یک به یک سیستم حائل عمودی و گاه به سازه دیوار متصل می شوند. سیستم حائل عمودی، شامل چهارچوبی از پروفیل هایی از جنس میلگردهای آهنی ضدزنگ خورده است که در فواصل مشخص به هم متصل می شوند. جعبه ها به شکل مکعب مستطیل و معمولا به ابعاد $10 * 10 * 30$ سانتیمتر و از جنس پلی کربنات - پلی پروپیلن می باشند که در قسمت فوقانی آن شیلاری تعبیه شده که لوله های آب در داخل آن قرار می گیرند و آبیاری از این طریق انجام می پذیرد. جعبه ها حاوی کیسه های ژئوتکستایل هستند که به منظور فیلتر کردن آب و همچنین ایجاد عایق های حرارتی در داخل جعبه چسبانده شده و خاک پرس شده در آن قرار می گیرد (شکل شماره ۲) [۴].

نمای سبز دو پوسته یا پوسته سبز:

در نمای سبز دو پوسته یا نمای سبز غیر مستقیم-که با استفاده از یک سازه نگهدارنده متصل می شود- هدف ایجاد یک پوشش سبز مستقل از دیوار است. نمای سبز غیرمستقیم خود می تواند از نوع داربست های مدولار باشد. داربست های فلزی بسیار سبکی

زنده ارائه داد.

نماهای سبز:

نماهای سبز سیستم هایی در نما هستند که در آن گیاهان بالارونده یا بوته های معلق، سطح دیوار را می پوشانند. این گیاهان می توانند مستقیما در زمین در پایه سازه کاشته شوند، یا در گلدان هایی در ارتفاع مشخصی از نما قرار گیرند. نماهای سبز به چند حالت مختلف قابل تقسیم هستند: **نمای سبز سنتی:**

نماهای سبز سنتی یا نماهای سبز مستقیم-که بی واسطه به دیوار متصل می گردند - شامل گیاهان بالارونده ای هستند که مستقیما و بدون حائل در طول دیوار بالا می روند. چنین حالتی همراه است با آسیب به مصالح، جلب نظر حیوانات و هزینه های نگهداری بالا (شکل شماره ۱) [۵].



شکل شماره (۱) نمای سبز سنتی [۴]

نمای سبز دو پوسته یا پوسته سبز:

در نمای سبز دو پوسته یا نمای سبز غیر مستقیم-که با استفاده از یک سازه نگهدارنده متصل می شود- هدف ایجاد یک پوشش سبز مستقل از دیوار است. نمای سبز غیرمستقیم خود می تواند از نوع داربست های مدولار باشد. داربست های مدولار، داربست های فلزی بسیار سبکی



دیوار زنده دارای آبیاری قطره ای خودکار می باشد ، به این ترتیب که پمپ آب را تامین می کند ، فیلتر بعد از پمپ نصب شده ، مواد معلق داخل آب را می گیرد. یک لوله اصلی از پمپ آب به صورت عمودی کشیده شده و از لوله به تعداد جعبه ها ، لوله های فرعی منشعب می شود. لوله ها همراه نازل ها درون شیارهای تعبیه شده در جعبه ها قرار می گیرند. فواصل زمانی آبرسانی گیاهان بوسیله تایمر کنترل می شود [۴].

مزایای جداره های سبز:

با توجه به وجود سطوح بزرگ موجود روی ساختمان ها که برای بکارگیری این تکنولوژی مهیا هستند، دیوارهای سبز پتانسیل زیادی برای ایجاد تغییرات زیست محیطی مثبت در مناطق شهری متراکم دارند که با استفاده صحیح و کارآمد آن ها ، می توان از منافع آن بهره برد. یک دیوار سبز با داشتن حجمی از برگ، از سوئی قابلیت جذب دی اکسیدکربن و از سوی دیگر سایه اندازی و عایق بندی و پوشش سازه ای بزرگ را فراهم می کند . مزایای حاصله از یک پوسته سبز ، به عوامل طراحی از قبیل: نوع دیوار سبز ، سطح برگ ، تراکم برگ ، اقلیم ، شرایط سایت و مقیاس پروژه بستگی دارد . مزایای زیست محیطی پوسته های سبز به طور کلی عبارتند از :

مدولار ، داربست های فلزی بسیار سبکی هستند که یا بر دیوار بنا قرار گرفته و یا دارای سازه مستقل خواهند بود که گیاه بالارونده را نگه می دارند . نوع دیگر از نماهای سبز غیرمستقیم ، سازه شبکه ای است. سازه شبکه ای سازه بسیار سبکی است که حائلی از شبکه های فولادی برای گیاهان بالارونده ایجاد نموده که این حائل به دیوار یا سازه ساختمان متصل می شود [۵].

دیوارهای زنده:

در این روش از جعبه هایی استفاده می شود که این جعبه ها خود از یک به یک سیستم حائل عمودی و گاه به سازه دیوار متصل می شوند. سیستم حائل عمودی، شامل چهارچوبی از پروفیل هایی از جنس میلگردهای آهنی ضدزنگ خورده است که در فواصل مشخص به هم متصل می شوند. جعبه ها به شکل مکعب مستطیل و معمولاً به ابعاد $10 * 10 * 30$ سانتیمتر و از جنس پلی کربنات - پلی پروپیلن می باشند که در قسمت فوقانی آن شیاری تعبیه شده که لوله های آب در داخل آن قرار می گیرند و آبیاری از این طریق انجام می پذیرد. جعبه ها حاوی کیسه های ژئوتکستایل هستند که به منظور فیلتر کردن آب و همچنین ایجاد عایق های حرارتی در داخل جعبه چسبانده شده و خاک پرس شده در آن قرار می گیرد (شکل شماره ۲) [۴].

جدول شماره (۱): مزایای زیست محیطی دیواره سبز [۷-۸]

مزایای زیست محیطی دیوارهای سبز	توضیحات
۱- کاهش تولید گازهای گلخانه ای	افزایش گازهای گلخانه ای (دی اکسید کربن، متان و...)، ۷۰ تا ۹۰٪ دی اکسید کربن ناشی از مصرف انرژی (سوخت های فسیلی) و ۱۰ تا ۳۰٪ ناشی از بین رفتن جنگل ها و تغییرات سطح زمین، قابلیت گیاهان در کاهش سطح دی اکسید کربن و افزایش میزان اکسیژن در محیط زیست
۲- افزایش تنوع و ارزش اکولوژیک	احیای اکولوژیکی یک منطقه -کاربرد گیاهان بومی -دفع حشرات جذب شده توسط گیاهان توسط روش های بیولوژیک
۳- بهبود کیفیت هوا	فیلتر کردن گازهای سمی (منواکسیدکربن، اکسید سولفور، اکسید نیتروژن...) و ذرات معلق موجود در هوا ناشی از افزایش وسایل حمل و نقل دستگاههای تهویه مطبوع، انتشارات صنعتی
	فیلتراسیون گیاه از طریق میکروارگانیسم گیاهان از طریق اکسیژنه کردن و رقیق کردن هوا آلودگی ها را کنترل می کنند. افزودن آب و رطوبت به محیط و کاهش آلودگی های ناشی از وزش باد توسط گیاهان در حال رشد
	کاهش میزان ذرات معلق در هوا توسط درختان. ۶۰-۳۰ برابر بیشتر از زمین صاف از یک حداقل مساحت و یک میزان خاص فضای سبز در قبال فضای ساخته شده
۴- حفاظت از ساختمان	محافظت دیوار خارجی بنا در برابر اشعه ماورابنفش خورشید، یخ زدگی، نوسان های دمایی، توسط پوشش دیوار سبز البته به شرط اجرای صحیح دیوار که اتصال دیوار سبز به سازه اصلی ساختمان است.
۴- ارتقای روانی ساکنین شهر	ارتقای سطح سلامت انسان و روان -آزادسازی ماده ای به نام فیٹونسید در فضا توسط گیاهانی چون گزنه، کاج، بلوط، فندوق، اکالیپتوس، افرا، زبان گنجشک اثر کشندگی بسیاری از باکتری ها و قارچهای تک سلولی، تاثیر فرح بخشی بر انسان با ایجاد تعادل بین دو نیمکره مغز -تعدیل رفتار در طول شبانه روز

چگونگی تاثیر دیوارهای سبز در کاهش مصرف انرژی در شهر شیراز:

یکی از عوامل اصلی انتقال حرارت از یک جدار بستگی به قابلیت مقاومت حرارتی لایه های مختلف آن جداره دارد. قابلیت مقاومت حرارتی عبارت است از اندازه مقاومت مصالح با یک ضخامت معین بر حسب متر در مقابل انتقال جریان حرارت که با حرف R نشان داده می شود. هر چه میزان R بزرگتر، یعنی این عنصر عایق بهتری است. بدین ترتیب در یک جدار مقاومت کلی هوا در یک جدار حاصل جمع مقاومت خود جسم و مقاومت سطوح آن خواهد بود (m^2K/W) که از رابطه های زیر قابل محاسبه می باشد [۸].

$$R = d /$$

$$R = R_o + R_b + R_i$$

مقاومت سطح داخلی / $R_i =$ مقاومت خود جسم / $R_b =$ مقاومت سطح خارجی $R_o =$ / قابلیت هدایت حرارتی جداره موردنظر

$$(W/m^2K)$$

نمای سبز زنده به عنوان جداره سبز و دیوار بلوک سیمانی بدون نمای سبز به عنوان دیوار معمولی در این پژوهش در نظر گرفته شد.

نتایج مطالعات تجربی که در آلمان صورت پذیرفته (Baumann, ۱۹۸۶) نشان می دهد که لایه هوای مجاور به دیواری که با پوشش گیاهی به قطر ۵۰ سانتی متر پوشانده شده باشد، کاملاً ساکن است. مطالعه دیگری (Minke, Witter, ۱۹۸۲) نشان می دهد که با داشتن ۱۶ سانتی متر پوشش گیاهی می توان به ۴ سانتیمتر لایه هوای ساکن دست یافت. بر اساس استانداردهای موجود (CIBSE Guid A, ۱۹۹۹) گیاهان

تولید شده بر روی سطح خارجی خواهد کاست. قابل ذکر است با خشک شدن پوشش گیاهی در فصل زمستان، علاوه بر امکان استفاده از تابش خورشید، شاخه های خشکیده هم می توانند تا حدودی لایه هوای سطح خارجی را ثابت نگه دارند [۸].

برای دیوار جبهه جنوبی در معرض تابش آفتاب در شهر شیراز با ضریب جذب خارجی ۷۵/۰ در ظهر خورشیدی تیرماه واقع در شهر شیراز، شدت تابش آفتاب $W/300 m^2$ است. برای محاسبه میزان انتقال حرارت از طریق جدار خارجی بر حسب وات از معادله زیر استفاده می شود:

$$Q_C = A \cdot U \cdot \Delta t$$

$$A = \text{سطح جسم مورد نظر } (m^2),$$

$$U = \text{ضریب انتقال حرارت سطحی } (W/m^2K)$$

$$\Delta t = \text{اختلاف دمای دو طرف جسم } (K)$$

جدول شماره (۲): مقایسه میزان انتقال حرارت در جدار معمولی و جداره سبز در شهر شیراز

نوع جداره بدون عایق	U, ضریب انتقال حرارت سطحی $(W/m^2 \cdot K)$	Δt , اختلاف دمای دو طرف (K)	Q, میزان انتقال حرارت (W)
دیوار معمولی در معرض تابش	۲/۸۵	۲۸ - ۲۲ = ۵۰	۱۱۹۷
دیوار سبز در معرض تابش	۱/۵۳	۱۸ - ۲۲ = ۵۰	۴۱۳/۱

بدین ترتیب انتقال حرارت در دیوار سبز در معرض تابش، تقریباً ۵۲٪ کمتر از یک دیوار معمولی خواهد بود که مقدار قابل توجهی بنظر می آید. این مقدار با توجه به زاویه ارتفاع کم خورشید برای دیوارهای شرقی و غربی در ساعات قبل و بعد از ظهر به دلیل دریافت تابش بیشتر، به مراتب بیشتر خواهد بود.

افزایش تعداد لایه های دیوار، موجب افزایش مقاومت حرارتی دیوار می شود.

به ضخامت بیش از ۲۰ سانتی متر قادرند لایه هوایی با مقاومت $18/0 (m^2K/W)$ ایجاد نمایند [۸]. بنابراین با داشتن نتایج حاصله از مطالعات تجربی فوق در مورد مقاومت لایه هوایی مجاور به سطح دیوار در یک جداره سبز مقدار مقاومت کلی برابر خواهد بود با:

$$\begin{aligned} R &= \text{مقاومت کلی دیوار } ۲۲ \text{ سانتی متری با مقاومت حرارتی سطح داخلی (مقاومت جریان هوای بی حرکت)} = ۱۲/۰ \text{ } m^2K/W \\ &+ \text{مقاومت حرارتی جداره بلوک سیمانی } (۱۹/۰) \text{ و مقاومت سطح خارجی در تابستان (جریان هوا با سرعت)} = (۳/۴) \text{ } m/s \\ &+ ۰.۴۴/۰ \text{ برابر خواهد بود با:} \\ R &= \text{دیوار معمولی} = ۳۵/۰ + ۱۲/۰ + ۱۹/۰ + ۰.۴۴/۰ \end{aligned}$$

مقاومت کلی جداره با لایه سبز با ضخامت های ۱۲، ۲۵، ۳۵ سانتی متر پوشش گیاهی عبارت است:

$$\begin{aligned} R &= \text{دیوار سبز با ضخامت } ۱۲ \text{ سانتی متر پوشش گیاهی:} \\ &۱۵/۰ + ۱۶/۰ + ۱۹/۰ + ۱۲/۰ = ۶۲/۰ \text{ } m^2K/W \\ R &= \text{دیوار سبز با ضخامت } ۲۵ \text{ و } ۳۵ \text{ سانتی متر پوشش گیاهی:} \end{aligned}$$

$$۱۶/۰ + ۱۹/۰ + ۱۲/۰ + ۶۵/۰ = ۱۸/۰ \text{ } m^2K/W$$

بدین ترتیب مقاومت کلی یک جدار معمولی بدون عایق حرارتی تنها با افزودن یک لایه پوشش گیاهی بدون در نظر گرفتن تابش خورشید می تواند تا ۳۰٪ افزایش یابد. در صورتی که تابش لحاظ شود کارایی پوشش گیاهی به مراتب بهتر خواهد بود زیرا علاوه بر ایجاد لایه هوای مقاوم، موجب ایجاد سایه شده و بنابراین از شدت حرارت

کاهش بار سرمایشی دارد. در این نمودار در مرداد ماه که جداره بدون لایه سبز بیشترین بار سرمایشی را دارد با افزودن لایه سبز به اندازه ۵۵ کیلو وات ساعت از بار سرمایشی بدون در نظر گرفتن سرمایش تبخیری ناشی از لایه سبز کاسته شده است. در واقع این لایه سبز موجب ایجاد یک خرداقلیم بین دیوار ساختمان و پوسته سبز، با دمای کمتر و رطوبت نسبی بالاتر می شود که خود باعث ظرفیت بالای نماهای سبز در کاهش گرمای سطح دیوار نمای ساختمان در ماه های گرم در شیراز خواهد شد.

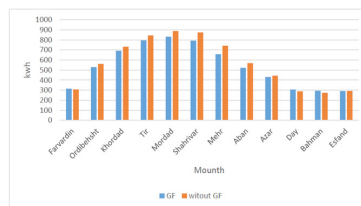
دیوارها و جداره های سبز، هوا را از طریق تبخیر آب خنک می کنند، به گونه ای که اگر تابش ۱۰۰٪ به گیاه داشته باشیم: ۵-۳۰٪ بازتاب می یابد، ۵-۲۰٪ برای فتوسنتز جذب و استفاده می شود، ۱۰۰-۵۰٪ به گرما تبدیل می گردد، ۴۰-۲۰٪ برای تبدیل آب به بخار استفاده می شود، ۵-۳۰٪ از برگ عبور می کند. بنابراین با توجه آزاردهنده بودن عدم رطوبت در اقلیم های گرم و خشک، در میان انواع راه حل های غیرمکانیکی و طبیعی، سرمایش تبخیری علاوه بر آن که موجب کاهش دمای هوا می شود، به افزایش رطوبت نسبی نیز می انجامد و در نتیجه شرایط مطلوب تری ایجاد می کند [۸].

نتیجه گیری:

تاثیر پوسته های سبز در اقلیم های گرم و خشک در کاهش دمای پیرامون موثرتر است، چرا که در یک اقلیم خشک نقطه شبنم بالاتر خواهد بود و گنجایش بیشتری برای رطوبت ناشی از سرمایش تبخیری در هوا وجود دارد. با افزایش سرمایش تبخیری، کارایی دیوارهای سبز در کاهش

تعداد لایه های افزوده شده در نماهای سبز سنتی، یک لایه شامل گیاه؛ در نماهای سبز غیرمستقیم، دو لایه شامل گیاه و هوا و در دیوارهای زنده شامل سه لایه گیاه و هوا و خود جعبه های حاوی خاک می باشد. عبور حرارت از میان این لایه ها هم کندتر و هم کمتر است که به ترتیب موجب افزایش ظرفیت و مقاومت حرارتی دیوار، و در نتیجه کاهش میزان انتقال حرارت آن می گردد. دیوار سبز موجب ایجاد یک خرداقلیم بین دیوار ساختمان و پوسته سبز، با دمای کمتر و رطوبت نسبی بالاتر می شود که خود باعث ظرفیت بالای نماهای سبز در کاهش گرمای روی دیوار نمای ساختمان خواهد بود.

نتایج حاصل از خروجی شبیه سازی جداره سبز زنده، جبهه جنوبی یک مدول با کاربری اداری به اندازه $6\% \times 5/3 \times 1/0$ در اقلیم گرم و خشک شهر شیراز با توجه به در نظر گرفتن بقیه جبهه های مدول موردنظر به صورت بی درو با استفاده از نرم افزار انرژی پلاس نسخه ۸.۸، به صورت نمودار شماره (۱) آرایه شد:



نمودار شماره (۱): نتایج مقایسه شبیه سازی جداره سبز با جداره معمولی

نتایج مقایسه بار سرمایشی جداره سبز با یک جداره معمولی نمودار شماره (۱) حاکی از آن است، که در ماههای بحرانی گرم؛ تیر، مرداد و شهریور جداره جبهه جنوبی با داشتن لایه سبز، عملکرد موثرتری در

اضافه کردن لایه سبز به جداره جبهه جنوبی در شهر شیراز با اقلیم گرم و خشک با سایه اندازی و سرمایش تبخیری در کاهش بار سرمایشی بسیار موثر می باشد، در این اقلیم استفاده از جداره سبز می تواند موجب کاهش مصرف انرژی در ساختمان شود. بنابراین می توان گفت در اقلیم گرم و خشک شهر شیراز پوشش گیاهی و جداره سبز می تواند راهکاری موثر در کاهش بار سرمایشی، کاهش مصرف انرژی، افزایش رطوبت هوا و سایه اندازی باشد.

بار سرمایشی بیشتر خواهد بود، از آنجایی که سرعت تبخیر آب در سطوح عمودی این جداره ها به مراتب از سطوح افقی سبز کمتر است بنابراین در این گونه نواحی پوسته سبز به عنوان نمای ساختمان باعث کاهش دما و تازه کردن هوای محیط اطراف می شود. خرداقلیم ایجاد شده در فضای واسط جداره و لایه سبز که دارای دمای بالاتر و رطوبت نسبی پایین تر در زمستان (فصل بدون برگ)، و دمای پایین تر و رطوبت نسبی بالاتر در تابستان (فصل با برگ)، عملکردی موثرتر از صرفا عایق کردن جداره در کاهش دما و بار سرمایشی در ماه های گرم خواهد داشت.

منابع و ماخذ:

- [۱] رهایی. امید؛ قائم مقامی. پروین، "محیط زیست و تدابیر پایدار در طراحی های ساختمان"، مجله علم و تکنولوژی محیط زیست، دوره پانزدهم، شماره ۲، ۱۳۹۲.
- [۲] AIA, The American Institute of Architect، <https://www.aia.org/>، ۲۰۰۷
- [۳] کریمی دمنه. مرتضی، رسول زاده. فروزان، "نقش بکارگیری نماهای پوشش گیاهی سبز در ایجاد شرایط محیطی مناسب و کاهش مصرف انرژی در ساختمان"، دومین همایش ملی اقلیم، ساختمان و بهینه سازی مصرف انرژی با رویکرد توسعه پایدار، ۱۳۹۳.
- [۴] ثقفی. محمدجواد، برزگر گنجی. هدا، محمدکاری. بهروز، "معرفی گونه های مختلف دیوارهای سبز و تاثیر آنها در کاهش مصرف انرژی"، نهمین کنفرانس بین المللی انرژی، ۲۰۱۲.
- [۵] دانش آشتیانی. فاطمه، "کاربرد گیاهان در کاهش دمای داخلی، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران، ۱۳۸۸.
- [۶] www.gsky.com
- [۷] ایلانی. فریده. فیاض. ریما، رشید کلویر. حجت اله، "بررسی جایگاه پوسته های سبز در ساختمان به عنوان راهبردی در جهت بهبود کیفیت زیست محیطی شهر(شهر شیراز)"، سومین همایش معمار و شهر پایدار، دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی، ۱۳۹۶.
- [۸] برزگر گنجی. هدا، "بررسی گونه های مختلف دیوارهای سبز و اثر بخشی آنها در کاهش میزان مصرف انرژی"، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران، ۱۳۹۱.
- [۹] قیابکلو. زهرا، مبانی فیزیک ساختمان ۴ (سرمایش غیرفعال)، انتشارات جهاد دانشگاهی واحد صنعتی امیرکبیر، چاپ دوم، ۱۳۹۳.

تأثیر عایق کاری بام تخت بر میزان مصرف انرژی گرمایشی ساختمان (نمونه موردی اصفهان)

کد مقاله: ۱۰۲۵

محمد حکیم آذری^۱، کیانا حقیقت نژاد^۲، زهرا شیرمحمدلو^۳

چکیده

باتوجه به اهمیت موضوع انرژی و اشاره به آن در فصل های هشتم، نهم و دهم قانون پنج ساله ششم توسعه و الزام به اجرایی شدن ماده ۱۸ قانون اصلاح الگوی مصرف از طرف هیئت دولت، می توان به اهمیت اجرای ساختمان های کم مصرف پی برد. از آنجایی که عایق کاری بام در ساختمان های کوتاه مرتبه می تواند سبب کاهش کلی مصرف انرژی شود، در این مقاله بام های ابلاغ شده در جلد دوم راهنمای مبحث ۱۹ پیرو هدف مقاله بررسی می شود. در این راستا یک بخش از ساختمان مسکونی اقلیمی طراحی شده انتخاب و عواملی چون مصالح جداره ها، مصالح گشودگی ها، دما ثابت و مصالح بام متغیر در نظر گرفته شده است، بام های موجود در این مبحث با نرم افزار دیزاین بیلدر (موتور انرژی پلاس) به صورت نمونه در شهر اصفهان مدل سازی شده و میزان مصرف انرژی گرمایشی با توجه به بیشتر بودن نیاز اصفهان به گرمایش، در سرد ترین ماه سال در این منطقه محاسبه شده است. در انتها پس از مقایسه نتایج مدل های مختلف، بهترین جزئیات اجرایی برای ساخت بام در اصفهان، با توجه به میزان مصرف انرژی گرمایش بررسی و اولویت بندی شده است.

واژگان کلیدی: اصفهان، دیزاین بیلدر، گرمایش، مبحث ۱۹، مصالح بام، میزان مصرف انرژی.



- ۱- دانشجو کارشناسی ارشد انرژی معماری، دانشگاه هنر تهران؛ Mohammad.hakim.a@gmail.com
- ۲- دانشجو کارشناسی ارشد انرژی معماری، دانشگاه هنر تهران؛ K.hagheghat@gmail.com
- ۳- کارشناسی ارشد معماری، دانشگاه تهران شمال؛ Z.shml@yahoo.com

مقدمه

اکثر منابع انرژی فسیلی جهان رو به کاهش و در بعضی موارد روبه اتمام است شاید آدمی با تکیه بر طبیعت و منابع انرژی تجدیدپذیر بتواند آینده ای روشن برای نسل های بعد رقم بزند. افزایش جمعیت، جهان را بیش از پیش با بحران انرژی روبه رو نموده است که این بحران به یک تهدید تبدیل شده است. از طرفی یکی از عمده ترین عوامل آلوده کننده محیط زیست در جهان و به خصوص در کشورهای در حال توسعه و توسعه نیافته از جمله کشور ما، مصرف بیش از حد انرژی فسیلی در بخش ساخت و ساز می باشد [۱].

پایداری، امروزه نه به عنوان یک رویکرد در طراحی و ساخت بلکه به عنوان یک ضرورت جدایی ناپذیر در تمام شئون زندگی بشر مطرح است و متخصصین رشته های گوناگون در حال بسط مفاهیم پایداری در حوزه تخصصی خود هستند. معماران نیز می توانند با ارائه راهکارهای اقلیمی و بررسی آن توسط نرم افزار های شبیه ساز به سوی ساخت و ساز پایدار حرکت نمایند [۲].

در این پژوهش یک بخش از ساختمان مسکونی که اقلیمی طراحی شده انتخاب شد و پس از آن عواملی چون دمای هوای داخل و خارج، مصالح جداره ها، مصالح گشودگی ها و ... را ثابت نگه داشته و مصالح بام تغییر یافت. در این راستا با نرم افزار دیزاین بیلدر نسخه ۵.۰.۳ (موتور انرژی پلاس) بام های مطرح شده در راهنمای مبحث نوزدهم صرفه جویی در مصرف انرژی را به صورت نمونه در شهر اصفهان مدل سازی نموده و میزان آسایش

حرارتی ساکنین را بررسی می نماییم. از طرفی برای ساده سازی طرح گشودگی شرق و غرب برای ساختمان در نظر نگرفته ولیکن در جنوب ۳۰٪ گشودگی انتخاب نموده ایم.

ضرورت موضوع

باتوجه به اهمیت موضوع انرژی و اشاره به آن در در فصل های هشتم، نهم و دهم قانون پنج ساله ششم توسعه و الزام به اجرایی شدن ماده ۱۸ قانون اصلاح الگوی مصرف از طرف هیئت دولت، می توان به اهمیت اجرای ساختمان های کم مصرف رسید.

از آنجایی که عایق کاری بام در ساختمان های کوتاه مرتبه می تواند سبب کاهش کلی مصرف انرژی شود، ما نیز بام های ابلاغ شده در جلد دوم راهنمای مبحث ۱۹ را پیرو هدف مقاله بررسی می نماییم.

پیشینه تحقیق

تاکنون تحقیقات زیادی در زمینه بررسی میزان اثرگذاری جنس جداره های خارجی بر مصرف انرژی انجام شده ولی در راستای رسیدن به بهترین نوع بام از منظر دستیابی به کاهش میزان مصرف انرژی گرمایشی ساختمان در میان بام های متداول تحقیقات کمی انجام شده است.

در سال ۱۳۹۵ نوروزمقدم و همکاران تاثیر پوشش گیاهی بر بارهای ساختمان و میزان صرفه جویی در لاهیجان مورد بررسی قرار دادند و نتایج ایشان نشان داد استفاده از پوشش گیاهی یا ضخامت cm ۱ میزان صرفه جویی در انرژی به ۸ درصد و در ضخامت های بالاتر به ۲۱ درصد می رسد [۳]. در همان سال موسی زاده و همکاران بام سبز و عایق کاری سقف و

CO₂، دما و ... پرداختند، در این مقاله متغیر اصلی جنس مصالح سقف بر اساس مصالح پیشنهادی مبحث ۱۹ انتخاب شده و از منظر دستیابی به کاهش میزان مصرف انرژی گرمایشی ساختمان مورد بررسی قرار داده شد.

روش تحقیق

در این مقاله ابتدا به روش کتابخانه ای و استناد به کتاب ها و مقالات موجود در این زمینه اطلاعات اولیه را جمع آوری نموده و سپس به وسیله نرم افزار شبیه ساز دیزاین بیلدر نسخه ۵.۰.۳ با موتور انرژی پلاس به بررسی داده و بام های از پیش تعیین شده می پردازیم. بام های تخت پیشنهادی در راهنمای مبحث ۱۹ توسط این نرم افزار مدل سازی شده و میزان مصرف انرژی گرمایشی در سردترین ماه سال در هریک از مدل ها به طور جداگانه بدست خواهد آمد.

تعاریف پایه

بام

یکی از اجزا اصلی ساختمان است که عموماً مورد بی مهری طراحان معماری است. با مهاجرتی از پوسته ساختمان هستند که بیشتر از عناصر دیگر در معرض عوامل جوی، تشعشع نامطلوب خورشید، باد، باران و برف قرار دارند. معاملات حرارتی که بین بام و فضای بیرون صورت می گیرد، عبارت است از: ۱- دفع گرما، ۲- جذب گرما و ۳- انعکاس خورشید. با توجه به گستردگی بام نسبت به سایر اجزا پوسته خارجی، مطالعه عملکرد حرارتی آن، گامی مهم در جهت دسترسی به راهکارهای مناسب کاهش اتلاف حرارت بنا محسوب میشود. در صورت عدم پیشبینی راهکار

دیوار در اصفهان را مورد بررسی قرار دادند و نشان دادند بیشترین تأثیر در کاهش مصرف انرژی مربوط به عایقکاری بام و دیوار به میزان ۳۲٪ می باشد [۴]. در سال ۱۳۸۹ مسندی و همکاران عملکرد حرارتی گزینه های مختلف بام در شهر تهران در ماه های مختلف بررسی کردند که نتایج ایشان نشان داد با فرض استفاده از فقط ۲۵٪ بام ها به عنوان فضای سبز دمای این شهر در فصل گرم تا ۳ درجه کاهش داشته و ۲۱٪ کاهش انرژی خواهیم داشت [۵]. در سال ۲۰۱۰، لیان و همکاران تأثیر بام سبز بر CO₂ را بررسی کردند که نشان داد در روزهای آفتابی بام سبز میتواند تا ۲٪ تمرکز CO₂ در اطراف آن منطقه را کاهش دهد [۶]. در سال ۲۰۱۵، کالو و همکاران به بررسی آسایش حرارتی مصالح مختلف سقف پرداختند (سقف کاهگلی و سقف با ورق موج دار) که از نتایج تحقیق ایشان استناد می شود که دما در خانه ساخته شده با سقف کاهگلی همیشه خنک تر از سقف با ورق موج دار است [۷]. همچنین در سال ۲۰۱۷ J. Xamán و همکاران عملکرد حرارتی سقف های با بلوک مجوف با عایق و بدون آن و مصالح انعکاسی برای سقف را در مکزیک بررسی کردند. به عنوان نتیجه نهایی بهترین عملکرد حرارتی را ترکیباتی با بلوک های دارای دو و سه حفره داشتند که کمترین بار حرارتی (۹۷۵.۹ Wh/m²) متعلق به سقف با عایق کاری و پوشش انعکاسی سفید با بلوک های سه حفره ای می باشد [۸]. همانطور که گفته شد تحقیقات در این زمینه بسیار انجام شده و هر کدام با متغیر های متفاوت به بررسی آسایش حرارتی،

طرح بحث

به منظور مشاهده طراحی و روند ساخت ساختمان همساز با اقلیم در اصفهان؛ محل فضا سازی داخلی ساختمان ویلایی دوطبقه در شکل ۱ نمایش داده شده است. از اهم موارد استفاده شده در پروژه می توان به بهره گیری از دودکش خورشیدی، پنل های فتوولتائیک، گلخانه؛ سایه بان خارجی همراه با آیفشان اشاره نمود که به مقتضای مدلسازی بعضی از موارد فوق بدون تاثیر در نظر گرفته می شود.

حال به بررسی عایق کاری از داخل، از خارج و بام سبز مطابق با موارد ذیل می پردازیم.

جدول ۱- جزئیات عایق کاری حرارتی، ضریب انتقال حرارتی و ضخامت بام ها (سقف نهایی تخت) [۱۱]

۵۰ Cm	۰,۱۹۰ W/M ² K	تیرچه و بلوک (یا پانل سقفی) - پاشنه دار یا سقف کاذب - نوع ۱	عایق کاری از داخل
۴۵ Cm	۰,۴۸۹ W/M ² K	روی سقف کاذب یا آویز - نوع ۲	
۴۵ Cm	۰,۴۸۹ W/M ² K	روی سقف کاذب یا پروفیل اتصال - نوع ۳	
۲۵ Cm	۰,۵۳۳ W/M ² K	صفحات گچی متصل به وادارهای یا بست امگا - نوع ۴	
۳۰ Cm	۰,۴۵۹ W/M ² K	بام وارونه - نوع ۱	عایق کاری بام سبز
۲۵ Cm	۰,۴۸۷ W/M ² K	بام وارونه با اجرای کف سازی به صورت تر - نوع ۲	
۳۵ Cm	۰,۴۰۳ W/M ² K	بام سبز	

مناسب برای حفاظت بام از تغییراتی که بام در معرض آن قرار دارد، اثرات آن به فضای داخل منتقل خواهد شد و آسایش انسان را مختل خواهد کرد [۹].

بام سبز

بام سبز موجب جایگزینی گیاهان از دست رفته در فضاهای شهری بوده و در نتیجه کاهش نیاز به حرارت در داخل ساختمان و کاهش مصرف انرژی را در پی خواهد داشت. اجزا آن عبارت اند از گیاه، لایه ضد آب، عایق حرارتی، زیرسازی و سازه بام [۹]. پس می توان بام سبز را به عنوان یک عایق از آن بهره برد.

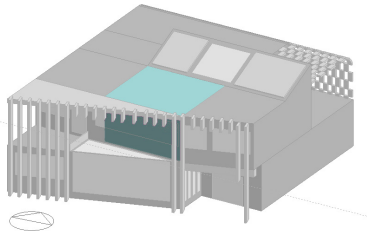
عایق کاری بام و اهمیت آن

عایق کاری حرارتی پوسته ساختمان یکی از اقدامات کلیدی در راستای صرفه جویی در مصرف انرژی و ارتقاء شرایط آسایش ساکنین و بهره برداران است [۱۰].

انتخاب مصالح مناسب اقلیم منطقه، جرم حرارتی مصالح، نوع عایق کاری حرارتی و رطوبتی و محل آن تا حد زیادی در آسایش حرارتی ساکنین تاثیر گزار است به طوری که با به کارگیری سازه بام بهینه که مناسب ترین رفتار حرارتی را از خود نشان میدهد میتوان به میزان قابل توجهی در مصرف انرژی ساختمانهای مسکونی صرفه جویی نمود.

مصرف انرژی گرمایشی

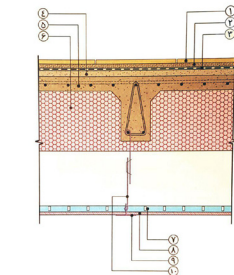
یکی از مسائل بنیادین و اصلی در ساختمان ها تامین گرمایش ساکنین در فصل سرد سال می باشد. از این رو عایق کاری بام به عنوان یکی از موثرترین پارامترهای ارزیابی میزان بارگرمایشی ساختمان محسوب می شود. لذا تاثیر مستقیم در کاهش مصرف انرژی گرمایشی ساختمان دارد.



شکل ۱ - پرسپکتیو طرح مورد بررسی در نرم افزار دیزاین بیلدر [نگارندگان]

شبیه سازی

همانطور که اشاره شد در اقلیم گرم و خشک میزان مصرف انرژی گرمایشی نسبت به انرژی سرمایشی بیشتر است [۱۲]. بر این اساس در این مقاله میزان مصرف انرژی گرمایشی ساختمان در عایق هایی که در شکل ۲ تا ۸ نشان داده شده بررسی گردید و نتایج حاصل در جدول ۳ نمایش داده شده است.



- ۱- کاشی
- ۲- بلوک
- ۳- عایق پلی یورتان
- ۴- لایه سیمانی
- ۵- بتن سازه ای سقف
- ۶- لایه پلی استایرن
- ۷- لایه سیمانی
- ۸- لایه سیمانی
- ۹- لایه سیمانی
- ۱۰- لایه سیمانی
- ۱۱- لایه سیمانی

شکل ۲ - جزئیات اجرایی تیرچه و بلوک (پایان سقفی) پاشنه دار با سقف کاذب [۱۱]

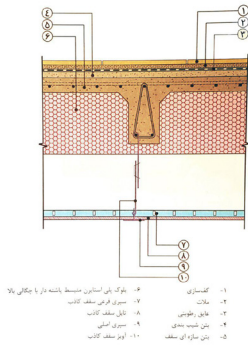
جدول ۲- مهم ترین شرایط اقلیمی در طرح جهت انتخاب ماه مورد بررسی - میانگین سال ۲۰۱۷-۲۰۱۲ [۱۲]

ماه	میانگین سرعت باد	سمت باد غالب	میانگین دما	میانگین رطوبت نسبی
فروردین	۲٫۷	۲۷۰٫۰	۱۷٫۴	۳۹٫۰
اردیبهشت	۳٫۰	۲۶۲٫۵	۲۳٫۱	۳۳٫۰
خرداد	۲٫۶	۱۹۵٫۰	۲۸٫۵	۲۳٫۰
تیر	۲٫۱	۴۵٫۰	۳۰٫۶	۲۳٫۰
مرداد	۱٫۶	۴۵٫۰	۲۸٫۳	۲۴٫۰
شهریور	۱٫۶	۱۵۷٫۵	۲۵٫۰	۳۶٫۰
مهر	۱٫۸	۱۶۵٫۰	۱۸٫۶	۳۶٫۰
آبان	۱٫۱	۱۰۸۰٫۰	۹٫۹	۴۸٫۰
آذر	۱٫۲	۲۰۷٫۰	۵٫۴	۵۷٫۰
دی	۱٫۶	۲۳۲٫۵	۴٫۷	۶۰٫۰
بهمن	۲٫۱	۲۶۲٫۵	۶٫۸	۵۱٫۰
اسفند	۳٫۱	۲۶۲٫۵	۱۲٫۰	۴۳٫۰

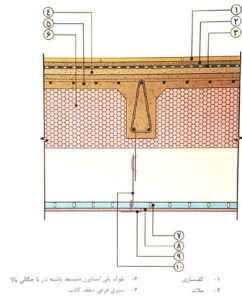
مهم ترین نکته انتخاب سردترین ماه جهت بررسی کارایی عایق و عملکرد بهینه آن است، که با بررسی اطلاعات هواشناسی سالهای ۲۰۱۲-۲۰۱۷ به این نتیجه می‌رسیم (جدول ۲) که دی ماه به عنوان سردترین ماه سال و پس از آن بهمن ماه با توجه به وزش باد زیاد به عنوان سردترین ماه انتخاب می‌شود که در این مقاله دی ماه به عنوان ماه موثر در نظر گرفته و بر آن اساس آنالیزها انجام شده است. لازم به ذکر است در این نرم افزار، شبیه‌سازی ها از ۲۲ دسامبر (december) تا ۲۰ ژانویه (January) که مطابق با دی ماه بوده، انجام شده است.

معرفی طرح پیشنهادی

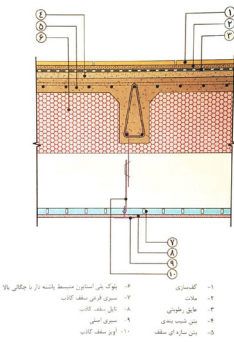
به دلیل ساده سازی در ساختمان مذکور، قسمتی از کل ساختمان انتخاب (قسمت آبی رنگ) و عایق های مورد نظر بام بر روی آن بخش بررسی گردید که با توجه به بررسی های انجام شده قابل تعمیم به کل ساختمان می باشد (شکل ۱).



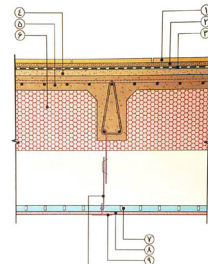
شکل ۶ - جزئیات اجرایی بام وارونه [۱۱]



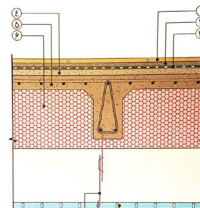
شکل ۳ - جزئیات اجرایی عایق حرارتی روی سقف کاذب با آویز [۱۱]



شکل ۷ - جزئیات اجرایی بام وارونه با اجرای کف سازی به صورت تیر [۱۱]



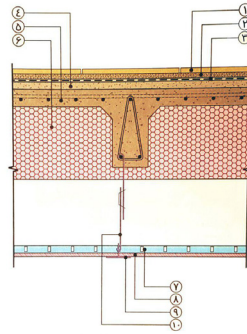
شکل ۴ - جزئیات اجرایی عایق حرارتی روی سقف کاذب با پروفیل اتصال [۱۱]



شکل ۵ - جزئیات اجرایی صفحات گچی متصل به وادارهای با بست امگا [۱۱]

نتیجه گیری

یکی از اقدامات کلیدی در راستای صرفه جویی در مصرف انرژی و ارتقا شرایط آسایش ساکنین و بهره برداران در ساختمان عایق کاری حرارتی پوسته می باشد. زیرا بر خلاف بسیاری از دیگر اقدامات بهینه سازی مصرف انرژی، کارایی اقدامات عایق کاری حرارتی در طول زمان دچار کاهش نمی شود و نیاز به اقدامات تعمیر و نگهداری حداقل است [۱۱]. از طرفی عایق بندی در ساختمان ها یک عامل مهم برای رسیدن به آسایش حرارتی برای ساکنان آن، در زمستان های سرد و تابستان ها گرم در یک آب و هوای ترکیبی است. عایق باعث کاهش تلفات گرما و یا افزایش ناخواسته آن می شود و تقاضای انرژی سیستم های گرمایش و خنک کننده را کاهش می دهد. عایق حرارتی در دیوارها و سقف نه تنها به کاهش اندازه سیستم تهویه مطبوع مورد نیاز کمک می می کند، همچنین برای کاهش هزینه سالانه انرژی در ساختمان ها نیز موثر می باشد [۱۳]. این مقاله با هدف معرفی بهترین روش عایق کاری بام تخت در اقلیم گرم و خشک اقدام به شبیه سازی بام های تخت معرفی شده در راهنمای مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان نموده است که از نتایج حاصل می توان اینگونه دریافت که بام سبز در اقلیم اصفهان سبب کاهش مصرف انرژی گرمایشی نسبت به سایر انواع بام می باشد ولیکن این عامل به تنهایی نباید مورد بررسی قرار بگیرد چرا که اقلیم اصفهان، گرم و خشک بوده و با کمبود شدید آب مواجه است ولی در صورت استفاده و انتخاب صحیح پوشش گیاهی این امر



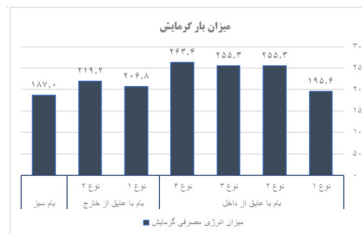
- ۱- کفکشی
- ۲- عایق
- ۳- عایق نفوذی
- ۴- چین سبب دهی
- ۵- چین بهره ای سقف
- ۶- شیب
- ۷- شیب
- ۸- شیب
- ۹- شیب
- ۱۰- شیب

شکل ۸ - جزئیات اجرایی بام سبز [۱۱]

جدول ۳- میزان انرژی گرمایشی بخش انتخاب شده در بام های مختلف در دی ماه [نگارندگان]

نوع بام		بام با عایق از داخل		
میزان انرژی مصرفی گرمایش (kwh)	نوع ۱	نوع ۲	نوع ۳	نوع ۴
	۱۹۵۶۲	۲۵۵۲۵	۲۵۵۲۵	۲۶۳۴۳
نوع بام	بام با عایق از خارج			
	نوع ۱	نوع ۲	بام سبز	
میزان انرژی مصرفی گرمایش (kwh)	۲۰۶۸۴	۳۱۹۰۲	۱۸۶۹۷	

در نمودار شکل ۹ میزان مصرف انرژی بر حسب kwh در تمام بام ها نشان داده است.



شکل ۹- نمودار مصرف انرژی گرمایشی بام های مختلف بر حسب kwh [نگارندگان]

روش بیشترین ضخامت را دارد و این خود باعث افزایش هزینه های اولیه در اجرا و نگهداری می شود. در مرحله بعد بهترین گزینه بام نوع ۱ (وارونه) در قسمت عایق کاری خارجی معرفی می شود که کمترین مصرف انرژی را دارد ولی اگر ضخامت دارای اهمیت باشد با عایق کاری نوع ۲ (بام وارونه با اجرای کف سازی به صورت تر) تنها با ۱۲.۴ kWh اختلاف در میزان انرژی ۵ سانتی متر کاهش در ضخامت بام را خواهیم داشت. شایان ذکر است در این مدل سازی عایق کاری از داخل نوع دوم و سوم دارای ضخامت و میزان مصرف انرژی یکسان جهت گرمایش می باشند که بسته به نوع کاربری و موارد مهم دیگر انتخاب صورت می پذیرد.

می تواند سبب کاهش مصرف و همچنین کاهش هزینه های ساختمان در بلند مدت شود اما در صورت عدم استفاده از بام سبز می توان از بام هایی که دارای عایق حرارتی از خارج هستند بهره برد. لازم به ذکر است در شبیه سازی های انجام شده از ملحقات سقف همچون آویز سقف کاذب، پروفیل ها و ... صرفه نظر شده است. با توجه به نتایج حاصل در این مقاله به طور کلی عایق کاری خارجی دارای عملکرد بهتری نسبت به عایق کاری داخلی میباشد. به استثناء بام نوع اول در قسمت عایق کاری داخلی (تیرچه و بلوک (یا پانل سقفی) پاشنه دار با سقف کاذب) که دارای میزان مصرف انرژی کمتری نسبت به بام با عایق کاری خارجی است اما باید به این نکته توجه نمود که عایق کاری بام در این

مراجع

- [۱] قبادیان، وحید، فیض مهدوی، محمد. (۱۳۸۹). "طراحی اقلیمی، اصول نظری و اجرایی کاربرد انرژی در ساختمان" چاپ دوازدهم (ترجمه)، انتشارات دانشگاه تهران، ۲۴۹ صفحه.
- [۲] اجهان بخش، حیدر، کریم بیگی، کانیا. (۱۳۶۹). "معماری ساختمان سبز به زبان تصویر". چاپ اول (ترجمه)، نشر کتاب کتابکده کسری، تهران، ۲۸۶ صفحه.
- [۳] نوروزمقدم، سمیه، روشن، محسن، ۱۳۹۵، بررسی تاثیر پوشش گیاهی بام سبز بر صرفه جویی انرژی ساختمان در شهر لاهیجان، اولین کنفرانس علمی پژوهشی عمران، معماری و محیط زیست پایدار، تهران، موسسه معماری و شهرسازی ایوان شمس،
- [۴] موسی زاده، ندا، یعقوب زاده، نوید، ۱۳۹۵، بررسی میزان صرفه جویی انرژی در ساختمان های اقلیم گرم و خشک (مورد مطالعه: بررسی پنجره upvc با شیشه الکتروکرومیک و pcm- در کاربری مسکونی-اصفهان)، دومین کنفرانس ملی یافته های نوین پژوهشی در عمران، معماری و شهرسازی، گرگان، دانشگاه آزاد اسلامی واحد گرگان،
- [۵] مسندی، مریم، حیدری، شاهین. (۱۳۸۹). "شبیه سازی بام ها راهکار بررسی دقیق تاثیرات دمایی در محیط مجازی"، نشریه هنرهای زیبا، معماری و شهرسازی، صفحه ۵.
- [۶] Jian-feng Li, Onyx W.H. Wai, Y.S. Li, Jie-min Zhan, Y. Alexander Ho, James Li, Eddie Lam." (۲۰۱۰). Effect of green roof on ambient CO₂ concentration" Journal of building and environment, ۴۵, ۲۶۴۴-۲۶۵۱.
- [۷] P. N. Kalu, P. E. Agbo and P. A. Nwofe (۲۰۱۵). Thermal Comfort Analysis of Different Roofing Materials" Asian Journal of Applied Sciences, ۲۳۲۱ - ۰۸۹۳
- [۸] J. Xamán, J. Cisneros-Carreño, I. Hernández-Pérez, I. Hernández-López, K.M.

Aguilar-Castro, E.V. Macias-Melo “ (۲۰۱۷) Thermal performance of a hollow block with/without insulating and reflective materials for roofing in Mexico” Applied Thermal Engineering, ۱۲۳, ۲۴۳-۲۵۵.

[۹] خان احمدلو، سمانه، فیضی، محسن، مفیدی شمیرانی، مجید، (۱۳۹۵). “تأثیر بررسی رفتار حرارتی پوسته بنا در ساختمانهای مسکونی بر اصلاح ساخت و ساز به منظور کاهش اتلاف انرژی”. نشریه مدیریت شهری، ۴۷، ۴۳۳-۴۴۶

[۱۰] راهنمای مبحث نوزدهم صرفه جویی در مصرف انرژی جلد دوم جزئیات اجرایی عایقکاری حرارتی جداره های پوسته خارجی ساختمان، مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی (۱۳۹۶).

[۱۱] دفتر مقررات ملی و کنترل ساختمان، (۱۳۹۶) “راهنمای مبحث نوزدهم صرفه جویی در مصرف انرژی جلد دوم جزئیات اجرایی عایق کاری حرارتی جداره های پوسته خارجی ساختمان، مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی، چاپ اول.

[۱۲] سازمان هواشناسی استان اصفهان، اطلاعات اقلیمی سال ۲۰۱۷-۲۰۱۲

Ashok Kumar, B.M. Suman – (۲۰۱۳)- Experimental evaluation of insulation [۱۳] materials for walls and roofs and their impact on indoor thermal comfort under composite climate, ۶۳۵-۶۴۳

[۱۴] ماده ۱۸ قانون اصلاح الگوی مصرف انرژی.

[۱۵] قانون پنج ساله ششم توسعه اقتصادی، دفتر برنامه، بودجه و آمار، مصوب ۱۳۹۵/۱۲/۱۴.



تأثیر نسبت مساحت پنجره به دیوار در مصرف انرژی نمونه موردی ساختمان اداری در شیراز با نرم افزار گرس هاپر و هانی بی

کد مقاله ۱۰۲

حامد سنگین^۱، پریسا خیری^۲، محمد حکیم آذری^۳

چکیده

وجود منابع فراوان انرژی در کشور و ارزان قیمت بودن آن باعث شده در اکثر موارد، مصرف انرژی به صورت بی رویه افزایش یابد و به مقدار قابل توجهی نیز اتلاف انرژی حاصل از آن باشد. این امر سبب شده، ساختمان های ایران ۶ برابر ساختمان های اروپایی انرژی مصرف می کنند. در این بین، ساختمان ها یک نقش اساسی در مصرف انرژی در سراسر جهان ایفا می کنند. بخش ساختمان تأثیر قابل توجهی بر روی مجموع مصرف طبیعی و انتشار آلودگی ها دارد. از طرفی پنجره به عنوان یکی از پرمصرف ترین پارامترها در بخش ساختمان می باشد. لذا بررسی مقدار بهینه نسبت ابعاد پنجره به دیوار (WWR) می تواند نقش به سزایی در کاهش تلفات حرارتی داشته باشد. در این مقاله مقدار بهینه نسبت ابعاد پنجره به دیوار جبهه های مختلف یک دفتر اداری در شهر شیراز بررسی شده است. مقادیر پیش فرض برای نسبت دیوار به پنجره بین بازه ۳۰ تا ۸۰ در شبیه سازی های انجام شده با نرم افزار هانی بی فرض شده است. در نهایت برای جبهه شمالی، شرقی، جنوبی و غربی مقدار بهینه نسبت پنجره به دیوار به ترتیب برابر ۳۰، ۴۰، ۳۰ و ۳۰ بدست آمده است، که نسبت بهینه به غیر بهینه سبب کاهش ۳۸ درصدی مصرف انرژی در یک جبهه می گردد.

واژگان کلیدی: نسبت پنجره به دیوار، هانی بی، بهینه سازی، شیراز، اداری.



- ۱- دانشجوی کارشناسی ارشد معماری و انرژی، دانشگاه هنر تهران؛ hamed.sangin@gmail.com
- ۲- دانشجوی کارشناسی ارشد معماری و انرژی، دانشگاه هنر تهران؛ parisakh90@gmail.com
- ۳- دانشجو کارشناسی ارشد انرژی معماری، دانشگاه هنر تهران؛ Mohammad.hakim.a@gmail.com

مقدمه

روزانه ۲۰۰ هزار بشکه بنزین و گازوییل وارد کشور و مصرف می‌شود که با احتساب مصرف روزانه ۳.۵ میلیون بشکه معادل نفت خام گاز طبیعی، مجموع مصرف انرژی در ایران روزانه ۵.۳۵ میلیون بشکه معادل نفت خام است. براساس پیشنهاد این موسسه، تا سال ۲۰۵۰ همچنین ۱۳ کشور در حال توسعه شامل آرژانتین، لهستان، آفریقای جنوبی، نیجریه، مصر، عربستان، ایران، پاکستان، مالزی، تایلند، ویتنام، فیلیپین و بنگلادش در صورت رشد مطلوب اقتصاد می‌توانند به ۱۳ اقتصاد برتر تبدیل شوند. جایگاه مطلوب ایران در افق ۲۰۵۰ به گونه‌ای است که اگر برنامه‌های اقتصادی خود را در قالب افق ۱۴۰۴ به خوبی انجام دهد، پس از عربستان، ترکیه و مصر در جایگاه چهارم منطقه قرار خواهد گرفت. این در حالی است که بر اساس سند چشم انداز قرار بوده تا سال ۱۴۰۴ به قدرت اول منطقه تبدیل شویم. [۱] لذا در صورت نداشتن برنامه مدون در کشور به خصوص در بخش های پرمصرف می‌توان خسارت های زیادی در دراز مدت به کشور تحمیل شود چرا که به عنوان مثال بخش ساختمان حدود ۴۰ درصد انرژی مصرفی جهان را شامل می‌شود. پس می‌توان با ایجاد یک راهنما برای طراح در مراحل ابتدایی گامی مثبت در جهت کاهش اتلافات انرژی در این بخش شود.

از آنجایی که پوسته ساختمان مسئول بیشترین اتلاف انرژی در ساختمان است، تمرکز بر روی این بخش می‌تواند راهکار مناسبی برای کاهش مصرف انرژی باشد. یکی از اجزای اصلی پوسته ساختمان پنجره ها است و همزمان پنجره یکی از مهمترین

اجزای مؤثر بر عملکرد حرارتی ساختمان به حساب می‌آید. شکل، اندازه، جهت و نیز ویژگی های نوری و حرارتی پنجره ها تأثیر چشمگیری بر شرایط روشنایی روز فضای داخلی و همچنین آسایش حرارتی و بصری ساکنان دارد. به همین منظور تعادل بین روشنایی روز و کاهش مصرف انرژی و یا کنترل مناسب میزان کسب انرژی خورشیدی توسط چندی از پژوهشگران طی سال های متوالی مورد بررسی قرار گرفته است [۲,۳,۴,۵].

پیشینه تحقیق

فنگ و همکاران به بررسی نسبت بهینه ابعاد دیوار به پنجره در ساختمان های صفر انرژی پرداخته اند [۶]، هارماتی و مگیار به بررسی نسبت بهینه پنجره، هندسه پنجره و مشخصات شیشه و تأثیر آن در کاهش مصرف انرژی پرداخته اند [۷].

گیا در اقلیم های مختلف اروپا ابعاد بهینه پنجره به دیوار و پتانسیل کاهش مصرف انرژی با اجرای مقدار بهینه پرداخته است [۸]. ون و همکاران اقدام به تهیه یک نقشه پیشنهادی ابعاد پنجره به دیوار برای ساختمان اداری در شهر های مختلف ژاپن پرداخته اند [۹].

در این مقاله سعی شده تا با استفاده از نرم افزار های شبیه سازی هانی بی به عنوان یکی از معتبر ترین کامپوننت های گرس هاپر در نرم افزار راینو مدل پیشنهادی ساختمان اداری آژانس بین المللی انرژی در شهر شیراز شبیه سازی گردد و مقادیر بهینه نسبت ابعاد پنجره به دیوار در تمامی جبهه ها محاسبه شود.

در این مقاله یک اتاق از ساختمان اداری یک

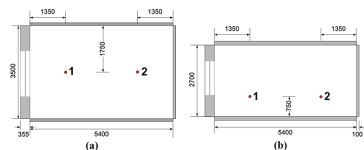
فرضیات و متغیرها ویژگی‌های حرارتی ساختمان و شرایط گرمایش، تهویه و سیستم تهویه مطبوع (HVAC) را در جدول ۱ نشان داده شده است. این فرضیات در تمامی شبیه سازی های انجام شده به دلیل یکسان سازی الگو ثابت در نظر گرفته شده و صرفاً نسبت پنجره به دیوار به عنوان متغیر در نظر گرفته شده است.

جدول ۱: خواص حرارتی عناصر ساختمانی و سیستم تهویه مطبوع جدول‌ها، شکل‌ها، دیاگرام‌ها و عکس‌ها (نگارندگان)

دیوار بیرونی	U-value : 0.55W/m ² k	کاشی ۸ میلی‌متر، میلستر، ملات ۲۰ میلی‌متر، بتن ۱۵۰ میلی‌متر، پلی‌استایرن منبسط شده ۱۰ میلی‌متر، لایه هوا، نخته گچی ۹ میلی‌متر، نخته فیبری ۱۲ میلی‌متر
سقف	U-value : 0.46W/m ² k	بتن سنگ، ۶ میلی‌متر، پلی‌استایرن منبسط شده ۱۰ میلی‌متر، آسفالت، ۱۰۰ میلی‌متر، بتن ۱۵۰ میلی‌متر، لایه هوا، نخته گچی ۹ میلی‌متر، نخته فیبری ۱۲ میلی‌متر
کف داخلی	U-value : 1.13W/m ² k	بتن سنگ ۱۲ میلی‌متر، نخته گچی ۹ میلی‌متر، لایه هوا، بتن ۱۵۰ میلی‌متر، کاشی پلاستیکی ۳ میلی‌متر
پنجره	U-value : 1.8W/m ² k	(نودجاره کم گسیل (۶ میلی‌متر) ۱۳ میلی‌متر (گلیسیتر)) ۷ لیتر/لیته - نرخ تهویه حداقل ۰.۵ ACH برنامه زمان بندی: (روزهای هفته) خاموش ۰۹:۰۰ - روشن ۱۸:۰۰ - خاموش
سرمایش		برق از شبکه ضریب عملکرد سیستم سرمایش ۳ مدای شروع به کار: ۲۸ درجه سانتیگراد برنامه: (روزهای هفته) خاموش ۸:۰۰ - روشن ۱۸:۰۰ - خاموش
گرمایش		برق از شبکه ضریب عملکرد سیستم سرمایش ۲ مدای شروع به کار: ۲۰ درجه سانتیگراد برنامه: (روزهای هفته) خاموش ۸:۰۰ - روشن ۱۸:۰۰ - خاموش

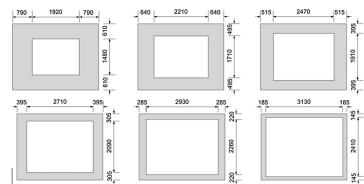
با توجه ارتفاع استاندارد میز کارمندان (۰.۷۵ متر بالای زمین) حداقل مقدار ۳۰۰ لوکس برای روشنایی در فضای اداری مطابق مبحث ۱۳ در نظر گرفته شده است [۱۱]، که در صورت پایین آمدن این مقدار از روشنایی های مصنوعی کمک گرفته می‌شود.

طبقه برای شبیه سازی مطابق تمرین مرجع شماره ۲۷ آژانس بین المللی انرژی استفاده شده است [۶]. ابعاد در نظر گرفته شده برای این اتاق با توجه به مرجع دارای ابعاد داخلی ۲.۷×۳.۴×۵.۴ متر به ترتیب طول و عرض و ارتفاع مدل می‌باشد. (شکل ۱)



شکل ۱: مدل مورد بررسی (a) پلان (b) مقطع [۱۰].

نسبت پنجره به دیوار بین ۳۰ تا ۸۰ با گام تغییر ۱۰ درصد (شکل ۲) در نظر گرفته شده است. حداقل ۳۰٪ نسبت پنجره به دیوار به این منظور فرض شده که نمای بیرونی آن به اندازه کافی در دسترس است، در حالی که حداکثر ۸۰٪ نسبت پنجره به دیوار برای محدود کردن تاثیر منفی ناشی از تاثیر منفی نفوذ بیش از حد نور خورشید در گرما و تابش در نظر گرفته شده است. دیوار که پنجره روی آن فرض شده است دارای تبادل حرارتی است، در حالی که سه جبهه دیگر به صورت بی دررو (Adiabatic) در نظر گرفته شده است. همچنین کف در تبادل گرمایی با زمین و سقف در تبادل گرمایی با فضای آزاد در نظر گرفته شده است.

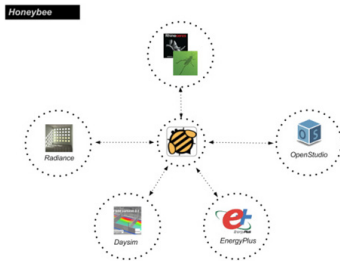


شکل ۲: نما نورگذر با درصد نسبت پنجره به دیوار به ترتیب از ۳۰ تا ۸۰ درصد [۱۰].

فراهم می کند. اولین نسخه از گرس هاپر، به نام تاریخچه صریح در آن زمان، در اصل در سپتامبر ۲۰۰۷، منتشر شد. گرس هاپر یک نرم افزار مدل سازی گرافیکی الگوریتمی است که در نسخه ۶ راینو به صورت یک پارچه و پیش فرض ترکیب شده قرار گرفته است. لیدی باگ و هانی بی پلاگین های محیط باز (اوپن سورس) برای گرس هاپر برای کمک به طراحان برای مدل سازی انرژی در گرس هاپر نوشته شده است.

از پلاگین لیدی باگ برای دریافت داده های آب و هوایی موثق و مورد تایید انرژی پلاس (EPW) فایل استفاده می شود و همچنین برای نمایش نتایج خروجی گرافیکی سه بعدی استفاده می شود.

از پلاگین هانی بی برای ارتباط به نرم افزار های انرژی پلاس، ردینس، دی سیم و اوپن استدیو برای شبیه سازی انرژی و روشنایی ساختمان استفاده می شود و مدل طراحی شده را برای نمایش میزان مصرف انرژی با موتور انرژی پلاس انجام می دهد. (شکل ۳ و ۴)



شکل ۳: دیاگرام نحوه کار پلاگین هانی بی

نقاط ارزیابی برای میزان روشنایی در شکل ۱ نشان داده شده است.

متغیرهای اعمال شده در نرم افزار برای شبیه سازی در جدول شماره (۲) آورده شده است.

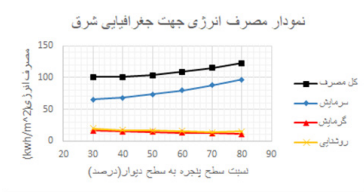
جدول ۲: متغیرهای مسئله [تکراردها]

روشنایی مصنوعی:	۱۰	وات بر متر مربع
تجهیزات اداری:	۴	وات بر متر مربع
نفرات:	۰.۱	نفر در متر مربع
میزان هوای تازه ورودی:	۰.۵	حجم در ساعت
میزان نفوذ هوای ناخواسته:	۰.۰۰۹۴۴	متر مربع بر ثانیه بر نفر

نرم افزار شبیه سازی

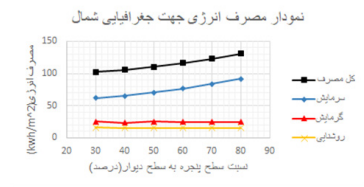
در این مقاله از نرم افزار گرس هاپر (Grass-hopper) نسخه ۱.۰.۰.۰۵ و پلاگین های آن لیدی باگ (Ladybug) نسخه ۰.۰.۰.۶۶ و هانی بی (Honeybee) نسخه ۰.۰.۰.۶۳ به عنوان برنامه مدل سازی و شبیه سازی انرژی برای تحلیل انرژی ساختمان اداری استفاده کردیم. گرس هاپر (به انگلیسی: grasshop - per 3D) یک زبان برنامه نویسی بصری است که توسط دیوید راتن در مؤسسه ربات مک نیل و همکاران توسعه یافته است. گرس هاپر در برنامه راینوسورس تری دی اجرا می شود. برنامه ها با کشیدن قطعه ها بر روی صفحه ساخته می شود. خروجی به این مولفه ها و سپس به ورودی از اجزای پس از آن متصل می شود. گرس هاپر به طور عمده برای ایجاد الگوریتم های مولد مورد استفاده قرار می گیرد. بسیاری از اجزای گرس هاپر هندسه های دو بعدی و سه بعدی ایجاد می کنند. بعضی از آنها انواع دیگری از الگوریتم ها از جمله عددی، متنی، صوتی و تصویری و برنامه های کاربردی لمس را ایجاد می کنند. "در میان دانشجویان، راینو که ابزار مدل سازی مک نیل می باشد در طراحی معماری در دنیا شناخته شده است. محیط گرس هاپر راهی مستقیم را برای طراحی بدون نیاز به یادگیری به اسکرپت

مصرف بهینه نسبت به بدترین حالت تنها ۲۱ درصد اختلاف وجود دارد که نسبت به جبهه های دیگر کمترین مقدار دارد. (شکل ۶)



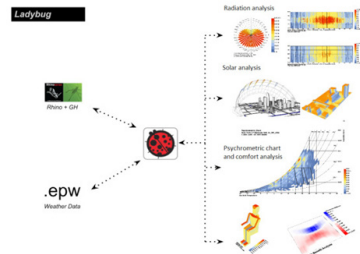
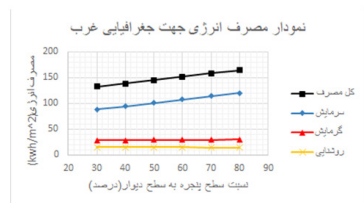
شکل ۶: نسبت میزان مصرف انرژی به WWR در جبهه شرقی

در جبهه شمالی با تغییر ابعاد پنجره میزان مصرف کلی انرژی سالانه بر حسب کیلووات ساعت بر مترمربع (kWh/m²) بین ۱۰۲۶ الی ۱۳۱۲ متغیر می باشد که مقدار بهینه پنجره به دیوار با مقدار ۳۰ درصد که کمترین مقدار باز شو بهینه می باشد. (شکل ۷)



شکل ۷: نسبت میزان مصرف انرژی به WWR در جبهه شمالی

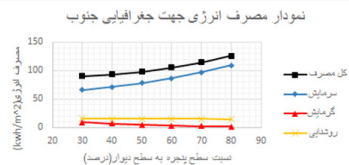
در جبهه غربی با تغییر ابعاد پنجره میزان مصرف کلی انرژی سالانه بر حسب کیلووات ساعت بر مترمربع (kWh/m²) بین ۱۳۲۴ الی ۱۶۴۷ متغیر می باشد که مقدار بهینه پنجره به دیوار با مقدار ۳۰ درصد که کمترین مقدار باز شو بهینه می باشد. (شکل ۸)



شکل ۴: دیاگرام نحوه کار پلاگین لیدی باگ

شبیه سازی

در جبهه جنوبی با تغییر ابعاد پنجره میزان مصرف کلی انرژی سالانه شامل گرمایش و سرمایش و روشنایی بر حسب کیلووات ساعت بر مترمربع (kWh/m²) بین ۹۰۷۲ الی ۱۲۵۷۶ متغیر می باشد که مقدار بهینه پنجره به دیوار با مقدار ۳۰ درصد می باشد. در این جبهه مقدار مصرف بدترین حالت نسبت به حالت بهینه بیش از ۳۸ درصد اختلاف وجود دارد که نسبت به جبهه های دیگر بیشترین مقدار دارد و این نشان دهنده اهمیت این جبهه به جبهه دیگر است. (شکل ۵)

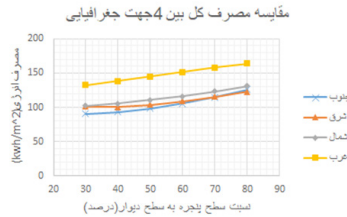


شکل ۵: نسبت میزان مصرف انرژی به WWR در جبهه جنوب

در جبهه شرقی با تغییر ابعاد پنجره میزان مصرف کلی انرژی سالانه بر حسب کیلووات ساعت بر مترمربع (kWh/m²) بین ۱۰۰۹۶ الی ۱۲۲۹۳ متغیر می باشد که مقدار بهینه پنجره به دیوار با مقدار ۴۰ درصد که کمترین مقدار باز شو بهینه می باشد در این جبهه مقدار

انرژی را به خود اختصاص داده اند. این آمار و این بحران ها سبب گشته تا بهینه سازی در بخش ساختمان به عنوان یک اصل تلقی شود. راهکارهای بهینه سازی در ساختمان بسیار زیاد می باشد و در صورت اجرای درست مفید واقع شود. در این میان پنجره به عنوان یکی از پل های حرارتی ساختمان محسوب می شود. در این مقاله نیز با بررسی نسبت پنجره به دیوار در چهار جبهه یک ساختمان اداری به این نتیجه رسیدیم که جبهه غرب به عنوان پرمصرف ترین جبهه و جبهه جنوب به عنوان کم مصرف ترین جبهه می باشد. همچنین نتایج و بررسی ها نشان می دهد با افزایش نسبت پنجره به دیوار با سرمایه گذاری در ساختمان افزایش پیدا می کند و از طرفی جبهه جنوب ساختمان بیشترین اختلاف بین درصد ایده آل و درصد نامناسب از لحاظ اتلاف انرژی حرارتی دارد. که نسبت اجرای ساختمان با نسبت پنجره ایده آل و نامناسب حدود ۳۸ درصد می باشد.

در انتها به مقایسه کلی چهار جبهه پرداخته میشود و مشاهده میشود مصرف انرژی در جبهه غربی بیشتر از جبهه های دیگر است و سه جبهه دیگر نزدیک به یکدیگر می باشد. (شکل ۹)



شکل ۹: نسبت میزان مصرف انرژی به WWR در جبهه های مختلف

نتیجه گیری

ایران به عنوان یکی از کشورهای در حال توسعه سهم زیادی در افزایش بحران های آب، انرژی و تغییرات اقلیم در جهان دارد و از طرفی با توجه به آمارهای آژانس بین المللی انرژی ساختمان ها حدود ۴۰ درصد مصرف

مراجع

- [1] Lee, E., Selkowitz, S. (1995). "The design and evaluation of integrated envelope and lighting control strategies for commercial buildings".ASHRAE Transactions, 101 (1), 326-342.
- [2] Tzempelikos, A., Bessoudo, M., Athienitis, A.K, Zmeureanu, R. (2010). "Indoor thermal environmental conditions near glazed facades with shading devices – Part II: Thermal comfort simulation and impact of glazing and shading properties". Building and Environment, 45, pp, 2525-2517.
- [3] Hviid, C., Nielsen, T.R., Svendsen, S. (2008). "Simple tool to evaluate the impact of daylight on Building energy consumption". Solar Energy, 82 (9), pp. 787-798.
- [4] Franzetti, C., Fraisse, G., Achard, G., 2004. "Influence of the coupling between daylight and artificial lighting on thermal loads in office Buildings".

Energy and Buildings, 36, pp. 117-126.

[6] Feng,G. Chi,D Xu,X.Dou,B.Sun,Y.Fua,Y.,2017 “Study on the Influence of Window-wall Ratio on the Energy Consumption of Nearly Zero Energy Buildings” . Procedia Engineering, 205, pp730-737.

[7] Harmatia, N.Magyarb, Z., 2015. “Influence of WWR, WG and Glazing Properties on the Annual Heating and Cooling Energy Demand in Buildings”. Energy procedia, 78, pp2458-2463.

[8] Goia, F. 2016. “Search for the optimal window-to-wall ratio in office buildings in different European climates and the implications on total energy saving potential”. Solar Energy, 132, pp467-492.

[9] Wen, L.Hiyama, K.Koganei, M, 2017. “A method for creating maps of recommended window-to-wall ratios to assign appropriate default values in design performance modeling: A case study of a typical office building in Japan”. Energy and Buildings, 145, pp304-317.

[10] van Dijk D, Platzer WJ. Reference office for thermal, solar and lighting Calculations. International Energy Agency (IEA) Task 27. Report no. swift-wp3-Tno-dvd-030416; (2003).

[۱۱] وزارت مسکن و شهرسازی، معاونت امور مسکن و ساختمان، مقررات ملی ساختمان
مبحث ۱۳ طرح و اجرای تاسیسات برقی ساختمان ها، ۱۳۸۲.
[۱۲] سایت اینترنتی پلاگین هانی بی و لیدی باگ، www.ladybug.tools.



اندازه گیری عملکرد حرارتی دیوار خارجی دارای عایق آیروژلی هوشمند شبیه سازی شده در مقایسه با دیوار مشابه فاقد عایق

کد مقاله: ۱۰۱۹

حیدر جهان بخش^۱، کاوه ایروانی^۲

چکیده

در دهه های اخیر اثرات مخرب مصرف بی رویه سوخت های تجدید ناپذیر و کم توجهی به مفهوم پایداری، صدمات قابل توجهی را به محیط زیست وارد کرده است. طبق آمار مراکز معتبر پژوهشی حدود چهل درصد از انرژی مصرفی بشر در بخش ساختمانی به مصرف می رسد، بنابراین توجه به بخش ساختمان از اهمیت بالایی برخوردار است. از اصول معماری پایدار مصرف بهینه انرژی و کاهش تلفات حرارتی و بهره گیری از انرژی های تجدید پذیر می باشد. دیوار خارجی دارای عایق آیروژلی هوشمند (هوشمندی عایق به صورت دستی اعمال شد)، برنامه اصلی این پژوهش تجربی و نوآورانه می باشد و نتایج آزمون ها نسبت به اتاقک کنترل کاملا مشابه و تنها فاقد عایق، مورد مقایسه قرار گرفت. علت بکار گیری عایق آیروژلی نخست به دلیل ممتاز بودن خاصیت عایق گرمایی این ماده بود و دیگر اینکه طبق نظر متخصصین دانشکده شیمی دانشگاه تهران امکان ساخت آیروژل با خاصیت عایقی هوشمند نسبت به محرک های محیطی امکان پذیر می باشد. نتایج حاصل از پژوهش فوق نشان داد اتاقک آزمون دارای دیوار با عایق آیروژلی هوشمند با در نظر داشتن تمام شرایط آزمون نسبت به اتاقک کنترل مشابه اما فاقد عایق در طول ۲۴ ساعت $0/9 \pm 28/8$ کیلو ژول انرژی بیشتری را به داخل اتاقک آزمون انتقال می دهد.

واژگان کلیدی: دیوار خارجی، عایق آیروژل، هوشمندی، اتاقک آزمون.



۱- استادیار دانشکده معماری دانشگاه پیام نور شرق تهران، تهران، ایران؛ jahanhaksh@pnu.ac.ir
۲- کارشناسی ارشد، دانشکده معماری دانشگاه پیام نور شرق تهران، تهران، ایران؛ ir.kaveh@gmail.com

مقدمه

فناوری های انرژی خورشیدی، منبع انرژی پاک، تجدیدپذیر و بومی را ارائه می دهند که اجزای ضروری توسعه پایدار هستند [۱]. انرژی خورشیدی علاوه بر اینکه از انواع انرژی های پاک است، این مزیت را داراست که در تمام نقاط جهان بدون اتلاف در فرایند انتقال به واحدهای مصرف کننده، در دسترس است [۲]. انرژی در دستیابی به شهری پایدار جایگاه ویژه ای دارد [۳]. از دیدگاه ریچارد راجرز طراحی پایدار قصد دارد تا با نیازهای آینده روبرو شود بدون آن که، منابع طبیعی باقی مانده برای نسل آینده را از بین ببرد. در مورد ساختمان ها، طراحی پایدار به کارایی منابع، انرژی حداقل، انعطاف پذیری و عمر طولانی، اشاره می کند [۴].

ماده هوشمند در تعریفی چنین معرفی می شود: "موادی که در صورت اعمال محرکی خارجی مانند فشار، دما، رطوبت، ۱ PH و میدان های الکتریکی یا مغناطیسی، یک یا چند خصوصیت آن به طور ویژه ای می تواند تغییر یابد" [۵]. در حوزه هوش مصنوعی تعریف هوشمندی چنین است: "هر سیستمی که رفتاری سازگار برای رسیدن به محدوده ای از اهداف محیطی را ایجاد نماید، هوشمند نامیده می شود" [۶]. سازمان فضایی امریکا (NASA2) مواد هوشمند را چنین تعریف می کند، موادی که پیکربندی شان را بخاطر می سپارند

و زمانیکه محرک خاصی اعمال شود، می توانند به آن پیکربندی تغییر شکل دهند. در این تعریف بروشنی مشخص می شود که ناسا به چه شکلی می خواهد بر روی این مواد تحقیق کند و آن ها را بکار ببندد. در تعریفی جامع تر از دانشنامه فناوری شیمی داریم: مواد و ساختارهای هوشمند، آن دسته از مواردی هستند که اتفاقات محیط را حس، اطلاعات احساس شده را تحلیل و آنگاه با محیط رفتار می نمایند [۷].

طبق آمار ارائه شده اتحادیه اروپا سهم بخش ساختمان در حدود چهل درصد از کل انرژی مصرفی و تقریباً چهل درصد از انتشار گازهای گلخانه ای CO2 است [۸]. در بیشتر ساختمان ها جهت کاهش مصرف انرژی های فسیلی و بهره برداری از انرژی های برگشت پذیر مانند گرمای حاصل از تابش خورشید و دمای محیط، تلاش فراوانی صورت می گیرد. در زمینه ساخت دیوارهای خارجی ساختمان ها مطالعات و طراحی های ویژه ای صورت گرفته است. هدف این پژوهش اندازه گیری عملکرد حرارتی اتاقک آزمون شامل نوع خاصی از دیوار خارجی دارای عایق آبروژلی هوشمند در مقایسه با اتاقک آزمون دارای همان نوع دیوار اما فاقد عایق، بصورت همزمان می باشد. در بررسی ها نمونه ای مشابه این پژوهش مشاهده نشد و از لحاظ نوآوری ایده این پژوهش منحصر بفرد می باشد. برای انجام پژوهش دو اتاق آزمایش و کنترل ساخته

سازه و عملکرد گرمایی است [۱۲]. در اکثر کشورها تقاضا برای مصرف انرژی در حال افزایش است در حالیکه منابع انرژی مرسوم برای تامین آن وجود ندارد. بدین دلیل، ذخیره و حفظ انرژی در بخش ساختمانی تشویق می‌شود. یکی از این راه حل‌ها بهبود بکارگیری انرژی ساختمان‌ها به موجب کاهش تلفات گرمایی در دیوارهای خارجی ساختمانی می‌باشد [۱۳]. در ساختمان‌ها جهت کاهش مصرف انرژی‌های فسیلی و بهره برداری از انرژی‌های برگشت پذیر مانند گرمای حاصل از تابش خورشید و دمای محیط، تلاش فراوانی صورت می‌پذیرد. در زمینه ساخت دیوارهای خارجی ساختمان‌ها از لحاظ کاهش تلفات حرارتی و بهره‌گیری از شرایط اقلیمی مطالعات و طراحی‌های ویژه‌ای صورت پذیرفته است. هدف این پژوهش بررسی بکارگیری عایق آبروژلی هوشمند در دیوار خارجی طراحی شده به شکلی خاص، می‌باشد.

در جستجوهای صورت گرفته موارد خیلی نزدیک به پژوهش یافت نشد و دو مورد نزدیک به پژوهش معرفی می‌شود. موردی تحت عنوان "تحلیل مفهومی و طراحی عایق هوشمند چند عملکردی طبقه ای" [۱۴]. عایقی لایه لایه از صفحات موازی را معرفی مینماید که با تزریق باد در میان لایه‌ها خصوصیت عایقی از خود نشان میدهد و با خروج هوا از میان این لایه‌ها ساختار فوق دارای

شدند که دیوارهای جنوبی دو اتاقک (دیوار اصلی) جهت اعمال تغییرات متغیرهای مستقل طراحی شدند. هدف پژوهش بهره‌گیری از عایق‌های آبروژلی هوشمند در پوشش‌های خارجی ساختمان‌ها است و به جهت اینکه هنوز عایق آبروژلی با خصوصیت هوشمندی یا کنترل پذیری ساخته نشده است، انجام عملکرد هوشمندی بصورت دستی انجام شد؛ تا عملکرد عایق هوشمند شبیه سازی شود و نتایج آن مورد بررسی قرار بگیرد.

پیشینه پژوهش

اخیرا تحقیقات در زمینه مواد هوشمند در بسیاری از حوزه‌ها پیشرفت کرده است، مانند صنایع، مهندسی پزشکی و در زمینه ساختمان سازی معاصر [۹]. در جهان مطالعات بسیار زیادی بر روی مواد هوشمند متمرکز است تا این مواد در ساختمان‌ها بکار گرفته شوند و ساختمان‌ها بتواند به تغییرات اقلیمی پاسخ بهتری بدهند [۱۰]. فناوری‌های مواد هوشمند کلید عرصه رقابت پیشرفته در قرن ۲۱ می‌باشد. مشاهده می‌شود که دیوار سنتی بین علم مواد و معماری در حال فرو پاشی است، میزان مطالعات نشاندهنده این نکته است که هر چه ما به سمت آینده پیش می‌رویم، ارتباط بین این دو حوزه بیشتر می‌شود [۱۱]. نتایج بدست آمده نشان میدهد که غالب مطالعات معماری در سه شاخه زیبایی شناسی،

بر روی متغیر مستقل در گروه تجربی (آزمایش) و عدم اعمال این تغییرات در گروه کنترل (شاهد) می توان نتایج تغییر در متغیر وابسته را در دو گروه با هم مقایسه کرد و به نوع و مقدار تاثیر عامل تغییر بر متغیر وابسته پی برد. برای آنکه بتوان گروه کنترل را با گروه آزمایش مقایسه کرد باید هر دو گروه متناظر باشند [۱۷]. همانگونه که قبلا هم توضیح دادیم این تحقیق با دو اتاقک آزمون انجام خواهد شد. یکی از اتاقها بنام "اتاق آزمایش" و دیگری "اتاق کنترل" نام گذاری می شوند که اتاق کنترل بدون تغییر متغیر مستقل، جهت ارزیابی تغییرات اتاق آزمایش طراحی شده است. یعنی وضعیت متغیر مستقل در دو اتاق متفاوت است و با توجه به این تفاوت وضعیت متغیر وابسته در دو اتاق کاملا مشابه، با هم مورد مقایسه قرار می گیرند تا فرضیه آزمون سنجیده شود (در دو اتاق تنها متغیر مستقل متفاوت می باشد و سایر مولفه ها کنترل خواهند شد تا تغییرات متغیر وابسته مربوط به دو اتاق بدست آیند). روش تحقیق مورد استفاده در این مقاله به شیوه "روش تحقیق تجربی (آزمایشی)" می باشد. محیط پژوهش فوق اقلیم شهر تهران و در آبان ماه بود، اقلیم شهر تهران را می توان اقلیمی نیمه گرم و خشک در نظر گرفت. آزمایشات پژوهش در دو اتاقک آزمون بدقت طراحی و ساخته شده مجزا صورت پذیرفت و قبل از شروع

خصوصیت رسانش گرمایی می شود. در پژوهش فوق به روش محاسباتی مشخصات رسانشی این ساختار مورد نقد و بررسی قرار گرفت و بررسی های مفهومی بدست آمده چار چوب و چشم انداز مطالعات آتی جهت ساخت و طراحی آزمایشگاهی چنین موادی را در آینده ترسیم مینماید. پژوهشی دیگر که تا حدودی به ساختار پژوهش ما نزدیک بود تحت عنوان "معرفی سیستم نوین لایه های ساختمانی تغییر پذیر (فناوری نو در طراحی معماری اقلیمی)" [۱۵]. بود. در آن پژوهش با استفاده از جداره های چند لایه شیشه ای سعی در تغییر خصوصیت رنگی لایه های مختلف و یا مواد بکار رفته در لایه ها داشته است، تا بدینسان عملکرد حرارتی و انتقال نور خورشید به داخل ساختمان را تنظیم نمایند و البته قابل به ذکر است که آن عملکرد بصورت مکانیکی تغییر می کرده است. در پژوهش ما از ساختار دیوارهای مرسوم استفاده شده است در حالیکه در پژوهش مورد اشاره، صرفا از چند لایه شیشه و مواد تزریق شده در شیشه ها به عنوان دیوار استفاده می شود.

روش و ابزار تحقیق

"طرح آزمایش" در پژوهش تجربی یکی از مهمترین قسمت های آزمایش می باشد و برای انجام ساده ترین طرح آزمایش حداقل به یک گروه تجربی و یک گروه کنترل نیاز است [۱۶]. با اعمال تغییرات دلخواه طراح آزمایش

A = مساحت صفحه انتقال حرارت
«m»

q = آهنگ انتقال گرما «W»

K = رسانش گرمایی «W/m.k»

برای آهنگ انتقال گرما داریم: $\frac{\partial Q}{\partial t}$
q = بنابراین:

$$K A \frac{\partial T}{\partial x} \frac{\partial Q}{\partial t} =$$

$$K A (\frac{\partial T}{\partial x}) \frac{\partial Q}{\partial t} =$$

$$\int_{t_1}^{t_2} -K A \left(\frac{dT}{dx}\right) dt = \int_{q_1}^{q_2} dQ =$$

$$Q_2 - Q_1 = Q =$$

$$\int_{t_1}^{t_2} -K A (T_{outt} - T_{int}) / L dt$$

L ضخامت صفحه عایق و Q انرژی انتقال یافته توسط صفحه در فاصله زمانی بین t_1 تا t_2 می باشد و T_{out} دمای بیرونی صفحه و T_{in} دمای داخلی صفحه در زمان t می باشد. اتافک های آزمون ما دارای شش وجه می باشند و وجه جنوبی آنها صفحه ای می باشند که تغییرات فرضیه پژوهش بر روی آنها صورت می پذیرد رسانش گرمایی این وجه در اتاق آزمایش k_{11} و برای اتاق کنترل k_{21} نامیده می شود. برای سایر وجوه با همین سیستم اندیس گذاری می شوند. در شکل ۳ وضعیت اتافک ها برای استفاده از معادلات فوریه نمایش داده میشوند.

آزمایشات اصلی تلاش در کالیبره کردن ابزار اندازه گیری و دو اتافک نسبت به هم صورت پذیرفت. متغیر مستقل این پژوهش، هوشمند بودن و غیر هوشمند بودن عایق ایروزل و شرایط دمایی محیط بیرون و متغیر وابسته، دمای داخل اتافک های آزمون می باشند. برای گردآوری اطلاعات از شیوه "مشاهده" و بطور دقیق تر از شیوه "مشاهده کنترل شده آزمایشگاهی" بهره گیری شد. در بخش تجزیه و تحلیل داده ها از ابزار آماری نرم افزار اکسل^۳ و متلب^۴ برای تجزیه و تحلیل یافته ها استفاده شد تا درک بهتری از واقعیات را ایجاد نماییم.

برای محاسبات مربوط به رسانش گرمایی^۵ دیوار اصلی اتاق آزمایش در آزمون عایق هوشمند ابتدا رسانش گرمایی دیوار اصلی اتاق کنترل محاسبه شد و با استفاده از آن به محاسبه رسانش گرمایی دیوار اصلی اتاق آزمون با عایق هوشمند پرداخته شد.

برای تعیین رسانش گرمایی دیوار اصلی اتاقها نسبت به یکدیگر از قانون فوریه و قانون ذخیره انرژی در ماده استفاده مینماییم. روابط زیرین قوانین فوریه مربوط به صفحه انتقال دهنده حرارت می باشد.

$$T / \frac{\partial x}{\partial x} - K A q = \frac{\partial}{\partial x} \frac{\partial T}{\partial x}$$

قانون فوریه $T / \frac{\partial x}{\partial x} =$ گرادیان یا اختلاف دما در جهت گرما «k/m»



سطح محصور معادلات انرژی استفاده شد.

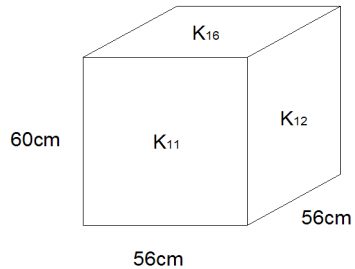
مقالات به زبان فارسی یا انگلیسی پذیرفته می‌شوند. ارائه مقالات فارسی به زبان فارسی و مقالات انگلیسی حسب درخواست ارائه دهنده به زبان انگلیسی و یا فارسی خواهد بود.

مقالات بر روی صفحه A4 تحریر شوند، به صورتی که ۲۰ میلیمتر از چپ و راست و ۲۰ میلیمتر از پایین و بالا فاصله داشته، سربرج استاندارد مقالات که در صفحه اول هر مقاله از سایر صفحاتش متمایز است رعایت گردد و فاصله دو ستون از یکدیگر ۱۰ میلیمتر باشد.

بین عنوان هر بخش و متن آن بخش خطی رها نگردد. عناوین فرعی هر بخش لازم نیست پررنگ‌تر از متن اصلی مقاله باشد. بین هر دو بخش مقاله، (به عنوان مثال مقدمه و بدنه اصلی در این نوشتار)، یک خط رها شود. در مقالات به زبان فارسی از به کار بردن کلمات معادل انگلیسی در داخل متن اجتناب شود، و معادل کلمات به صورت پاورقی با ذکر شماره تحریر شود.

معرفی نمونه موردی

ایران فلاتی است مرتفع که در عرض جغرافیایی (-) درجه در نیمکره شمالی و در منطقه گرم واقع است. تقسیمات اقلیمی، که بر اساس مطالعات و پیشنهادهای دانشمندان محیط شناس ایرانی تدوین شده عموماً در حیطه معماری شامل تقسیم‌بندی‌های



شکل ۳ وضعیت اجزای اتاق‌ها جهت محاسبات عددی

Q1T مجموع انرژی انتقال یافته به داخل اتاقک ۱ در بازه زمانی بین t_1 تا t_2 می‌باشد و برابر است با مجموع انرژی‌های انتقال یافته از تمام وجوه اتاقک ۱؛ بنابراین داریم:

$$Q1T = Q11 + Q12 + \dots + Q16$$

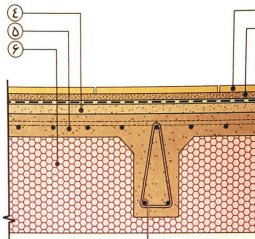
$$Q1T = \int_{t_1}^{t_2} K_{12} A_{12} (T_{out,t} - T_{in,t}) dt + \int_{t_1}^{t_2} K_{16} A_{16} (T_{out,t} - T_{in,t}) dt + \dots$$

همچنین برای رابطه ذخیره انرژی گرمایی در اتاقک‌ها از روابط زیر استفاده شد.

$$Q1T = dQ1T = m_1 c_1 \Delta T_1; \quad Q2T = dQ2T = m_2 c_2 \Delta T_2$$

در روابط بالا تقریباً جرم داخلی دو اتاقک یک اندازه می‌باشد و ظرفیت گرمایی ویژه دو اتاقک هم با توجه به انتخاب جنس مواد مشابه تقریباً یکسان می‌باشد یعنی: $m_1 = m_2$; $c_1 = c_2$. از نرم افزار متلب برای محاسبه انتگرال

اتاق کاملا مشابه، با هم مورد مقایسه قرار می‌گیرند تا فرضیه آزمون سنجیده شود (در دو اتاق تنها متغیر مستقل متفاوت می‌باشد و سایر مولفه‌ها کنترل خواهند شد تا تغییرات متغیر وابسته مربوط به دو اتاق بدست آیند).



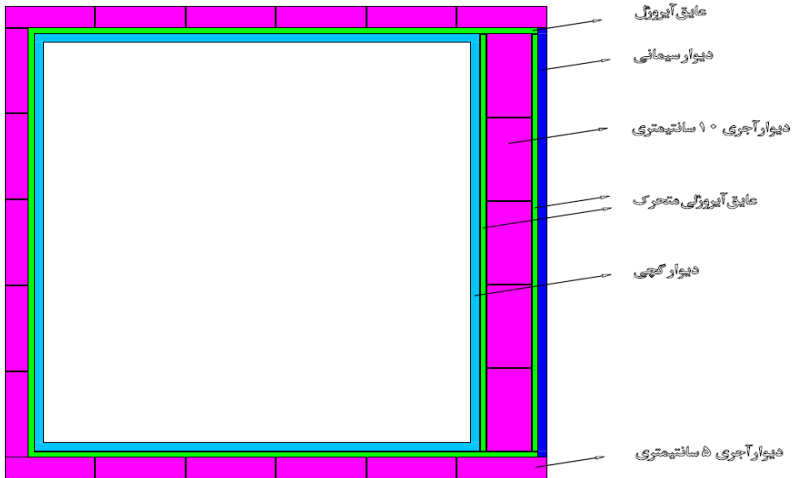
شکل ۲ تصویر اتاق‌های آزمون

دو نوع دیوار در شکل ۲ مشاهده می‌شود. دیوار دست راست "دیوار اصلی" است و دیوارهای مشابه بالایی، پایینی و چپی دیوارهایی معمولی می‌باشند. ترتیب قرار گیری لایه‌های آجر، عایق و گچ ترتیب مرسوم قرار گیری لایه‌ها از خارج به داخل ساختمان می‌باشد که برای دیوارهای معمولی بکار گرفته شد، اما در دیوار اصلی از دو لایه عایق با قابلیت جابجا پذیری استفاده شده است و بین این دو لایه عایق، یک لایه آجر با ضخامت ۱۰ سانتیمتر بکار گرفته می‌شود تا لایه آجر میانی حکم ذخیره کننده انرژی را ایفا نماید.

چهارگانه به شرح زیر است: ۱- اقلیم گرم و خشک (فلات مرکزی ایران) - ۲- اقلیم سرد کوهستانی (مناطق کوهستانی غرب کشور) - ۳- اقلیم معتدل و مرطوب (کرانه جنوبی دریای خزر) - ۴- اقلیم گرم و مرطوب (کرانه شمالی خلیج فارس و دریای عمان) [۱۸].

تهران (واقع در عرض جغرافیایی ۳۵ درجه شمالی و طول جغرافیایی ۵۱ درجه شرقی) طبق طبقه بندی اقلیمی کوپن، دارای اقلیم گرم و خشک قاره‌ای تابستان‌های گرم و خشک و زمستان‌های سرد است. از میان ایستگاه‌های سینوپتیک هواشناسی موجود در تهران، آمار ایستگاه ژئوفیزیک جهت بررسی اقلیم منطقه مورد استفاده قرار گرفته است [۱۹].

دو اتاقک آزمون ۶ طراحی، ساخته و مورد استفاده قرار گرفت که یکی از اتاقک‌ها بنام "اتاق آزمایش" و دیگری "اتاق کنترل" نامگذاری شدند، تغییرات مورد نظر پژوهش در اتاق آزمون اعمال شد و نتایج حاصل از آن نسبت به پاسخ اتاق کنترل مورد ارزیابی قرار گرفت. جهت "دیوار اصلی" رو به سمت جنوب است. شکل ۱ اتاقک‌های ساخته شده جهت آزمون را نشان می‌دهند. اتاق کنترل بدون تغییر متغیر مستقل، جهت ارزیابی تغییرات اتاق آزمایش طراحی شده است. یعنی وضعیت متغیر مستقل در دو اتاق متفاوت است و با توجه به این تفاوت وضعیت متغیر وابسته در دو



شکل ۳ لایه‌های اتاقک آزمون

اصلی) می‌باشد، تا بدون جابجایی سقف اصلی اتاقک‌ها و ایجاد تلفات حرارتی قادر به جابجایی عایق‌ها در ساعات مقرر باشیم (شبیه سازی هوشمندی عایق‌ها). در قسمت "پیش آزمون" ۷ ابزار اندازه گیری و عملکرد اتاقک‌های آزمون نسبت به یکدیگر کالیبره و تنظیم شدند.

برای این پژوهش در دو مرحله آزمون مقادیر رسانش گرمایی دیوارهای اصلی دو اتاقک را محاسبه کردیم و سپس با استفاده از آن مقادیر و انجام آزمایشات مرحله سوم که آزمایشات هدف پژوهش بود مقدار کمی خواسته پژوهش را دست آوردیم.

بدنه تحقیق

هدف این پژوهش محاسبه رسانش گرمایی دیوار اصلی اتاق آزمایش با عایق

ضخامت لایه گچی حدود ۵/۱ سانتیمتر است. لایه بیرونی دیوار اتاقک از سه سمت آجر با ضخامت ۵ سانتیمتر و در سمت دیوار آزمون از پوشش ملات سیمان و ماسه به ضخامت ۲ سانتیمتر ساخته شد. . بغیر از عایق‌های دیوار اصلی که از عایق آلوزول با ضخامت ۲/۱ استفاده می‌شود (فضای قرار گیری عایق ۵/۲ سانتیمتر می‌باشد)، سایر عایق‌های بکار رفته در کف، دیوارها و سقف از جنس پلی استایرن با دانسیته ۲۵ است، که ضخامت آنها ۲ سانتیمتر است. تمام این عایق‌ها هم پوشانی دارند و هیچ پل حرارتی در مدل وجود ندارد . البته سقف دارای قسمت کوچکی نیز می‌باشد که هدف این قسمت، پوشش دیوار حامل عایق جابجا کننده (دیوار

میکنند (در فضاهای عایق فقط هوا وجود خواهد داشت). ما با انجام این آزمون سعی کردیم تا رسانش گرمایی دیوار اصلی اتاقک ۲ را محاسبه نماییم. در یک روز اتاقکها را مشابه وضعیت بالا تنظیم کرده و آزمایش را انجام دادیم. برای کاهش خطای آزمایش از داده‌های ساعات غروب خورشید استفاده کردیم، تا حداقل تفاوت حرارتی در سطوح اتاقکها وجود داشته باشد (به جهت عدم وجود تفاوت دمایی سطوح به علت تابش غیر یکنواخت خورشید بر سطوح). جدول ۱ نشاندهنده تغییرات دمای دو اتاقک در شرایط فوق می‌باشند.

آیروژلی هوشمند میباشد و برای انجام این محاسبه نیاز است که ابتدا در مرحله اول رسانش گرمایی دیوار اصلی اتاق کنترل بدون عایق محاسبه شود و سپس با استفاده از آن، مقدار رسانش گرمایی دیوار اصلی اتاق آزمایش با عایق آیروژلی هوشمند به دست آید. مراحل پیش رو به این روند می‌پردازد. تعیین رسانش گرمایی دیوار خارجی اصلی فاقد عایق نسبت به اتاقک از تمام جهات عایق شده در این آزمون اتاقک ۱ کاملاً با عایق پوشش داده می‌شود و اتاقک ۲ عملکرد دیوار جنوبیش بدون عایق آیروژلی عمل

جدول ۱ تغییرات دمای دو اتاقک در تاریخ ۱۰/۸/۹۶

ساعات	۹۶/۹/۱۰			
	اتاقک ۱		اتاقک ۲	
	T _{in}	T _{out}	T _{in}	T _{out}
۳:۰۰ PM	۱۶,۴	۱۴,۰	۱۸,۴	۱۴,۰
۶:۰۰ PM	۱۵,۸	۱۰,۸	۱۷,۲	۱۰,۸
۹:۰۰ PM	۱۳,۲	۷,۴	۱۴,۳	۷,۴
۱۲:۰۰ PM	۱۰,۳	۵,۲	۱۱,۲	۵,۲
۳:۰۰ AM	۸,۲	۴,۶	۸,۷	۴,۶

$$Q1T = Q11 + Q12 + \dots + Q16$$

مقادیر چنین میباشد:

$$\ll L11 = 0.15 \gg m$$

$$L12 = L13 = \dots = L16 = 0.02$$

$$\ll\ll m$$

$$K11 = K12 = \dots = 0.033 \gg w/$$

$$\ll mk$$

$$A11 = 0.56 * 0.6 \ll m2 \gg;$$

برای تعیین رسانش گرمایی دیوار اصلی اتاق آزمایش نسبت به رسانش گرمایی دیوار اصلی در اتاق کنترل از قانون فوریه استفاده مینماییم. Q1T مجموع انرژی انتقال یافته به داخل اتاقک ۱ در بازه زمانی بین t1 تا t2 می‌باشد و برابر است با مجموع انرژی‌های انتقال یافته از تمام وجوه اتاقک ۱؛ بنابراین داریم:

$$A_{15} = 0.56 \times 0.56 \text{ m}^2$$

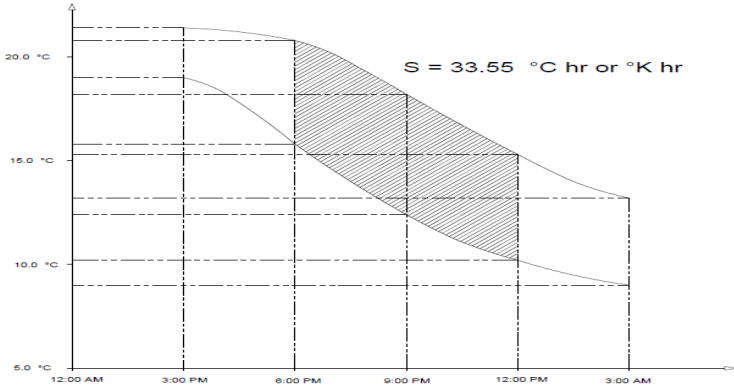
برای مجموع انرژی داریم:

$$Q_{1T} =$$

$$\int_{t_1}^{t_2} [4(0.033)(0.56 \times 0.6) + 2(0.033)(0.56 \times 0.56) + 0.02](T_{out} - T_{in}) dt$$

$$Q_{1T} = \int_{t_1}^{t_2} (3.25) (T_{out} - T_{in}) dt$$

در انتگرال فوق تفاوت دمای داخل و



شکل ۴ محاسبه سطح محصور انتگرال اتاق ۱ ۱۰/۹/۹۶

$$(۳.۲۵) ۱۲۰۶۰۰$$

$$Q_{1T} = 391950 \text{ « J »}$$

حال همین مراحل را برای اتاق کنترل (اتاقک ۲) انجام میدهیم.

پس در نتیجه برای Q_{2T} داریم.

$$Q_{2T} = 324898.56 K_{21} +$$

$$391618.8 \text{ « J »}$$

و برای نسبت انرژی جابجا شده در دو اتاقک داریم.

$$Q_{1T} / Q_{2T} = (391950) / (324898.56 K_{21} + 391618.8)$$

«a»

حال از طریق رابطه ذخیره انرژی گرمایی

در شکل ۴ از روش ترسیمی مقدار

$$\int_6^{12} (T_{out} - T_{in}) dt$$

را معادل $۵۵/۳۳$ درجه سلسیوس در ساعت یا درجه کلونین در ساعت بدست می آوریم. و برای تبدیل آن به واحد SI ساعت را به ثانیه تبدیل مینماییم و حاصل انتگرال می شود.

$$\int_6^{12} (T_{out} - T_{in}) dt =$$

$$۳۳.۵ \times ۳۶۰۰ = ۱۲۰۶۰۰ \text{ « } ^\circ\text{K s »}$$

پس در نتیجه برای Q_{1T} داریم.

$$Q_{1T} =$$

$$\int_6^{12} (3.25) (T_{out} - T_{in}) dt =$$

شکل دیوارهای اصلی (دیوار جنوبی) به صورت یک دیوار آجری ده سانتیمتری واقع بین دو شیار است. دیوار اصلی "اتاق آزمایش" در شیارهایش عایق‌های آبروژل به صورت برنامه ریزی شده جابجا میشوند اما دیوار اصلی "اتاق کنترل" فاقد عایق آبروژلی می‌باشد. در این آزمایشات قصد ما محاسبه مقدار کارایی سیستم دیوار خارجی اصلی دارای عایق آبروژلی هوشمند نسبت به سیستم دیوار خارجی اصلی فاقد عایق می‌باشد، برای تعیین زمان تعویض عایق‌های اتاقک آزمایش ساعات ۹ صبح و ۳ بعد از ظهر انتخاب شد، در اتاق آزمایش مطابق با شکل ۵ در ساعت ۹ صبح عایق ۱-۱ را برداشته و عایق ۱-۲ را قرار میدهم و در ساعت ۳ بعد از ظهر عایق ۱-۱ به سر جایش برگردانده و عایق ۱-۲ را از محل استقرارش خارج مینماییم. با این عمل در ساعات ۹ صبح تا ۳ بعد از ظهر گرمای محیط و تابش خورشید را در دیواره آجری میانی ذخیره مینماییم و در ساعات کاهش دمای محیط حداکثر آنرا به داخل اتاقک انتقال می‌دهیم.

در اجسام مقدار انرژی دو اتاقک را بررسی می‌کنیم. در روابط بالا تقریباً جرم داخلی دو اتاقک یک اندازه می‌باشد و ظرفیت گرمایی ویژه دو اتاقک هم با توجه به انتخاب جنس مواد مشابه تقریباً یکسان می‌باشد، یعنی: $m_1 = m_2$; $c_1 = c_2$ ؛ بازه زمانی این مرحله نیز مانند محاسبات مرحله قبل بین ساعت ۶ تا ۱۲ شب در نظر گرفته می‌شود و دمای اتاقک‌ها در روز ۱۰/۹/۹۶ در ابتدا و انتهای این دو زمان در نظر گرفته خواهد شد.

$$Q_{1T} / Q_{2T} = m_1 c_1 \Delta T_1 /$$

$$m_2 c_2 \Delta T_2 = \Delta T_1 / \Delta T_2$$

$$Q_{1T} / Q_{2T} = 0.917$$

«b»

حال با استفاده از تساوی روابط «a» و «b» داریم:

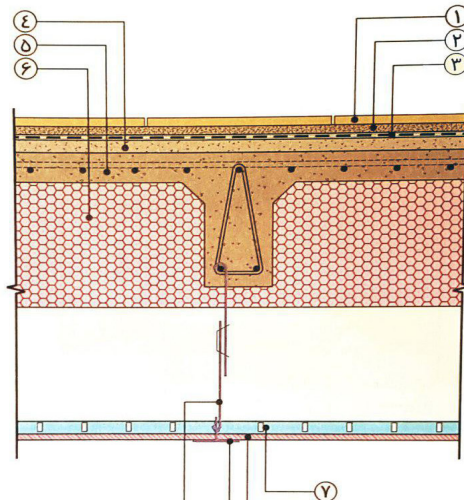
$$(391950) / (324898.56$$

$$K_{21} + 391618.8) = 0.917 K_{21}$$

$$= 0.11 \text{ «w/m.k»}$$

مقدار بدست آمده برای K_{21} نشاندهنده رسانش گرمایی دیوار خارجی اصلی اتاقک ۲ است، در شرایطی که فاقد عایق می‌باشد. عدد فوق برای محاسبه مقدار عددی رسانش گرمایی دیوار اصلی دارای عایق آبروژلی هوشمند لازم می‌باشد (بخش بعد).

تعیین رسانش گرمایی دیوار خارجی اصلی دارای عایق آبروژلی هوشمند نسبت به دیوار خارجی اصلی فاقد عایق



شکل ۵ نمایش عایق‌های جانبی جابجا شونده دیوار اصلی

عایق با یک دیوار ده سانتیمتری آجری در وسط می‌باشد، ضخامت مجموعه حدود ۱۵ سانتیمتر است ($5/2 + 5/2 + 10 = 15$) ، رسانش گرمایی سمبولیک این دیوار را به نام K11 در نظر می‌گیریم، برای مقادیر اتافک ها داریم:

$$\begin{aligned} A_{11} &= A_{12} = A_{13} = A_{14} \\ A_{15} &= A_{16} = K_{14} = K_{15} = \\ &K_{16} K_{13} K_{11} ; K_{12} = \\ L_{11} &= 0.15 \text{ «m»}; L_{12} = L_{13} = \dots \\ &= L_{16} = 0.02 \text{ «m»} \\ K_{12} &= 0.033 \text{ « w/mk »} \\ A_{11} &= 0.56 * 0.6 \text{ «m}^2\text{»} \\ A_{15} &= 0.56 * 0.56 \text{ «m}^2\text{»} \end{aligned}$$

رابطه فوریه چنین شد.

$$Q_{1T} =$$

برای تعیین رسانش گرمایی دیوار خارجی اصلی اتاق آزمایش نسبت به رسانش گرمایی دیوار خارجی اصلی اتاق کنترل از قانون فوریه استفاده می‌شود که شرح کاملتر آن در بخش قبل اشاره شد. Q_{1T} مجموع انرژی انتقال یافته به داخل اتاق ۱ در بازه زمانی بین t_1 تا t_2 می‌باشد و برابر است با مجموع انرژی‌های انتقال یافته از تمام وجوه اتاق ۱ .

$$Q_{1T} = Q_{11} + Q_{12} + \dots + Q_{16}$$

حال رابطه فوریه ای که قبلا برای استفاده در این تحقیق آماده شده بود را در رابطه بالا بکار می‌بریم. L ضخامت تمام عایق‌ها و برابر ۲ سانتیمتر می‌باشد. البته برای دیوار خارجی اصلی که ترکیبی از دو

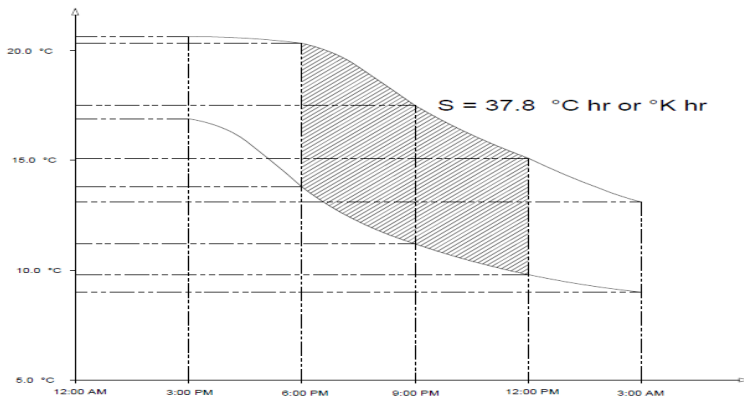
$$\int_{t_1}^{t_2} (2.24 K_{11} + 2.70)(T_{out} - T_{in}) dt$$

جدول ۲ تفاوت دمای داخل و خارج اتاقک ۱

ساعات	۹۶/۸/۲۶		۹۶/۸/۲۷		۹۶/۸/۲۸		$\Delta T_{m in} = \frac{\sum \Delta T_{in}}{n}$	$\Delta T_{m out} = \frac{\sum \Delta T_{out}}{n}$
	T_{vin}	T_{vout}	T_{vin}	T_{vout}	T_{vin}	T_{vout}		
۳:۰۰ PM	۲۱,۱	۱۷,۳	۲۰,۹	۱۷	۲۰,۰	۱۶,۵	۲۰,۷	۱۶,۹
۶:۰۰ PM	۲۱	۱۳,۹	۲۰,۷	۱۳,۵	۱۹,۴	۱۴	۲۰,۴	۱۳,۸
۹:۰۰ PM	۱۸	۱۰,۲	۱۷,۵	۱۱,۲	۱۷,۱	۱۲,۲	۱۷,۵	۱۱,۲
۱۲:۰۰ PM	۱۵,۳	۹,۴	۱۵	۹,۸	۱۵	۱۰,۲	۱۵,۱	۹,۸
۳:۰۰ AM	۱۳,۱	۸,۸	۱۲,۹	۸,۷	۱۳,۲	۹,۴	۱۳,۱	۹,۰

همگن باشند، بنابراین از ساعت ۶ بعد از ظهر تا ساعت ۱۲ شب به عنوان بازه زمانی مورد سنجش در نظر گرفته شد، در ضمن برای افزایش دقت محاسبات میانگین دمای اتاقکها در سه روز متوالی مورد تحلیل واقع شد (جدول ۲). البته سطح کف اتاقکها بادمای محیط در تماس نیست و تفاوت دمای این ضلع با محیط بیرون ناچیز در نظر گرفته شد.

در انتگرال فوق تفاوت دمای داخل و خارج اتاقک ۱ در بازه زمانی بین t_1 تا t_2 مد نظر می باشد که برای محاسبه آن از نرم افزار متلب استفاده شد. برای حذف متغیرهای تعدیل گر ۸ بازه زمانی آزمایش هنگامی در نظر گرفته می شود که خورشید بر اتاقکها تابشی ندارد یعنی در ساعات تاریک، تا دمای تمام سطوح خارجی اتاقکها با یکدیگر



شکل ۷ محاسبه سطح محصور انتگرال اتاقک ۱ میانگین سه روز

در شکل ۷ با کمک نرم افزار متلب مقدار

انتگرال $\int_6^{12} (T_{out} - T_{in}) dt$ را معادل $8/37$ درجه سلسیوس در ساعت یا درجه کلون در ساعت بدست می آوریم. و برای تبدیل آن به واحد SI ساعت را به ثانیه تبدیل مینماییم و حاصل انتگرال می شود.

$$KS \gg 136080 = 37.8 * 3600 =$$

$$\int_6^{12} (T_{out} - T_{in}) dt$$

در نتیجه برای Q1T داریم:

$$Q1T = 304819.2 K11 + 367416 \ll J \gg$$

J واحد انرژی بنام ژول و هر وات در ثانیه یک ژول می باشد .

حال همین مراحل را برای اتاق کنترل یعنی اتاقک ۲ انجام میدهیم . Q2T مجموع انرژی انتقال یافته به داخل اتاقک ۲ در بازه زمانی بین $t1$ تا $t2$ می باشد برابر است با مجموع انرژی های انتقال یافته از تمام وجوه اتاقک ۲ :

جدول ۳ تفاوت دمای داخل و خارج اتاقک ۲

ساعات	۹۶/۸/۲۶		۹۶/۸/۲۷		۹۶/۸/۲۸		$\Delta T_{in} = \frac{\sum \Delta T_{in}}{n}$	$\Delta T_{out} = \frac{\sum \Delta T_{out}}{n}$
	T_{in}	T_{out}	T_{in}	T_{out}	T_{in}	T_{out}		
۳:۰۰ PM	۲۲,۸	۱۷,۳	۲۲,۳	۱۷	۲۱,۱	۱۶,۵	۲۲,۱	۱۶,۹
۶:۰۰ PM	۲۱	۱۳,۹	۲۰,۵	۱۳,۵	۱۹,۲	۱۴	۲۰,۲	۱۳,۸
۹:۰۰ PM	۱۷,۵	۱۰,۲	۱۷	۱۱,۲	۱۶,۶	۱۲,۲	۱۷,۰	۱۱,۲
۱۲:۰۰ PM	۱۴,۳	۹,۴	۱۴	۹,۸	۱۴	۱۰,۲	۱۴,۱	۹,۸
۳:۰۰ AM	۱۱,۹	۸,۸	۱۱,۷	۸,۷	۱۲,۱	۹,۴	۱۱,۹	۹,۰

این طریق Q2T بر حسب K21 بدست بیاید.

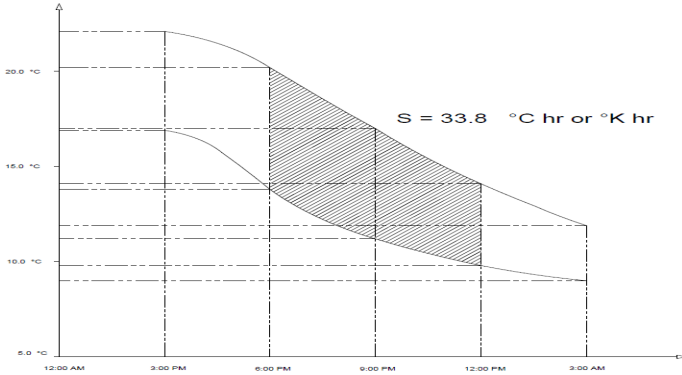
$$Q2T = Q21 + Q22 + \dots + Q26$$

تمام مولفه های این مرحله مشابه مرحله قبل می باشد بجز رسانش گرمایی دیوار اصلی اتاقک ۲ (K21) که دارای تفاوت با رسانش گرمایی دیوار اصلی اتاقک ۱ می باشد. بنابراین داریم:

$$Q2T =$$

$$\int_{t_1}^{t_2} (2.24 K_{21} + 2.70) (T_{out} - T_{in}) dt$$

حال جدول و منحنی تغییرات دمای مربوط به اتاق ۲ را بدست می آوریم تا از



شکل ۸ محاسبه سطح محصور انتگرال اتاقک ۲ میانگین سه روز

حال از طریق رابطه ذخیره انرژی گرمایی در اجسام مقدار انرژی دو اتاقک را محاسبه میکنیم.

$$Q1T = dQ1T = m1 c1 \Delta T1$$

$$Q2T = dQ2T = m2 c2 \Delta T2$$

در روابط بالا تقریباً جرم داخلی دو اتاقک یک اندازه می‌باشد و ظرفیت گرمایی ویژه دو اتاقک هم با توجه به انتخاب جنس مواد مشابه تقریباً یکسان می‌باشد یعنی: $m1 = m2$; $c1 = c2$ ؛ بازه زمانی این مرحله نیز مانند محاسبات مرحله قبل بین ساعت ۶ تا ۱۲ شب در نظر گرفته می‌شود و دمای میانگین اتاقک‌ها در آن سه روز در ابتدا و انتهای این دو زمان در نظر گرفته خواهد شد.

$$m1 c1 \Delta T1 / m2 c2 \Delta T2 =$$

$$\Delta T1 / \Delta T2 \quad Q1T / Q2T =$$

$$Q1T / Q2T = 0.869$$

«b»

حال با استفاده از تساوی روابط «a» و

در شکل ۸ از روش ترسیمی مقدار

$$\int_6^{12} (T_{outt} - T_{int}) dt$$

انتگرال را معادل $8/33$ درجه سلسیوس در ساعت یا درجه کلونین در ساعت بدست می‌آوریم. و برای تبدیل آن به واحد SI ساعت را به ثانیه تبدیل مینماییم و حاصل انتگرال می‌شود.

$$\gg K s^{\circ}121680 \ll = 33.8 * 3600 =$$

$$\int_6^{12} (T_{outt} - T_{int}) dt$$

پس در نتیجه برای $Q2T$ داریم.

$$Q2T = 272563.2 K21 +$$

$$328536 \ll J \gg$$

و برای نسبت انرژی جابجا شده در دو اتاقک داریم.

$$= Q1T / Q2T$$

$$(304819.2 K11 + 367416) /$$

$$(272563.2 K21 + 328536)$$

«a»

«b» داریم:

$$K11 = 0.777 K21 - 0.269$$

در محاسبات پیشین مقدار $K21$ برابر ۱۱/۰ بدست آمد و با جایگذاری آن در رابطه بالا برای مقدار $K11$ خواهیم داشت:

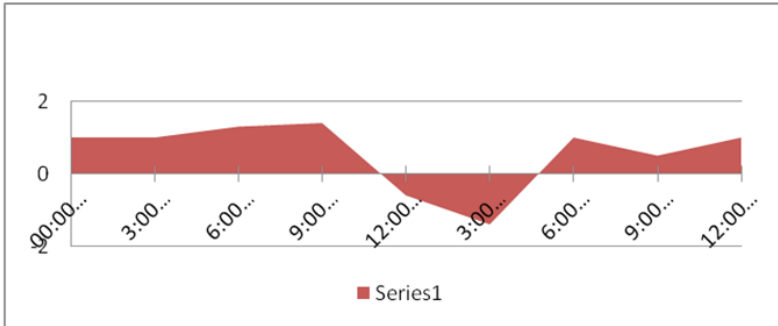
$$K11 = 0.777 K21 - 0.269 = -0.183 \text{ «W/m.k»}$$

مقایسه دیوار خارجی اصلی دارای عایق ایروژلی هوشمند با دیوار خارجی اصلی فاقد عایق در این بخش رفتار اتاقکها مشابه بخش ۲-۲ تنظیم شد. این آزمایش در سه روز متوالی تکرار شد

و در جدول ۵ میانگین تغییرات دو اتاقک در ساعات مختلف ۲۴ ساعت شبانه روز ثبت شد. این اعداد بخوبی نشان داد که هوشمند سازی عملکرد عایق ایروژلی دیوار اصلی اتاقک آزمون منجر به افزایش دمای اتاقک در ساعات سرد شبانه روز شد. البته در ساعات گرم روز بجای انتقال این گرما به داخل اقدام به ذخیره سازی آن کردیم که به همین جهت تنها در ساعات گرم روز دمای اتاق کنترل از دمای اتاق آزمایش بیشتر شد (با توجه به نوع طراحی جابجایی عایقها این موضوع نیز قابل تغییر می باشد). نمودار شکل ۸ تفاوت دمای دو اتاقک را نشان میدهد

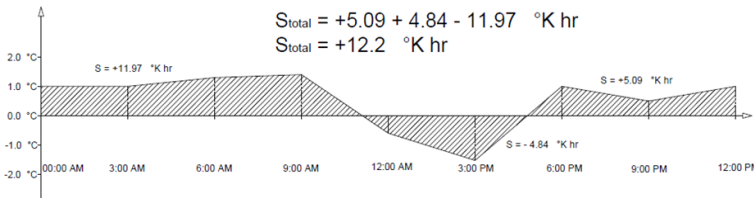
جدول ۵ میانگین تغییرات دو اتاقک در ساعات مختلف ۲۴ ساعت شبانه روز

ساعات	۹۶/۸/۲۶		۹۶/۸/۲۷		۹۶/۸/۲۸		$\Delta T_1 =$	$\Delta T_2 =$	$\Delta T_3 =$	$\Delta T_m = \sum \Delta T_m / n$
	T_{11}	T_{12}	T_{21}	T_{22}	T_{31}	T_{32}	$T_{11} -$	$T_{21} -$	$T_{31} -$	
							T_{12}	T_{22}	T_{32}	
۰۰:۰۰:۰۰	۱۵.۵	۱۴.۶	۱۵.۳	۱۴.۳	۱۵	۱۴	+۰.۹	+۱.۰	+۱.۰	+۰.۹۷ ≈ +۱.۰
۳:۰۰ AM	۱۳.۵	۱۲.۷	۱۳.۱	۱۱.۹	۱۲.۹	۱۱.۷	+۰.۸	+۱.۲	+۱.۲	+۱.۰۷ ≈ +۱.۰
۶:۰۰ AM	۱۱.۶	۱۰.۳	۱۱.۳	۱۰	۱۱.۱	۹.۸	+۱.۲	+۱.۳	+۱.۳	+۱.۳
۹:۰۰ AM	۱۱.۹	۱۰.۶	۱۱.۵	۱۰.۱	۱۱.۲	۹.۷	+۱.۳	+۱.۳	+۱.۵	+۱.۴
۱۲:۰۰ AM	۱۷	۱۷.۷	۱۶.۷	۱۷.۱	۱۶.۶	۱۷.۲	-۰.۷	-۰.۴	-۰.۶	-۰.۵۷ ≈ -۰.۶
۳:۰۰ PM	۲۱.۱	۲۲.۸	۲۰.۹	۲۲.۳	۲۰	۲۱.۱	-۱.۷	-۱.۴	-۱.۱	-۱.۴
۶:۰۰ PM	۲۱	۲۱	۲۰.۷	۲۰.۵	۱۹.۴	۱۹.۲	۰	+۰.۲	+۰.۲	+۰.۱۳ ≈ +۰.۱
۹:۰۰ PM	۱۸	۱۷.۵	۱۷.۵	۱۷	۱۷.۱	۱۶.۶	+۰.۵	+۰.۵	+۰.۵	+۰.۵
۱۲:۰۰ PM	۱۵.۳	۱۴.۳	۱۵	۱۴	۱۵	۱۴	+۱.۰	+۱.۰	+۱.۰	+۱.۰



شکل ۹- نمودار میانگین تغییرات دو اتاقک در ساعات مختلف ۲۴ ساعت شبانه روز

اگر بخواهیم عملکرد بهتر اتاق آزمون نسبت به اتاق کنترل را بصورت کمی نیز نشان بدهیم از جدول ۵ استفاده می کنیم و مطابق شکل ۹ در نرم افزار متلب مقدار برآیند اختلاف "درجه کلین در ساعت" دو اتاقک را محاسبه می نماییم.



شکل ۱۰ محاسبه برآیند اختلاف دو اتاقک

به اتاقک ۱ در بازه زمانی ۲۴ ساعت از متوسط سه روز چنین است:

$$Q1T =$$

$$\int_0^{24} (2.24 K_{11} + 2.70) (T_{1outt} - T_{1int}) dt$$

به همین ترتیب برای اتاقک ۲ خواهیم داشت:

$$Q2T =$$

$$\int_0^{24} (2.24 K_{21} + 2.70) (T_{2outt} - T_{2int}) dt$$

در نتیجه با توجه به $T_{2outt} = T_{1outt}$ برای تفاضل اختلاف انرژی انتقال گرمایی دو اتاقک Q داریم:

مثبت بودن مقدار « 2/12 » $K hr^\circ$ نشان دهنده این نتیجه می باشد که اتاق آزمایش با دیوار اصلی رو به جنوب و دارای عایق آبروژلی هوشمند بصورت متوسط در طول ۲۴ ساعت یک شبانه روز، انرژی بیشتری را به درون اتاقک، نسبت به اتاق کنترل با دیوار جنوبی فاقد عایق جامد هوشمند انتقال می دهد. حال برای محاسبه مقدار اختلاف انرژی انتقال یافته به اتاقک ۱ نسبت به اتاقک ۲ از روابط بدست آمده در بخش های پیشین استفاده می کنیم. مقدار انرژی انتقال یافته



$$dQ/Q = dK/K + dA/A + dt/t + d(T_{out} - T_{in}) / (T_{out} - T_{in}) + dL/L$$

$$dQ/Q = 0 + 0 + dt/t + dT_{out} / (T_{out} - T_{in}) - dT_{in} / (T_{out} - T_{in}) + 0$$

$$dQ/Q = dt/t + dT_{out} / (T_{out} - T_{in}) - dT_{in} / (T_{out} - T_{in})$$

اتاقک شماره ۱ و ساعت ۹ را در نظر گرفتیم و مقادیر مربوط به آن را از جدول ۲ استخراج کردیم تا در محاسبه خطا استفاده نماییم.

$$t = 9 \times 3600 = 32400 \text{ «s»}; dt = 0.5 \text{ «s»}$$

$$T_{in} = 17.5 \text{ «°K»}; T_{out} = 11.2 \text{ «°K»}; dT = 0.1 \text{ «°K»}$$

$$dQ/Q = (0.5) / 32400 + 0.1 / ((11.2 - 17.5) - 0.1 / (11.2 - 17.5))$$

$$dQ/Q = 1.54 \times 10^{-5} + 0.016 + 0.016$$

$$dQ/Q = 0.0318 \approx 0.03$$

برای مقدار dQ داریم:

$$J \approx 102 \times 9 \approx 916.65$$

$$= dQ = 28825.574 \times 0.0318$$

در نهایت برای Q یعنی انرژی جابجا شده داریم:

$$Q = Q_{1T} - Q_{2T} = -2.24 (K_{11} - K_{21}) \int_0^{24} (T_{1in t} - T_{2in t}) dt$$

$$\int_0^{24} (T_{out t} - T_{in t}) dt \quad \text{مقدار}$$

توسط نرم افزار متلب، مساوی با مقدار « $2/12$ K hr $^\circ$ » « 43920 K s $^\circ$ » بدست آمد و با توجه به مقادیر $K_{11} = 0.110$ و $K_{21} = 0.183$ W/m.k و «w/m.k» خواهیم داشت:

$$Q = Q_{1T} - Q_{2T} = 28825.574 \text{ «J»}$$

در پایان می توان چنین اعلام کرد که اتاقک آزمون دارای دیوار جنوبی با عایق آبروژلی هوشمند با در نظر داشتن تمام شرایط آزمون نسبت به اتاقک آزمون مشابه اما فاقد عایق (شبهه به دیوار ترومب بومی ۱۰) در طول ۲۴ ساعت تقریباً $57/28825$ ژول و یا $8/28$ کیلو ژول انرژی بیشتری را به داخل اتاقک آزمون انتقال میدهد.

محاسبه خطای رسانش گرمایی دیوار اصلی دارای عایق آبروژلی هوشمند

در محاسبه خطای رسانش گرمایی رابطه آنرا مینویسیم و سپس از آن $\ln 9$ میگیریم تا به مقدار خطا برسیم. قانون فوریه

$$dQ/dt = -K A dT/dx$$

$$Q/t = -K A \Delta T / L$$

$$Q = -K \cdot A \cdot t \cdot \Delta T / L$$

$$\ln Q = -\ln K - \ln A - \ln t -$$

$$\ln (T_2 - T_1) + \ln L$$

عایق هوشمند در افزایش راندمان حرارتی دیوار کفایت مینماید. به این نکته باید اشاره کرد که دیوار طراحی شده مورد نظر در زمان فقدان عایق حرارتی شباهت نزدیکی به دیوار ترومب بومی دارد و با فرض این موضوع میتوانیم نتیجه را به این شکل نیز بیان کرد: "با فرض شرایط این پژوهش، دیوار دارای عایق آبروژلی هوشمند، در مقایسه با دیوار ترومب بومی دارای عملکرد حرارتی بهتری میباشد." هدف ویژه دیوار طراحی شده پژوهش این بود که بیشترین استفاده را از شرایط محیطی برای ایجاد آسایش حرارتی داخل اتاقک ایجاد نماییم و ضمناً کمترین تلفات حرارتی در آن دیوار وجود داشته باشد، که طراحی پیشنهاد شده در این پژوهش این اهداف را تامین نمود. ایده نوآورانه این پژوهش می‌تواند راهی به سوی آینده پوشش‌های خارجی ساختمان‌ها باشد که معماری پایدار با نگرش هوشمندی را در آن حوزه تعریف می‌نماید.

تفاضل اختلاف انرژی $Q \pm \Delta Q = \langle J \rangle$
انتقال گرمایی دو اتاقک
تفاضل $= 104 * (2.88 \pm 0.09) \langle J \rangle$
اختلاف انرژی انتقال گرمایی دو اتاقک
تفاضل اختلاف $\langle KJ \rangle = 28.8 \pm 0.9$
انرژی انتقال گرمایی دو اتاقک

نتیجه

اتاقک‌های آزمون طراحی شده به روشی مقایسه ای بین سیستم هوشمند و سیستم فاقد عایق، مورد مقایسه و بررسی قرار گرفتند و با حذف بسیاری از متغیرهای مستقل، تنها اثر دمای محیط را به عنوان متغیر مستقل مورد بررسی قرار دادند. اتاقک آزمون دارای دیوار جنوبی با عایق آبروژلی هوشمند با در نظر داشتن تمام شرایط آزمون نسبت به اتاقک آزمون مشابه اما فاقد عایق (شبهه به دیوار ترومب بومی) در طول ۲۴ ساعت $9/0 \pm 8/28$ کیلو ژول انرژی بیشتری را به داخل اتاقک آزمون انتقال میدهد. عدد فوق برای اثبات فرضیه پژوهش، یعنی موثر بودن عملکرد

پی نوشت ها

۱ potential of hydrogen

۲ The National Aeronautics and Space Administration

۳ Excel

۴ Matlab

۵ رسانش گرمایی بر اساس تعریف عبارت است از مقدار گرمای که در یک ثانیه از یک متر مربع عنصری همگن به ضخامت یک متر در حالت پایدار عبور می‌کند و اختلافی برابر یک درجه کلوین بین دو سطح طرفین عنصر ایجاد نماید. مستخرج از سایت روبرو: https://en.wikipedia.org/wiki/Thermal_conductivity

mal_conductivity

۶ Test Chamber

۷ پیش آزمون یکی از مراحل فرایند تحقیق علمی است که معمولاً پس از طراحی ابزار سنجش انجام می‌پذیرد. وقتی محقق ابزار سنجش را طراحی نمود، لازم است آن را به صورت آزمایشی به مورد اجرا

گزارد (خاکی، ۱۳۸۴، ۳۰۰).

Moderater Variable ۸

Natural Logarithm ۹

۱۰ عدم وجود شیشه در این دیوارها بدان معنی نیست که نقش شیشه در آنها حذف شده است. بلکه در نوع بومی دیوار ترومب، مصالح دیگری، جایگزین شیشه شده است. دیوار ترومب بومی به طور معمول در ضلع جنوبی بنا قرار می‌گیرد. این دیوار متشکل است از دو دیوار آجری که نسبت به هم با فاصله معینی قرار گرفته‌اند و بین آنها یک فضای خالی وجود دارد دیوار آجری با ضخامت کمتری نسبت به دیوار داخلی می‌باشد. در حقیقت دیوار آجری نقشی مشابه با شیشه را در دیوارهای ترومب نوین بازی می‌کند. منبع سایت: دیوار_ترومب <https://fa.wikipedia.org/wiki/>

مراجع

- [1] Gunerhan, H and A Hepbasli (2007), Determination of the optimum tilt angle of solar collectors for building applications, Building and Environment, N.42, pp. 779-783.
- [2] Fraisse, G and Y Bai and N Le Pierrès and T Letz (2009), Comparative study of various optimization criteria for SDHWS and a suggestion for a new global evaluation, Solar Energy, N.83, pp. 232-245.
- [۳] انصاری، مجتبی، بمانیان، محمدرضا، مهدوی نژاد، محمدجواد، حسینی کیا، سید محمد مهدی (۱۳۹۱) مکانیابی محوطه های گردشگری طبیعی بر اساس اصول معماری منظر، کاربرد ترکیبی FGD و فرایند سلسله مراتبی AHP، مدیریت شهری، بهار و تابستان ۱۳۹۱، شماره ۲۹، صفحات ۷-۲۲
- [4] Rogers, Richard (2007), Sustainability, www.richardrogers.co.uk.
- [5] Jani J. M., Leary M., Subc A. and Gibson M. A. (2014), A review of shape memory alloy research, application and opportunities. Materials & Design 56: pp. 1078-1113.
- [6] Fogel D. B. (1995), Review of computational intelligence: Imitating Life. Proc. Of The IEEE, 83(11).
- [7] Addington D. Michelle & Schodek Daniel L.(2005) Smart Materials and New Technologies For the architecture and design professions, Harvard University.
- [8] Diakaki. C., Grigoroudis. E, & Kolokotsa. D. (2008). "Towards a multi-objective optimization approach for improving energy efficiency in buildings", Energy and Buildings, 40, 1747-1754.
- [9] Saidam M. V., Obaidi K. M., Hussein H. and Ismail M. A. (2017), The Application of smart materials in building facades, Eco., Env. & cons. Page 23
- [10] Loonen R., Treka M., Costola D. and Hensen J. (2013), Climate adaptive building shells: State of the art and future challenges, Renewable and sustainable Energy Reviews 25, 483-493.
- [11] Abeer S., Yousef M. (2017), Smart Material Innovative Technologies in architecture, Toward Innovative design Paradigm, Department of Architecture and Engineering, Tanta Un., Egypt, Energy Procedia Volume 115 page 139.
- [۱۲] مهدوی نژاد، محمد جواد (۱۳۹۲) الگوی انرژی دوستی در ساختمان براساس رفتار حرارتی بام، نقش جهان، سال سوم، شماره ۲، صفحات ۴۲-۳۵

[13] Vasco D. A. , Mejias M.M. and Aguilera R. O. (2017) , Thermal simulation of a social dwelling in Chile: Effect of the thermal zone and the temperature- dependant thermophysical properties of light envelope materials , Applied Thermal Engineering , volume 112 , page 771-783.

[14] Kimber Mark, Clark William W, Schaefer Laura 2013 , Conceptual analysis and design of partitioned multifunctional smart insulation , Applied Energy 114 (2014) 310-319

[۱۵] عباسی، محمد رضا و طاهباز، منصوره و وفايي، راحيل (۱۳۹۴) ، معرفی سیستم نوین ساختمانی تغییر پذیر (فناوری نو در طراحی معماری اقلیمی)

[۱۶] خاکی، غلامرضا (۱۳۷۸) ، روش تحقیق با رویکرد پایان نامه نویسی، وزارت فرهنگ و آموزش عالی.

[۱۷] ایبکر تزل ال. (۱۳۷۷) ، نحوه انجام تحقیقات اجتماعی، ترجمه هوشنگ نایی، انتشارات روشن.

[۱۸] مرادی، ساسان (۱۳۸۹) تنظیم شرایط محیطی. انتشارات شهیدی .

[۱۹] محمد شقایق، (۱۳۹۲) ، مطالعه رفتار حرارتی مصالح رایج در ساخت دیوار (ساختمانهای مسکونی شهر

تهران) ، نشریه هنرهای زیبا - معماری و شهرسازی دوره ۱۸ شماره ۱ بهار ۱۳۹۲ صفحات ۶۹ - ۷۸.



آنالیز انرژی/اکسرژی و میزان کاهش انتشار CO₂ در سیستم تولید همزمان با ابعاد کوچک قابل استفاده در ساختمان

کد مقاله: ۱۰۲

حسین فلاح سهی^۱

چکیده

رشد روز افزون تقاضای انرژی و محدودیت هایی که منابع فعلی دارا می باشند، یافتن راهکارهایی نو برای تامین نیازهای انرژی را ضروری کرده است. استفاده از منابع انرژی نو بسیار با اهمیت است به خصوص از نظر زیست محیطی. استفاده از پسماندهای کشاورزی و دامداری برای تولید بیوگاز برای تامین سوخت مرکز تولید همزمان الکتریسیته و گرما درمحل هم از نظر مصرف انرژی بهینه است و هم انتشار گاز CO₂ را کاهش می دهد در این مقاله فن آوری تولید همزمان به عنوان راهکاری برای بهینه کردن مصرف انرژی و کاهش انتشار گاز CO₂ مورد بررسی قرار می گیرد. کارکرد مرکز تولید همزمان را هم از نظر کمی (آنالیز انرژی) و هم از نظر کیفی (آنالیز اکسرژی) مورد بررسی قرار می دهیم. این آنالیز کمک می کند تا با مقایسه آن با تولید گرما و الکتریسیته به صورت جداگانه به برتری فن آوری تولید همزمان از نظر اقتصادی و زیست محیطی پی ببریم. از طرفی با محاسبه میزان کاهش انتشار گاز دی اکسید کربن در سیستم تولید همزمان نسبت به تولید جداگانه گرما و الکتریسیته به برتری و اهمیت زیست محیطی کاربرد این سیستم روشن خواهد شد.

واژگان کلیدی: تولید همزمان در ابعاد کوچک (تهپاک)، بهینه سازی انرژی، آنالیز انرژی، اکسرژی، انتشار CO₂.

۱- استادیار گروه سیستم های انرژی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال؛
Hossein.fallahsohi@gmail.com

مقدمه

در طی سالهای اخیر توجه به منابع انرژی و اثرات زیست محیطی آن از مهمترین دغدغه های جهانی گردیده است به طوری که حتی در استراتژی کشورها در تقابل یکدیگر به معیار تعیین کننده ای تبدیل گردیده است. یافتن منابع جدید انرژی می تواند از طرفی راه حلی برای کاهش مصرف انرژی های فسیلی تجدید ناپذیر گردد از طرف دیگر با توجه به مصرف رو به رشد انرژی، می تواند تامین کننده بخشی از این مصرف رو به رشد انرژی باشد. همچنان که از نظر زیست محیطی هم تقریباً تمامی انرژی های تجدید پذیر را می توان به عنوان انرژی های پاک در نظر گرفت، استفاده از ظرفیت هایی که مناطق مختلف بواسطه کاربری ویژه خود دارا می باشند می تواند راهکاری مناسب برای تامین انرژی در آن مناطق به کار گرفته شود. از جمله مناطق روستایی که در آن کشاورزی و دامداری انجام می گیرد، دارای ظرفیت تولید انرژی از بیوگاز بواسطه پسماندهایی است که در این مناطق تولید می گردد. یا با کاشت کلزا به عنوان یک منبع انرژی می توان در تامین سوخت لازم برای سیستم های تولید انرژی در محل اقدام کرد.

سیستم تولید همزمان، تولید الکتریسیته و گرما بوسیله یک منبع انرژی می باشد که این منبع می تواند نفت، زغال سنگ، گاز طبیعی، بیومس و یا انرژی خورشیدی باشد [۱]. این سیستم در ابعاد کوچک می

تواند راهکاری برای بهینه سازی مصرف انرژی و نیز کاهش انتشار گازهای گلخانه ای باشد. تولید الکتریسیته در نزدیکی محل مصرف، از تلفات ناشی از انتقال الکتریسیته جلوگیری می کند.

یک سیستم تولید همزمان از سه بخش اصلی تشکیل می شود: یک منبع انرژی گرمایی، یک تبدیل کننده گرما الکتریسیته و یک المان مربوط به گرمایی که باعث می گردد تا به طور همزمان مبدل الکتریکی و میدل حرارتی را تغذیه نماید. سیستم های تولید همزمان با ابعاد کوچک (تهپاک) بر بر پایه معیارهای مختلفی تعریف می شوند:

- منبع انرژی اولیه مورد استفاده، که می تواند انرژی خورشیدی [۲]، زمین گرمایی [۳،۴] یا یک سوخت گازی (گاز طبیعی، بیوگاز)، مایع (گازوویل، مازوت، زیست سوخت، ال پی جی) یا جامد (زغال سنگ، بیومس) باشد [۵].

- نوع مولد: موتور احتراق داخلی، توربین بخار یا سیکل رانکین ارگانیک، توربین گازی، موتور با هوای گرم نوع استرلینگ یا نوع اریکسون [۶،۷]، پیل سوختی [۸].

- فرآیندها و فن آوری های تبدیل انرژی اولیه که برای تولید گرما و الکتریسیته به کار گرفته می شود.

در حال حاضر، سیستم تولید همزمان با ابعاد کوچک بر اساس موتورهای احتراق داخلی رفت و برگشتی و استرلینگ که باعث گردیده تا فضای کمتری اشغال شود، بازدهی حرارتی بالایی حاصل شود

و از سوی دیگر سرو صدا، ارتعاش و تعمیر و نگهداری کاهش و طول عمر سیستم افزایش یابد را می توان در ساختمان های مسکون یا تجاری مورد استفاده قرار داد [۹،۱۰].

در این مقاله به بررسی بازدهی انرژی و اکسرژی سیستم تولید همزمان گرما و الکتریسیته می پردازیم و در عین حال با مقایسه با سیستم های متمرکز تولید الکتریسیته و گرما به طور جداگانه، برتری سیستم تولید همزمان هم در کاهش مصرف انرژی هم در کاهش انتشار CO2 نشان داده می شود.

فن آوری تولید همزمان به عنوان راهکاری برای بهینه کردن مصرف انرژی و کاهش انتشار گاز CO2

با توجه به پایین بودن بازدهی مراکز تولید الکتریسیته متمرکز (نیروگاه ها)، یک راه ساده برای افزایش بازدهی این است که انرژی حرارتی را که در نیروگاههای حرارتی تبدیل به انرژی مکانیکی در چرخه موتور ترمودینامیکی نمی شود، به کار گرفت. در واقع این همان فن آوری تولید همزمان است که از اتلاف آن بخش از انرژی گرمایی بدون استفاده در نیروگاه با حفظ بازدهی الکتریکی یا مکانیکی چرخه، جلوگیری می کند.

تولید همزمان با ابعاد کوچک (تهابک)، تولید همزمان گرما/سرما و الکتریسیته در یک ساختمان است با توان الکتریکی حداکثر ۱۵ کیلو وات [۱۱]. این سیستم تولید همزمان را وقتی به شبکه سراسری

الکتریسیته وصل می کنیم یا همه الکتریسیته تولیدی به شبکه داده می شود و همه نیاز الکتریکی ساختمان از شبکه گرفته می شود و یا اینکه شبکه اختلاف الکتریسیته تولید شده و تقاضا را تهیه یا جذب می کند. معمولا راهکار دوم ترجیح داده می شود. یک سیستم تهابک با تکنولوژی ساده خود، علاوه بر تهیه آب گرم بهداشتی و گرمایشی ساختمان و نیز تامین بخش عمده ای از تقاضای الکتریسیته ساختمان، باعث افزایش بازدهی انرژی اولیه (سوخت)، کاهش انتشار گاز CO2 و صرفه جویی در هزینه انرژی مصرف کننده می گردد. همچنین تولید الکتریسیته به طور غیر متمرکز، به نیازهای رو به رشد الکتریسیته به ویژه در توسعه وسایل نقلیه الکتریکی پاسخگو خواهد بود. سیستم تهابک از سه نظر در توسعه پایدار دارای اهمیت است. از نظر اجتماعی با افزایش شغل های محلی (مطالعه، نصب،...) از نظر اقتصادی با کاهش هزینه انرژی، قابلیت برگشت سرمایه، تولید غیر متمرکز، و در بخش زیست محیطی کاهش آلاینده ها، ذخیره منابع انرژی، کاهش تلفات شبکه، و به کارگیری پسماندها.

تولید الکتریسیته غیر متمرکز به وسیله سیستم تهابک در اوج مصرف، به خصوص در زمستان به لحاظ صرفه جویی در شبکه، بسیار ارزشمند است چراکه با کم کردن بار به نیروگاه های حرارتی به طور قابل توجهی انتشار گاز CO2 را کاهش

توربین گازی، توربین بخار و...) نسبت FH مطلوب برای مجموعه راز بین سایر معیارها مورد نظر قرار می دهیم. به غیر از این نسبت ها، مصرف ویژه معادل را نیز تعرف می کنیم که مصرف اضافی مربوط به تولید کار نسبت به یک مرکز حرارتی کلاسیک است که دارای راندمان در مبنای ارزش حرارتی پایین می باشد: (۶)

$$E = \frac{(C - \frac{Q}{\eta_{th,sep}})}{W}$$

در این رابطه اگر سیستم تولید همزمان جایگزین مرکز حرارتی موجود شود یا به آن اضافه گردد، راندمان مرجع ، همان راندمان مرکز حرارتی است. اگر سیستم حرارتی وجود نداشته باشد، یا اینکه سیستم تولید همزمان به طور مستقل تولید انرژی نماید، به طور مرسوم را برابر با ۰.۹۰ در نظر می گیریم که مطابق با راندمان بویلر های با سوخت فسیلی کلاسیک با تنظیم مناسب می باشد. مصرف ویژه معادل نسبت افزایش مصرف سوخت به خاطر تولید انرژی مکانیکی به انرژی مکانیکی (یا الکتریکی) تولید شده می باشد. در واقع CE به نوعی هزینه انرژی مکانیکی تولید شده می باشد.

معکوس مصرف ویژه معادل راندمان مکانیکی (یا الکتریکی) معادل نامیده می شود. در یک سیستم بدون تولید همزمان () مصرف ویژه معادل برابر با

می دهد.

معیارهای ویژه در تهباک:

عضو محرک سیستم تولید همزمان موتور حرارتی است که با مصرف سوخت که دارای انرژی حرارتی C می باشد، بخشی را با تبدیل انرژی مکانیکی به الکتریسیته W و بخشی را به شکل گرما Q دفع می کند که برای تامین گرمایش و تولید آب گرم مصرفی به کار گرفته می شود. مقدار گرمای احتراق را می توان به عنوان ارزش حرارتی پایین سوخت در نظر بگیریم. روابط زیر ویژگی های یک سیستم تولید همزمان را مشخص می کنند: راندمان مکانیکی:

$$\eta_{elec,cog} = \frac{W}{C} \quad (1)$$

راندمان گرمایی:

$$\eta_{th,cog} = \frac{Q}{C} \quad (2)$$

راندمان کلی:

$$\eta_g = \frac{(W + Q)}{C} \quad (3)$$

نسبت ویژه گرما- کار :

$$H = \frac{W}{Q} \quad (4)$$

و همچنین معکوس این رابطه:

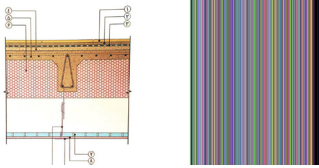
$$H = \frac{Q}{W} \quad (5)$$

این دو نسبت آخر، ویژگی هایی از تاسیسات تولید همزمان مختلف است که می بایست با نیازهای مجموعه مطابقت داشته باشند. برای انتخاب تکنولوژی مورد استفاده (موتور های احتراق داخلی،

$$\eta_{\alpha} = \frac{(W + Q(1 - \frac{T_{ref}}{T_H}))}{C} \quad (9)$$

برای مقایسه میزان صرفه جویی در انرژی به وسیله سیستم تولید همزمان، عملکرد آن را با مراکز جداگانه تولید گرما و الکتریسیته مقایسه می کنیم.

فرض می کنیم راندمان یک نیروگاه و یک مرکز حرارتی در نظر گرفته شوند. این درحالی است که با توجه به تکنولوژی به کار رفته در سیستم تولید همزمان، می توان راندمان الکتریکی را در حدود و راندمان حرارتی را در حدود در نظر گرفت. بدین ترتیب راندمان کلی یک سیستم تولید همزمان حدود ۸۸ خواهد بود. شکل ۱ مقایسه عملکرد یک سیستم تولید همزمان گرما و الکتریسیته را با مراکز تولید الکتریسیته و حرارت به روش جداگانه، نشان می دهد.



در این حالت برای تولید یک میزان الکتریسیته و گرما مشاهده می شود که سیستم تولید همزمان، انرژی اولیه کمتری را مصرف کرده است. به این ترتیب می توانیم انرژی اولیه صرفه جویی شده را محاسبه کنیم:

معکوس راندمان الکتریکی سیستم تولید الکتریسیته می باشد.

$$R_e = \frac{W}{(C - Q)} \quad (7)$$

برای بررسی اکسرژی از توانین اول و دوم ترمودینامیک استفاده می کنیم [۱۲، ۱۳، ۱۷-۱۴]

در نهایت، بدون ورود به ملاحظات نظری، به محاسبه راندمان اکسرژی به عنوان یک کمیت بسیار اساسی و مهم می پردازیم.

$$\eta_{\alpha} = \frac{E_o}{E_i} \quad (8)$$

در واقع راندمان اکسرژی یک سیستم برابر است با نسبت اکسرژی خروجی سیستم و اکسرژی که به آن وارد می شود. با توجه به گرمای سیال در خروجی از سیستم در دمای که قابلیت این را دارد که به کار تبدیل شود، و این کار در مبنای موتور حرارتی کارنو بالاترین مقدار را دارا می باشد و مرجع دمای محیط را به عنوان دمای منبع سرد در نظر می گیریم، که این دما همان دمایی است که برای محیط درون ساختمان مناسب فرض کرده ایم. بنابر این راندمان اکسرژی سیستم تولید همزمان را می توان به صورت زیر نوشت:



(۱۰)

عملکرد های مرجع به تکنولوژی به کار رفته در تولید الکتریسیته و گرما بستگی دارد. علاوه بر این، با در نظر گرفتن آنالیز ظرفیت تولید همزمان در یک منطقه جغرافیایی، ترکیب سیستم های تبدیل انرژی منطبق به شرایط آن منطقه باید مورد نظر قرار گرفته شود [۱۹].

میزان انتشار معادل دی اکسید کربن برای سیستم های تولید الکتریسیته و گرما به طور جداگانه و سیستم تولید همزمان به فاکتور انتشار و انرژی اولیه به کار رفته بستگی دارد:

(۱۲)

$$\Delta O_2_{sep} = \Delta O_2_{elec} + \Delta O_2_h$$

$$\Delta O_2_{elec} = C_{elec} F \quad (13)$$

$$\Delta O_2_h = C_h F \quad (14)$$

$$\Delta O_2_{cog} = C_{cog} F \quad (15)$$

که در روابط بالا F ، ضریب انتشار گاز دی اکسید کربن است و C انرژی اولیه به کار رفته در هر یک از سیستم های تولید انرژی است. با توجه به اینکه سوخت اولیه یک نوع سوخت فسیلی یا با منشا هیدرو کربنی می باشد، بنابراین میزان انرژی اولیه از ارزش حرارتی پایین سوخت LHV و مقدار سوخت استفاده شده، بدست می آید.

با در نظر گرفتن گاز طبیعی به عنوان سوخت اولیه می توان ضریب انتشار گاز دی اکسید کربن و نیز ارزش حرارتی را بدست آورد. بی تردید انتخاب ضرایب

$$E_{eco} = \left(1 - \frac{1}{\frac{\eta_{elec,cog}}{\eta_{elec,sep}} + \frac{\eta_{h,cog}}{\eta_{h,sep}}}\right) 100\%$$

بنابراین درصد انرژی صرفه جویی شده به خاطر استفاده از سیستم تولید همزمان بر اساس داده های شکل ۱ برابر خواهد بود با:

$$E_{eco} = \left(1 - \frac{1}{\frac{0.3}{0.5} + \frac{0.3}{0.9}}\right) 100\%$$

$$E_{eco} = 8.385\%$$

در رابطه بالا باید راندمان الکتریکی نیروگاه را، با در نظر گرفتن مصرف الکتریسیته در خود سایت محاسبه کنیم [۱۸].

کاهش مصرف انرژی اولیه که به معنی کاهش انتشار CO_2 خواهد بود. میزان معادل جلوگیری از انتشار گاز CO_2 را می توان از رابطه زیر بدست آورد:

(۱۱)

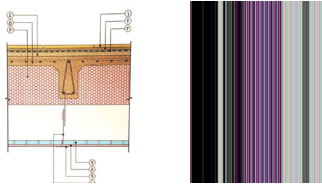
$$ecoCO_2 = \frac{\Delta O_2_{sep} - \Delta O_2_{cog}}{\Delta O_2_{sep}}$$

و انتشار معادل دی اکسید کربن در سیستم کلاسیک و سیستم تولید همزمان است. ضریب انتشار گاز دی اکسید کربن و

ساعت مصرف انرژی اولیه را موجب می گردد. این در حالی است که اگر از یک سیستم تهپاک با راندمان های مرجع ؛

$\eta_{h,cog} = 3\%$ و $\eta_{elec,cog} = 3\%$ استفاده کنیم برای تولید همان مقدار الکتریسیته و گرما به ۵۰۰۰ کیلووات ساعت نیاز خواهد بود و بدین ترتیب باعث ۱۱۲۶ کیلووات ساعت صرفه جویی در مصرف گاز طبیعی می گردد. شکل ۲ مقایسه دو سیستم را نشان می دهد.

اکنون برای شرایط بیان شده، سیستم تهپاک را با سیستم های تولید جداگانه از نظر انتشار گاز CO2 مقایسه کنیم.



شکل ۲: مقایسه انرژی سیستم تولید همزمان با سیستم های کلاسیک تولید برق و الکتریسیته

با در نظر گرفتن ضریب انتشار CO2 و انرژی اولیه می توان جدول ۱ را تکمیل کرد :

جدول ۱. مقایسه مقادیر انتشار گاز CO2

$\Delta CO2_{cog}$ kgCO2e/kWh	$\Delta CO2_{elec}$ kgCO2e/kWh	$\Delta CO2_{heat}$ kgCO2e/kWh	$\Delta CO2_{total}$ kgCO2e/kWh	کاهش انتشار CO2
۷۹۹	۷۳۹	۱۵۳۸	۱۲۵۵	۲۸۳

این بدین معنی است که استفاده از سیستم تولید همزمان باعث جلوگیری از

انتشار $283 \text{ kgCO}_2 / \text{kWh}$ کیلوگرم

انتشار روی نتایج حاصل از محاسبه انتشار گازهای گلخانه ای تاثیر می گذارد. در مورد ضرایب انتشار اتفاق نظر وجود ندارد. با این حال می توان از مراجع معتبر این فاکتورها را استناد کنیم [۲۰]. بر این اساس ضریب انتشار معادل دی اکسید کربن برای گاز طبیعی برابر خواهد بود با:

$$F = 0.251 \text{ kgCO}_2e / \text{kWh} \quad (16)$$

ارزش حرارتی پایین گاز طبیعی نیز برابر خواهد بود با [۲۱]:

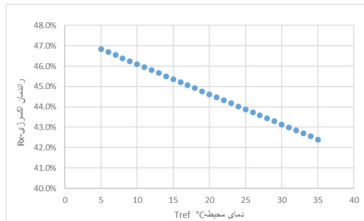
$$LHV = 9.9 \text{ kWh} / \text{M}_3 \quad (17)$$

مقایسه بین سیستم تولید همزمان با ابعاد کوچک با سیستم های تولید جداگانه:

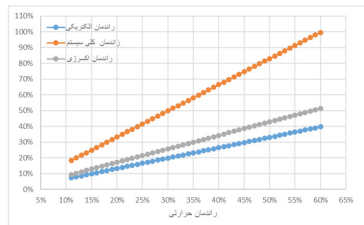
برای مشاهده تاثیرات پارامترهای مختلف در عملکرد سیستم تولید همزمان با ابعاد کوچک، عملکرد سیستم تولید همزمان با ابعاد کوچک (تهپاک) را با تولید گرما و الکتریسیته به طور جداگانه مقایسه کنیم.

اگر برای تامین نیاز انرژی الکتریکی و گرمایی یک ساختمان از مراکز مستقل با راندمان های ایده آل که پیشتر بدان اشاره شد استفاده کنیم برای تولید ۱۷۵۰ کیلووات ساعت الکتریسیته توسط یک نیروگاه بخار با سوخت گاز طبیعی، ۳۱۸۲ کیلووات ساعت انرژی اولیه لازم است و برای تولید ۲۶۵۰ کیلووات ساعت گرما برای گرمایش و آب بهداشتی ساختمان، ۲۹۴۴ کیلووات انرژی اولیه صرف خواهد شد. که در مجموع ۶۱۲۶ کیلووات

نیاز الکتریکی و حرارتی (۱۷۵۰ کیلووات ساعت الکتریسیته و ۲۶۵۰ کیلووات ساعت گرما)، حداکثر راندمان حرارتی سیستم کمتر از ۶۰ می تواند باشد. در این حالت راندمان الکتریکی حداکثر ۴۰ بدست می آید و این به معنی است که تلفات حرارتی به صفر نزدیک شده است و این عملاً غیر ممکن است. همچنین در این حالت ایده آل راندمان اکسرژی ۵۱ محاسبه گردیده است.



شکل ۳: تغییر راندمان اکسرژی با دمای محیط



شکل ۴: تغییر راندمان های الکتریکی، راندمان کلی و راندمان اکسرژی سیستم تولید همزمان با تغییر راندمان حرارتی با ثابت بودن نیازهای الکتریکی و گرمایی

اکنون تاثیر راندمان یک مرکز حرارتی را که گرمای لازم ساختمان را به طور جداگانه تهیه می کند از نظر انرژی هزینه شده و انتشار گاز CO2 نسبت به یک سیستم تولید همزمان با راندمان های الکتریکی ثابت بررسی می کنیم

گردیده است.

در بررسی اکسرژی، توجه داریم که راندمان اکسرژی انرژی الکتریکی را (که با تقریب بالایی می توان معادل کار مکانیکی فرض کرد) 100 در نظر می گیریم. فرض می کنیم گرمای تولید شده در سیستم تولید همزمان برای گرم کردن آب تا دمای مثلاً صرف گردد و دمای محیط باشد. در اینصورت راندمان اکسرژی سیستم برابر خواهد بود با:

$$\eta_x = \frac{(W + Q(1 - \frac{T_{ref}}{T_H}))}{C} = \frac{(1750 + 2650(1 - \frac{291.5}{358.5}))}{5000} = 3\%$$

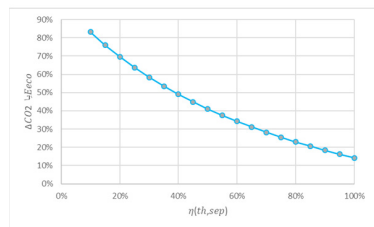
عملکرد یک سیستم تولید همزمان را با تغییر در پارامترهای موثر در آن، می توان نمایش داد و مورد بررسی قرار داد. اگر تمامی شرایط را ثابت نگه داریم و تنها دمای محیط را به عنوان متغیر شرایط کارکردی در نظر بگیریم، مطابق شکل ۳، راندمان اکسرژی سیستم تولید همزمان با افزایش دمای محیط کاهش می یابد.

وقتی نیازهای الکتریکی و گرمایی را ثابت در نظر بگیریم، افزایش راندمان حرارتی سیستم تولید همزمان باعث افزایش راندمان های الکتریکی و راندمان کلی سیستم می گردد که این سبب کاهش مصرف سوخت و بالا رفتن راندمان اکسرژی سیستم هم می شود (شکل ۴). از طرفی مطابق با شبیه سازی محاسبات فرآیند، برای این مقدار

نتیجه‌گیری

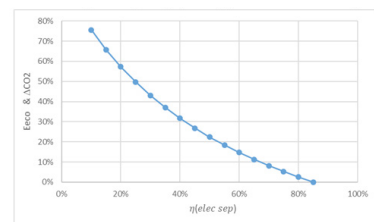
در این مقاله، آنالیز انرژی، اکسرژی و همچنین اثرات زیست محیطی استفاده از سیستم تولید همزمان با ابعاد کوچک (تهپاک) مورد بررسی قرار گرفت. در مقایسه با مراکز تولید الکتریسیته و حرارت به طور مستقل، سیستم تولید همزمان هم کارایی بالاتری دارد و هم آلودگی کمتر. به خصوص با استفاده از بالا بردن تکنولوژی موتورهای حرارتی می‌توان راندمان‌های حرارتی و الکتریکی سیستم تهپاک را افزایش داد و در عین حال انتشار گاز CO₂ را کاهش داد. سیستم تهپاک با موتورهای احتراق داخلی در بازار موجود است ولی سیستم‌های بر مبنای موتور استرلینگ به‌طور گسترده‌ای استفاده نمی‌شود. با این حال به‌خاطر برتری‌هایی که این تکنولوژی دارا می‌باشد، به‌طور روزافزونی برای استفاده از آن در ساختمان‌های مسکونی و کاربری‌های تجاری کوچک مورد توجه قرار گرفته است. در کشورهای اروپای غربی، ژاپن و آمریکا، سرمایه‌گذاری برای پشتیبانی از این تکنولوژی، باعث تشویق گسترش استفاده از سیستم‌های تهپاک گردیده است [۲۲]. با شناخت دقیق از نحوه کارکرد و بازدهی اجزای سیستم تولید همزمان با ابعاد کوچک (تهپاک) که از طریق پیشرفت مدل‌های مربوط به این سیستم بدست آمده است، آنالیز اکسرژی کمک خواهد کرد تا سیستم را از نظر کیفیت مصرف انرژی بهینه‌سازی

که هر دو سیستم تامین‌کننده نیازهای یکسانی از گرما و الکتریسیته می‌باشند (۱۷۵۰ کیلووات ساعت الکتریسیته و ۲۶۵۰ کیلووات ساعت گرما). با توجه به اینکه راندمان الکتریکی را ثابت فرض کردیم بنابراین میزان کاهش مصرف انرژی اولیه و کاهش انتشار CO₂ برابر خواهد بود (شکل ۵).



شکل ۵: میزان کاهش مصرف انرژی و کاهش انتشار گاز در CO₂ در سیستم تولید همزمان با راندمان ثابت نسبت به تغییرات راندمانی مرکز حرارتی مستقل

به همین ترتیب با در نظر گرفتن راندمان‌های ثابت برای سیستم تولید همزمان و نیز ثابت بودن راندمان سیستم مستقل تولید حرارت، می‌توان اثر تغییر راندمان مرکز تولید الکتریسیته را روی میزان مصرف انرژی و انتشار CO₂ نسبت به سیستم تولید همزمان نشان داد (شکل ۶)



شکل ۶: میزان کاهش مصرف انرژی و کاهش انتشار گاز در CO₂ در سیستم تولید همزمان با راندمان ثابت نسبت به تغییرات راندمانی مرکز تولید الکتریسیته مستقل

درصد کاهش گاز CO ₂ منتشر شده (/.)	ecoCO ₂	کرد . همچنین آنالیز ترمو-اقتصادی نیز می تواند در ادامه مطالعه سیستم های تولید همزمان با ابعاد کوچک در نظر گرفته شود.
میزان انتشار گاز CO ₂ (kg) (ΔCO ₂)	انرژی الکتریکی (یا مکانیکی) (kWh)	فهرست علائم
W	علائم یونانی	C انرژی اولیه (kWh)
η	راندمان	CE مصرف ویژه معادل
cog	زیرنویس ها	درصد انرژی صرفه جویی (/.)
elec	مرکز تولید الکتریسیته	Ex اکسرژی (kWh)
ex	اکسرژی	F ضریب انتشار گاز CO ₂
i	ورودی	FH نسبت ویژه گرما- کار
H	منبع گرم	HF نسبت ویژه کار - گرما
o	خروجی	LHV ارزش حرارتی پایین سوخت
ref	مرجع دمایی (هوای محیط)	Q گرما (kWh)
sep	مرکز تولید انرژی مستقل	راندمان مکانیکی (یا الکتریکی) معادل
th	مرکز تولید حرارت	T دما (K)

مراجع

- [1] ASHRAE, (2000). HVAC Systems and Equipment SI Edition, American Society of Heating, Ventilation and Air-Conditioning Engineers Inc, Atlanta USA
- [2] M. Alaphilippe, S. Bonnet, P. Stouffs, Low power thermodynamic solar energy conversion: coupling of a parabolic trough concentrator and an Ericsson engine, International Journal of Thermodynamics, 10, 37-45, 2007.
- [3] D. Tempesti, G. Manfrida, D. Fiaschi, Thermodynamic analysis of two micro CHP systems operating with geothermal and solar energy, Applied Energy, 97, 609-617, 2012.
- [4] M. Habka, S. Ajib, Studying effect of heating plant parameters on performances of a geothermal-fuelled series cogeneration plant based on Organic Rankine Cycle, Energy Conversion and Management, 78, 324-337, 2014.
- [5] B. Thomas, Benchmark testing of micro-CHP units, Applied Thermal Engineering, 28, 2049-2054, 2008.
- [6] M. Creyx, E. Delacourt, C. Morin, B. Desmet, P. Peultier, Energetic optimization of the performances of a hot air engine for micro-CHP systems working with a Joule or an Ericsson cycle, Energy, 49, 229-239, 2013.
- [7] S. Thiers, B. Aoun, B. Peuportier, Experimental characterization, modeling

- and simulation of a wood pellet micro-combined heat and power unit used as a heat source for a residential building, *Energy and Buildings*, 42, 896-903, 2010.
- [8] N. Zuliani, R. Taccani, Microcogeneration system based on HTPEM fuel cell fueled with natural gas: Performance analysis, *Applied Energy*, 97, 802-808, 2012.
- [9] Knight, I. and Ugursal, V.I., (2005). Residential Cogeneration Systems: A Review of Current Technologies, A Report of Annex 42 of the International Energy Agency, Energy Conservation in Buildings and Community Systems Programme
- [10] Simader, G. R., Krawinkler, R., and Trnka, G. Micro CHP systems: state-of-the-art, Final Report, Deliverable 8 (D8) of Green Lodges Project (EIE/04/252/S07.38608), Austrian Energy Agency, Vienna, 2006
- [11] Hawkes, A. D., Leach, M. A., On policy instruments for support of micro combined heat and power, *Energy Policy* 36 (8) (2008): 2963–2972.
- [12] G.J. Van Wylen, R.E. Sonntag, P. Desrochers, Thermodynamique Appliquée, Renouveau Pédagogique, Ottawa, 1992.
- [13] L. Borel, Thermodynamique et Energétique, vol. 1, Presses Polytech. Romandes, Lausanne, 1991
- [14] H. Abdallah, Analyse énergétique, exergetique et économique des cycles de turbines à combustion, PhD thesis, Université de Nantes, France, 1998.
- [15] A. Bejan, G. Tsatsaronis, M. Moran, Thermal, Design and Optimization, John Wiley & Sons, New York, 1996.
- [16] W. Göran, Exergetics, Exergy, Ecology, Democracy, Mölndal,
- [17] A. Bejan, Entropy, Generation, Minimization, CRC Press, Boca Raton, transfer FL, 1995
- [18] Marco Gambini and Michela Vellini / *Energy Procedia* 81 (2015) 430 – 439
- [19] C. Roselli, M. Sasso, S. Sibilio, and P. Tzscheutschler, Experimental analysis of microcogenerators based on different prime movers, *Energy and Buildings*, vol. 43, no. 4, pp. 796–804, Apr. 2011.
- [20] ISCC, (2012), GHG Emission Requirements, ISCC PLUS 205-01 V 1.0
- [21] ARMSTRONG, G.T. and Jobe, T.L. jr. Heating Values of Natural Gas and its Components, US Dept. of Commerce, NBSIR 82-2401 (May 1982), 164 p.
- [22] H. Ren, W. Gao, Economic and environmental evaluation of micro CHP systems with different operating modes for residential buildings in Japan, *Energy and Buildings* 42 (2010) 853–861



بررسی اقتصادی زیست محیطی استفاده از نیروگاه خورشیدی کوچک و مقایسه با روش CHP به منظور مدیریت تولید و مصرف انرژی در ساختمان های موجود مقیاس متوسط

کد مقاله: ۱۰۲۱

مجید شفیعی پور مطلق^۱، سید مجید مفیدی شمیرانی^۲، فائزه برهانی^۳، مهسا کشاورز محمدیان^۴

چکیده

با توجه به مشکلات ناشی از سوخت های فسیلی در چند دهه گذشته، مانند گرمایش زمین، صدور گازهای گلخانه ای و تخریب لایه اوزون و غیره، انرژی های تجدید پذیر و پاک مورد توجه قرار گرفته اند. تولید انرژی خورشیدی و تولید همزمان برق و حرارت هر دو از روش های تولید انرژی ارزان، پاک و صرفه جویی در مصرف انرژی هستند. تولید برق در محل مصرف منجر به کاهش هزینه های تولید انرژی الکتریکی می شود، به گونه ای که معمولاً قیمت تمام شده انرژی الکتریکی بدین روش کمتر از قیمت برق شبکه می گردد. این مطالعه با این هدف تدوین شده است که جهت کاهش مصرف برق در محل مصرف با استفاده از دو گزینه نصب مولد خورشیدی و نیروگاه سیکل ترکیبی و شبکه مورد نیاز هزینه های احداث این دو نیروگاه مورد مقایسه قرار گیرد. در این مقاله هزینه های تمام شده برای احداث دو نیروگاه پیشنهادی محاسبه شده و نتایج حاکی از آن است که از نظر اقتصاد ملی، ایجاد نیروگاه خورشیدی ارزان تر از نیروگاه حرارتی متمرکز است و این مقاله کشیدن خط بطلان بر باور گرانی انرژی خورشیدی است و ایجاد آن دارای اثرگذاری کمی بر روی محیط زیست است.

واژگان کلیدی: بررسی اقتصادی، بهینه سازی مصرف انرژی، برق خورشیدی، برق حرارتی، ارزیابی زیست محیطی.



- ۱- عضو هیئت علمی دانشکده محیط زیست، دانشگاه تهران؛ shafiepour@ut.ac.ir
- ۲- عضو هیئت علمی دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه علم و صنعت ایران؛ S_m_mofidi AT iust.ac.ir
- ۳- دانشجوی دکترای مهندسی عمران مهندسی محیط زیست، دانشگاه تهران؛ fborhani78@ut.ac.ir
- ۴- دانشجوی کارشناسی ارشد طراحی شهری، دانشگاه علم و صنعت ایران؛ mahsa_keshavarz@arch.iust.ac.ir

مقدمه

مدیریت منابع انرژی و روش استفاده مناسب و اقتصادی از این منابع یکی از مهمترین مباحث فعلی و آینده کشورمان می باشد. در این میان انرژی برق کاربردی ترین شکل انرژی است که هزینه های آن به طور مستقیم و غیرمستقیم نقش قابل توجهی در مخارج جاری بنگاه های اقتصادی دارد. لذا توجه به افزایش بهره‌وری انرژی بسیار ضروری می‌باشد. در سالی که گذشت اهداف توسعه پایدار جدیدی توسط دولت ها اتخاذ شد که انرژی های تجدید پذیر به عنوان مهمترین ارکان این تعهد جهانی برای از بین بردن فقر، دسترسی همگان به برق و حفاظت از محیط‌زیست شناخته می شود. اخیراً در کشور ایران هم گام های موثری جهت به کارگیری انرژی های خورشیدی و بادی برداشته شده است. در این پژوهش طراحی بهینه سیستم انرژی ترکیبی خورشیدی- بادی- دیزل در نواحی روستایی و دور دست با رویکرد اقتصاد مقاومتی صورت گرفته است [۱]. جعفری و همکاران، در مطالعه‌ای با استفاده از نرم افزار آنالیز پروژه انرژی پاک RETSCTeen به ارزیابی فنی، اقتصادی و زیست محیطی ایجاد نیروگاه فتوولتائیک با توان ۱ مگاوات پرداخته شده است. نتایج حاصل شده نشان می دهد با احداث این نیروگاه با هزینه ای نزدیک به ۵ میلیارد تومان، علاوه بر بازگشت سرمایه مصرف شده بعد از گذشت حدود ۶ سال، بسیاری از هزینه های جاری این نیروگاه به وسیله فروشی برق مازاد تولیدی تأمین خواهد شد [۲]. در پژوهشی به بررسی فنی، اقتصادی و زیست محیطی کاربرد صفحات خورشیدی برای یک ساختمان مسکونی

۱۵۱ مترمربعی در تهران پرداخته شد. مدلسازی انرژی برای ساختمان مورد نظر به-وسیله نرم افزار RETScreen انجام شده است. نتایج نشان دادند که با استفاده از پنل های خورشیدی باتوان ۲۴۵W به تعداد ۱۲ عدد توانی به اندازه ۱/۸۷ مگاوات ساعت در سال تولید خواهد شد و بازگشت سرمایه برابر ۱۵/۵ سال خواهد بود [۳]. صادقی و مرادی افزا در مقاله ای با در نظر گرفتن نرخ رشد قیمت حامل های انرژی به صورت در صدی از قیمت کل در هر سال به ارزیابی اقتصادی استفاده از CHP و همچنین چگونگی به کارگیری آن جهت بهینه سازی هزینه تمام شده انرژی الکتریکی برای مصرف کنندگان یک واحد اداری در سال های پیش رو پرداخته شده است [۴]. در مقاله ای با تحلیل اقتصادی نیروگاه های تولید همزمان و ذخیره انرژی و CHP توسط این نیروگاه ها اهمیت احداث سیستم های مشکلات موجود در کشور مورد بررسی قرار گرفته و راهکار مناسب برای برطرف کردن مشکلات پیشنهاد گردیده است [۵]. از زباله های شهری نیز به عنوان سوخت برای CHP استفاده می شود. اولین سود کاربرد آن ها کاهش چشمگیر هزینه های جمع آوری، دفع و هزینه های زیست محیطی بوده و دومین مزیت آن مصرف بیوگاز تولیدی در بخش های مختلف تولید انرژی می باشد [۶]. بنابراین با در نظر گرفتن اهمیت تولید برق از انرژی های تجدیدپذیر و استفاده روزافزون مصرف انرژی الکتریکی، ضرورت دانستیم میزان هزینه های احداث نیروگاه در زمین ۱۵۰۰ مترمربعی مورد آنالیز قرار گیرد و با توجه به ارزیابی هزینه های تمام شده دو نیروگاه پیشنهادی خورشیدی و نیروگاه

بوده است. با توجه به رشد قیمت سالانه به مقدار ۱۰ درصد، لذا قیمت پیش‌بینی برای سال ۹۷ مبلغ ۱۱۵۰ Rials/Kwh می‌باشد. این مولدها قادرند تا سالیانه به مدت ۷۸۰۰ ساعت کار کنند. لذا با در نظر گرفتن توان الکتریکی ۹۵۰ Kw برای مولد (در شرایط سایت)، میزان کل انرژی الکتریکی تولیدی توسط مولد برابر ۳۷۰۵۰۰۰۰ Kwh خواهد بود. حال با توجه به نرخ خرید ۱۱۵۰ Rials/Kwh، درآمد حاصل از فروش برق تولیدی به شبکه سراسری برق برابر خواهد بود با:

$$S_1 = 4260800000 \text{ Rials}$$

درآمد حاصل از بازیافت حرارت ژاکت و آگزوز

همچنین از بازیافت حرارت ژاکت و آگزوز موتور، به نوعی می‌توان انتظار صرفه‌جویی در زمینه هزینه‌های تولید آب گرم کارخانه را داشت و بخشی از نیاز حرارتی مجموعه را تأمین کرد. مجموعه توان حرارتی قابل بازیافت از ژاکت و آگزوز هر مولد با فرض راندمان ۸۰٪ برابر ۹۶۱ کیلووات می‌باشد. که با فرض کارکرد ۷۸۰۰ ساعت نیروگاه، کل انرژی حرارتی تولید شده برابر خواهد بود با ۳۷۴۷۹۰۰۰ کیلووات که تولید این میزان انرژی حرارتی نیاز به مصرف گاز با دبی تقریباً ۵۹۳ مترمکعب بر ساعت در دیگ‌های آب گرم دارد که در طول این مدت معادل ۴۶۲۶۰۰۰ مترمکعب گاز خواهد بود.

حال با توجه به نرخ گاز ۸۰۰ Rials/m³، به این نتیجه می‌رسیم که اگر از حرارت بازیافتی مجموعه ژاکت و آگزوز مولدها استفاده شود، سالیانه در حدود ۳۷۰۰۰۰۰۰ Rials از هزینه‌های گاز

حرارتی، بهینه‌ترین نیروگاه از نظر شرایط اقتصادی جهت تولید انرژی الکتریکی در این مکان ساخته شود.

معرفی طرح

در این طرح، سرمایه‌گذاری در احداث نیروگاه تولید برق به ظرفیت ۵/۵ مگاوات نامی، براساس مولدهای فابا موتور(۱/۱) مگاواتی، بیان شده است.

مشخصات فنی مولدها

در این طرح توضیحات اقتصادی مربوط به احداث ۵ دستگاه مولد گازسوز به ظرفیت تولید ۹۵۰ کیلووات در شرایط سایت و به صورت دائم کار جهت فروش برق به شبکه‌ی سراسری ارائه می‌گردد. در طرح پیشنهادی، از مولد گازسوز دائم کار فابا موتور استفاده می‌شود که مشخصات فنی آن در جدول زیر آمده است:

جدول ۱. مشخصات فنی موتور ژنراتور فابا موتور

راندمان الکتریکی (در شرایط ISO)	٪۳۹	
راندمان حرارتی	٪۴۵	
توان الکتریکی خروجی در شرایط ISO (KW)	۱۱۰۰	
توان الکتریکی خروجی در شرایط سایت (KW)	۹۵۰	
میزان حرارت قابل بازیافت از آگزوز (KW)	۷۱۲	
میزان حرارت قابل بازیافت از ژاکت (KW)	۴۸۹	
تعداد سیلندر	۱۶	
فرکانس (HZ)	۵۰	
دور موتور (RPM)	۱۵۰۰	
مصرف گاز طبیعی (مترمکعب بر ساعت) در شرایط ISO	۲۷۹	
وزن موتور ژنراتور (بدون آب و روغن) (KG)	۱۱۸۰۰	
ابعاد یکجبهه موتور و ژنراتور (MM)	L	۵۳۰۰
	W	۲۲۰۰
	H	۲۰۱۰
		۷۸۰۰
قابلیت اطمینان (HR/YEAR)	۷۸۰۰	

قابلیت اطمینان (HR/YEAR)

۷۸۰۰

درآمدهای سالیانه طرح

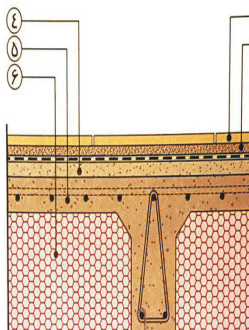
طبق ابلاغیه وزیر محترم نیرو به شرکت توانیر، قیمت خرید تضمینی برق از نیروگاه‌های مقیاس کوچک به طور متوسط با نرخ پایه ۹۹۶ Rials/Kwh در سال ۹۵

هزینه‌های اولیه سرمایه‌گذاری (عمرانی)

جدول ۳. برآورد هزینه‌های عمرانی طرح

ردیف	شرح	تعداد	مبلغ (ریال)
۱	خاکبرداری، تسطیح، دیوارکشی، نرده-کشی، نصب درب ورودی، آسفالت محوطه سایت و فضای سبز سایت	۱	
۲	اجرای چاه ارت (موتور+ تجهیزات+ تابلو ۲۰ کیلوولت+ ایستگاه گاز)+ لوازم آن	۱۲	۷۶۰۰۰۰۰۰۰
۳	ساخت سوله برای اتاق مولدها و تابلوهای کنترلی و تابلو ۴۰۰ ولت و ترانس	۱	
۴	ساختمان‌سازی برای اتاق تابلو ۲۰ کیلوولت	۱	
۵	ساختمان‌سازی برای نگهداری، اتاق استراحت، لیباری و کارگاه به همراه تأسیسات عمومی (روشنایی، آبرگرمکن داخلی، کولر و ...)	۱	
۶	خرید اشعاب گاز (STD.M.۱۰,۶۰,۲۵۰۰) و متعلقات مربوطه به همراه هزینه‌های جانبی ایستگاه گاز(حق اشعاب شهرک صنعتی- هزینه لوله‌کشی از ایستگاه تا درب ورودی سوله+ محوطه‌سازی ایستگاه گاز)	۱	
۷	حق اشعاب آب و برق و تلفن	۱	
۸	هزینه‌های پیش‌بینی نشده به مازاد ۳ درصد جمع کل: هفت میلیارد و ششصد میلیون ریال		۷۶۰۰۰۰۰۰۰۰

زمین مفروض در طرح پیش‌رو به مساحت ۱۵۰۰ مترمربع بوده و چیدمان تجهیزات به شکل زیر در نظر گرفته شده است.



مجموعه که برای تولید آب گرم باید خرج

می‌شد کاسته می‌شود لذا

$$S_2 = 3700000000 \text{ Rials}$$

هزینه‌های طرح

ردیف	شرح	تعداد	مبلغ (ریال)
۱	موتور ژنراتور گازسوز فلپا موتور به ظرفیت ۱۱۰۰ کیلووات در شرایط ISO به همراه تابلوی کنترل پفل، ۰.۴۰۰ P.F.(۰.۸)، ۱۵۰.۰۰۰۰۰۰۰ ۵۰.۰۰	۵	۶۵۰۰۰۰۰۰۰۰
۲	رادیاتور کمکی برای خنک‌کاری HT Mixture و LT Mixture (نو)	۵	
۳	سیستم چپ به همراه مدل بازبافت حرارت از زاکت موتور و تولید آب گرم و سایر متعلقات	۵	
۴	سایلینسر (صدا خفکن) استاندارد صنعتی و ۶ متر لوله اکروز به همراه انصالات (نو)	۵	۳۴۹۷۰۰۰۰۰۰
۵	هزینه لوله‌کشی گاز و آب برای موتور و رادیاتورها + تجهیزات (طرح استاندارد)	۵	
۶	تابلوی قدرت سمت ۴۰۰ ولت (نو)	۵	
۷	ترانسفورماتور ۰.۴/۲۰ kv ۲۵۰ (نو)	۵	
۸	تابلوی سوئیچ‌گیر و حفاظتی سمت ۲۰ کیلوولت (نو)	۱	
۹	کابل کشی قدرت تا تابلو ۲۰ کیلوولت + کنترل+ روشنایی (طرح استاندارد)	۵	
۱۰	سیستم تهویه اتاق مولد	۵	
۱۱	سیال خنک‌کن و روغن مورد نیاز برای راه‌اندازی اولیه موتورها (برای هر موتور دو بشکه)	۵	
۱۲	کنسور، مودم، نصب آن و RTU	۱	
۱۳	مشاوره	۱	
۱۴	نصب و راه‌اندازی	۵	
۱۵	حمل و نقل تجهیزات به محل سایت	۱	
۱۶	خرید لوازم و ابزار مورد نیاز جهت سایت (چار، جعبه بوکسی، جک پالت و ...) به همراه لوازم یدکی پشتیبان جهت موتور ژنراتورها	۱	
۱۷	خرید لوازم و ابزار مورد نیاز جهت امور اداری	۱	
۱۸	هزینه‌های پیش‌بینی نشده جمع کل: نود و نه میلیارد و هشتاد میلیون		۹۹۹۷۰۰۰۰۰۰۰

جدول ۴. شرح علائم و اختصارات نقشه

۰۱	اتاق مولدها
۰۲	اتاق ترانسفورماتور
۰۳	اتاق تابلوهای سوئیچ گیر ۲۰ کیلوولت
۰۴	کارگاه
۰۵	انبار تجهیزات و لوازم بدکی
۰۶	اتاق ماینورینگ
۰۷	توالت و حمام
۰۸	ایستگاه گاز
۰۹	اتاق استراحت پرسنل

هزینه اورهال کلی موتور در پایان سال های پنجم و دهم در هزینه های سالیانه در نظر گرفته می شود که برای هر واحد موتور ۲۸۵۰۰۰۰۰۰۰ ریال در نظر گرفته می شود.

خلاصه محاسبات اقتصادی طرح

خلاصه جریان نقدی طرح طی پانزده سال اول محاسبه شده که برای به دست آوردن آن از مواردی نظیر هزینه های اولیه و سالیانه و درآمدهای سالیانه استفاده شده است.

جدول ۶ محاسبات جریان نقدی طی ۱۵ سال

سال	جریان نقدی (ریال)	IRR
۰	-۱۰۷۵۷۰۰۰۰۰۰۰	۳۱٪
۱	۳۴۶۲۶۳۲۰۰۰۰	
۲	۳۴۶۲۶۳۲۰۰۰۰	
۳	۳۴۶۲۶۳۲۰۰۰۰	
۴	۳۴۶۲۶۳۲۰۰۰۰	
۵	۳۴۶۲۶۳۲۰۰۰۰	
۶	۲۰۳۷۶۳۲۰۰۰۰	
۷	۳۴۶۲۶۳۲۰۰۰۰	
۸	۳۴۶۲۶۳۲۰۰۰۰	
۹	۳۴۶۲۶۳۲۰۰۰۰	
۱۰	۳۴۶۲۶۳۲۰۰۰۰	
۱۱	۳۴۶۲۶۳۲۰۰۰۰	
۱۲	۲۰۳۷۶۳۲۰۰۰۰	
۱۳	۳۴۶۲۶۳۲۰۰۰۰	
۱۴	۳۴۶۲۶۳۲۰۰۰۰	
۱۵	۳۴۶۲۶۳۲۰۰۰۰	

هزینه های سالیانه

هزینه های سالیانه ی طرح نیز شامل هزینه ی سرویس و نگهداری و هزینه ی اورهال و ... می باشد. شایان ذکر است که طبق دستورالعمل مولدهای مقیاس کوچک، بخش زیادی از هزینه ی گاز مصرفی مولدها توسط شرکت توانیر پرداخت می گردد. به طوری که، بر اساس محاسبات انجام شده برای تولید کل برق نیروگاه در یکسال، می بایستی حدود ۹۹۶۳۰۰۰ مترمکعب گاز طبیعی در سال (۷۸۰۰ ساعت) مصرف شود که هزینه ی تقریباً ۷۲٪ این مقدار گاز را شرکت توانیر در قالب قرارداد خرید تضمینی برق تقبل کرده و تنها هزینه ۲۵۵۳۰۰۰ مترمکعب گاز مصرفی توسط سرمایه گذار به شرکت گاز پرداخت می شود که مبنای محاسبه، تعرفه ی گاز نیروگاهی ۸۰۰ Rials/m³ می باشد.

جدول ۵. هزینه های سالیانه طرح

ردیف	شرح	تعداد	مبلغ (ریال)
۱	تأمین لوازم بدکی و مصرفی	۵	
	موتور ژنراتور		۱۱۶۸۲۰۰۰۰۰
۲	تیم بهره برداری از نیروگاه (دستمزد+عیدی+پاداش کارکنان و پیمانکار)	۱	
۳	هزینه ی گاز مصرفی پرداختی	۲۵۵۳۰۰۰ m ³	
	توسط سرمایه گذار		
۴	هزینه های پیش بینی نشده		۱۱۶۸۲۰۰۰۰۰
	جمع کل: بازده میلیارد و شصتد و هشتاد و دو میلیون ریال		

احداث نیروگاه خورشیدی (فتوولتائیک) متصل به شبکه برق
 گزارش توجیحی در آشنایی با الزامات احداث نیروگاه خورشیدی (فتوولتائیک) متصل به شبکه برق
 ایران با داشتن حدود ۳۰۰ روز آفتابی

جهت احداث نیروگاه خورشیدی می‌باشند. لیست تقریبی تجهیزات اصلی مورد نیاز و اطلاعات اولیه جهت احداث نیروگاه خورشیدی:

صفحه‌های فتوولتائیک عموماً دارای ۱۰ سال تضمین حداقل ۹۰٪ از راندمان نامی و ۲۵ سال راندمان ۸۰٪ می‌باشند. عمر عملکرد ۳۰ و ۳۵ سال بعد از به-کار گذاری این صفحات در اکثر مواقع دیده می‌شوند. دستگاه های اینورتر با قراردادهای لازمه دارای تضمین ۲۰ و ۲۵ سال از طرف تولید کنندگان می-باشند. استراکچر و اجزای نصب صفحه‌های خورشیدی در ظرفیت بالا از جنس فلز گالوانیزه و دارای طول عمر بیش از ۲۵ سال، با قابلیت تحمل بادهای ۱۴۰ کیلومتر در ساعت می‌باشند. و نیازمند سامانه حفاظت از صاعقه (سیستم امنیتی نیروگاه خورشیدی با فنس و تلویزیون مدار بسته قسمتی از ملزومات نیروگاه) می‌باشند.

شرح اجزا:

سیستم ۵۰۰ کیلو وات، برای مثال شامل ۱۶۷۰ صفحه خورشیدی ۳۰۰ وات DC می باشد. استراکچر لازم برای ظرفیت مورد نیاز، اینورتر تبدیل نیروی مستقیم به متناوب (برق شهری با الزامات شبکه برق)، استفاده از مساحت مورد نیاز با شرایط مناسب تابش خورشید، تابلوهای توزیع، انتقال و حفاظت، سامانه ارت، کابل‌های کنترل و قدرت، ایجاد نقشه‌های فنی در رابطه با کارگذاری و نصب سیستم به شبکه برق، نصب و راه اندازی سیستم و در صورت لزوم، نصب دوربین‌های مدار بسته به منظور نظارت امنیتی مورد نیاز می‌باشد.

نگه‌داری سیستم خورشیدی

هزینه نگهداری و سرویس پنل خورشیدی

در سال جزو بهترین کشورهای دنیا در زمینه پتانسیل انرژی خورشیدی در جهان است. با توجه به موقعیت جغرافیای ایران و پراکندگی روستای در کشور، استفاده از انرژی خورشیدی یکی از مهمترین عواملی است که باید مورد توجه قرار گیرد. استفاده از انرژی خورشیدی یکی از بهترین راه‌های برق‌رسانی و تولید انرژی در مقایسه با دیگر مدل‌های انتقال انرژی به روستاها و نقاط دور افتاده در کشور از نظر هزینه، حمل‌ونقل، نگهداری و عوامل مشابه است. با توجه به استانداردهای بین‌المللی و میانگین انرژی تابشی خورشید در بسیاری از قسمت‌های ایران انرژی تابشی خورشید بسیار بالاتر از میانگین بین‌المللی است و در برخی از نقاط حتی بالاتر از ۷ تا ۸ کیلو وات ساعت بر مترمربع اندازه‌گیری شده است. تاکنون با توجه به موقعیت جغرافیایی ایران تعداد زیادی آب گرمکن خورشیدی و چندین دستگاه حمام خورشیدی در نقاط مختلف کشور از جمله استان خراسان، استان سیستان و بلوچستان، استان یزد و استان کرمان نصب و راه‌اندازی شده‌است.

دلایل سرمایه گذاری در احداث نیروگاه فتوولتائیک:

درآمد ۲۰ ساله تضمینی از طریق فروش مستقیم برق تولید شده به ساتیا(سازمان انرژی‌های تجدید پذیر ایران)، سرمایه گذاری در انرژی پاک و ایجاد زیربنای انرژی پاک در جامعه، پایه گذاری و سازندگی صنعت انرژی خورشیدی کشور، کارآفرینی و ایفا نقشی عظیم در به روز رسانی و پیروی از اهداف ملی، دسترسی به درآمد امن و قابل توجه، ایجاد انرژی لازمه برای رشد اقتصادی و پیشرفت کلیه صنایع کشور و ایجاد انرژی از منبع بدون پایان از دلایل سرمایه‌گذاری

PV PANEL DESCRIPTION شرح پنل	HI QUALITY AMERICAN OR EUROPEAN STANDARDS PV PANELS ۱۰ YEARS WARRANTY, IEC/UL CERTIFICATION ۲۵ سال ضمانت و با استانداردهای اروپا و
INVERTERS اینورتر	US OR EURO STANDARD INVERTERS ۱۰ YEARS MANUFACTURE WARRANTY اینورترهای ساخت اروپا و یا آمریکا با ۲۰ سال گارانتی، ۱۰٪
OUTPUT DUE TO SHADE FACTORS	
ARRAY AREA & ORIENTATION: جهت و مساحت آرایه	SURFACE MOUNT : ۵۰۰۰ SQ M , TILT: ۱۰° , AZIMUTH: ۱۸۰° (S) ۵۰۰۰ متر مربع مساحت حدودی آرایه و جهت، نسب یا در نظر گرفتن بهترین درآمد شمال-جنوب و شیب مورد نیاز

دولتی (۴۲۰۰ تومان) و آزاد (۶۵۰۰ تومان) محاسبه گردیده است.

- ظرفیت سیستم ۱۰۰ کیلوواتی براساس سرمایه‌گذاری کمتر و فروش برق با درآمد بالاتر (۷۰۰ تومان برای هر یک کیلووات) محاسبه گردیده است.
- مخارج خرید تجهیزات جدول زیر برحسب دلار در دو نرخ دولتی (۴۲۰۰ تومان) و آزاد (۶۵۰۰ تومان) محاسبه گردیده است.

اطلاعات تجهیزات سیستم ۵۰۰ و ۱۰۰ کیلوواتی

- (۱) سیستم ۵۰۰ کیلووات
جدول ۷. تجهیزات سیستم ۵۰۰ و ۱۰۰ کیلوواتی
محاسبه هزینه مهندسی ، طراحی، خرید، نصب و راه اندازی سیستم ۵۰۰ کیلوواتی با نرخ دلار ۴۲۰۰ و ۶۵۰۰ تومان

بسیار پایین می‌باشد. با در نظر گرفتن محل نصب سیستم خورشیدی و شرایط جوی در بدترین شرایط، شستشوی صفحه‌ها هر دو ماه یکبار و بازرسی چشمی صفحه‌های خورشیدی و دیگر اجزای سیستم در هر سال توصیه می‌شوند.

محاسبات سرمایه گذاری

محاسبات زیر بر اساس اطلاعات دریافت شده از مخارج ماهانه برق (قبض به مورخه ۲۶/۰۱/۹۷ مصرف به مدت ۵۱ روز) یک ساختمان می‌باشد. طبق محاسبات مخارج روزانه استفاده‌ی برق از شبکه برق منطقه ۱۱۰۹۰۹۱ تومان است.

توضیحات جدول زیر،

- ظرفیت سیستم ۵۰۰ کیلوواتی براساس پرداخت مخارج روزانه شرکت بهسازی صنایع چوب ایران محاسبه گردیده است (نرخ فروش برق تولیدی از نیروگاه خورشیدی ۴۹۰ تومان برای هر یک کیلووات می‌باشد).
- مخارج خرید تجهیزات جدول زیر برحسب دلار در دو نرخ

TOTAL SYSTEM SIZE	۵۰۰ ۴۷۵ ۴۷۵	۱۰۰ KW DC POWER (STC) ۹۵ KW (PTC) ۹۵ KW (CEC)
NET COST PER WATT هزینه خالص هر وات بدون ارزیابی و با طرح اینورتر مرکزی		\$ ۱,۴۰ TO \$ ۱,۴۵ (USD) PER WATT DC POWER (STC)
ESTIMATED ANNUAL PRODUCTION برآورد تولید سالیانه		۹۱۲,۰۰۰ KWH ۱۸۴,۰۰۰ KWH
PROPOSED ARRAY SIZES (STC) اندازه آرایه پیشنهادی		۵۰۰ KW DC ۱۰۰ KW DC
NUMBER OF PV PANELS تعداد پنل های پیشنهادی		۱۷۷۰ SOLAR PANELS OF ۲۰۰ WATT/EA ۳۳۰ SOLAR PANELS OF ۲۰۰ WATT/EA

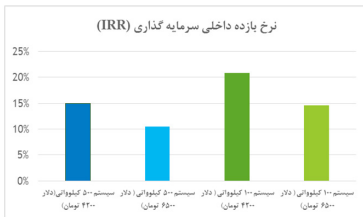


جدول ۸. محاسبه هزینه سیستم ۵۰۰ کیلوواتی

ردیف	شرح	مبلغ (تومان)
۱	هزینه‌های نگهداری سالیانه (هزینه‌های جانبی)	
	هزینه کارگر	۶۰۰,۰۰۰
	هزینه آب مصرفی جهت شستشو پیل (سه ماه یکبار در سال)	۳۵۰,۰۰۰
	هزینه بیمه کارگر	۱,۰۰۰,۰۰۰
	هزینه تعمیرات سالیانه	۴,۰۰۰,۰۰۰
	جمع کل	۵,۹۵۰,۰۰۰
۲	هزینه اولیه*	دلار ۴۲۰۰ تومان
		دلار ۶۵۰۰ تومان
۳	درآمدهای سالیانه (فروش برق)	۴۴۷,۱۷۵,۰۰۰
۴	نرخ بازده داخلی	دلار ۴۲۰۰ تومان ۱۵%
	سرمایه‌گذاری (IRR)	دلار ۶۵۰۰ تومان ۱۰٪/۵۰
۵	دوره بازگشت سرمایه	دلار ۴۲۰۰ تومان ۶/۵۷ سال
		دلار ۶۵۰۰ تومان ۹/۳۹ سال

می‌کند و نماد ساختمان سبز است و آلودگی معادل ۵۰۰ خودرو را کاهش می‌دهد. با احداث این نیروگاه بر روی بام، ۲۰ کیلوگرم بر مترمربع (بارگذاری ناچیز) روی بام ساختمان قرار می‌گیرد.

جمع بندی اقتصادی (احداث نیروگاه خورشیدی)



نمودار ۱. نرخ بازده داخلی سرمایه گذاری

۲) سیستم ۱۰۰ کیلووات

محاسبه هزینه مهندسی، طراحی، خرید، نصب و راه اندازی سیستم ۱۰۰ کیلوواتی

جدول ۹. محاسبه هزینه سیستم ۱۰۰ کیلوواتی

ردیف	شرح	مبلغ (تومان)
۱	هزینه‌های نگهداری سالیانه (هزینه‌های جانبی)	
	هزینه کارگر	۱۲۰,۰۰۰
	هزینه آب مصرفی جهت شستشو پیل (سه ماه یکبار در سال)	۷۰,۰۰۰
	هزینه بیمه کارگر	۲۰۰,۰۰۰
	هزینه تعمیرات سالیانه	۸۰۰,۰۰۰
	جمع کل	۱,۱۹۰,۰۰۰
۲	هزینه اولیه: هزینه نصب و اجرای تجهیزات خورشیدی	دلار ۴۲۰۰ تومان ۶۰۹,۰۰۰,۰۰۰
		دلار ۶۵۰۰ تومان ۸۷۰,۰۰۰,۰۰۰
۳	درآمدهای سالیانه (فروش برق)	۱۲۷,۷۵۰,۰۰۰
۴	نرخ بازده داخلی	دلار ۴۲۰۰ تومان ۲۰٪/۷۸
	سرمایه‌گذاری (IRR)	دلار ۶۵۰۰ تومان ۱۴٪/۵۴
۵	دوره بازگشت سرمایه	دلار ۴۲۰۰ تومان ۴/۷۷ سال
		دلار ۶۵۰۰ تومان ۶/۸۱ سال

آلایندگی زیست محیطی ناشی از احداث نیروگاه‌ها

میزان دود خروجی توربین های گازی در تمام سطوح بارگیری پایین است در حالی که در دیزل‌ها، میزان آلایندگی و دود تولیدی می‌تواند به میزان قابل توجهی با تغییرات بار و چگونگی تعمیرات تغییر نماید و در صورت تعمیر نامناسب، میزان این آلایندگی می‌تواند بسیار قابل توجه باشد. به ویژه در مورد کاربرد این تجهیزات در ساختمان، می‌تواند مشکلاتی مانند کمبود اکسیژن و یا بوی نامطبوع ایجاد نماید.

از ملاحظات اساسی در هر سیستم CHP می‌توان به اینکه موتور CHP چه انتشاراتی تولید می‌کند و چه راهبردهای کنترلی برای کیفیت هوا ضروری است، اشاره کرد. از جمله آلاینده های جوی حاصل از موتورهای گازی می‌توان از اکسیدهای نیتروژن، اکسیدهای گوگرد، کربن مونوکسید، هیدروکربن ها (که به عنوان گازهای گلخانه‌ای مسئول گرم

برای احداث یک نیروگاه خورشیدی ۱۰۰ کیلوواتی باید از ۱۵۰۰ مترمربع فضا در بام ساختمان یا فضای آزاد استفاده شود، ایجاد این نیروگاه کمک به محیط زیست شهری

مهیاتر از منابع انرژی تولیدی از CHP می‌باشد و هزینه تمام شده و نرخ بازگشت سرمایه ایجاد سیستم‌های خورشیدی کمتر می‌باشد و تولید برق اضطراری، کاهش هزینه انتقال و توزیع، افزایش بازدهی در صنعت برق، کاهش تلفات شبکه انتقال و توزیع، افزایش امنیت، پایداری و کیفیت تأمین انرژی، امکان استفاده از سوخت های متنوع و افزایش بازده (سیستم در حالت عادی فاقد از هر گونه استفاده از مواد سوختی می‌باشد). کاهش بار شبکه در ساعات اوج مصرف (پیک سائی)، سیستم به صورت خودکار هر روز به کار می‌افتد و به صورت خودکار به تولید انرژی، بدون نظارت می‌پردازد. کاهش حجم سرمایه گذاری و در نتیجه تسهیل ورود طیف گسترده بخش خصوصی، تملک کمتر زمین برای توسعه شبکه و کاهش تبعات مالی، اجتماعی، زیست محیطی و آلودگی (صرفه جویی در مساحت‌های بی‌استفاده مانند پشت بام ساختمان‌ها و یا سایه بان‌های پارکینگ مجتمع‌های مسکونی، اداری و تجاری)، فاقد ایجاد سر و صدا و یا تولید بو و مواد شیمیایی می‌باشد. اطلاعات لحظه‌ای مقدار برق تولید شده، رکورد بازدهی سیستم و مشاهدات مشکلات سیستم در صورت وقوع به وسیله اینترنت و از راه دور کنترل می‌شود. عدم احتیاج به تعمیرات و بازسازی از جمله مزایایی می‌باشد که احداث نیروگاه خورشیدی بر احداث نیروگاه CHP در اولویت قرار می‌گیرد.

کردن زمین شناخته شده‌اند)، آلدئیدها و مواد معلق ۱۰ میکرونی نام برد.

جدول ۱۰. میزان آلاینده های تولیدی در واحدهای مختلف CHP (PPM)

THC	CO	NO _x	نوع مولد
۱۵۰	۳۴۰	۱۰۰	موتور گازی ۵۰۰ کیلووات
۱۵	۶۲	۳۰	توربین گازی ۵/۸ مگاوات
۹	۲۵	۹	میکروتورب

تولید برق با استفاده از انرژی خورشیدی به طور کلی دارای اثرگذاری کمی بر روی محیط زیست می‌باشد. در مبادلات انرژی آن هیچ پسماندی تولید نمی‌شود، تنها استثنای موجود برای وجود پسماند را می‌توان به تخلیه سیال عامل در طی فرآیند داخل نیروگاه‌های حرارتی خورشیدی اشاره کرد. نیروگاه‌های خورشیدی بزرگ به طور کلی نیازمند فضا و مساحت مسطح بسیار زیادی می‌باشند تا بتوانند حرارت مورد نیاز را تامین کنند. تعدادی نامعلومی از سلول‌های فتوولتائیک در نیروگاه‌های خورشیدی دور ریخته می‌شوند و در بهترین سلول‌های خورشیدی از گالیم آرسنید که سمی می‌باشد استفاده شده است. همچنین در برخی از انواع نیروگاه‌های خورشیدی بدلیل سطح زیاد بازتاب‌کننده‌های حرارتی، خطرات جدی برای پرندگان ایجاد خواهد شد.

نتیجه‌گیری

این مقاله به مقایسه اقتصادی و زیست‌محیطی ایجاد نیروگاه جهت تولید انرژی خورشیدی و CHP پرداخته است. نتایج بررسی نشان می‌دهد اگرچه با احداث نیروگاه CHP می‌توان از قابلیت‌های مختلف مواد گازسوز از جمله تولید همزمان انرژی و حرارت نیز برای کسب درآمد و سود بیشتر استفاده نمود لکن منابع انرژی خورشیدی بسیار

مراجع

- [۱] خان احمدی، عباس؛ حبیب اله علمی؛ مسعود بابایی و سعید زمانیان، ۱۳۹۶، طراحی بهینه سیستم انرژی ترکیبی خورشیدی-بادی-دیزل در نواحی روستایی و دوردست با رویکرد اقتصاد مقاومتی، چهارمین کنفرانس بین المللی اقتصاد سبز، پابلسر.
- [۲] جعفری موغاری، حمیدرضا؛ محسن فتحی و سعید پورمنافی، ۱۳۹۵، بررسی فنی و اقتصادی استفاده از برق فتوولتائیک در دانشگاه صنعتی اصفهان با استفاده از نرم افزار RETScreen، دومین کنفرانس بین المللی اکولوژی سیمای سرزمین، اصفهان، دانشگاه صنعتی اصفهان.
- [۳] یوسفی، حسین؛ علی ربانی و نارک بابایان، ۱۳۹۳، بررسی فنی، اقتصادی و زیست محیطی استفاده از پنل های فتوولتائیک در ساختمان مسکونی در شهر تهران با استفاده از نرم افزار RETScreen، چهارمین کنفرانس بین المللی رویکردهای نوین در نگهداشت انرژی، تهران.
- [۴] صادقی، ثنا و پریوش مرادی افزا، ۱۳۹۵، بررسی اقتصادی نصب و راه اندازی CHP در یک ساختمان اداری با در نظر گرفتن اثر افزایش قیمت حامل های انرژی، چهارمین کنفرانس بین المللی علوم و مهندسی، ایتالیا-رم، موسسه مدیران ایده پرداز پایتخت ویرا.
- [۵] تقی زادگان، نوید و عیسی اکبری، ۱۳۸۹، بررسی قابلیت استفاده و معیارهای اقتصادی عملکرد نیروگاه های تولید همزمان، سومین کنفرانس نیروگاههای برق، محمودآباد، انجمن مهندسين برق و الكترونيك ايران، شركت برق منطقه ای مازندران و گلستان.
- [۶] صالحی فرناز، امین و محمدعلی عبدلی، ضرورت توسعه نیروگاه-های تولید همزمان برق و حرارت بیوگاز سوز در کشور، نشریه انرژی ایران، سال ۱۲، شماره ۳۰، تابستان ۱۳۸۸، صفحه ۱۸.

بررسی و امکان سنجی بهره گیری از انرژی خورشیدی در مجتمع های گردشگری (مطالعه موردی: منطقه برم دلك شیراز)

کد مقاله: ۱۰۲۳

زهرا برزگر^۱، سید میلاد جلائی^۲

چکیده

کشور ایران از قابلیت بالای توسعه اکوتوریسم برخوردار می باشد و دلایل گوناگونی منجر به تخریب محیط زیست شده اند که یکی از راه حل ها، استفاده از انرژی تجدید پذیر خورشیدی می باشد. پژوهش حاضر با هدف بررسی پتانسیل موجود در بهره گیری از انرژی خورشید در بدنه ساختمان های اکوتوریسم در منطقه برم دلك شیراز انجام گردید. روش تحقیق حاضر ترکیبی از روشهای کمی است و برای تکمیل اطلاعات از پرسشنامه با جامعه آماری ۲۰۰ نفر، (دانشجویان، مهندسين و اساتید معماری) کمک گرفته شد. داده ها با استفاده از نرم افزار spss و از روش آزمون t با دو گروه مستقل مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. از بین عوامل به ترتیب حجم، سطوح و منافذ ساختمان و ریز عوامل تعداد بر (نما)، میزان همجواری با ساختمانهای کناری، ابعاد پنجره ها، جنس و مساحت هر یک از سطوح بیشترین تأثیر و ریزعوامل عایق درب، شیب فضای نیمه باز، عمق و تراکم کف کمترین تأثیر را دارند. نتایج پژوهش حاکی از آن است که مجتمع اکوتوریسم را با در نظر گرفتن عوامل مؤثر در بهره گیری از انرژی خورشیدی می توان طراحی نمود به گونه ای که آسایش حرارتی تأمین گردد.

واژگان کلیدی: انرژی خورشیدی، اکوتوریسم، منطقه برم دلك، آسایش حرارتی.



۱- مدرس دانشگاه آزاد اسلامی واحد شیراز، ایران. zahrabarzegar86@yahoo.com

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشکده هنر و معماری، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران.
milad.jalae@yahoo.com

مقدمه

می باشد. امروزه صنعت توریسم به یکی از مهمترین صنایع و هدف بسیاری از کشورها تبدیل شده است. گردشگری بخش عمده اقتصاد جهانی را تشکیل می دهد و یکی از بزرگترین صنایع جهان می باشد (WTO: ۲۰: ۱۹۹۹). از طرفی، کوتوریسم یکی از بخشهایی است که در صنعت توریسم مورد توجه گردشگران و جهانگردان قرار گرفته است، اکوتوریسم مفهومی است که همزمان با رشد سریع گردشگری طبیعی طی ۲۰ سال گذشته در میان مجتمع مسئول حفاظت از محیط و مردم ساکن در اطراف مناطق حفاظت شده، تکامل یافته است (درام و مور، ۱۳۸۸: ۶) که با در نظر گرفتن حفاظت از محیط زیست و همچنین داشتن کمترین آثار سوء بر محیط، اعمال می شود. لذا با کاربست انرژی خورشیدی بر اینگونه مجتمع ها می توان میزان آلایندگی این محیط ها به طبیعت را بیشتر کنترل نمود.

در پژوهش حاضر انرژی تجدیدپذیر خورشیدی و پتانسیل های آن جهت استفاده در طراحی اکوتوریسم که کمترین تاثیر مخرب بر محیط زیست را دارد، بررسی شده است. روش تحقیق از نوع کمی است که اطلاعات از طریق منابع کتابخانه ای و میدانی (تصادفی و هدفمند) و به وسیله پرسشنامه جمع آوری شد و داده ها با استفاده از نرم افزار SPSS و روش آمار توصیفی و استنباطی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت، انجام گردید.

مبانی نظری

نمونه موردی

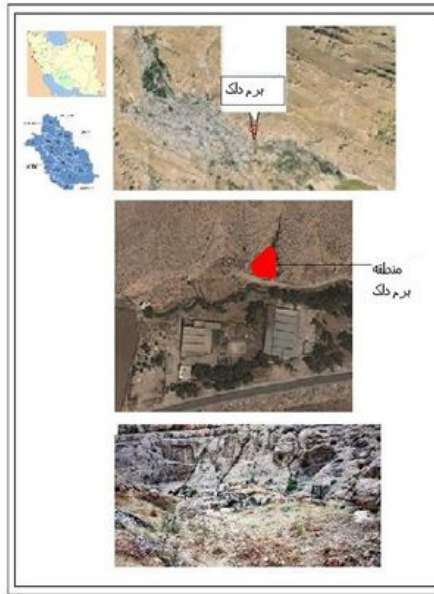
شیراز در عرض جغرافیایی ۲۹.۳۶ درجه شمالی و در طول ۵۲.۳۳ درجه شرقی قرار و در ارتفاع بیش از ۱۵۰۰ متر از سطح دریا با وسعتی معادل ۱۰۶۸۸۸ کیلومتر مربع،

ایران دارای منابع فراوان سوخته های فسیلی است. ولی مصرف سوخته های فسیلی در ایران به دلیل افزایش جمعیت و رشد تولید ناخالص داخلی، غیر بهینه است (شعربافیان، ۱۳۸۷: ۲) در حال حاضر ۷۷ درصد کل انرژی مصرفی جهان را سوخته های فسیلی تامین می کنند (خوش اخلاق، ۱۳۸۳: ۳) که با تولید گازهای آلاینده و گلخانه ای موجب تخریب لایه اوزون شده و محیط زیست را به شدت مورد تهدید قرار داده است. بنابراین به منظور حفظ محیط زیست، توجه به انرژی های جایگزین (انرژی تجدیدپذیر) ضروری به نظر می رسد. و با توجه به وضعیت آب و هوایی ایران و بالا بودن میزان تابش اشعه خورشید در واحد سطح، می توان انرژی خورشیدی را به عنوان جایگزینی مناسب برای سوخته های فسیلی در نظر گرفت (خلجی اسدی، ۱۳۸۶: ۲۹). لذا استفاده از انرژی خورشیدی با توجه به کمبود انرژی فسیلی و داشتن اثرات سوء بر محیط زیست ضرورت می نماید. اطلاعات درست درباره تابش خورشیدی، نخستین و مهمترین نیاز در طراحی های کاربردی انرژی خورشیدی است (خلجی اسدی و همکاران، ۱۳۸۴: ۲).

در حال حاضر توریسم یک واقعیت مهم اجتماعی تبدیل شده و گردشگری پاسخی است به نیاز فطرت جستجوگر انسان، کشف اسرار و حقایق دیرینیان، آشنایی با فرهنگ ملتها و لذت بردن از مواهب خداداده سرزمینها و گریز از زندگی پرمیاهوی شهری می باشد (شارپلی، ۱۳۸۰: ۱). توسعه اقدامات توریستی مشروط به وجود پتانسیل های فرهنگی، تاریخی و طبیعی می باشد که کشور ایران دارای پتانسیل های غنی

میراث فرهنگی و صنایع دستی و گردشگری). نویسنده کتاب آثار عجم، محمد نصیر فرصت شیرازی (۱۳۵۴ هجری قمری) است. آنچه او نوشته نخستین گزارش ایرانی می باشد که از برم دلك در اختیار می باشد. فرصت شیرازی بیان نموده که از جمله آثار قدیمی فارس برم دلك است، از شهر شیراز تا این مکان تقریباً دو فرسنگ است و آن در سمت شرقی شیراز واقع شده و راهش از قصر ابونصر است و این مکان در پایه کوهی است که آب و اشجار در دامنه آن کوه بسیار است. بالجمله اشجار و بیشهزار در آن کوه چند دره وسیع است و در یکی از آن دره‌ها تصویر چهار آدم را بر سنگ نقش نموده‌اند.

تقریباً در مرکز استان فارس قرار دارد. در استان فارس تفرجگاهی در یازده کیلومتری شرق شیراز می باشد که در دامنه کوه بومو است و چشمه ای از ریشه کوه می جوشد و برکه بزرگی را تشکیل می دهد که برم دلك نامیده می شود. واژه برم barm که صورت نوینی از واژه warm در زبان پهلوی است (ملک‌زاده، ۱۳۸۰) و به معنی چشمه یا تالاب است (فرهنگ فارسی عمید). در بالای تالاب برم دلك سه نقش برجسته نزدیک به هم اما جدا از یکدیگر روی کوه کنده شده است. این نقش برجسته ها همگی متعلق به دوران ساسانیان است. این اثر در تاریخ ۱۵ دی ۱۳۱۰ با شماره ثبت ۷۱ به عنوان یکی از آثار ملی ایران به ثبت رسیده است (سایت سازمان



شکل ۱- منطقه برم دلك شیراز، منبع: iranboom.ir و [google earth](http://google.earth)

چارچوب پژوهش

عنوان شایعترین عوامل مؤثر در بهره گیری از انرژی خورشیدی در بنا تعیین گردیده اند. تحقیقات انجام شده تاکنون نشان می دهد انتخاب جهت ساختمان به عواملی چون وضع طبیعی زمین، میزان نیاز به فضاهای خصوصی، کنترل و کاهش صدا و دو عامل باد و تابش بستگی دارد: Marsh, ۱۹۹۷، (۱۱). فرم و جهت گیری در معماری ایرانی ابزاری برای تسلط انسان بر خورشید شناخته می شود تا همواره این منبع انرژی را کنترل کند. در معماری سنتی ایران فرم مطلوب به وسیله عنصری به نام حیاط مرکزی ایجاد شده است. از این رو، مهمترین وظیفه معمار آن خواهد بود که با توجه به شرایط حرارتی، بهداشتی و روانی مورد نیاز، ساختمان را در جهتی قرار دهد که بیشترین استفاده از نور خورشید حاصل شود (اخترکاو و همکاران، ۱۳۹۱: ۷-۱۱).

بررسی عوامل مؤثر در بهره گیری از انرژی خورشیدی یک بنا مستلزم جامع نگری عناصر مختلف آن و توجه به تأثیرپذیری آنها بر یکدیگر می باشد. از جمله تکنیک های فعال مرتبط با بدنه ساختمان، نوع مصالح، اندازه و نوع پنجره، عایق بندی حرارتی و جهت گیری ساختمان است (برزگر و همکاران، ۱۳۹۳: ۳) همچنین عواملی مانند تعداد ساکنین (Lucas, et al, ۲۰۰۱)، مساحت ساختمان (Yao, et al ۲۰۰۳: ۳) تعداد طبقات (Yildiz, et al ۲۰۱۱: ۵) میزان همجواری با ساختمان های کنار، بالا و یا پایین (Shimoda, et al, ۲۰۱۰: ۶)، رنگ شیشه های رنگی (قیابکلو، ۱۳۸۷: ۸)، نسبت طول به عرض ساختمان، تعداد بر (نما) ساختمان (برزگر و همکاران، ۱۳۹۳: ۳)، جهت ساختمان (Marsh, ۱۹۹۷: ۱۱)،

جدول ۱. عوامل تاثیرگذار بر کاربرد انرژی خورشیدی در ساختمان

عوامل	ریز عوامل
سقف	جنس، عایق، ضخامت، شیب، مساحت
کف	جنس، عایق، مساحت، تراکم، عمق، همجواری با خاک
دیوار	جنس، ضخامت، جهت گیری، مساحت، همجواری با فضای باز یا بسته و یا خاک، لایه بندی دیوار، جبهه رو به باد در پشت دیوار
ابعاد، جنس پروفیل، میزان جلو و عقب نشینی نسبت به دیوار، درزگیری	آب، هوابندی، عایق، عملکرد فضای بعد از درب
درب	ابعاد، جنس پروفیل، میزان جلو و عقب نشینی نسبت به دیوار، تعداد جدارهای شیشه، رنگ و ضخامت شیشه، جهت گیری، هوابندی، اندازه و نوع سایبان، شبکه نرده جلوی پنجره
پنجره	جنس، ضخامت، شیب، همجواری

فضای نیمه باز	تعداد جداره های باز، جهت گیری باد
فضای روباز	جهت قرارگیری (افقی، عمودی، افقی - عمودی)، مقدار، شیب، عمق
جهت گیری باد	مساحت، جنس، شیب، عایق، هوابندی، تعداد جداره های شیشه، مقدار و جهت باد
نورگیر	درونگرا: ابعاد حیاط مرکزی، مساحت، جنس کف، فضای سبز
فرم ساختمان	برونگرا
	وضعیت طبیعی زمین، میزان نیاز به فضاهای خصوصی، کنترل و کاهش صدا، باد، شرایط بهداشتی و روانی، میزان چرخش ساختمان از جنوب، جبهه بدنه های آفتاب گیر، مساحت بدنه آفتاب گیر، مساحت و تعداد منافذ بدنه
جهت گیری ساختمان	ارتفاع، طول و عرض، میزان فرورفتگی، میزان بیرون آمدگی، سایه حجم بر خودش، نسبت طول به عرض به ارتفاع
حجم	میزان و مدت سایه اندازی بناهای کناری، جهت سایه اندازی، زمان سایه اندازی
سایه همجواری ها	مربع، مستطیل
نسبت طول به عرض ساختمان	یک بر، دو بر، سه بر، چهاربر
تعداد بر (نما) ساختمان	یک بر، دو بر، سه بر
میزان همجواری با ساختمان های کناری	

روش پژوهش:

به روش کتابخانه ای و محاسباتی
 ۳- تعیین عوامل تاثیرگذار بر بهره گیری از انرژی خورشیدی در ساختمان
 ۴- جمع آوری نظرات متخصصان در مورد نحوه بهره گیری از انرژی خورشیدی با کمک پرسشنامه
 ۵- کد گذاری پرسشنامه ها و سپس با استفاده

روش تحقیق حاضر کمی و کاربردی است و با کمک مراحل ذیل تحقق می یابد (نمودار ۱):
 ۱- جمع آوری اطلاعات کتابخانه ای جهت مبنای نظری و جمع آوری اطلاعات موقعیتی توسط برداشت میدانی
 ۲- پتانسیل سنجی انرژی خورشیدی در محل

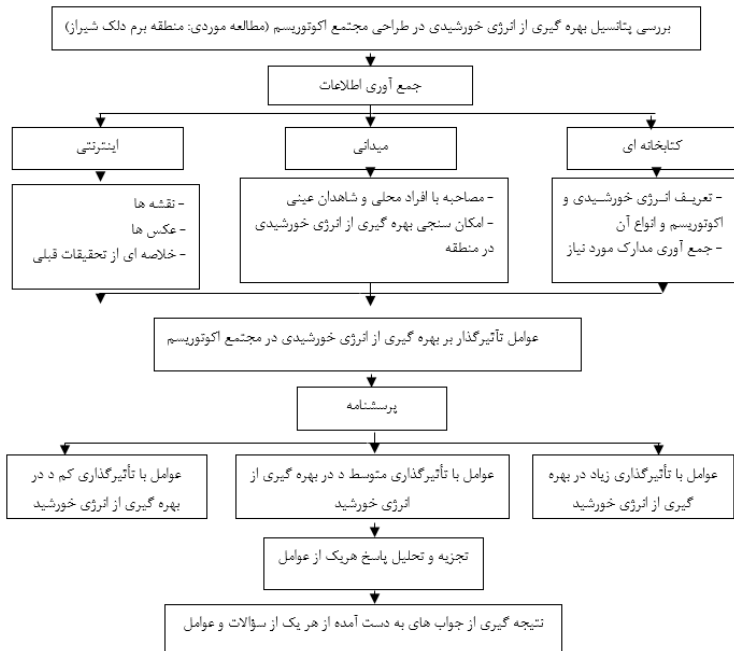


تصادفی)
 ۳-۱۰ نفر متخصص انرژی در ساختمان
 (انتخاب به روش هدفمند) انتخاب و برگزیده
 شده اند
 ۶-رتبه بندی عوامل تاثیرگذار تحقیق
 ۷-ارائه پیشنهادات ساختمانی جهت طراحی
 مجتمع اکوتوریسم با بهره گیری از انرژی
 خورشیدی بر اساس نتایج به دست آمد.

از نرم افزار آماری SPSS و با روش آزمون t با
 دو گروه مستقل داده ها مورد تجزیه و تحلیل
 قرار گرفت.

جامعه آماری تحقیق حاضر شامل ۲۰۰ نفر
 می باشد که متشکل از سه گروه ذیل می
 باشد

۱- دانشجویان (انتخاب به روش تصادفی)
 ۲-مهندسين طبقه متوسط نظام مهندسی
 ساختمان استان فارس (انتخاب به روش



شکل ۲- فرآیند تحقیق

و سپس هر عامل نیز به ریز عواملی تقسیم
 گردید. پرسشنامه ها به صورت امتیاز دهی
 پاسخ دهندگان به هریک از عوامل از ۱ تا ۹
 تدوین شد که ۱ دارای کمترین امتیاز و ۹

یافته ها

عوامل مؤثر در بهره گیری از انرژی خورشیدی
 در بدنه ساختمان به پنج دسته کلی سطوح،
 جهت، فضا، مشخصات فیزیکی و منافذ تقسیم

جواب افراد پاسخ دهنده از تأثیر بسیار زیادی برخوردارند. در سؤال حجم، تمامی عوامل ارتفاع، و عرض، میزان فرورفتگی، میزان برون آمادگی، سایه حجم بر خودش و نسبت طول به عرض به ارتفاع و سه عامل میزان و مدت سایه اندازی بناهای کناری، جهت سایه اندازی و زمان سایه اندازی در سؤال سایه همجواری ها از تأثیر زیادی برخوردارند. در سؤال پنجره عامل ابعاد از بین پاسخگویان دانشجو ۴۴ درصد و از بین مهندسين ۴۷ درصد و از بین اساتید ۴۸ درصد و عامل اندازه و نوع سایبان از بین پاسخگویان دانشجو ۴۵ درصد و از بین مهندسين ۴۹ درصد و از بین اساتید ۵۵ درصد به تأثیر بسیار زیاد پاسخ داده اند همچنین طبق نظر پاسخ دهندگان در سؤال نسبت طول به عرض ساختمان تأثیر زیاد و در سؤالات تعداد بر (نما) و میزان همجواری با ساختمان های کناری تأثیرات بسیار زیاد در بهره گیری از انرژی خورشید دارند. در عین حال عامل عمق در سوال کف و عوامل شرایط بهداشتی و روانی و کنترل و کاهش صدا، عامل عایق در سؤال درب با توجه به پاسخ دهندگان از تأثیر کمی در بهره گیری از انرژی ساختمان برخوردارند.

ب) آمار استنباطی

در جدول شماره ۲ مشاهده گردید که به طور کل در عامل سقف جنس، مساحت و عایق، در عامل کف میزان همجواری با خاک و در عامل دیوار جهت و مساحت از مهمترین و تأثیرگذارترین عوامل و از نظر دانشجویان جنس مصالح و مساحت در سطوح سقف، کف و دیوار و طبق پاسخ متخصصین عامل ضخامت، عایق و میزان همجواری با خاک نیز علاوه بر جهت و مساحت از بیشترین عوامل تأثیرگذار می باشند.

بیشترین امتیاز می باشد. در این بخش آمار توصیفی و استنباطی به تفصیل بیان گردیده است.

الف) آمار توصیفی:

پرسشنامه هاب به تعداد ۲۰۰ عدد بین دانشجویان و مهندسين و اساتید معماری که به صورت تصادفی ساده انتخاب شدند، تکمیل گردید. متوسط سن افراد پاسخ دهنده به پرسش نامه ۷/۳۱ می باشد که از سنين ۲۰ الی ۵۰ سال را شامل می شدند. ۲/۶۸ درصد افراد شرکت کننده زن بودند. ۶۰٪ افراد، دانشجویان مقطع کاردانی، کارشناسی و کارشناسی ارشد و ۳۰٪ درصد افراد، مهندسين معماری و ۱۰٪ افراد را اساتید و متخصصین انرژی تشکیل دادند. در سؤال سقف به عامل جنس مصالحاز بین پاسخگویان دانشجو ۵۱ درصد و در بین پاسخگویان مهندس ۵۴ درصد و در بین اساتید ۵۹ درصد به تأثیر بسیار زیاد و در سؤال کف به عامل میزان همجواری با خاک از بین پاسخگویان دانشجو ۴۷ درصد و در بین پاسخگویان مهندس ۵۰ درصد و در بین اساتید ۵۲ درصد به تأثیر نسبتا زیاد و در سؤال دیوار به عامل جهت گیری بین پاسخگویان دانشجو ۵۳ درصد و مهندسين ۵۱ درصد و اساتید ۵۵ درصد به تأثیر زیاد و به عامل مساحت بین پاسخگویان دانشجو ۵۷ درصد و مهندسين ۵۴ درصد و اساتید ۵۹ درصد به تأثیر زیاد در بهره گیری از انرژی پاسخ داده اند. همچنین در سؤال فضای باز و نیمه باز ۶۰٪ -۵۵ درصد از سه گروه پاسخ دهنده به عوامل ضخامت فضای نیمه باز و همجواری های فضای نیمه باز و تعداد جداره های باز و جهت گیری باد پاسخ نسبتا زیاد داده اند و در سؤال فرم ساختمان، عوامل ابعاد حیاط مرکزی و مساحت آن و فضای سبز طبق

جدول ۲: نظر افراد مورد مطالعه در ارتباط با عامل سطوح تحقیق

واریانس	انحراف معیار	میانه	میانگین	عوامل مؤثر در بهره گیری از انرژی خورشید		
۱,۳۸	۱,۱۷	۸	۷,۴۸	جنس مصالح	سقف	سطوح
۱,۹۶	۱,۴	۷	۶,۷۹	عایق		
۱,۵۴	۱,۲۴	۷	۶,۵۱	ضخامت		
۱,۶۳	۱,۲۷	۷	۶,۷۱	مساحت		
۲,۵۷	۱,۶	۵	۵,۲۳	مصالح	کف	
۳,۳۳	۱,۸۲	۵	۴,۸۷	عایق		
۲,۵۳	۱,۵۹	۵	۵,۱۹	مساحت		
۲,۸۱	۱,۶۷	۴	۴,۵	تراکم		
۳,۲	۱,۷۹	۴	۴,۴۹	عمق	دیوار	
۳,۰۷	۱,۷۵	۶	۵,۲۳	میزان همجواری با خاک		
۲,۲۷	۱,۵	۶	۶,۱۲	جنس مصالح		
۲,۷	۱,۶۴	۶	۶,۳	ضخامت		
۲,۸۱	۱,۶۷	۷	۶,۵	جهت	لایه بندی	
۲,۵۲	۱,۵۸	۷	۶,۵۵	مساحت		
۳,۱۷	۱,۷۸	۶	۵,۹۲	لایه بندی		
۳,۷۵	۱,۹۳	۶	۵,۵۹	جبهه رو به باد در پشت		
۲,۵۵	۱,۵۹	۶	۶,۰۷	همجواری با فضای باز یا بسته و یا خاک		

ها از مهم ترین عوامل در بهره گیری از انرژی خورشیدی باشند و شیب فضای نیمه باز از کمترین عوامل تأثیر گزار می باشد.

در جدول شماره ۳ در بخش فضای ساختمان در قسمت فضای نیمه باز، جنس و مصالح و در قسمت فضای باز تعداد جداره

جدول ۳: نظر افراد مورد مطالعه در ارتباط با عامل فضای تحقیق

واریانس	انحراف معیار	میانه	میانگین	عوامل مؤثر در بهره گیری از انرژی خورشید		
۲,۵۷	۱,۶	۶	۵,۸۴	جنس مصالح	نیمه باز	فضا
۲,۰۲	۱,۴۲	۶	۵,۶۸	ضخامت		
۳,۵۶	۱,۸۹	۴	۴,۶	شیب		
۲,۳	۱,۵۱	۶	۵,۵۹	همجواری های	باز	
۲,۰۵	۱,۴۳	۶	۶,۰۹	تعداد جداره های		
۳	۱,۷۷	۶	۵,۴۸	جهت گیری باد		

تأثیر گزارترین عوامل می باشد. دانشجویان به چهار عامل ابعاد حیاط مرکزی و ارتفاع، طول و عرض احجام، سایه حجم بر خودش و تعداد بر ساختمان به اهمیت بسیار زیاد آنها پاسخ داده اند، در حالیکه متخصصین علاوه بر چهار عامل فوق، فضای سبز و میزان همجواری با ساختمان های کناری نیز اشاره داشته اند.

در جدول شماره ۴ مشاهده می شود که در بخش مشخصات فیزیکی ساختمان، از نظر فرم، ابعاد و مساحت حیاط مرکزی و از نظر حجم، ارتفاع، طول و عرض، میزان فرورفتگی و بیرون آمدگی، تعداد بر (نما) ساختمان و میزان همجواری با ساختمان های کناری از تأثیر گزارترین عوامل و جنس کف حیاط مرکزی از کم

جدول ۴. نظر افراد مورد مطالعه در ارتباط با عامل مشخصات فیزیکی تحقیق

عوامل مؤثر در بهره گیری از انرژی خورشیدی	میانگین	میان	انحراف معیار	واریانس		
ابعاد حیاط مرکزی	۶,۶۳	۷	۱,۶۶	۲,۷۸	فرم	مشخصات فیزیکی ساختمان
مساحت حیاط مرکزی	۶,۸	۷	۱,۵۸	۲,۵		
جنس کف حیاط مرکزی	۵,۷۵	۶	۱,۶۶	۲,۷۷		
فضای سبز	۶,۳۶	۷	۱,۴۶	۲,۱۵		
ارتفاع، طول و عرض احجام	۷,۰۳	۷	۱,۵۴	۲,۲۸	حجم	
میزان فرورفتگی و بیرون آمدگی احجام	۷,۱۱	۷	۱,۴۳	۲,۰۷		
سایه حجم بر خودش	۶,۹۳	۷	۱,۴۵	۲,۱۱		
نسبت طول به عرض به ارتفاع	۶,۶۵	۷	۱,۵۶	۲,۴۴		
نسبت طول به عرض ساختمان	۶,۸۴	۷	۱,۶۸	۲,۴۸		
تعداد بر (نما) ساختمان	۷,۴۹	۸	۱,۳۲	۱,۷۵		
میزان همجواری با ساختمان های کناری	۷,۶۲	۸	۱,۳۶	۱,۸۷		

نام برده اند. در حالی که دانشجویان، کنترل و کاهش باد را کم اهمیت تر از شرایط بهداشتی و روانی ذکر کرده اند.

در جدول شماره ۵ در جهت گیری ساختمان میزان چرخش ساختمان از جنوب و جبهه بدنه های آفتاب گیر بیشترین تأثیر و کنترل، کاهش باد و شرایط بهداشتی و روانی کمترین تأثیر را در بهره گیری از انرژی خورشید دارند. متخصصین دو عامل کنترل و کاهش باد و شرایط بهداشتی و روانی را دارای کمترین اهمیت



جدول ۵. نظر افراد مورد مطالعه در ارتباط با عامل جهت تحقیق

واریانس	انحراف معیار	میانه	میانگین	عوامل مؤثر در بهره گیری از انرژی خورشید	جهت
۳,۵۴	۱,۸۸	۵	۴,۹۳	میزان نیاز به فضاهای خصوصی	
۱۳,۹۵	۳,۷۳	۴	۴,۶۹	کنترل و کاهش باد	
۳,۳۳	۱,۸۲	۴	۴,۳۹	شرایط بهداشتی و روانی	
۲,۵۴	۱,۵۹	۷	۶,۹۳	مساحت بدنه آفتاب گیر	
۱,۴۵	۱,۲	۷	۷,۱۸	مساحت و تعداد منافذ بدنه	
۲,۷	۱,۶۴	۸	۷,۳۱	میزان چرخش ساختمان از جنوب	
۱,۷۹	۱,۳۴	۸	۷,۴۸	جبهه بدنه های آفتاب گیر	

درب نسبت به متخصصین از اهمیت کمتری برخوردار می باشد. از نقطه نظر متخصصین بعد از ابعاد پنجره به ترتیب عوامل اندازه و نوع سایبان، میزان عقب و جلو نشستگی و جهت گیری پنجره دارای بیشترین اهمیت و به ترتیب عوامل عایق درب، جنس پروفیل درب و عملکرد فضای بعد از درب می باشند در حالی که از نظر دانشجویان به ترتیب عوامل رنگ و ضخامت شیشه پنجره، اندازه و نوع سایبان و تعداد جداره های شیشه دارای بیشترین اهمیت و عوامل درزگیری، هوابندی، عایق درب و هوا بندی پنجره دارای کمترین اهمیت می باشند.

همانطور که در جدول شماره ۶ مشاهده می شود در بخش منافذ ساختمان، پنجره ها نسبت به درب ها تأثیر بیشتری در بهره گیری از انرژی خورشید دارند. ابعاد درب بیشترین تأثیر و عایق آن کمترین تأثیر را دارند. در پنجره ها نیز ابعاد بیشترین تأثیر و به ترتیب جهت گیری، تعداد جداره های شیشه، رنگ و ضخامت شیشه و میزان عقب و جلو نشستگی تأثیر گذار می باشند و اندازه و نوع سایبان بیشترین تأثیر را در دفع انرژی خورشید در ساختمان دارند. هر دو گروه متخصصین و دانشجویان به عامل ابعاد پنجره در بخش منافذ بیشترین امتیاز را داده اند. از نظر دانشجویان عامل

جدول ۶. نظر افراد مورد مطالعه در ارتباط با عامل منافذ تحقیق

عوامل مؤثر در بهره گیری از انرژی خورشید	میانگین	میانه	انحراف معیار	واریانس
ابعاد	۵,۹۱	۶	۱,۴	۱,۹۸
جنس پروفیل	۵,۱۳	۵	۱,۸۲	۳,۳۳
درزگیری آب	۴,۸۲	۵	۱,۹۷	۳,۹۱
هوابندی	۵,۳۹	۵	۶,۳۶	۴۰,۵
عیاق	۴,۶۴	۴	۱,۷۶	۳,۱۲
میزان جلو و عقب نشینی	۵,۰۸	۵	۱,۷	۲,۸۹
عملکرد فضای بعد از درب	۴,۸۱	۵	۱,۶۵	۲,۷۵
ابعاد	۷,۳۶	۸	۱,۴۳	۲,۰۵
جنس پروفیل	۶,۲۳	۶	۵,۶۳	۳۱,۷۵
میزان عقب و جلو نشستگی	۶,۵۸	۷	۱,۵۳	۲,۵۸
تعداد جداره های شیشه	۶,۹۹	۷	۱,۲۹	۱,۶۷
رنگ و ضخامت شیشه	۶,۹	۷	۱,۴	۱,۹۶
جهت گیری	۷,۱۲	۷	۱,۴۱	۲,۰۱
هوابندی	۶	۶	۱,۷۶	۳,۰۹
اندازه و نوع سایبان پنجره	۷,۲۱	۸	۱,۴۳	۲,۰۶
شبکه نرده جلوی پنجره	۶,۰۱	۶	۱,۸	۳,۲۴

همجواری با ساختمان های کناری تأثیر بسیار زیادی در بهره گیری از انرژی خورشیدی دارند. عوامل تراکم و عمق کف، شیب فضای نیمه باز، کنترل و کاهش باد و صدا، شرایط بهداشتی و روانی، هوابندی و عیاق درب تأثیر کمی در بهره گیری از انرژی ساختمان دارند.

نتیجه گیری:

در این مقاله به شناسایی عوامل و ریز عوامل تأثیر گزار در بهره گیری از انرژی خورشیدی در ساختمان پرداخته شد و سپس اهمیت هر کدام از عوامل با توجه به نظر پاسخ دهندگان با استفاده از پرسشنامه سنجیده شد. به این منظور از SPSS برای مقایسه هر

استنباط می شود که سقف، دیوار، فرم، فضای نیمه باز و باز، جهت گیری، حجم، سایه همجواری ها، منافذ (پنجره ها)، تعداد بر (نما)، نسبت طول به عرض ساختمان و میزان همجواری با ساختمان های کناری در ساختمان تأثیر اساسی و زیادی و کف و منافذ (درب) تأثیر کمی در بهره گیری از انرژی خورشید دارند. از بین عوامل، عوامل جهت و مساحت دیوار، ابعاد و مساحت حیاط مرکزی، میزان و مدت سایه اندازی بناهای کناری، جهت سایه اندازی، ابعاد پنجره ها، تعداد جداره های شیشه، رنگ و ضخامت شیشه، جهت گیری پنجره ها، اندازه و نوع سایبان پنجره ها و میزان

کناری، جهت سایه اندازی، ابعاد پنجره ها، تعداد جداره های شیشه، رنگ و ضخامت شیشه، جهت گیری پنجره ها، اندازه و نوع سایبان پنجره ها و میزان همجواری با ساختمان های کناری تأثیر بسیار زیادی در بهره گیری از انرژی خورشید دارند. پس می باید در ساختمان مورد طراحی به این عوامل توجه نمود به گونه ای که بتوان حداکثر جذب و بهره گیری از انرژی خورشیدی را داشت. برای کنترل انرژی شدید خورشید در فصول گرم سال باید از عواملی مانند سایبان متحرک و ثابت که سبب بهره گیری کمتر انرژی خورشید می شوند، استفاده نمود.

یک از گروه ها با یکدیگر و تجزیه و تحلیل داده های به دست آمده استفاده گردید. با توجه به اینکه شهرستان شیراز از نظر دریافت انرژی خورشیدی در وضعیت مناسبی قرار دارد. استفاده از انرژی خورشید به دلیل تجدیدپذیر بودن و عدم تخریب محیط زیست برای بهره گیری از آن در مجتمع اکوتوریسم برم دلك در فصول سرد سال مناسب می باشد در حالی که می بایست مقدار و شدت جذب آن در فصول گرم کنترل شود. از بررسی های انجام شده در مطالعه حاضر نتیجه گیری می شود که چون عوامل جهت و مساحت دیوار، ابعاد و مساحت حیاط مرکزی، میزان و مدت سایه اندازی بناهای

مراجع

۱. شعرباقیان، نیلوفر، (۱۳۸۷)، برآورد پتانسیل فنی و اقتصادی انرژی خورشیدی حرارتی در ایران: راهکاری برای توسعه پایدار انرژی خورشیدی، فصلنامه مطالعات اقتصاد انرژی، سال چهارم، شماره ۱۵
۲. خوش اخلاق، رحمان. شریعتی، علیمراد. کوچک زاده، میثم، (۱۳۸۴). ارزیابی اقتصادی استفاده از انرژی خورشیدی در مقایسه با نیروگاه دیزلی، فصلنامه پژوهشهای اقتصادی ایران، سال هفتم، شماره ۲۴
۳. خلجی اسدی، مرتضی. عابدی، زهرا. شریفی، نیما. (۱۳۸۶)، سیستم های ترکیبی خورشیدی راه حلی نوین برای گرمایش در ساختمان ها، علم و تکنولوژی محیط زیست، دوره یازدهم، شماره ۳
۴. صفائی، بتول. خلجی اسدی، مرتضی. تقی زاده، حبیب. جیلادی، افسانه. طالقانی، گیتی. دانش، ماندانا. (۱۳۸۴)، برآورد پتانسیل تابشی خورشیدی در ایران و تهیه اطلس تابشی آن، مجله علوم و فنون هسته ای، شماره ۳۴
۵. درام، اندی. مور، آلن. (۱۳۸۸)، مقدمه ای بر برنامه ریزی و مدیریت اکوسیستم، ترجمه محسن رنجبر، نشر آبیژن، تهران
۶. فنل، دیوید. (۱۳۸۵)، مقدمه ای بر طبیعت گردی، ترجمه جعفر اولادی قادیکلایی، بابلسر، دانشگاه مازندران
۷. رستمی، م. (۱۳۸۲)، موانع و راهکارهای علمی توسعه گردشگری و تقویت جایگاه آن در گفتگوی فرهنگ ها، مجموعه مقالات همایش بررسی سیاست ها و برنامه های توسعه جهانگردی در جمهوری اسلامی ایران، تهران، انتشارات دانشگاه علامه طباطبائی
۸. سقائی، م. (۱۳۸۴)، چالش های صنعت توریسم در ایران و راهکارهای بهبود و توسعه آن، مجموعه مقالات همایش ظرفیت های اقتصاد ایران با تأکید بر وضعیت گردشگری ایران در بستر جهانی شدن، جلد اول، فیروزکوه، انتشارات آزاد اسلامی واحد فیروزکوه
۹. ساختی مهر، ع. (۱۳۸۴)، نقش مدیریت و نگرش سیستمی در استفاده از فرصت ها و چالش ها در صنعت گردشگری، مجموعه مقالات همایش ظرفیت های اقتصاد ایران با تأکید بر وضعیت گردشگری ایران در بستر جهانی شدن، جلد اول، فیروزکوه، انتشارات دانشگاه آزاد اسلامی واحد فیروزکوه

۱۰. -زارع، ح. (۱۳۸۴)، صنعت گردشگری در ایران، موانع و چالش ها، مجموعه مقالات همایش ظرفیت های اقتصاد ایران با تأکید بر وضعیت گردشگری ایران در بستر جهانی شدن، جلد اول، فیروزکوه، انتشارات دانشگاه آزاد اسلامی واحد فیروزکوه
۱۱. اردستانی، حسن. (۱۳۸۸)، مبانی گردشگری روستایی، چاپ اول، انتشارات دانشگاه تهران، تهران
۱۲. منشی زاده، رحمت الله. (۱۳۸۴)، اندر مقوله گردشگری، چاپ اول، انتشارات دانشگاه شهید بهشتی، تهران
۱۳. خالصی دوست، عبدالله. بیگانه طلب، بهنام. (۱۳۹۱)، کاربرد سیستم ذخیره انرژی جهت تأمین گرمایش ساختمان به کمک انرژی خورشیدی، نشریه تبدیل انرژی، جلد اول، شماره سوم
۱۴. وزارت نیرو، ۱۳۸۵، ترازنامه انرژی ایران در سال ۱۳۸۴
۱۵. ملک‌زاده، م. ج. (۱۳۸۰)، فرهنگ زرقان، فرهنگستان زبان و ادب فارسی، تهران
۱۶. فرهنگ فارسی عمید، انتشارات امیرکبیر، چاپ پانزدهم، ص ۲۵۷، تهران
۱۷. فرصت شیرازی، محمد نصیر. ۱۳۵۴ هجری قمری)، آثار عجم، چاپخانه نادری، بمبئی
۱۸. برزگر، زهرا. حبیب، فرح. چشمه قصابانی، مریپه. (۱۳۹۳)، رتبه بندی پارامترهای مؤثر بر مصرف انرژی ساختمان با کاربرد فرایند تحلیل سلسله مراتبی، نشریه نقش جهان، سال چهارم، شماره دو
۱۹. قیابکلو، زهرا. حق شناس، محمد. (۱۳۸۷)، بررسی تأثیر شیشه های رنگی بر میزان نور و انرژی عبوری در محدوده مرئی، نشریه علمی- پژوهشی علوم و فناوری رنگ، شماره ۲
۲۰. اخترکاو، مهدی. سهیلی فرد، مهدی. اخترکاو، حمید. فلاخی، سلوا. مرادی، اصغرمحمد. (۱۳۹۱)، بررسی و تعامل اصول معماری ایرانی و انرژی خورشیدی از منظر فرم، تقارن و جهت گیری، نمونه موردی: خانه عباسیان کاشان، معماری و شهرسازی آرمان شهر، شماره ۱۱

References

21. World Tourism Organisation. (2005), "creating an institutional environment conducive to increasing foreign investment and sustainable development united nation's conference trade and development", Ghana
22. Sharply, Rechard, (2002), Rural tourism and the challenge of tourism diversification, tourism management, vol. 23, p244-233
23. Goodwin, H. (1995), Tourism and environment, bioloist
24. Wallace, G. N& Pierce, S. M. (1996), an evaluation of ecotourism in amazon, brazil, Annals of Tourism research, vol 23, 843-873
25. Paul, F.J. Eagles, Stephen, F. McCool and Christopher D. Haynes, (2002), Sustainable Tourism in Protected Areas, Guide lines for Planning and Management
26. Havenegard, Can. (1994), "Ecotourism", The Journal of Tourism Student, Vol. 15, No. 2
27. Grageda, M. Escudero, M. Alvaia, W. Ushak, S. Fthenakis, V. (2015), Review and multi- criteria assessment of solar energy projects in chili, Renewable and Sustainable Energy Review
28. Cameron, L. Van der zwaan, B. (2015), Employment factors for wind and solar energy technologies: A literature review, Renewable and Sustainable Energy Review, vol.45, p160-172
29. Chinese, Damiana Nardin, Gioacchino and Saro, Onorio (2011), " Multi-criteria analysis for the selection of space heating systems in an industrial building", Energy36, No. 1: 556- 565
30. Lucas, B. Hidalgo, E. Gomez, W, and Roses, R. (2001) "Behavioral factors study

of residential users which influence the energy consumption”, Renewable energy, 24(4) 521- 52

31. Yeo, Moyoung- Souk, In- Ho Yang, and Kwang- Woo Kim(2003) “Historical changes and recent energy saving potential of residential heating in Korea”, Energy and Building 35, No. 7: 715- 727

32. Yildiz, Yousef, and Zeynep Durmus Arsan (2011) “ Identification of the building parameters that influence heating and cooling energy loads for apartments buildings in hot-humid climates”, Energy 36, No. 7: 4287- 4296.

33. Shimoda, Yoshiyuki, Yukio Yamaguchi, Tomo Okamura, Ayako Taniguchi and Yohei Yamaguchi (2010) “ Prediction of greenhouse gas reduction potential in Japanese residential sector by residential energy end-use model”, Applied Energy 87, No.6: 1944-1952.

34. Marsh, A.J (1997), Performance Analysis and Conceptual Design. Thesis, The university of western Australia: Australia



کاربرد روش های مختلف ذخیره سازی حرارتی ساختمان در کنترل و جابجایی بار پیک به ساعات کم باری

کد مقاله: ۱۰۳

سید ابوتراب موسی زاده موسوی^۱، عبدالرزاق کعبی نژادیان^۲، مصطفی مافی^۳، غلامرضا صالحی^۴، مسعود ترابی آزاد^۵

چکیده

برای ایجاد توسعه پایدار خصوصاً در زمینه توسعه پایدار شهری و همچنین جایگزینی منابع جدید جهت کسب درآمد به جای منابع نفتی، نیازمند استفاده از تمامی توان ها و قابلیت های یک شهر هستیم. توریسم پایدار شهری توریسمی است که بدون اینکه از ظرفیت ها مربوط به نسل آینده برای پاسخگویی بکاهد فرآیند حصول توسعه پایدار شهر در زمینه های اقتصادی و اجتماعی و پایداری زیست محیطی تسریع بخشد. این پژوهش با هدف بررسی نقش گردشگری شهری در توسعه پایدار شهر و با استفاده از روش توصیفی-تحلیلی و مطالعات کتابخانه ای انجام شد و ضمن بررسی ابعاد پایداری گردشگری به اثرات منفی احتمالی گردشگری شهری در توسعه پایدار شهر اشاره شد و این نتیجه حاصل شد که گسترش گردشگری شهری پایدار باید بعنوان یک راهکار و الگوی ماندگار با دیدگاهی بلند مدت در برنامه ریزی های شهری مورد توجه قرار گیرد و در نهایت راهکارهایی جهت تحقق آن ارائه گردید که میتوان به لزوم همکاری متخصصین دانشگاهی حوزه های مختلف علمی، فرهنگ سازی و آموزش، ایجاد فرصت های شغلی برای ساکنین محلی و... اشاره نمود.

واژگان کلیدی: توسعه پایدار، گردشگری، برنامه ریزی.

۱- مهندسی سیستمهای انرژی، شرکت مدیریت تولید برق دماوند؛ moosaviabotorab@yahoo.com

۲- استادیار، انجمن علمی مهندسی حرارتی و برودتی ایران؛ arkaabi16@gmail.com

۳- استادیار، دانشگاه بین المللی امام خمینی؛ m.mafi@eng.ikiu.ac.ir

۴- استادیار، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکز؛ Rezasalehi20@gmail.com

۵- دانشیار، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال؛ M_Azad@iau-tnb.ac.ir

مقدمه

به عنوان "زمان پیک" تعیین می گردد. تفاوت قیمت یک انگیزه مستقیم و موثر است که صاحبان ساختمان را تشویق می کند تا پروفیل بار خود را با استفاده از روش های مختلف مدیریت مصرف در پیک، با حذف بار یا جابجایی بار تغییر دهند. با چنین پروفیل های تغییر بار، مزایا را می توان به هر دو سمت تقاضا و عرضه برق هدایت کرد. برای طرف تقاضا، هزینه کل بهره برداری یا عملیاتی یک ساختمان تجاری می تواند به دلیل کاهش تقاضای پیک کاهش یابد. برای طرف عرضه، این مزیت می تواند سبب کاهش ظرفیت تولید برق باشد. آژانس بین المللی انرژی گزارش داد که به ازای کاهش ۵ درصدی مصرف برق در پیک، قیمت برق در بازار عمده فروشی در حدود ۵۰ درصد کاهش یابد [۲]. از طریق مدیریت مصرف در پیک، معادل ۱۰ تا ۱۵ میلیارد دلار برای بازار آمریکا در سال پس انداز امکان پذیر می گردد [۲].

برای دهه ها، مدیریت پیک مصرفی در ساختمان های تجاری زمینه بسیار فعالی از تحقیق و توسعه در زمینه گرمایش، تهویه و تهویه مطبوع است. بدون فدا

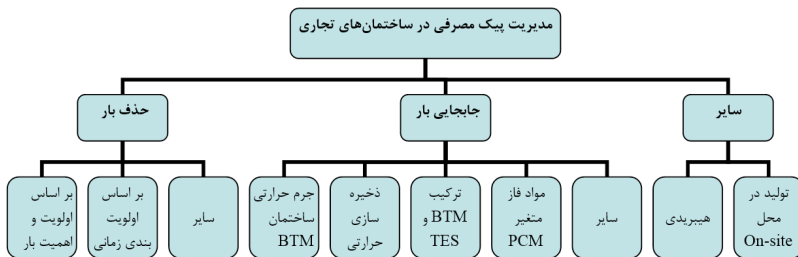
صورت حساب برق مالکان ساختمان های تجاری معمولاً براساس میزان مصرف انرژی بصورت کیلووات ساعت و حداکثر دیماند محاسبه می شود. دیماند به عنوان میزان انرژی مصرفی در طول یک بازه زمانی مصرف و پیک مصرفی، ماکزیمم تقاضا یا بار برای یک دوره صورت حساب مشخصی مثلاً برای یکماه تعیین می شود. پیک مصرفی در ساختمان های تجاری معمولاً برای مدت نسبتاً کوتاهی طول می کشد اما هزینه آن می تواند ۵۰٪ از کل صورت حساب را به خود اختصاص دهد [۱]. بنابراین، مدیریت مصرف معمولاً برای کاهش حداکثر تقاضا انجام می شود که منجر به صرفه جویی قابل توجهی در زمان پیک می شود.

اگر از سیستم اندازه گیری تعرفه دار استفاده کنید، صورت حساب برق شما بر اساس میزان انرژی مصرفی و زمان استفاده از آن محاسبه می شود. در مصرف کننده های سنگین، تعرفه های دیگری با عنوان ماکزیمم دیماند یا بار نیز تعریف می شود. دیماند به معنای حداکثر مصرف در یک زمان است. اگرچه ساختارهای جانبی نرخ برق با یکدیگر متفاوت هستند، اما به دلیل اینکه اختلاف قیمت زیاد بین زمانهای مختلف وجود دارد یک ویژگی مشترک می تواند مشخص کرد. دوره ای که در آن قیمت برق پایین است، معمولاً به عنوان "زمان غیر پیک" و در مقابل، دوره ای که در آن قیمت برق بالاتر است

- 1-Peak Demand
- 2-Off-Peak Period
- 3-On-Peak Period
- 4-Load Shedding
- 5-Load Shifting
- 6-Heating, Ventilating and Air Conditioning- HVAC

می شود، توسط مدیریت شبکه برق صورت می گیرد [۳ و ۴]. از طرفی حذف بار برای طرف مصرف یا تقاضای برق، توسط مدیریت تجهیزات و سیستم کنترل برای کاهش مصرف در زمان پیک برای یک ساختمان از طریق خاموش کردن بار الکتریکی غیرضروری، به عنوان مثال بخشی از روشنایی یا آب گرم کن های آب گرم استفاده می شود [۵]. روش های مختلف از جمله رله های حذف بار مبتنی بر اولویت [۶]، حذف بار مبتنی بر آمار [۱] در حال توسعه هستند که به کار گرفته شد. در این میان، سیستم هیبریدی و تولید در سایت نیز برای کاهش تقاضای پیک در ساختمان های تجاری استفاده می شوند [۹-۷].

کردن آسایش حرارتی ساکنان، هدف از آن به حداقل رساندن هزینه کلی عملیاتی از طریق کاهش تقاضا در پیک است. شکل ۱ طبقه بندی روش های متداول برای مدیریت تقاضا در پیک را برای ساختمان های تجاری نشان می دهد. به طور کلی، مدیریت پیک مصرفی در ساختمان های تجاری به سه گروه تقسیم می شوند. اولی حذف بار و دومی جابجایی بار است. بقیه در این مطالعه با عنوان سایر تعریف شده است. حذف بار روشی است که هر دو طرف عرضه و تقاضا از آن استفاده می کنند. برای سمت عرضه برق یا توان، حذف بار به منظور اجتناب از خاموشی کل شبکه برق برای زمانیکه مصرف برق از ظرفیت شبکه برق بیشتر

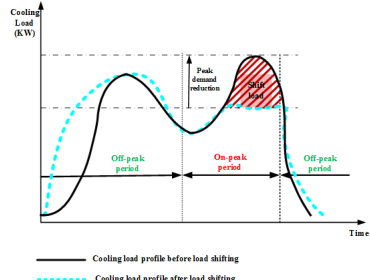


شکل ۱ طبقه بندی روشهای مختلف مدیریت پیک مصرف در ساختمان های تجاری

ذخیره شده که در ساعات کم باری یا غیر پیک صورت می گیرد بصورت نسبی یا کامل در ساعات اوج مصرف مورد استفاده قرار می گیرد. تلاش های بسیاری برای توسعه استراتژی های کنترل جابجایی بار با روشهای مختلف ذخیره سازی حرارتی سرمایه ای صورت گرفته است.

در مقایسه با روش حذف بار، جابجایی بار یک روش گسترده و پیچیده تر برای کاهش تقاضا در پیک است. اهداف جابجایی بار از طریق جابجایی بار در زمان پیک به زمان غیر پیک که بر اساس تفاوت نرخ برق به عنوان یک مزیت صورت می گیرد در شکل ۲ نشان داده شده است. سرمایه

هم به حداقل رساندن هزینه انرژی است. محدودیت اصلی در کنترل جابجایی بار این است که آسایش حرارتی داخل (دمای آسایش) باید در زمان حضور ساکنین تضمین شود. به عبارت دیگر، دمای داخل اتاق تنها می تواند در بازه مجاز آسایش تغییر کند. هر سه هدف فوق الذکر می توانند با معادله (۱) بخوبی بیان شوند. در هر بازه تقاضا، پارمترهای E و PD به ترتیب نشان دهنده مقدار انرژی مصرفی و تقاضا در پیک هستند. آیتمهای اول و دوم در سمت راست معادله (۱) هزینه کل مصرف انرژی و تقاضای پیک ساختمان را برای یک دوره صدور صورت حساب نشان میدهد. با ملاحظات در نظر گرفته شده برای کمینه سازی هزینه عملیاتی کلی، رقابت بین افزایش هزینه مصرف انرژی و کاهش هزینه تقاضای پیک بایستی بخوبی مورد توجه قرار گیرد. توجه به کنترل با هدف حداقل کردن هزینه کلی معمولا با عنوان کنترل بهینه صورت می گیرد. به منظور کمینه سازی تقاضای پیک معادله (۱) با ضریب نرخ هزینه مصرف انرژی برابر صفر بازنویسی می گردد و در صورت کمینه سازی هزینه مصرف انرژی معادله (۱) با مقدار صفر برای ضریب نرخ هزینه تقاضای پیک بازنویسی می گردد.



شکل ۲ نمونه کنترل جابجایی بار

این استراتژی ها را می توان به چهار گروه تقسیم کرد که شامل جابجایی بار با استفاده از جرم حرارتی ساختمان ، جابجایی بار با استفاده از سیستم ذخیره سازی انرژی حرارتی ، جابجایی بار بصورت ترکیبی جرم حرارتی ساختمان (BTM) و ذخیره سازی انرژی (TES) و در نهایت جابجایی بار با استفاده از مواد تغییر دهنده فاز هستند. مطالعه کمی به طور سیستماتیک بر روی استراتژی های کنترل جابجایی بار را انجام شده است لذا در این تحقیق مطالعه جامعی بر روی استراتژی های کنترل جابجایی بار در پیک با استفاده از روش های مختلف ذخیره سازی انرژی حرارتی در ساختمان های تجاری صورت گرفته است

۲- فرمول بندی مساله بهینه سازی در کنترل جابجایی بار

اهداف جابجایی بار را می توان به سه دسته تقسیم کرد. اول به حداقل رساندن هزینه عملیاتی شامل هر دوی هزینه انرژی و حداکثر دیمانند، دومی به حداقل رساندن هزینه مصرف و آخری

- 1- Building Thermal Mass (BTM)
- 2-Thermal Energy Storage (TES)
- 3-Phase Change Matrial (PCM)

بسط یک استراتژی کنترل جابجایی بار همانطور که در شکل ۳ نشان داده شده است شامل سه بخش اصلی است که شامل پیش بینی بار، کنترل در زمان شارژ سرمایشی و کنترل در زمان تخلیه سرمایشی می باشد. به منظور دستیابی به تابع هدف تعیین شده معادله (۱) در کنترل جابجایی بار، کاهش تقاضای پیک، نیازمند بهینه سازی است. بهینه سازی نیاز به در نظر گرفتن رقابت بین افزایش مجاز هزینه انرژی، عوامل کنترل شارژ، و کاهش هزینه تقاضا در پیک دارد. مقدار بهینه کاهش تقاضای پیک را تنها بعد از پیش بینی پروفیل بار بروی می توان شناسایی کرد. بنابراین پیش بینی بار در کنترل جابجایی بار ضروری است. کم دقتی در پیش بینی بار ساختمان، حتی اگر استراتژی های کنترل شارژ و تخلیه بسیار عالی باشند، می تواند صرفه جویی نهایی را به مخاطره بیندازد. مرحله دوم، کنترل شارژ باید برای ذخیره سازی مقدار مورد نیاز سرمایش در زمان پیک به منظور کاهش تقاضای پیک به سطح بهینه توسعه یابد. سوم، کنترل زمان تخلیه باید برای آزاد سازی سرمایش ذخیره شده به منظور جبران کردن بخش از بار بروی مورد نیاز در زمان پیک توسعه یابد. برای پیش بینی بار ساختمان، یک بازبینی خوبی در مرجع شماره [۱۱] انجام شده است. بنابراین در این مطالعه، کنترل شارژ و تخلیه برای جابجایی بار با استفاده از روش های مختلف مورد بحث

$$(1) \quad J = \min \left(\sum_{i=1}^n \alpha_i \times E_i + \beta \times \max_{1 \leq i \leq n} \{PD_i\} \right)$$

در رابطه فوق [تابع هدف را نشان می دهد و مقادیر به ترتیب نرخ هزینه انرژی و نرخ تقاضا بار را نشان میدهد. پارامتر ۱ نیز دوره تقاضای ۱ ام یک دوره صورت حساب را نشان می دهد.

کنترل جابجایی بار ارتباط نزدیکی با ساختار نرخ برق تعرفه ای دارد. ساختار رایج نرخ برق شامل زمان استفاده قیمت گذاری پیک بحرانی، تخفیف زمان پیک و قیمت گذاری پویا است. به عنوان یکی از معمول ترین ساختار تعرفه ای، عوارض زمان استفاده برای هر دو پارامتر مصرف انرژی و تقاضای پیک مورد استفاده قرار میگیرد. زمانبندی قیمت معمولاً ثابت و از پیش تعیین شده است. قیمت پیک بحرانی قیمت های بسیار بالایی "پیک بحرانی" برای ساعت های خاص در روزهای خاص دارد که معمولاً به ۱۰ تا ۱۵ روز در سال محدود می شود. قیمت های پیک بحرانی می تواند از ۳ تا ۱۰ برابر بالا برود. نه همیشه اما معمولاً قیمت پیک بحرانی با قیمت زمان استفاده ترکیب می شود.



شکل ۳ بخش های اصلی کنترل جابجایی بار

ساختمان، یک بازبینی خوبی در مرجع شماره [۱۱] انجام شده است. بنابراین در این مطالعه، کنترل شارژ و تخلیه برای جابجایی بار با استفاده از روش های مختلف مورد بحث و ارزیابی قرار خواهد گرفت.

۳- روش های مختلف کنترل جابجایی بار

روش های ذخیره سازی شامل BTM، TES، و PCM به طور گسترده برای کنترل جابجایی بار در ساختمان های تجاری استفاده شده اند. در این بخش، استراتژی های کنترل جابجایی بار با روش های مختلف بررسی و ارزیابی می شوند. مزایا و معایب اصلی این روش ها بررسی خواهد شد. علاوه بر این، نتایج تحقیقات و کاربرد مربوطه ارائه و تحلیل شده اند.

۱-۳ کنترل جابجایی بار با بهره گیری از جرم حرارتی ساختمان

در استراتژی های کنترل مرسوم شب، همانطور که در شکل ۴ نشان داده شده، ذخیره سازی حرارتی یک ساختمان برای کاهش هزینه های عملیاتی استفاده نمی شود. با این حال، تحت شرایط مناسب، استفاده از ذخیره سازی حرارتی ساختمان برای جابجایی بار می تواند به طور قابل توجهی هزینه های عملیاتی را کاهش دهد، حتی با وجود اینکه هزینه کل انرژی ممکن است افزایش یابد [۱۰].

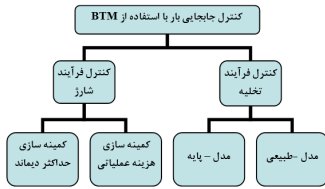
۳- روش های مختلف کنترل جابجایی بار

روش های ذخیره سازی شامل BTM، TES، و PCM به طور گسترده برای کنترل جابجایی بار در ساختمان های تجاری استفاده شده اند. در این بخش، استراتژی های کنترل جابجایی بار با روش های مختلف بررسی و ارزیابی می شوند. مزایا و معایب اصلی این روش ها بررسی خواهد شد. علاوه بر این، نتایج تحقیقات و کاربرد مربوطه ارائه و تحلیل شده اند.

۱-۳ کنترل جابجایی بار با بهره گیری از جرم حرارتی ساختمان

در استراتژی های کنترل مرسوم شب، همانطور که در شکل ۴ نشان داده شده، ذخیره سازی حرارتی یک ساختمان برای کاهش هزینه های عملیاتی استفاده نمی شود. با این حال، تحت شرایط مناسب، استفاده از ذخیره سازی حرارتی ساختمان برای جابجایی بار می تواند به طور قابل توجهی هزینه های عملیاتی را کاهش دهد، حتی با وجود اینکه هزینه کل انرژی ممکن است افزایش یابد [۱۰].

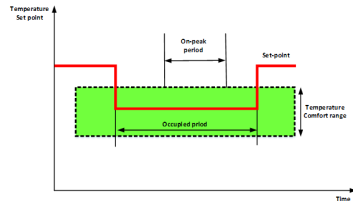
- 1-Time of Use (TOU)
- 2-Critical Peak Pricing (CPP)
- 3-Peak Time Rebate (PTR)
- 4-Dynamic Pricing (DP)
- 5-Critical Peak



شکل ۵ کنترل شارژ و تخلیه در جابجایی بار با استفاده از جرم حرارتی ساختمان

۱-۳-۱- کنترل شارژ سرمایه با استفاده از جرم حرارتی ساختمان

پیش سرمایه، رایج‌ترین روش برای شارژ سرمایه در BTM است [۱۲]. پیش سرمایه در ساختمان طی زمانیکه ساختمان مورد استفاده است و یا زمانیکه ساختمان مورد استفاده نیست، به دلیل آسایش حرارتی داخلی (دمای آسایش داخل)، کمی متفاوت است. دمای داخل اتاق می‌تواند در زمانی که ساختمان مورد استفاده نیست و هیچ نگرانی برای ساکنان در خصوص دمای آسایش وجود ندارد، کمتر باشد. در مقابل در صورت استفاده از ساختمان، همانطور که در شکل ۶ نشان داده شده است کمترین دمای شارژ باید در محدوده آسایش حرارتی (دمای آسایش) باقی بماند. براساس اهداف مختلف، استراتژی‌های مختلف پیش سرمایه براساس قوانین ساده ای توسعه یافته اند. با هدف کمینه سازی حداکثر دیماند، شارژ سرمایه باید تا آنجا که ممکن است بدون هیچ مشکلی با افزایش مصرف انرژی همراه باشد. در این حالت، دمای پیش سرمایه باید به پایین‌ترین حد خود برسد و زمان پیش



شکل ۴ استراتژی کنترل مرسوم شبانه

روش های کاهش هزینه‌های عملیاتی با استفاده از BTM برای سرمایه به چهار عامل بستگی دارد: کاهش هزینه‌های دیماند، استفاده از انرژی الکتریکی ارزان غیر پیک، کاهش سرمایه مکانیکی ناشی از استفاده از هوای خنک شبانه که برای پیش سرمایه استفاده می‌شود و بهبود راندمان سرمایه مکانیکی ناشی از افزایش عملیات در شرایط مطلوب شبانه. یک مقاله خوبی توسط براون منتشر شد که در آن استراتژی‌های کنترل جابجایی بار قبل از سال ۲۰۰۳ مورد بررسی قرار می‌گیرند. در مرجع [۱۰] مساله تنظیم های دمایی منطقه برای تخلیه سرمایه ارایه شده است. همچنین نشان داده شده است که ذخیره سازی به عوامل بسیاری از جمله نرخ سود، نوع تجهیزات، برنامه حضور ساکنین، نوع ساخت و ساز، شرایط آب و هوایی و استراتژی کنترل حساس است. اثرات این عوامل با استفاده از تحلیل حساسیت [۱۲] ارزیابی شده است. با توسعه یافتن کنترل شارژ و تخلیه، تغییرات دمایی اتاق، تنظیم می‌شوند که در شکل ۵ نشان داده شده است.

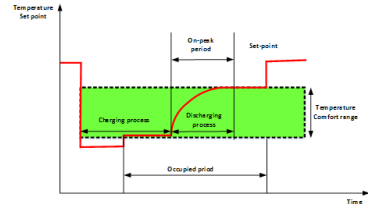
طور مشابه، مطالعه تجربی [۱۷] در یک بازه زمانی ۵ ساعته، بیش از ۳۰٪ کاهش بار پیک روزانه را نشان داده است. به علاوه، یک مطالعه موردی برای پیش سرمایه‌گذاری در ساختمان فدرال سانتا روزا انجام شد [۱۸] که مشخص شد با یک کنترل پیش سرمایه‌گذاری ساده در یک دوره زمانی ۳ ساعته، بیش از ۸۰٪ بار پیک کاهش می‌یابد. کنترل پیش سرمایه‌گذاری به سادگی دمای فضای مورد نظر را در انتهای پایینی محدوده آسایش، در طول ساعات حضور ساکنین و قبل از ساعت پیک حفظ می‌کند. در ساعت پیک، دمای فضا به بالاترین مقدار خود در محدوده آسایش رسیده است.

۲-۱-۳ کنترل تخلیه بار بروندی به ازای تغییرات دمایی

به منظور تخلیه سرمایه‌گذاری ذخیره‌شده از BTM برای رسیدن به هدف کاهش تقاضای پیک، خط سیر دمای اتاق باید بهینه‌سازی شود. در مقایسه با مطالعات مربوط به کنترل شارژ سرمایشی، مطالعات بیشتری بر روی فرآیند کنترل تخلیه سرمایشی از طریق تنظیمات تنظیم دمای اتاق انجام شده است. در حالت کلی کنترل در مد تخلیه در روش جرم حرارتی ساختمان را می‌توان به دو گروه تقسیم کرد. گروه اول را مدل پایه و دومی گروه طبیعی نامیده شده که در شکل ۵ نشان داده شده است.

لی و براون [۲۳] بر اساس روشی مبتنی بر مدلی از جزئیات ساختمان، برای رسیدن

سرمایش باید طولانی‌ترین زمان مجاز باشد.



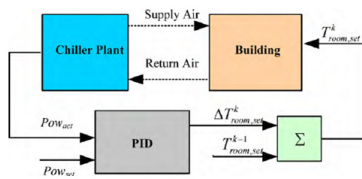
شکل ۶ نقاط تنظیم دمایی در فرآیند شارژ و تخلیه

اغلب اوقات، هدف به حداقل رساندن هزینه عملیاتی کلی است. در این مورد، افزایش هزینه انرژی ناشی از فرآیند پیش سرمایه‌گذاری باید با کاهش هزینه تقاضای پیک در نظر گرفته شود [۱۴ و ۱۰].

بنابراین، دمای پیش سرمایه‌گذاری و زمان پیش سرمایه‌گذاری باید در صورت افزایش قابل ملاحظه مقدار انرژی، مزایای هزینه ای را که از کاهش تقاضای پیک بدست می‌آید، بهینه سازد. بسیاری از مطالعات اهمیت بهینه‌سازی‌های پیش سرمایه‌گذاری را در نظر نگرفته و پیش سرمایه‌گذاری را ساده ای با ثابت نگه داشتن دما و زمان معمولاً مورد استفاده قرار می‌دهند.

در مطالعه شبیه‌سازی [۱۶ و ۱۵] از استراتژی کنترل پیش سرمایه‌گذاری، برای بیشترین ذخیره‌سازی ممکن برای سرمایه‌گذاری در BTM استفاده شده است. برای کمینه‌سازی حداکثر دیماندا، هر دو مطالعات شبیه‌سازی و آزمایش‌های میدانی انجام شد. با استفاده از سرمایه‌گذاری ذخیره‌شده، در یک دوره ۵ ساعته تا ۳۰٪ کاهش تقاضای پیک به دست آمد. به

نمود. نقطه تنظیم دما مستقیماً مطابق با مصرف کلی توان با بازخورد از سیستم کنترل تغییر می کرد. نتایج شبیه سازی عملکرد خوب آن را در حفظ بار الکتریکی کلی در یک هدف کاملاً انتخاب شده پس از یک مقدار مناسبی از سرمایه گذاری ذخیره شده نشان داد.



شکل ۷ الگوریتم محدودیت کننده دیمانند با کنترلر PID [۱۹]

با توجه به مدل طبیعی برای سیستم کنترلی تخلیه سرمایشی، قوانین ساده، به جای سیستم های خاص و رویکردهای یادگیری، در مطالعات موجود مورد استفاده قرار گرفت [۱۳، ۱۸، ۱۹، ۲۵، ۲۶]. رفتار تغییرات بصورت تغییرات خطی و نمایی بوده که بر مبنای قانون ساده ای برای استراتژی کنترل تخلیه مورد استفاده قرار می گیرند. تغییرات رفتاری در استراتژی تنظیم مجدد، نقطه تنظیم دما از حد پایین تر به حد بالاتر در یک

به خط سیر نقطه دمایی که بار سرمایشی پیک را به حداقل می رساند، مدلی را پیشنهاد کردند. به خاطر مدل ساختمان دقیق استفاده شده، بسیاری از داده های میدانی (به عنوان مثال چند هفته داده های ساعتی) برای آموزش مدل استفاده شدند. با بکارگیری خط سیر نقطه تنظیم دمایی تعیین شده در مدل ساختمان آموزش دیده، برای یک دوره زمانی ۵ ساعته در زمان پیک، بار برودتی بیش از ۳۰٪ در زمان پیک کاهش یافت [۲۳]. به دلیل پیچیدگی های موجود در ساخت مدل تفصیلی و آموزش، استراتژی های کنترل در تخلیه سرمایشی مبتنی بر مدل ساده تر مورد نیاز است. براون و لی یک معادله نقطه تنظیم ساده برای کاهش تقاضای پیک از یک مدل ساختمان ساده ایجاد کردند [۱۷]. سه رویکرد ساده مبتنی بر مدل نیمه تحلیلی، تابع تنظیم نمایی بر مبنای مدل نیمه تحلیلی و میانگین وزنی، توسط لی و براون تهیه شد [۲۴]. نتایج نشان داد که هر سه مورد از لحاظ کاهش تقاضا به خوبی کار می کنند.

رویکرد کنترل حلقه بسته، یعنی الگوریتم محدودیت تقاضای PID، برای محدودیت بار الکتریکی پیک، توسط سان و همکاران [۱۹] توسعه یافته است. اصول این رویکرد در شکل ۷ نشان داده شده است. کنترلر PID برای حفظ توان الکتریکی سیستم در سطح هدف تعیین شده، استفاده می شود. هیچ مدل ساختمانی و داده های آموزشی مورد نیاز

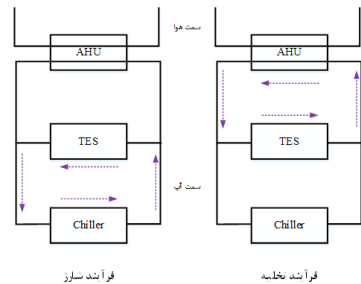
- 1-Model - Base
- 2-Model - Free
- 3-semi-analytical (SA)
- 4-exponential set-point equation-based semi-
- 5-analytical (ESA)
- 6-weighted-averaging(WA)

۱-۲-۳- طبقه بندی و واسطه های ذخیره
 سرمایه در سیستم های ذخیره سازی
 انرژی حرارتی
 به طور کلی ، واسطه هایی که در یک
 سیستم ذخیره سازی حرارتی مورد
 استفاده قرار می گیرند در سه نوع آب
 سرد، یخ و نمک یوتکتیک طبقه بندی می
 شوند [۲۷]. نمک یوتکتیک نوعی از مواد
 تغییر دهنده فاز است که در بخش ۴-۳
 از بخش مواد تغییر فاز دهنده توضیحات
 آن بیان می گردد. وقتی آب سرد در یک
 سیستم ذخیره سازی حرارتی بکار گرفته
 می شود، از ظرفیت گرمای محسوس آب
 برای ذخیره سرمایه استفاده میشود.
 بنابراین، سیستم ذخیره سازی نیازمند
 یک مخزن ذخیره سازی بزرگ است که
 به راحتی بتواند با سیستم چیلر موجود
 ارتباط برقرار کند. اما وقتی از یخ در یک
 سیستم ذخیره سازی حرارتی استفاده
 می شود، سیستم ذخیره سازی نیازمند
 به یک مخزن کوچک تری دارد ولی لازم
 است از یک چیلر پیچیده تری برای تولید
 آب دما پایین به منظور تهیه یخ استفاده
 شود (به عنوان مثال ۶-OC). معمولا
 کارایی چیلرهای یخساز کمتر از چیلرهای
 استاندارد است که آب سرد با دمای
 بالاتری را تولید می کنند. ویژگی های
 اصلی دو مورد (یعنی آب سرد و یخ) در
 جدول ۲ خلاصه شده است. برای انتخاب
 مناسب، تحقیقات در مورد پارامترهای
 محلی (به عنوان مثال نمودار تقاضای برق،
 ساعت پیک و کم باری، و هزینه های راه

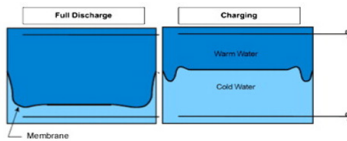
مرحله در آغاز یک دوره تغییر بار تنظیم
 می شود. در استراتژی تنظیم برای
 تغییرات خطی، دما در یک نرخ ثابت به
 حداکثر دما در طول دوره تغییر بار افزایش
 می یابد. در مقابل، استراتژی تنظیم برای
 تغییرات نمایی ، در ابتدا دما را سریع تر
 افزایش می دهد و در پایان کندتر می شود،
 همانطور که در شکل ۶ نشان داده شده،
 این روش های ساده مورد استفاده قرار
 گرفته و در یک سری از تست های میدانی
 مورد ارزیابی قرار گرفتند [۱۳، ۱۸، ۲۵، ۲۶].

۲-۳- کنترل جابجایی بار با استفاده از سیستم ذخیره انرژی حرارتی

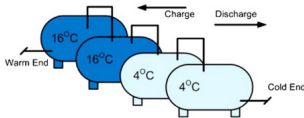
برخلاف کنترل جابجایی بار با بکارگیری
 جرم حرارتی ساختمان، کنترل جابجایی
 بار با استفاده از سیستم ذخیره سازی
 حرارتی نیاز به یک گردش آب اضافی
 برای شارژ و تخلیه در یک مخزن ذخیره
 جداگانه دارد که برای استفاده بجای آب
 سرد چیلر در مواقع لازم مورد استفاده
 قرار می گیرد. فرآیند یک سیستم متداول
 شارژ و تخلیه آب سرد ذخیره شده در
 شکل ۸ نشان داده شده است.



شکل ۸ نمونه فرآیند شارژ و تخلیه برای سیستم ذخیره
 سازی حرارتی



شکل ۹ تانک ذخیره غشایی [۳۳]



شکل ۱۰ تانک ذخیره سری [۳۴]

۲-۳- تقسیم بندی کنترل جابجایی بار با استفاده سیستم ذخیره سازی انرژی حرارتی

کنترل‌های جابجایی بار با استفاده از سیستم‌های ذخیره سازی حرارتی همانطور که در شکل ۱۱ نشان داده شده است به دو گروه تقسیم می‌شود. اولی به استراتژی‌های کنترل بهینه براساس قواعد اکتشافی ساده نزدیک است. این استراتژی‌های کنترلی با استفاده از قوانین اکتشافی عمدتاً شامل کنترل ظرفیت ذخیره‌سازی و کنترل مبتنی بر اولویت هستند. از نظر اینکه آیا سیستم ذخیره ساز می‌تواند بار را به طور کامل در زمان پیک، کنترل کند، کنترل ظرفیت ذخیره‌سازی به کنترل ذخیره کامل و کنترل ذخیره جزئی تقسیم می‌شود. از نظر اینکه کدام سیستم (چیلر یا ذخیره‌سازی) برای جبران و کنترل بار بروندی در پیک، اولویت دارد، تقسیم بندی کنترل بر مبنای اهمیت یا اولویت

اندازی) عناصر کلیدی هستند که برای هر مکانی متغیر خواهد بود [۲۹].

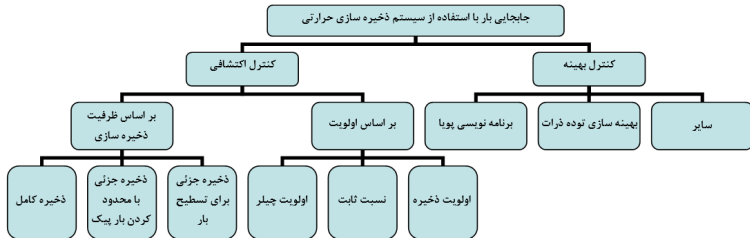
جدول ۱ ویژگیهای مورد استفاده در سیستم ذخیره سازی حرارتی [۲۸]

آب سرد	یخ	پارامتر
۴،۱۹	۲،۰۴	ظرفیت حرارتی ویژه (KJ/kgK)
-	۳۳۴	گرمای نهان (KJ/Kg)
۵۷-۸۵	۵۷-۱۴۲	هزینه چیلر (\$/KW)
۰،۰۸-۰،۱۶۹	۰،۰۱۹-۰،۰۲۳	حجم تانک (m ³ /KW/h)
۸،۵-۲۸	۱۴-۲۰	هزینه نصب ذخیره ساز (\$/KW/h)
۴-۶	-۶ to -۳	دمای شارژ (°C)
۵-۱۰	۱-۳	دمای تخلیه (°C)
۵،۰-۶،۰	۲،۷-۴،۰	ضریب عملکرد چیلر (COP)

مطالعه آماری نشان می‌دهد که در اوایل دهه ۱۹۹۰ حدود ۱۵۰۰ تا ۲۰۰۰ واحدهای ذخیره سازی انرژی حرارتی سرد در ایالات متحده به کار گرفته شده است. اغلب آن‌ها در ساختمان‌های اداری، مدارس و بیمارستان‌ها نصب شده بودند. نتایج نشان می‌دهد که سیستم‌های ذخیره سازی یخی بیشترین سهم را در حدود ۸۰ تا ۸۵٪ داشته در صورتیکه کاربردهای آب سرد با در محدوده ۱۰ الی ۱۵٪ بوده است [۳۰]. سیستم‌های ذخیره‌سازی یخ معمولاً به برداشت یخ، کویل یخی با ذوب داخلی، کویل یخی با ذوب خارجی، یخ دوغایی و سیستم‌های یخ کپسولی تقسیم بندی می‌شوند [۳۱ و ۳۲]. سیستم‌های ذخیره سازی با آب سرد، معمولاً بصورت انواع تانک‌های لایبرنتی، تانک بافل دار، تانک سری، تانک غشایی و سیستم‌های لایه‌ای تقسیم بندی می‌شوند. دو نمونه از تانک‌های ذخیره آب سرد در شکل ۹ و شکل ۱۰ نشان داده شده است.

عملیاتی مورد استفاده قرار می گیرد. در این استراتژی های کنترل، نیاز است رقابت بین افزایش انرژی و کاهش تقاضای پیک بخوبی مد نظر قرار گیرد.

به سه نوع سیستم کنترلی با اولویت چیلر، کنترل با اولویت ذخیره سازی و در نهایت کنترل با اولویت درصدی ثابت تقسیم بندی می شود. در مقابل، دومین استراتژی کنترل بهینه با هدف حداقل کردن هزینه



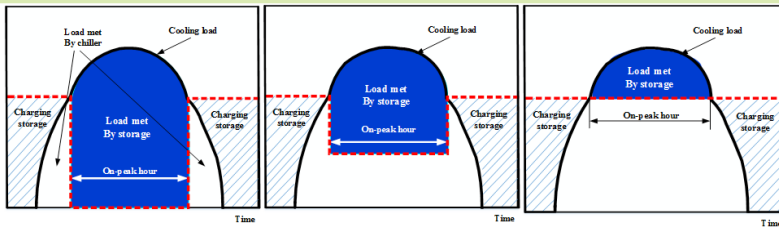
شکل ۱۱ تقسیم بندی کنترل جایابی بار با استفاده از سیستم ذخیره سازی حرارتی

آنلاین در حداقل ظرفیت بخشی از بار پیک را که پاینتر از بار برودتی ذخیره شده است در بازه زمانی پیک تامین می کند. این استراتژی نیازمند سیستم های کنترل پیچیده است، چراکه بار پیک باید از طریق ذخیره سازی تامین شود. کنترل تسطیح بار همانطور که در شکل ۱۲ ج نشان داده شده است با استفاده یک چیلر بطوریکه در طول ۲۴ ساعته با ظرفیت کامل در مدار است اجرا می شود. هنگامی که بار سرمایشی کمتر از خروجی چیلر است، بار سرمایشی اضافی در تانک ذخیره، ذخیره می شود و هنگامی که بار برودتی بیشتر از ظرفیت چیلر باشد، بار برودتی اضافی ذخیره شده در تانک، تخلیه می شود. به طور کلی، استراتژی سیستم کنترل ذخیره سازی کامل نیازمند به یک چیلر بزرگتر و

۱-۲-۳- اصل کنترل اکتشافی
از نظر قابلیت ذخیره برودتی، سیستم ذخیره سازی حرارتی می تواند به سادگی به ذخیره کامل و سیستم های ذخیره سازی جزئی طبقه بندی شود [۲۸]. در روش کنترلی با ذخیره سازی کامل، همانطور که در شکل ۱۲ الف، نشان داده شده است، سرمایش ذخیره شده قادر به جبران کامل تقاضای سرمایشی و یا بار برودتی در بازه زمانی پیک یا پرباری است و نیازی به استارت چیلر در این بازه زمانی نمی باشد. در مقابل، سیستم ذخیره سازی جزئی ذخیره سرمایشی کافی برای بار جبران بار برودتی در زمان پیک را ندارد. کنترل ذخیره سازی جزئی به دو گروه تقسیم می شود. در یک سیستم کنترلی محدود کننده بار، همانطور که در شکل ۱۲ ب نشان داده شده است، چیلر بصورت

ذخیره سازی برای تامین بار پیک، کنترل مبتنی بر قانون اکتشافی به سه گروه کنترل با اولویت چیلر، کنترل با اولویت ذخیره سازی و کنترل با نسبت ثابت تقسیم می شود. [۳۴].

ظرفیت ذخیره سازی بالاتری دارد در حالی که استراتژی کنترل ذخیره سازی جزئی نیازمند یک چیلر کوچک تر و یک ظرفیت ذخیره سازی کوچک تر نیاز دارد. از نقطه نظر اولویت های چیلر و سیستم



شکل ۱۲ استراتژی کنترل بر اساس ظرفیت ذخیره سازی

سرمایش هستند. در واقع، ذخیره سازی یک بخش ثابت از بار سرمایشی تحت همه شرایط است [۳۴]. این اصل به شکل معادله (۳) توصیف می شود.

$$u_k = \begin{cases} u_{max,k} & \text{if } k \text{ is off-peak} \\ \max(-f_{0,Q_k}, u_{min,k}) & \text{if } k \text{ is On-peak} \end{cases} \quad (3)$$

حداکثر سرعت شارژ و نرخ دیسشارژ را به ترتیب نشان می دهند. کنترل با اولویت ذخیره سازی، برخلاف کنترل با اولویت چیلر به عنوان مثال نیازمند ذوب یخ در صورت ذخیره سازی یخی تا حد ممکن برای طول دوره زمانی پیک، نیاز دارد. به طور کلی اهداف که به عنوان استراتژی کنترل تعریف می شود، مشخص کردن قابلیت ظرفیت ذخیره سازی کامل است بطوریکه برای دوره زمانی پیک قابل دسترس برای تخلیه کامل باشد [۳۴].

کنترل با اولویت چیلر یکی از ساده ترین استراتژی های کنترل بار با استفاده از TES است. در این کنترل، چیلر به طور مداوم با سیستم کنترل متداول خود در محدوده بار در مدار قرار دارد و باقیمانده ظرفیت سرمایشی در صورت لازم ذخیره می شود [۳۴]. این اصل را می توان بصورت معادله (۲) بیان نمود:

$$u_k = \begin{cases} u_{max,k} & \text{if } k \text{ is off-peak} \\ 0 & \text{if } k \text{ is On-peak and } Q_k \leq CAP_{ch} \\ -(Q_k - CAP_{ch}) & \text{if } k \text{ is On-peak and } CAP_{ch} \leq Q_k \end{cases} \quad (2)$$

در اینجا u نشان دهنده نرخ شارژ یا تخلیه است (مقدار مثبت، نرخ شارژ و مقدار منفی، نرخ تخلیه را نشان می دهد). پارامتر Q بار سرمایشی، ظرفیت سرمایش چیلر و K مخفف k امین ساعت است. کنترل نسبت ثابت نشان می دهد که ذخیره سازی و چیلر دارای اولویت یکسانی در تامین

است [۳۷ و ۳۸]. روش های بهینه سازی دیگر، از جمله الگوریتم تبرید شبیه سازی شده و الگوریتم تکاملی می تواند در استراتژی های کنترل جابجایی بار بهینه با استفاده از TES اعمال شود. این تکنیک ها بخوبی مقایسه و ارزیابی شده اند [۳۹].

(۵)

$$j = J(\bar{u}_1, \bar{u}_2, \dots, \bar{u}_n) = \min \sum_{i=1}^n (\alpha_i \times E_i + \beta \times \max_{1 \leq i \leq n} \{PD_i\})$$

در فرمول (۵) پارامترهای نرخهای شارژ و تخلیه بهینه در زمان های مختلف را نشان می دهد.

۳-۲-۳- تحقیقات و کاربردهای کنترل جابجایی بار با استفاده از سیستم های ذخیره سازی انرژی حرارتی

عملکردهای مختلف استراتژی های کنترل جابجایی بار با استفاده از TES مورد مطالعه قرار گرفت و در بسیاری از مطالعات تحت نرخ های مختلف ساختارها مورد ارزیابی قرار گرفت. بیشتر این مطالعات مربوط به گروه کنترل اکتشافی می باشند. چاوچوانا و همکاران [۴۰] نتایج مطالعه موردی خود در یک ساختمان اداری معمولی در تایلند را ارائه دادند. یک سیستم ذخیره سازی یخی از نوع کوپل یخی داخلی براساس مدل ارائه شده توسط نتو و کارتی [۴۱] شبیه سازی شد. نتایج نشان می دهد که تحت نرخ های تعرفه انرژی تایلند، استراتژی کنترل ذخیره سازی کامل، قادر است تا ۵۵٪

این اصل به صورت معادله (۴) نشان داده شده است.

$$u_k = \begin{cases} u_{\max,k} & \text{if } k \text{ is off-peak} \\ Q_k & \text{if } k \text{ is on-peak} \end{cases}$$

۲-۲-۳- اصل کنترل بهینه

استراتژی های کنترل بهینه بر یافتن بهترین نرخهای شارژ و تخلیه در زمان مختلف (یعنی در معادله (۵)) که هزینه کلی عملیاتی را به حداقل می رساند تمرکز می کنند [۶۰] به عبارت دیگر، استراتژی های کنترل بهینه یک مسئله تحقیقاتی جهانی با محدودیتهای عملی است. برای حل و بهینه سازی این مسایل تحقیقاتی از تکنیک هایی به عنوان مثال الگوریتم توده ذرات و برنامه نویسی پویا که پذیرفته شده است استفاده می شود. بهینه سازی توده ذرات توسط کندی و پدرو [۳۵ و ۳۶] پیشنهاد شده که با شبیه سازی یک سیستم اجتماعی ساده شده که در آن هر یک از اعضای فردی یک مدرسه می توانند از اکتشافات و تجربیات قبلی همه اعضای دیگر مدرسه در طول جستجو سود ببرند. یک توده ذره در PSO به تعدادی راه حل بالقوه برای مساله بهینه سازی اشاره دارد که در آن هر راه حل بالقوه به عنوان موقعیت ذره نامیده می شود. برنامه نویسی پویا یک روشی برای حل مسایل پیچیده است که با شکستن آن ها به مسایل کوچکتر و ساده تر به حل مسئله می پردازد. این کار برای مسایلی که با هم پوشانی دارند، قابل اجرا

از مطالعات تجربی نیز در مورد کنترل اکتشافی انجام شد. یک مورد مطالعاتی [۵۴] ارزیابی در زمینه کارایی یک سیستم ذخیره سازی یخ بود که سیستم یخ شامل یک یخساز با توان ۹۱.۴ Kw و همچنین تانک ذخیره ۱.۱MW بود. با استفاده از سیستم کنترلی از نوع استراتژی با اولویت ذخیره سازی، بار ورودی در دوره زمانی پیک به مقدار ۵ ساعت به زمان غیر پیک انتقال پیدا کرد. با این حال، استفاده از سیستم برداشت یخ، حدود ۲۹ درصد انرژی الکتریکی بیشتری نسبت به سیستم تهویه مطبوع معمولی مصرف می کند.

با استفاده از سیستم کنترلی با اولویت ذخیره سازی، سیستم ذخیره سازی حرارتی یخ به طور قابل توجهی هزینه برق را با تغییر بخشی از بار پیک به ساعات غیر پیک کاهش داد. در ارزیابی اقتصادی که برای طراحی، ساخت و راه اندازی یک سیستم ذخیره سازی با آب انجام شده است. بیش از ۵۰٪ از بار ورودی ساختمان توسط سیستم ذخیره سازی با آب سرد ساخته شده با ظرفیت تانک ذخیره به حجم ۸۵۰۰ مترمکعب تامین شده است. نتایج این مطالعه نشان داد که صرفه جویی هزینه سالانه حدود ۴۳/۰ میلیون دلار با جابجایی بار حاصل شده است [۵۶]. با مطالعه بر روی کارایی و بهره برداری یک سیستم ذخیره سازی حرارتی که برای یک سیستم تولید همزمان برق و حرارت نصب شده بود، نتایج نشان داد

هزینه برق مصرفی مورد نیاز را به حداقل برساند. همچنین مشخص شد که با استفاده از این استراتژی، مصرف کل انرژی حدود ۵٪ کاهش می یابد. حبیب اله [۴۲] یک تحقیقی درباره امکان سنجی اقتصادی استفاده از سیستم های ذخیره سازی یخ در سیستم های تهویه مطبوع مسجدي در مکه انجام داد که نتایج نشان داد همان طور که نرخ برق موجود ثابت است ($0.07 \$/kwh$)، سیستم ذخیره هیچ سودی برای کنترل ذخیره سازی جزیی و استراتژی های کنترل ذخیره سازی کامل ندارد. با این حال، نویسنده توصیه کرد که با استفاده از استراتژی کنترل ذخیره سازی کامل با نرخ زمان انگیزشی، هزینه کل برق به طور قابل توجهی کاهش یابد. یک مطالعه موردی اخیر که در یک ساختمان کتابخانه معمولی در مناطق گرمسیری کوالالامپور توسط یو و لی [۴۳] انجام شد. آن ها از برنامه شبیه سازی سیستم های ناپایدار با پروفیل یک سال هواشناسی معمولی استفاده کردند. با بکارگیری سیستم ذخیره سازی یخی از نوع در شبیه سازی آن ها، نتایج نشان داد که با استفاده از استراتژی کنترل ذخیره سازی کامل، تحت نرخ های تعرفه انرژی مالی، هزینه کلی به میزان ۲۴ درصد کاهش می یابد. با این حال، مجموع مصرف انرژی به دلیل مصرف انرژی بالای چیلر و استفاده از پمپ آب بزرگتر در مقایسه با طرح پایه افزایش می یابد. علاوه بر مطالعات شبیه سازی، بسیاری

که با استفاده از استراتژی کنترل ذخیره جزئی، سیستم ذخیره سازی یخ گزینه بهتری نسبت به سیستم ذخیره آب سرد اولیه خواهد بود [۵۷]. با مطالعه بر روی یک سیستم تهویه مطبوع یک مدرسه که شامل یک چیلر ۱۳۵ تنی با سیستم ذخیره سازی یخی جزئی که با یک کنترل دیجیتال مستقیم کار می کرده، این مدرسه را در حدود یکصد هزار دلار بین سال های ۲۰۰۴ تا ۲۰۰۵ در مقایسه با مدرسه مشابه که فاقد سیستم ذخیره سازی حرارتی بود، از ذخیره مالی برخوردار کرد [۵۸]. مورگان و همکاران، نتایج نظرسنجی میدانی خود را در یک مدرسه ابتدایی با مساحت کلی ۶۰۰ متر مربع در دو طبقه به دست آوردند. آن ها تاثیر استفاده از یک سیستم ذخیره سازی یخ جزئی بر کاهش هزینه های برق ساختمان را بررسی کردند. با ساختار TOU داده شده، آن ها دریافتند که حدود ۴۷ درصد از هزینه برق سالانه را می توان با استفاده از سیستم ذخیره سازی یخ جزئی جبران نمود [۵۹].

در مقایسه با استراتژی های کنترل اکتشافی، مطالعات کمتری روی استراتژی های کنترل بهینه انجام شد. بر اساس برنامه ریزی دینامیکی، هنز [۶۰] یک استراتژی کنترل جابجایی بار را در نظر گرفت که در آن نرخ های شارژ و تخلیه در زمان گسسته بهینه شده بود. این استراتژی در هر زمان در هر مرحله از یک دریچه ثابت با استفاده از اطلاعات

موجود در دسترس برنامه ریزی شده بود. سه ساختار قیمت گذاری دینامیک عملی در نظر گرفته شد. مشخص شد که در حضور ساختارهای نرخ پیچیده، روش پیشنهادی مزایای عملکردی قابل توجهی در کنترل پایه دارد، در حالی که نیاز به یک پیش بینی ساده برای پیش بینی بار و دمای محیط دارد. علاوه بر این، اثرات نتایج پیش بینی بر صرفه جویی هزینه نهایی تحلیل و مقایسه شد. همچنین نتایج مشابهی برای زمانی که برنامه ریزی بهینه مبتنی بر برنامه نویسی مورد استفاده قرار گرفت [۴۹ و ۵۰]. مطالعه با الگوریتم توده ذرات برای تسهیل بهینه سازی ذخیره سازی در سیستم های تهویه مطبوع و توسعه استراتژی های عملیاتی بهینه بکار گرفته شد [۶۱]. هزینه طول عمر سیستم به عنوان تابع هدف مورد استفاده قرار گرفت. نتایج این مطالعه نشان داد که استراتژی کنترل بر اساس بهینه سازی توده ذرات می تواند به طور موثر هزینه عملیاتی کلی را کاهش دهد. روش دیگر نیز برای توسعه استراتژی کنترل جابجایی بار بهینه با استفاده از سیستم ذخیره سازی حرارتی استفاده شد. هنز و شوئمنان [۶۲] یک کنترل کننده یادگیری تقویتی برای بهینه سازی عملیات ذخیره سازی حرارتی ارائه نمودن. کنترل کننده یادگیری تقویتی یاد گرفت که شارژ و تخلیه تانک ذخیره حرارتی بر اساس فیدبکی که از اقدامات کنترل گذشته دریافت کرده بود کنترل شود.

OPT Z, SP, UB, LB به ترتیب نشان دهنده ناحیه یا منطقه، مقدار عددی تنظیمی دما، نقطه بالا، مرز بالایی، مرز پایینی و مقدار بهینه و مقدار اولیه می باشند. اساسا، بهینه سازی در دو مرحله اصلی انجام می شود. در مرحله اول، با یک پروفیل نرخ شارژ و تخلیه مشخص (به عنوان مثال، نرخ شارژ و تخلیه اولیه برای u برابر صفر است)، یک سری بهینه از تنظیمات دمای اتاق (تنظیم دمایی و دمای ناحیه) منجر به هزینه حداقل مفید با استفاده از روش شبه نیوتنی می شود. در مرحله دوم، بار بردتی به دست آمده (QL) و تنظیماتی دمایی قبلی شناسایی شده برای تعیین نرخهای شارژ و تخلیه بهینه جدید (U) و یک هزینه فایده بهینه جدید با استفاده از برنامه نویسی پویا، مورد استفاده قرار می گیرند. این چرخه تا زمان همگرا شدن هزینه بهینه تکرار می شود. لازم به ذکر است که بهینه سازی کنترل پیش سرمایش در این سیستم بکار گرفته نمی شود. بنابراین افزایش هزینه انرژی ناشی از پیش از سرمایش ممکن است بزرگ تر از حد لازم باشد. علاوه بر این، فرآیند تکرار ممکن است بار محاسبات زیادی ایجاد کرده که در عمل اجرای آنرا با مشکل مواجه کند.



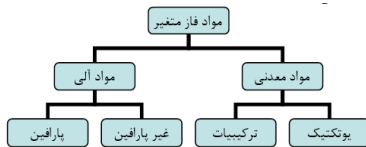
شکل ۱۳ بهینه سازی متوالی تکراری [۶۳] یک تجزیه و تحلیل نشان داد که صرفه جویی در استفاده ترکیبی از BTM

۳-۳- کنترل جابجایی بار با استفاده ترکیبی از جرم حرارتی ساختمان سیستم ذخیره سازی انرژی حرارتی مطالعات هم در مورد استفاده ترکیبی از سیستم های ذخیره سازی حرارتی و جرم حرارتی ساختمان انجام شد. همانطور که قبلا گفته شد، کنترل در یک سیستم ذخیره سازی با استفاده از جرم حرارتی ساختمان به منظور کنترل پیش سرمایش و یا تنظیمات دمایی داخلی اتاق انجام می شود در صورتیکه کنترل در یک سیستم ذخیره سازی حرارتی به منظور کنترل شارژ و تخلیه برای مخزن ذخیره آب سرد یا مخزن ذخیره یخی انجام می شود. بنابراین، سیستم کنترلی در یک سیستم ترکیبی BTM و TES باید برای کنترل پیش سرمایش، تنظیمات دمایی داخل اتاق و نرخ شارژ / تخلیه را در نظر بگیرد. در مقایسه با کنترل جابجایی بار با استفاده از BTM و یا TES، کنترل با استفاده از هر دوی آنها بسیار پیچیده تر است. استفاده ترکیبی از BTM و TES تحت کنترل بهینه، توسط هنز و همکاران [۶۳] در زمینه تفاوت های نرخ تعرفه ای زمان بکارگیری، مورد بررسی قرار گرفت. و الگوریتمی موسوم به "بهینه سازی متوالی تکراری" که در شکل ۱۲ نشان داده شده است نامگذاری گردید. در شکل ۱۲ نمادهای u ، QL ، T و JL به ترتیب دما، بار سرمایشی، نرخ شارژ / تخلیه و تابع هزینه را نشان می دهد. زیرنویسهای

و TES بزرگتر از صرفه جویی استفاده شده در BTM یا TES است اما کمتر از مجموع صرفه جویی تکی است [۶۳]. این گزارش بر مبنای پیش شرطی ارائه شد که کنترل بهینه برای آب و هوای مطلوب و مدل ساختمان که به طور کامل با ساختمان واقعی مطابقت داشت انجام شد. با توجه به عدم قطعیت پیش بینی آب و هوا، هنز و همکاران [۶۴] بررسی کردند که چگونه عدم قطعیت پیش بینی بر روی استراتژی های هزینه صرفه جویی تاثیر می گذارد. مشخص شد که عملکرد هزینه کلی صرفه جویی با عدم قطعیت پیش بینی آب و هوا، در مقایسه با شرایط آب و هوایی در نظر گرفته شده بیان شده بود. این یافته بر این فرض استوار بود که مدل ساختمان به طور کامل رفتار ساختمان واقعی را نشان می دهد. به منظور بررسی اثرات خطای مدل ساختمان بر روی عملکرد صرفه جویی هزینه، لیو و هنز [۶۵] یک مطالعه شبیه سازی دیگر در شرایط پیش بینی آب و هوای کامل انجام دادند. اثرات پنج گروه از مدل سازی ساختمان که عدم قطعیت داشت مورد مطالعه قرار گرفت و ارزیابی شد. با عدم قطعیت پیش بینی آب و هوا و عدم انطباق مدل ساختمان، یک مطالعه تجربی [۶۶] انجام شد که تفاوت تعرفه قیمت برق با نسبت ۴:۱ بدون هزینه های دیماندر در مطالعه مورد استفاده قرار گرفت. کنترل بهینه سازی متوالی تکراری که با موفقیت برای یک روش

سه مرحله ای اجرا شد، توسعه پیدا کرد. نتیجه گیری اصلی این بود که صرفه جویی قابل توجه هزینه ها نسبت به عملیات ساخت و ساز متعارف می تواند حتی برای زمانی که پیش بینی های هواشناسی ناقص و مدل ساختمان نیز ناقص مورد استفاده قرار گیرد، حاصل شود. روش دیگر، یعنی الگوریتم جستجوی مستقیم، نیز در یک مطالعه [۶۷] به منظور تعیین پارامترهای بهینه دمای اتاق و نرخهای بهینه شارژ و تخلیه انجام شد. نتایج اعتبارسنجی نشان داد که ۱۰ درصد صرفه جویی کلی هزینه با اتخاذ استراتژی کنترل بهینه مبتنی بر جستجوی مستقیم بدست آمد. در یک مقاله، الگوریتم جستجوی مستقیم برای انجام یک سری تحلیل های پارامتری برای ارزیابی صرفه جویی هزینه بالقوه با استفاده از هر دو نوع ذخیره سازی جرم حرارتی و سیستم ذخیره سازی یخ در ساختمان های تجاری مورد استفاده قرار گرفت [۶۸]. تحلیل های پارامتری می توانند به شناسایی مهم ترین پارامترهای موثر بر صرفه جویی کلی هزینه کمک کنند. لازم به ذکر است که کارایی محاسباتی تکنیک جستجوی مستقیم به ویژه هنگامی که دامنه جستجو بزرگ است، کم است. بنابراین، ممکن است انتخاب خوبی برای کاربرد عملی نباشد [۳۹]. برای توسعه عملی استراتژی های کنترل جایجایی بار با استفاده از TES و BTM با حجم محاسباتی پایین، هنوز تحقیقات بیشتری نیاز است.

محللول ذوب شده - در این دما، به طور همزمان شروع به کریستال شدن می کنند. چنین پدیده‌ای (شکل گرفتن هم زمان کریستال‌ها در یک مخلوط اوتکتیک) واکنش اوتکتیک، دمایی که این پدیده در آن دما اتفاق می افتد دمای اوتکتیک و ترکیب درصد در دمای اوتکتیک، نقطه و اوتکتیک نامیده می شود [۷۸].



شکل ۱۴ نمودار درختی مواد فاز متغیر

مواد معدنی اصلی شامل نمک‌ها، هیدرات های نمک و محلول‌های آبی هستند. مزایا و معایب مواد فاز متغیر آلی و معدنی در رابطه با ذخیره سازی انرژی حرارتی در جدول ۲ خلاصه شده است [۷۹]. ویژگی‌ها و خواص ترمودینامیکی برخی مواد متداول فاز متغیر مورد بررسی قرار گرفته شد [۷۹]. روش‌های اصلی ترکیب برای کاربردهای مواد فاز متغیر در عمل شامل ترکیب مستقیم، غوطه‌وری و کپسوله کردن است. علاوه بر این، مواد فاز متغیر می تواند به شکل یک صفحه تک لایه‌ای و یا ترکیب شده با سایر اجزای پوششی مورد استفاده قرار گیرد [۸۱، ۸۲]. استفاده مستقیم ممکن است اقتصادی ترین روش به لحاظ اینکه نیازی به تجهیزات اضافی ندارند باشند. در روش غوطه‌وری، مواد و

۴-۳ کنترل جابجایی بار با استفاده از مواد فاز متغیر

مواد فاز متغیر با قابلیت ذخیره سازی انرژی گرمایی بزرگ خود به طور گسترده‌ای برای کاربرد در سیستم HVAC مورد مطالعه قرار گرفته است. بسیاری از مطالعات بر روی خواص ترموفیزیکی [۶۹، ۷۰]، روش‌های ترکیبی [۷۱، ۷۲]، آنالیز حرارتی [۷۳، ۷۴] و تکنیک های افزایش انتقال حرارت [۷۵-۷۷] برای استفاده از مواد فاز متغیر متمرکز شده است. اما، مطالعات کمی برای استفاده از کنترل جابجایی بار با استفاده از مواد فاز متغیر به صورت سیستماتیک صورت گرفته است. در این بخش، ابتدا به طبقه بندی و ترکیبی از مواد فاز متغیر اشاره خواهد شد و در ادامه تحقیق و کاربردهای مواد فاز متغیر در کنترل جابجایی بار مورد بحث قرار می گیرند.

۴-۳-۱ طبقه بندی ترکیب مواد فاز متغیر

به طور کلی، مواد فاز متغیر می تواند به دسته‌های آلی و غیر آلی تقسیم شود. شکل ۱۳ خانواده مواد فاز متغیر را نشان می دهد. مواد آلی خود به دو گروه پارافین و غیر پارافین تقسیم می شوند (یعنی همان اسیدهای چرب). مواد معدنی یا غیر ارگانیک ها شامل ترکیبات و یوتکتیک ها می باشند. یک اوتکتیک یا ترکیب اوتکتیک ترکیب درصدی است که در آن دمای ذوب به کمترین مقدار خود می رسد. علاوه بر آن تمامی اجزا - در

شدن با ضرایب انتقال حرارت ضعیف مواد فاز متغیر در حالت جامد است [۸۷]. در روش میکرو کپسوله کردن، ذرات کوچک PCM با لایه نازکی از یک فیلم پلیمری با وزن مولکولی بالا محصور می شوند که بایستی با هر دو ماده PCM و مصالح ساختمانی سازگار باشد. از مزایای مواد فاز متغیر میکرو کپسوله شده، راحتی در استفاده، انتقال حرارت خوب به دلیل افزایش سطح تبادل حرارت و عدم نیاز به حفاظت مجدد در برابر خرابی می باشد [۸۷]. با این حال، ممکن است بر مقاومت مکانیکی سازه تاثیر بگذارد [۷۲]. اخیراً، یک نوع ترکیب جدیدی از مواد فاز متغیر که به نام مواد فاز متغیر پایدار نامیده می شود مورد توجه محققان قرار گرفته است [۹۱-۸۸]. مواد فاز متغیر پایدار شامل دانه های پارافین پراکنده شده در مواد فاز متغیر و پلی اتیلن با چگالی بالا یا مواد دیگر به عنوان ماده نگهدارنده می باشند. از آنجا که درصد جرمی پارافین می تواند بیش از ۸۰ درصد باشد بنابراین کل انرژی ذخیره شده در این نوع از مواد فاز متغیر پایدار با مواد فاز متغیر متداول قابل توجه خواهد بود.

جدول ۲ مقایسه مواد آلی و غیر آلی در ذخیره سازی انرژی حرارتی [۷۹].

Organic	Inorganic
Advantages	Greater phase change enthalpy
No corrosives	
Low or none sub-cooling	
Chemical and thermal stability	
Disadvantages	Sub-cooling
Lower phase change enthalpy	Corrosion
Low thermal conductivity	Phase separation and segregation
Flammability	Lack of thermal stability

مصالح متخلخل به درون مذاب داغ مواد فاز متغیر، فرو می روند که در اثر خاصیت موئینگی از طریق منافذ جذب می شوند. سپس این ماده متخلخل از مایع مذاب مواد فاز متغیر خارج می شود تا مواد مذاب جذب شده خنک شوند [۸۳]. یکی از مزیت های بزرگ این روش به دلیل اینکه اشباع می تواند در هر زمان و مکان انجام شود، امکان تبدیل یک صفحه دیوار معمولی به عنوان دیوار دارای مواد فاز متغیر است براحتمال پذیر است. برای فرار از اثرات منفی مواد فاز متغیر PMC در مصالح ساختمانی (به عنوان مثال اثر خوردگی) میتوان مواد فاز متغیر را قبل از ادغام کپسوله کرد. دو ابزار اصلی برای کپسوله کردن وجود دارد که شامل ماکرو و میکرو کپسوله کردن است [۷۲]. برای اولین روش، این مواد را می توان بصورت لوله، کره و پانلهایی به شکلهای مختلف در مصالح ساختمانی ترکیب کرد. استفاده از مواد تغییر فاز دهنده میزان شار حرارتی ورودی به ساختمان را تا ۳۸ درصد کاهش می دهد و همچنین افزایش تعداد حفره های مواد تغییر فاز دهنده در آجر موجب کاهش ۱۱ درصدی شار حرارتی و بار سرمایشی می شود [۸۵]. با این حال، هنوز ماکرو کپسوله کردن بری محافظت بیشتر در برابر خوردگی به منظور استفاده در مصالح ساختمانی نیازمند کار بیشتری دارد که هزینه برد خواهد بود [۸۶]. مشکل دیگر کاهش سرعت انتقال حرارت در طی فرآیند جامد

فاز متغیر و عایق بندی بتهایی بدست آورند [۹۷]. نتایج مشابهی نیز از مطالعات اعتبار سنجی آزمایشگاهی نشان می دهد که با افزودن ۱۰ درصد ماده فاز متغیر PCM K18 به بتن در دیواره های ساندویچ پانلهای بتونی بار پیک و بار برودتی را در یک سال از طریق دیوار به ترتیب به مقدار ۱۹ و ۱۳ درصد کاهش می دهد. برای مثال، با استفاده از دیوارهای PCM در یک اتاق آزمایشی برای کاهش بارهای پیک توسط لی و همکاران مورد مطالعه قرار گرفت [۹۹]. نتایج آزمایش نشان داد که استفاده از اتاق با دیواره های مواد فاز متغیر می تواند هزینه عملیاتی سیستم های تهویه و مطبوع را به شدت کاهش دهد و دره زدایی را برای توان الکتریکی مورد نیاز در پیک انجام دهد. دو کاربرد معمولی کنترل شارژ و تخلیه ساده را می توان در مطالعات PCM مشاهده نمود. اولی این است که تنها کنترل شارژ، بدون کنترل تخلیه مورد استفاده قرار می گیرد، به خصوص به دلیل اینکه سرمایه گذاری طبیعی قابل دسترس است. دومی این است که کنترل شارژ و تخلیه ساده با هم مورد استفاده قرار می گیرد. سرمایه گذاری طبیعی تکنیکی است که نشان می دهد مقدار سرمایه گذاری که از اجزای سیستم موجود، اضافی یا اصلاح شده در شرایط محیطی پایین بدست آید می تواند برای جبران بخشی از بار سیستم های تبرید مکانیکی بصورت جزئی یا کامل، مورد استفاده قرار گیرد [۱۰۰].

تحقیقات و کاربرد کنترل جابجایی بار با استفاده از مواد فاز متغیر

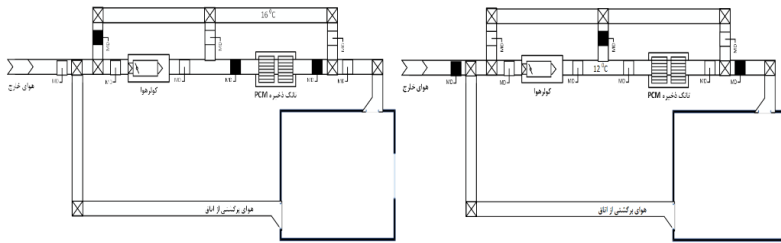
استراتژی های کنترل جابجایی بار با استفاده از PCMs براساس نوع یکپارچه سازی آن ها با ساختمان ها و یا سیستم های HVAC به دو دسته کلی تقسیم می شود. با توجه به یکپارچه سازی یا ادغام مواد فاز متغیر با ساختمان ها، استراتژی های کنترلی، مشابه کنترل جابجایی بار با استفاده از BTM هستند. همچنین یکپارچه سازی تا حد زیادی ظرفیت ذخیره انرژی حرارتی ساختمان ها را افزایش می دهد. در نوع یکپارچه سازی مواد فاز متغیر با سیستم های تهویه مطبوع، استراتژی های کنترل مشابه کنترل جابجایی بار با استفاده از سیستم های ذخیره سازی انرژی حرارتی هستند. چنین یکپارچه سازی (به عنوان مثال مواد فاز متغیر بکاررفته در تانک ذخیره متصل به چرخه سیکل آب سرد) سیستم های تهویه مطبوع را قادر می سازد تا سرمایه گذاری تولیدی که در ساعات کم باری با قیمت های برق ارزان تر، تولید شده است را ذخیره نمایند. مخازن PCM می توانند با سیستم های تهویه مطبوع در هر دو طرف آب و هوا ادغام شوند.

با توجه به مطالعات انجام شده بدون در نظر گرفتن کنترل جابجایی بار، هالفورد و بوم با استفاده از مواد فاز متغیر توانستند به مقدار حداکثر ۱۱ تا ۲۵ درصد و ۱۹ تا ۵۷ درصد کاهش بار برودتی در زمان پیک را به ترتیب در مقایسه با جرم بدون

برقرار گردید. مطالعه شبیه‌سازی براساس کف یک ساختمان اداری در ژاپن انجام شد. نتایج نشان داد که با استفاده از ۴۰۰ کیلوگرم PCM در سیستم پیشنهادی برای یک اتاق با متراژ ۸/۷۳ مترمربع می‌تواند دمای داخلی را بدون استفاده از منبع سرما در روز گرم تابستان ثابت نگه دارد. دمای ذوب مناسب این سیستم در حدود ۱۹ درجه سانتی‌گراد بود که می‌تواند با استفاده از ماده فاز متغیر MT19 تامین شود. تمام مطالعات فوق‌الذکر پتانسیل‌های بسیار زیاد استفاده از مواد فاز متغیر را در استراتژی جابجایی بار بدون سیستم کنترلی و یا استفاده از کنترل ساده مورد بررسی قرار دادند. بنابر این، بهترین نتایج با استفاده از این استراتژی‌های کنترلی ساده بدست نخواهد آمد و لذا تلاش‌های بیشتری برای توسعه استراتژی‌های کنترل جابجایی بار بهینه با استفاده از PCMs با هدف به حداقل رساندن هزینه کلی عملیات در یک دوره صدور صورتحساب، لازم و ضروری می‌باشد. استراتژی‌های کنترل جابجایی بار موجود با استفاده از BTM و TES می‌توانند به عنوان منابع مناسب برای استراتژی‌های کنترل با استفاده از PCMs مورد استفاده قرار گیرند.

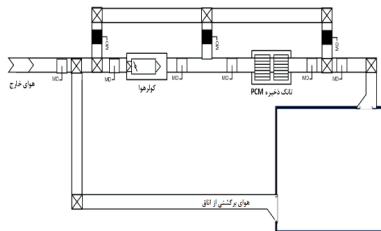
یک مطالعه کنترل جابجایی بار نسبتاً پیچیده ای در یک ساختمان که از یکپارچه سازی با مواد فاز متغیر پایدار استفاده شده بود صورت گرفت. یک کنترل جابجایی بار بر اساس استراتژی بازنشانی نقطه تنظیم دمای داخلی اتاق بصورت زمانی بود. نتایج نشان داد که هزینه‌های برق ساختمان با بکارگیری سیستم SSPCM برای شهرهای هنگ کنگ و پکن به ترتیب ۴۴/۱۱ و ۲۹/۱۱ درصد در تابستان کاهش یافته است [۹۸].

یاماها و میساکی [۱۰۲] یک سیستم تهویه مطبوع یکپارچه شده با PCMs در مجاری هوایی، نتایج جابجایی بار در پیک را با استفاده از کنترل ساده شارژ و تخلیه همانطور که در شکل ۱۵ نشان داده شده است، مورد بررسی قرار دادند. در مطالعه آن‌ها، ذخیره PCM در سه ساعت کم باری، یعنی از ۵ تا ۸ صبح در فرآیند شارژ قرار می‌گرفت. بدین منظور هوا از طریق یک سیکل بسته شامل تانک ذخیره PMC و کولر هوا به طور همزمان جریان داشت تا فرآیند شارژ صورت گیرد. پس از فرآیند شارژ، عملیات تهویه مطبوع روتین هوا آغاز شد که تحت این شرایط هوا از مسیر تانک ذخیره PCM بای پاس شده و بدون استفاده از این بخش در مدار قرار گرفت. فرآیند تخلیه در ساعات پیک یعنی از ۱۳ تا ۱۶ انجام شد که تحت این شرایط جریان تخلیه هوا مستقیماً با عبور از مسیر تانک مخزن PCM به اتاق



ب- کارکرد عادی سیستم هواساز (ساعت ۱۳ تا ۱۶ و ۱۸ تا ۲۱)

الف- زمان شارژ از ساعت ۸ تا ۵ صبح



ج- زمان تخلیه از ساعت ۱۳ تا ۱۶

شکل ۱۵ نمونه سیستم تهویه مطبوع یکپارچه شده با مواد فاز متغیر [۱۰۲]

۴- بحث و نتیجه‌گیری

این مقاله مروری جامع بر مطالعات قبلی مربوط به استراتژی‌های کنترل جابجایی بار با استفاده از تجهیزات مختلف ذخیره‌سازی انرژی حرارتی سرد شامل جرم حرارتی، سیستم ذخیره‌سازی انرژی حرارتی و مواد فاز متغیر را ارائه می‌دهد. نتایج اصلی تعدادی از مقالات بازبینی شده ارزیابی و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است. که توصیه‌ها و پیشنهادات ذیل برای کارهای تحقیقاتی بیشتر در آینده مطرح شده است.

۱- اکثر کنترل بار موجود با استفاده از روش‌های مختلف بهینه‌سازی هزینه روزانه یا به حداقل رساندن بار

پیک روزانه تمرکز دارد که با یک دوره صدور صورتحساب طولانی‌تر (مثلاً یک ماه) تحت ساختار نرخ برق تعرفه‌ای کاربردهای مستقیم این تحقیقات ممکن است قادر به دستیابی به بهترین نتایج نباشد. بنابراین، استراتژی‌های کنترل جابجایی بار برای بهینه‌سازی هزینه ماهانه بایستی بیشتر مورد توجه قرار گیرد.

۲- مطالعات موجود کنترل جابجایی بار را با استفاده از جرم حرارتی ساختمان نشان می‌دهد که بار پیک روزانه را بیش از ۳۰ درصد کاهش داده و منجر به صرفه جویی در هزینه کل به مقدار ۵/۸ تا ۲۹ درصد خواهد شد. کنترل شارژ و تخلیه از طریق بازنشانی نقطه تنظیم دما، ارائه

توسعه استراتژی‌های کنترل ساده‌تر با حجم محاسباتی کمتر ضروری بنظر می‌رسد.

۵- برای دهه‌ها، مواد فاز متغیر با قابلیت ذخیره سازی انرژی حرارتی زیاد به طور گسترده‌ای برای جابجایی بار در ساختمان‌ها مورد استفاده قرار گرفته‌است. عدم استفاده یا استفاده از استراتژی‌های کنترل جابجایی بار ساده در مطالعات موجود نشان داد که مزایای قابل توجهی را می‌توان برای کاهش بار پیک به میزان ۱۰ تا ۵۷ درصد، صرفه‌جویی در هزینه کل به میزان ۱۱ تا ۶/۹۶ درصد و بهبود آسایش حرارتی بدست آورد.

۶- برای دستیابی به حداکثر صرفه‌جویی در هزینه با استفاده از مواد فاز متغیر، استراتژی‌های کنترل جابجایی بار با سطح بالاتری نیاز به توسعه دارند. کنترل جابجایی بار موجود، در سیستم‌های کنترلی با استفاده از جرم حرارتی ساختمان و استفاده از سیستم ذخیره‌سازی انرژی حرارتی می‌تواند به عنوان منابع خوبی برای پیشرفت استراتژی‌های کنترل بهینه با استفاده از مواد فاز متغیر مورد استفاده قرار گیرد.

و بحث می‌شوند. در مقایسه با کنترل تخلیه، کنترل شارژ (به عنوان مثال پیش‌سرمایش) در بسیاری از مطالعات از نظر دمای و طول مدت پیش‌سرمایش بهینه نمی‌شود. لذا از اینرو افزایش غیر ضروری انرژی ناشی از کنترل شارژ ممکن است با نتایج صرفه جویی هزینه برابری کند. مطالعات بیشتر برای توسعه بهینه‌سازی پیش‌سرمایش ساده برای کاربردهای عملی لازم است.

۳- سیستم انرژی حرارتی به طور گسترده‌ای در ساختمان برای جابجایی بار از زمان پیک یا پرباری به زمان غیر پیک یا کم باری استفاده شده است. استراتژی‌های کنترل جابجایی بار شامل کنترل اکتشافی و کنترل بهینه با استفاده از تکنیک‌های مختلف تحقیقاتی، در این مطالعه مورد بحث قرار گرفته‌است.

۴- کنترل جابجایی بار با استفاده ترکیبی از جرم حرارتی ساختمان و سیستم انرژی حرارتی فعال پیچیده‌تر از کنترل جداگانه این دو است. چند استراتژی کنترل توسعه‌یافته و ممکن است در عمل به دلیل پیچیدگی‌های و نیاز محاسبات بالا، قابل اجرا نباشند. بنابراین، تلاش‌ها برای

مراجع

- [1] Seem JE. Adaptive demand limiting control using load shedding. HVAC&R Res 1995;1(1):21-34.
- [2] Sadineni SB, Boehm RE. Measurements and simulations for peak electrical load reduction in cooling dominated climate. Energy 2012;37(1):689-97.
- [3] Huang SJ, Huang CC. An adaptive load shedding method with time-based design for isolated power systems. Int J Electr Power Energy Syst 2000;22(1):51-8.

- [4] http://en.wikipedia.org/wiki/Rolling_blackout.
- [5] Stein B, Reynolds JS, McGuinness WJ. Mechanical and electrical equipment for buildings. 7th ed. New York: John Wiley & Sons; 1986.
- [6] Pinceti Paolo. Emergency load-shedding algorithm for large industrial plants. *Cont Eng Pract* 2002;10(2):175–81.
- [7] Lai Sau Man, Hui Chi Wai. Integration of trigeneration system and thermal storage under demand uncertainties. *Appl Energy* 2010;87:2868–80.
- [8] Ban M, Krajacic G, Grozdek M, Curko T, Duic N. The role of cool thermal energy storage (CTES) in the integration of renewable energy sources (RES) and peak load reduction. *Energy* 2012;48:108–17.
- [9] Blasques LCM, Pinho JT. Metering systems and demand-side management models applied to hybrid renewable energy systems in micro-grid configuration. *Energy Policy* 2012;45:721–9.
- [10] Braun JE. Load control using building thermal mass. *J Sol Energy Eng* 2003;125:292–301.
- [11] Zhao HX, Magoulès F. A review on the prediction of building energy consumption. *Renew Sustain Energy Rev* 2012;16(6):3586–92.
- [12] Henze GP, Le TH, Florita AR, Felsmann C. Sensitivity analysis of optimal building thermal mass control. *J Sol Energy Eng* 2007;129:473–85.
- [13] Yin RX, Xu P, Piette MA, Kiliccote S. Study on auto-DR and pre-cooling of commercial buildings with thermal mass in California. *Energy Build* 2010;42:967–75.
- [14] Ma J, Qin J, Salisbury T, Xu P. Demand reduction in building energy systems based on economic model predictive control. *Chem Eng Sci* 2012;67(1):92–100.
- [15] Braun JE. Reducing energy costs and peak electric demand through optimal control of building thermal storage. *ASRAE Trans* 1990;96(2).
- [16] Keeney KR, Braun JE. Application of building precooling to reduce peak cooling requirements. *ASHRAE Trans* 1997;103(1):463–9.
- [17] Xu P, Haves P, Braun JE, Hope LT. Peak demand reduction from pre-cooling with zone temperature reset in an office building. In: *Proceedings of 2004 ACEEE summer study of energy efficiency in buildings*, Pacific Grove, CA; 2004.
- [18] Sun YJ, Wang SW, Huang GS. A demand limiting strategy for maximizing monthly cost savings of commercial buildings. *Energy Build* 2010;42(11):2219–30.
- [19] Sun YJ, Wang SW, Xiao F, Huang GS. A study of pre-cooling impacts on peak demand limiting in commercial buildings. *HVAC&R Res* 2012;18(6):1098–111.
- [20] Lee K-H, Braun JE. Model-based demand-limiting control of building thermal mass. *Build Environ* 2008;43:1633–46.
- [21] Lee KH, Braun JE. Development of methods for determining demand-limiting setpoint trajectories in buildings using short-term measurements. *Build Environ* 2008;43:1755–68.
- [22] Xu P, Haves P, Zagreus L, Piette M. Demand shifting with thermal mass in large commercial buildings (field tests, simulation and results). Lawrence Berkeley National Laboratory; 2006. CEC-500-2006-009.
- [23] Xu P. Evaluation of demand shifting strategies with thermal mass in two large

- commercial buildings, SimBuild. Cambridge, MA: MIT; 2006.
- [27] Ma JR, Qin J, Salisbury T, Xu P. Demand reduction in building energy systems based on economic model predictive control. *Chem Eng Sci* 2012;67(1):92–100.
- [28] Hasnain SM. Review on sustainable thermal energy storage technologies. Part II: cool thermal storage. *J Energy Convers Manage* 1998;39:1139–53.
- [29] Yau YH, Rismanchi B. A review on cool thermal storage technologies and operating strategies. *Renew Sustain Energy Rev* 2012;16:787–97.
- [30] Potter RA, Weitzel DP, King DJ. Study of operational experience with thermal storage systems. *ASHRAE Trans* 1995;101:549–57.
- [31] Roth K, Zogg R, Brodrick J. Cool thermal energy storage. *ASHRAE J* 2006;48:94–6.
- [32] Dorgan CE, Elleson JS. Design guide for cool thermal storage. Atlanta, GA: ASHRAE, Inc.; 1994.
- [33] Alto P. Cool storage technology guide. CA: EPRI;2000 (TR-111874).
- [34] Henze GP, Krarti M, Brandemuehl MJ. A simulation environment for the analysis of ice storage controls. *HVAC&R Res* 1997;3(2):128–48.
- [35] Kennedy J, Eberhart R. Particle swarm optimization. In: Proceedings of the IEEE international joint conference on neural networks, vol. 4; 1995. p. 1942–48.
- [36] Shi Y, Eberhart R. A modified particle swarm optimizer. In: Proceedings of IEEE international conference on evolutionary computation, Anchorage;1998. p. 69–73.
- [37] Dasgupta S, Papadimitriou CH, Vazirani UV. Algorithms,173.<<http://www.cs.berkeley.edu/~vazirani/algorithms.html>>.
- [38]http://en.wikipedia.org/wiki/Dynamic_programmin
- [39] Wang SW, Ma ZJ. Supervisory and optimal control of building HVAC systems: a review. *HVAC&R Res* 2008;14(1):3–32.
- [40] Chaichana C, Charters WWS, Aye L. An ice thermal storage computer model. *J Appl Therm Eng* 2001;21:1769–78.
- [41] Neto JHM, Krarti M. Deterministic model for an internal melt ice-on-coil thermal storage tank. *ASHRAE Trans* 1997;103:113–24.
- [42] Habeebullah BA. Economic feasibility of thermal energy storage systems. *J Energy Build* 2007;39:355–63.
- [43] Yau YH, Lee SK. Feasibility study of an ice slurry-cooling coil for HVAC and R systems in a tropical building. *J Appl Energy* 2010;87:2699–711.
- [44] Sebzali MJ, Rubini PA. Analysis of ice cool thermal storage for a clinic building in Kuwait. *J Energy Convers Manage* 2006;47:3417–34.
- [49] Braun JE. A Comparison of chiller-priority, storage-priority, and optimal control of an ice-storage system. *ASHRAE Trans* 1992;98(1).
- [50] Krarti M, Brandemuehl MJ, Henze GP. Evaluation of optimal control for ice systems. ASHRAE report 809-RP. Atlanta: ASHRAE; 1996.
- [51] Sebzali MJ, Ameer B, Hussain HJ. Economic assessment of chilled water thermal storage and conventional air-conditioning systems. *Energy Proc* 2012;18:1485–95.
- [52] Zhang ZQ, Turnera WD, Qiang CN, Chen XB, Song DG. Tank size and operat-

- ing strategy optimization of a stratified chilled water storage system. *Appl Therm Eng* 2011;31(14–15):2656–64.
- [53] Drees KH, Braun JE. Development and evaluation of a rule-based control strategy for ice storage systems. *HVAC&R Res* 1996;2(4):312–34.
- [54] Sohn CW. Field performance of an ice harvester storage cooling system. *ASHRAE Trans* 1991;97:1187–93.
- [55] Crane M, Dunlop C. Ice storage system for a department store. *ASHRAE J* 1994;36:49–52.
- [56] Sohn CW, Fuchs J, Grube M. Chilled water storage cooling system at Fort Jackson, SC. US Army Corps of Engineers Construction Engineering Research Laboratories, USACERL technical report 99/006; November 1998. <http://owwww.cer.army.mil/techreports/soh_stor/Soh_Stor.htm#TopOfPage>.
- [57] Majid A, Amin M, Meseret NR, Joko W. Operation and performance of a thermal energy storage system: a case study of campus cooling using cogeneration plant. In: 2nd International conference on advances in energy engineering, Bangkok, Thailand; 2011.
- [58] Watts C. Energizing education. *ASHRAE J* 2008;50(5):24–6.
- [59] Morgan S, Krarti M. Field testing of optimal controls of passive and active thermal storage. *ASHRAE Trans* 2010;116:134–46.
- [60] Henze GP, Dodier RH, Krarti M. Development of a predictive optimal controller for thermal energy storage systems. *HVAC&R Res* 1997;3(3):233–64.
- [61] Lee W-S, Chen Y-T, Wu T-H. Optimization for ice-storage air-conditioning system using particle swarm algorithm. *Appl Energy* 2009;86(9):1589–95. [62] Henze GP, Schoenmann J. Evaluation of reinforcement learning control for thermal energy storage systems. *HVAC&R Res* 2003;9(3):259–76.
- [63] Henze GP, Felsmann C, Knabeb G. Evaluation of optimal control for active and passive building thermal storage. *Int J Therm Sci* 2004;43(2):173–83.
- [64] Henze GP, Kalz D, Felsmann C, Knabe G. Impact of forecasting accuracy on predictive optimal control of active and passive building thermal storage inventory. *HVAC&R Res* 2004;10(2):153–78.
- [65] Liu S, Henze GP. Impact of modeling accuracy on predictive optimal control of active and passive building thermal storage inventory. *ASHRAE Trans* 2004;110(1):151–63 [Technical paper 4683].
- [66] Henze GP, Kalz D, Liu S, Felsmann C. Experimental analysis of model-based predictive optimal control for active and passive building thermal storage inventory. *HVAC&R Res* 2005;11(2):189–213.
- [67] Hajiah A, Krarti M. Optimal control of building storage systems using both ice storage and thermal mass – Part I: simulation environment. *Energy Convers Manage* 2012;64:499–508.
- [68] Hajiah A, Krarti M. Optimal controls of building storage systems using both ice storage and thermal mass – Part II: parametric analysis. *Energy Convers Manage* 2012;64:509–15.
- [69] Kuznik F, David D, Johannes K, Roux JJ. A review on phase change materials integrated in building walls. *Renew Sustain Energy Rev* 2011;15(1):379–91.



- [70] Li M, Wu ZS. A review of intercalation composite phase change material: preparation, structure and properties. *Renew Sustain Energy Rev* 2012;16(4):2094–101.
- [71] Salunkhe PB, Shembekar PS. A review on effect of phase change material encapsulation on the thermal performance of a system. *Renew Sustain Energy Rev* 2012;16(8):5603–16.
- [72] Khudhair AM, Farid MM. A review on energy conservation in building applications with thermal storage by latent heat using phase change materials. *Energy Convers Manage* 2004;45(2):263–75.
- [73] Rathod MK, Banerjee J. Thermal stability of phase change materials used in latent heat energy storage systems: a review. *Renew Sustain Energy Rev* 2013;18:246–58.
- [74] Zhu N, Ma ZJ, Wang SW. Dynamic characteristics and energy performance of buildings using phase change materials: a review. *Energy Convers Manage* 2009;50(12):3169–81.
- [75] Liu M, Saman W, Bruno F. Review on storage materials and thermal performance enhancement techniques for high temperature phase change thermal storage systems. *Renew Sustain Energy Rev* 2012; 16(4):2118–32.
- [76] Agyenim F, Hewitt N, Eames P, Smyth M. A review of materials, heat transfer and phase change problem formulation for latent heat thermal energy storage systems (LHTESS). *Renew Sustain Energy Rev* 2010;14(2):615–28.
- [77] Fan LW, Khodadadi JM. Thermal conductivity enhancement of phase change materials for thermal energy storage: a review. *Renew Sustain Energy Rev* 2011;15(1):24–46.
- [78] Oró E, de Gracia A, Castell A, Farid MM, Cabeza LF. Review on phase change materials (PCMs) for cold thermal energy storage applications. *Appl Energy* 2012;99:513–33.
- [79] Cabeza LF, Castell A, Barreneche C, de Gracia A, Fernandez AI. Materials used as PCM in thermal energy storage in buildings: a review. *Renew Sustain Energy Rev* 2001;12:1675–95.
- [80] Mehling H, Cabeza LF. Heat and cold storage with PCM, an up to date introduction into basics and applications. Springer-Verlag Berlin Heidelberg;2008.
- [81] Darkwa K, Kim JS. Heat transfer in neuron composite laminated phase-change drywall. *Proc Inst Mech Eng Part A—J Power Energy* 2004;218(A2):83.8
- [82] Darkwa K, Kim JS. Dynamics of energy storage in phase change drywall systems. *Int J Energy Res* 2005;29(4):335–43.
- [83] Kaasinen H. Absorption of phase change substances into commonly used building materials. *Sol Energy Mater Sol Cells* 1992;27(2):173–9.
- [84] Banu D, Feldman D, Haghighat F, Paris J, Hawes D. Energy-storing wallboard: flammability tests. *J Mater Civ Eng* 1998;10(2):98–105.
- [85] Zhang M, Mario AM, Jennifer BK. Development of a thermally enhanced frame wall with phase-change materials for on-peak air conditioning demand reduction and energy savings in residential buildings. *Int J Energy Res* 2005;29(9):795–809.
- [86] Zhang YP, Zhou GB, Lin KP, Zhang QL, Di HF. Application of latent heat

- thermal energy storage in buildings: state-of-the-art and outlook. *Build Environ* 2007;42(6):2197–209.
- [87] Schossig P, Henning HM, Gschwander S, Haussmann T. Micro-encapsulated phase-change materials integrated into construction materials. *Sol Energy Mater Sol Cells* 2005;89(2–3):297–306.
- [88] Inaba H, Tu P. Evaluation of thermophysical characteristics on shape-stabilized paraffin as a solid–liquid phase change material. *Heat Mass Transf* 1997;32(4):307–12.
- [89] Xiao M, Feng B, Gong KC. Preparation and performance of shape stabilized phase change thermal storage materials with high thermal conductivity. *Energy Convers Manage* 2002;43(1):103–8.
- [90] Ye H, Ge XS. Preparation of polyethylene-paraffin compound as a form-stable solid–liquid phase change material. *Sol Energy Mater Sol Cells* 2000;64(1):37–44.
- [91] Xiao M, Feng B, Gong KC. Thermal performance of a high conductive shape-stabilized thermal storage material. *Sol Energy Mater Sol Cells* 2001;69(3):293–6.
- [92] Lv SL, Zhu N, Feng GH. Impact of phase change wall room on indoor thermal environment in winter. *Energy Build* 2006;38(1):18–24.
- [93] Kuznik F, Virgone J, Roux JJ. Energetic efficiency of room wall containing PCM wallboard: a full-scale experimental investigation. *Energy Build* 2008;40(2):148–56.
- [94] Scalat S, Banu D, Hawes D, Paris J, Haghghata F, Feldman D. Full scale thermal testing of latent heat storage in wallboard. *Sol Energy Mater Sol Cells* 1996;44(1):49–61.
- [95] Kissock JK, Hannig JM, Whitney TI, Drake ML. Testing and simulation of phase change wallboard for thermal storage in buildings. In: *International solar energy conference, solar, engineering*; 1998. p. 45–52.
- [96] Kissock JK, Limas S. Diurnal load reduction through phase-change building components. *ASHRAE Trans* 2006;112(1):509–17.
- [97] Halford CK, Boehm RF. Modeling of phase change material peak load shifting. *Energy Build* 2007;39(3):298–305.
- [98] Zhu N, Wang SW, Ma ZJ, Sun YJ. Energy performance and optimal control of air-conditioned buildings with envelopes enhanced by phase change materials. *Energy Convers Manage* 2011;52(10):3197–205.
- [99] Lv SL, Feng GH, Zhu N, Li DY. Experimental study and evaluation of latent heat storage in phase change materials wallboards. *Energy Build* 2007;39(10):1088–91.
- [100] Saullés DT. *Free cooling systems: design and application guidance*. Bracknell, England: Building Services Research and Information Association; 1996.
- [101] Stetiu C, Feustel HE. Phase-change wallboard and mechanical night ventilation in commercial buildings. Lawrence Berkeley National Laboratory, University of California; 1998. <<http://epb.lbl.gov/thermal/docs/pcm2.pdf>>.
- [102] Yamaha M, Misaki S. The evaluation of peak shaving by a thermal storage system using phase-change materials in air distribution systems. *HVAC & R Res* 2006;12(3c):861–869.



هوشمند سازی رادیاتور قرنیزی با قابلیت کنترل دمای هر زون، برنامه ریزی و تعریف سناریو

کد مقاله: ۱۰۱۹

سید محسن رضوی زاده^۱، نوید باقری^۲، ایمان بهرویان^۳، علی غیبی^۴

چکیده

رادیاتورهای قرنیزی یکی از سیستم‌های گرمایش آبی هستند که برای گرمایش فضاها در حال توسعه روز افزون می‌باشند. از مزایای این سیستم‌ها سطح حرارتی بیشتر، زیبایی دلخواه، عدم اشغال فضا، توزیع حرارت یکنواخت و زمان پاسخ حرارتی سریع مورد توجه دنیای تاسیسات قرار گرفته است. هوشمند سازی ساختمان Building Management System (BMS) به عنوان سیستمی مرکزی جهت افزودن توان مدیریتی در یک ساختمان مورد استفاده قرار می‌گیرد. این سیستم‌ها به مزایای مختلف از جمله جلوگیری از مصرف بیهوده سوخت و انرژی الکتریکی، راهبری صحیح سیستم‌های گرمایشی، کاهش استهلاک سیستم‌های تاسیساتی و هزینه‌های مربوطه، کاهش تولید و انتشار آلاینده‌های زیست محیطی، مدیریت و کنترل یکپارچه سیستم گرمایشی مورد توجه محققان در دنیای تاسیسات قرار گرفته است. در این مقاله برای اولین بار به طراحی و بررسی سیستم گرمایش قرنیزی پرداخته شده است که با کنترل هوشمند کار می‌کند.

واژگان کلیدی: رادیاتورهای قرنیزی، هوشمند سازی ساختمان.



۱-دکتری DBA، مدیرعامل گروه صنعتی آترین؛ Info@atrin.co

۲- دکتری سیستمهای انرژی، مدیر دپارتمان تحقیق و توسعه گروه صنعتی آترین؛ n.bagheri@atrin.co

۳- فوق دکتری مکانیک، دپارتمان تحقیق و توسعه گروه صنعتی آترین؛ i.behroyan@atrin.co

۴- دانشجوی دکتری مکانیک، دپارتمان تحقیق و توسعه گروه صنعتی آترین؛ aligheibi@grad.kashan.ac.ir

هوشمند سازی ساختمان (Building Management System (BMS)

به عنوان سیستمی مرکزی جهت افزودن توان مدیریتی در یک ساختمان مورد استفاده قرار می‌گیرد. این سیستم‌ها به مزایای مختلف از جمله جلوگیری از مصرف بی‌پهلو سوخت و انرژی الکتریکی، راهبری صحیح سیستم‌های گرمایشی، کاهش استهلاک سیستم‌های تاسیساتی و هزینه‌های مربوطه، کاهش تولید و انتشار آلاینده‌های زیست محیطی، مدیریت و کنترل یکپارچه سیستم گرمایشی مورد توجه محققان در دنیای تاسیسات قرار گرفته است.

امروزه سیستم مدیریت ساختمان BMS نقش بسیار مهمی را در کنترل فنی، مدیریتی و هزینه‌ای تاسیسات ساختمان به عهده دارد. سیستم‌های کنترل هوشمند ساختمان در حدود سال ۱۹۹۴ میلادی به تدریج و به شکل استاندارد، پا به عرصه ظهور نهادند [۴]. دلایل عمده این امر، افزایش سطح انتظارات و آسایش در ساختمان، افزایش بهای انرژی، افزایش جمعیت و نیاز مبرم به کنترل مصرف انرژی در ساختمان بوده است [۴]. تا قبل از قرن جدید میلادی اکثر شرکت‌ها، از پروتکل‌های خاص خود جهت مدیریت هوشمند ساختمان‌ها استفاده می‌کردند، که این امر به دلیل ماهیت محدود پروژه‌های هوشمندسازی در آن برهه زمانی بوده است [۵]. پس از این دوره و بوجود آمدن پروتکل‌های فراوان

مقدمه

یکی از سیستم‌های گرمایش آبی در اروپا که برای گرمایش فضاهای اداری و مسکونی در حال توسعه روز افزون می‌باشد رادیاتورهای قرنیزی هستند [۱]. رادیاتورهای قرنیزی یک توزیع کننده حرارت هستند که به جای قرنیزهای متداول چوبی، سنگی و ... مورد استفاده قرار می‌گیرند. سیستم‌های رادیاتور قرنیزی شامل یک لوله طولانی U شکل (برای رفت و برگشت)، صفحه متصل کننده و یک کاور فلزی مستطیل شکل می‌باشد. انرژی حرارتی توسط گردش آب گرم در داخل لوله U شکل به صفحه متصل کننده و سپس به محیط منتقل می‌شود (شکل ۱). در دنیای امروز علاوه بر راندمان حرارتی، به صرفه بودن و منظر زیبایی شناختی (طراحی دکوراسیون داخلی) در طراحی سیستم حرارتی مهم می‌باشد [۲]. رادیاتور قرنیزی با سطح حرارتی بیشتر، زیبایی دلخواه، عدم اشغال فضا و توزیع حرارت یکنواخت مورد توجه دنیای تاسیسات قرار گرفته است [۳].



شکل ۱: شماتیک رادیاتور قرنیزی

لوله U شکل به صفحه متصل کننده و سپس به محیط منتقل می‌شود. در سیستم رادیاتور قرنیزی هر بخش دارای یک لوله رفت و یک لوله برگشت به شکل مجزا از سایر بخشها و اتاقها می‌باشد. بنابراین هر قسمت به شکل مجزا قابل کنترل خواهد بود. چنانچه سیستم لوله کشی ساختمان کلکتوری باشد کنترل هر بخش از داخل کلکتور صورت می‌گیرد ولی چنانچه لوله کشی بصورت انشعابی باشد در ابتدای مسیر ورودی هر زون دو عدد شیر ربع گرد نصب می‌گردد لذا امکان کنترل هر بخش به شکل کاملا مجزا و تفکیک شده میسر خواهد شد.

در رادیاتور قرنیزی هوشمند با نصب سنسورهای الکترونیکی دما، دمای هر محیط (زون) بطور مداوم اندازه‌گیری شده و برای کنترل پنل مرکزی ارسال می‌گردد. کنترل پنل این اطلاعات را با دمای تنظیمی برای آن محیط مقایسه نموده و در صورت سرد بودن آن محیط نسبت به دمای تنظیمی، فرمان برقراری جریان آب را از طریق رله به شیر برقی ارسال می‌نماید پس از اینکه دمای محیط به دمای تنظیمی رسید مجدداً کنترل پنل فرمان قطع جریان آب را به شیر برقی ارسال می‌نماید. بدین ترتیب هر اتاق (زون) می‌تواند دمایی مختص خود و متفاوت با دمای سایر زونها را داشته باشد. در شکل زیر به صورت شماتیک ارتباط بین عناصر کنترلی، سنسور و عملکرد در سیستم هوشمندسازی رادیاتور قرنیزی نمایش

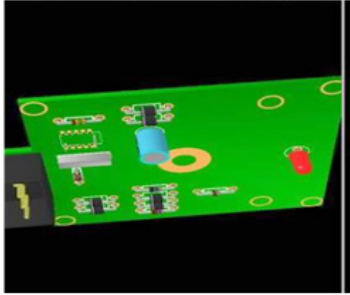
جهت استفاده در ساختمان های هوشمند و گسترش هوشمندسازی ساختمان ها، جهت سهولت در توسعه ی این سیستم، کاهش هزینه ها و بالا رفتن راندمان در پروژه ها، تصمیم بر آن شد که یک سری استاندارد مشخص جهت مدیریت هوشمند ساختمان ایجاد گردد که حاصل آن چند استاندارد برگزیده به عنوان استانداردهای اصلی بوده است. یکی از استانداردهای موجود در این زمینه، استاندارد اروپایی EN ۱۵۲۳۲ جهت اتوماسیون، کنترل و مدیریت ساختمانها می باشد [۶].

هدف اصلی بوجود آمدن سیستم های هوشمند، کاهش مصرف انرژی و مدیریت آن است [۷-۸]. با ارائه رادیاتور قرنیزی هوشمند علاوه بر صرفه جویی در مصرف انرژی، امکان تعریف شرایط آسایش دمایی مختلف با تعریف زون های متفاوت (مثل اتاق خواب، اتاق کودک، آشپزخانه و...) و سناریوهای مختلف بسته به نیاز کاربر (مثل سناریوی مسافرت، سناریو خواب، سناریوی مسافرت ضد یخ زدگی برای ویلاها و مناطق ییلاقی، سناریوی ساعات کار برای ادارات و سازمان ها و...) نیز وجود دارد.

الگوریتم عملکردی

سیستم های رادیاتور قرنیزی شامل یک لوله طولانی U شکل (برای رفت و برگشت)، صفحه متصل کننده و یک کاور فلزی مستطیل شکل می باشد. انرژی حرارتی توسط گردش آب گرم در داخل

کنترلر)، رله ۲۴ ولت، مدار تغذیه، کانکتور ارتباطی و جعبه برد) می باشد.



شکل ۳: برد الکترونیکی هوشمند

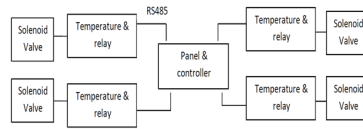
شیر برقی

وسیله ای است که توسط آن ولتاژ الکتریکی مسیر جریان آب را قطع یا وصل می نماید. در این سیستم از شیر ۲/۱ اینچ دیافراگمی با دمای کاری بین ۵- تا ۸۰+ درجه سانتیگراد استفاده شده است. بوبین این شیر ۲۴ ولت DC بوده و از طریق کنتاکت های خود توانایی عبور ولتاژ ۲۲۳ ولت AC تا جریان ۲ آمپر را داراست.



شکل ۴: شیر برقی

داده شده است.



شکل ۲: شماتیک ارتباط بین عناصر کنترلی، سنسور و عملکرد در سیستم هوشمندسازی رادیاتور قرنیزی

اجزای سیستم

اجزای سیستم و نحوه عملکرد آنها به شرح زیر می باشد:

برد الکترونیکی هوشمند دارای سنسور دما و رله ۴۲ ولت :

عملکرد این برد به این گونه می باشد که با نصب در جایگاه مناسب طبق استاندارد الکتریکیال ساختمان توسط سنسور دمای تعبیه شده در آن، دمای محیط را اندازه گیری کرده و به پنل کنترلی ارسال می نماید. دقت در نظر گرفته شده برای سنسور ۰.۵ درجه سانتیگراد می باشد. عنصر دیگر موجود بر روی این برد، یک عدد رله با تحریک بوبین ۲۴ ولت است که وظیفه قطع و وصل شیر برقی زون مورد نظر را بر عهده دارد. طبق برنامه موجود در پنل کنترلی، شرایط محیطی و سناریوی انتخابی فرمان لازم برای قطع و وصل جریان آب گرم توسط پنل مرکزی به برد الکترونیکی ارسال شده و توسط رله، شیر برقی قطع یا وصل می شود. در شکل ۴ نقشه مدار چاپی برد و شماتیک قطعات آن نمایش داده شده است. برد الکترونیکی هوشمند شامل: برد مدار چاپی، سنسور دما، مدار کنترلی (میکرو

پنل کنترل مرکزی دارای صفحه لمسی پنل لمسی ۴×۳ اینچ، جهت مانیتورینگ و کنترل دمای هر زون به صورت کاملاً گرافیکی مورد استفاده قرار میگیرد که دارای برنامه ها، صفحات و سناریوهای مختلفی میباشد. این پنل با بهره گیری از پروتکل مدباس (ModBus) بر روی بستر RS ۴۸۵ دو سیمه میتواند با دیگر المان های

سیستم کنترل هوشمند رادیاتور قرنیزی و یا سیستم کنترل هوشمند ساختمان ارتباط برقرار کرده و اعمال فرمان نماید. این پنل دارای باتری بک آپ جهت نگهداری اطلاعات در زمان قطع و وصل برق نیز میباشد. پنل مرکزی قابلیت مدیریت همزمان ۸ عدد برد الکترونیکی، سنسور و رله را داراست.



شکل ۷: پنل کنترل مرکزی

سیستم لوله کشی دو نوع سیستم لوله کشی در ساختمانها مورد استفاده قرار میگیرد:

۱- لوله کشی کلکتوری: با توجه به اینکه در این سیستم برای هر قسمت از جعبه کلکتور یک زوج لوله مستقیماً تعبیه شده است با بستن شیر برقی ها در جعبه کلکتور امکان قطع و وصل آب هر زون میسر خواهد بود.

۲- لوله کشی انشعابی: در سیستم لوله کشی انشعابی برای رادیاتور قرنیزی محلی به شکل زیر برای سر انشعابها تعبیه میشود که همین محل نصب شیرهای برقی خواهد بود.



شکل ۵: لوله کشی کلکتوری



شکل ۶: لوله کشی انشعابی

در این عرصه نبوده و در سالهای اخیر قوانین الزامی و تشویقی فراوانی در این خصوص وضع گردیده است. یکی از این موارد بهینه‌سازی مصرف انرژی به کمک سیستمهای مدیریت یکپارچه و کنترل هوشمند تجهیزات گرمایشی ساختمانها میباشد. در تکنولوژی و صنعت تأسیسات از سیستمهای مختلفی برای گرمایش ساختمان بهره میبرند. یکی از این سیستمها، رادیاتور قرنیزی است که راندمان بالا، عدم اشغال فضا، همخوانی با دکوراسیون داخلی، پخش یکنواخت گرما در ارتفاع پایین و همچنین سرعت بالا در گرم کردن هوای محیط از قابلیت های این سیستم میباشد. این امکانات در کنار هوشمندسازی، توانسته است این سیستم را به بهینه‌ترین سیستم گرمایش ساختمان تبدیل نماید.

منبع تغذیه ۲۴ ولت DC

یک دستگاه منبع تغذیه با قابلیت نصب بر روی ریل که در تابلوی اصلی ساختمان نصب می شود و وظیفه تأمین تغذیه پنل مرکزی و بردهای الکترونیکی را دارا می باشد.



شکل ۸. منبع تغذیه ۲۴ ولت DC

بحث بر روی نتایج

امروزه بهینه‌سازی مصرف انرژی مبحث بسیار حائز اهمیت و از الویتهای اول تمام کشورها است. در کشور ما نیز این مبحث دور از چشم سیاستگذاران

مراجع

- [۱] رضوی زاده، محسن؛ نوید باقری؛ علی غیبی و ایمان بهرویان، "بررسی روش ساخت رادیاتور قرنیزی"، اولین کنگره ملی کاربرد مواد و ساخت پیشرفته در صنایع، تهران، دانشگاه علم و صنعت ایران، ۱۳۹۶.
- [۲] رحیم مشایی، پیام؛ نوید باقری؛ محسن رضوی زاده و ایمان بهرویان، "تاثیر استفاده از سطوح گسترده بر عملکرد حرارتی سیستم های گرمایشی قرنیزی"، اولین همایش ملی فن آوری در مهندسی کاربردی، تهران، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران غرب، ۱۳۹۵.
- [۳] رضوی زاده، محسن؛ ایمان بهرویان و نوید باقری، "مروری بر نسل نوین سیستم های گرمایشی: رادیاتورهای قرنیزی"، دومین کنفرانس بین المللی دستاوردهای نوین پژوهشی در مکانیک، صنایع و هوافضا، تهران، باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان، ۱۳۹۵.
- [۴] امامقلی زاده، محمد و محمود سالاری، "بهینه سازی مصرف انرژی در یک ساختمان اداری با محاسبه تاثیر اجزای خارجی و هوشمندسازی موتورخانه"، فصلنامه مطالعات جغرافیا، عمران و مدیریت شهری، ۱۳۹۶.
- [۵] مقدم، فرهنگ و هادی اسدی، "بررسی روش ها و تجهیزات هوشمندسازی ساختمان"، چهارمین کنفرانس بین المللی یافته های نوین علوم و تکنولوژی، قم، مرکز مطالعات و تحقیقات اسلامی سروش حکمت مرتضوی، ۱۳۹۶.
- [6] Tompros S., Mouratidis N., Draaijer M., Foglar A., Hrasnica H. "Enabling applicability of energy saving applicationson the appliances of the home environment". IEEE Netw Vol. 23 2009; pp. 8-16.

- [7] Zhao Z., Lee W.C., Shin Y., Song K. "An optimal power scheduling method for demand response in home energy management system". IEEE Trans Smart Grid, 2013;4(3):1391–400.
- [8] Parisio A., Molinari M., Varagnolo D., Johansson K.H. Energy Management Systems for Intelligent Buildings in Smart Grids. In: Wen J., Mishra S. (eds) Intelligent Building Control Systems. Advances in Industrial Control. Springer, Cham, 2018.



چکیده مقالات

توسعه بهینه سازی مصرف انرژی در جامعه با کمک دانشگاههای سبز

کد مقاله: ۱۰۲۷

سید علی اکبر صفوی^۱، روزبه بابیری^۲، سید محمد صفوی^۳، علیرضا سیفی^۴، محمد علی حسن پور^۵

چکیده

بحران انرژی از مهم ترین دغدغه های جهانی است و هر روز برنامه های فعالیتهای علمی و صنعتی زیادی در جهان در راستای مدیریت مصرف انرژی مطرح می گردد. این موضوع یکی از محور های اساسی توسعه پایدار هم می باشد. در ایران علیرغم وجود شرایط بحرانی، هم باور جدی جهت بهبود شرایط حاصل نشده است و هم برنامه و راهکاری کارآمد برای ایجاد تحول در این موضوع ارائه نشده است. در این تحقیق بر ایجاد یک الگوی مورد اعتماد در جامعه و نیز ترسیم مسیری جهت هدایت حرکتهای علمی به منظور تحول در برنامه های بهینه سازی انرژی و نیز توسعه پایدار تاکید می گردد. مسیر پیشنهادی محور قرار دادن دانشگاهها است. این موضوع نه تنها با تاکید بر بازاریابی محتواها و روشهای آموزشی در دانشگاهها و نیز ترویج دانش و فرهنگ مربوطه از راههای مختلف خواهد بود، بلکه و بسیار مهمتر از آنها پیاده سازی و اجرای راهکارهای توسعه پایدار و بهینه سازی انرژی در خود دانشگاهها بعنوان یک اقدام عملی، یک رسالت و الزام اجتماعی، و نیز ابزاری جهت ارزیابی های علمی راهکارها، ترغیب نوآوری و ابتکارات و سپس ارائه پیشنهادات هر چه بهتر می باشد. در این مقاله ابتدا به تبیین این ایده پرداخته شد و سپس گزارشی از عملی سازی این ایده در دانشگاه شیراز و ارزیابی نتایج پرداخته شد.

واژگان کلیدی: بهره وری انرژی، بهره وری آب، دانشگاه سبز، توسعه پایدار.

۱- عضو هیئت علمی دانشکده برق و کامپیوتر، دانشگاه شیراز؛ safavi@shirazu.ac.ir

۲- کارشناس ارشد شرکت برق؛ r_bapiri@yahoo.com

۳- دانشجوی مهندسی معماری، دانشگاه شیراز؛ msafavi.arch@gmail.com

۴- عضو هیئت علمی دانشکده برق و کامپیوتر، دانشگاه شیراز؛ Auth@mail.test

۵- کارشناس آزمایشگاه، دانشگاه شیراز؛ hassanpour@faess.ir

بررسی آسایش حرارتی فضای باز در مدارس اقلیم گرم و خشک (نمونه موردی: مدارس شهرهای شیراز و زاهدان)

کد مقاله: ۱۰۲۲

نجمه نجفی^۱، زهرا برزگر^۲

چکیده

هدف از انجام پژوهش حاضر بررسی آسایش حرارتی در حیاط مدارس شهر شیراز و زاهدان می باشد. با توجه به گذراندن بخش قابل توجهی از زمان دانش-آموزان در فضای باز، بررسی آسایش حرارتی در حیاط مدارس ضروری می باشد. آسایش حرارتی به روش فنگر و با استفاده از شاخص پی ام وی محاسبه و با مقیاس اشری ارائه شد. داده های اقلیمی توسط ابزار WBGT₇₇₈ و داده های فردی و رضایت حرارتی دانش آموزان توسط پرسشنامه به دست آمد و در نهایت به وسیله نرم افزار اسپاس تحلیل شد. در هر شهر یک مدرسه نوساز و قدیمی انتخاب شد. جامعه آماری تمامی دانش آموزان پسر مدارس شهر شیراز و زاهدان در دوره دوم دبیرستان بود. به منظور ارزیابی آسایش حرارتی چهارده موقعیت با ویژگی های متفاوت همچون سایه اندازی یا مجاورت با حوض آب انتخاب شد. بر اساس نتایج حاصل از این پژوهش موقعیت های مختلف دارای آسایش حرارتی متفاوتی بودند. موقعیت های که دارای سایه اندازی، وجود پوشش گیاه، حوض آب، فضاهای نیمه باز و رواق مانند فضاهای زیرزمینی نیمه باز از آسایش حرارتی مطلوب تری برخوردارند. به طور کلی میان آسایش حرارتی محاسبه شده و نظرسنجی از دانش آموزان توافق برقرار بود. در پایان موقعیت ها بر اساس ویژگی های محیطی و معماری تحلیل شد.

واژگان کلیدی: آسایش حرارتی خارجی، حیاط مدرسه، شهر شیراز، شهر زاهدان.



- ۱- گروه معماری، واحد شیراز، دانشگاه آزاد اسلامی، شیراز، ایران؛ najmeh_najafi_2000@yahoo.com
- ۲- گروه معماری، واحد شیراز، دانشگاه آزاد اسلامی، شیراز، ایران (نویسنده مسئول)؛ zahrabarzegar86@yahoo.com

مطالعات اقلیمی به منظور طراحی ساختمان صفر انرژی در بندرعباس

کد مقاله ۱۰۱

نسرین میرزازاده اصل^۱، سیدمجید مفیدی شمیرانی^۲

چکیده

معماری غیرفعال، یک پیش شرط اساسی برای رسیدن به ساختمانهای صفر انرژی است و یک فرصت قابل توجه برای ایجاد بهره‌وری انرژی در پوسته و استخوان‌بندی ساختمان محسوب می‌شود و همچنین استراتژی‌های غیرفعال نوعی پاسخگویی به پارامترهای مختص پروژه مانند اقلیم، محیط اطراف، سایت و برنامه آن است. به این معنا که، طراحی غیرفعال نه تنها فرصتی در زمینه انرژی محسوب می‌شود؛ بلکه یک فرصت برای معماری نیز بشمار می‌رود. این نوع طراحی یکی از ویژگی‌های متمایز معماری صفر انرژی است. لذا تأکید کنونی برای بهره‌وری انرژی ساختمان‌ها و نقش محیط مصنوع در تغییرات اقلیمی، فرصتی مناسب برای نوآوری در ترکیب با معماری غیرفعال بشمار می‌رود. در واقع طراحی غیرفعال به منظور استفاده معماری از اقلیم برای تامین گرمایش، سرمایش، تهویه و روشنایی تعریف شده است. در این مقاله سعی شده ابتدا با بررسی مشخصات اقلیمی شهر بندرعباس، اطلاعات اقلیمی که به صورت فایل به نرم افزار وارد می‌شود مورد بررسی قرار گرفته، سپس با تجزیه و تحلیل نتایج شبیه‌سازی، از جمله تحلیل اطلاعات آب و هوایی، سایه‌اندازی، میزان دریافت انرژی خورشیدی، پارامترهای آسایش حرارتی، نمودار سایکرومتریک و زیست اقلیمی، راهکارهای مناسب طراحی اقلیمی و طراحی غیرفعال به منظور کاهش مصرف انرژی در ساختمان، استخراج گردیده و در طراحی اولیه بنا مورد توجه قرار می‌گیرد.

واژگان کلیدی: ساختمان صفر انرژی، اقلیم، طراحی غیرفعال، شبیه‌سازی.

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد معماری، دانشگاه آزاد اسلامی واحد بندرعباس؛
nasrinmirzazade@gmail.com

۲- دکترای معماری و شهرسازی، عضو هیأت علمی دانشگاه علم و صنعت ایران؛
S_m_mofidi@iust.ac.ir

بررسی راهکارهای طراحی معماری متکی بر روش های غیر فعال خورشیدی در جهت گرمایش ساختمان

کد مقاله: ۱۰۰۳

محمدحسین کوشش خواجهی^۱، حمیدرضا فرشچی^۲

چکیده

خطر اتمام سوخت های فسیلی و آلودگی های زیست محیطی از جمله دغدغه های بشر امروزی است که مسبب آن افزایش مصرف بی رویه انرژی می باشد. ایران از غنی ترین منابع انرژی تجدید پذیر بهره مند است که اتلاف آن خسارات جبران ناپذیری را به بودجه سالانه کشور تحمیل نموده است، با این وجود می توان به وسیله طراحی با سیستم های غیر فعال خورشیدی حرکت مثبتی را در جهت حفظ منابع زیست محیطی صورت بخشید. سیستم های گرمایش خورشیدی غیرفعال به سه دسته کلی تقسیم بندی می گردند، هدف در این مقاله یافتن معایب و مزایای این سیستم های طراحی است. روش تحقیق در این پژوهش بر اساس مطالعات اسنادی به صورت توصیفی - تحلیلی است، به گونه ای که در ابتدا به شناخت اجزا در این سیستم ها پرداخته شد و تمام روش های خورشیدی غیرفعال در جهت بهره وری گرمایشی عنوان می گردند و معایب و مزایای هر کدام از آن ها شناسایی و بهترین شیوه متناسب با نیازهای معماری با کاربری های متفاوت در جداولی ارائه گردید.

واژگان کلیدی: پایداری محیطی، گرمایش غیر فعال خورشیدی
Trombe Wall Sunspace Passive Solar Heating

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد معماری دانشگاه کاشان ؛ h.koushesh@gmail.com
۲- استادیار گروه معماری دانشگاه کاشان ؛ farshchi46@kashanu.ac.ir

امکان‌سنجی فنی و اقتصادی استفاده از انرژی‌های نو (خورشیدی) در ساختمان‌های در حال بهره‌برداری

کد مقاله: ۱۰۰

پیام پویان نیا^۱، مهدی روانشادنیا^۲، حسن جوانشیر^۳

چکیده

ساختمان‌هایی که در آینده توسط انسان ساخته می‌شوند، دیگر تنها مصرف‌کننده انرژی نخواهند بود. آنها بخشی از انرژی مورد نیاز خود را تولید خواهند کرد. انرژی خورشیدی راهکار مناسبی برای تولید انرژی تجدیدپذیر در محل مصرف است. طرح‌ریزی برای ادغام انرژی خورشیدی در ساختمان‌ها، دارای عوامل اثرگذار و تصمیم‌گیرنده بسیاری است. در این مقاله سعی بر آن است بررسی جامعی از انرژی خورشیدی و ادغام آن در ساختمان‌ها ارائه گردد؛ بررسی اقتصادی در سه سناریوی متفاوت بکارگیری سلول‌های خورشیدی در یک مدرسه در شهر سنندج انجام شد. بررسی فنی به صورت مصاحبه با افراد عادی و نیز با متخصصان این حوزه انجام شد. نتیجه این بود که میزان آگاهی از عملکرد و مزایای این سیستم در میان مردم میزان پایینی داشته و بهره‌گیری کارآمد از آن نیازمند ارتقای درک همگانی از این سیستم است. برای ساختمان‌های در حال بهره‌برداری، استفاده همزمان از برق خورشیدی و برق شبکه‌ی توزیع، سناریوی مناسبی است، چراکه با استفاده همزمان از این دو منبع تأمین انرژی ساختمان، هزینه باتری‌های ذخیره‌ساز کاهش یافته و به لحاظ اقتصادی، بازدهی سیستم افزایش خواهد یافت.

واژگان کلیدی: انرژی‌های نو؛ انرژی خورشیدی؛ ساختمان‌های آینده؛ مدیریت انرژی؛ تحلیل فنی و اقتصادی.

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی و مدیریت ساخت، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران، pmpn1990@yahoo.com

۲- مهدی روانشادنیا، استادیار و عضو هیئت علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران؛ ravanshadnia@gmail.com

۳- حسن جوانشیر، استادیار و عضو هیئت علمی دانشگاه آزاد اسلامی تهران جنوب؛ h_javanshir@azad.ac.ir

رویکرد طراحی معماری در تغییرات اقلیمی پاسخی به گرمایش زمین

کد مقاله: ۱۰۲۸

حسین مدی^۱

چکیده

بسیاری از مردم اعتقاد دارند که تغییرات آب و هوایی تنها بستگی به شرایط کره زمین و خورشید داشته و از دوره زمانی خاص تبعیت می کند چنان که پس از طی شدن دوره آن اوضاع اقلیمی زمین بار دیگر به تعادل می انجامد. اما مطالعات اقلیمی قرون اخیر بر روی لایه های یخ در قطبین و یخچال های کوهستانی نشان داد که روند تغییرات اقلیمی در سده گذشته نسبت به دوره های مشابه آن متفاوت و رو به افزایش بوده است. در چارچوب یک روش تحقیق تطبیقی و با بررسی و مقایسه عوامل تاثیرگذار در ایجاد این تغییرات - شامل عوامل انسانی و طبیعی- موضوع تاثیر گازهای گلخانه ای در جو زمین و افزایش میزان جذب حرارتی در کلان شهرها مورد توجه بوده است. در این مقاله رابطه عوامل موثر بر تغییرات اقلیمی بررسی و رویکرد های الزامی در طراحی شهری برای کاهش تبعات زیان بار آن بر محیط زیست ارائه شده و نقش طراحان برای کاهش انتشار گازهای گلخانه ای تعیین کننده می باشد.

واژگان کلیدی: تغییرات اقلیمی، تغییرات مداری، گازهای گلخانه ای، جزیره گرمایی، گرمایش جهانی.

۱- استادیار گروه معماری، دانشگاه بین المللی امام خمینی قزوین. medi@arc.ikiu.ac.ir

امکان سنجی کاهش مصرف انرژی سرمایشی و گرمایشی یک ساختمان اداری با ارتفاع ۴ طبقه

کد مقاله ۱۰۱

جمال خداکریمی^۱، امیر قصوری^۲

چکیده

زمینه بهینه سازی مصرف انرژی ساختمان ها در ایران در چند سال اخیر توسعه یافته است، بنابراین می توان گفت که ساختمان هایی که ساخته بیش از چند دهه هستند، فاقد معیارها و استاندارد های لازم در راستای مصرف بهینه انرژی شناخته می شوند. این مقاله با هدف بررسی یک ساختمان اداری (دولتی) و ارائه راهکارهایی جهت بهینه سازی مصرف انرژی در این ساختمان با استفاده از نرم افزار شبیه سازی مصرف انرژی دیزاین بیلدر ارائه شده است. با استفاده از این نرم افزار ضعف های طراحی این بنا در زمینه مصرف انرژی شناسایی و جهت رفع آن در محیط شبیه سازی اقداماتی صورت گرفته است. نتایج شبیه سازی ها نشان می دهند که با بهینه سازی در قسمت های بام ساختمان، جداره ها، جنس بازشوها و همچنین استفاده از تکنیک سایه اندازی بر بازشوها، میزان تقاضای گرمایشی از ۱۷,۳۱ مگاوات ساعت به ۱۳,۳۲ مگاوات ساعت و تقاضای سرمایشی از ۱۰۵,۷۹ مگاوات ساعت به ۹۴,۴۹ مگاوات ساعت کاهش یافته است، که این میزان معادل است با کاهش ۱۰,۶۸ درصد بار سرمایشی، ۲۳,۰۵ درصد بار گرمایشی و کاهش ۱۲,۴۲ درصد از بار مصرفی سالانه ساختمان می باشد. در نهایت می توان نتیجه گرفت که با بهینه کردن ساختمان های دولتی مشابه در سطح کشور که هزینه های آن ها از بودجه دولتی تامین می گردد، میزان قابل توجهی از سهم مصرف انرژی بخش ساختمان در کل کشور کاهش می یابد.

واژگان کلیدی: مصرف انرژی، بهینه سازی، ساختمان دولتی، شبیه سازی، دیزاین بیلدر.



۱- دانشیار و مدیر گروه معماری، دانشگاه ایلام؛ j.khodakarami@ilam.ac.ir
 ۲- دانشجوی معماری و انرژی، دانشگاه ایلام؛ amirghosouri72@gmail.com

جنبه های صرفه جویی انرژی مدارس با رویکرد معماری سبز

کد مقاله: ۱۰۰۸

سید مجید مفیدی شمیرانی^۱، سائنا صابونچی^۲، فرناز حسام شریعتی^۳

چکیده

فضاهای آموزشی به واسطه ی عملکرد خود، یکی از کاربری های اصلی هدر دهنده انرژی هستند. بهره برداری غیرمنطقی از منابع طبیعی، آن ها را رو به نابودی سوق می دهد. بنابراین لزوم استفاده از معماری سبز با توجه به وجود مشکلات زیست محیطی، خصوصا در کاربری هایی مانند مدارس و فضاهای آموزشی، برجسته می شود. معماری سبز به ساختمان هایی اطلاق می شود که در آن از مصالح سبز و تکنولوژی های سبز (مواد و مصالح قابل بازگشت به چرخه طبیعی) استفاده می شود و اثرات منفی آن را بر روی محیط کم می کند. هدف این نوع معماری، هم سو شدن با محیط زیست است. روش تحقیق این مقاله از نوع توصیفی-تحلیلی و نحوه جمع آوری اطلاعات از نوع کتابخانه ای و اینترنتی است. هدف این مقاله، ارائه ی راهکارهای ساده و عملی جهت کاهش مصرف انرژی و ایجاد آسایش و افزایش یادگیری دانش آموزان در مدارس است. یافته ها و تحقیقات نشان می دهد که برای شناسایی راهکارهای بهره وری انرژی در ساختمان ها نخستین قدم، مدیریت بهینه انرژی در ساختمان و به کارگیری شیوه های طراحی با استفاده از منابع تجدید پذیر است که معماری سبز پاسخی جهت رسیدن به این هدف می باشد.

واژگان کلیدی: ساختمان سبز، مدیریت مصرف انرژی، طراحی پایدار، فضاهای آموزشی، محیط زیست.

۱-استادیار، دانشگاه علم و صنعت ایران، دانشکده ی معماری و شهرسازی، تهران، ایران؛ s_m_mofidi@iust.ac.ir

۲-دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی معماری، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم تحقیقات، تهران، ایران؛
saina.sabounchi@gmail.com

۳-دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی معماری، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم تحقیقات، تهران، ایران؛
nazesh93@gmail.com

مقایسه تطبیقی معیارهای ارزیابی سرفصل انرژی در سامانه‌های رتبه‌بندی ساختمان‌ها؛ LEED، CASBEE، BREEAM و HQE

کد مقاله ۱۰۳

آیدا مهربان^۱، سید مجید مفیدی شمیرانی^۲، سعید مهریویا^۳

چکیده

سامانه‌های سنجش پایداری نقش موثری در ارزیابی و کنترل تاثیرات محیطی ساختمان‌ها، ایفا می‌نمایند. فلسفه وجودی این سامانه‌ها و اهداف آنها در راستای حفظ منابع و کاهش مصرف انرژی، اهمیت و جایگاه سنجش انرژی را در سامانه‌های رتبه‌بندی نمایان می‌سازد. این پژوهش قصد دارد با بررسی جایگاه انرژی در میان چهار سامانه معتبر BREEAM، LEED، CASBEE و HQE و شناخت معیارهای ارزیابی آن، رویکرد و نگرش اصلی سامانه‌ها را در سنجش مباحث مرتبط با انرژی بازشناسی نماید. یافته‌ها حاکی از آن است که سرفصل انرژی مهم‌ترین سرفصل ارزیابی چهار سامانه بوده و در این میان LEED بالاترین ضریب وزنی را در این موضوع به خود اختصاص داده است. وجود رابطه‌ای معنادار و پیوند مستحکم میان ضریب تخصیصی این سرفصل با میزان مصرف بالای انرژی در ایالات متحده، نقش و تاثیر عوامل منطقه‌ای را در فرآیند توزین معیارها نشان می‌دهد. بررسی معیارهای ارزیابی این سرفصل حاکی از آن است که، عمده توجه چهار سامانه، بر بهره‌گیری از سیستم‌های پیشرفته و تجهیزات بهینه استوار شده است. و راهکارهای ایستا و ارتقا قابلیت‌های فنی ساختمان در کنترل مصرف انرژی که از ابتدای فرایند طراحی می‌بایست مدنظر قرارگیرد، از تعداد معیار کمتر و ضریب وزنی بسیار پایین‌تری برخوردار است.

واژگان کلیدی: انرژی، سامانه ارزیابی ساختمان، معیارهای ارزیابی، ضرایب وزنی.



۱- دکتری معماری، مربی دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه خيام مشهد؛
ayda.mehraban@gmail.com

۲- استادیار دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه علم و صنعت ایران؛ S_m_mofidi@iust.ac.ir

۳- کارشناس ارشد معماری، دانشگاه آزاد اسلامی مشهد؛ Saeed@iamarchitect.ir

نقش بام سبز بر کاهش آلودگی هوا در فصول سرد در شهر تهران

کد مقاله: ۱۰۱۳

مهناز رضائی^۱، بهاره معینی^۲، شاهین رضائی^۳

چکیده

در شهر تهران با آلودگی هوا روبرو هستیم. کاهش دما باعث افزایش مصرف انرژی (سوخت های فسیلی مانند گاز) می شود و از آنجایی که در فصول سرد با وارونگی هوا مواجه هستیم، در زمستان بیشتر از سایر فصول با مشکل پایداری و ماندگاری آلودگی هوا در سطح شهر روبرو می شویم. به نظر می رسد در فصل زمستان در مجاورت فضاهای سبز با وجود پوشش گیاهی همیشه سبز، میزان آلودگی هوا به مراتب کمتر از دیگر بخشهای شهر است. در این مقاله سعی بر آن شده است که با استفاده از روش بررسی اسناد، مقالات و منابع کتابخانه ای، بیان گردد که پوشش های بام سبز چگونه می توانند چالش وارونگی دمایی در شهر تهران را جبران کنند و بعد از تجزیه و تحلیل توصیفی بتوان از طریق یافته های استخراج شده، راهکارهایی را در جهت رسیدن به هدف اصلی مقاله (کاهش آلودگی هوا در فصل زمستان در شهر تهران) ارائه نمود.

واژگان کلیدی: بام سبز، آلودگی هوا، وارونگی دمایی.

- ۱- دانشجوی دکتری معماری، آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات؛ mahnaz.rezaei111@yahoo.com
۲- کارشناسی ارشد معماری، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال؛ Bhr.Moeini@gmail.com
۳- دانشجوی کارشناسی ارشد معماری، دانشگاه آزاد اسلامی واحد الکترونیکی؛ shahin.rezaei366@yahoo.com

انرژی نهفته ساختمان و مفهوم پایداری

کد مقاله: ۱۰۲۹

فرزاد افرامیان فرناد^۱

چکیده

انرژی نهفته ساختمان یعنی مقدار انرژی مصرف شده برای آن بنا در طول روند تغییر مواد تشکیل دهنده آن، از حالت اولیه منابع و معادن تا زمان ساخت. مصرف این انرژی در طول این روند، همراه با آلاینده هائی نظیر گازهای گلخانه ای بوده است. این گازها از عوامل اصلی گرمایش زمین و تغییرات آب و هوا و اقلیمی هستند و به دلیل خطرات و مشکلات ناشی از این گازها، کاهش تولید آنها از اولویتهای مجامع جهانی است. با توجه به اینکه حدود چهل درصد از گازهای گلخانه ای کشور توسط بخش ساختمان تولید میگردد(و این تنها بخشی از آلایندگی روند ذکر شده است)، کاهش انرژی نهفته بنا موجب کاهش تولید گازهای گلخانه ای و سایر آلاینده ها در این روند گردیده و گامی موثر در جهت توسعه پایدار و پایداری ابنیه است. این مقاله با روش توصیفی-تحلیلی و با استفاده از منابع نوشتاری انجام یافته و بیانگر مطالب و پاسخگوی سوال پژوهشی زیر است: مفهوم انرژی نهفته بنا - ضرورت موضوع - انرژی نهفته در سرفصل پایداری و چگونه میتوان موجب کاهش انرژی نهفته در بخش ساختمان شد؟

واژگان کلیدی: انرژی نهفته، کاهش انرژی نهفته بنا، پایداری.

۱- دانشجوی دکتری معماری، FarnadOffice@Gmail.com

تأثیر پیش آمدگی لبه بام بر تهویه ساختمان

کد مقاله: ۱۰۰۷

مهرانگیز پیریایی^۱، حمید رضا نجفی نژاد^۲

چکیده

لبه بام به پیش آمدگی سقف گفته می شود که می تواند از محیط داخلی در برابر تابش مستقیم خورشید، نمای خارجی را از مرطوب شدن داخل به موجب باران همراه باد حفاظت کند و برای افزایش تهویه متقابل مفید است. این مقاله تأثیر پیکربندی لبه بام بر تهویه متقابل باد محور در ساختمان هایی با سقف دندانه ای پشت به باد معمول بررسی می کند. هر دو نوع لبه بام (پشت به باد و بادگیر) و زاویه شیب لبه بام بررسی شده اند. شبیه سازی های دینامیک مایع محاسباتی هم دما (CFD) با استفاده از روش استوکس ناویه با رینولد 3D ثابت انجام می شود. تحلیل حساسیت شبکه انجام می شود و ارزیابی نتایج CFD بر اساس ارزیابی های تونل باد همراه با سرعت سنجی ذرات تصویر از ادبیات صورت می گیرد. ارزیابی تهویه مبتنی بر نرخ جریان حجمی و شتاب متوسط داخلی است. طول لبه بام برابر با ۱/۴ عمق ساختمان است و شیب بین ۴۰-۹۰ درجه برای لبه های بادگیر و پشت به باد متغیر است. نتایج نشان می دهد که لبه های بادگیر با شیب ۲۷ درجه (برابر با شیب سقف) به بیشتر افزایش نرخ جریان حجمی (۱۵٪) در مقایسه با ساختمان های بدون لبه بام منجر شده است. علاوه بر این جریان عبوری از منطقه اشغال شده بیشتر افقی است. لبه های بادگیر نسبت به لبه های پشت به باد تأثیر کمتری بر نرخ جریان حجمی دارند، حداکثر افزایش در نرخ جریان حجمی زمانی که از شیب ۹۰ درجه استفاده شود، تنها ۶٪ است. کاربرد هر دو نتیجه (لبه های پشت به باد و بادگیر) به افزایش نرخ جریان حجمی ۲۴٪ منتهی شده است که ۳٪ بیشتر از مجموع افزایش به وسیله دو لبه بام جداگانه است.

واژگان کلیدی: دینامیک سیالات محاسباتی، فیزیک شهری، هندسه بادگیر، تهویه طبیعی متقابل، لبه بام.

- ۱- گروه معماری، واحد دورود، دانشگاه آزاد اسلامی، دورود، ایران؛
- ۲- گروه معماری، واحد دورود، دانشگاه آزاد اسلامی، دورود، ایران.

نقش صندوق های ثروت در سرمایه گذاری در بخش فناوری های انرژی پاک با نگاهی به صندوق توسعه ملی ایران

کد مقاله ۱۰۱۴

فاطمه السادات موسوی^۱

چکیده

برای نیل به اهداف توسعه پایدار نیاز به سرمایه گذاری های کلان بلندمدت در بخش هایی است که با توجه به تغییرات تکنولوژیکی برای تسریع در پیشرفت نیازسنجی شده اند. این حجم سرمایه گذاری با بازگشت سرمایه نسبتاً بلند مدت با روش های رایج تأمین مالی به سختی امکان پذیر خواهد بود. بازار تکنولوژی و انرژی های پاک، زیرساخت ها به عنوان ابزار ایجاد جامعه کارآمد و کشاورزی مثال هایی برای این حوزه ها می باشند. در این مقاله به بررسی نقش صندوق های ثروت به عنوان یک سرمایه گذار نهادی در توسعه و تأمین مالی پروژه های انرژی پاک در سطح ملی و بین المللی پرداخته شده است. در این خصوص موانع موجود در خصوص سرمایه گذاری نهادی در انرژی های پاک و تجربیات صندوق های ثروت ملی در دنیا و منطقه بررسی شده است. سپس با در نظر گرفتن قابلیت های بالقوه موجود در صندوق توسعه ملی، مأموریت تعریف شده صندوق و لزوم نگرش توسعه ای سرمایه گذاری صندوق در این بخش به عنوان یک بازار رو به رشد پیشنهاد شده است.

واژگان کلیدی: سرمایه گذاری نهادی، انرژی های پاک، توسعه پایدار، صندوق توسعه ملی.



۱- عضو سازمان نظام مهندسی ساختمان استان تهران، fatemeh.mousavi@gmail.com

سیستم پنل های پیش ساخته سفالی پر شونده با گل در جهت تحقق اهداف معماری پایدار

کد مقاله: ۱۰۳۶

حسین صالح^۱

چکیده

عدم توجه به بنیادهای پایداری معماری سنتی ایران و عوامل گوناگون موثر بر آن، پیکری فرسوده و ناپایدار از بافت شهری به جای گزارده است. بدون شک پیشرفت تکنولوژی ضرورتی است که از آن نمی توان چشم پوشید، ولی این عامل نباید ارزش های ما را خصوصا در زمینه پایداری محیط زیست دستخوش مخاطره نماید. در همین راستا می بایست راهکارهای فراموش شده در طراحی محیط مسکونی پایدار شناسایی شده و با به روز نمودن آن ها با توجه به تکنولوژی های موجود، از آن ها در طراحی ساختمان هایی پایدار استفاده نمود. سیستم پنل های پیش ساخته سفالی پرشونده با گل جهت بنا نمودن ساختمان های موقتی و دائمی تلاش می کند تا ضمن فراهم آوردن عوامل آسایش محیطی برای ساکنان، مسکنی ارزان و سازگار با محیط زیست را برای آنان به ارمغان آورد. در این سیستم با حذف بتن به عنوان ترکیبی برگشت ناپذیر به چرخه طبیعت و جایگزینی آن با مخلوط گل می توان ضمن برطرف نمودن دغدغه های زیست محیطی ناشی از تاثیرات نامطلوب بتن بر طبیعت به یکی از بزرگترین اهداف معماری پایدار، یعنی استفاده از مصالح بوم آورد دست پیدا کرد. در این مقاله تلاش بر این است که در ابتدا طی روش تحقیق تحلیلی و توصیفی و مطالعات کتابخانه ای، اطلاعات پایه در رابطه با خصوصیات ذاتی متریال گل و سفال و اقلیم خ شک ایران ک سب شود و سپس از طریق مشاهدات و مطالعات میدانی و مدل سازی رایانه ای و انجام آزمایشات آزمایشگاهی بر روی نمونه های مطالعاتی، اطلاعات کسب شده، جهت ارائه یک سازه بهینه مورد ارزیابی قرار بگیرد.

واژگان کلیدی: پنل های پیش ساخته سفالی، معماری پایدار، مصالح بوم آورد، مسکن ارزان.



۱- دانشجوی دکتری معماری، دانشگاه آزاد اسلامی واحد بین المللی تبریز جلفا؛
hsaleh.architect@yahoo.com

بررسی نقش مصالح نوین و قابل بازیافت در قیاس با مصالح بومی در توسعه شهری پایدار

کد مقاله ۱۰۲

مهسا سادات تابش^۱

چکیده

عملیات ساخت و ساز، بهره برداری و تخریب ساختمان ها، از مهمترین عوامل انسانی موثر بر محیط زیست به صورت مستقیم (از طریق مصرف مصالح و انرژی و آلودگی و هدر رفتن ناشی از آن) و غیرمستقیم (از طریق فشار بر زیرساخت های ناکارآمد) است. امروزه اهمیت و ضرورت افزایش ساخت و سازهای ساختمانی موجب تولید نخاله های فراوان و انباشته شدن آن ها در حاشیه ی شهر ها شده است و این موضوع یکی از آلوده کننده ترین عوامل محیط زیست به شمار می آید. با توجه به اینکه کشور عزیزمان ایران از مصرف کنندگان عمده انرژی های فسیلی به شمار می رود، هدف این مقاله با رویکرد تحلیلی تو صیفی و روش گرد اوری کتابخانه ای و اینترنتی به بررسی امکان تقلیل بخش عمده ای از مصرف انرژی می پردازد و با توجه به اینکه مصرف ۴۰ درصد انرژی در سطح جهان در صنعت ساخت و ساز است، سعی به بررسی چرخه حیات مصالح از زمان استخراج از طبیعت تا بازگشت دوباره به طبیعت و انرژی مصرفی در این چرخه و همچنین قیاس آن با مصالح بومی و انتخاب مصالح ساختمانی سازگار با محیط زیست گردیده است.

واژگان کلیدی: مصالح ساختمانی، توسعه پایدار شهری، خطرات زیست محیطی.



۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشکده هنر و معماری دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات،
mahsatbsh@gmail.com

کارکرد استاندارد ستاره سبز در ایران (سیستم رتبه بندی ساختمان ها)

کد مقاله: ۱۰۳۱

زهرا غلامی^۱، سید مجید مفیدی شمیرانی^۲

چکیده

به دلیل رشد جمعیت و شهرنشینی، بلند مرتبه سازی در زمان حاضر رواج یافته و باعث کاهش فضای سبز و افزایش مصرف انرژی شده است. لذا ضرورت دارد فرآیند طراحی تا ساخته شدن و بهره برداری از ساختمان مورد بررسی قرار گرفته و رتبه بندی شود تا ساختمان علاوه بر زیبایی ظاهری و تزیینات، دارای عملکرد پایدار نیز باشد. در این مقاله بررسی می شود که چرا استاندارد ستاره سبز در کشورهای توسعه یافته باعث کاهش مصرف انرژی و توجه بیشتر به معماری پایدار شده است. هدف از انجام این اصول پیوند حوزه معماری پایدار با حوزه ی ساخت و ساز و ایجاد ساختمان پایدار است. این طرح بدیع تاکنون در ایران انجام نگرفته و با ایجاد کار آفرینی و با عملی شدن طرح با کاهش مصرف انرژی و افزایش بهبود روند ساختمان ها و بهره وری نیروی انسانی و توجه به منابع ایجاد ثروت می کند. در این مقاله از روش تطبیقی موارد استاندارد ها را در کشورهای خارجی با ایران تطبیق داده و مواردی که در ایران قابل انجام هست پیشنهاد شد. در نتیجه ساختمان هایی که پایبند اصول استاندارد ستاره سبز هستند، نمونه هایی از تلاش برای معماری پایدار هستند و شایسته است با امتیاز دهی مورد توجه قرار گیرند.

واژگان کلیدی: انرژی، معماری پایدار، ساختمان پایدار.



- ۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشکده هنر و معماری، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران، ایران؛ zhgh786@gmail.com
- ۲- استاد، دانشکده هنر و معماری، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران، ایران؛ s_m_mofidi@iust.ac.ir

معماری سبز الگویی از توسعه پایدار

کد مقاله: ۱۰۳

یوسف گودرزی^۱

چکیده

در سال های اخیر، مفهوم پایداری به علائق و منافع مشترک بسیاری از تخصص ها تبدیل شده است. دلیل این محبوبیت حرکت به سوی ایجاد توسعه پایدار است. همچنین مفهوم معماری سبز، نیز به عنوان معماری پایدار یا ساختمان سبز شناخته می شود که به لحاظ تئوری، علم و سبک ساختمان های طراحی و ساخته شده مطابق با اصول سازگار با محیط زیست است. معماری سبز تلاش می کند تا تعداد منابع مصرف شده در ساخت، استفاده و عملیات ساختمان را کاهش دهد و با جلوگیری از انتشار آلودگی و زباله مانع از آسیب رساندن به محیط زیست شود. برای طراحی، ساخت، بهره برداری و نگهداری انرژی ساختمان، آب و مواد جدید مورد استفاده قرار می گیرند و تولید ضایعاتی که باعث ایجاد اثرات منفی بر سلامت و محیط زیست می شود، به حداقل ممکن می رسند. به منظور محدود کردن این اثرات مخرب طراحی ساختمان های سازگار با محیط زیست و استفاده از منابع مفید؛ با رویکرد سیستم های ساختمان سبز باید معرفی، روشن، تفهیم و تمرین شود. این مقاله به بیان مسائل دشوار و پیچیده پایداری می پردازد که شامل حوزه های متعددی در هر جنبه ای از زندگی انسان است.

واژگان کلیدی: سیستم های ساختمان سبز، ساختمان های پایدار، ساختمان های طبیعی، معماری زنده، معماری طبیعی.

۱- دانشجوی دوره دکتری تخصصی معماری، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکزی؛
jozef65@yahoo.com

تامین آسایش انسان ساختمان ها بر پایه اصول معماری پایدار

کد مقاله: ۱۰۰۴

محمد بشروتی^۱

چکیده

استفاده از روشهای طراحی معماری و شهرسازی برای صرفه جویی در مصرف سوخت و انرژی در راستای تامین آسایش انسان در ساختمان از هر دیدگاه و منظری که به آن نگاه شود، یک اصل و ضرورت مهم و اساسی چه در سطح ملی و چه در مقیاس بین المللی می باشد. قسمت اعظم مشکلات زیست محیطی که هم اکنون جهان با آن روبروست، مربوط به تامین آسایش انسان در راستا بهره وری انرژی و معماری پایدار در بخش ساختمان می باشد. فاکتورهای مختلفی در کیفیت محیط داخل مؤثرند که آسایش حرارتی یکی از مهمترین آنهاست، چرا که بیشتر شکایات و نارضایتی های ساکنان از محیط داخل به علت عدم تامین آسایش حرارتی است. تحقیقات به عمل آمده از صدها ساختمان بزرگ در سراسر جهان نشان داده است که کیفیت محیط داخلی این ساختمان ها در حد متوسط است و کارکنان زیادی از محیط کاری شان ناراضی هستند و تعداد بسیاری هم به بیماری های ناشی از ساختمان ها مبتلا هستند. این بیماری ها بر کارایی و زمان کار کارکنان بسیار مؤثر است و پیامدهای اقتصادی مهمی برای کشورها به دنبال دارد. در ایران، نبود استانداردهای لازم به منظور تعیین محدوده های آسایش در ساختمان ها علاوه بر نارضایتی حرارتی و کاهش میزان بهره وری کارکنان، افزایش مصرف انرژی را باعث شده است. لذا هدف از این مقاله تعیین محدوده مناسب آسایش حرارتی ساکنان، به منظور بهینه سازی کیفیت محیط داخل در ساختمان ها در جهت معماری پایدار می باشد.

واژگان کلیدی: معماری، پایداری، ساختمان، تامین آسایش.



۱-دانشگاه تهران، پردیس هنرهای زیبا، دانشکده معماری؛ P.Boshrootani@ut.ac.ir

ژئوسنتیک ها و نقش آنها در کاهش ترک های روسازی های آسفالتی شهری (مصرف بهینه سوخت و انرژی)

کد مقاله: ۱۰۰۹

مجید جلیلی^۱، علی پورمند^۲، پونه قاسمی^۳

چکیده

انسان از دیرباز با مطالعه طبیعت اطراف خود با مفاهیم تقویت، تثبیت و تسلیح خاک به منظور افزایش قابلیت های ضعیف آن آشنا بوده است. انسان در طبیعت اصول ساخت پناهگاه های جانوران را با استفاده از الیاف گیاهان و گل مشاهده می کرده و خود از این شیوه برای ساخت سر پناه استفاده کرده است. در تاریخ می خوانیم اقوامی مثل بابلیان و مصریان با استفاده از الیاف گیاهان در خاک اقدام به ساخت معابد می کردند. در آسیا چینیهها و ژاپنی ها با بکار گیری گیاه بامبو در خاک، مقاومت خاک بستر طبیعی را افزایش می دادند. استفاده از حصیر، شاخ و برگ، ذغال، پوست حیوانات و حتی چرم در خاک مشاهده شده است. وجود این نوع شواهد بیانگر آن است که بشر با ضعف خاک و مصالح نظیر آن در تحمل نیرو بخصوص نیروهای کششی و برشی آشنا بوده است و همواره سعی بر آن داشته تا با استفاده از موادی که از طبیعت سرچشمه می گرفته این ضعف را جبران کند. استفاده از مصالح مصنوعی و ساخته دست بشر در امر تقویت خاک بر خلاف تاریخچه قدیمی تسلیح خاک عمر طولانی ندارد، چرا که مصالح بادوام و مقاوم که در محیط طبیعی بتوانند عمر طولانی داشته باشند و قابلیت انعطاف کافی با خاک را نیز دارا باشند تا قبل از کشف نفت و مواد حاصل از آن در اختیار انسان نبوده است. پیشرفت های علم شیمی و بخصوص پتروشیمی و علوم وابسته در ساخت مصالح پلیمری مهمترین گام در این زمینه بوده است.

واژگان کلیدی:



- ۱- دانشگاه آزاد واحد تهران مرکز، mjalili58@yahoo.com
- ۲- دانشگاه آزاد واحد تهران شمال، ali_pourman@yahoo.com
- ۳- دانشگاه آزاد اهر، pooneh.ghasemi@gmail.com

رویکردهای شهرسازانه در جهت کاهش مصرف سوخت های فسیلی و تحقق توسعه پایدار شهری

کد مقاله: ۱۰۱۱

سید مجید مفیدی شمیرانی^۱، سهیلا شهسواری^۲، صدیقه خانزاده پاکدهی^۳

چکیده

محدودیت در ذخایر انرژی فسیلی و افزایش روزافزون سطح مصرف انرژی در جهان، از یک سو و اهمیت شهرها به عنوان مصرف کننده های اصلی انرژی و سوخت های فسیلی از سوی دیگر، ضرورت توجه به اصول توسعه پایدار و کاهش مصرف سوخت های فسیلی در بافت های شهری را نمایان می سازد. به دنبال این مسائل در سطح جهان، مبحث توسعه پایدار به عنوان الگویی برای تفکر در مورد آینده مطرح گشته است؛ اصلی که با در نظر گرفتن ابعاد اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی به دنبال مرتفع نمودن نیازهای نسل کنونی و حفظ منابع برای نسل های آینده می باشد. هدف اصلی این مقاله ارائه اصول و راهبردهایی به منظور کاهش مصرف انرژی در بافت های شهری است، که به این منظور پس از بررسی انواع انرژی های تجدید پذیر قابل استفاده در شهرها و بازشناسی زیرساخت های لازم به منظور استفاده از آنها در شهر، به شناسایی اندیشه های نوین شهرسازی با رویکرد کاهش مصرف سوخت های فسیلی به منظور تحقق توسعه پایدار پرداخته شده است. در این مقاله از روش اسنادی کتابخانه ای بهره گرفته شده و در نهایت منجر به ارائه اصول و راهبردهایی به منظور کاهش مصرف سوخت های فسیلی در ساخت شهرها گردیده است.

واژگان کلیدی: رویکردهای نوین، شهرسازی، انرژی تجدیدپذیر، سوخت فسیلی، توسعه پایدار.

استادیار گروه شهرسازی، دانشگاه علم و صنعت ایران؛ S_m_mofidi@iust.ac.ir

۲- دانشجوی طراحی شهری، دانشگاه علم و صنعت ایران؛ S_shahsavari@arch.iust.ac.ir

۳- دانشجوی طراحی شهری، دانشگاه علم و صنعت ایران؛ S_khanzadeh@arch.iust.ac.ir

بررسی ملزومات و اجزای معماری در گرمایش غیر فعال خورشیدی

کد مقاله ۱۰۰۵

محمدحسین کوشش خواجهی^۱، حمیدرضا فرشچی^۲

چکیده

ساختمان‌ها از یک سو مصرف کننده‌ی بخش عمده‌ای از سوخت‌های فسیلی هستند و از سوی دیگر بیشترین تولید کننده گازهای مضر برای محیط زیست می‌باشند، بهینه کردن مصرف انرژی از طریق راهکارهای معمارانه می‌تواند به عنوان یکی از اقدامات موثر در حل مسایل اکولوژیکی و پایداری محیطی شناخته می‌شود. سیستم‌های گرمایش خورشیدی غیرفعال دارای اجزای ثابتی در خود هستند، به گونه‌ای که آرایش متفاوت این اجزا انواع روش‌ها را برای جذب و انباشت گرمایش خورشیدی ایجاد می‌نماید. هدف در این مقاله یافتن ملزومات و ضوابط طراحی این اجزا در جهت افزایش بهره‌وری گرمایشی خورشیدی می‌باشد. روش تحقیق در این پژوهش بر اساس مطالعات اسنادی به صورت توصیفی - تحلیلی می‌باشد، به گونه‌ای که در ابتدا انواع روش‌های گرمایش بیان شده سپس به شناخت اجزا در این سیستم‌ها پرداخته شده است، تفاوت آن‌ها مشخص گردیده و در انتها ملزوماتی کلی برای آنکه بتوان بنایی متکی با این سیستم بنا نمود، ارائه گردیده است.

واژگان کلیدی: جرم حرارتی، گرمایش غیر فعال خورشیدی،

Passive Solar Heating, Thermal Mass, Face Glazing

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد معماری دانشگاه کاشان ؛ h.koushesh@gmail.com

۲- استادیار گروه معماری دانشگاه کاشان ؛ farshchi46@kashanu.ac.ir

بهره‌وری انرژی در فضاهای آموزشی

کد مقاله: ۱۰۰۶

سید مجید مفیدی شمیرانی^۱، سائنا صابونچی^۲، فرناز حسام شریعتی^۳

چکیده

دخالت‌های بشر در طبیعت و افزایش روز افزون آلودگی سبب تغییرات غیر قابل بازگشت محیط زیست شده و فضاهای آموزشی به واسطه‌ی عملکرد خود، یکی از کاربری‌های اصلی هدر دهنده انرژی هستند. این موضوع ضرورت توجه به مسائل انرژی را برای آینده اجتناب ناپذیر کرده است. از آن جایی که یکی از روش‌های مؤثر بر درک اهمیت این موضوع بررسی و ارزیابی اهداف، اصول و ویژگی‌های بهره‌وری انرژی در فضاهای آموزشی می‌باشد. تا بتوان یک نقشه راهی را برای آینده ترسیم کرد و در این میان نقش معمار انکار ناپذیر است. از این رو پژوهش پیش رو در یک پژوهش تحلیلی و در یک رویکرد تفسیری به بررسی مفهوم، اهداف و اصول هر یک از جنبه‌های کنترل مصرف انرژی پرداخته است. نتایج پژوهش نشان داد که به منظور دستیابی به مدیریت و بهره‌وری انرژی در فضای آموزشی نیاز به لحاظ کردن مواردی کلیدی از جمله استفاده از نور طبیعی، تهویه طبیعی، استفاده از فناوری‌های نوین در معماری و غیره است، که این موارد بصورت گسترده در پژوهش بررسی شده است.

واژگان کلیدی: بهره‌وری انرژی، فضای آموزشی، مدیریت انرژی، طراحی اکولوژیک، معماری پایدار

۱- استادیار، دانشگاه علم و صنعت ایران، دانشکده‌ی معماری و شهرسازی، تهران، ایران؛ s_m_mofidi@iust.ac.ir

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی معماری، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم تحقیقات، تهران، ایران؛
saina.sabounchi@gmail.com

۳- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی معماری، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم تحقیقات، تهران، ایران؛
nazesh93@gmail.com

housing stock” Energy and Buildings.

[30] Manzan M., Padovan R., Clarich A., Rizzian L., “Energy and day-lighting optimization for an office with fixed and moveable shading devices” 2014.

[31] Carletti C., Scieurpi F., Pierangioli L., “The Energy Upgrading of Existing Buildings: Window and Shading Device Typologies for Energy Efficiency Refurbishment” Sustainability, Vol.6, 2014, pp.5354-77.

[32] Thalfeldt M., Kurnitski J., “External shading optimal control macros for 1- and 2-piece automated blinds in European climates” BUILD SIMUL, Vol.8, 2015, pp.13-25.

[33] Kaynakli O., “Parametric Investigation of Optimum Thermal Insulation Thickness for External Walls” Energies, Vol.4, 2011, pp.913-927.

[34] Lianying Z., Yuan W., Jiyuan Z., Xing L., Linhua L., “Numerical Study of Effects of Wall’s Insulation Thickness on Energy Performance for Different Climatic Regions of China” ScienceDirect-Energy Procedia, Vol.75, 2015, pp.1290-98.

[35] Hoła A., Czarnota M., “Analysis of the possibilities of improving timber-framed wall thermal insulation with regards to historical buildings” ScienceDirect-Procedia Engineering, Vol.111, 2012, pp.311-16.

[36] Axaopoulou I., Axaopoulos P., Panayiotou G., Kalogirou S., Gelegenis J., “Optimal economic thickness of various insulation materials for different orientations of external walls considering the wind characteristics” ScienceDirect, Vol.9, 2015, pp.939-52.

[37] Najim K.B. “External load-bearing walls configuration of residential buildings in Iraq and their thermal performance and dynamic thermal behavior”, Energy and Buildings, Vol.84, 2014, pp.169-81.

[38] Bagheri F., Mokarizadeha V., Jabbar M., “Developing energy performance label for office buildings in Iran”, Energy and Buildings, Vol.61, 2013, pp.116-124.

[39] The Ernest Orlando Lawrence Berkeley National Laboratory., Engineering Reference. In EnergyPlus™ Documentation, v8.4.0, ed. by The Ernest Orlando Lawrence Berkeley National Laboratory, 2015.

[40] Henninger R., Witte H.M.J., EnergyPlus Testing with ANSI/ASHRAE Standard 140-2001, Berkeley, California, GARD Analytics, 2004.

[41] Duffie J.A., Beckman W.A., Solar Engineering of Thermal Processes. Hoboken, New Jersey/U.S: John Wiley & Sons, 1980.



- [17] Mahdy M.M., Nikolopoulou M., "Evaluation of fenestration specifications in Egypt in terms of energy consumption and long term cost-effectiveness" *Energy and Buildings*, Vol.69, 2014, pp.329-43.
- [18] Joe j., Choi W., Kwon H., Huh J. H., "Load characteristics and operation strategies of building integrated with multi-story double skin façade" *Energy and Buildings*, Vol.60, 2013, pp.185-98.
- [19] Angelis E. d., Serra E., "Light steel-frame walls: thermal insulation performances and thermal bridges" *ScienceDirect, Energy Procedia*, Vol.45, 2014, pp.362-71.
- [20] Kharkin Y., Korol., Davidyuk B., "Technology for Erecting Sandwich External Walls with Heat Insulation Layer Made of Low Conductivity Concrete" *ScienceDirect, Procedia Engineering*, 2015, Vol.117, pp.172-78.
- [21] Yao j., "Current Status and Energy Savings Potential of Solar Shading in Ningbo. World Academy of Science", *Engineering and Technology*, Vol.5, 2011, pp.975-78.
- [22] Yao j., Yan C., "Evaluation of The Energy Performance of Shading Devices based on Incremental Costs" *World Academy of Science, Engineering and Technology*, Vol.5, 2011, pp.494-96.
- [23] Yao j., "An Investigation of Adjustment of Solar Shading Devices in Office Buildings" *World Academy of Science, Engineering and Technology*, Vol.5, 2011, pp.151-53.
- [24] O'Brien W., Kapsis K., Athienitis A. K., "Manually-operated window shade patterns in office buildings: A critical review" *Building and Environment*, Vol.60, 2011, pp.319-38.
- [25] Parhizgar T., Jafarian H., Kialashki.Y., Sabohi Y., "Optimal Design of a moveable solar shading on office room with electricity generation Iran's energy" *Vol.15, 2012, pp.81-96.*
- [26] Ebrahimpour A., Karimi Y., "The best methods to optimize energy consumption for an educational building in Tabriz" *Modares Mechanical Engineering*, Vol.17, 2012, pp.91-104.
- [27] Yao j., "Determining the energy performance of manually controlled solar shades: A stochastic model based co-simulation analysis" *Applied Energy*, Vol.127, 2014, pp.64-80.
- [28] Yao j., "An investigation into the impact of movable solar shades on energy, indoor thermal and visual comfort improvements" *Building and Environment*, Vol.71, 2014, pp.24-32.
- [29] Nikoofard S., Ian V.I.U., Morrison B., "Technoeconomic assessment of the impact of window shading retrofits on the heating and cooling energy consumption and GHG emissions of the Canadian

- system” Energy and Buildings, Vol.68, 2014, pp.562–570.
- [5] U.S. Energy Information Administration., Primary Energy Consumption by Source and Sector, https://www.eia.gov/totalenergy/data/annual/pecss_diagram.cfm, [accessed may 20, 2016].
- [6] Heinonen j., Seppo J., “Residential energy consumption patterns and the overall housingenergy requirements of urban and rural households in Finland” Energy and Buildings, Vol.76, 2014, pp.295–303
- [7] Huebnera G.M., McMichaela M., Shipwortha D., Shipwortha M., Durand-Daubinb M., Summerfield A., “The reality of English living rooms – A comparison of internaltemperatures against common model assumptions” Energy and Buildings, Vol.66, 2013, pp.688–696.
- [8] Fumo N., Mago P., Luck R., “Methodology to estimate building energy consumption using EnergyPlus Benchmark Models” Energy and Buildings, Vol.42, 2010, pp.2331–2337.
- [9] Weißenberger M., Jensch W., Lang W.,”The convergence of life cycle assessment and nearly zero-energybuildings: The case of Germany” Energy and Buildings, Vol. 76, 2014, pp.551-57.
- [10] Sulakatko V., Lill I., Liisma E.,”Analysis of on-site construction processes for effective external thermal insulation composite system (ETICS) installation” ScienceDirect, Procedia Economics and Finance, Vol. 21, 2015, pp.297–305.
- [11] Guillaume A., Zytek R.,”International Monetary Fund Islamic Republic Of Iran” International Monetary Fund, Washington, D.C/ United States, No. 10/76, 2010.
- [12] staff team of the IMF, Article IV Consultation—Staff Report; Press Release; And Statement By The Executive Director For The Islamic Republic Of Iran. Report No. 14/93, International Monetary Fund, Washington, D.C/United States, 2014.
- [13] Maasoumy M., Razmara M., Shahbakhti M., Vincentelli A.S.,” Handling model uncertainty in model predictive control for energyefficient buildings, Energy and Buildings, Vol.77, 2014, pp.377-92.
- [14] Rempel A., Rempel R. A. W., Cashman K. V., Gates K. N., Page C. J., Shaw B “Interpretation of passive solar field data with EnergyPlus models: Un-conventional wisdom from four sunspaces in Eugene, Orego” Building and Environment, Vol.60, 2013, pp.158-72.
- [15] Lee D.S., Jo J. H., Koo S., H., Lee B.Y., “Development of Climate Indices Using Local Weather Data for Shading Design” Vol.7,2015, pp.1884-99.
- [16] Biddulpha Ph., Gori V., Elwell C. A., Scott C., Rye C., Lowe R., Oreszczyn T.,”Inferring the thermal resistance and effective thermal mass of a wallusing frequent temperature and heat flux measurements” Energy and Buildings, Vol.78, 2014, pp.10–16.



insulation to improve the cooling load saving. In the best case, thermal resistance with 5cm thickness brings about up to 7.8% reduction in the energy consumed. In warm and hot climate, the 2nd strategy is better than the 1st one.

Nomenclature

A	Surface area (m^2)
A_{SL}	The sunlight area of the surface (m^2)
F_{Ds}	The view factor of the walls surface to the sky
F_{SG}	The view factor of the walls surface to the ground
I_b	Beam (direct) solar radiation ($W \cdot m^{-2}$)
I_{dif}	Diffuse solar radiation ($W \cdot m^{-2}$)
I_g	Beam (direct) radiation of the ground ($W \cdot m^{-2}$)
k	Thermal conductivity ($W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$)
\dot{q}_{sol}	Absorbed direct and diffuse solar (short wavelength) radiation heat flux ($W \cdot m^{-2}$)
\dot{q}_{LWR}	Net long wavelength (thermal) radiation flux exchange with the air and surroundings ($W \cdot m^{-2}$)
\dot{q}_{ko}	Conduction heat flux (q/A) into the wall ($W \cdot m^{-2}$)
\dot{q}_{conv}	Convective flux exchange with outside air ($W \cdot m^{-2}$)
∇T	Temperature gradient ($K \cdot m^{-1}$)
θ	Angle of incidence (Degree)

Reference

- [1] Aldossary N., Rezgui A.Y., Kwan A., "Domestic energy consumption patterns in a hot and humid climate: a multiple-case study analysis" Appl Energy, Vol.114, 2014, pp.353–65.
- [2] Yonghua Z., Xinqiao J., Zhimin D., Bo F., Xing F., "Simulation of variable refrigerant flow air conditioning system in heating mode combined with outdoor air processing unit" Energy and Buildings, Vol.68, 2014, pp.571–579.
- [3] Milorad B., Novak N., Danijela N., Jasmina S., Ivan M., "A simulation appraisal of performance of different HVAC systems in an office building" Energy and Buildings, Vol.43, 2011, pp.1207–1215
- [4] Agnieszka F.M., Jacek S., Jan R., Krzysztof W., "Experimental measurements and CFD simulation of a ground source heat exchanger operating at a cold climate for a passive house ventilation

this region is recommended.

Conclusions

The two practical solutions for energy saving in official buildings located in hot and humid Climate of Ahvaz, Iran are described in warm seasons. The building is simulated in Design-Builder software.

The first strategy is to reduce the share of solar isolation in the building. The popular solution among builders is used to implement shades. In the study, it is shown that installing shades can cause increased cooling load due to energy stored in the shade, increasing the building mass and finally the angle between the shade tilt and the solar declination. The negative effect on energy consumption is dominant

till reaching 60cm shade length. In the best practice, when the shade length reached 120cm, the cooling load was reduced 1% in comparison to the primary demand. The second strategy is to reduce the share of the heat transferred to the room through conduction method. The goal is achieved by installing thermal resistance inside the external wall and the roof. Thermal resistance with 5cm thickness brings in up to 7.8% reduction in the energy consumed for supplying the cooling load in the building. Thermal resistance with 1cm thickness brings in up to 3.8% reduction in the energy consumed for supplying the cooling load in the building and raising the thickness of the thermal



in the month of July, 7.8%. In this study, in addition to investigating the aforementioned strategies, another comparison regarding the results of the two implemented strategies was taken place. as the results in figures 3 and 4 show, the first strategy did not have better yield in the hot and humid climate of Ahvaz in comparison to the second strategy. In other words, if condition G is compared with condition H, it could be seen that using poly urethane thermal insulation with thickness of one centimeter could lower the cooling load by four times that of using window overhangs. Moreover, the cooling load, when implementing the first strategy in condition B, was, even, increased.

Overall, the results show that in regions with hot and humid climate such as Ahvaz, window overhangs and shades do not have significant impact on lowering the cooling load of the buildings. Whereas, thermal envelope is a much better choice for lowering the cooling load. Another benefit that thermal envelope has is that it is effective throughout the entire year; and by preventing heat conduction via the building's outer envelope, leads to maintaining comfort conditions and lowering the use of air-conditioning system. Thus, using one centimeter P.V.C covering, which is a suitable thermal envelope insulation like poly urethane, on the outer envelope of the buildings in



The second strategy used in this study was investigating the impact of using poly urethane insulation with varying thicknesses on the energy needed to take care of the building's BC cooling load. The same building simulated in the first step was simulated again using poly urethane thermal envelope with varying thicknesses for the following days of the year: June 3rd, July 1st and August 1st. Figure 4 shows the amount of energy saved in various conditions

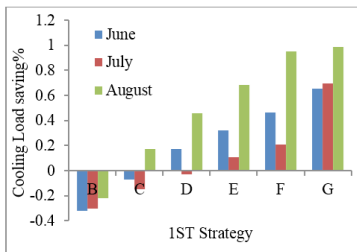


Figure 3: Energy Saving With Use 1st strategy

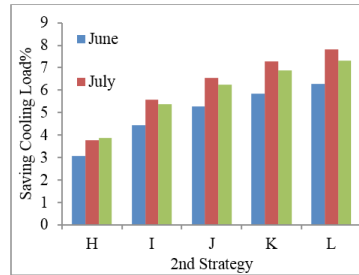


Figure 4: Energy Saving With Use 2nd strategy

The results obtained from the simulation showed that:

In model H, where the thickness of envelope thermal conductivity insulation was one centimeter, energy saving in the best model reached 3.14%.

When the thickness of the thermal insulation was five centimeters, the amount of energy saved was approximately 7.8%.

Using thermal insulation lead to lowered energy consumption in all conditions.

The most energy saved was

energy saving resulting from implementing the first strategy consequently, the changes in the amount of cooling load.

The results of employing this strategy showed the followings:

- In model B, energy consumption has gone up, which indicates that in hot and humid climates, such as Ahvaz, using window overhangs which are not very wide or deep leads to storage of thermal energy in the material of the shade. This in turn results in increased transfer of radiation heat through the shades and increased cooling load of the buildings.
- Sun azimuth changes due to earth orbiting around the sun. It leads to the change the angle sun radiation on the envelope of the

buildings, which leads has a significant impact on the efficiency of the overhangs. It even, leads to an overhang displaying dual behavior in the building. The obtained results in condition C are clear indication of this fact. The overhangs lead to increased cooling load during the months of July and June; whereas, the same overhang result in lowered cooling load by 0.175% in the same building during month of August. As it can be seen in Figure 3, increase in the depth of the overhang showed an insignificant impact on energy consumption of the building. This reduction in energy consumption was approximately 1% in the best model strategy.

- The second strategy



regions which have similar conditions to those of Ahvaz. After creating the file using this software, the climate consultant software was employed to obtain the climate data for Ahvaz. The obtained data was in line with the city's climate conditions during the preceding few years.

Results and discussion

In this study, it has been tried to investigate the impact of heat radiation transfer strategy using window overhangs and heat conduction transfer using thermal insulation on cooling load of the BC. This was carried out in two step using simulation. In the following section of this research paper, to achieve the goals of the research, the base case is developed based on the

aforementioned strategies using the software.

First strategy

Sun radiation on the surfaces of objects results in increased temperature and heating of those surfaces. Shades and window overhangs reduces the area of the surfaces (buildings' outer envelopes on open spaces) upon which sun shines, and by doing so, leads to lowering the temperature and providing a relative comfort conditions inside the buildings. By using this technique, the BC was simulated in six stages using window overhangs and shades which were mentioned in table1. the simulations were conducted for the following days of the year: June 3rd, July 1st and August 1st. Figure 3 shows the amount of en-



function and equipment (Figure 2).

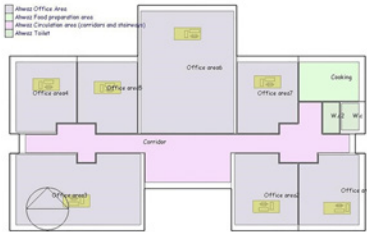


Fig 2: Thermal Zone of Base Case

- Office spaces: the personnel working in this area have low physical activity and the thermal energy generated by the equipment in this area is 57 W/m^2 . Furthermore, this area is equipped with window air condition.
- Corridor: it is the passage area for the employees and lacks heating and cooling systems.
- W.C : this space lacks any equipment and has no exhaust fan.
- Kitchen: this space houses equipment such as stove,

refrigerator, water heater and some other equipment. The cooling for this area is provided by window air condition.

• Urban layout and climate data

Ahvaz is located in the hot and humid climate region of Iran. As the result of this, the building code 19 of Iran Construction National Regulation (ICN-RC) is categorized under the group of high energy consumption. In addition, the dominant thermal energy need of Ahvaz is considered to be cooling. Moreover, due to lack of a file on the city's climate, software called Meteonorm was used to obtain its climatic condition. This software accomplished this task by using the climate conditions of the nearby



of 0.81, light transmission (LT) of 0.881 and U-value of 4.2 (w/m²-k).

- The specifications and the information about the wall material used in building the outer envelope of the building are displayed in table 2.

table 2: Building envelope thermo-physical characteristic

Layer	Conductivity (w/m-k)	Specific heating (j/kg-k)	Density (kg/m ³)	Thickness (cm)
Brick façade	۱,۱	۸۴۰	۱۹۲۰	۳
Cement mortar	۱,۱۵	۹۲۰	۲۰۰۰	۲,۵
Brick	۱	۸۴۰	۱۱۰۰	۳۰
Plaster and Soil	۱,۱۵	۸۴۰	۱۰۰۰	۲,۵
Plaster	۰,۷	۱۰۰۰	۱۳۰۰	۰,۴
oily paint	۰,۱	۱۵۰۰	۱۰۰۰	۰,۱
Ceramic/porcelain	۰,۷	۸۵۰	۲۰۰۰	۱,۵
Concrete Cast, lightweight	۰,۳۴	۸۴۰	۱۳۰۰	۵
Block roof	۰,۷۶	۸۴۰	۱۹۲۰	۳۰
Bitumen/felt layers	۰,۲۳	۱۰۰۰	۱۱۰۰	۰,۴
Concrete, Reinforced	۲,۳	۱۰۰۰	۲۳۰۰	۲۰
Sand and gravel	۲	۱۰۴۵	۱۹۵۰	۵
Mosaic	۱,۴	۱۰۰۰	۳۰۰۰	۳

- The office is open for business Saturday to Wednesday from 7 a.m. to 4 p.m. Eleven people are always busy working in these offices.

- The lighting of the building is provided by fluorescent light bulbs installed in the ceiling and has the illuminate of 500 lux and Radiant Fraction of 0.72.

- Electrical equipment produce heat when they are operating. The heat generated by them in an office room environment is estimated to be 75 W/m². This value is considered to be 52 W/m² for the kitchen space.

- Dividing the space in the BC: The building was simulated using the software. dividing the building into four thermal areas. This division was based on



of the surface upon which it radiates and falls on. In this study, it has been tried to reduce the transfer of heat radiation by using window overhangs and creating shade.

Second Strategy:

The principle and the scientific base of this method is the Fourier's heat transfer equation.

$$q_{ko} = -k \cdot T \quad (3)$$

As it could be seen from the above equation, by changing thermal conductivity the thermal flux can of the surfaces can be controlled. In addition, with the aid of poly urethane insulation the value of K could be increased and thermal flux could be reduced.

Base case model definition

The building which is called the BC in this study

is an office building and includes 7 offices, a corridor, a cooking and WCs area. The total area is 208.69 m² and is built on a one piece concrete foundation 40 cm high. The area which includes the offices and the kitchen contains cooling system and covers an area of 168.90 m². The part of the building which lacks a cooling system includes the W.C and the corridor and covers an area of 39.79 m².

Base Case specifications

- The entrance door is made of laminated glass.
- The specifications of the glass are defined based on the standards of the software.
- The BC glazing consists of metal frame with single pane with which is 4 mm thick with solar heat gain coefficient (SGHC)



Second Strategy	Reduced heat conduction	Thermal envelope added to the walls and roof	Thermal envelope with 1 cm	H
			Thermal envelope with 2 cm	I
			Thermal envelope with 3 cm	J
			Thermal envelope with 4 cm	K
			Thermal envelope with 5 cm	L

Theoretical background

To maintain comfort conditions of the office and cut down on energy consumption needed for heating and cooling purposes, heat transfer of the building's outer envelope must be controlled. Heat transfer of the envelope relates to three main sources convection, radiation and conduction. These three parameters create a thermal balance in the outer envelope of the building. The equations governing this thermal balance are as follows:

$$(1) q_{sol} + q_{LWR} + q_{ko} + q_{conv} = 0$$

The equations related to the strategies under study in this research are intro-

duced in the following section.

First Strategy:

Whenever two or more objects emit heat from their surfaces and are placed next to one another, a portion of the radiation energy from each one reaches the surface of the other object and this is how transfer of thermal radiation takes place. The parameter q_{sol} represents the direct sunlight falling on the surface of the building's outer envelope which can be calculated using the following equation [39,41].

$$(2) q_{sol} = I_b \cos(\theta) \frac{A_{SL}}{A} + I_{dif} \frac{F_{Ds} + I_G F_{SG}}$$

And as it could be seen from the equation 2, transfer of thermal radiation has a direct relation to the area



To calculate the cooling load of the building in this study and the improvements made, DesignBuilder software, version 4.5.0.178 was used. This software uses the dynamic processing engine of EnergyPlus which the results obtained by using it could be trusted based on the ANSI/ASHRAE 140 , 2001 standards [39]. This software is widely used in designing air-conditioning systems, CFD and etc. due to having a user friendly graphic environment[40]. The simulations for the purpose of determining the cooling load of the building were carried out in two stages. In the first step, the BC was simulated in three of the hot days of the year, 3rd of June, 1st of August

and 1st of July. To this end, real conditions were used. DesignBuilder software was used to obtain the cooling load of the building. In the second step, based on thermal radiation transfer strategies (using window overhang) and transfer of heat conduction (using the envelope's thermal conductivity) the BC was retrofitted and the data on cooling loads were compared. The results of the improvements made to the BC are displayed in table 1.

Table 1: Model description

Category	Retrofit	Description	Model
Target	NON	Base Case (BS)	A
First Strategy	Reduced heat transfer radiation Window Overhang added to the external window	Overhang with ۲۰ cm depth	B
		Overhang with ۳۰ cm depth	C
		Overhang with ۴۰ cm depth	D
		Overhang with ۵۰ cm depth	E
		Overhang with ۶۰ cm depth	F
		Overhang with ۷۰ cm depth	G

of Ahvaz, Iran. The case study was an office building and approaches to reduce thermal conductivity originating from solar radiation were used. Window overhangs with six different depths and conduction heat transfer with envelope thermal conductivity insulations in five different thicknesses were simulated using Design-Builder software.

Methodology

Based on the studies conducted, Iran is divided into four different climatic regions: cold. Mild. Hot and dry and hot and humid [38]. In hot and dry and hot and humid regions, a great amount of energy is consumed for cooling of the buildings and providing comfort condition for the residents. In this study, it

has been tried to look into maintaining the comfort conditions of the residents based on two functional approaches, namely lowering conduction of radiation heat and conduction using window overhangs and envelope thermal conductivity insulation in the buildings located in Iran's hot and humid regions. To this end, an office building in Ahvaz was selected as the case study, which throughout the rest of this research paper it will be referred to as the Base Case (BC), see Figure 1 for external view.



Fig 1: External view of base case

19th century. The results showed that using thermal envelope improved comfort level and lowered energy consumption [35]. Considering the thermal conductivity of the outer envelope of buildings and the effects of wind characteristics (speed and direction) on these envelopes, in 2015, Axapoulosa et al conducted a study to determine the most economical and optimum thickness of thermal insulation for the outer envelope of a building using Life Cycle Saving (LCS) method. The results showed that using thermal envelope with thickness of 4.25 to 15 centimeters thick on the side of the building which faced north was more efficient than the other introduced options [36]. Also in 2015,

Najim studied the behavior and thermal function of the outer envelopes of the residential buildings in Iraq. The results of the study indicated that using two air layers (internally and externally) lead to thermal resistance of the buildings[37].

Considering the studies mentioned in this section, most of the energy waste in a building is the result of heat transfer resulting from radiation and conduction. In addition, these factors are directly related to geographic location, climatic conditions, relative humidity and the function of the building. In this study, the above-mentioned factors have been studied using shades and thermal insulation in the hot and humid climate



with automatic control based on zone temperature would result in substantial reduction in energy and GHG emission in the Canadian housing stock. Also, in 2014, Manzan et al undertook optimization of light and energy consumption in a residential building using genetic algorithm and ESPR and DAYSIM software [30]. In addition, in 2014, Carletti et al conducted a study on increasing energy efficiency in buildings using various types of windows and shades. The results of their study showed that using double glazed windows equipped with VB was more efficient in energy saving than the other models [31]. In 2015, Thalfeldt et al carried out studies on optimizing external-

ly used shades in European climate using IDE-ICE 4.5 software [32].

In 2011, Omer Kaynakli conducted a study on selecting the most efficient thickness of thermal insulation on buildings envelope[33]. In 2015, Lianying studied the effects of thermal insulation's thickness on the heating and cooling loads of commercial buildings in various climates in China using Numerical Life Cycle Cost Analysis (LCCA) method. The results showed that using thermal insulation improves heating load more than the cooling load[34]. In 2015, Hola et al studied the effects of using of thermal envelope in traditional European houses which were built with wooden envelopes in the



on the design of movable solar shades equipped with solar cells and their impact on the energy flow of an office. In this study, use of smart lighting system and installation of solar cells showed the most saving and return on the invested capital [25]. Ebrahimpour et al studied the methods of optimizing energy consumption in a university building in Tabriz in 2012. They used Energy Plus software. Using a light-colored envelope and shade which was 50 centimeters deep, they could save on energy consumption [26]. Jian Yao et al simulated the residents' behavior using Markov method and BCVTB and EnergyPlus software in 2014. They studied the savings on energy consumption using

manual movable shades [27]. In the same year, they also investigated enhancement of thermal and visual conditions using moveable shades [28].

Nikoofard et al studied Technoeconomic assessment of the impact of window shading retrofits on heating and cooling energy consumption and greenhouse gas (GHG) emissions of the Canadian housing stock. The impact of retrofitting and installing shades in a residential building on thermal energy use, cold and greenhouse gases emission was analysed using ESPR software in 2014. This study only included Venetian Blind (VB) [29] The study found that adding ½ inch light aluminum VB on the indoor side of windows



[19,20].

In 2011, Jian Yao and colleagues, using DOE-2 software, conducted a study on the impact of solar shades on energy consumption. The results of their study showed that the shades lead to a 9.4% decrease in commercial buildings and a 6.8% decrease in energy use in the residential buildings [21]. In addition, in the same year, they carried out another study on the impact of movable shades on energy consumption and the energy cost. The analysis of the data showed that after taking the cost of installing the movable shade, the savings on energy cost mounted to 50% [22]. In continuation of their research, in 2011, they studied the impact

of movable and adjustable solar shades, using experimental methods, in commercial buildings. The results of the study showed negligence of the residents to lower energy consumption by using the shades [23]. In 2013, O'Brien et al studied the behavior of the employees working in office buildings with regard to using shades which were controlled manually. The results of the study showed that the office employees adjusted the shades based on quality of their visions and the amount of light they thought they needed and not to lower the energy consumption and control the thermal condition of the building [24].

Parhizgar et al, in 2013, using IGI 32 and Ecotect software, carried out a study



the Department of Energy Efficiency and Renewable Energy (EERE) and the DOE have passed a joint plan for reduction of energy consumption in buildings. This plan is named the Nearly Zero Energy Buildings (NZEBs) [9,10] or Greenhouse plan. According to the studies conducted by the International Monetary Fund (IMF), Iran is in a group with high energy consumption in residential sector [11] The consumption of energy in this sector has risen from 2000 to 2012 as the standards of living and comfort level has changed [12]. The importance of building and the volume of energy used in it has resulted in many researchers taking interest in carrying out researches

in the fields related to it. Smart controller air-conditioning and HVAC system with low energy consumption [13] using renewable energy sources [14] proper use of solar energy [15] prevention of waste and loss of energy through the building walls [16] and proper usage of shade [17] are just a few of these research areas. Furthermore, it could be mentioned that the researchers and architects, to maintain a suitable thermal comfort within the building for the residence, have focused their researches on controlling the radiation heat generated from the direct radiation on the buildings' envelope [18] reducing heat loss due to heat conductivity of the envelope and thermal bridges



Introduction

Buildings consume about 40% of the total energy produced in the world. This energy is used to enhance human beings quality of life [1]. This is accomplished by changing the environmental conditions in order to provide a more comfortable and convenient life style. Installation of air conditioning systems in residential and commercial buildings is a prime example of such efforts [2,3]. Currently, a big portion of this energy comes from fossil fuels [4] Using fossil fuels not only imposes extra expenses on us, but also is an important factor in changing the climatic conditions and destruction of the environment.

The Department of Ener-

gy (DOE) Management of America, in an effort to control energy consumption, carried out some research in 2012 on the sources and sector the amount of energy consumption in the world [5]. To this end, the developed countries such as England have passed suitable policies and laws to reduce energy consumption [6,7]. DOE, in America, has categorized the volume of energy usage into four groups of transportation, industry, commercial and residential. The share of energy use of the buildings which are both residential and commercial is 41% of the total energy used in U.S. [8]. This volume of energy is used to maintain the comfort conditions of the residents. Accordingly,



Simulation of the impact of window overhang and thermal envelope used for reducing conductivity on energy consumption of an office building located in a hot and humid climate in Ahvaz, Iran

کد مقاله: ۱۰۰۱

Morteza Asghari¹, Hamid Yazdani²

Abstract

چکیده

Buildings are responsible for about 40% of total energy consumption in Iran. HVAC system has the largest proportion among the building energy consuming systems. Reduction of cooling load is one of the most concerning strategies for hot and humid climate of southern part of Iran. This paper compares window overhang and envelope thermal conductivity reduction cooling load effect as two of the most favourite energy efficiency methods. One of the Gas organization buildings in Ahvaz was simulated according to both of the mentioned strategies in 3 days of summer (3rd. of June and 1st of July and August) as the case study. The results demonstrated that energy saving methods regarding conduction reduction solutions improves energy performance more than the solar gain control through radiation reduction by installation of window overhang due to climatic characteristics of Ahvaz. Using a poly urethane layer in the external walls and the roof with 5 cm depth reduced the thermal conductivity by about 7.8%, which lead to cooling load saving on the 1st of July. where installation of window overhang on the windows facing the equator with 120 cm depth projection only brought about 0.98% energy saving.

Keywords: Simulation; Energy efficiency; Window overhang; Thermal envelope; Energy consumption.

1- Mechanical. Eng., Damavand Branch, Islamic Azad University; Damavand e.m.asghary@gmail.com

2- PhD. in Architecture, University of Science and Technology Yazdani.h@gmail.com

- [14]. Numan MY, Almaziad FA Al-Khaja W.A. Architectural and urban design potentials for residential building energy saving in the Gulf region. Appl Energy, 1999.
- [15]. Isfahan Electrical Distribution Company, 1390. Available at <http://www.eepdc.ir/>
www.designbuilder.co.uk



References:

- [1]. Fetros M. H, Ferdosi M. and Mehrpeyma, H. An Examination of Energy Analysis and Urbanization on Environmental Degradation in Iran (a Cointegration Analysis). *Journal of Environmental Studies*, 37 (60) (2012) 13-22.
- [2]. Sabzposhani, M, Khorasanizadeh H and Sheikhzadeh, Gh. The Effect of Orientation, Material and Color of the Outer Walls on the Solar Heat Gain. 5th Conference on Energy Conservation in Building, Tehran, Iran, (2007).
- [3]. Barzegar Z, Heidari Sh. Investigating of the Effects of Building Envelopes Received Solar Radiation on Residential Energy Consumption. *Honar-ha-ye-Ziba Memari-va-Shahrsazi*, 18 (1) (2013) 45-56.
- [4]. Iran Energy Efficiency Organization, (2013). Available at <http://en.saba.org.ir/en/home>
- [5]. Modiri M, Zahabnazouri S, Alibakhshi Z, Afshar Manesh, h and Abbasi M. The Identifying of the Buildings Establishment based on Sunshine and Wind (case study: Gorgan City). *Geography (Regional Planning)*, 2 (2) (2012) 141-156.
- [6]. Ahmadi Nadoushan, A. General Principles in Building Design to Reduce Energy Loads and Providing a Better Comfort. *Danesh Nama*, 23 (3) (2014) 45-47.
- [7]. Mehran, S.; Rad, M. and Jafarkazemi, F. An Analysis of Absorbed Radiation by Domed and Tilted Roofs and Comparison with Flat Roof. *Technology of Education*, 2 (4) (2008) 249-258.
- [8]. Management and Planning Organization, (2006).
- [9]. Heidari, M, Poormohamadi M. R, Jamali F and Lotfi F. An Evaluation of Bioclimatic in Zanjan City and the Role of it in Housing Design. *Journal of Human Geography*, 4 (2) (2012) 83-101.
- [10]. Chan, A.L.S.. April Investigation on the appropriate floor level of residential building for installing balcony, from a view point of energy and environmental, *Energy The International Journal*, 5 (2) (2015) 36-39.
- [11]. Shafei, M, Fayaz R and Heidari Sh. The Appropriate Form of Tall Building for Receiving Solar Energy in Tehran. *Iranian Journal of Energy*, 16 (4) (2014) 71-76
- [12]. Chan A L S, Effect of adjacent shading on the thermal performance of residential buildings in a subtropical region, *The International Journal of Applied Energy*, 31(6) (2011) 123-129.
- [13]. Nikoofard S, Ugursal VI, Beausoleil-Morrison. Effect of external shading on household energy requirement for heating and cooling in Canada. *Energy Build*, 42(10) (2011) 97-105.

different units' layout in Blocks 2 and 3, the maximum difference in average annual energy consumption of buildings is about 15%. The East and West units are receiving more solar radiation, and therefore, more energy is used for cooling due to the lack of shading effect of adjacent buildings. In terms of reducing the cooling load, block 3 has a better performance than the other blocks. Analysis of thermal performance of Block 1 shows a reduction in annual cooling load (about 36%) which is due to the shading effects.

As it was mentioned, shading effect can improve the thermal performance of apartments. However, as shading can decrease the daylight, it can increase the

electricity used to provide artificial lighting. Since this artificial lighting is almost used at night, therefore, it cannot put pressure in electric system. On the other hand, shading can reduce the glare in buildings. Ant it deserves a detailed study.

Chan (2015), in his study on the effects of shading on cooling load of residential buildings in Hong Kong, has reached a similar conclusion. Therefore, it seems that the results of this study are also generalizable for residential buildings in hot and dry climates of northern hemisphere. The results of this study can be helpful for architects and building designers and give them more details on the form and layout of apartment buildings.



the seventh floor is clear (Figure 6).

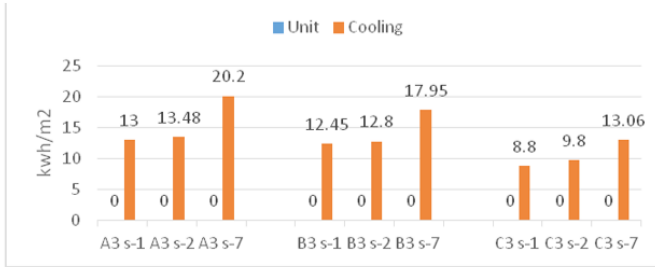


Figure ٦: cooling load of southern units on the first, second and seventh floors

There is a slight decrease in annual cooling load in the range of 1% to 1.3% of northern units A10, B9 and C9 in the second floor compare to first floor. Annual cooling load increase in the

seventh floor is about 11% for all three units, which shows a more slight fluctuation compared to other units with other geographical orientations (See Figure 7).

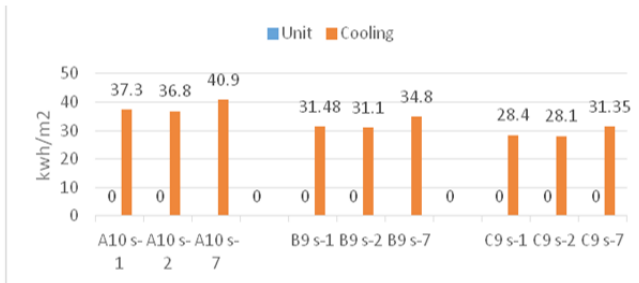


Figure ٧: cooling load of northern units on the first, second and seventh floors

5. Conclusion

The conclusion is largely based on the thermal performance of buildings, es-

pecially the cooling load. The design of Block 1 can provide the best outside view for all units. With a



The average cooling loads of A6, B4, and C6 have shown in Figure 5. In comparing the annual cooling load of second floor, A1 in Block 1, and B4 in Block 2 showed a reduction of 1.7% and 0.3%, respectively, while there is not a significant difference in annual cooling load of first and second floor of C6 (in Block 3) which also suffered from

shading effect. However, the difference between the energy consumption of A1, B4 and C6 on the seventh floor is 31%, 20% and 31%, respectively. As can be seen in Figure 4 and 5, the cooling load of Block 3 (suffers from shading effect of adjacent building) is significantly less compared to the other Blocks.

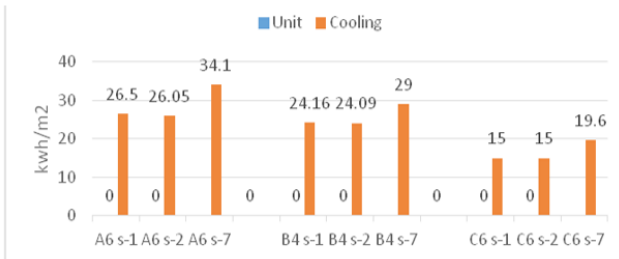


Figure 9: cooling load of southeastern units on the first, second and seventh floors

In examining the annual cooling load of first, second, and seventh floors of A3 in Block 1, B3 in Block 2, and C3 in Block 3 (southern units) with shading effects, it was recognized that there

is an increase in cooling loads of units in the second floor compared to units in the first floor (3.7%, 2.8% and 11.1% respectively). As it was expected, an increase in annual cooling load of



verage annual cooling load for A1, B1 and C1 on the first, second and seventh floors of southwest façade, one can concluded that the annual cooling load on the second floor has fallen relative to other floors. As Figure 4 represents, average annual cooling load of A1 (which has no shadow effect) on the second floor has fallen by 9.9% compared to the first floor. A comparison of the annual cooling load of B1 in different floors shows that the second floor has reduction in cooling energy

consumption by 1.5% in contrast to first floor. In contrast to cooling load of seventh floor, this amount is 16.6%. According to the Figure 4, there is no difference in annual cooling loads of first and second floors, but seventh floor showed approximately 19.4% increase in cooling energy consumption compared to the first and second floors. As it was mentioned, the exchange rate of roofing also has significant impact on energy consumption that should be addressed in another study.

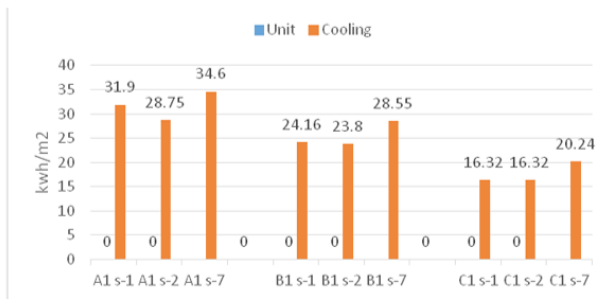


Figure 4: cooling load of southwestern units on the first, second and seventh floors

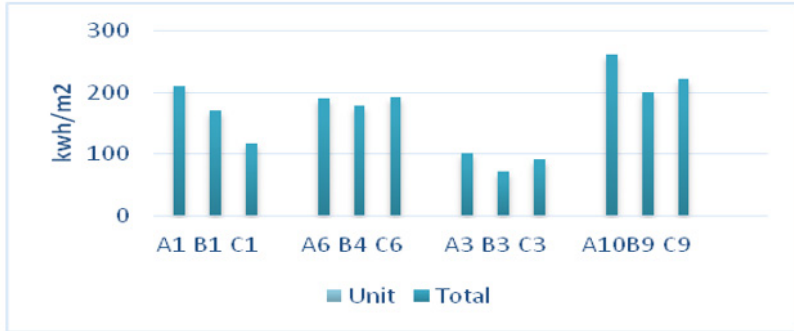


Figure 3: Simulation of units' cooling loads in different geographical directions

4.3. A Comparison of cooling load in floors 1, 2, and 7

In order to evaluate the effect of shading on cooling load of units in different floors, cooling loads of A1, A3, A6 and A10 (in Block 1), B1, B3, B4, and B9 (in Block 2), and C1, C3, C6 and C9 (in Block 3) in the first, second and seventh floors were simulated, and the results were compiled in Figure 4-7. The internal temperature equated in the second to sixth floors, and

heat loss between these floors was ignored. For this reason, the annual energy consumption and cooling load calculations of the above floors were the same. So the units located in the second floor were recorded in comparison charts. On the other hand, a very influential factor in cooling load and annual energy consumption increasing is roof surface; and its impact is visible in of average cooling load in all units.

When comparing the av-



tion.

In another similar comparison for units A3, B3 and C3 located on the south side of the building, it was concluded that the annual cooling energy consumption of B3 (71 kwh/m²) shows a reduction of 29.7% and 21.9% in contrast to A3 (101 kwh/m²) and C3 (91 kwh/m²) respectively due to the shadow of the adjacent building (B4) (See Figure 3).

Units A10, B9 and C9 located on the north side of buildings are symmetrical with units A3, B3 and C3 located on the south side of buildings. The results of simulation show that the annual cooling load of the northern units are generally more than southern ones, so that the A10 with an annual cooling load of 262

kwh/m² is approximately 61.5% more than Unit A3. On the other hand, as previously demonstrated, B9 annual cooling load in Block 2 is less than A10's in Block 1 and C9's in Block 3.

It can be seen that, the tangible reduction in annual cooling loads for the southern and western facades is 36.7% in contrast to the reference building while it is 15% in the case of eastern and northern facades. In a comparison among building floors, it is expected that shading effects is less in lower floors. In the next step, therefore, different units were compared in different floors.



4.2. A Comparison of Residential Units' Cooling Loads

In this study, thermal performance of six residential units (in all floors) were assessed and compared in different directions (East, West, North and South) for Blocks 1 and 2 and 3. Units that have been compared in different directions are shown with different hatching in Figure 1. Their simulation results of cooling loads are shown in Figure 3. A1 in western side of building 1 (which has no shadow) was compared with B1 in western side of building 2 (with almost the same conditions as building 1) and C1 in western side of building 3.

Annual cooling loads are about 210, 172 and 118 kwh/m² for A1, B1, and C1

respectively. Therefore, C1 cooling load has a 43.8% reduction in comparison to A1.

The same procedure was also performed for A6, B4 and C6 on the southeast side of the building. The results shows that the annual cooling loads are about 193, 178 and 191 kwh/m² for C6, B4, and A6, respectively (See Figure 3). The difference between C6 and B4 cooling load is due to the southern broaden window and the less window ratio of eastern wall for B4. But according to the roughly same ratio of eastern and southern windows, C6 and A6 have the same cooling load. It shows that shading effect of the southwestern projection (unit C5) has no effect on the reduction of cooling energy consump-



ing, and lighting loads, and total energy use for cases, and vertical axis shows each building's energy consumption in kWh per square meter. Simulation results show that the shadow of adjacent buildings significantly impact on the building's cooling loads. The average annual cooling load of the building 1 without a shadow is about 29.9 kwh/m² and its total energy consumption is 64.1 kwh/m²; while in building 2, this amount is 24.9 kwh/

m² and 59.3 kwh/m² respectively. 7.4% reduction in average annual energy consumption can be observed. In building 3, the eastern and western units are under the influence of southern and northern units' shading. This building's cooling load is 18.9 kwh/m², and its total average annual energy is 54.8 kwh/m². It shows a reduction of 14.5% and 7.6% in comparison to building 1 and 2 respectively.

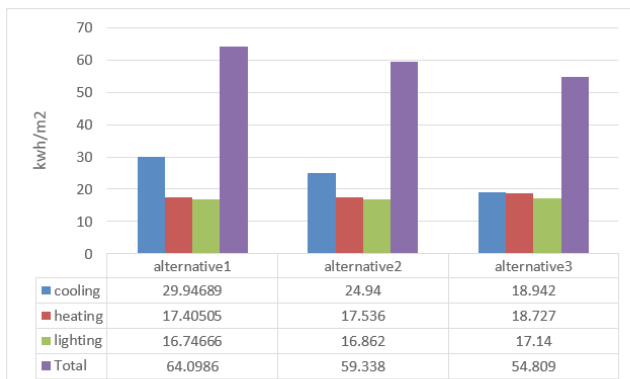


Figure 7: A Comparison among the annual energy consumption of different blocks

were installed in which the inner layer of aluminum frame is filled with 0.004 meters air.

Table 1: Building component specifications

Building component	material	Thickness (cm)	heat capacity J/(kgk)	Conduction ratio W/(mk)	Density kg/m ³
Outer wall	Thin coating	۲,۵	۷۸۰	۰,۷۲	۱۸۶۰
	Concrete blocks	۱۰	۸۸۰	۱,۴۰	۲۳۰۰
	Cement plasters	۳	۱۰۰۰	۱,۱۵	۱۸۰۰
	Brick	۵	۸۴۰	۲,۲۰	۳۰۰۰
Inner wall	Thin coating	۲,۵	۷۸۰	۰,۷۲	۱۸۶۰
	Clay blocks	۱۰	۸۴۰	۰,۵۰	۱۳۰۰
	Thin coating	۲,۵	۷۸۰	۰,۷۲	۱۸۶۰
Roof	Thin coating	۲,۵	۷۸۰	۰,۷۲	۱۸۶۰
	Concrete blocks	۲۵	۸۸۰	۱,۴۰	۲۳۰۰
	Lightweight concrete	۵	۸۸۰	۱,۴۰	۲۳۰۰
	Sand	۲	۸۰۰	۰,۳۷	۱۵۱۵
	Gravel	۲	۷۴۵	۲,۹۰	۲۱۵۰
	Waterproofing	۰,۸	۱۰۰۰	۰,۷۰	۲۱۰۰
	plaster	۳	۱۰۰۰	۱,۱۵	۱۸۰۰
	Mosaic	۴	۱۰۰۰	۱,۷۵	۲۳۰۰
Ceiling	Thin coating	۶	۷۸۰	۰,۷۲	۱۸۶۰
	Joists and filler block	۲۵	۸۸۰	۱,۴۰	۲۳۰۰
	Lightweight concrete	۲	۸۸۰	۱,۴۰	۲۳۰۰
	Cement	۱۰	۷۸۰	۰,۷۲	۱۸۶۰
	Mosaic	۲,۵	۷۴۵	۲,۹۰	۲۱۵۰

5. Data Analysis and Discussion

5.1. A Comparison of the Annual Energy Consumption

Figure 2 represents the annual energy consumption among buildings one, two and three. Horizontal axis shows the heating, cool-



common among residential buildings was chosen as the reference building. The seven-storey building has twelve units on each floor; half of them face North and the other face South. Unit areas vary from 110 to 170 m². This building can receive solar radiation from all view; it is also enclosed by a highway from north, a bystreet from south, and an 18 m valley from West. During the study, two other types were recognized. As can be seen in Figure

1 based on the reference building, the second type was designed from four sides in which two units were placed in South, two in North, two in East, and two in West symmetrically. In the third type, the layout is the same as the second type; the only difference is that the southern and northern units cast a shade on western and eastern units respectively.

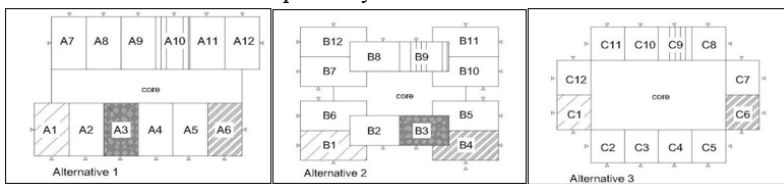


Figure 1: A schematic design of the residential complex

Table 1 shows the details of walls, ceilings, and roofs. The cooling system is split and works with electricity,

heating is also provided by package using natural gas. The double-glazed windows with simple glass

sumed by the country. Average household monthly consumption was 184 kWh in this year.

In this study, hourly cooling load of residential apartment Blocks 1, 2 and 3 were simulated in various orientations by Design Builder. In order to assess the shading effect of adjacent apartments it is necessary to know which surfaces will enjoy shadow. Shadow area of each surface depends on the different positions of sun during the day and the building layout design.

Since the software engine output is Energy Plus, it has, therefore, the ability to calculate simple algorithm for calculating the shading effect in terms of sun angles and geometry of the building. In order to examine the relationship between

shading effects of adjacent elements and building energy performance, hourly weather detailed information, direct angle and solar radiation are needed as the main factors in determining solar heat received by building. Furthermore, the changing position of the sun (solar azimuth and elevation) to residential apartments with a specific orientation can affect the shaded area and also the amount of heat gained. In this study, the hourly weather information was used. This “epw” file format contains air temperature, relative humidity, solar azimuth and elevation, air bubbles, etc.

This research examined a variety of building types (more than 5 floors) in Isfahan. Type 1 that is the most



obtained ways of achieving energy efficiency by evaluating the effects of various architectural index such as building orientation, the amount of opening surfaces, canopies, natural ventilation and air change rate through leaks on the energy consumption of buildings. This software is designed in a way that it can allow the expansion of meteorological data by connecting to the main site.

4. Case Study

Iran is located between latitude of 25° N and 40° N, and on the Sun Belt. Isfahan province with an area of 107,029 km is placed between $30^{\circ} 42' - 34^{\circ} 30'$ of latitude and $40^{\circ} 37' - 55^{\circ} 29'$ of longitude. This province enjoys an arid climate, and the solar radiation intensity is high and very

high. In arid climate the direct radiation is between 700-800 Kcal/h/m² [15]. Average daily solar radiation is approximately 4.7 kWh per square. The most intense radiation (6.7 kWh per square meter) belongs to June to July; the least intense radiation is (2.5 kWh per square meter) in January. The province has more than 300 sunny days (with and 82% percentage of repeat Sunny Day) and around 3100 sunny hours. The maximum wind speed is 20 meters per second in this province.

According to Isfahan Electrical Distribution Company in 2011, the amount of household sector energy consumption was 1993 kWh, which is equivalent to 17.3 percent of the total amount of power con-



cooling load of residential apartments in blocks with different configurations. To examine shading effect, six units (with different geographical orientation) in each complex were selected and their cooling load was compared to the reference building. The thermal performance of building with adjacent shading was investigated through energy simulation and the results were presented.

3.Methodology

Design Builder 4.2.0 simulation software was used to analyze thermal condition and measure the environmental factors of building. This software is able to calculate the heating and cooling load, to visualize the solar radiation on windows and other surfaces, to measure daylight factors,

and to display the position of sun and its path every day and hour. This software can also calculate the energy consumption based on climatic information in the hours, days, months and years, and help the professionals to design according to real information. Design Builder software reliability has been proven in several previous studies (by visiting the home page of this software, one can observed that UK decision-making authorities have recognized its reliability and the results obtained by simulation). Among previous researches carried out by Design Builder software, the study of the behavior of office buildings in terms of energy consumption can be mentioned. In this study, Design Builder was used to



building have a significant impact on its thermal performance, so that the cooling load of the building was reduces. Rotating building to the East decreased 6.2% and to the South decreased 2.7% of cooling load. Shading effect of buildings depends on the design of the form and shape of the building, floor configuration, and units' layout in the floors. Some apartments in a building may be affected by shade of their adjacent apartments. In design of residential apartments, there are several factors that should be considered including building regulations; site constraints; noise control; proper landscape; natural ventilation; and use of daylight. Thermal performance of buildings is also an important fac-

tor that should be applied in architectural considerations.

However, a few researches have been carried out on the effect of shadow by adjacent apartment buildings in thermal performance and energy efficiency. This research aimed at evaluating the thermal performance of buildings floors affected by the shadow of adjacent blocks. It focuses on the residential building as the biggest land use in Isfahan located on a hot and dry climate. In this study, first, different forms and shapes of residential complexes were identifies; a building without any shade was selected as a reference building to compare shading effect of different building shape. Second, design builder was used to examine



shape. This building should be designed according to climatic, architectural, and urban factors. Chan evaluated the effect of building shadows on each other in Hong Kong. Since the construction of high-rise buildings has increased in Hong Kong in recent decades, buildings are often enclosed in the shadow of their adjacent buildings. This impact is much greater especially on the lower floors of buildings. Therefore, in one hand, these floors need less balconies; and on the other hand, the shadows on the building should be considered on energy modeling and thermal performance of buildings during design [12].

examined the effect of trees and adjacent buildings' shadows on energy loads of

a building in Canada [13]. Calculations have been done by building energy simulation software. They selected a two-storey building as a reference building, and the effect of orientation, distance and size of adjacent components on its heating and cooling energy were calculated. The results showed that the heating and cooling energy can vary from 10% to 90% annually. As a result, it was recommended to consider the external shading in building energy simulation studies.

In a similar research conducted building ratio, building orientation and the amount of shadow on the building were examined in Saudi Arabia [14]. Results showed that the orientation and shading of



tivities are conducted within the building, creating favorable environmental conditions inside the buildings is of great importance [8]. Climatic design causes the body be able to preserve its temperature favorably and does not suffer from excess or deficiency of energy [9].

2. Literature Review

In recent years, the necessity of attention to the energy crisis, high levels of energy consumption in the residential sector, environmental issues and climatic change have caused many researchers, around the world, to discuss strategies to optimize energy consumption. There are several architectural elements such as thermal insulation, the ratio of openings in walls, materials, building orien-

tation, green roof, double-skin façade, external canopy, and shading effects of building on its envelopes that affect the consumption of fossil fuels and electricity [10]. In this regard, several studies have been conducted by researchers to assess the impact of external shading on buildings' thermal performance. External shading can be created by natural elements (e.g. trees and vegetation), adjacent blocks, or the building envelope itself (it depends on building shape).

examined 15 different forms of common high-rise building from the perspective of solar gain in Tehran[11]. They then proposed a building with its largest envelope facing south which can shade itself in summer as the best



1. Introduction

Today, world faces two major problems regarding increasing use of renewable energy sources (fossil); in one hand, this energy suffers from the risk of imminent completion due to its limited sources [1] and thus endanger industries which their lives depend on it. On the other hand, Climate change, global warming, ozone depletion, acid rain [2] and environmental degradation caused by the boundless consumption of fossil fuels have negative effects on human life quality [3].

Statistical Research results indicate that almost 38% of total energy consumes in the residential sector in Iran. This amount is provided by 39% of oil products, 50% of natural gas

and the remains belong to electricity [4]. Results showed that in Iran, the energy use is approximately 2.6 to 4 times bigger in residential sector that energy use in developed countries [5]. Energy consumption in buildings are influenced by several factors such as local climate, location and direction of the building, building design, building envelope, heating and cooling systems, and building and land use [6]. air change and inflation, the difference between the conditioned spaces and outside at different times of the year, the free energy received at different times of the year, and also heat transfer coefficient of building outer envelope are among important factors [7]. Since the majority of human ac-



Thermal Performance Investigation through the Residential Building Envelope's Shading Effect in a semi arid climate of Esfahan

۱۰۱۶

Heidar Jahanbakhsh¹, Zahra Barzegar², Azita Ghafarzadeh³

Abstract:

The shading effects (external components, trees and adjacent buildings or the building itself) impact on the thermal performance of a building. Shading effect of buildings depends on the design of the form and shape of the building, floor configuration, and units' layout in the floors. Therefore, some apartments will suffer from the shading created by the adjacent buildings on the same block. This study aimed at evaluating the thermal performance of residential buildings under the shadow of adjacent blocks in hot and dry climate. For this purpose, common building shapes were selected and analyzed by Design Builder 4.2.0, an energy modeling software. Cooling loads of each apartment unit were assessed and then compared in different geographical directions. Energy modeling results showed that adjacent blocks' shadings have an important influence on the cooling load.

key words: Shading Effect; Simulation of Thermal Performance; Design Builder; Residential Building; hot and dry climate

1- . Assistant Professor, Department of art & Architecture, Payame Noor Universtiy (PNU) , h_jahanbakh@pnu.ac.ir

2- Department of Architecture, Islamic Azad University, Shiraz, IRAN, zahrabarzegar86@yahoo.com

3- MSc. Student, Department of art & Architecture, Payame Noor Universtiy (PNU)

- Windy Regions. *Renew. Sustain. Energy Rev.* 2015, 42, 182–195.
13. Khani, S.M.R.; Bahadori, M.N.; Dehghani-Sanij, A.R. Experimental Investigation of a Modular Wind Tower in Hot and Dry Regions. *Energy Sustain. Dev.* 2017, 39, 21–28.
14. Khani, S.M.R.; Bahadori, M.N.; Dehghani-Sanij, A.R.; Nourbakhsh, A. Performance Evaluation of a Modular Design of Wind Tower with Wetted Surfaces. *Energies* 2017, 10, 1–22.
15. Calautit, J.K.; Hughes, B.R.; O'Connor, D.; Shahzad, S.S. Numerical and Experimental Analysis of a Multi-Directional Wind Tower Integrated with Vertically-arranged Heat Transfer Devices (VHTD). *Appl Energ.* 2017, 185, 1120–1135.
16. Calautit, J.K.; Hughes, B.R.; Nasir, D.S.N.M.; Climatic Analysis of a Passive Cooling Technology for the Built Environment in Hot Countries. *Appl Energ.* 2017, 186, 321–335.
17. Zargar, B.; Kashkooli, F.M.; Soltani, M.; Wright, K.E.; Ijaz, M.Kh.; Sattar, S.A. Mathematical Modeling and Simulation of Bacterial Distribution in an Aerobiology Chamber Using Computational Fluid Dynamics. *Am J Infect Control.* 2016, 44, S127–S137.
18. Mehryan, S.A.M.; Kashkooli, F.M.; Soltani, M. Comprehensive Study of the Impacts of Surrounding Structures on the Aero-Dynamic Performance and Flow Characteristics of an Outdoor Unit of Split-Type Air Conditioner. *Build Sim.* 2018, 11(2), 325–337.



countries such as Canada and Spain have to use passive technologies like new designs of wind-catchers. These technologies can solve the world's energy

crisis and global warming. Wind-catchers can be employed as a green architectural feature in the future building generation.

References:

1. Bahadori, M.N.; Dehghani-Sanij, A.R. *Wind Towers: Architecture, Climate and Sustainability*; Sayigh, A.A.M., Ed.; Springer: Basel, Switzerland, 2014.
2. Bahadori, M.N. An Improved Design of Wind Towers for Natural Ventilation and Passive Cooling. *Sol. Energy* 1985, 36, 119–129.
3. Bahadori, M.N.; Pakzad, A.R. Performance Evaluation of New Designs of Wind Towers. Paper No. FEDSM 2002–31247. In *Proceedings of the ASME FEDSM02, ASME 2002 Fluids Engineering Division Summer Meeting*, Montreal, QC, Canada, 14–18 July 2002.
4. Bahadori, M.N.; Mazidi, M.; Dehghani, A.R. Experimental Investigation of New Designs of Wind Towers. *Renew. Energy* 2008, 33, 2273–2281.
5. Karakasani, C.; Bahadori, M.N.; Vickery, B.J. Evaluation of Air Flow Rates in Employing Wind Towers. *Sol. Energy* 1986, 37, 363–374.
6. Robert, A.; Kummert, M. Designing Net-Zero Energy Buildings for the Future Climate, Not for the Past. *Build and Envir* 2012, 55, 150–158.
7. Dehghani, A.R.; Aghanajafi, C. Experimental Study of Performance of Two New Wind Tower Designs and Their Comparison with Traditional Wind Towers. *Iran. J. Energy* 2005, 9, 14–26.
8. Mazidi, M.; Dehghani, A.R.; Aghanajafi, C. Wind Towers' Role in Natural Air Conditioning and Passive Cooling of Buildings in Hot, Arid Regions. *WSEAS Trans. Fluid Mech.* 2006, 1, 959–966.
9. Khani, M.R.; Yaghmaeian, K.; Dehghani, A.R. An Experimental Study in Passive Cooling Systems and Investigation of Their Role in Diminish Usage Energy and Environmental Pollutants. *Int. J. Appl. Eng. Res.* 2009, 4, 519–528.
10. Saadatian, O.; Chin, H.L.; Sopian, K.; Sulaiman, M.Y. Review of Wind Catcher Technologies. *Renew Sustain Energy Rev.* 2012, 12, 1477–1495.
11. Dehghani-Sanij, A.R.; Soltani, M. Wind Tower with Moving Wetted Surfaces. Industrial Property General Office of Iran, Patent Registration No. 92228, 17 May 2017.
12. Dehghani-Sanij, A.R.; Soltani, M.; Raahemifar, K. A New Design of Wind Tower for Passive Ventilation in Buildings to Reduce Energy Consumption in



thermal comfort for building occupants throughout the warm months. To evaluate the ventilation performance of this new design, a CFD simulation of airflow around and inside the wind-catcher is carried out. Also, the distributions of velocity, total pressure and pressure coefficient around and within the proposed wind-catcher are investigated. The simulation results show that there is a very small separation region within the column of wind-catcher, so the effective space for passing airflow inside the column is large enough. As a general result, wind velocity plays a substantial role in the natural ventilation performance of the proposed wind-catcher, so that at higher velocities, the

ventilation performance is greater.

The new design of wind-catcher has the following important specifications: (1) simple design and manufacturing, (2) easy installation and usage, and (3) better performance since it can spin and set itself in the direction of maximum wind velocity. This wind-catcher design can assist to diminish GHG emissions and environmental pollution associated with conventional air conditioning. The proposed wind-catcher can be an appropriate option for natural ventilation of buildings in hot and dry climates. Hence, this new design can be utilized as a green architectural component in new buildings. In addition to Middle East, different



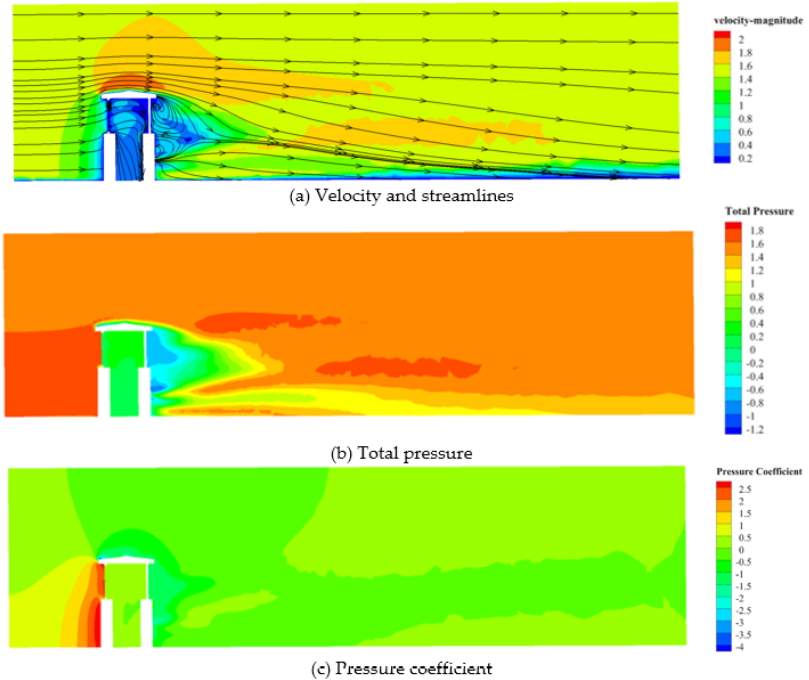


Fig. 9. Distribution of velocity and streamlines evolution, total pressure, and pressure coefficient in xy-plane for inlet wind velocity of 1.5 m/s.

Fig. 9. Distribution of velocity and streamlines evolution, total pressure, and pressure coefficient in xy-plane for inlet wind velocity of 1.5 m/s.

4. Conclusion

Present study proposes a new design of wind-catchers that improves the per-

formance of wind-catchers in natural ventilation. A modern wind-catcher with an evaporative cooling pad is designed in order to eliminate or reduce the restrictions of the traditional and conventional wind-catchers and to have a better performance in creating



outlet is negligible. The wake region on the backside of the wind-catcher dissipates substantial energy. Also, eddies inside the wind-catcher, though small, can reduce its efficiency.

Fig. 9 (b) shows the total pressure distribution around and inside the wind-catcher in the xy-plane. As observed in these figures, there are high and low pressure regions around the wind-catcher: the pressure is high in front of the wind-catcher and it decreases to its lowest amount at the backside, as the airflow moves past the wind-catcher. The pressure on the wind-catcher's column is greater compared to the head of the tower at higher wind velocity. Thus, the relative dimensions

play an important role in designing the proposed wind-catcher.

By calculating the pressure coefficient, the ventilation performance of the proposed wind-catcher can be estimated. Fig. 9 (c) illustrates the pressure coefficient distribution around and inside the proposed wind-catcher in the xy-plane. As represented, the difference between the pressure coefficients at the air opening and inside of the wind-catcher is considerable, and there are no large eddies and non-effective airflow rotations inside the wind-catcher. Consequently, the natural ventilation performance of the proposed wind-catcher is significant.



calculations, a porous media model is computationally effective.

Table 2. Major assumptions used in the CFD simulation

	Parameters	Assumption
Model	Solver	Pressure based
	Space	Three-dimensional
	Time	Steady
	Turbulence model	Standard $k-\varepsilon$
Operating conditions	Operating pressure	101 kPa
	Gravitational acceleration	-9.81 m/s ² in z-direction
Material	Air	-
	Density	Ideal gas
Boundary conditions	Inlet of the chamber	Velocity inlet
	Outlet of the chamber	Pressure outlet
	Other walls of the chamber	Symmetry
	Outlet of the wind-catcher	Pressure outlet
	Evaporative cooling pad	Porous medium

3.2. Results of CFD simulation

The distributions of velocity, total pressure, and pressure coefficient around and inside the wind-catcher are analyzed to evaluate the performance of the wind-catcher design. Fig. 9 (a) display the velocity distribution and streamlines evolution around and inside the wind-catcher in xz-plane. As illustrated in these figures, the

airflow velocity decreases after passing the evaporative cooling pad. According to Fig. 9 (a), the separation region inside the wind-catcher's column is very small; therefore, the effective space for passing airflow within the column is large enough. The length of the channel is extended sufficiently to prevent reverse flow in the outlet. Hence, the effect of the wind-catcher in the

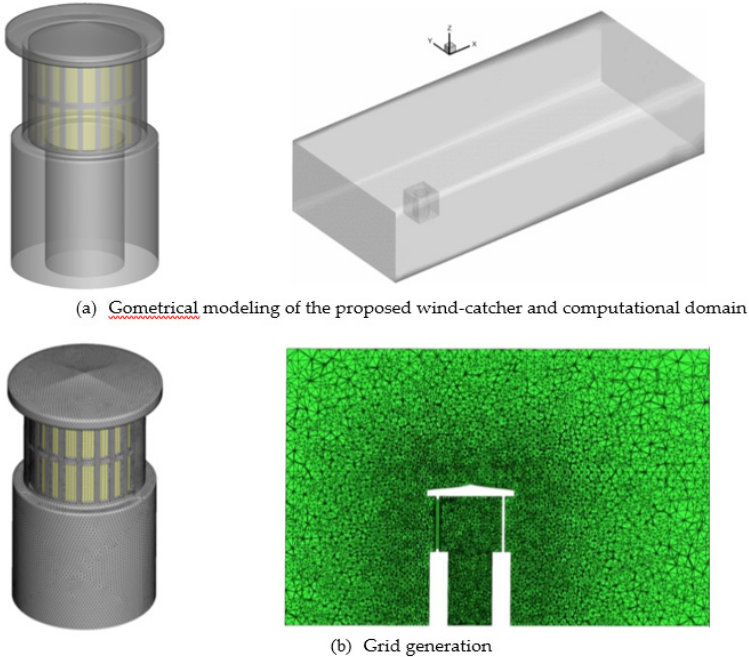


Fig. 8. Geometrical modeling and grid generation of the proposed wind-catcher

The commercial CFD code of ANSYS Fluent 18.0 is used as the solver for simulation process. Steady-state three-dimensional CFD simulations are performed with a standard $k-\epsilon$ turbulence model, following previous studies on wind-catchers [14,15,16]. The three-dimensional Navier-Stokes equations

and continuity equation are solved simultaneously with the turbulence model to simulate the airflow field [17,18]. Table 2 demonstrates major assumptions used in the CFD simulation containing model description, operating conditions, materials and boundary conditions. For evaporative cooling pad

3. Numerical Simulation

3.1. CFD Methodology

Geometrical modeling, development of the computational domain, grid generation, applying the boundary conditions, and using the commercial CFD code for solution are different steps of the simulation process. In this study, using a commercial CFD code which solves the Reynolds-Averaged Navi-

er-Stokes (RANS) equations by applying the Finite Volume Method (FVM), three-dimensional simulations of the airflow field in the wind-catcher have been conducted. The characteristics of the proposed wind-catcher are shown in Table 1. Also, a three-dimensional generated model and grid generation are illustrated in Fig. 8.

Table 1. Characteristics of the proposed wind-catcher

Parameter	Value
۱ Inner radius of wind-catcher's column	۰,۳۰ m
۲ Outer radius of wind-catcher's column	۰,۶۰ m
۳ Height of wind-catcher's column	۱,۲۰ m
۴ Inner radius of wind-catcher's head	۰,۴۰ m
۵ Outer radius of wind-catcher's head	۰,۵۵ m
۶ Height of wind-catcher's head	۰,۹۰ m
۷ Height of curved roof	۰,۱۰ m
۸ Percent of the air-inlet from the air openings	۳۳,۳۳ %

be used on external surfaces. Further, in the proposed system, the direction of the wind can be detected using a wind vane and the wind-catcher's head can be adjusted accordingly. The size of the proposed wind-catcher depends on multiple factors, including: (1) the desired air mass flow rate, (2) the building size and cooling needs, as well as (3) the wind velocity rate in the region.

The proposed wind-catchers can be used for passive ventilation of residential buildings, closed arenas, and commercial and administrative buildings. The

number of wind-catchers will depend on the ventilation rate and thermal comfort of the building. A combination of methods can be employed to obtain proper ventilation and thermal comfort. For example, one can use: (1) a wind-catcher and one or more windows, (2) a wind-catcher and a solar chimney or air heater, (3) two wind-catchers in different directions.

Fig. 7 shows an example of using the proposed wind-catchers in a commercial building. The wind-catchers play two roles: air conditioning and lighting.

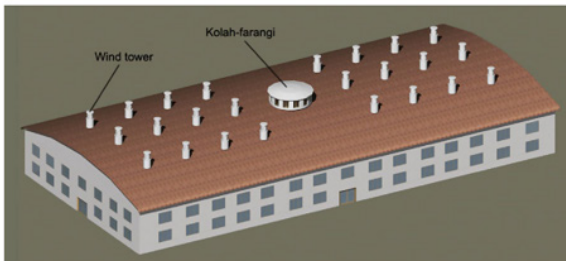


Fig. 7. Application of the proposed wind-catchers in a commercial building [10].

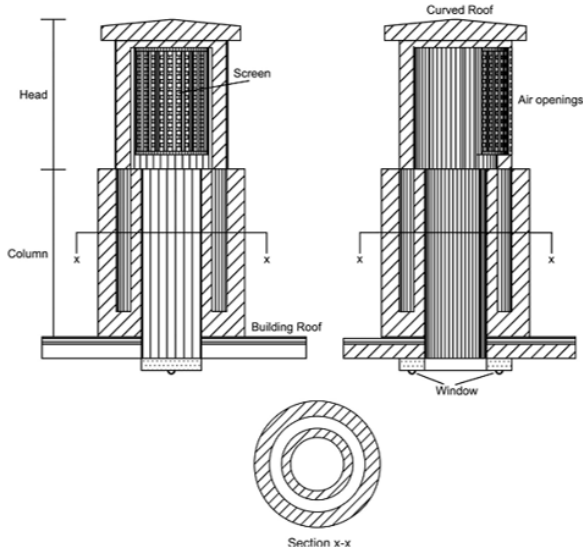


Fig. 5. Schematic representation of the proposed wind-catcher with circular cross-section.

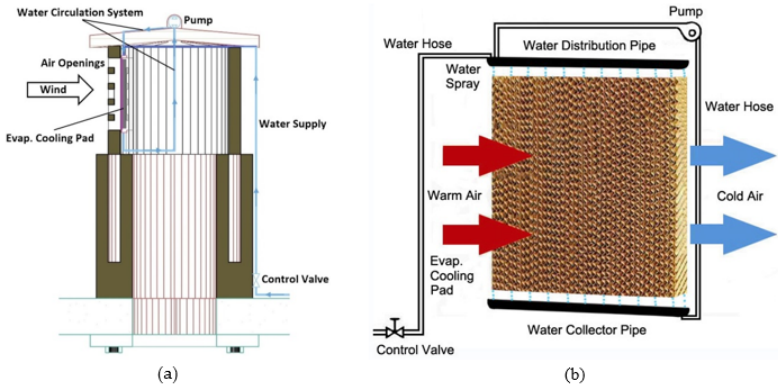


Fig. 6. A schematic illustration of (a) installation position of moisture pad in the wind-catcher and (b) water distribution system as well as air cooling by the moist pad.

This wind-catcher can be built from different materials, such as galvanized steel

and fiberglass. To overcome main body overheating issues, light colours can

a space between internal and external parts of the column (Fig. 4, section x-x), and the wind-catcher's head can be placed inside it.

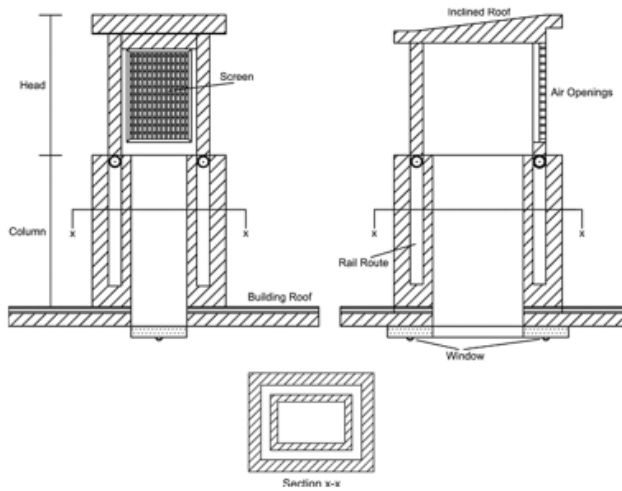
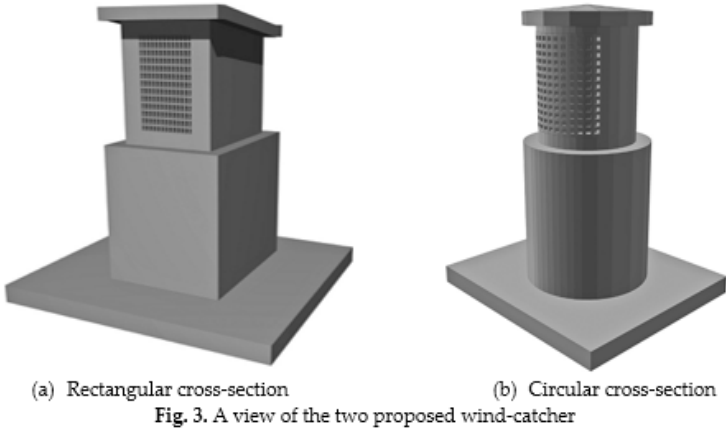
2. Head: This part is adjustable vertically. Also, it can spin and set itself in the direction of desired wind velocity. In order to cool down the inlet airflow, a small pump is used to circulate and spray water on an evaporative cooling pad. The roof of the new design is inclined to prevent water leakage inside the wind-catcher's column and the building during precipitation.

3. Windows: To control the airflow entering the building, two sliding windows are installed at the bottom of the wind-catcher's column.

These windows can be opened or closed manually or automatically.

In conditions that proper wind speed is accessible from different directions at various times of the day/season, a proposed wind-catcher with a rotating head capable of setting itself to allow maximum input can be used. The cross-section of the rotating wind-catcher has to be circular (Fig. 5). A schematic illustration of installation position of moisture pad in the wind-catcher and also water distribution system as well as air cooling by the moist pad is shown in Fig. 6.





The new design of wind-catcher includes the following components:

1. Column: The col-

umn of the proposed wind-catcher is fixed. It can be installed on top of the building. There is



Traditional and conventional wind-catchers have several restrictions, which some of them are [1,9,10]:

- 1) Air openings of the wind-catchers allow entering of small birds, insects and dust in building,
- 2) The wind-catchers' head is immobile and mostly cannot catch the optimum wind velocity,
- 3) A portion of air-flow entering from the wind-catcher (excluding one-sided wind-catchers) exits without any circulation in the building,
- 4) Low performance in the areas with very low wind velocity,
- 5) Significant erosion versus precipitation, sun and wind, as well as restriction in building and installation,
- 6) The quantity of coolness,

which can be accumulated in the mass of a traditional wind-catcher, is normally restricted, and may not be sufficient to provide the cooling demand of the building on warm days.

To eliminate or ease these restrictions, a new wind-catcher is designed to take advantage of moistened pads. The cross-section of the proposed design can be a square, a rectangle, or a circle (Fig. 3). Fig. 4 illustrates the schematic design of the proposed wind-catcher in detail.



the traditional and conventional wind-catchers into four general groups: (1) one-sided wind-catchers, (2) two-sided wind-catchers, (3) four, six, eight-sided wind-catchers, and (4) cylindrical wind-catchers. In areas with specified and pleasant wind direction,

one-sided wind-catchers are utilized. But for areas with variable wind directions, other types of wind-catchers are employed. Fig. 2 shows different types of the wind-catchers in various forms.

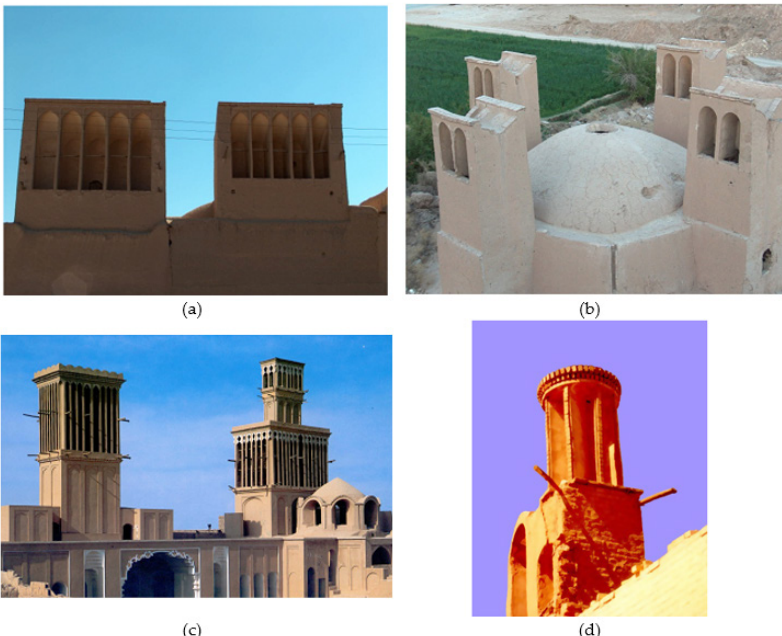


Fig. 2. (a) A view of a one-sided wind-catcher in Ardakan city, Yazd province, Iran [6,15], (b) two-sided wind-catchers of the underground water reservoir in Dowlat Abad Garden, Yazd, Iran [6,15], (c) a two story wind-catchers along with the dome (Kolah-farangi) of the Aghazadeh mansion in Abarkuh city, Yazd, Iran [6,15], and (d) a cylindrical wind-catcher in Yazd, Iran [1,10].

M.R.Khani et al. [12,13] have introduced a modular wind-catcher with wetted pads to use in hot and dry areas. They experimentally and analytically evaluated the modular wind-catcher's performance. The results showed that the modular wind-catcher can reduce the air temperature considerably and enhance the relative humidity of air-flow in the building. Furthermore, this wind-catcher can create a mass flow rate entering the building due to buoyancy force. The principal benefit of this kind of wind-catcher is that its construction cost is lower compared to other wind-catchers.

The main purpose of this study is to introduce and investigate a new design of wind-catcher with an

evaporative cooling pad. To evaluate the ventilation performance of this design, the airflow patterns around and inside the wind-catcher are simulated using a CFD code. Furthermore, the distributions of velocity, total pressure and pressure coefficient around and within the proposed wind-catcher for various wind velocities are investigated.

2. The Proposed Wind-Catcher

Traditional and conventional wind-catchers with various shapes have been used in the Middle East for many years to establish natural air conditioning and facilitate air circulation in buildings. Dehghani-Sanij et al. [10] and Bahadori and Dehghani-Sanij [1] classified



enough. Dehghani-Sanij et al. [6-10] have conducted several studies on passive cooling and natural ventilation systems, such as wind-catchers in hot and dry climates. Their studies demonstrated that wind-catchers were sufficient solutions to make pleasant cool air in buildings. Two new designs of wind-catchers, which can be used in windy regions, were proposed by Dehghani-Sanij et al.

[10]. These wind-catchers can be installed on top of buildings in the direction of maximum wind velocity. Furthermore, they suggested that the modern wind-catchers can be utilized combined with one or more windows, and another wind-catcher in a different direction, in combination with a solar chimney, in order to improve their performance in buildings [10].

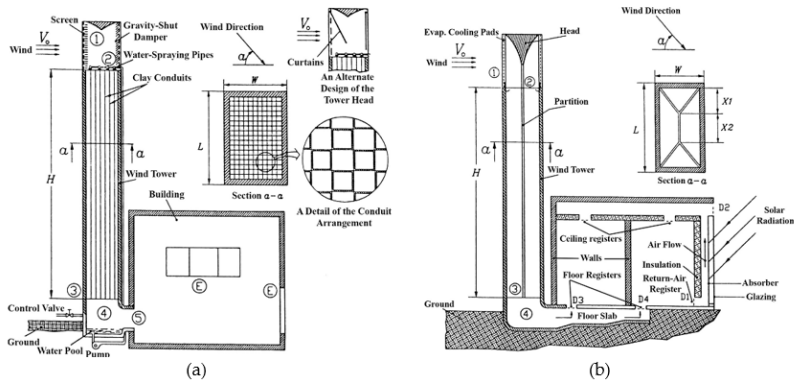


Fig. 1. (a) Cross-section of a wind-catcher with wetted columns, and (b) cross-section of a wind-catcher with wetted surfaces, with a solar chimney [1,10,11].

1. Introduction

Wind-catchers are small towers with different shapes and structures installed on top of buildings. For centuries wind-catchers are used for ventilation and cooling of buildings in the hot and arid or humid areas [1]. The first wind-catchers were built approximately 1200 years ago in the central and hot and arid regions of Iran [1]. Subsequently, the technology spread to other regions of Iran, other Middle East countries, and Egypt. By guiding the outside air into the building, wind-catchers serve as a natural ventilation system for workplaces and houses. Bahadori [1-5] has performed some valuable studies on passive cooling systems in hot and dry re-

gions. He suggested two modern wind-catcher designs, wind-catchers with wetted columns and wind catchers with wetted surfaces as shown in Fig. 1, to improve their performance [1-3]. Bahadori et al. [1-5] theoretically and empirically investigated the operation of both new designs and compared their performance with conventional wind-catchers. They concluded that the modern wind-catchers had a better thermal performance compared to the conventional ones at a lower temperature and a higher relative humidity. In addition, the efficiency of wind-catchers with wetted columns is higher than other wind-catchers in the regions where the velocity of wind is high



A new design of wind-catcher with an evaporative cooling pad

۱۰۱۵

Farshad M. Kashkoolia¹, Alireza Dehghani-Sanj^{2,3}, Madjid Soltani^{1,2,3,4}

Abstract:

The main purpose of this study is to introduce and investigate a new design of wind-catcher with an evaporative cooling pad. The new design includes a fixed column, a rotating and movable head, an air opening with a screen, and two windows at the end of the column. The designed wind-catcher can be installed on roof-tops to take advantage of ambient airflow. The wind-catcher's head can be controlled manually or automatically to capture optimum wind velocity due to desired thermal condition. To maximize its performance, a small pump was considered to circulate and spray water on an evaporative cooling pad. A computational fluid dynamics (CFD) simulation of airflow around and inside the proposed wind-catcher is conducted in order to analyze the ventilation performance of this new design of wind-catcher. The simulation results illustrate that the new wind-catcher design with an evaporative cooling pad can be a reasonable solution to improve naturally the thermal comfort of buildings in hot and dry climates.

key words: Wind-catcher; Natural ventilation; Thermal comfort, CFD

1- Department of Mechanical Engineering, K.N. Toosi University of Technology, Tehran, Iran

2- Department of Earth and Environmental Sciences, University of Waterloo, Waterloo, ON, Canada

3- Waterloo Institute for Sustainable Energy (WISE), University of Waterloo, Waterloo, ON, Canada

4- HVAC & R Management Research Center, Niroo Research Institute, Tehran, Iran

نخستین همایش بین المللی مدیریت انرژی در ساختمان و فناوری های مرتبط

۳۱ خرداد ۱۳۹۷



دبیرخانه دائمی کمیسیون انرژی و محیط زیست سازمان
نظام مهندسی ساختمان استان تهران



قیمت: ۳۰۰۰۰۰ ریال