تاثیر نقش انرژی خورشید بر ساختمان‌های اداری شمال شهر تهران با هدف کاهش مصرف انرژی

فرانک طیبی چهره*: دانشجوی مقطع کارشناسی ارشد معماری، گروه معماری، واحدپردیس، دانشگاه آزاد اسلامی، پردیس، ایران
farankt@gmail.com
حدیثه کامران کسمایی: استادیار ، گروه معماری، واحدپردیس، دانشگاه آزاد اسلامی، پردیس، ایران
hadiskamran@yahoo.com

چکیده

بدون تردید امروزه آلودگی محیط زیست و گرمای جهانی حاصل از مصرف سوختهای فسیلی افزایش یافته است. از سوی دیگر، با توجه به میل افراد به سمت شهرنشینی، جمعیت در شهر های بزرگ مانند تهران رو به افزایش می باشد. همین موضوع سبب افزایش سرعت ساخت و ساز و در نتیجه منجر به هدر رفتن انرژی فسیلی و از دست دادن منابع طبیعی شده است. آمار ها نشان می دهند که بیش از یک سوم انرژی در بخش ساختمان مصرف می شود و در حال حاضر بحران انرژی از بحران های مهم در چند دهه اخیر محسوب می شود. در ساختمان های اداری علاوه بر مصارف معمول سرمایش و گرمایش که در تمامی ساختمانها دیده می شود، عواملی نظیر روشنایی، تجهیزات و تعداد کارکنان جز عوامل مهم مصارف انرژی هستند. یکی از موارد حائز اهمیت در کاهش مصرف انرژی استفاده از انرژی های تجدیدپذیر است. تاثیر انرژی خورشید در بخش ساخت و ساز به عنوان یک انرژی تجدیدپذیر بسیار چشمگیر می باشد. در این مقاله از روش کتابخانه ای استفاده شده است و هدف از این پژوهش بررسی میزان مصرف انرژی در ساختمان های اداری، بهبود در روند مصرفی و کاهش هزینه ها می باشد. نتیجه فرض شده مبنی بر آن است که با استفاده از سیستم های خورشیدی و راهکار های نوین، توجه به اقلیم و میزان تابش خورشید و هم چنین جهت استقرار ساختمان، نه تنها می توان در بهره وری در مصرف انرژی صرفه جویی کرد بلکه موجب درآمد زایی نیز می شود.

واژگان کلیدی: خورشید، ساختمان اداری، مصرف انرژی، تهران، انرژی تجدیدپذیر

*نویسنده مسئول

۱-مقدمه

ادارات یکی از مهم ترین فضا ها در جامعه هستند که به طور میانگین کارکنان ۸ ساعت از عمر روزانه خود را در آنجا می گذرانند. با توجه به افزایش جمعیت و استفاده از وسایل مورد نیاز در دفاتر و از طرفی عدم تحقق استانداردهای فضای مورد نظر،میزان مصرف انرژی می تواند قابل توجه باشد. با در نظر گرفتن تدابیر و طراحی مناسب می توان از میزان مصرف انرژی کاهش داد.

خورشید به عنوان یک منبع انرژی مهم و تجدید پذیر تاثیر به سزایی در کاهش مصرف انرژی دارد. میانگین سالانه تابش خورشیدی در تهران مقدار ۲۰۰۰ کیلو وات ساعت بر متر مربع است(Sadati & Edwards,2019). ساده ترین روش استفاده از انرژی خورشید بررسی اقلیم و اجرای نور گیری مناسب در ساختمان می باشد. این روش نه تنها باعث کاهش مصرف الکتریسیته در طول روز می شود بلکه در شادابی و روحیه کارمندان نیز تاثیر گذار است. همچنین با استقرار مناسب ساختمان میتوان از سرمایش و گرمایش مناسب بهره مند شد و در بعضی موارد با استفاده از سایبان یا پوسته و درختان خزان پذیر از گرمای نامطلوب خورشید در تابستان و سرمای زمستان تا حدی جلوگیری کرد. از طرفی دیگر پیشرفت علم و تولید سیستم های مختلف خورشیدی از جمله سامانه غیر فعال خورشیدی، گرد آورنده های خورشیدی، سامانه فوتوولتاییک و ساختمان های هوشمند موارد حائز اهمیت در کاهش انرژی مصرفی می باشند. اجرای این سیستم ها ممکن است در ابتدا هزینه بر باشد ولی در گذر زمان باعث تامین انرژی مورد نیاز و حتی تولید مازاد انرژی می شود. با بررسی شرایط کنونی ساختمان های ساخته شده در شهر تهران نیاز به صرفه جویی در مصرف انرژی بیش از پیش احساس می شود که ساختمان های اداری از این امر مستثنی نیستند. از طرف دیگر اهمیت محیط زیست و حفظ منابع انرژی، پرداختن به این موضوع می تواند موضوع مورد توجه معماران در اقلیم تهران باشد.پژوهش حاضر با روش گرد آوری اطلاعات از طریق مطالعات کتابخانه ای و مقالات مختلف صورت گرفته است. در نمونه ها پس از تحلیل موارد مورد نظر از وجوه اشتراک و تمایز آنها استفاده شده است.در ادامه با در نظر گرفتن میانگین انرژی مصرفی و استقرار درست ساختمان به چگونگی کاهش انرژی مصرفی توسط سیستم های خورشیدی بررسی شده است.

۲-پیشینه تحقیق

از میان پژوهش های گوناگون انجام شده در زمینه انرژی و ساختمان میتوان به موارد زیر اشاره کرد:

۱.دسته ای از مطالعات انرژی های تجدید پذیر ،از جمله انرژی خورشید، را مورد مطالعه قرار داده اند مانند معروفخانی (۱۳۹۶)، رشیدیان دزفولی (۱۳۹۵) ، همچنین رئوفی (۱۳۹۶) و جورسرایی آلاشتی (۱۳۹۷) و از طرفی Sadati & Edwards(2019) که دو شهر تهران و یزد را مورد بررسی قرار دادند.

۲.دسته ای دیگر از مطالعات مصرف انرژی و چگونگی صرفه جویی را مورد بررسی قرار می دهد مانند عصاری (۱۳۹۲)، قاضیان و قدمی(۱۳۹۵) ، نوروزیان(۱۳۹۵) و فاضلی و حیدری(۱۳۹۵). همچنین سخندان سرخابی و خانمحمدی(۱۳۹۴)که به دیوار های بدون بازشو و کریم پور،دیبا و اعتصام (۱۳۹۶) به آفتاب گیرها اشاره می کنند. از طرف دیگر بیت اللهی و عابدی(۱۳۹۳) نصیرزاده و شفیعی(۱۳۹۷) به موضوع انرژی درساختمان و محیط اداری می پردازند. مقررات ملی ساختمان و سازمان بهره وری انرژی ایران(سابا) از دیگر مواردی هستند که به بحث انرژی در ساختمان می پردازند.

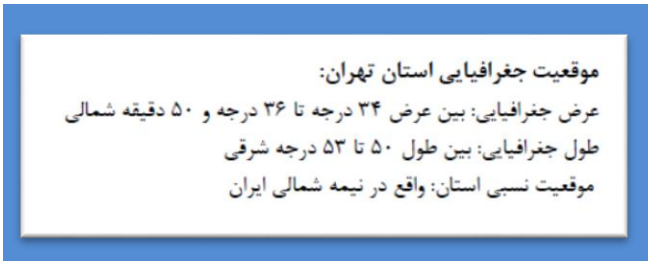
۳.دسته ای دیگر، اشاره به اقلیم دارند مانند فرخی،ایزدی و کریمی (۱۳۹۷) ،کسمایی(۱۳۸۴) و همچنین اسکندریان(۱۳۹۴). از طرفی دیگر در سالنامه آماری شهر تهران(۱۳۹۶) و اطلس تهران به تمام جنبه های شهر تهران پرداخته شده است .

۴. گروهی دیگر به بررسی سیستم های خورشیدی می پردازد مانند قیابکلو(۱۳۹۵) و Tripangnostopoulos(2014) و Thrope(2017).

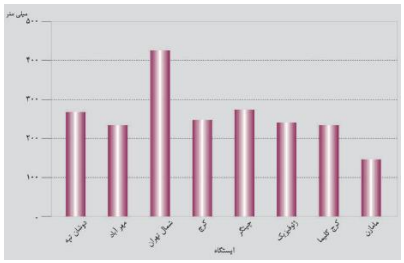
۵. موارد دیگری به فرم ساختمان اشاره می کند مانند رازگردانی(۱۳۹۳) و همچنین اکبری،هادوی،زمانی و علیپور(۱۳۹۵)،جهان بخش و غفار زاده(۱۳۹۶) و Murgula, Vatina & Zayatsb(2015) که تمرکز آنها بر روی معماری، جهت گیری و استقرار بنا می باشد.

۳-مشخصات اقلیمی شهر تهران

بررسی اقلیم و عوامل اقلیمی بحث بسیار مهمی پیش از احداث ساختمان می باشد که بستگی به موقعیت جغرافیایی بنا دارد. شهر و اقلیم، دو سیستم انسان ساخت و طبیعی هستند که تأثیرگذاری تنگاتنگی بر یکدیگر دارند(فرخی و همکاران،۱۴۳،۱۳۹۷). تنوع اقلیمی نتیجه ۵ عامل مهم چون تابش آفتاب،دما،رطوبت هوا، میزان بارندگی و وزش باد است.عامل اصلی پدیده های فوق تابش نور خورشید است.(قیابکلو،۳۲،۱۳۹۵).تهران با مساحتی حدود۷۰۰ km2 در قسمت شمالی ایران قرار گرفته است(تصویر۱).تهران از نظر آب و هوایی،غیر از نواحی کوهستانی شمالی که اندکی معتدل است،گرم و خشک می باشد. بر ساختار کلی اقلیم تهران سه عامل جغرافیایی وجود دارد که در آب و هوای استان نقش موثری دارد.این عوامل شامل: رشته کوه های البرز در شمال،وزش بادهای باران زای غربی و دشت کویر جنوب استان می باشد(معروفخانی،۱۱۲،۱۳۹۶) بطور کلی استان تهران را می توان به سه بخش اقلیمی زیر تقسیم کرد: اقلیم ارتفاعات شمالی(سرد وخشک)، اقلیم کوهپایه، اقلیم نیمه خشک و خشک(اسکندریان،۵۸،۱۳۹۴)



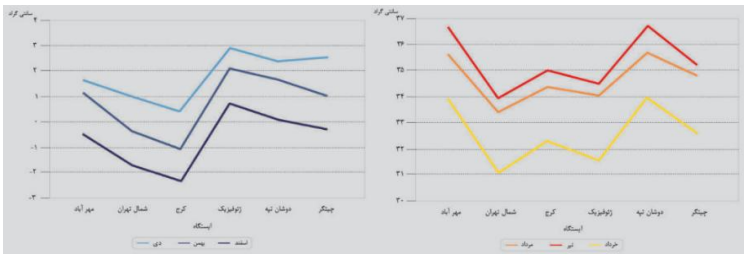
تصویر۱-موقعیت جغرافیایی استان تهران(اسکندریان،۱۳۹۴)



تصویر۲-نمودار تغییرات مکانی بارش سالانه[1](www.atlas.tehran.ir)

بارش سالانه در محدوده تهران عمدتاً متأثر از تغییرات ارتفاعی محدوده شهر بوده و بین حداکثر ۴۲۲ میلیمتر در شمال تهران تا ۱۴۵ میلیمتر در جنوب شرق تهران متغیر است.(تصویر۲).در محدوده کلانشهر تهران، دمای سالانه بین ۱۵ تا ۱۸ درجه متغیر بوده و با توجه به ناهموار بودن محدوده شهر، میانگین سالانه در مناطق مختلف آن حدود ۳ درجه سانتیگراد اختلاف دما دارند(تصویر۳).

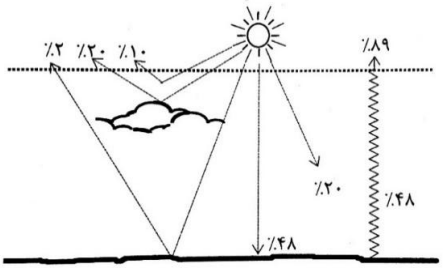
1-http://atlas.tehran.ir/Default.aspx?tabid=171



تصویر۳- نمودار تغییرات دمایی در ایستگاه های مختلف شهر تهران[1](www.atlas.tehran.ir)

۳-۱- تابش خورشید در تهران

خورشید یک منبع بزرگ انرژی است که می تواند بخش زیادی از انرژی مورد نیاز انسان را فراهم کند. از تمام تابش خورشید،کره زمین تنها یک قسمت از دو میلیارد قسمت از کل انرژی خورشید را دریافت میکند که بخشی از آن جذب و بخشی دیگر بازتاب می شود(تصویر۴). در ایران به طور متوسط ۲۸۰ روز آفتابی در سال گزارش شده است که این میزان قابل توجه است (قیابکلو،۱۲،۱۳۹۵).پرتو حاصل از تابش خورشید دارای طول موج های مختلفی است که به سه قسمت فرا بنفش، مرئی و فروسرخ تقسیم می شود(تصویر۵). با اینکه حداکثر شدت تابش آفتاب در قسمت پرتو قابل رویت است، ولی بیش از نیمی از انرژی حرارتی خورشید مربوط به پرتو فرو سرخ می شود(کسمایی،۳،۱۳۸۴)



تصویر۴-نحوه جذب و انعکاس اشعه خورشید از جو و سطح زمین(قیابکلو،۱۳۹۵)

تصویر۵-طیف نور خورشید(کسمایی،۱۳۸۴)

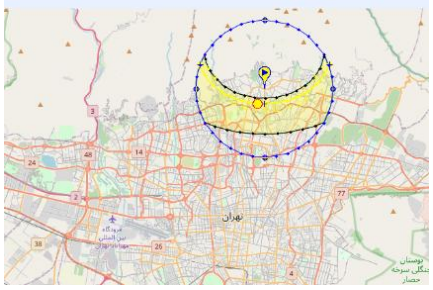
بررسی های صورت گرفته نشان می دهد تابش خورشید در تهران حتی در زمستان بسیار زیاد است. میانگین سالانه تابش خورشید در تهران ۲۰۰۰ کیلو وات ساعت بر متر مربع است(Sadati & Edwards,2019,85). با توجه به بررسی های انجام شده و طبق جدول ۱ تهران شرایط مناسبی برای دریافت و استفاده از انرژی خورشیدی را داراست.

جدول۱-میانگین ماهیانه تابش روزانه خورشید بر روی سطوح افقی در عرض های جغرافیایی مختلف بر حسب kwh/m2

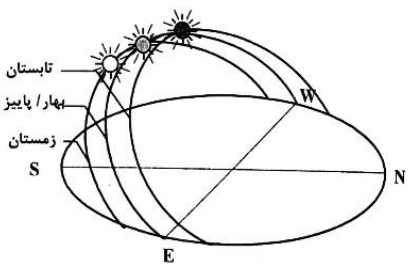
ماه / عرض جغرافیایی	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.
۶۰°	۰/۹۴۲	۲/۳۳۳	۴/۶۳۰	۷/۵۴۸	۱۰/۰۷۰	۱۱/۲۷۹	۱۰/۶۸۷	۸/۵۴۴	۵/۶۶۴	۲/۹۹۵	۱/۲۵۱	۰/۶۳۹
۵۰°	۲/۵۰۱	۴/۰۱۲	۶/۱۸۲	۸/۶۴۷	۱۰/۵۷۹	۱۱/۴۳۴	۱۱/۰۰۴	۹/۴۰۴	۷/۰۶۰	۴/۶۴۷	۲/۸۵۱	۲/۱۲۰
۴۰°	۴/۱۸۵	۵/۶۳۸	۷/۵۴۷	۹/۵۱۸	۱۰/۹۱۵	۱۱/۴۸۳	۱۱/۱۸۳	۱۰/۰۵۱	۸/۲۴۳	۶/۱۹۴	۴/۵۲۲	۳/۷۹۱
۳۰°	۵/۸۵۰	۷/۱۳۲	۸/۶۸۵	۱۰/۱۱۹	۱۱/۰۰۱	۱۱/۳۰۹	۱۱/۱۲۵	۱۰/۴۳۲	۹/۱۷۶	۷/۵۷۴	۶/۱۴۱	۵/۴۸۰
۲۰°	۷/۴۰۷	۸/۴۳۶	۹/۵۵۹	۱۰/۴۲۶	۱۰/۸۰۶	۱۰/۸۷۳	۱۰/۷۹۹	۱۰/۵۲۴	۹/۸۳۱	۸/۷۳۷	۷/۶۳۱	۷/۰۹۰
۱۰°	۸/۷۹۵	۹/۵۰۴	۱۰/۱۴۴	۱۰/۴۲۶	۱۰/۳۲۴	۱۰/۱۷۱	۱۰/۱۹۷	۱۰/۳۱۷	۱۰/۱۸۸	۹/۶۴۷	۸/۹۳۳	۸/۵۵۰
۰°	۹/۹۶۱	۱۰/۳۰۱	۱۰/۴۲۱	۱۰/۱۱۹	۹/۵۶۴	۹/۲۱۳	۹/۳۳۰	۹/۸۱۵	۱۰/۲۳۶	۱۰/۲۷۲	۱۰/۰۰۱	۹/۸۰۸

قیابکلو، ۱۳۹۵ به نقل قول از (Muneer,2004

زاویه تابش و مسیر حرکت خورشید در فصول و ساعات مختلف متفاوت است(تصویر ۶).تصاویر ۷و ۸ بررسی مسیر حرکت خورشید را در شمال تهران، منطقه ۱، نشان می دهد. توجه به این امور موجب بررسی استقرار و نورگیری ساختمان ، نظام سایه و استفاده از سایبان می شود.



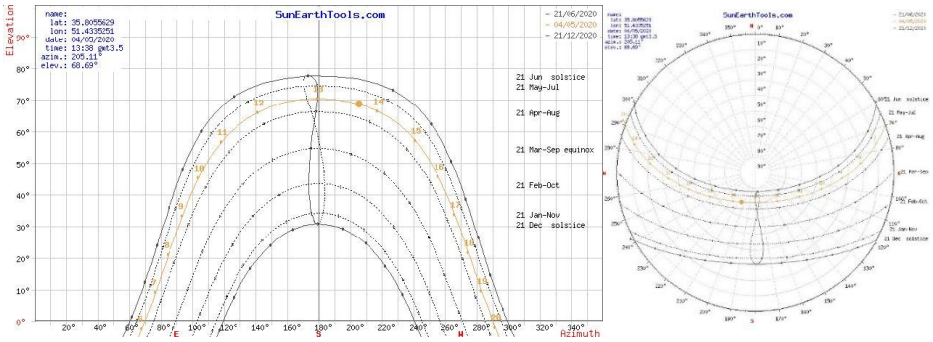
تصویر۷-مسیر حرکت خورشید در آسمان در شمال تهران[2](www.sunearthtools.com)



تصویر۶-مسیر حرکت خورشید در آسمان در فصول مختلف(قیابکلو،۱۳۹۵)

1-http://atlas.tehran.ir/Default.aspx?tabid=171

2-https://www.sunearthtools.com/dp/tools/pos_sun.php?lang=en#top



تصویر ۸- مسیر حرکت خورشید در آسمان در منطقه ۱ تهران [1] (www.sunearthtools.com)

۴-جهت گیری ساختمان و استفاده از عناصر در تهران

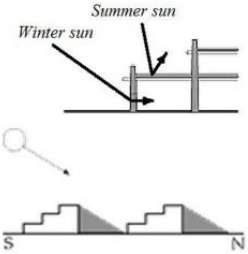
جهت گیری ساختمان و وجود بازشو های مناسب برای نورگیری امر بسیار مهمی است. به طور کلی بهترین فرم ساختمان فرمی است که کمترین میزان حرارت را در زمستان از دست بدهد و و در تابستان نیز کمترین میزان حرارت را از آفتاب و محیط دریافت کند. بنابرین پلان مربع بهترین فرم محسوب می شود (رازگردانی،۱۳۹۳،۸۰). محققان میزان دریافت تشعشع خورشیدی در طول ماه های گرم(ژوین و دسامبر) بهینه سازی نموده اند. این کار با فرم های مختلف ساختمان در زوایای بین ۰تا ۱۸۰ درجه بررسی شده است. این روش می تواند برای پیدا کردن زاویه جهت بهینه برای دریافت حداقل تابش در تابستان و حداکثر تابش در زمستان استفاده شود. محققان ساختمان را در حالتی بررسی نمودند که دیوار اصلی آن به سمت شمال و جنوب بوده است. با جهت گیری ساختمان در دامنه زاویه بین ۱۵ تا ۴۵ درجه نیز نتایج خوبی ارایه می گردد(جهان بخش و غفارزاده،۸۷،۱۳۹۶). برای ساخت بناهایی که از سامانه جذب مستقیم انرژی آفتاب استفاده میکنند، مدیریت صحیح جبهه های جنوب شرقی، جنوب و جنوب غربی بسیار حائز اهمیت است (سخندان سرخابی و خانمحمدی،۷۵،۱۳۹۴). بهترین جهت نورگیری در تهران، از جبهه جنوبی ساختمان و بعد از آن جبهه های شرقی سپس شمالی و در آخر جبهه غربی ساختمان است(رازگردانی،و۸۲،۱۳۹۳).همچنین برای کنترل میزان تابش آفتاب میتوان از سایبان(جدول ۲) و حتی درختان خزان پذیر در بخش جنوبی استفاده کرد.همان طور که کریم پور و همکاران(۲۷،۱۳۹۶) در پژوهش خود دریافتند، استفاده از یک سیستم سایه انداز بهینه داخلی، نرخ کل مصرف انرژی در ساختمان را می توان در حدود ٪ ۱۴ کاهش داد.البته سایبان های خارجی نسبت به سایبان های داخلی عملکرد بهتری دارند زیرا سایبان های خارجی از ورود اشعه خورشید به داخل ساختمان جلوگیری می کنند(نوروزیان،۶۵،۱۳۹۵).

جدول۲-سایبان در جهات مختلف ساختمان

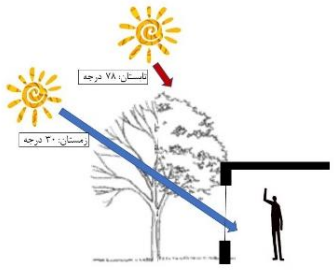
جهت پنجره	شمال		۳۰ درجه شمال شرقی		۶۰ درجه شمال شرقی		شرق		۱۲۰ درجه جنوب شرقی		۱۵۰ درجه جنوب شرقی		جنوب		۱۵۰ درجه جنوب غربی		۱۲۰ درجه جنوب غربی		غرب		۶۰ درجه شمال غربی		۳۰ درجه شمال غربی	
زاویه سایبان	افقی	عمودی	افقی	عمودی	افقی	عمودی	افقی	عمودی	افقی	عمودی	افقی	عمودی	افقی	عمودی	افقی	عمودی	افقی	عمودی	افقی	عمودی	افقی	عمودی	افقی	عمودی
تجریش	-	۶۳ غ	۸۵	-	۷۰	-	۶۳	-	۶۲	-	۶۵	-	۶۰	-	۴۵	۳۰ غ	۳۵	۱۰ غ	-	ع.م	-	ع.م	-	۳۳ غ

(دفتر امور مقررات ملی ساختمان،۱۳۸۹)

فصول مختلف سال در نتیجه تغییر حرکت گردشی زمین نسبت به خورشید، ازبابت زاویه تابشی با یکدیگر متمایز هستند در نتیجه میزان دریافت انرژی خورشید در طول سال متفاوت است. بنابراین جهت استقرار یک ساختمان نیز تحت تأثیر مقدار انرژی خورشیدی تابیده شده به دیوارهای آن هم در طول سال و هم در ساعات مختلف، تغییر میکند(اکبری و همکاران،۱۶۱،۱۳۹۵).همان طور که اشاره شد نور جنوب نور مناسب برای ساختمان ها می باشد.بررسی های انجام شده توسط Murgul et.al(2015,820) نشان میدهد این امر در گذشته نیز وجود داشته است. برای مثال رعایت این امر در مسکن هایی که در قرن دوازدهم توسط سرخپوستان آمریکایی ساخته شد، دیده می شود(تصویر ۹). با توجه به تصویر ۱۰ زاویه تابش خورشید در تابستان ۷۸ و در زمستان ۳۰ درجه می باشد.استفاده از درختان خزان پذیر در قسمت جنوبی ساختمان در جلوگیری از تابش مستقیم در تابستان و سرمای زمستان تا حد زیادی تاثیرگذار است.



تصویر ۹- خانه های اکوما پوئبلو[2] در قرن ۱۲ (Murgul et.al,2015)



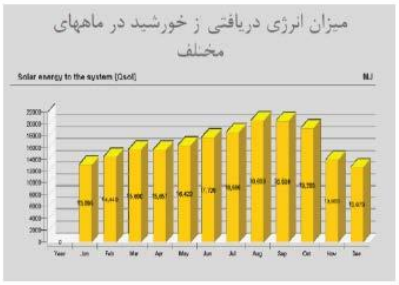
تصویر ۱۰- درخت خزان پذیر و زاویه تابش آفتاب در تابستان و زمستان (پژوهشگر)

1-https://www.sunearthtools.com/dp/tools/pos_sun.php?lang=en#top

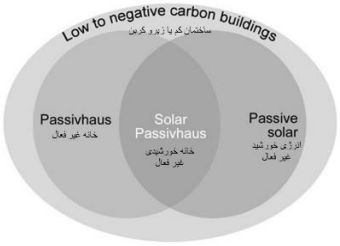
2- Acoma pueblo

۵- خورشید به عنوان یک انرژی تجدید پذیر

منابع انرژی تجدیدپذیر بدون آلودگی هستند و تمام نمی شوند. یکی از این منابع بی پایان خورشید است. انرژی ای که زمین از خورشید دریافت می کند بسیار زیاد است ، در هر ثانیه هر متر مربع از زمین حدود۱۰۷*۱۴۴ انرژی از خورشید دریافت می کند (رازگردانی،۱۳۹۳،۴۰). کار روی انرژی های تجدید پذیر اولین بار در سال ۱۳۵۴ توسط وزارت نیرو با قدام روی پروژه زمین گرمایی آغاز شد. به همین منظور اداره انرژی های تجدید پذیر توسط وزارت نیرو در سال ۱۳۷۲برای توسعه ایمن انرژی ها راه اندازی شد (رشیدیان دزفولی،۱۳۹۵،۳۸). به طور میانگین استان تهران در دریافت انرژی خورشید از شرایط مساعدی برخوردار است.با توجه به تصویر ۱۱بیشترین میزان انرژی دریافتی در ماه آگوست و سپتامبر و کمترین در ماه دسامبر می باشد.



تصویر ۱۱- نمودار میزان انرژی دریافتی از خورشید در ماههای مختلف سال (رشیدیان دزفولی ، ۱۳۹۵ به نقل قول از سازمان هواشناسی استان تهران،۱۳۸۰)



تصویر ۱۲-دیاگرام نشان دهنده ترکیب انرژی غیر فعال خانگی و انرژی غیر فعال خورشیدی (برگرفته از Thrope,2017)

انرژی خورشید تمام انواع دیگر انرژی‌ها تجدید شدنی را(به غیر از انرژی ژئوترمال) در بر می‌گیرد(رئوفی،۱۳۹۶،۱۲). در بررسی انجام شده توسط(Thrope(2017,1، استفاده از نور و گرمای طبیعی خورشید و ترکیب آن با ساختمان را میتوان معماری غیر فعال خورشیدی نامید(تصویر ۱۲).این امر بدان معناست که نیاز های گرمایش،سرمایش و نور رسانی به صورت طبیعی تامین گردد که در بخش قبل به آنها اشاره شد. علاوه بر موارد ذکر شده، استفاده از سیستم های نوین و فعال خورشیدی نیز میتواند بخش زیادی از انرژی مورد نیاز ساختمان را تامین کند.

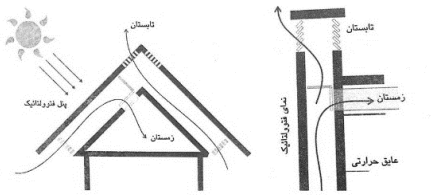
۵-۱- تولید انرژی توسط سامانه فتوولتاییک و گردآورنده خورشیدی در ساختمان

در سیستم‌های فعال خورشیدی، انرژی خورشیدی دریافت شده به سایر بخش‌های مجموعه و یا از یک محیط به محیط دیگر منتقل می‌شود(جورسرایی آلاشتی،۱۳۹۷،۳). از عمده ترین سیستم های فعال خورشیدی که در ساختمان ها به کار می‌رود، میتوان پنل های فتوولتاییک و گردآورنده های خورشیدی را نام برد.

۵-۱-۱- سامانه فتوولتاییک

به پدیده ای که در اثر تابش نور بدون استفاده از مکانیزم های محرک مکانیکی الکتریسیته تولید کند، پدیده فتوولتاییک گفته شده و عاملی که این فرایند را به وجود می آورد، سلول خورشیدی نام دارد(قیابکلو،۱۳۹۵،۲۲۵).سامانه فتوولتاییک در جهت و زاویه مناسب با لزوم وجود تهویه پشت پنل ها(تصویر۱۳) می تواند در سقف و همچنین در نما مورد استفاده قرار گیرد. این سیستمها مبتنی بر تبدیل مستقیم انرژی خورشید به انرژی الکتریکی هستند. در این روش از خواص نیمه هادیها استفاده میشود و با ردیف و موازی کردن تعداد زیادی از این سلولها مطابق تصویر ۱۴، ولتاژ و جریان مورد نظر بدست می آید(جورسرایی آلاشتی،۱۳۹۷،۷).

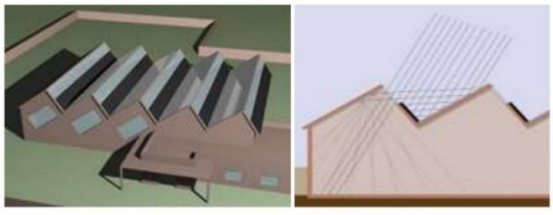
تصویر۱۴- اجزا آرایه سیستم فتوولتاییک(جورسرایی آلاشتی،۱۳۹۷)



تصویر ۱۳- لزوم تهویه پشت پنل ها (قیابکلو،۱۳۹۵)

۵-۱-۲- گرد آورنده های خورشیدی

گردآورنده(کلکتور)[4] خورشیدی سامانه‌ای است که برای جمع‌آوری انرژی حرارتی خورشیدی و انتقال و ذخیره آن در محل بهره برداری، مورد استفاده قرار می‌گیرد(قیابکلو،۱۳۹۵،۲۰۳).کلکتورها به طور معمول‌برای گرم‌کردن آب و هوا کار برده می‌شوند. طبق پژوهش انجام شده توسط Tripanagnostopoulos (۲۰۱٤،۲۱۹۰) استفاده از بازتابنده‌ها(رفلکتورها)[5] یک راه حل مؤثر برای دستیابی به عملکرد بالاتر در گردآورنده‌های حرارتی می‌باشد(تصویر۱۵).



تصویر ۱۵- ادغام بازتابنده تقویت کننده با سیستم های انرژی خورشیدی در ساختمان (Tripanagnostopoulos,2014)

4- Collector
5- Reflector

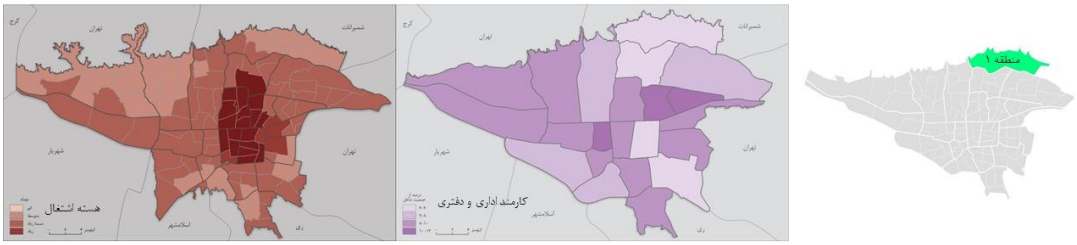
۶- مصرف انرژی در محیط اداری شهر تهران

شهر تهران بزرگترین مصرف کننده انرژی کشور می‌باشد و بخشهای خانگی، تجاری و عمومی و حمل و نقل بیشترین مصرف انرژی در شهر تهران را در میان بخشهای مختلف دارا می باشند(فاضلی و حیدری،۹۴،۱۳۹۵). به طور کلی میزان نیاز سالانه ی انرژی شهر تهران متوسط می باشد(جدول۳).با افزایش جمعیت میزان مصرف انرژی نیز بالا می رود. جمعیت کل تهران در مناطق مختلف آن پراکنده شده است که از این میان طبق آمار سال ۱۳۹۶ منطقه ی ۱ تهران جمعیتی حدود ۵۰۸۰۰۶ دارد. تمام افراد ۱۰ ساله و بیشتر که در طول هفته مرجع، طبق تعریف کار، حداقل یک ساعت کار کرده و یا بنا به دلایلی به طور موقت کار را ترک کرده باشند، شاغل محسوب می‌شوند(سالنامه آماری شهر تهران،۴۰،۱۳۹۶). با توجه به تصویر ۱۶، درصد جمعیت کارمندان در منطقه ۱ کم بوده و هسته اشتغال در قسمت مرکزی تهران قرار گرفته است.

جدول ۳- نیاز سالانه انرژی شهرهای ایران

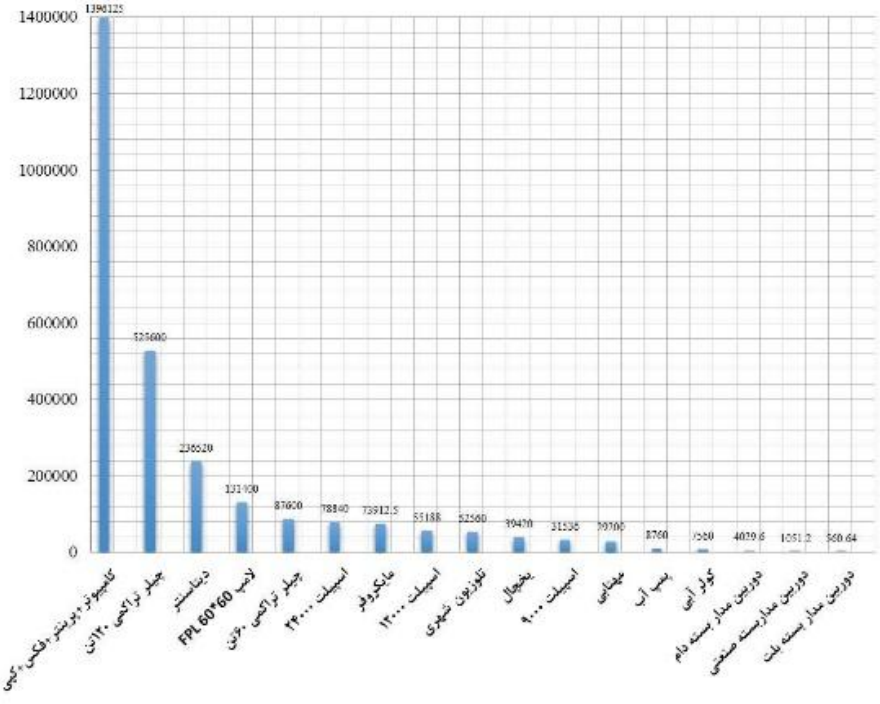
شماره	نام شهر	نیاز انرژی	نیاز غالب حرارتی	
			گرمایش	سرمایش
۷۷	تهران	متوسط	●	

(دفتر امور مقررات ملی ساختمان،۱۳۸۹)



تصویر ۱۶- درصد جمعیت کارمندان ۱۳۸۵ [۶] و هسته اشتغال در تهران در سال ۱۳۸۲ [۷] (www.atlas.tehran.ir)

با توجه به رشد صعودی جمعیت در مناطق مختلف تهران تا به امروز و افزایش متقاضیان کار، فضاهای اداری و دفاتر بیش از پیش نیازمند رسیدگی هستندکه به ندرت به مصرف بهینه انرژی توجه دارند.از مهم ترین عوامل موثر در مصرف انرژی ساختمانهای اداری میتوان به بار مصرفی تجهیزات، روشنایی و تعداد پرسنل اشاره کرد(قاضیان و قدمی،۵،۱۳۹۵).هر یک از تجهیزات و وسایل مورد استفاده در ادارات انرژی قابل توجهی مصرف می کنند(تصویر۱۷).علاوه بر آن، با افزایش کارکنان، تعداد این تجهیزات بالا رفته و در نتیجه انرژی مصرفی و هزینه ها بالا می رود. محاسبه مصرف انرژی ساختمان ابتدا توسط تعیین بارهای آن انجام می شود. بارها گرمای آنی کسب شده یا از دست رفته هستند که با استفاده از رسانش، همرفت و تابش اتفاق می افتد. بارهای ساختمان در انواع رسانش در داخل محوطه، نفوذ هوای بیرونی، گرمای ناشی از خورشید، گرمای ناشی از داخل ساختمان و تهویه دسته بندی میشوند(عصاری،۴۳،۱۳۹۲).جهت شناخت منابع اتلاف انرژی در ساختمانهای مسکونی و تجاری لازم است بررسی انرژی کلی (ممیزی انرژی) در آنها صورت گیرد و نتایج حاصل از آن را با یک الگوی نسبتا ایده آل از یک نمونه کلی ساختمان مقایسه نمود. (سازمان بهره وری انرژی ایران،۲۱۵،۱۳۸۳).



تصویر ۱۷- میزان مصرف وسایل برقی به کیلووات ساعت. (نصیرزاده و شفیعی،۱۳۹۷)

6- http://atlas.tehran.ir/Default.aspx?tabid=148
7-http://atlas.tehran.ir/Default.aspx?tabid=151

بررسی‌های سابا(۱۷،۱۳۹۱) نشان می‌دهد برای به‌دست آوردن وضعیت سطح انرژی ساختمان اداری،که با I نشان داده می‌شود، میتوان صورت حساب انواع انرژی مصرفی در طول سال را جمع آوری‌کرده و تقسیم بر زیربنای ساختمان کنیم.پس از انجام محاسبات با استفاده از جداول۴ و۵ رتبه انرژی ساختمان بر اساس اقلیم مشخص می شود.

جدول۴-بازه بندی شاخص مصرف سالیانه انرژی الکتریکی رده ها در برچسب. ساختمان های اداری کشور(کیلووات ساعت بر متر مربع)

رده در برچسب	اقلیم‌بانیازانرژی‌گرمایی‌زیاد	اقلیم‌بانیازانرژی‌سرمایی‌زیاد	اقلیم‌بانیازانرژی‌متوسط	اقلیم‌بانیازانرژی‌کم	اقلیم‌گرم‌ومرطوب
A	I<10	I <15	I <13	I <9/5	I <21
B	$10 \le I <$ 20	$15 \le I <$ 30	$13 \le I <$ 26	$9/5 \le I <$ 19	$21 \le I <$ 42
C	$20 \le I <$ 30	$30 \le I <$ 45	$26 \le I <$ 39	$19 \le I <$ 28/5	$42 \le I <$ 63
D	$30 \le I <$ 40	$45 \le I <$ 60	$39 \le I <$ 52	$28/5 \le I <$ 38	$63 \le I <$ 84
E	$40 \le I <$ 50	$60 \le I <$ 75	$52 \le I <$ 65	$38 \le I <$ 47/5	$84 \le I <$ 105
F	$50 \le I <$ 60	$75 \le I <$ 90	$65 \le I <$ 78	$47/5 \le I <$ 57	$105 \le I <$ 126
G	$60 \le I <$ 70	$90 \le I <$ 105	$78 \le I <$ 91	$57 \le I <$ 66/5	$126 \le I <$ 147

(سابا،۱۸،۱۳۹۱)

جدول۵-بازه بندی شاخص مصرف سالیانه کل انرژی رده ها در برچسب. ساختمان های اداری کشور(کیلووات ساعت بر متر مربع)

رده در برچسب	اقلیم‌بانیازانرژی‌گرمایی‌زیاد	اقلیم‌بانیازانرژی‌سرمایی‌زیاد	اقلیم‌بانیازانرژی‌متوسط	اقلیم‌بانیازانرژی‌کم	اقلیم‌گرم‌ومرطوب
A	I< 82	I< 78	I < 74	I< 61	I< 79
B	$82 \le I <$ 164	$78 \le I <$ 156	$74 \le I <$ 148	$61 \le I <$ 122	$79 \le I <$ 158
C	$164 \le I <$ 246	$156 \le I <$ 234	$148 \le I <$ 222	$122 \le I <$ 183	$158 \le I <$ 237
D	$246 \le I <$ 328	$234 \le I <$ 312	$222 \le I <$ 296	$183 \le I <$ 244	$237 \le I <$ 316
E	$328 \le I <$ 410	$312 \le I <$ 390	$296 \le I <$ 370	$244 \le I <$ 305	$316 \le I <$ 395
F	$410 \le I <$ 492	$390 \le I <$ 468	$370 \le I <$ 444	$305 \le I <$ 366	$395 \le I <$ 474
G	$492 \le I <$ 574	$468 \le I <$ 546	$444 \le I <$ 518	$366 \le I <$ 427	$474 \le I <$ 553

(سابا،۱۷،۱۳۹۱)

به دنبال کاهش مصرف انرژی میتوان از ساده ترین روش ها که مربوط به انرژی غیر فعال خورشیدی می باشد و هزینه ای در بر ندارد بهره گرفت. برای کاهش هر چه بیشتر می‌توان با محاسبه ی انرژی مصرفی ساختمان و طراحی سیستم های خورشیدی از جمله پنل های فنوولتاییک برای تولید الکتریسیته و گردآورنده ها برای گرمایش استفاده کرد. همان طور که نصیرزاده و شفیعی(۹،۱۳۹۷)در پژوهش خود یافتند، از آنجایی که بیشترین تابش خورشید در زمان کار اداری می باشد می‌توان مستقیما از انرژی آن استفاده نمود و از بررسی انجام گرفته بر روی ساختمان بانک به نتیجه رسیدند که با محاسبه انرژی تولیدی با توجه به مفروضات، سرمایه گذاری در احدا مولدهای فتوولتاییک دارای خالص ارزش فعلی و نرخ بازده داخلی بالایی می باشند که این امر نشان دهنده توجیه پذیری بالای سرمایه گذاری در این پروژه ها است.اما از طرفی بررسی شرایط اقتصادی نیز حیاتی است زیرا که ممکن است زمان بازگشت سرمایه بسیار طولانی شود.البته به گفته ی خبرگزاری صدا و سیما(۱۳۹۷) هتلی در مرکز تهران ساخته شده است که زمان بازگشت سرمایه آن ۴ سال بوده و علاوه بر تامین کامل انرژی مصرفی، از تولید انرژی درآمد نیز کسب می‌کند. در مورد راهکارهای ارائه شده توسط بیت اللهی و عابدی (۴۳،۱۳۹۳) به منظور اقتصادی کردن پروژههای انرژی خورشیدی میتوان به ۶ مورد اشاره کرد: ۱. ارتقای سطح علمی و تحقیقاتی در زمینه ی انرژی های نو۲. اشاعه ی فرهنگ استفاده از انرژیهای نو۳. در نظرگرفتن سیاستهای تشویقی و مالی مناسب ۴. ارائه‌ی تجهیزات رایگان گردآوری انرژی خورشیدی۵. درنظرگرفتن بهای واقعی سوخت ۶.ایجاد وگسترش ساختارهای زیربنایی جهت افزایش تولید تجهیزات.

۷-بحث و نتیجه گیری

اگر به مصرف انرژی در ساختمانهای تهران دقت کنیم متوجه می شویم که این بناها در دهه های اخیر مصرف بالایی داشته و عدم رعایت ضوابط مربوطه موجب مصرف بیشتر و هدررفت انرژی شده است. نتایج به دست آمده نشان میدهد شمال تهران در منطقه ی مناسبی جهت بهره مندی از انرژی خورشید قرار گرفته است و از آنجایی که بدنه جنوبی ساختمان در تهران بهترین جهت برای دریافت تابش خورشید می باشد میتوان با استقرار درست ساختمان، فرم مناسب و پلان مربعی شکل به راحتی و بدون هزینه از این انرژی استفاده کرد. همچنین با استفاده از پوشش گیاهی خزان پذیر در قسمت جنوبی و سایبان خارجی میتوان تابش خورشید به داخل ساختمان را کنترل کرد. به طوری که در روز از نور طبیعی برای روشنایی فضا استفاده کرده و با در نظر گرفتن زاویه تابش در تابستان(۷۸ درجه)و زمستان(۳۰ درجه) از میزان گرمای مناسب خورشید بهره مند شد. این امر موجب کاهش مصرف الکتریسیته و تامین سرمایش و گرمایش در ساختمان میشود. با توجه به مصرف انرژی در ساختمانهای اداری و لوازم مصرفی در این فضاها، از جمله کامپیوتر ها که بیشترین مصرف انرژی الکتریکی را دارند، انرژی مصرفی چشمگیر است. علاوه بر سیستم غیرفعال خورشیدی میتوان با محاسبه میزان انرژی مصرفی و تعیین وضعیت سطح انرژی ساختمان اداری مورد نظر، سیستم خورشیدی از جمله پنل های مورد نیاز را طراحی کرد.سیستم فوتوولتاییک و گرد آورنده های خورشیدی دو سیستم مهم و شناخته شده هستند که به ترتیب برای تولید برق و گرمایش مورد استفاده قرار می گیرند. البته قابل ذکر است که تعبیه این سیستم ها در ابتدا هزینه بر هستند اما با در نظر گرفتن زمان بازگشت سرمایه میتوانند بسیار سود آور بوده و از آلودگی محیط زیست جلوگیری کنند.به طور کلی بررسی های انجام شده در این مقاله نشان میدهد استفاده از انرژی خورشید و سیستم های مرتبط در محیط های اداری که در طول روز فعال هستند نه تنها موجب کاهش مصرف شده بلکه با ذخیره انرژی می تواند در کاهش هزینه نیز تاثیر گذار باشد.

منابع

۱. سازمان بهره وری انرژی ایران (سابا)،(۱۳۸۳)، مدیریت مصرف انرژی در ساختمان،(ویرایش۱)،تهران: سازمان بهره وری انرژی ایران.
۲. قیابکلو، زهرا،(۱۳۹۵)،مبانی فیزیک ساختمان ۲ تنظیم شرایط محیطی(ویرایش۱۲)،تهران: جهاد دانشگاهی واحد صنعتی امیرکبیر.
۳. کسمایی، مرتضی،(۱۳۸۴)،اقلیم و معماری(ویرایش۳)، اصفهان: نشرخاک.
۴. دفتر امور مقررات ملی ساختمان،(۱۳۸۹)،مبحث نوزدهم مقررات ملی ساختمان صرفه جویی در مصرف انرژی(ویرایش۱۵)،تهران: نشرتوسعه ایران.
۵. اسکندریان، الناز ،(۱۳۹۴)، آسایش اقلیمی در شهر تهران،فصلنامه پژوهش در علوم، مهندسی و فناوری،۱ (۱)، ۵۷-۶۷.
۶. اکبری،حسن؛هادوی،فرامرز؛زمانی،مهدی؛علیپور،یوسف ،(۱۳۹۵)، تعیین جهت های مناسب استقرار ساختمان به منظور دریافت بهینه تابش خورشیدی در شهر زنجان، فصلنامه آمایش محیط، (۳۳)، ۱۵۵-۱۷۳.
۷. بیت اللهی،فرزاد؛هادوی،عابدی؛افشین ،(۱۳۹۳)، کاربرد انرژی خورشید در ساختمان، نشریه ی فنی تخصصی سازمان نظام مهندسی ساختمان استان اصفهان، ۳ ، ۳۸-۴۳.
۸. جورسرایی آلاشتی،علیرضا ،(۱۳۹۷)، نقش انرژی خورشیدی در ساختمان های تجاری و مسکونی، پنجمین همایش ملی پژوهش های مدیریت و علوم انسانی در ایران، دانشگاه تهران.
۹. جهان بخش،حیدر؛غفارزاده،آزیتا ،(۱۳۹۶)، بررسی رابطه و میزان تاثیر تابش خورشیدی بر بدنه ساختمان در تعیین جهت گیری بنا با هدف کاهش مصرف انرژی نمونه موردی: ساختمان مسکونی در اصفهان، فصلنامه علمی - ترویجی نشریه انرژی ایران، ۲۰، (۲)، ۸۵-۱۰۱.
۱۰. سخندان سرخابی،زهرا؛خانمحمدی،محمدعلی ،(۱۳۹۴)، بهینه کردن کارکرد انرژی دیوارهای بدون بازشو در جبهه های آفتابگیر، هویت شهر، ۹، (۲۳)، ۷۳-۸۲.
۱۱. فاضلی،عبدالرضا؛حیدری،شاهین ،(۱۳۹۲)، بهینه سازی مصرف انرژی در مناطق مسکونی شهر تهران با استفاده از رویکرد برنامه ریزی انرژی روتردام(REAP) ، هویت شهر، ۱، (۳)، ۸۳-۹۶.
۱۲. فرخی،مریم؛ایزدی،محمدسعید؛کریمی مشاور،مهرداد ،(۱۳۹۷)، تحلیل کارایی انرژی در مدلهای بافت شهری اقلیم گرم و خشک، نمونۀ موردی: شهر اصفهان، مطالعات معماری ایران، (۱۳)، ۱۲۷-۱۴۷.
۱۳. قاضیان،حسین؛قدمی،فرید ،(۱۳۹۵)، مقایسه ی معیارهای مصرف انرژی ساختمان های عمومی برای بهینه سازی مصرف انرژی، اولین همایش ملی فناوری در مهندسی کاربردی باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران غرب.
۱۴. کریم پور،علیرضا؛دیبا،داراب؛ اعتصام؛ایرج،(۱۳۹۶)، تحلیل تأثیر آفتاب گیرهای داخلی بر مصرف انرژی با استفاده از مدل های شبیه سازی مطالعه موردی: واحد مسکونی درتهران،هویت شهر،۱۱، (۳۰)، ۱۷-۳۰.
۱۵. نصیرزاده،الناز؛شفیعی،محمد ،(۱۳۹۷)، بررسی رویکرد ساختمان سبز و سازگار با محیط زیست در طراحی ساختمان های اداری جهت بهینه سازی و ذخیره از انرژی،معماری شناسی_نشریه اختصاصی معماری و شهرسازی ایران،۱ (۶)، ۱-۱۰.
۱۶. نوروزیان،نرگس،(۱۳۹۵)، الگوی بومی سازی شده برای ارزیابی کارایی انرژی در ساختمان های شهر تهران،فصلنامه علمی_پژوهشی نقش جهان ، (۶-۳)، ۶۳-۷۴.
۱۷. رازگردانی،مریم،(۱۳۹۳)، دستیابی به فرم بهینه مجتمع های مسکونی جهت استفاده حداکثری انرژی تابشی در تهران،پایان نامه کارشناسی ارشد، پیام نور شرق تهران ،دانشگاه پیام نور.
۱۸. رشیدیان دزفولی،ساسان،(۱۳۹۵)، طراحی برج غیرفعال مسکونی با رویکرد بهره گیری از منابع تجدیدشونده(خورشید-باد)در شمال غرب تهران ،پایان نامه کارشناسی ارشد، گروه معماری،دانشگاه کاشان.
۱۹. رئوفی، محمد،(۱۳۹۶)، امکان سنجی استفاده از انرژی خورشیدی در ساختمان به عنوان یک انرژی تجدید پذیر در ایران،پایان نامه کارشناسی ارشد، گروهمهندسی عمران، موسسه آموزش عالی لقمان حکیم گلستان.
۲۰. عصاری ،شیدا،(۱۳۹۲)، مطالعه، مدل سازی و بررسی کارایی انرژی در ساختمان با هدف کاهش مصرف انرژی و آلودگی محیط،پایان نامه کارشناسی ارشد، گروه علوم محیط زیست ،دانشکده علوم، دانشگاه زنجان.
۲۱. معروفخانی ،محمدرضا،(۱۳۹۶)، طراحی مجتمع مسکونی با رویکرد معماری پایدار با تاکید بر انرژی های تجدیدپذیر (خورشید . باد .آب)در مناطق شمالی تهران،پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده هنر و معماری، دانشگاه علم و فرهنگ.
۲۲. اطلس تهران، بازیابی(۲۹ اردیبهشت ۱۳۹۹)،http://atlas.tehran.ir/
۲۳. خبرگزاری صدا وسیما،(۱۲خرداد ۱۳۹۷)، بهره‌برداری از انرژی خورشیدی در یک هتل تهران،بازیابی(۲۹ اردیبهشت ۱۳۹۹)،https://www.iribnews.ir/008zYu
۲۴. سازمان بهره وری انرژی ایران،(۱۳۹۱)،چک لیست خود ممیزی انرژی و بهینه سازی مصرف انرژی در ساختمان های اداری،(۲۹ اردیبهشت ۱۳۹۹)،
۲۵. https://kpedc.ir/dorsapax/Data/Sub_0/File/%D8%AE%D9%88%D8%AF%20%D9%85%D9%85%DB%8C%D8%B2%DB%8C%20%D8%A7%D9%86%D8%B1%DA%98%DB%8C%20%D8%AF%D8%B1%20%D8%B3%D8%A7%D8%AE%D8%AA%D9%85%D8%A7%D9%86%D9%87%D8%A7%DB%8C%20%D8%A7%D8%AF%D8%A7%D8%B1%DB%8C.pdf
۲۶. سازمان فناوری اطلاعات و ارتباطات شهرداری تهران ،(۱۳۹۶)، سالنامه آماری شهر تهران ، بازیابی(۲۹ اردیبهشت ۱۳۹۹)،
http://tmicto.tehran.ir/%D8%A7%D9%86%D8%AA%D8%B4%D8%A7%D8%B1%D8%A7%D8%AA-%D8%B3%D8%A7%D8%B2%D9%85%D8%A7%D9%863/%D8%A2%D9%85%D8%A7%D8%B1%D9%86%D8%A7%D9%85%D9%87-%D8%B4%D9%87%D8%B1-%D8%AA%D9%87%D8%B1%D8%A7%D9%86
۲۷. Thorpe, David, (2017), Passive Solar Architecture Pocket Reference, London and New York, Routledge

۲۸. Murgul, Vera; Vatin, Nikolai; Zayats, Inna,(2015), The Role of the Solar Light Quantity in the Architectural Forming of Buildings, International Scientific Conference Urban Civil Engineering and Municipal Facilities, Energy Procedia, Elsevier,117,819-824.
۲۹. Sadati, Saba; Edwards, Rodger,(2019), Incorporating solar energy sources in low energy buildings in two major cities in Iran , 2018 5th International Conference on Power and Energy Systems Engineering, Energy Procedia, Elsevier ,156,85-89.
۳۰. Yiannis, Tripanagnostopoulos,(2014), New designs of building integrated solar energy systems, ISES Solar World Congress, Energy Procedia, Elsevier ,57,2186-2194.