

## ترمینال مسافری با همسایگی انرژی صفر در فرودگاه بین المللی مهرآباد

علیرضا رئوف پناه<sup>۱\*</sup>، حمید صالحی<sup>۲</sup>

۱-نویسنده مسئول، دانشکده فنی و مهندسی دانشگاه آزاد اسلامی واحد یادگار امام خمینی(ره) شهرری

ایمیل نویسنده مسیول: [raoufpanah@iausr.ac.ir](mailto:raoufpanah@iausr.ac.ir)

۲-دانشجوی کارشناسی ارشد مکانیک، دانشگاه آزاد اسلامی واحد یادگار امام خمینی(ره) شهرری

تاریخ پذیرش: ۹۷/۲/۲۷

تاریخ دریافت: ۹۷/۱/۲۲

### چکیده

ترمینال فرودگاهی همسایگی انرژی صفر تلاشی است در جهت کمتر و بهینه تر کردن مصرف انرژی و کاهش استفاده از سوختهای فسیلی در فرودگاههاست. در این مطالعه با توجه به اینکه مصرف انرژی فرودگاه بیشتر در ترمینالهای مسافری متمرکز میباشد، ترمینال مسافری شماره ۱ فرودگاه مهرآباد تهران با توجه به قدمت زیاد و اهمیت تاریخی مورد بررسی قرار گرفته و با توجه به شرایط جغرافیایی فرودگاه مهرآباد و میزان تردد مسافران و کارمندان، مقدار مصرف انرژی در آن محاسبه گردیده و براساس مصرف بالای انرژی در این ترمینال بخشی از این انرژی مورد نیاز از طریق محاسبه و انتخاب ۲۳۴۰ عدد پنل خورشیدی و ۲۵۰ عدد کلکتور آبگرم تیوبی خورشیدی تامین گردید. نتایج نشان میدهد در صورت تبادل انرژی با شبکه برق شهری ۳۵ درصد انرژی الکتریکی را میتوان از این طریق تامین نمود و در برخی ماههای کم مصرف به طور کامل انرژی ترمینال را تامین نمود و تا ۱۵۰۰۰ متر مکعب در سال جهت تولید آبگرم مصرفی و سیستم گرمایشی در مصرف گاز صرفه جویی کرد.

### کلمات کلیدی

"مصرف انرژی در فرودگاه"، "ساختمان انرژی صفر"، "انرژی خورشیدی"، "مصرف بهینه انرژی"، "گازهای گلخانه ای"

## Passenger Terminal with Neighboring Zero Energy of Mehrabad International Airport

Alireza Raoufpanah<sup>1\*</sup>, Hamid Salehi<sup>2</sup>

<sup>1\*</sup>Faculty of Engineering, Islamic Azad University of Shahreray

Email Address: [raoufpanah@iausr.ac.ir](mailto:raoufpanah@iausr.ac.ir)

<sup>2</sup>Masters student of Engineering, Islamic Azad University of Shahreray

### Abstract

In this study, according to airport energy consumption that is more concentrated in passenger terminals, the passenger terminal No. 1 Mehrabad Tehran Airport has been studied according to the historical and historical background. Due to the geographical conditions of Mehrabad Airport and passenger traffic, the amount of energy consumption has been calculated and due to the high consumption of energy in this terminal, part of this energy is needed. Through computing the choice was made for 2340 solar panels and 250 solar tubes. The results show that in the case of the exchange of energy with the urban electricity network, up to 35% of the electrical energy can be supplied, and in some low-energy years, it fully supplies the terminal energy, and up to 15,000 meters Cubic meters a year for the production of steam boilers for saving gas.

**Keywords:** "Energy consumption at the airport", "zero energy building", "solar energy", "optimal energy consumption", "greenhouse gas emissions"

## ۱- مقدمه:

تمام طول سال نیاز به سرمایش دارد و گرمایش اندکی جوابگو نیاز خواهد بود.

کوسک و کالامس. (Kalle Kuusk 2015) در یک مطالعه در کشور استونی ساختمان قدیمی بتونی را بازسازی نمودند و سه سناریو مختلف برای آن در نظر گرفتند، یک حالت پایه با تهویه کافی وبدون کنترل درجه حرارت، یک حالت با عایق نمودن دیوارها واستفاده از شیشه های دوجداره برای پنجره ها ودر حالت بعدی اضافه نمودن کلکتور وپنل خورشیدی بعلاوه حالت های قبلی. آنها به این نتیجه رسیدند که تبدیل ساختمان های قدیمی به ساختمان های انرژی صفر باعث میشود ۷۰ درصد انرژی کمتری مصرف گردد واگر افزایش اجاره بها ساختمانها را نیز در نظر بگیریم بازگشت سرمایه اولیه ۸سال خواهد بود.

بهداری نژاد و سفر زاده (بهداری نژاد ۱۳۸۱) یک ساختمان یک طبقه ۵ نفره با یک زیرزمین طراحی نمودند که در مجاور این ساختمان یک گلخانه و دودکش خورشیدی وجود دارد و دارای ۲ بادگیر است. این ساختمان سقف مسطح برای نصب پنل خورشیدی دارد و با شبکه برق شهری داد و ستد برقی دارد. و از نرم افزار انرژی شریف که با زبان فرترن نوشته شده استفاده نمودند. ابتدا انرژی سرمایشی و گرمایشی مورد نیاز ساختمان محاسبه و دمای هوای اتاق ها و مقدار بار برودتی و حرارتی نیز تعیین گردید. سپس با استفاده از گلخانه که روش طبیعی برای گرمایش بوده و استفاده از بادگیر که برای خنک کردن اتاقها بسیار مناسب است بخش بزرگی از سرمایش و گرمایش را تامین نمودند با کمک معادلات انرژی، مقدار انرژی برای طراحی پنل خورشیدی محاسبه گردید. میزان برق مصرفی ساختمان  $Mj/yr$  ۸۲۲۹ می باشد. لذا مساحت پنل ها برابر است با ۲۵ متر مربع محاسبه میگردد با این مساحت پنل ها در روزهای آفتابی برق اضافی تولید کرده که به شبکه می فروشند و در طول شب یا روزهای ابری از شبکه برق می گیرند.

همتی ورجبی (همتی ۱۳۹۴) به بررسی وتحلیل یک هتل در آب وهوای شهر سمنان پرداختند و با محاسبه مقدار انرژی مصرفی هتل وجایگزین نمودن آن با انرژی های تجدید پذیر خورشیدی به این نتیجه رسیدند که برای اینکار به ۸۴۷ متر مربع پنل خورشیدی و ۲۱۰ مترمربع کلکتور خورشیدی

فرودگاه ها از با ارزش ترین زیر ساخت های جوامع پیشرفته محسوب می شوند و به دلیل برخورداری از پتانسیل های مختلف در رشد اقتصادی کشور ها و کمک به ایجاد توسعه پایدار نقش مهمی دارند. با توجه به میزان تردد بالای مسافر، بار وهواپیما فرودگاهها یکی از پر مصرف ترین مکانها در شهر ها از لحاظ مصرف انرژی میباشد. براساس ترازنامه انرژی سال ۱۳۹۴ (isn.moe) میزان سهم فروش برق در بخش های خانگی، صنعتی، کشاورزی، عمومی، تجاری، سایر مصارف وحمل ونقل به ترتیب ۳۳/۵، ۳۱/۵، ۱۵/۹، ۹/۸، ۷/۳ و ۱/۸ و ۰/۲ بوده که این نشان میدهد هزینه های تامین برق در بخش صنعت چقدر به مصرف خانگی نزدیک شده است. لذا کنترل و بهینه کردن مصرف انرژی در بخش صنعت و اختصاصا فرودگاه تاثیر زیادی در کم کردن مصرف انرژی در شهرها دارد.

استفاده زیاد از انرژی های فسیلی باعث افزایش گازهای گلخانه ای و گرمتر شدن زمین وتغییرات آب وهوایی گردیده وهمینطور گران تر شدن حامل های انرژی و محدود بودن آنها باعث گردیده تا جوامع بشری به انرژی های مختلف تجدید پذیر رو بیاورند. لازم به ذکر است که ۴۷ درصد (irma.ir) مصرف انرژی در کشور ما در بخش مصرف خانگی وساختمان میباشد. ساختمان انرژی صفر که به آن ساختمان با برآیند انرژی صفر نیز میگویند ساختمانی است که تمام انرژی خود را خودش تامین نموده وتولید آلاینده های کربنی آن نیز صفر میباشد. این ساختمان ممکن است جدا از شبکه بوده ویا متصل به شبکه باشد به این معنا که انرژی تولیدی مازاد خود را در طی روز به شبکه سراسری برق داده ودر طول شب از شبکه باز پس میگیرد. در بعضی موارد به علت محدودیتهای جغرافیایی ویا مکانی روبه ساختمانهای با همسایگی انرژی صفر می آوریم بدین معنا که بخشی از انرژی این ساختمان از طریق انرژی های تجدید پذیر جبران مینمائیم.

براساس مطالعه ای که در فرودگاه عدنان مندرس ترکیه انجام شده است. (Fatma Tuba 2010) حدود ۸۰ درصد انرژی مصرفی فرودگاه به سیستمهای سرمایش وگرمایش اختصاص میابد. سپس با انجام ممیزی انرژی با کمک نرم افزار Energy plus مشخص گردید ساختمان فرودگاه در

### • طرح مسئله:

ترمینال یک فرودگاه مهرآباد به علت فرسودگی و قدمت بالادارای مصرف انرژی زیادی است لذا ما سعی میکنیم با استفاده از انرژی های تجدید پذیرسهمی از این مصرف را جبران نماییم. مساحت پشت بام این ترمینال در حدود ۴۵۰۰ متر مربع میباشد که در محل و زاویه مناسبی برای احداث یک نیروگاه کوچک خورشیدی و نصب کلکتور خورشیدی است. لذا ما ابتدا میزان مصرف انرژی برق و گاز سالانه را از طریق قبوض مربوطه و مشخصات فنی دستگاهها محاسبه نموده و از طریق محاسبات با کمک نرم افزار تا حد امکان با انرژی تجدید پذیر خورشیدی جایگزین مینمائیم. استفاده از انرژی های تجدید پذیر در فرودگاهها دارای محدودیتهایی نیز است به طور مثال پنل های خورشیدی نباید در زاویه ای قرار بگیرند که باعث انعکاس نور در جهت فرود هواپیما و چشمان خلبان باشند و یا اگر از توربین بادی استفاده میکنیم در فرودگاه به علت وجود برج مراقبت دارای محدودیت ارتفاع هستیم.

### • وضعیت آب و هوایی شهر تهران و امکانسجی استفاده از انرژی خورشیدی

آب و هوای تهران متاثر از کوهستان در شمال و دشت در جنوب است. غیر از شمال تهران که تحت تأثیر کوهستان آب و هوای آن تا حدی معتدل و مرطوب است، آب و هوای بقیه شهر گرم و خشک و در زمستانها اندکی سرد است. مهم ترین منبع بارش در این شهر بادهای مرطوب مدیترانه ای و اطلسی هستند که از سمت غرب میوزند. رشته کوه البرز همچون سدی به نحو موثری از نفوذ بسیاری از توده های هوا جلوگیری کرده و در نتیجه باعث شده است که هوای شهر از یک سو خشک تر و از سوی دیگر از آرامش نسبی برخوردار باشد. اگر میزان انرژی تابشی خورشید بالاتر از ۱۶۰۰ تا ۱۷۰۰ کیلووات بر متر مربع باشد مناسب برای احداث نیروگاه خورشیدی است و این میزان در تهران در حدود  $1800 \text{ kw/m}^2$  میباشد. (satba.gov)

نیاز دارند و با تحلیل اقتصادی به این نتیجه رسیدند بازگشت سرمایه ۴/۶ سال طول خواهد کشید.

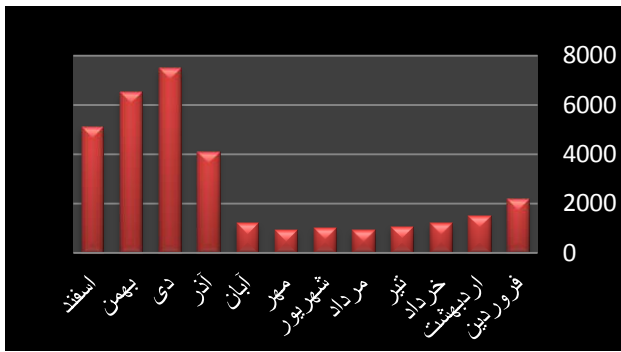
فرودگاه کوچین (digiato) که در جنوب هند واقع است طی مراسمی بهره برداری از سایت ۲۰ هکتاری خود را آغاز کرد. این سایت متشکل از ۴۶ هزار پنل خورشیدی است و روی هم رفته ۱۲ مگاوات برق تولید می کند. این پروژه سابقه ای چندساله دارد، اولین اقدام این فرودگاه نصب تعدادی پنل خورشیدی روی بام ترمینال آن در سال ۲۰۱۳ بود، سپس به تدریج به ابتکارهای دیگری دست زدند. مسوولان فرودگاه اظهار امیدواری کردند که این اقدامات طی یک دوره ۲۵ ساله، از انتشار ۳۰۰ هزار تن کربن جلوگیری کند. اقدام فرودگاه کوچین در راستای برنامه بزرگ دولت هند برای جایگزینی انرژی های تجدیدپذیر و تولید ۱۰۰ گیگاوات برق از سیستم های خورشیدی تا سال ۲۰۲۲ است. هندوستان در حال حاضر ۴ گیگاوات انرژی خورشیدی تولید می کند. انتظار می رود پروژه های انرژی خورشیدی در هندوستان سرمایه گذاران زیادی را به سوی خود جلب کند، تا برق مورد نیاز این کشور از منابع تجدیدپذیر به نحو مطلوب تامین شود



شکل ۱- فرودگاه کوچین هند

گفتنی است که کشور چین نیز طرح های بسیار بزرگی برای استفاده از انرژی های تجدیدپذیر در دست اجرا دارد.

در ایران اقدام جدی در خصوص ترمینال مسافری و یا فرودگاه همسایگی انرژی صفر انجام نشده است تنها به استفاده محدود از پنل های خورشیدی جهت پشتیبانی از تجهیزات الکترونیکی و چند آبگرمکن خورشیدی در برخی فرودگاهها اکتفا شده است و لکن در این مقاله موضوع ترمینال مسافری و فرودگاه همسایگی انرژی صفر و امکانسجی آن برای اولین بار در فرودگاه بین المللی مهر آباد مورد بررسی و تحلیل قرار گرفته است.



شکل ۳- نمودار گاز مصرفی در سال ۹۶

• محاسبه آبگرم مصرفی:

در سال ۹۶ به طور میانگین ۲۹۰۰۰۰۰ نفر از این ترمینال سفر کرده اند، که اگر به ازای هر مسافر ۲ لیتر آبگرم در نظر بگیریم، برای مصرف روزانه خواهیم داشت:

$$2900000 / 12 = 241666 = \text{میانگین مسافر در ماه}$$

$$241666 / 3 = 80555 = \text{میانگین مسافر در روز}$$

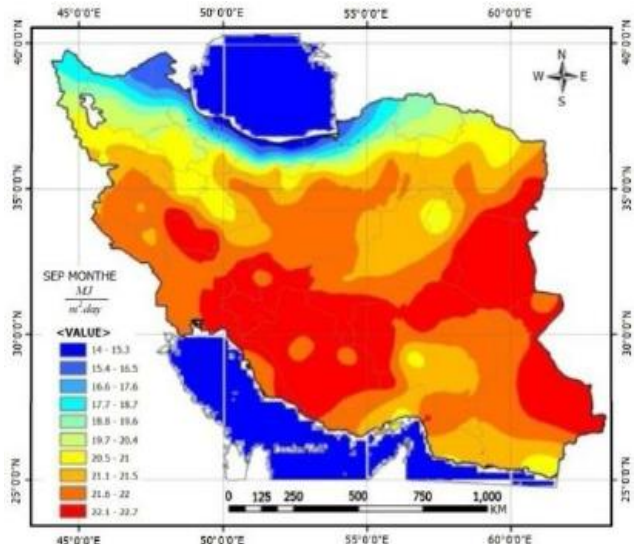
با توجه به اینکه در ایام پیک مسافر مانند نوروز و تعطیلات تابستان ۳۰ تا ۴۰ درصد افزایش مسافر خواهیم داشت لذا مقدار آب مصرفی روزانه ماکزیمم را ۲۵۰۰۰ لیتر در نظر میگیریم. جهت مصرف آبگرم دماهای مختلفی وجود دارد لذا ما در اینجا دمای میانگین ۵۰ درجه سانتیگراد را دمای مبنا قرار میدهم.

جدول ۱- مصرف کننده های عمده آبگرم مصرفی در ترمینال ۱

ردیف	نام مصرف کننده	تعداد
۱	سرویس بهداشتی عمومی	۱۵
۲	سرویس بهداشتی خصوصی	۵
۳	سینک ظرف شویی	۵

• محاسبه برق مصرفی:

مصرف کننده های عمده برق این ترمینال به شرح جدول ذیل میباشند:



شکل ۲- پتانسیل تابش انرژی خورشیدی در ایران

www.researchgate.net

• معرفی ترمینال یک فرودگاه بین المللی مهرآباد

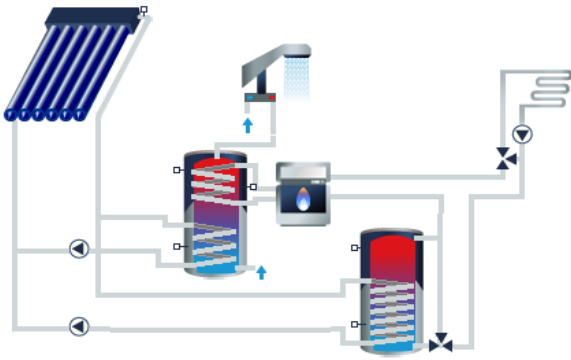
ترمینال یک فرودگاه بین المللی مهر آباد قدیمی ترین ترمینال این فرودگاه بوده که در دهه ۳۰ شمسی ساخته شده است. این ترمینال دارای ۲ سالن عمومی و ترانزیت و قسمت اداری با مساحت کل ۵۰۰۰ متر مربع میباشد و به طور میانگین ۱۷ درصد پروازهای فرودگاه مهر آباد از طریق این ترمینال انجام میگردد (simorgh24) با توجه به اینکه این ترمینال مبدا ورودی رهبر کبیر انقلاب امام خمینی (ره) در ۱۲ بهمن ۱۳۵۷ به ایران بوده لذا این ترمینال از لحاظ تاریخی نیز دارای اهمیت زیادی میباشد و در فهرست آثار ملی به ثبت سازمان میراث فرهنگی رسیده است.

تجهیزات مکانیکی ساختمان این ترمینال به علت قدمت بالا فرسوده بوده و هدر رفت انرژی زیادی نسبت به ساختمانهای دیگر دارد.

۲- روش انجام تحقیق

• محاسبه مصرف گاز طبیعی:

مصرف گاز طبیعی این ترمینال در طول سال در نمودار شکل ۳ نشان داده شده که مصرف آن در طول سال ۳۳۱۹۷ مترمکعب میباشد



شکل ۵- سیستم مورد نیاز جهت آب مصرفی و سیستم گرمایش

### طراحی سیستم فتو ولتائیک

برای طراحی سیستم برق خورشیدی جهت فرودگاه میتوانیم چند حالت در نظر بگیریم:

- ۱- حالت اتصال به شبکه
- ۲- حالت مستقل از شبکه
- ۳- حالت برق ساختمان از نوع DC

در حالت اول ما با شبکه تبادل انرژی داریم و میتوانیم برق اضافه را به شبکه بفروشیم و یا در ترمینالهای دیگر استفاده کنیم. حالت دوم برای مناطقی است که دسترسی به برق شبکه نیست و حالت سوم برای ساختمانهایی هست که اغلب مصرف کنندگان آن برق مستقیم یا DC باشد. (Friedrich Sick 1996) و (Abu-Jasser (Assad 2010)

### محاسبه تعداد و اندازه پنل های فتو ولتائیک

توان پنل های فتو ولتائیک از طریق معادله ذیل (۱) و (۲) محاسبه میگردد.

$E_L$  = میانگین مصرف انرژی روزانه بر حسب کیلووات ساعت در روز میباشد.

$I$  = میانگین تابش انرژی در منطقه میباشد، بر حسب کیلووات ساعت متر مربع در روز.

$PSI$  = شدت تابش ماکزیمم در سطح زمین

$\eta_{B,O}$  = بازدهی تعادل سیستم

$K_{LOSS}$  = ضریبی است که تعیین کننده تلفات مختلفی همچون تلفات گرمایی مائول ها، تلفات اهمی سیم ها و موارد دیگر است

$\eta_{Inverter}$  = تلفات اینورتور

$\eta_{wiring}$  = تلفات کابل کشی

$H_{KLOSS}$  = دیگر تلفات میباشد.

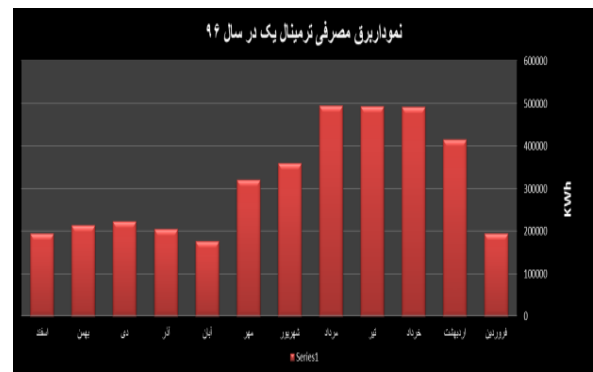
$$P_{PV Array} = \frac{E_L}{\eta_{B,O} \times K_{Loss} \times I} \times PSI \quad (1)$$

$$\eta_{B,O} = \eta_{inverter} \times \eta_{wiring} \quad (2)$$

جدول ۲- مصرف کننده های عمده برق در ترمینال ۱

ردیف	نام مصرف کننده	توضیح
۱	چراغهای روشنایی شامل LED'COB'FLP و...	۹۵ درصد دائم روشن میباشد
۲	هواسازها	۸۰ درصد دائم روشن میباشد.
۳	چیلرهای تراکمی	
۴	پمپهای سیستم سرمایش و گرمایش و برج خنک کن و..	
۵	دیگهای آبگرم	
۶	لوازم اداری	
۷	کولرهای گازی و فن کوئیل ها	
۸	کانتینر پذیرش مسافر و تسمه نقاله	
۹	غرفه های فروش و کافی شاپ و رستوران	

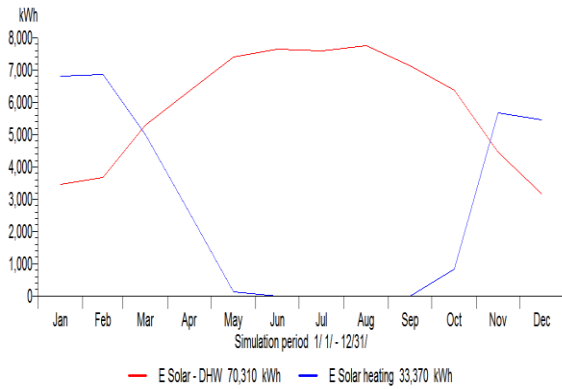
با بررسی فیشهای برق واحدهای مختلف ترمینال، محاسبه و نوشتن معادله در نرم افزار اکسل نمودار مصرفی برق این ترمینال به تفکیک ماههای مصرف به شکل زیر میباشد.



شکل ۴- نمودار برق مصرفی در سال ۹۶

میزان مصرف برق سالانه این ترمینال در حدود ۳۷۸۹۰۰۰ Kwh میباشد. بالاترین مصرف را در این ترمینال سیستم تهویه مطبوع دارد به طور مثال یک دستگاه چیلر تراکمی ۲۵۰ تن تبرید با دو کمپرسور اسکرو در حالت تمام باری در حدود ۱۴۵kw/h میباشد.

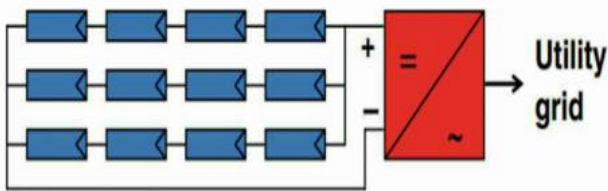
لذا فصل زمستان و مخصوصاً بین فصول یعنی ماههای آبان و یا فروردین که دستگاههای چیلر و سایر دستگاههای تهویه مطبوع خاموش و کم کارکرد میباشد ایام کم مصرف سال محسوب میباشد



شکل ۷- میزان انرژی تولید شده در طول سال

برای تبدیل برق DC یا مستقیم تولیدی از پنلها به برق AC یا متناوب که یا همان برق شهری نیاز به دستگاه اینورتور داریم که به چند صورت میتوان از آنها به صورت سری ویا مرکزی استفاده نمود که در اینجا از یک اینورتور مرکزی برای اینکار استفاده میکنیم. اینورتورها میتوانند تا ۱۱۰ درصد توان نامی خود را ساپورت نمایند. که نرم افزار یک اینورتور ۸۰۴ کیلووات مرکزی را با توجه به چیدمان و تعداد پنل ها مناسب میداند.

### PV plant with central inverters



تصویر شماره ۸- نحوه چیدمان پنلهای خورشیدی

برای محاسبه سیستم خورشیدی از نرم افزار PVSyst استفاده میشود. این نرم افزار امکان محاسبه تعداد پنل و برق تولیدی را برای مساحت مورد نیاز ویا مقدار مساحت برای برق مورد نیاز را برای حالتها متصل ویا منفصل از شبکه را برای آب وهوا وشهرهای مختلف جهان از جمله ایران را دارد. و همچنین توانایی محاسبات مقدار عدم تولید دی اکسید کربن را نیز دارا است. با توجه به اینکه در مسیر فرود هواپیما هیچ نور مزاحمی برای خلبان نباید وجود داشته باشد لذا چیدمان پنل ها در جهت عمود به باندهای پروازی طراحی شده است. و مشخص گردید بهترین زاویه چند زاویه کمتر از زاویه عرض جغرافیایی میباشد. که برای تهران ۳۴ تا ۳۵ درجه بهینه ترین زاویه است. با توجه به مساحت ۴۰۰۰ متر مربع موجود در پشت بام ترمینال پیشنهاد نرم افزار ۲۳۴۰ عدد پنل ۳۱۰ وات میباشد.

مقدار توان تولیدی در طول سال در نمودار شکل (۹) مشخص شده است.

ماژول ها را بصورت سری ( $N_s$ ) و موازی ( $N_p$ ) به هم متصل میکنیم و تعداد ماژول ها نیز از طریق روابط ذیل محاسب میگردد:

(Mussa and Khulud)

$$V_r = \text{ولتاژ نامی پنلها}$$

$$P_r = \text{توان نامی پنلها میباشد.}$$

و تعداد پنلها حاصل ضرب دو معادله (۳) و (۴) میباشد.

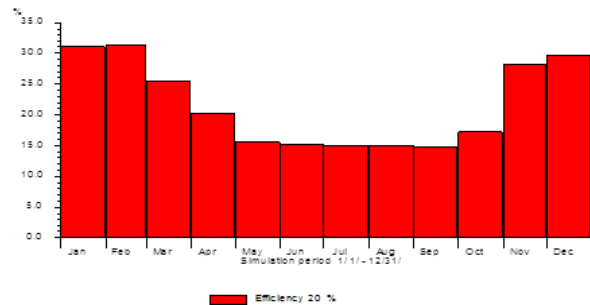
$$N_s = \frac{V_{DC}}{V_r} \quad (3)$$

$$N_p = \frac{P_{PV Array}}{N_s \times P_r} \quad (4)$$

### ۳- نتایج

جهت محاسبه آبگرم مصرفی باید به نحوی باشد که در ایام گرم سال تمام آبگرم مصرفی را تامین نموده و در فصل سرما به عنوان سیستم کمکی بویلر به کار رود. با توجه به مساحت باقیمانده پشت بام پس از چیدمان پنلهای فتوولتائیک که در حدود ۳۰۰ متر مربع میباشد این مساحت جهت تامین آبگرم مصرفی روزانه کافی بوده و در فصول سرد و در طول روزهای سرد بخشی از گرمایش را میتواند تامین نماید. بدین منظور از ۲۵۰ عدد کلکتور ۱ متری از نوع تیوبی با ظرفیت گرمایی ویژه، ۶۰۰۰ [Ws/cm2k] استفاده میشود و زاویه آن را با زاویه عرض جغرافیایی تهران یعنی ۳۵ درجه یکسان میگیریم. نتایج بدست آمده از نرم افزار Tsol نشان میدهد ۱۴۰/۸۸ MWh از این طریق جهت گرمایش سالانه تولید میگردد که الباقی انرژی مورد نیاز از طریق گاز طبیعی تامین میگردد.

و از این طریق سالانه ۱۵۰۰۰ متر مکعب گاز صرفه جویی گردیده و از تولید سالانه ۳۱۸۷۶ کیلوگرم گاز دی اکسید کربن جلوگیری گردید.



شکل ۶- بازدهی سیستم طراحی شده در طول سال.

طبق داده های نرم افزار استفاده از این تعداد پنل های خورشیدی از تولید ۱۲۴۲/۵ تن دی اکسید کربن در طول دوره طراحی جلوگیری میکند.

#### ۴- نتیجه گیری:

در این مطالعه امکان سنجی تبدیل یک ترمینال مسافری فرودگاه به یک ترمینال مسافری انرژی صفر بررسی گردید. با بررسی و محاسبات انجام شده طراحی صورت گرفته نتایج ذیل حاصل گردید:

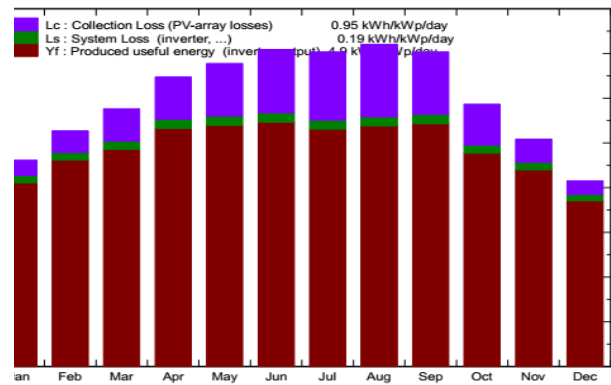
۱- با توجه به وضعیت بحرانی آلاینده های هوا در شهر تهران که باعث شده شهر تهران در ردیف آلوده ترین شهرهای جهان قرار بگیرد و با توجه به موقعیت جغرافیایی فرودگاه مهرآباد در شهر تهران در استفاده از این سیستم جنبه های اقتصادی نباید اولویت باشد و به جنبه های کاهش آلودگی و انرژی پاک باید توجه بیشتری گردد.

۲- با استفاده از ۲۵۰ عدد کلکتور خورشیدی در این ترمینال فرودگاه مهرآباد حدود ۱۵۰۰۰ متر مکعب گاز در بحث گرمایش و آب مصرفی صرفه جویی سالانه گردید و همینطور از تولید ۳۱۸۷۶ کیلو گرم گاز دی اکسید کربن نیز جلوگیری گردیده است.

۳- با کمک ۲۳۴۰ عدد پنل خورشیدی ۳۱۰ وات مقدار ۱۲۹۶۶۰۰ KWh انرژی الکتریکی سالانه تولید گردید که در حدود ۳۵ درصد انرژی مصرفی این ترمینال است. بالاترین میزان مصرف در تیر ماه و مرداد ماه در میانه روز یعنی زمانی که نیاز شدید به سرمایه سازی می باشد اتفاق می افتد در این زمان سیستم فتو ولتائیک به تنهایی قادر به تامین تمام انرژی مصرفی نمی باشد و لکن با توجه به نمودار برق مصرفی و توان تولیدی سیستم فتو ولتائیک در فروردین و یا اواخر مهر و اوایل آبان ماه که ترمینال کمترین برق مصرفی را دارد با مدیریت و تبادل انرژی با شبکه برق شهری به خوبی میتوان به طور کامل انرژی مصرفی را از طریق انرژی های تجدید پذیر تامین نمود.

این تحقیق گام کوچکی در جهت استفاده هرچه بیشتر از انرژی های تجدید پذیر در فرودگاهها و طراحی فرودگاه انرژی صفر در کشور می باشد. با توجه به وسعت و موقعیت جغرافیایی ایران و وجود حدود ۱۰۰ فرودگاه کوچک و بزرگ در کشور میتوان با گسترش این پروژه در فرودگاهها ی کشور گامهای موثر علمی و عملی در کاهش مصرف انرژی و آلودگی ناشی از سوختهای فسیلی برداشت

Normalized productions (per installed kWp): Nominal power 725 kWp



شکل ۹- نمودار توان تولیدی

همینطور که در نمودار شکل (۹) میبینیم رنگ قرمز انرژی مفید تولیدی ماهانه بوده، رنگ سبز تلفات سیستم و رنگ آبی تلفات پنلها (انعکاس نور، آلودگی سطح پنل و...) را نشان میدهد.

نرم افزار سایر اطلاعات را به صورت جدول زیر ارائه داده است. که نشان میدهد در طول سال ۱۲۹۶۶۰۰ KWh انرژی برق تولید میگردد

	GlobHor kWh/m <sup>2</sup>	T Amb °C	GlobInc kWh/m <sup>2</sup>	GlobEff kWh/m <sup>2</sup>	EArray MWh	E_Grid MWh	EffArrR %	EffSysR %
January	85.3	4.25	143.0	139.6	96.0	92.5	14.95	14.40
February	99.9	7.23	147.7	144.1	97.3	93.7	14.67	14.13
March	141.8	12.88	178.7	173.7	113.4	109.2	14.13	13.61
April	173.2	17.58	194.3	188.3	120.4	116.0	13.80	13.29
May	208.7	23.30	210.2	203.1	126.0	121.3	13.35	12.85
June	222.9	28.28	212.7	205.2	123.5	119.0	12.93	12.45
July	221.8	31.22	218.1	210.8	124.0	119.3	12.66	12.18
August	207.9	30.72	223.3	216.4	125.6	121.0	12.53	12.07
September	172.5	26.08	211.1	205.2	122.7	118.2	12.94	12.47
October	130.0	20.35	181.9	177.4	111.4	107.3	13.64	13.14
November	93.8	11.64	152.5	148.9	99.4	95.8	14.52	13.99
December	76.1	5.94	128.7	125.6	86.6	83.3	14.98	14.42
Year	1833.9	18.35	2202.4	2138.6	1346.4	1296.6	13.62	13.11

Legends: GlobHor Horizontal global irradiation EArray Effective energy at the output of the array  
 T Amb Ambient Temperature E\_Grid Energy injected into grid  
 GlobInc Global incident in coll. plane EffArrR Effic. Eout array / rough area  
 GlobEff Effective Global, corr. for IAM and shadings EffSysR Effic. Eout system / rough area

جدول ۳- جدول توان تولیدی در طول سال

#### • جلوگیری از تولید گازهای گلخانه ای

Produced Emissions	Total: 1242.56 tCO2
	Source: Detailed calculation from table below
Replaced Emissions	Total: 0.0 tCO2
	System production: 1296.56 MWh/yr Lifetime: 30 years
	Annual Degradation: 1.0 %
	Grid Lifecycle Emissions: 0 gCO2/kWh
	Source: Custom value supplied by User
CO2 Emission Balance	Total: -1242.6 tCO2

شکل ۱۰- میزان عدم تولید دی

منابع:

1. <http://isn.moe.gov.ir/94>
2. <http://www.irna.ir/fa/News/81894430>
3. Fatma Tuba Cehan Zeren (2010) Energy performance analysis of Adnan Menderes international airport (ADM) A Thesis Submitted to the Graduate School of Engineering and Sciences of Izmir Institute of Technology
4. Kalle Kuusk, Targo Kalamees, (2015) Nzeb retrofit of a concrete large panel apartment building, Elsevier
۱. مهدی بهادری نژاد و حبیب ا... صفرزاده، ۱۳۸۱ طراحی یک ساختمان بی نیاز از انرژی های فسیلی در تهران (ساختمان سبز)
۲. امیر همتی، مهراں رجبی زرگر آبادی، ۱۳۹۴ طراحی و تحلیل اقتصادی هتل انرژی صفر در شهر سمنان، پنجمین کنفرانس بین المللی رویکردهای نوین در نگهداشت انرژی.
7. [www.digiato.com](http://www.digiato.com)
8. <http://www.satba.gov.ir/fa/sun/potential>
9. <https://simorgh24.com>
10. Friedrich Sick and Thomas Erge, "Photovoltaics in Buildings- A Design Handbook for Architects and Engineers", Freiburg, Germany, 1996.
11. Abu-Jasser Assad, "A Stand-Alone Photovoltaic System, Case Study: A Residence In GAZA", Journal of Applied Sciences in Environmental Sanitation, 5 (1): 81-91, 2010
12. Mussa and Khulud El-Shebani, "Solar home PV grid connected system", Al-Azhar Engineering Ninth International Conference, April 12-14, 2007.