

## تحلیل داده های مربوط به ساختمان دانشکده انرژی دانشگاه صنعتی شریف به کمک نرم افزار انرژی پلاس و استاندارد ۱۳۷۹۰ (گرمایش ساعتی)

فرزاد فرزادپور<sup>۱،a</sup>، امیر محمد علی حسینی<sup>۲،b</sup>

<sup>a</sup> کارشناسی ارشد مهندسی انرژی، گرایش تکنولوژی انرژی، دانشگاه صنعتی شریف

<sup>b</sup> کارشناسی ارشد مهندسی انرژی، گرایش محیط زیست، دانشگاه صنعتی شریف

کلمات کلیدی	خلاصه
۱- انرژی پلاس ۲- گرمایش بصورت ساعتی ۳- پیک مصرف ( Peak ) ۴- پایتون	به فرایند افزایش دما ، گرمایش می گویند . سامانه ها و دستگاه های گوناگونی وجود دارد مانند بخاری ها، رادیاتور ها، آبگرمکن ها، فن کوئل ها، پکیج شوفاژ دیواری، موتورخانه و جز اینها که به وسیله آن ها فرایند گرمایش انجام می گیرد . امروزه محاسبات فرایند گرمایش ساختمان ها بسیار ساده تر از گذشته انجام می شود . در این پژوهش به دنبال این هستیم تا با پردازش مدل دانشکده انرژی دانشگاه صنعتی شریف در نرم افزار انرژی پلاس و بدست آوردن خروجی ها از این نرم افزار ، فاز گرمایش بصورت ساعتی را بر اساس پیک مصرف بررسی کنیم .

### ۱. مقدمه

در ابتدا کمی به بحث درمورد سیستم های گرمایش می پردازیم . یکی از مهمترین تجهیزاتی که باید در هر مکانی در نظر گرفته شود ، سیستم گرمایش است . انتخاب مناسب ترین سیستم گرمایش برای هر مکانی تاثیر زیادی روی کیفیت

زندگی و کار افراد دارد . عوامل مختلفی وجود دارد که باید قبل از انتخاب سیستم های گرمایش به آن ها فکر کنید . یکی از آن ها راندمان بالای سیستم های گرمایشی می باشد . راندمان بالا در انتخاب سیستم گرمایشی از اهمیت بسیاری برخوردار است . ساده ترین دلیل برای انتخاب سیستمی با بازده بالا این است که هزینه کارکرد آن نسبت به مدل با بازده

<sup>1</sup> farzad\_fpr622@yahoo.com

<sup>2</sup> Am.alihosseini[at]energy.sharif.ir

پایین بسیار کمتر است. سیستم های با بازده بالا اغلب می توانند هزینه های جاری را به نصف یا بیشتر کاهش دهند در حالی که کارآمدترین سیستم های گرمایشی تا ۷۰ درصد هزینه های صورت حساب را کاهش می دهند. باید به یاد داشت که هر نوع سیستم گرمایشی که انتخاب می شود، باید اندازه HVAC آن به درستی ساخته شود تا سطح گرمایشی را که لازم است تولید کند.

به طور کلی سیستم های گرمایش به سه دسته زیر تقسیم بندی می شوند:

- مرکزی (سیستم داکت)
- بدون کانال
- مستقیم

یک سیستم گرمایش مرکزی، گرما را به کل فضای داخلی ساختمان فراهم می کند. تولید گرما از طریق یک منبع حرارتی مرکزی اتفاق می افتد و گرمای تولید شده بسته به نوع سیستم گرمایش مرکزی از طریق شبکه ای از مجاری یا لوله ها در سراسر ساختمان پخش می شود. سیستم های گرمایش بدون کانال، به عنوان پمپ حرارتی درونی نیز شناخته می شوند. این سیستم ها به راحتی قابل نصب است و مانند سیستم های گرمایشی مرکزی هزینه زیادی ندارد و از طرفی این نوع سیستم گرمایشی بسیار کم مصرف است.

سیستم گرمایش مستقیم روشی متعارف برای به دست آوردن گرما به طور مستقیم از منبع گرما است که برای گرم نگه داشتن ساختمان نیازی به شبکه مجاری و منافذ یا واحد بیرونی ندارد. این سیستم ها اغلب برای فضای کوچک مناسب است زیرا دارای گرمایش کمی است.

حال به سراغ نرم افزار انرژی پلاس می رویم.

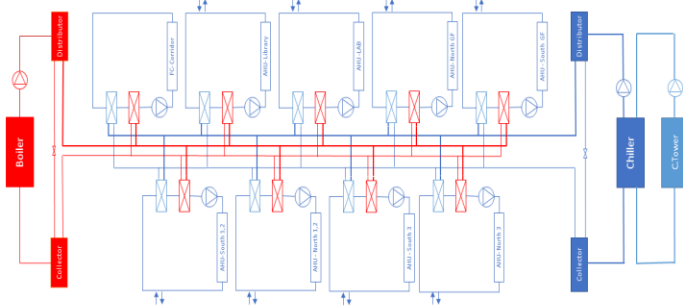
نرم افزار انرژی پلاس یکی از قدرتمندترین نرم افزارهای شبیه سازی انرژی حال حاضر دنیا می باشد. این نرم افزار یک شبیه سازی جامع انرژی از ساختمان را در اختیار مهندسان، معماران و محققان به منظور کاربرد در مدل های انرژی و مصرف آب قرار می دهد. استفاده از انرژی پلاس توسط متخصصین بخش ساختمان سبب بهینه سازی طراحی برای استفاده کمتر از انرژی و آب خواهد شد.

انرژی پلاس سیستم های گرمایشی، سرمایشی، روشنایی، تهویه و دیگر جریان های انرژی را در کنار مصرف آب مدلسازی می نماید. این نرم افزار دارای توانمندی های خلاقانه و مفیدی در شبیه سازی همچون آنالیز با بازه زمانی کمتر از یک ساعت، سیستم مدولار، جریان های هوایی چند منطقه ای، شرایط آسایش، تهویه طبیعی و سیستم های فتوولتائیک می باشد. این نرم افزار قابلیت های کلیدی مانند شبیه سازی های یکپارچه را دارد. یعنی انرژی پلاس قابلیت شبیه سازی یکپارچه بین ساختمان، سیستم اصلی و ثانویه را دارا می باشد. برای مثال بصورت همزمان و یکپارچه، ساختمان، سیستم گرمایشی اصلی و سیستم پمپ زمین حرارتی بعنوان سیستم کمکی در کنار پارامترهای کنترلی و ... همه و همه در کنار می توانند شبیه سازی شوند.

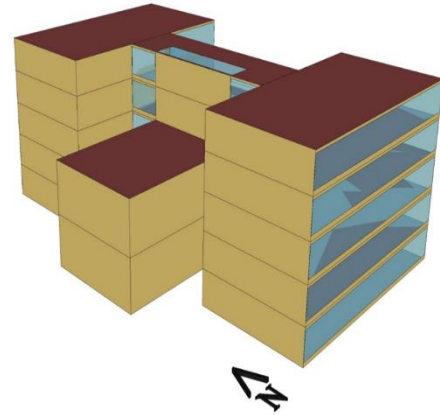
## ۲. چارچوب:

برای انجام این پروژه یک مدل ساده از دانشکده انرژی دانشگاه صنعتی شریف از مرجع [1] در اختیار داریم. این مدل را در شکل زیر می توان مشاهده کرد. ورودی اصلی دانشکده انرژی دانشگاه صنعتی شریف به سمت

شرق می باشد ، بنابراین مدل ما یک مدل شرقی محسوب می شود .

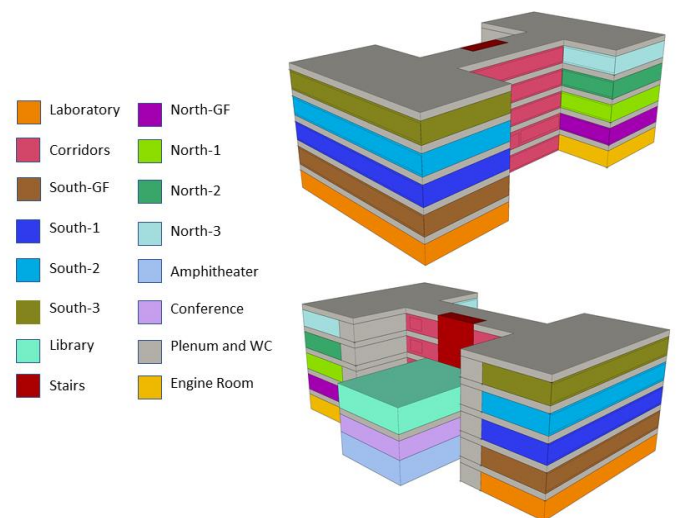


شکل ۳- سیستم گرمایشی و سرمایشی دانشکده انرژی



شکل ۱- نمای از مدل دانشکده انرژی

همچنین نمایی از فضاهای مختلف دانشکده انرژی را در شکل زیر مشاهده می کنیم :



شکل ۲- فضاهای مختلف دانشکده انرژی

در شکل ۳ نیز نقشه ی سیستم گرمایشی و سرمایشی دانشکده را ملاحظه می کنیم :

```
# retrieve hourly output (.eso file)
hourly_output = s.get_out_eso()

# ask for datetime index on year 2013
hourly_output.create_datetime_index(2013)

# get Pandas dataframe
dff = hourly_output.get_data()

# monthly resample and display
#print(dff[[
#     "environment,Site Outdoor Air Drybulb Temperature",
#     "main zone,Zone Mean Air Temperature"
# ]].resample("MS").mean())
```

شکل ۴- کد پایتون در Jupiterlab

Class List			Comments from IDF		
Simulation Parameters					
[0001]	Version				
[0001]	SimulationControl				
[.....]	PerformancePrecisionTradeoffs				
[0001]	Building		Explanation of Object and I		
[0001]	ShadowCalculation		Object Description: Descri		
[0001]	SurfaceConvectionAlgorithm:Inside		of the building. There are r		
[0001]	SurfaceConvectionAlgorithm:Outside		this object and some entrie		
[0001]	HeatBalanceAlgorithm		Site:HeightVariation object		
[.....]	HeatBalanceSettings:ConductionFiniteDifference				
[0001]	ZoneAirHeatBalanceAlgorithm		Field Description:		
[0001]	ZoneAirContaminantBalance		ID: A1		

Field	Units	Obj1
Name		Building 1
North Axis	deg	
Terrain		
Loads Convergence Tolerance Value		
Temperature Convergence Tolerance Value	deltaC	
Solar Distribution		
Maximum Number of Warmup Days		
Minimum Number of Warmup Days		

شکل ۵- زبانه Building برای چرخاندن مدل

. سپس از زبانه ساختمان<sup>۳</sup> در نرم افزار ، زاویه ساختمان با جهت شمال را تغییر داده ایم تا مدل دانشکده بچرخد .

ما این زاویه را برای دانشکده برای شمال ، شرق ، غرب و جنوب به ترتیب ۰ و ۹۰ و ۲۷۰ و ۱۸۰ درجه در نظر گرفتیم. یعنی به طور کلی ۱۲ مدل از دانشکده در جهت های جغرافیایی مختلف داریم . کد پایتون مربوط به کارهای گفته شده را در نرم افزار Jupiterlab اعمال کردیم . نمونه ای از این کد را برای شهر تهران در زیر مشاهده می کنید :

```
import os
import opyplus as op

eplus_dir_path = op.get_eplus_base_dir_path((9, 2, 0))

# idf path
idf_path = os.path.join(
    eplus_dir_path,
    "ExampleFiles",
    "DOEE-EnergyPlus V0.1.2.idf"
)

# epw path
epw_path = os.path.join(
    eplus_dir_path,
    "WeatherData",
    "IRN_Tehran-Mehrabad.407540_ITMY.epw"
)

dir_path = os.path.join(
    eplus_dir_path,
    "workflows"
)

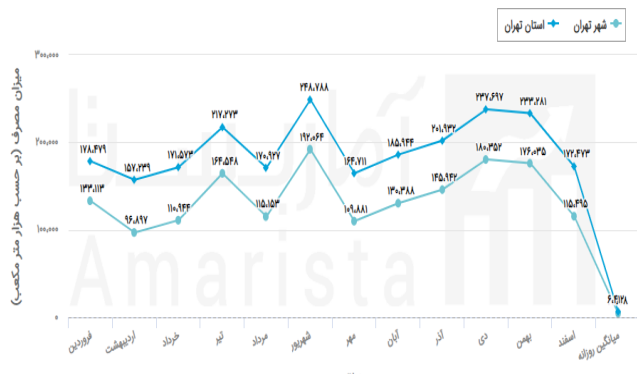
# run simulation
s = op.simulate(
    idf_path,
    epw_path,
    dir_path,
)
```

همچنین گام زمانی<sup>۴</sup> را در نرم افزار از ۶ بار در ساعت ، به یکبار در ساعت یا همان ساعتی تغییر داده ایم تا محاسبات بصورت ساعتی انجام شود .

در اینجا توجه ما معطوف به مصرف گاز است زیرا در حال بررسی فاز گرمایش هستیم .

<sup>4</sup> TimeStep

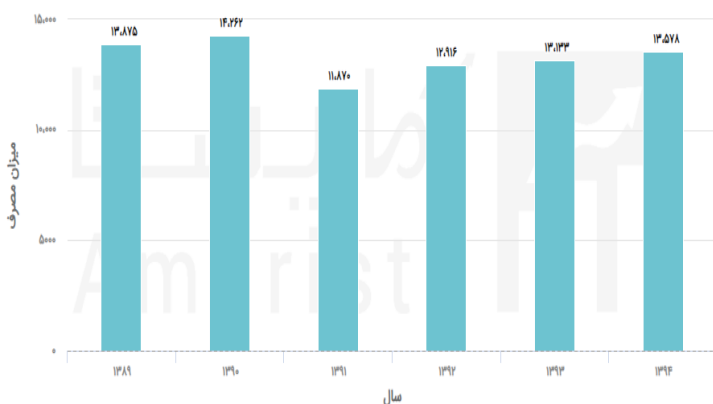
<sup>3</sup> Building



شکل ۷- مصرف گاز استان تهران به تفکیک ماه سال ۹۴

بررسی وضعیت مصرف گاز طبیعی نشان می دهد که ۲۶ درصد مصرف این حامل انرژی در کشور به بخش خانگی اختصاص داده شده است. اما در بخش خانگی، گاز طبیعی با سهم ۷۸ درصدی از کل مصرف حامل های انرژی در این بخش، مهمترین نقش را در انرژی مصرفی در بخش خانگی ایفا می کند. بررسی روند مصرف گاز طی ده سال اخیر نشان دهنده رشد مصرف گاز در بخش خانگی است.

بطور مثال میزان مصرف گاز طبیعی برای شهر تهران طی سال های ۹۴-۸۹ را در شکل ۶ می بینید که تقریباً روند ثابتی را داشته است:



شکل ۶- مصرف گاز شهر تهران طی سالهای ۸۹-۹۴ - بر حسب میلیون متر مکعب

همچنین در شکل ۷ میانگین مصرف گاز برای شهر و استان تهران را به تفکیک ماه مشاهده می کنید. همانطور که انتظار می رفت بیشترین مصرف گاز مربوط به ماه های زمستانی می شود:

### ۳- تحلیل داده های گرمایش ساعتی:

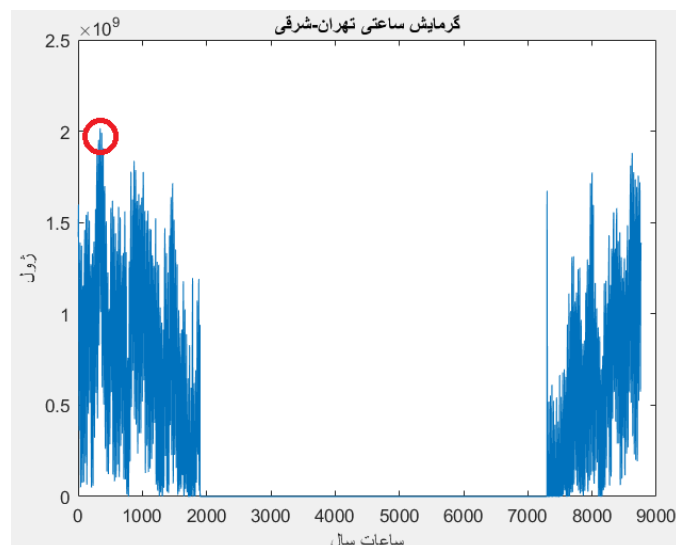
پس از استخراج داده های مربوط به گرمایش به صورت ساعتی، مقدار گرمایش لازم بر اساس ژول برای ساختمان دانشکده انرژی دانشگاه شریف بدست می آید. این مقدار برابر با مقدار مصرف گاز در نظر گرفته شده است. این مقادیر برای شرایط آب و هوایی سه استان تهران، تبریز و یزد برای چهار حالت شرقی، شمالی، غربی و جنوبی محاسبه شده است.

#### ۳.۱- تهران:

ابتدا حالت کلی مصرف گاز که در چهار حالت جغرافیایی محاسبه شده است و تقریباً هر چهار حالت روند کلی یکسانی دارند، آورده شده است. برای مثال برای حالت واقعی

دانشکده (شرقی)، مقدار انرژی گرمایشی لازم بر حسب ساعات

سال به شکل زیر است:



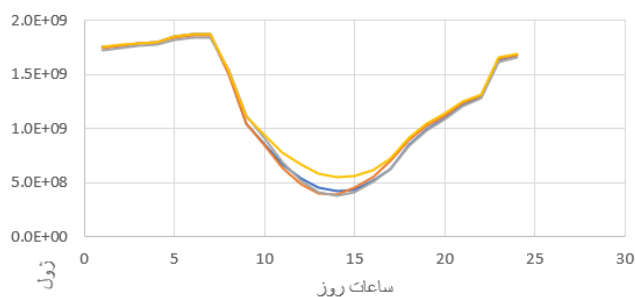
نمودار ۱\_ گرمایش ساعتی برای تهران حالت شرقی

پیک مصرف گاز با دایره قرمز نشان داده شده است و در این پژوهش از مقادیر این پیک ها برای تحلیل داده ها استفاده شده است. مشاهده می شود که برای تقریباً ۵۰۰۰ ساعت در سال نیاز به گرمایش وجود ندارد.

اگر تاریخ مصرف پیک استخراج شود، دیده می شود که این تاریخ برابر با ۱۳ تا ۱۷ ماه ژانویه ۲۰۱۳ که اگر این تاریخ را به شمسی تبدیل کنیم برابر با ۲۴ تا ۲۸ دی ماه ۱۳۹۱. این تاریخ برای حالت های جغرافیایی دیگر نیز اوج مصرف گرمایشی را نشان می دهند. اوج مصرف برای روز ۲۶ دی است و این پیک برای ساعات اول صبح یعنی ۶ صبح اتفاق می افتد.

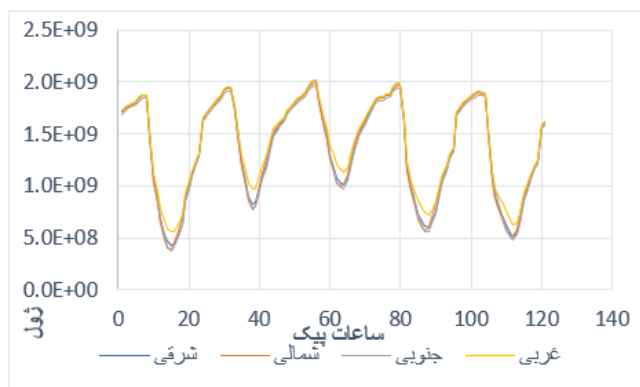
روزهای اوج مصرف گرمایشی از سایر دیتا ها جدا شده و به صورت ۵ روز جداگانه به صورت ساعتی به شکل نمودار ۲ آورده شده است.

دی ۲۴



— شرقی — شمالی — جنوبی — غربی

نمودار ۲\_ مصرف روز پیک



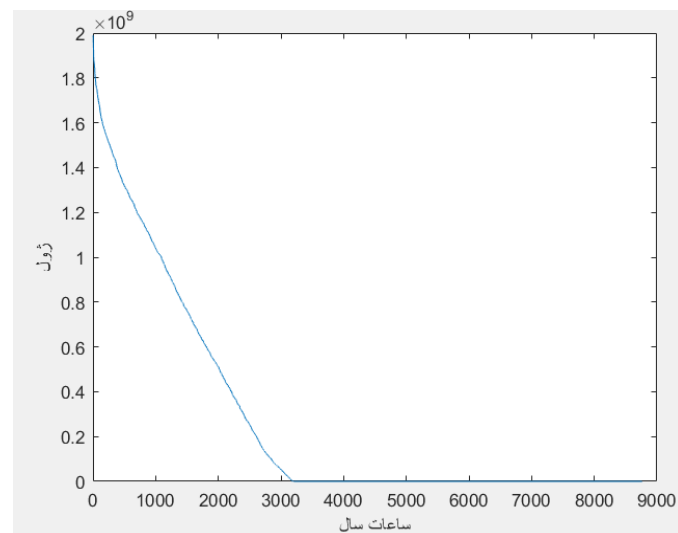
نمودار ۳\_ گرمایش روز های پیک (۲۴ تا ۲۸ دی) چهار جهت تهران

تفاوت زیادی برای ساعات پیک بین حالات مختلف جغرافیایی وجود ندارد و الگویی که دارند به شکل افت مصرف در ساعاتی که تابش آفتاب وجود دارد و افزایش مصرف در هنگام شب و قبل طلوع آفتاب است. نکته مهم افزایش مصرف تا سه برابر در حالتی که آفتاب وجود ندارد (شب) اتفاق می افتد. اختلاف اندکی در روز های پیک مصرف در بین چهار جهت وجود دارد که به شکل زیر است:

جنوبی > شمالی > غربی > شرقی

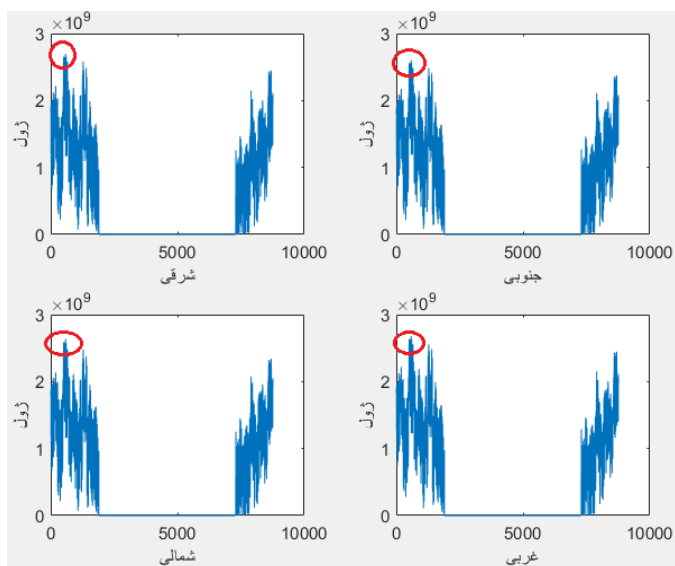
دلیل منطقی هم دارد و آن جهت باد غالب تهران است. باد تهران جهت غالب غربی (۲۷۰ درجه) دارد و ساختمان دانشکده اگر در جهت های غربی و شرقی قرار بگیرد، مساحت بیشتری را در دسترس انتقال حرارت و باد قرار می دهد و نیاز به گرمایش افزایش می یابد در صورتی که اگر شمالی و جنوبی باشد مساحت کمتری را در معرض باد قرار می دهد.

تحلیل دیگر، بیشترین ساعات مصرف است. اگر داده های گرمایش (نمودار ۱) به صورت کاهش مرتب شود و نمودار کشیده شود به شکل نمودار ۳ می شود.



نمودار ۴\_ نمودار کاهش گرمایش ساعتی برای تهران حالت شرقی

با استفاده از نرم افزار متلب، داده ها برای چهار جهت به شکل نمودار در می آیند. مشاهده می شود که الگویی مشابه به هم دارند.



نمودار ۵\_ مصرف گاز برای تبریز (حالت ۴)

پیک مصرف با دایره قرمز نشان داده شده است (نمودار ۴). این پیک برای شهر تبریز بین روزهای ۲۲ تا ۲۶ ژانویه (۳ تا ۷ بهمن) است. ساعت اوج مصرف در ۶ بهمن و اوایل صبح (۷ صبح) اتفاق می افتد (جدول ۲ و ۳). اختلاف بیشتری بین مقدار مصرف پیک برای جهت های مختلف وجود دارد. نمودار گرمایش برای روز های پیک در ۴ جهت در نمودار ۵ کشیده شده است. طبق این نمودار اختلاف زیادی بین ۴ حالت وجود ندارد اما مقدار این اختلاف از اختلاف در شرایط استان تهران بیشتر است.

مصرف گاز بر حسب گیگا ژول						
مرتبه	ساعت	تاریخ	شرقی	شمالی	جنوبی	غربی
۱	۷	۲۶ دی	۲۰۱۶	۱۹۸۹	۱۹۶۵	۲۰۱۴
۲	۶	۲۶ دی	۲۰۰۴	۱۹۷۹	۱۹۵۴	۲۰۰۴
۳	۶	۲۷ دی	۱۹۹۲	۱۹۶۸	۱۹۴۴	۱۹۸۸
۴	۷	۲۷ دی	۱۹۸۱	۱۹۶۳	۱۹۳۹	۱۹۸۱
۵	۵	۲۶ دی	۱۹۶۴	۱۹۴۵	۱۹۲۱	۱۹۶۶
۶	۶	۲۵ دی	۱۹۵۲	۱۹۳۵	۱۹۱۱	۱۹۵۳
۷	۷	۲۵ دی	۱۹۴۹	۱۹۳۳	۱۹۱۱	۱۹۵۵
۸	۵	۲۷ دی	۱۹۴۸	۱۹۳۳	۱۹۰۷	۱۹۴۹
۹	۵	۲۵ دی	۱۹۲۶	۱۹۱۱	۱۸۶۶	۱۹۲۸
۱۰	۵	۲۸ دی	۱۹۰۶	۱۸۹۵	۱۸۷۱	۱۹۰۷

جدول ۱\_ ۱۰ ساعت اول در مصرف گاز برای تهران (حالت ۴)

۱۰ ساعت اول با بیشترین مقدار مصرف را برای چهار جهت در جدول ۱ آورده شده است.

## ۳.۲- تبریز:

نمودار کاهشی گرمایش (نمودار ۶) متفاوت با تهران (نمودار ۳) است و دچار دو خمیدگی است بر خلاف تهران که تقریباً خطی است. این نشان دهنده آن است تغییرات گرمایش در تبریز روند نوسانی تری دارد. همچنین ۱۰ ساعتی که در سال بیشترین نیاز گرمایشی را دارند برای هر جهت در جداول ۲ و ۳ آورده شده است.

مصرف گاز بر حسب گیگا ژول					
شرقی			شمالی		
مقدار	تاریخ	ساعت	مقدار	تاریخ	ساعت
۲.۶۰۲	بهمن ۶	۷	۲.۶۹۵	بهمن ۶	۷
۲.۵۸۴	بهمن ۶	۶	۲.۶۸۳	بهمن ۶	۶
۲.۵۵۹	بهمن ۳	۷	۲.۶۵۵	بهمن ۳	۷
۲.۵۵۸	بهمن ۳	۸	۲.۶۵	بهمن ۳	۸
۲.۵۵۶	بهمن ۷	۷	۲.۶۴۹	بهمن ۷	۷
۲.۵۵	بهمن ۳	۷	۲.۶۴۶	بهمن ۷	۶
۲.۵۴۹	بهمن ۷	۵	۲.۶۴۵	بهمن ۶	۵
۲.۴۵	بهمن ۶	۷	۲.۶۴	بهمن ۴	۷
۲.۴	بهمن ۳	۵	۲.۶۳۷	بهمن ۷	۵
۲.۳۸	بهمن ۷	۶	۲.۶۳	بهمن ۴	۶

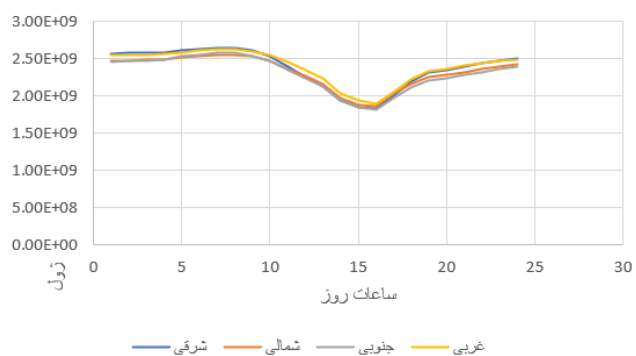
جدول ۲\_ ۱۰ ساعت اول در مصرف گاز برای تبریز (شمالی و شرقی)

مصرف گاز بر حسب گیگا ژول					
غربی			جنوبی		
مقدار	تاریخ	ساعت	مقدار	تاریخ	ساعت
۲.۶۷۸	بهمن ۶	۷	۲.۶۳۲	بهمن ۶	۷
۲.۶۶۱	بهمن ۶	۶	۲.۶۲۱	بهمن ۶	۶
۲.۶۳۵	بهمن ۳	۷	۲.۵۸۹	بهمن ۳	۸
۲.۶۳	بهمن ۳	۸	۲.۵۸۲	بهمن ۳	۷
۲.۶۲۵	بهمن ۷	۷	۲.۵۸۱	بهمن ۶	۵
۲.۶۲۴	بهمن ۷	۶	۲.۵۷۷	بهمن ۷	۷
۲.۶۲	بهمن ۴	۷	۲.۵۷۶	بهمن ۴	۷
۲.۶۱۷	بهمن ۵	۵	۲.۵۷	بهمن ۷	۸
۲.۶۱	بهمن ۶	۵	۲.۵۶	بهمن ۴	۶
۲.۵۸	بهمن ۷	۷	۲.۵۵۸	بهمن ۳	۶

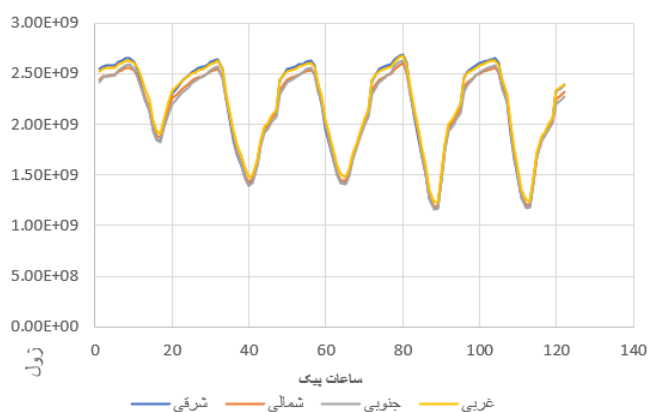
جدول ۳\_ ۱۰ ساعت اول در مصرف گاز برای تبریز (جنوبی و غربی)

این ساعات برای تبریز برای ۴ حالت متفاوت است در حالی که در تهران این ساعات (جدول ۱) برای چهار جهت یکسان

بهمن ۳



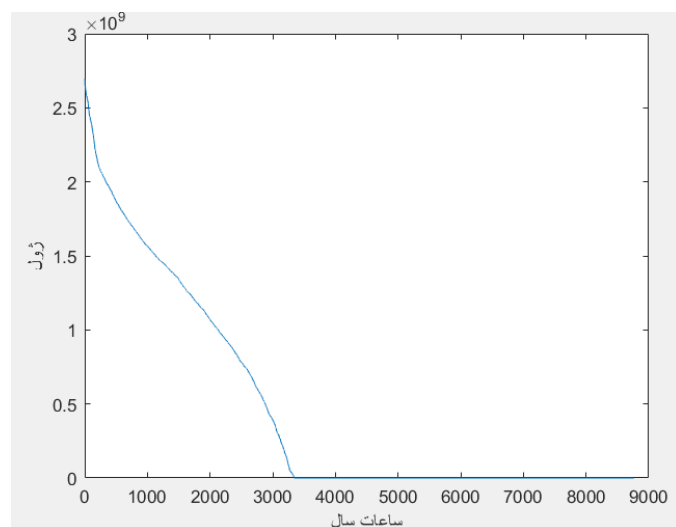
نمودار ۶\_ مصرف روز پیک



نمودار ۷\_ گرمایش روز های پیک (۳ تا ۷ بهمن) و روز پیک برای ۴ جهت تبریز

طبق نمودار قرار گیری ۴ نمودار برای گرمایش به صورت زیر است:

شمالی > جنوبی > غربی > شرقی



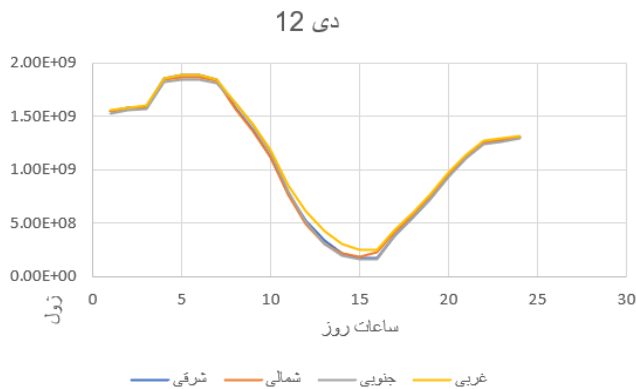
نمودار ۸\_ نمودار کاهشی گرمایش ساعته برای تبریز حالت شرقی



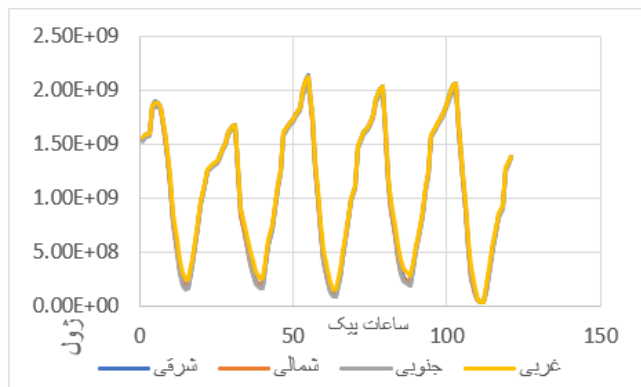
بدست آمده است. این نشان دهنده آن است که در تبریز چرخش ساختمان تاثیر بیشتری بر روی گرمایش ساختمان دارد.

### ۳.۳- یزد:

مانند دو قسمت قبل تحلیل های مشابه برای یزد بکار برده می شود. نمودار های ۴ جهت روند یکسانی دارند و برای نمونه فقط حالت شرقی برای یزد آورده شده است. (نمودار ۷)



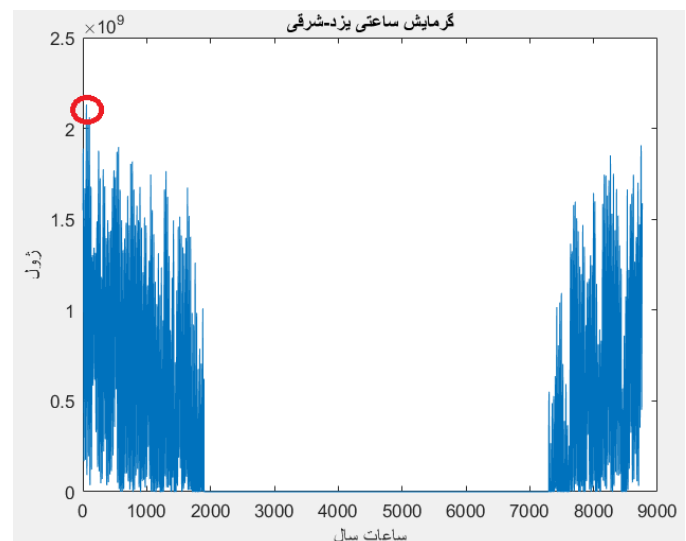
نمودار ۱۰- مصرف روز پیک



نمودار ۱۱- گرمایش روزهای پیک (۱۲ تا ۱۶ دی) و روز پیک برای ۴ جهت یزد

تفاوت برای چهار جهت بسیار اندک است. نکته مهم افت مقدار گرمایش تا نزدیکی صفر برای بعضی از ساعات است. یزد جز مناطق مرکزی ایران با اقلیم گرم و خشک است و کویر در نزدیکی شهر است همین امر باعث می شود که در بعضی از ساعات روز تابش آفتاب و گرم شدن زمین و ساختمان نیاز به گرمایش را بشدت کاهش دهد، این مورد در استان های تهران و تبریز مشاهده نشده است. در یزد برای روز های پیک نوسانی اتفاق می افتد که تا یک چهارم افت گرمایش مشاهده می شود. تفاوت چهار جهت در مقدار گرمایش به شکل زیر است:

جنوبی > شمالی > غربی > شرقی



نمودار ۹- گرمایش ساعتی برای تهران حالت شرقی

پیک مصرف گاز با دایره قرمز مشخص شده است. این پیک را برای یزد استخراج می کنیم و این تاریخ برای یزد برابر با ۱ تا ۵ ژانویه ۲۰۱۳ میلادی که با تبدیل به شمسی برابر با ۱۲ تا ۱۶ دی ماه ۱۳۹۱ است. برای این پنج روز نمودار مصرف گاز به صورت جداگانه رسم می شود. (نمودار ۸)

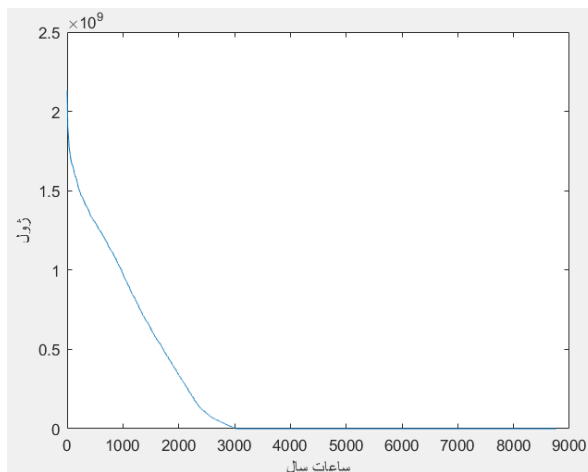
مانند تهران ۱۰ ساعت اول پر مصرف سال برای یزد در چهار جهت یکسان است.

#### ۴- استفاده از استاندارد ۱۳۷۹۰:

استاندارد ۱۳۷۹۰ استاندارد برای محاسبه مصرف انرژی برای سرمایش و گرمایش فضاهای یک ساختمان است.

ما از پیوست ۵ C برای محاسبه گرمایش ساعتی دانشکده انرژی دانشگاه صنعتی شریف استفاده کرده ایم. ابتدا برای استفاده از این استاندارد، ما ساختمان دانشکده انرژی را بجای چند ناحیه ای<sup>۶</sup>، تک ناحیه ای<sup>۷</sup> در نظر گرفته ایم که برای این فرض نیاز به در نظر گرفتن چند مورد داریم:

- دمای تعیین شده<sup>۸</sup> برای گرمایش فضاهای ساختمان بیشتر از ۴ درجه کلون تفاوت نکند.
- فضاها همگی بصورت مکانیکی خنک نمی شوند یا همه آن ها بصورت مکانیکی خنکی می شوند و دمای تعیین شده برای سرمایش فضاها نباید بیشتر از ۴ درجه کلون تفاوت کند.
- فضاها با یک جور سیستم گرمایشی و یک جور سیستم سرمایشی سرویس دهی می شوند.
- در صورت وجود سیستم یا سیستم های تهویه، طبق استاندارد مربوطه در سیستم های تهویه مندرج در پیوست A استاندارد ۱۳۷۹۰، حداقل ۸۰٪ از سطح فضاها توسط همان سیستم تهویه سرویس دهی می شوند.
- مقدار تهویه در فضاها، بر حسب متر مکعب بر متر مربع سطح زمین در هر ثانیه، همانطور که توسط استاندارد مربوطه در مورد جریان هولی تهویه مشخص شده در پیوست A استاندارد ۱۳۷۹۰



نمودار ۱۲\_ نمودار کاهشی گرمایش ساعتی برای یزد حالت شرقی

نمودار کاهشی (نمودار ۹) مانند نمودار تهران است با این تفاوت که شیب برای یزد اندکی بیشتر است و روز های سرد کمتری را نسبت به تهران و تبریز تجربه میکند. هم چنین مقدار ماکزیمم گرمایش نسبت به تهران بیشتر است و این نشان دهنده آن است که یزد افت دمایی بیشتری را نسبت به تهران دارد اما از تبریز کمتر است. از نمودار ۹، ۱۰ ساعتی که بیشترین مقدار مصرف در سال را داشته اند جدا شده اند و در جدول ۴ آورده شده اند.

مصرف گاز بر حسب گیگا ژول					
مرتبه	ساعت	تاریخ	شرقی	شمالی	جنوبی
۱	۷	۱۴ دی	۲.۱۳	۲.۰۷	۲.۰۴
۲	۶	۱۴ دی	۲.۰۹	۲.۰۴	۲.۰۱
۳	۷	۱۶ دی	۲.۰۶	۲.۰۲	۲
۴	۶	۱۶ دی	۲.۰۵	۲.۰۱	۱.۹۹
۵	۷	۱۵ دی	۲.۰۴	۲	۱.۹۷
۶	۶	۱۵ دی	۲.۰۱	۱.۹۸	۱.۹۶
۷	۵	۱۴ دی	۲	۱.۹	۱.۹۴
۸	۵	۱۶ دی	۱.۹۸	۱.۹۵	۱.۹۳
۹	۵	۱۴ دی	۱.۹۲	۱.۹	۱.۸۸
۱۰	۷	۱۱ دی	۱.۹۱	۱.۸۹	۱.۸۷

جدول ۴\_ ۱۰ ساعت اول مصرف گاز برای یزد (۴ جهت)

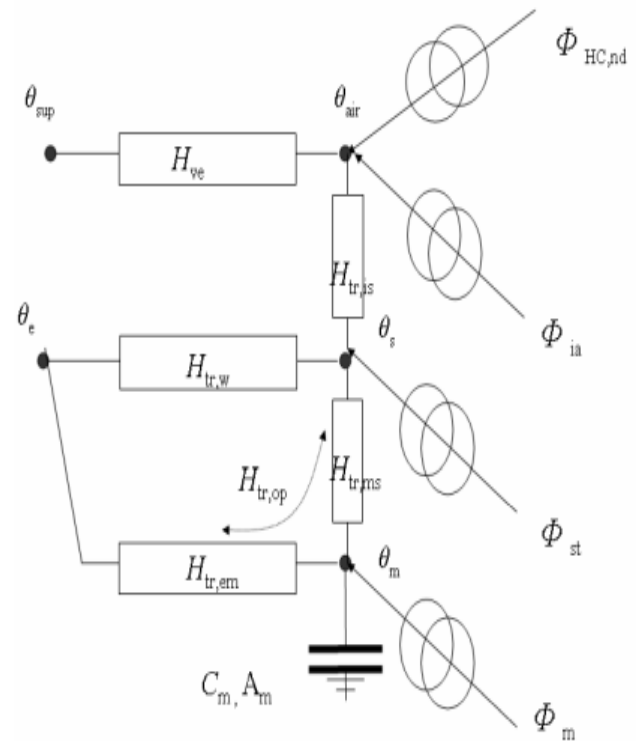
<sup>7</sup> Single Zone

<sup>8</sup> Set-point

<sup>5</sup> Annex C

<sup>6</sup> Multi Zone

مشخص شده است ، بیش از یک ضریب ۴ در ۸۰٪



از مقدار متفاوت است . سطح زمین یا درهای بین فضاها احتمالاً اغلب باز هستند .

با در نظر گرفتن شرایط بالا می توان برای ساختمان دانشکده که حالا تک ناحیه ای فرض شده است ، یک دمای تعیین شده معادل از رابطه زیر پیدا کرد :

$$\theta_{int,H,set} = \frac{\sum_s A_{f,s} \theta_{int,s,H,set}}{\sum_s A_{f,s}} \quad (1)$$

where

$\theta_{int,s,H,set}$  is the set-point temperature for heating of space  $s$ , determined in accordance with Clause 13, expressed in degrees Celsius;

$A_{f,s}$  is the conditioned floor area of space,  $s$ , determined in accordance with 6.4, expressed in square metres.

که بدلیل اینکه برای همه فضاهای دانشکده یک دمای تعیین شده معین فرض شده است ، بنابراین لازم به محاسبه میانگین وزنی برای این مورد نیست چرا که دمای تعیین شده معادل ، همان دمای فضاهای دانشکده خواهد بود .

مدل استفاده شده مبتنی بر مدل RC (مقاومت - خازنی) می باشد. این مدل بین دمای هوای داخلی و دمای میانگین سطوح داخلی، تمایز قائل می شود. این مدل را در شکل زیر مشاهده می کنید :

شکل ۸ - مدل RC محاسبه بار گرمایش ساختمان

انتقال حرارت با استفاد از تهویه، با استفاده  $H_{ve}$  نمایش داده می شود. که بین دو گره ی  $\theta_{sup}$  و  $\theta_{air}$  قرار دارد.  $\theta_s$  (گره مرکزی) ترکیبی از دمای میانگین تابشی و دمای هوا است. نرخ انتقال حرارت مربوط به منابع گرمای داخلی (لامپ ها، تجهیزات و ...) با  $\phi_{int}$  و نرخ انتقال حرارت مربوط به منابع گرمای خورشیدی ( مثل گرمای ناشی از تابش خورشید) با  $\phi_{sol}$  نمایش داده می شود.

نیز نمایانگر نرخ حرارت مربوط به نیاز سرمایش یا گرمایش می باشد. که با ضرب این مقدار، در ۰.۰۳۶ ، نیاز سرمایش یا گرمایش برحسب مگاژول بدست می آید.

### محاسبه $\phi_{int}$ :

این نرخ حرارت، شامل موارد مختلف می شود که عبارتند از :

- گرمای دفع شده از افراد (  $\phi_{int,oc}$  )
- گرمای دفع شده از وسایل (  $\phi_{int,A}$  )
- گرمای دفع شده از سیستم های روشنایی مثل لامپ ها (  $\phi_{int,L}$  )
- گرمای دفع شده از سیستم های آب گرم و فاضلاب (  $\phi_{int,wa}$  )
- گرمای دفع شده از سیستم های گرمایش و سرمایش و تهویه (  $\phi_{int,HVAC}$  )

در این پروژه فقط گرمای دفع شده از تجهیزات ساختمانی  $\phi_{int,A}$ ، و گرمای ناشی از افراد  $\phi_{int,oc}$  در نظر گرفته شده است

. و تاثیر سایر موارد، مانند گرمای دفع شده از لامپ ها ( به دلیل کم مصرف بودن ) و ... در نظر گرفته نشده است.

مقادیر این دو پارامتر از جدول های زیر استخراج شده اند :

جدول ۵- محاسبه گرمای ناشی از افراد

Building use	Heat production appliances during operation time $\phi_{int,A} / A_f$ W/m <sup>2</sup>	Fraction of time present $f_{app}$	Average heat flow rate from appliances $\phi_{int,A} / A_f$ W/m <sup>2</sup>
Office	15	0,20	3
Education	5	0,15	1
Health care, clinical	8	0,50	4
Health care, not clinical	15	0,20	3
Catering	10	0,25	3
Shop	10	0,25	3
Assembly	5	0,20	1
Accommodation	4	0,50	2
Cell and penitentiary	4	0,50	2
Sports	4	0,25	1

$\phi_{int,A}$  is the heat flow rate from appliances, expressed in watts;  
 $A_f$  is the conditioned floor area, defined in 6.4, expressed in m<sup>2</sup>.

جدول ۶- محاسبه گرمای دفع شده از تجهیزات

محاسبه  $\phi_{sol}$ :

برای محاسبه این متغیر باید نرخ جریان حرارتی ساعتی مربوط به تمامی منابع گرمای خورشیدی ( مانند پنجره ها ) با هم دیگر جمع شوند:

$$\phi_{sol} = \sum_k \phi_{sol,k} + \sum_l (1 - b_{tr,l}) \phi_{sol,u,l}$$

در این معادله ،  $\phi_{sol,k}$  مربوط به نرخ حرارت منبع k ام و

$\phi_{sol,u,l}$  مربوط به نرخ حرارت L ام در فضای غیر شرطی

است.  $\phi_{sol,k}$  به صورت زیر محاسبه می شود :

$$\phi_{sol} = F_{sh,ob,k} A_{sol,k} I_{sol,k} - F_{r,k} \phi_{r,k}$$

در این معادله :

$F_{sh,ob,k}$  یک ضریب کاهشی مربوط به سایه اجسام خارجی

است که جهت محاسبه ی مساحت موثر ( مساحت مورد

تاثیر از تابش خورشید) استفاده می شود.

$A_{sol,k}$  مساحت موثر از سطح k ام است که برای محاسبه

ی آن باید به شفاف بودن و مات بودن آن توجه نمود.

$I_{sol,k}$  مقدار توان تابشی خورشید را که به سطح k ام می

تابد.

$F_{r,k}$  ضریبی است که به نحوه قرار گیری عنصر مورد نظر

نسبت به آسمان مرتبط است.

$\phi_{r,k}$  نشان دهنده ی جریان حرارت مربوط به تابش حرارتی

رو به آسمان است.

که مقدار  $A_{sol,k}$  برای پنجره ها به صورت زیر محاسبه می

شود:

$$A_{sol} = F_{sh,gl} g_{gl} (1 - F_F) A_{w,p}$$

Class of occupation density	m <sup>2</sup> conditioned floor area per person	Simultaneity	$\phi_{int,Oc} / A_f$ W/m <sup>2</sup>
I	1,0	0,15	15
II	2,5	0,25	10
III	5,5	0,27	5
IV	14	0,42	3
V	20	0,40	2

$\phi_{int,Oc}$  is the heat flow rate from persons, expressed in watts;  
 $A_f$  is the conditioned floor area, defined in 6.4, expressed in square metres.

$F_{sh,gl}$  ضریب کاهشی مربوط به سایه

$g_{gl}$  کل انتقال انرژی از بخش شفاف

$F_F$  ضریب مربوط به قاب عنصر.

$A_{w,p}$  مساحت کل مربوط به عنصر شفاف ( پنجره )

مقدار  $\phi_r$  نیز به صورت زیر محاسبه می شود:

$$\phi_r = R_{se} U_c A_c h_r \Delta \theta_{er}$$

$R_{se}$  مقاومت حرارتی سطح خارجی عنصر

$U_c$  ضریب انتقال حرارتی عنصر

$A_c$  مساحت مربوط به عنصر

$h_r$  ضریب انتقال حرارتی تابشی خارجی

$\Delta\theta_{er}$  میانگین اختلاف دمای بین دمای هوای خارجی و

دمای ظاهری آسمان

که در رابطه ی بالا مقدار  $h_r$  به صورت زیر محاسبه می شود :

$$hr = 4\varepsilon\sigma(\theta_{ss} + 273)^3$$

$\varepsilon$  ضریب انتشار تابش حرارتی از جسم

$\sigma$  ضریبی ثابت است

$\theta_{ss}$  میانگین دمای سطح و دمای آسمان

پس از محاسبه روابط بالا و جایگزاری مقادیر در معادله ۱ ،

مقدار  $\phi_{sol}$  محاسبه می شود. پس از محاسبه ی  $\phi_{sol}$  و  $\phi_{int}$

می توان با روابط زیر ، مقدار  $\phi_{ia}$  و  $\phi_m$  و  $\phi_{st}$  را بدست

آورد:

$$\phi_{ia} = 0.5\phi_{int}$$

$$\phi_m = \frac{A_m}{A_t} (0.5\phi_{int} + \phi_{sol})$$

$$\phi_{st} = (1 - \frac{A_m}{A_t} - \frac{H_{tr,w}}{9.1A_t})(0.5\phi_{int} + \phi_{sol})$$

$$A_m = C_m^2 / (\sum A_j K_j^2)$$

$$A_t \leq 4.5A_f$$

$A_f$  برابر با مساحت زیر بنا است. و مقادیر  $C_m$  و  $A_m$

توجه به این که ساختمان در چه کلاسی قرار می گیرد،

طبق شکل ۹ ، محاسبه می شود.

Class <sup>a)</sup>	Monthly and seasonal method	Simple hourly method	
	$C_m$ (J/K) <sup>b)</sup>	$A_m$ (m <sup>2</sup> )	$C_m$ (J/K)
Very light	$80\,000 \times A_f$	$2.5 \times A_f$	$80\,000 \times A_f$
Light	$110\,000 \times A_f$	$2.5 \times A_f$	$110\,000 \times A_f$
Medium	$165\,000 \times A_f$	$2.5 \times A_f$	$165\,000 \times A_f$
Heavy	$260\,000 \times A_f$	$3.0 \times A_f$	$260\,000 \times A_f$
Very heavy	$370\,000 \times A_f$	$3.5 \times A_f$	$370\,000 \times A_f$

a): May be specified at national level.  
b) See discussion in G.7 whether or not a correction is needed for the internal heat capacity for the monthly and seasonal method, to take into account the surface resistance.

جدول ۷

برای محاسبه  $\theta_m$  نیز به صورت زیر عمل می کنیم:

$$\theta_{m,i} = \{ \theta_{m,i-1} ((C_m / 3600) - 0.5(H_{tr,3} + H_{tr,em})) + \phi_{mtot} \} / \{ (C_m / 3600) + 0.5(H_{tr,3} + H_{tr,em}) \}$$

$$\phi_{mtot} = \phi_m + H_{tr,em}\theta_e + H_{tr,3}\{\phi_{st} + H_{tr,w}\theta_e + H_{tr,1}[(\phi_{ia} + \phi_{Hc,nd})/H_{ve}) + \theta_{sup}]\} / H_{tr,2}$$

$$H_{tr,1} = \frac{1}{1/H_{ve} + 1/H_{tr,is}}$$

$$H_{tr,2} = H_{tr,1} + H_{tr,w}$$

$$H_{tr,3} = \frac{1}{1/H_{tr,2} + 1/H_{tr,ms}}$$

$$H_{tr,is} = h_{is}A_t$$

مقادیر  $\theta_m$  و  $\theta_s$  و  $\theta_{air}$  و  $\theta_{op}$  به صورت زیر محاسبه می

شوند :

$$\theta_m = (\theta_{m,i} + \theta_{m,i-1}) / 2$$

$$\theta_s = \{ H_{tr,ms}\theta_m + \phi_{st} + H_{tr,w}\theta_e +$$

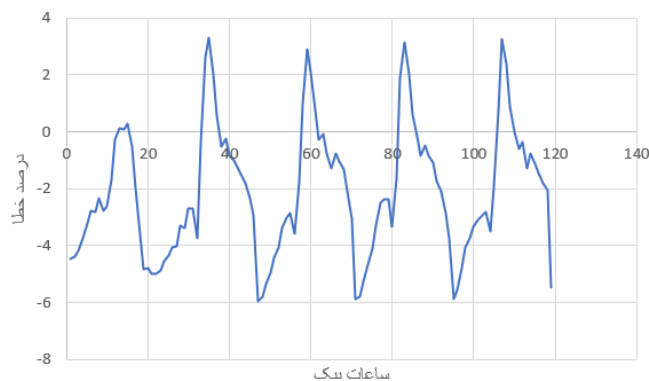
شده است. نتایج استاندارد در ضمیمه های گزارش ( ضمیمه نتایج استاندارد) آمده است.

۵ روز پیک برای تهران تاریخ ۱۳ تا ۱۷ ماه ژانویه ۲۰۱۳ است که اگر این تاریخ به شمسی تبدیل شود برابر با ۲۴ تا ۲۸ دی ۱۳۹۱ است. برای تبریز بین روزهای ۲۲ تا ۲۶ ژانویه ( ۳ تا ۷ بهمن) است. برای یزد ۱ تا ۵ ژانویه ۲۰۱۳ میلادی که با تبدیل به شمسی برابر با ۱۲ تا ۱۶ دی ماه ۱۳۹۱ است.

درصد خطای ۵ روز پیک برای سه شهر در نمودار های زیر آمده است.



نمودار ۱۳- درصد خطا بین شبیه سازی و استاندارد برای تهران



نمودار ۱۴- درصد خطا بین شبیه سازی و استاندارد برای تبریز

$$H_{tr,1}(\theta_{sup} + (\phi_{ia} + \phi_{He,nd}) / H_{ve}) / (H_{tr,ms} + H_{tr,w} + H_{tr,1})$$

$$\theta_{dir} = \{H_{tr,js} \theta_s + H_{ve} \theta_{sup} + \phi_{ia} + \phi_{He,nd}\} / (H_{tr,js} + H_{ve})$$

$$\theta_{op} = 0.3\theta_{dir} + 0.7\theta_s$$

مقادیر پارامترهایی که در این مقاله استفاده شده است در جدول زیر قابل مشاهده است :

مقدار متغیر	متغیر
9.1	$H_{tr,ms} =$
0.9	$\varepsilon =$
5051	$A_f =$
18.2	$H_{tr,w} =$
3.45	$h_{is} =$
0.5	$F_r =$
7.7	$H_{ve} =$
2	$U_c =$
0.04	$R_{se} =$
1	$F_{sh,ob,k} =$
24	$\theta_{set} =$
1	$F_{sh,gl} =$
0.18	$g_{gl} =$
0.2	$F_f =$
1000	$A_{wp} =$

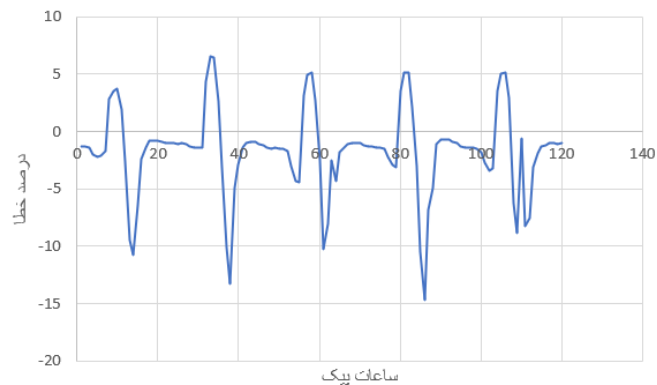
جدول ۸- مقادیر پارامترهای مسئله

## ۵-نتایج استاندارد:

در قسمت قبل با توجه به شبیه سازی در نرم افزار انرژی پلاس، ۵ روز پیک مصرف برای سه شهر و چهار جهت بدست آمده است. در این قسمت با توجه به داده های دما و تابش روزانه و با روش استاندارد مقدار گرمایش بدست آمده است. برای این مقایسه فقط جهت شرقی در نظر گرفته شده است و نمودار ۵ روز پیک برای شبیه سازی و استاندارد رسم

کردن این الگو مصرف انرژی به مینم حالت مقدار خودش  
برسد.

## ۷-مراجع:



نمودار ۱۵\_ درصد خطا بین شبیه سازی و استاندارد برای یزد

[1]: EN Energy performance of buildings —  
Calculation of energy use for spaceheating and  
cooling

[2]: Kokogiannakis, G., Strachan, P. and Clarke, J.,  
2008. Comparison of the simplified methods of the  
ISO 13790 standard and detailed modelling  
programs in a regulatory context. Journal of  
Building Performance Simulation, 1(4), pp.209-219.

[3]:[https://energyplus.net/weatherregion/asia\\_wmo\\_region\\_2/IRN](https://energyplus.net/weatherregion/asia_wmo_region_2/IRN)

[4]: [www.amarista.ir](http://www.amarista.ir)

همچنین درصد خطا را برای مصرف یک روز کامل بدست  
آمده است. این روز برای تهران ۲۴ دی، برای تبریز ۳ بهمن  
و برای یزد ۱۲ دی است. برای این روز ها مجموع مصارف  
۲۴ ساعت روز برای شبیه سازی و استاندارد در نظر گرفته  
شده است.

شهر	درصد خطا روز پیک
تهران	۹
تبریز	۴
یزد	۱۳

## ۶-نتیجه گیری:

گرمایش ساختمان انرژی برای سه استان و چهار جهت بررسی  
شد و تغییر جهت ساختمان تاثیر خیلی زیادی در مصرف گاز  
ندارد و قرار گیری مساحت بیشتری از ساختمان در مقابل باد  
مصرف گاز را افزایش می دهد. یزد با وجود بیابانی بودن  
مصرف گاز ماکزیمم بیشتری نسبت به تهران دارد. استاندارد  
شرایط مصرف بهینه تر از شبیه سازی را شامل می شود. در  
روز های پیک، تفاوت مصرف گاز بین روز و شب حتی تا یک  
چهارم افت خواهد داشت و این تفاوت مصرف بین ساعت های  
مختلف شبانه روز میتواند الگویی داشته باشد که با بهینه

