

بِسْمِ اللّٰهِ الرَّحْمٰنِ الرَّحِیْمِ

طرح و محاسبه تاسیسات  
حرارتی و برودتی در  
Carrier 4. 5

مؤلف:

محسن ایزدخواه

تلفن: ۲-۶۶۴۸۴۱۹۱

# فهرست

- فصل اول / کاربرد نرم افزار کریر (HAP) در محاسبات تهویه مطبوع
- ۱-۱- درباره نرم افزار کریر (HAP4.5)
- ۱-۲- استفاده از نرم افزار HAP برای طراحی سیستم و موتورخانه
- ۱-۳- استفاده از نرم افزار HAP برای تخمین میزان انرژی مصرفی و هزینه آن
- ۱-۳-۱- تحلیل انرژی برای طرح کلی پروژه با استفاده از نرم افزار HAP
- ۱-۳-۲- تحلیل انرژی برای طراحی با جزئیات با استفاده از نرم افزار HAP
- فصل دوم / آشنایی با محیط نرم افزار HAP
- ۱-۲- صفحه اصلی در نرم افزار HAP
- ۲-۲- نوار عنوان
- ۳-۲- نوار منو
- ۱-۳-۲- Project Menu (منو پروژه)
- ۲-۳-۲- Edit Menu (منو ویرایش)
- ۳-۳-۲- View Menu (منو نمایش)
- ۴-۳-۲- Report Menu (منو گزارش)
- ۵-۳-۲- Wizard Menu (منوی اطلاعات سریع)
- ۶-۳-۲- Help Menu (منو راهنما)
- ۴-۲- نوار ابزار
- ۵-۲- نوار درختی
- ۶-۲- نوار لیست
- ۷-۲- نوار وضعیت
- فصل سوم / کتابخانه های پروژه
- ۱-۳- مقدمه
- ۲-۳- کتابخانه پروژه چیست؟
- ۳-۳- وارد کردن اطلاعات برنامه ها:
- ۱-۳-۳- Schedules Type (نام برنامه)
- ۲-۳-۳- Hourly Profiles (پروفیل ساعات روز)
- ۳-۳-۳- Assignment (اختصاص دادن)
- ۴-۳- وارد کردن اطلاعات دیوارها:
- ۵-۳- وارد کردن اطلاعات سقفها:
- ۶-۳- وارد کردن اطلاعات پنجره ها:
- ۷-۳- وارد کردن اطلاعات درها:
- ۸-۳- وارد کردن اطلاعات سایه بانها:
- ۹-۳- کتابخانه پروژه جهت شبیه سازی انرژی پروژه
- ۱۰-۳- وارد کردن اطلاعات چیلرها:
- ۱-۱۰-۳- General (عمومی)
- ۲-۱۰-۳- Design Input (ورودی های طراحی)
- ۳-۱۰-۳- Performance Map (نقشه عملکرد)
- ۱۱-۳- وارد کردن اطلاعات برج های خنک کننده:
- ۱۲-۳- وارد کردن اطلاعات بویلرها:
- ۱۳-۳- وارد کردن اطلاعات نرخ های برق و سوخت:
- ۱-۱۳-۳- General (عمومی)

۳-۲-۴-۴ Vent. Reclaim (اصلاح هوای تهویه)	۲-۱۳-۳ Energy charges (هزینه‌های انرژی)
۴-۲-۴-۴ Precool Coil (کویل پیش سرد کن)	۳-۱۳-۳ Demand Charge (هزینه‌ی تقاضا)
۵-۲-۴-۴ Cooling Coil (کویل سرمایش)	۴-۱۳-۳ Demand Clauses (شرط تقاضا)
۶-۲-۴-۴ Preheat Coil (کویل پیش گرم کن)	فصل چهارم / وارد کردن اطلاعات پروژه در نرم‌افزار HAP
۷-۲-۴-۴ Heating Coil (کویل گرمایش)	۱-۴ مقدمه
۸-۲-۴-۴ Humidification (رطوبت زنی)	۲-۴ وارد کردن اطلاعات آب و هوا
۹-۲-۴-۴ ehumidification (رطوبت‌زدایی)	۱-۲-۴ Design parameters (پارامترهای طراحی)
۱۰-۲-۴-۴ entral Cooling (سرمایش مرکزی)	۲-۲-۴ Design Temperatures (دماهای طراحی)
۱۱-۲-۴-۴ entral Heating (گرمایش مرکزی)	۳-۲-۴ Design Solar (طراحی میزان تابش خورشید)
۱۲-۲-۴-۴ Supply Fan (فن هوای رفت)	۴-۲-۴ Simulation (شبیه‌سازی)
۱۳-۲-۴-۴ Ventilation Fan یا ent Fan (فن تهویه)	۳-۴ وارد کردن فضاها به نرم‌افزار HAP
۱۴-۲-۴-۴ Duct System (سیستم کانال)	۱-۳-۴ General (عمومی)
۱۵-۲-۴-۴ Exhaust Fan (فن تخلیه هوا)	۲-۳-۴ Internal (داخلی)
۳-۴-۴ Zone Components (اجزای ناحیه‌ها)	۳-۳-۴ Walls, Windows, Doors (دیوارها، پنجره‌ها، درها)
۱-۳-۴-۴ Spaces (فضاها)	۴-۳-۴ Roof, Skylight (سقف، نورگیر)
۲-۳-۴-۴ Thermostats (ترموستات)	۵-۳-۴ Infiltration (نفوذ هوا)
۳-۳-۴-۴ Zone Heating Units (واحدهای گرمایشی ناحیه)	۶-۳-۴ Floors (کف‌ها):
۴-۳-۴-۴ Common Data (اطلاعات عمومی)	۷-۳-۴ Partition Type (نوع تفکیک‌کننده‌ی فضاها)
۵-۳-۴-۴ Terminal Units (واحدهای پایانه‌ای)	۸-۳-۴ مروری بر ویژگی‌های فضا
۴-۴-۴ Sizing Data (اطلاعات تعیین اندازه)	۴-۴ وارد کردن اطلاعات سیستم‌ها
۱-۴-۴-۴ System Sizing (اطلاعات تعیین اندازه سیستم)	۱-۴-۴ General (عمومی)
۲-۴-۴-۴ Zone Sizing (اندازه منطقه)	۲-۴-۴ System Component (اجزای سیستم تهویه)
	۱-۲-۴-۴ Ventilation Air (هوای تهویه)
	۲-۲-۴-۳ Economizer (صرفه بهینه‌ساز انرژی)

۳-۵- گزارشات نتایج شبیه‌سازی  
۱-۳-۵- گزارشات نتایج شبیه‌سازی سیستم  
۲-۳-۵- گزارشات نتایج شبیه‌سازی تاسیسات مرکزی  
۳-۳-۵- گزارشات نتایج شبیه‌سازی ساختمان

فصل ششم / پروژه نمونه  
۱-۶- معرفی مشخصات کلی پروژه اول  
۱-۱-۶- معرفی کلی پروژه  
۲-۱-۶- وارد کردن اطلاعات کتابخانه‌ها  
۱-۲-۱-۶- وارد کردن اطلاعات مربوط به برنامه‌ریزی‌ها  
۲-۲-۱-۶- مدل کردن دیوارهای به کار رفته در پروژه  
۳-۲-۱-۶- مدل کردن سقف‌های به کار رفته در پروژه  
۴-۲-۱-۶- مدل کردن پنجره‌های به کار رفته در پروژه  
۵-۲-۱-۶- مدل کردن درهای به کار رفته در پروژه  
۶-۳-۱-۶- مدل کردن سایه بان‌های به کار رفته در پروژه  
۷-۳-۱-۶- مدل کردن نرخ برق و نرخ سوخت  
۲-۱-۶- گام اول: وارد کردن داده‌های آب و هوای پروژه  
۴-۱-۶- گام دوم: وارد کردن اطلاعات فضاهای پروژه  
۵-۱-۶- گام سوم: وارد کردن اطلاعات سیستم سرویس دهی  
۶-۱-۶- گام چهارم: وارد کردن اطلاعات تاسیسات مرکزی

۷-۱-۶- گزارشات در نرم‌افزار HAP  
۱-۷-۱-۶- گزارشات اطلاعات ورودی پروژه  
۲-۷-۱-۶- گزارشات اطلاعات خروجی پروژه

۴-۴-۵- Equipment (تجهیزات)  
۴-۴-۱-۵- Edit Equipment Data  
(ویرایش اطلاعات تجهیزات)  
۴-۵-۵- وارد کردن داده‌های تاسیسات مرکزی  
۴-۱-۵-۵- General (عمومی)  
۴-۲-۵-۵- Systems (سیستم‌ها):  
۴-۳-۵-۲- Configuration (پیکره‌بندی):  
۴-۴-۵- Schedule of Equipment  
(برنامه‌ریزی تجهیزات)  
۴-۵-۵-۵- Distribution (توزیع)  
۴-۶-۴- وارد کردن اطلاعات ساختمان  
۴-۱-۶-۴- Plants (تاسیسات مرکزی)  
۴-۲-۶-۴- Systems (سیستم‌ها)  
۴-۳-۶-۴- Misc. Energy (انرژی متفرقه)  
۴-۴-۶-۴- Meters (نرخ‌های قیمت انرژی یا سوخت مصرفی)

فصل پنجم / تهیه گزارشات در نرم‌افزار HAP  
۱-۵- گزارشات اطلاعات ورودی  
۱-۱-۵- گزارشات اطلاعات ورودی آب و هوای پروژه  
۲-۱-۵- گزارشات اطلاعات ورودی فضاهای پروژه  
۳-۱-۵- گزارشات اطلاعات ورودی سیستم‌های پروژه  
۴-۱-۵- گزارشات اطلاعات ورودی تاسیسات مرکزی پروژه  
۵-۱-۵- گزارشات اطلاعات ورودی شبیه‌سازی انرژی ساختمان  
۶-۱-۵- گزارشات اطلاعات ورودی کتابخانه‌های پروژه  
۲-۵- گزارشات نتایج طراحی  
۱-۲-۵- گزارشات نتایج طراحی سیستم  
۲-۲-۵- گزارشات نتایج طراحی تاسیسات مرکزی

- ۶-۱-۳-گزارشات شبیه‌سازی پروژه
- ۶-۲-معرفی مشخصات کلی پروژه دوم
- ۶-۲-۱-معرفی کلی پروژه
- ۶-۲-۲-وارد کردن اطلاعات کتابخانه ها
- ۶-۲-۱-وارد کردن اطلاعات مربوط به برنامه‌ریزی ها
- ۶-۲-۲-مدل کردن دیوارهای به کار رفته در پروژه
- ۶-۲-۳-مدل کردن سقف‌های به کار رفته در پروژه
- ۶-۲-۴-مدل کردن پنجره‌های به کار رفته در پروژه
- ۶-۲-۵-مدل کردن درهای به کار رفته در پروژه
- ۶-۲-۶-مدل کردن سایه بان‌های به کار رفته در پروژه
- ۶-۳-گام اول: وارد کردن داده‌های آب و هوای پروژه
- ۶-۴-گام دوم: وارد کردن اطلاعات فضاهای پروژه
- ۶-۵-گام سوم: وارد کردن اطلاعات سیستم سرویس دهی
- ۶-۶-گام چهارم: وارد کردن اطلاعات تاسیسات مرکزی
- ۶-۷-گزارشات در نرم‌افزار HAP
- ۶-۷-۱-گزارشات اطلاعات ورودی پروژه
- ۶-۷-۲-گزارشات اطلاعات خروجی پروژه
- ۶-۸-گام سوم: وارد کردن اطلاعات سیستم سرویس دهی
- ۶-۹-گزارشات اطلاعات خروجی پروژه

تلفن: ۶۶۴۸۴۱۹۱

## اصطلاحات

اصطلاحات پر کاربرد بر اساس استاندارد ASHRAE به صورت زیر تعریف می‌شود:

**Partition** (پارتیشن یا دیوار تفکیک‌کننده): پارتیشن به سطحی گفته می‌شود که فضا را از فضایی دیگر جدا می‌کند.

**Space** (فضا): یک حجم یا مکان که با پارتیشن از سایر فضاها و یا دیوار از محیط خارج جدا می‌شود.

**Zone** (ناحیه): یک یا گروهی از فضاها در ساختمان که نیاز سرمایش و گرمایش حدودا مشابه دارند. بنابراین شرایط آسایش یک ناحیه توسط یک کنترل‌کننده دما فراهم می‌شود.

نشر نوآور

تلفن: ۲-۶۶۴۸۴۱۹۱

در پایان این فصل باید بدانیم:

چگونه می توان برنامه را اجرا کرد؟

تفاوت HAP کامل و HAP System Design Load در چیست؟

چگونه می توان حالت نرم افزار را از حالت HAP کامل به حالت HAP System Design

Load و برعکس تغییر بدهیم؟

چگونه می توانیم از نرم افزار HAP در طراحی سیستم و تحلیل انرژی استفاده کنیم؟

چگونه می توان روی یک پروژه کار کرد و کارهای عمومی روی آن انجام داد؟

واژه های کلیدی

HAP System Design Load

HAP Energy Analysis Feature

نشر نوآور

تلفن: ۲-۶۶۴۸۴۱۹۱

## فصل اول

### کاربرد نرم‌افزار کریر (HAP) در محاسبات تهویه مطبوع

#### ۱-۱- درباره نرم‌افزار کریر (HAP4.5)

##### مقدمه

امروزه امکان دستیابی به شرایط سالم و مطبوع در محیط کار و زندگی از لوازم ضروری می‌باشد. برای تحقق این امر استفاده از استانداردها و رعایت مسایل فنی و اقتصادی در اجرای طرح، باید کاملاً مورد توجه قرار گیرد. محاسبات بارهای سرمایشی و گرمایشی و انتخاب سیستم مناسب علاوه بر نیاز به مهندس طراح، بسیار وقت گیر و بعضاً بسیار مشکل است. ضمناً در حین محاسبات طراح با پارامترهای مختلفی مواجه می‌شود که نیاز به بررسی دقیق جداول و نمودارها دارد. کوچکترین اشتباه یا صرف نظر کردن بعضی پارامترهای موثر توسط محاسب برای ساختمان‌های بزرگ منجر به خطاهای برگشت‌ناپذیری به صورت اتلاف منابع مادی و انرژی می‌گردد.

با توجه به مطالب گفته شده ضرورت انجام محاسبات توسط نرم‌افزارهای رایانه‌ای در دو دهه اخیر احساس گردید. در این زمینه نرم‌افزارهایی تهیه و به بازار ارائه شده است که هر کدام دارای معایبی هستند. در حال حاضر یکی از کامل‌ترین نرم‌افزارهای این زمینه نرم‌افزار کریر (HAP) تحت ویندوز است.

#### درباره نرم‌افزار HAP:

Carrier's Hourly Analysis Program یا همان HAP یک نرم‌افزار کامپیوتری است که مهندسان به کمک آن سیستم‌های HVAC را برای ساختمان‌ها طراحی می‌کنند. نرم‌افزار HAP دو قابلیت دارد: اول؛ تخمین بار ساختمان و طراحی سیستم و دوم؛ شبیه‌سازی انرژی ساختمان و محاسبه قیمت انرژی مصرفی ساختمان. این دو قابلیت برای طراحی طرح کلی ساختمان و



محاسبه قیمت انرژی بسیار مفید است. نرم افزار HAP از استاندارد ASHREA برای محاسبه بار و تحلیل شبیه سازی انرژی برای یک سال به صورت ساعت به ساعت استفاده می شود. این نرم افزار دارای دو برنامه شبیه به هم اما مستقل از هم است.

۱- HAP System Design Load: این برنامه برای طراحی سیستم و تقریب بار ساختمان است.

۲- HAP Energy Analysis Feature: این برنامه علاوه بر طراحی سیستم قابلیت شبیه سازی انرژی پروژه را نیز دارد. این برنامه HAP کامل نیز گفته می شود.

در این کتاب هر دو برنامه توضیح داده شده است. اما به دلیل اهمیت زیاد برنامه HAP System Design Load بیشتر به این برنامه پرداخته می شود.

### **HAP System Design Feature**

این برنامه ی HAP برای تخمین بار سرمایش و گرمایش برای ساختمان ها و نیز تعیین اجزاء مورد نیاز سیستم HVAC (شامل سیستم تهویه و تاسیسات مرکزی) استفاده می شود. یعنی نرم افزار اطلاعات مورد نیاز برای انتخاب و تعیین تجهیزات را به ما می دهد و سپس با توجه به این اطلاعات سیستم ها و تاسیسات لازم برای ساختمان انتخاب می شود. به عبارتی نرم افزار کارهای زیر را انجام می دهد:

- محاسبه بار سرمایش و گرمایش برای فضا، منطقه و کویل سیستم HVAC
- محاسبه نرخ جریان هوا برای فضا، منطقه و سیستم
- محاسبه کویل سرمایش و گرمایش
- محاسبه فن های سیرکوله
- محاسبه چیلر و بویلر

### **HAP Energy Analysis Feature**

این برنامه برای تخمین انرژی مصرفی سالانه و همچنین هزینه انرژی مصرفی برای سیستم HVAC و غیر سیستم HVAC که در ساختمان مصرف شده است استفاده می شود. این کار با شبیه سازی عملکرد ساختمان برای یک سال انجام می شود. در نتیجه از این تحلیل انرژی برای مقایسه انرژی مصرفی و هزینه انرژی برای سیستم های HVAC مختلف برای انتخاب بهترین سیستم استفاده می شود. نرم افزار HAP کارهای زیر را به هنگام تحلیل انرژی انجام می دهد:

- شبیه‌سازی ساعت به ساعت عملکرد سیستم گرمایش و تهویه مطبوع در ساختمان
- شبیه‌سازی ساعت به ساعت عملکرد تجهیزات موتورخانه در ساختمان
- شبیه‌سازی ساعت به ساعت عملکرد سیستم‌های غیر از HVAC، شامل روشنایی و سایر وسایل در ساختمان
- هزینه انرژی مصرفی براساس نرخ صنایع همگانی مصرفی (مثل برق، گاز و غیره) و بر اساس ساعت روز و میزان تقاضا محاسبه می‌شود.
- تهیه گزارشات جدولی و گرافیکی به صورت اطلاعات ساعتی، روزانه و سالانه.

**نکته:** برای تغییر حالت نرم‌افزار از HAP System Design Feature به HAP Energy Analysis Feature و یا برعکس از منوی View در نوار ابزار گزینه Preference را انتخاب سپس از قسمت Operation Mode این کار انجام می‌شود. چک مارک گزینه Feature Enable Energy Analysis نرم‌افزار HAP در حالت آنالیز انرژی و با برداشتن چک مارک نرم‌افزار در حالت طراحی سیستم قرار می‌گیرد. در فصل دوم تمامی منوها و گزینه‌ها مفصل تشریح شده است.

## ۱-۲- استفاده از نرم‌افزار HAP برای طراحی سیستم و موتورخانه

در این قسمت یک شرح مختصر در مورد چگونگی استفاده از نرم‌افزار HAP برای طراحی سیستم هوا و تاسیسات مرکزی داده می‌شود. کاربرد این مفاهیم در فصل‌های بعد توضیح داده می‌شود. طراحی سیستم و تاسیسات مرکزی در نرم‌افزار HAP شامل مراحل زیر است.

### ۱- تعریف مسئله

ابتدا حوزه عملکرد و اهداف مربوط به طراحی سیستم و تاسیسات مرکزی را مشخص کنید. به عنوان مثال ساختمان دارای چه کاربری است؟ چه میزان هزینه برای سیستم تهویه و تاسیسات مرکزی در نظر گرفته شده؟ چه نوع سیستم و تجهیزات مورد نیاز است؟ چه چیزهایی بر روی ویژگی سیستم تاثیر می‌گذارد؟

### ۲- جمع‌آوری اطلاعات

در این مرحله اطلاعات لازم برای مدل کردن پروژه در نرم‌افزار شامل اطلاعات مربوط به ساختمان، موقعیت مکانی پروژه و تجهیزات HVAC باید جمع‌آوری شود. این گام شامل استخراج اطلاعاتی از قبیل شرایط آب و هوایی محل قرارگیری پروژه، پلان ساختمان، بررسی کاربری ساختمان و بررسی نیازهای سیستم HVAC است. اطلاعات مورد نیاز شامل موارد زیر است:

- اطلاعات آب و هوا برای محل قرارگیری پروژه.
- اطلاعات مصالح به کاررفته در دیوارها، سقفها، پنجرهها، درها، سایه بانهای خارجی، کف و نیز پارتیشن های بین دو فضای تهویه شده و بین دو فضای تهویه نشده.
- اطلاعات ساختمان شامل دیوار، سقف، پنجره، در، مساحت کف، جهت قرارگیری و نیز سایه بانهای خارجی.
- میزان و برنامه بارهای داخلی برای افراد، سیستم های روشنایی، تجهیزات اداری و سایر وسایل در ساختمان.
- اطلاعات سیستم HVAC، کنترل و اجزاء استفاده شده در آن.

### ۳- وارد کردن اطلاعات در نرم افزار HAP

گام بعدی وارد کردن اطلاعات آب و هوا، فضاهای ساختمان و تجهیزات HVAC است. زمانی که از نرم افزار HAP استفاده می کنید، صفحه ی اصلی برنامه اساس کار است. به عبارتی تمام اطلاعات لازم برای تحلیل پروژه از طریق صفحه اصلی نرم افزار HAP وارد می شوند. از صفحه اصلی برنامه ابتدا پروژه جدیدی تعریف کنید یا یکی از پروژه های قبلی را باز کنید. سپس اطلاعات زیر را که برای طراحی سیستم و تاسیسات مرکزی نیاز است را در نرم افزار HAP تعریف کنید.

#### الف: وارد کردن اطلاعات آب و هوا

در این بخش داده های آب و هوایی، دما، رطوبت و میزان تابش تشعشعی محیطی که مورد نشر و دستگاه های حرارتی و برودتی تحت تاثیر آن قرار دارند و در نتیجه نقش کلیدی در محاسبات بار و محاسبات عملکرد سیستم ایفا میکند در این قسمت وارد می شوند. این اطلاعات را معمولاً باید از هوا شناسی منطقه ای که پروژه در آن است تهیه شود. اطلاعاتی که در این بخش وارد می شود شامل موارد زیر است:

داده های جغرافیایی (طول جغرافیایی، عرض جغرافیایی و غیره) و داده های دما (Wb,Db در زمستان و تابستان و غیره) که در این بخش تمامی داده ها باید جمع آوری و وارد گردد.

#### ب: وارد کردن اطلاعات فضاها

یک ساختمان از قسمت هایی تشکیل شده است که در نرم افزار آنها را فضا می نامیم. یک فضا میتواند نشان دهنده یک اتاق، چند اتاق، یک طبقه یا کل ساختمان باشد.