بسم الله الرحمن الرحیم

دانشگاه تربیت مدرس
دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر

بسمه تعالی

تاییدیه اعضای هیات داوران حاضر در جلسه دفاع از پایان نامه کارشناسی ارشد

آقای سید محمد نباتی پایان نامه ۶ واحدی خود را با عنوان **کنترل تطبیقی دکوپله سیستم HVAC تاخیردار مبتنی بر شناسایی RLS** در تاریخ ۱۳۹۳/۸/۲۸ ارائه کردند.

اعضای هیات داوران نسخه نهایی این پایان نامه را از نظر فرم و محتوا تایید کرده، پذیرش آنرا برای اخذ درجه کارشناسی ارشد کنترل پیشنهاد می کنند.

عضو هیات داوران	نام و نام خانوادگی	رتبه علمی	امضا
استاد راهنما	دکتر محمدتقی حمیدی بهشتی	دانشیار	
استاد مشاور	دکتر امین رمضانی	استادیار	
استاد ناظر	دکتر مهدی سجودی	استادیار	
استاد ناظر	دکتر مهدی اردستانی	استادیار	
مدیر گروه (یا نماینده گروه تخصصی)	دکتر مهدی سجودی	استادیار	

دستورالعمل حق مالکیت مادی و معنوی در مورد نتایج پژوهشهای علمی دانشگاه تربیت مدرس

مقدمه: با عنایت به سیاست‌های پژوهشی دانشگاه در راستای تحقق عدالت و کرامت انسانها که لازمه شکوفایی علمی و فنی است و رعایت حقوق مادی و معنوی دانشگاه و پژوهشگران، لازم است اعضای هیات علمی، دانشجویان، دانش آموختگان و دیگر همکاران طرح، در مورد نتایج پژوهشهای علمی که تحت عناوین پایان‌نامه، رساله و طرحهای تحقیقاتی که با هماهنگی دانشگاه انجام شده است، موارد ذیل را رعایت نمایند:

ماده ۱- حقوق مادی و معنوی پایان نامه‌ها / رساله‌های مصوب دانشگاه متعلق به دانشگاه است و هرگونه بهره‌برداری از آن باید با ذکر نام دانشگاه و رعایت آیین‌نامه‌ها و دستورالعمل‌های مصوب دانشگاه باشد.

ماده ۲- انتشار مقاله یا مقالات مستخرج از پایان نامه/ رساله به صورت چاپ در نشریات علمی و یا ارائه در مجامع علمی باید به نام دانشگاه بوده و استاد راهنما مسئول مکاتبات مقاله باشد.

تبصره: در مقالاتی که پس از دانش آموختگی بصورت ترکیبی از اطلاعات جدید و نتایج حاصل از پایان‌نامه/ رساله نیز منتشر می‌شود نیز باید نام دانشگاه درج شود.

ماده ۳- انتشار کتاب حاصل از نتایج پایان نامه / رساله و تمامی طرحهای تحقیقاتی دانشگاه باید با مجوز کتبی صادره از طریق حوزه پژوهشی دانشگاه و بر اساس آئین نامه های مصوب انجام می‌شود.

ماده ۴- ثبت اختراع و تدوین دانش فنی و یا ارائه در جشنواره‌های ملی، منطقه‌ای و بین‌المللی که حاصل نتایج مستخرج از پایان نامه/ رساله و تمامی طرح‌های تحقیقاتی دانشگاه باید با هماهنگی استاد راهنما یا مجری طرح از طریق حوزه پژوهشی دانشگاه انجام گیرد.

ماده ۵- این دستورالعمل در ۵ ماده و یک تبصره در تاریخ ۱۳۸۴/۴/۲۵ در شورای پژوهشی دانشگاه به تصویب رسیده و از تاریخ تصویب لازم الاجرا است و هرگونه تخلف از مفاد این دستورالعمل، از طریق مراجع قانونی قابل پیگیری می شود.

نام و نام خانوادگی سید محمد ...

امضاء

آیین نامه چاپ پایان‌نامه (رساله)های دانشجویان دانشگاه تربیت مدرس

نظر به اینکه چاپ و انتشار پایان نامه (رساله)های تحصیلی دانشجویان دانشگاه تربیت مدرس، مبین بخشی از فعالیتهای علمی - پژوهشی دانشگاه است بنابراین به منظور آگاهی و رعایت حقوق دانشگاه،دانش آموختگان این دانشگاه نسبت به رعایت موارد ذیل متعهد می‌شوند:

ماده ۱: در صورت اقدام به چاپ پایان نامه (رساله)ی خود، مراتب را قبلاً به طور کتبی به «دفتر نشر آثارعلمی» دانشگاه اطلاع دهد.

ماده ۲: در صفحه سوم کتاب (پس از برگ شناسنامه) عبارت ذیل را چاپ کند:

«کتاب حاضر، حاصل پایان نامه کارشناسی ارشد/ رساله دکتری نگارنده در رشته مهندسی برق است که در سال ۱۳۹۲ در دانشکده برق و کامپیوتر دانشگاه تربیت مدرس به راهنمایی سرکار خانم/جناب آقای دکتر محمدتقی رهنمی ، مشاوره سرکار خانم/جناب آقای دکتر امین رمضانی و مشاوره سرکار خانم/جناب آقای دکتر ــــــ از آن دفاع شده است.»

ماده ۳: به منظور جبران بخشی از هزینه‌های انتشارات دانشگاه، تعداد یک درصد شمارگان کتاب (در هر نوبت‌چاپ) را به «دفتر نشر آثارعلمی» دانشگاه اهدا کند. دانشگاه می‌تواند مازاد نیاز خود را به نفع مرکز نشر درمعرض فروش قرار دهد.

ماده ۴: در صورت عدم رعایت ماده ۳، ۵۰٪ بهای شمارگان چاپ شده رابه عنوان خسارت به دانشگاه تربیت‌مدرس، تأدیه کند.

ماده ۵: دانشجو تعهد و قبول می کند در صورت خودداری از پرداخت بهای خسارت، دانشگاه می‌تواندخسارت مذکور را از طریق مراجع قضایی مطالبه و وصول کند؛ به علاوه به دانشگاه حق می‌دهد به منظور استیفای حقوق خود، از طریق دادگاه، معادل وجه مذکور در ماده ۴ را از محل توقیف کتابهای عرضه شده‌نگارنده برای فروش، تامین نماید.

ماده ۶: اینجانب سید محمد نبوی دانشجوی رشته مهندسی برق - کنترل مقطع کارشناسی ارشد

تعهد فوق وضمانت اجرایی آن را قبول کرده، به آن ملتزم می شوم.

نام و نام خانوادگی: سید محمد نبوی

تاریخ و امضا:

دانشگاه تربیت مدرّس

دانشکده فنی و مهندسی

پایان‌نامه دوره‌ی کارشناسی ارشد مهندسی برق–کنترل

کنترل تطبیقی دکوپله یک سیستم HVAC تأخیردار مبتنی بر شناسایی RLS

سید محمد نباتی

استاد راهنما:

دکتر محمد تقی حمیدی بهشتی

استاد مشاور:

دکتر امین رمضانی

پاییز ۱۳۹۳

تقدیم به

مادر

و

همسرم

و تمامی آنهایی که **عشق** را معنا کردند.

تشکر و قدردانی

حمد و ثنا پروردگاری راست که تنها او شایسته‌ی پرستش است، عالم است و کسانی که در راه علم قدم بر می‌دارند را اجر می‌دهد. اکنون که به لطف پروردگار، این پایان نامه سامان یافته است، بر خود لازم میدانم از استاد راهنمای بزرگوارم جناب آقای دکتر محمد تقی حمیدی بهشتی که با ارائه‌ی رهنمودهای سودمند و ارزنده‌ی علمی و نگارشی، دقت نظر و سعه‌ی صدر خود، پیمودن این مسیر را بر من آسان نمودند، تشکر نمایم. همچنین از استاد مشاور ارجمندم جناب آقای دکتر امین رمضانی به خاطر راهنمایی‌های ارزنده‌شان و از اساتید پرتلاش گروه کنترل که پایه‌ی علمی خود را مدیون ایشان میدانم، تشکر و قدردانی می‌نمایم. در نهایت از همسر صبور و خانواده‌ی عزیزم که در طول انجام این پژوهش متحمل سختی‌هایی شدند، خالصانه سپاسگزارم.

با احترام فراوان

سید محمد نباتی

چکیده

در این گزارش ابتدا سیستم‌های HVAC را مورد بررسی کلی قرار می‌دهیم. اجزای یک سیستم HVAC را مورد تحلیل قرار داده، فرآیندهای موجود در این سیستم‌ها را بیان کرده و ابزارهای موجود برای تحلیل فرآیندهای HVAC را بررسی می‌کنیم. اما آنچه برای ما مهم است اصلاح و بهبود کنترل سیستم می‌باشد. به شکلی که در کنار کاهش مصرف انرژی و بهبود آسایش افراد در محیط، به الگوریتمی دست‌یابیم که بدون نیاز به نظارت و تغییر، تمامی تغییرات ایجاد شده در سیستم در طول زمان و نامعینی‌های موجود را شناسایی کرده و خود را با آن تطبیق دهد. در این زمینه ابتدا شناسایی سیستم های HVAC را مورد بررسی قرار میدهیم و با استفاده از یک روش شناسایی مبتنی بر حداقل مربعات بازگشتی، یک سیستم HVAC چهار ورودی با تاخیر متغیر را شناسایی می کنیم. این روش که به MMZF موسوم است با استفاده از مفهوم بسط چند جمله ای تاخیر را شناسایی می‌کند. پس از شناسایی سیستم و در مرحله دکوپله سازی آن، از آرایه بهره نسبی نرمالیزه استفاده خواهیم کرد. برای این منظور برای هر تابع تبدیل ماتریس، یک تابع تبدیل معادل بدست خواهیم آورد. در انتها کنترل کننده‌ی PI را با حذف صفر کنترل کننده و قطب سیستم بر روی سیستم مذکور پیاده خواهیم کرد. این کار را با هدف مقاوم سازی انجام می‌دهیم و اما آنچه مهم و جدید می‌باشد، ترکیب روند ذکر شده از شناسایی تا کنترل است که منجر به نتیجه‌ای بهتر از آنچه که تا کنون در زمینه سیستم‌های HVAC انجام شده است، خواهد شد. در پایان شبیه‌سازی با نرم‌افزار متلب انجام می‌شود و نتایج مقایسه شده و کارایی روش بررسی خواهد شد.

کلید واژه: سامانه‌های HVAC، کنترل تطبیقی، کنترل چندمتغیره، شناسایی RLS، تأخیر متغیر.

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فهرست علایم و نشانه‌ها ..... د
فهرست جدول‌ها ..... ه

فصل ۱- نگاهی کلی بر سیستم‌های HVAC ۱
۱-۱- مقدمه ۱
۱-۲- معرفی فرآیندهای تهویه مطبوع ۱
۱-۳- نمودار سایکرومتری ۳
۱-۳-۱- گرمایش ۵
۱-۳-۲- افزایش رطوبت ۶
۱-۳-۳- سرمایش و کاهش رطوبت ۷
۱-۴- اجزای یک سیستم تهویه ۸
۱-۴-۱- ورودی هوا ، دمپر هوای خارج و اتاقک ترکیب ۹
۱-۴-۲- سنسور دمای مخلوط ۱۰
۱-۴-۳- صافی ۱۰
۱-۴-۴- بخش گرمایشی ۱۱
۱-۴-۵- بخش سرمایشی ۱۱
۱-۴-۶- رطوبت ساز ۱۱
۱-۴-۷- دمنده ۱۲
۱-۴-۸- ذخیره‌کننده ۱۲
۱-۵- سیستم‌های تهویه منطقه‌ای ۱۳
۱-۵-۱- سیستم‌های تمام هوا ۱۴
۱-۵-۱-۱- سیستم گرمایش مجدد ۱۵
۱-۵-۱-۲- سیستم VAV (سیستم مورد مطالعه این پژوهش) ۱۵
۱-۵-۲- سیستم‌های هوا و آب ۱۵
۱-۵-۳- سیستم‌های تمام آب ۱۵
۱-۶- آسایش دمایی ۱۶
۱-۶-۱- استاندارد ASHRAE ۱۶
۱-۶-۲- مقیاس PMV ۱۶
۱-۶-۳- شناسایی محیط ۱۸
۱-۶-۳-۱- آشکارساز حرکتی ۱۹
۱-۶-۳-۲- شبکه‌های بی‌سیم محلی ۱۹
۱-۶-۳-۳- باند فوق گسترده ۱۹
۱-۶-۳-۴- امواج رادیویی ۲۰

۱-۷- مروری بر کارهای گذشته ۲۰
۱-۷-۱- کنترل بهینه ۲۰
۱-۷-۲- کنترل تطبیقی ۲۱
۱-۷-۳- کنترل مقاوم ۲۲
۱-۷-۴- کنترل پیش بین ۲۴
۱-۸- هدف از انجام تحقیق، نوآوری و ساختار گزارش ۲۴
۱-۹- نتیجه‌گیری ۲۴

فصل ۲- شناسایی سیستم‌های HVAC ۲۶
۲-۱- مقدمه ۲۶
۲-۲- مدل‌سازی فیزیکی ۲۶
۲-۳- مدل‌سازی داده محور ۲۷
۲-۳-۱- شناسایی حداقل مربعات بازگشتی ۲۷
۲-۴- نتیجه‌گیری ۲۹

فصل ۳- کنترل دکوپله سیستم‌های HVAC ۳۰
۳-۱- مقدمه ۳۰
۳-۲- دکوپله سازی سیستم HVAC ۳۰
۳-۲-۱- مروری برکارهای گذشته ۳۰
۳-۲-۲- روش طراحی کنترل دکوپله نرمال ۳۱
۳-۲-۲-۱- روش جدید برای تعریف $G^{-1}(s)$ ۳۲
۳-۳- طراحی کنترل‌کننده تطبیقی ۳۹
۳-۴- نتیجه‌گیری ۴۱

فصل ۴- ارائه روش ترکیبی و شبیه‌سازی ۴۲
۴-۱- تعریف مسئله و سیستم مورد مطالعه ۴۲
۴-۲- شناسایی سیستم ۴۵
۴-۳- بررسی همگرایی پارامترها در اثر تغییر سیستم ۵۱
۴-۴- دکوپله‌سازی با روش RNGA ۵۳
۴-۵- اعمال کنترل‌کننده‌ی تطبیقی بر روی سیستم ۵۶
۴-۶- مقایسه عملکرد سه روش کنترلی ۶۲
۴-۶-۱- معیار خطای ISE ۶۳
۴-۶-۲- معیار انرژی ۶۵
۴-۶-۳- فراجهش و زمان نشست ۶۶
۴-۷- الگوریتم پیشنهادی این پژوهش ۶۷

فصل ۵- نتیجه‌گیری و پیشنهادات ۶۸

۵-۱- نتیجه‌گیری ۶۸
۵-۲- پیشنهادات ۶۸
واژه نامه‌ی فارسی به انگلیسی ۷۲
واژه نامه‌ی انگلیسی به فارسی ۷۴

فهرست علایم و نشانه‌ها

عنوان	علامت اختصاری
سوخت و ساز	M
کار	W
مقاومت گرمایی لباس	I_{cl}
نسبت سطح بدن با لباس به سطح بدن بدون لباس	f_{cl}
دمای اتاق	t_r
متوسط دمای تابشی اتاق	t_{rr}
سرعت نسبی هوا	v_a
فشار بخار آب	P_a
فشار بخار اشباع شده در دمای خاص	P_s
رطوبت نسبی به درصد	RH
دمای حباب خشک مطلق	T
ثابت انتقال حرارت همرفتی	h_c
دمای سطح لباس	t_{cl}
ثابت زمانی	T_s
تاخیر سیستم	T_d
بهره حالت ماندگار سیستم	k_s
فاکتور فراموشی	ρ
ماتریس کواریانس	P
ثابت زمانی	$\tau_{R,ii}$
تأخیر قابل تنظیم	$\theta_{R,ii}$
عدم قطعیت ضربی فرآیند	Δ_A
عدم قطعیت جمعی ورودی	Δ_I
عدم قطعیت جمعی خروجی	Δ_O
شعاع طیفی	$\rho(.)$

فهرست جدول‌ها

عنوان **صفحه**

جدول ۳–۱: ضرایب PI ۳۸
جدول ۴–۱: مقایسه معیار خطای ISE در سه روش ۶۵
جدول ۴–۲: مقایسه انرژی در سه روش ۶۶
جدول ۴–۳: مقایسه فراجهش و زمان نشست در سه روش ۶۶

فهرست شکل‌ها

عنوان **صفحه**

شکل ۱-۱: مدل محیط شخصی[۱] ۳
شکل ۱-۲: نمودار سایکرومتری، تغییر در رطوبت نسبی با تغییر در دما[۱]. ۴
شکل ۱-۳: نمودار سایکرومتری- انتالپی[۱]. ۵
شکل ۱-۴: نمودار سایکرومتری-گرم کردن هوا[۱]. ۶
شکل ۱-۵: نمودار سایکرومتری- افزودن رطوبت با بخار آب[۱]. ۷
شکل ۱-۶: نمودار سایکرومتری- افزودن رطوبت با اسپری کردن آب[۱]. ۷
شکل ۱-۷: کویل خنک‌کننده[۱]. ۸
شکل ۱-۸: : نمودار سایکرومتری- خنک کردن[۱]. ۸
شکل ۱-۹: شمای کلی یک سیستم تهویه مطبوع[۱]. ۹
شکل ۱-۱۰: شمای کلی یک سیستم تهویه مطبوع با ذخیره‌کننده. ۱۳
شکل ۱-۱۱: یک سیستم HVAC با دو منطقه[۳۹]. ۱۴
شکل ۳-۱: کنترل دکوپله[۳۷] ۳۱
شکل ۴-۱: نمای ساده از سیستم مورد مطالعه ۴۲
شکل ۴-۲: یک سیستم HVAC نمونه[۳۷] ۴۴
شکل ۴-۳: شماتیک سیستم HVAC برای چهار اتاق[۳۷] ۴۴
شکل ۴-۴:شبیه‌سازی برای شناسایی پارامترهای سیستم ۴۷
شکل ۴-۵: همگرایی پارامترها با استفاده از شناسایی RLS ۵۱
شکل ۴-۶: همگرایی پارامترها با وجود تغییرات سیستم ۵۲
شکل ۴-۷: بلوک دیگرام شبیه‌سازی دکوپله‌کننده در محیط متلب ۵۴
شکل ۴-۸: مقایسه دکوپله کننده تطبیقی و غیرتطبیقی در محیط متلب برای اتاق A ۵۴
شکل ۴-۹: مقایسه دکوپله کننده تطبیقی و غیرتطبیقی در محیط متلب برای اتاق B ۵۵
شکل ۴-۱۰: مقایسه دکوپله کننده تطبیقی و غیرتطبیقی در محیط متلب برای اتاق C ۵۵
شکل ۴-۱۱: مقایسه دکوپله کننده تطبیقی و غیرتطبیقی در محیط متلب برای اتاق D ۵۶
شکل ۴-۱۲: پیاده‌سازی کنترل کننده تطبیقی بر روی سیستم در محیط متلب ۵۷
شکل ۴-۱۳: مقایسه تغییرات دمای اتاق A با سه کنترل‌کننده‌ی متفاوت ۵۷
شکل ۴-۱۴: مقایسه تغییرات دمای اتاق B با سه کنترل‌کننده‌ی متفاوت ۵۸
شکل ۴-۱۵: مقایسه تغییرات دمای اتاق C با سه کنترل‌کننده‌ی متفاوت ۵۸
شکل ۴-۱۶: مقایسه تغییرات دمای اتاق D با سه کنترل‌کننده‌ی متفاوت ۵۹
شکل ۴-۱۷: مقایسه سیگنال کنترلی در سه کنترل‌کننده‌ی متفاوت برای اتاق A ۶۰
شکل ۴-۱۸: مقایسه سیگنال کنترلی در سه کنترل‌کننده‌ی متفاوت برای اتاق B ۶۰
شکل ۴-۱۹: مقایسه سیگنال کنترلی در سه کنترل‌کننده‌ی متفاوت برای اتاق C ۶۱
شکل ۴-۲۰: مقایسه سیگنال کنترلی در سه کنترل‌کننده‌ی متفاوت برای اتاق D ۶۱

شکل ۴-۲۱: مقایسه سیگنال کنترلی در اتاق C در سیصد ثانیه اول ۶۲
شکل ۴-۲۲: سیگنال خطای منطقه A ۶۳
شکل ۴-۲۳: سیگنال خطای منطقه B ۶۴
شکل ۴-۲۴: سیگنال خطای منطقه C ۶۴
شکل ۴-۲۵: سیگنال خطای منطقه D ۶۵

فصل ۱- نگاهی کلی بر سیستم‌های HVAC

۱-۱- مقدمه

سیستم‌های HVAC[1] محدوده‌ی وسیعی از ساده‌ترین ابزار گرمایشی تا پیچیده‌ترین و قابل اعتمادترین سیستم‌های تهویه مطبوع مورد استفاده در زیردریایی‌ها و شاتل‌های فضایی را شامل می‌شوند. تهویه مطبوع امروزه در اغلب جنبه‌های فعالیت انسان حیاتی است. کیفیت هوای داخل مستقیما ما را تحت تاثیر قرار می‌دهد. کاهش گازهای گلخانه ای[2]، حفظ لایه ازن[3] و کاهش مصرف انرژی انگیزه هایی هستند که باعث شده‌اند، محققان زیادی وارد حیطه‌ی HVAC شوند. در همین راستا کاهش مصرف انرژی یکی از بهترین راهکارهاست که یک سیستم HVAC مناسب می‌تواند نقش بسزایی در این مهم داشته باشد. سیستم های موجود در اکثر ساختمان‌ها مشکلاتی از قبیل ساخت و ساز نادرست، تجهیزات نامناسب، کنترل غیر اصولی، کهنگی تجهیزات و روند عملکرد نامناسب سیستم را دارند. به عنوان مثال یک ساختمان ۲۰ ساله را در نظر بگیرید، که با تغییر کاربری، دارای شرایط کاملا متفاوت از روزهای اولیه می‌باشد. هزینه های بازسازی و مناسب سازی سیستم تهویه چنین ساختمانی علاوه بر تعویض تجهیزات فرسوده، شامل تعویض روند شناسایی و کنترل دمای ساختمان نیز می‌باشد. نمونه دیگر یک آزمایشگاه سیستم های قدرت است، با ورود یک موتور جدید با توان بالا به طور کلی سیستم دچار تغییر می‌شود و نیازمند شناسایی جدیدی از سیستم موجود می‌باشیم. چنین تغییراتی در محیط باعث تحمیل هزینه های زیادی بر مالکان می‌شود. اما به لطف روش های نسبتا جدید در زمینه شناسایی و کنترل می‌توان یکبار و برای همیشه سیستمی را شناسایی و کنترل نماییم، بدون اینکه از تغییرات یا نامعینی های موجود در سیستم نگران باشیم.

۱-۲- معرفی فرآیندهای تهویه مطبوع

هفت فرایند اصلی برای رسیدن به یک تهویه مطبوع عبارتند از:[۱]

۱- گرمایش[4]: اضافه کردن انرژی گرمایی به منظور افزایش یا ثابت نگه‌داشتن دما

۲- سرمایش[5]: فرایند کم کردن انرژی گرمایی به منظور کاهش یا ثابت نگه‌داشتن دما

---

[1] Heating Ventilation & Air Conditioning

[2] Greenhouse gas

[3] Ozone layer

[4] Heating

[5] Cooling

۳- افزایش رطوبت[1]: فرایند افزودن بخار آب (رطوبت) به هوا به منظور افزایش یا ثابت نگه‌داشتن رطوبت
۴- کاهش رطوبت[2]: فرایند کم کردن بخار آب (رطوبت) از هوا به منظور کاهش یا ثابت نگه‌داشتن رطوبت
۵- تصفیه[3]: فرایند از بین بردن ذرات (گرد و غبار و غیره) و آلودگی‌های بیولوژیکی (حشرات، گرده و غیره) با هدف بهبود کیفیت هوا
۶- تهویه[4]: فرایند تبادل هوا بین فضای مطبوع و خارج از منزل به منظور رقیق کردن آلاینده های گازی در هوا و بهبود یا حفظ کیفیت، ترکیب و طراوت هوا. این فرایند می‌تواند به دو صورت طبیعی یا مکانیکی اتفاق بیافتد. شکل طبیعی آن مانند باز کردن پنجره و شکل مکانیکی آن مانند یک فن که هوا را به داخل ساختمان یا خارج از آن هدایت می‌کند.
۷- گردش هوا[5]: فرایند گردش و مخلوط کردن هوا از طریق فضاهای مطبوع در ساختمان برای دستیابی به تهویه مناسب و تسهیل انتقال انرژی حرارتی.

فرایندهای فوق بسته به شرایط محیط مورد نظر و فصول مختلف استفاده می‌شوند.

فاکتورهای زیادی در فراهم کردن محیط مطبوع برای انسان وجود دارد که در شکل۱-۱ نشان داده شده‌است.

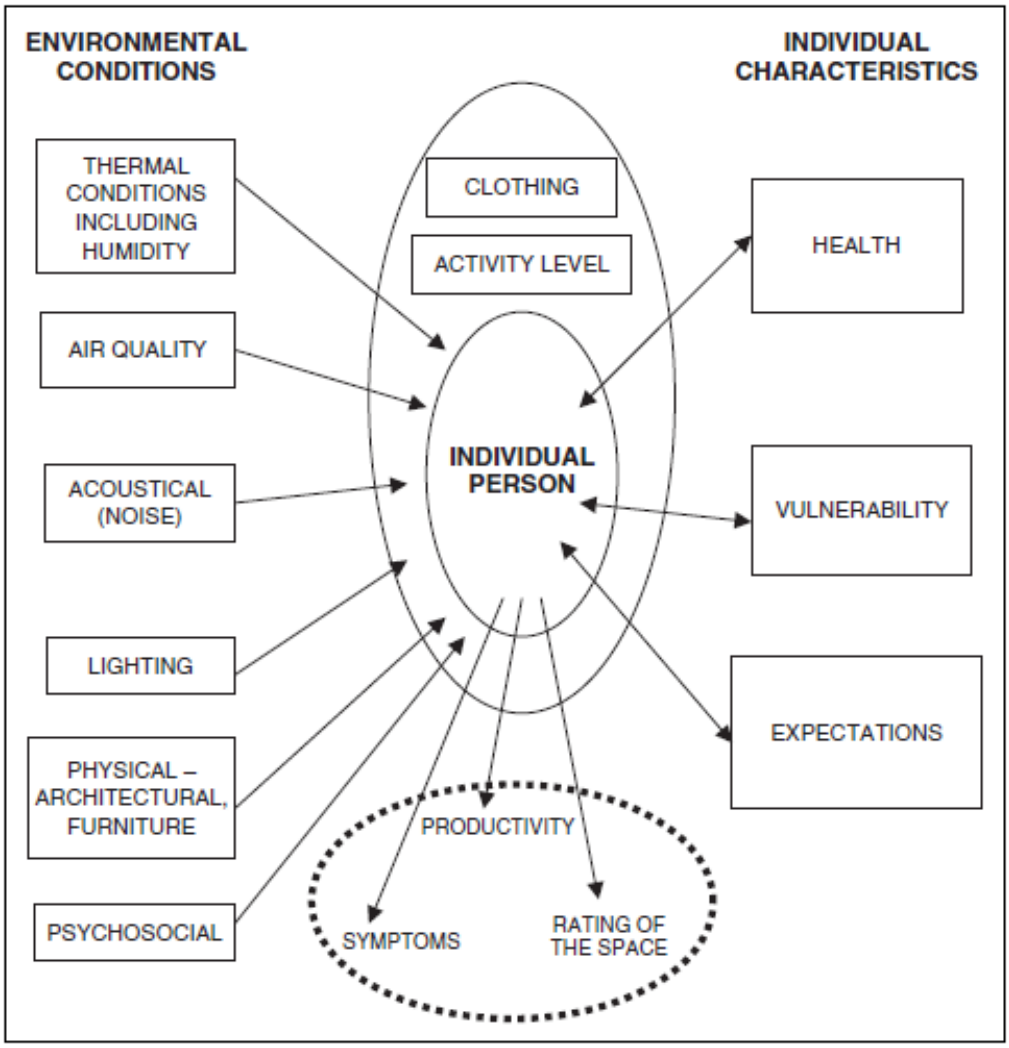
[1] Humidifying

[2] Dehumidifying

[3] Cleaning

[4] Ventilating

[5] Air movement



شکل ۱-۱: مدل محیط شخصی[۱]

۱-۳- نمودار سایکرومتری[1]

همانطور که مشاهده شد بیشتر فرایندهای تهویه مطبوع شامل هوا می‌باشد که دارای تغییرات انرژی است.

این تغییرات در اثر تغییر دمای هوا و رطوبت آن بوجود می‌آید. روابط بین دما، رطوبت و انرژی از طریق نمودار سایکرومتری به راحتی قابل درک است. نمودار سایکرومتری بر اساس دو مفهوم ساده پایه‌ریزی شده‌است.

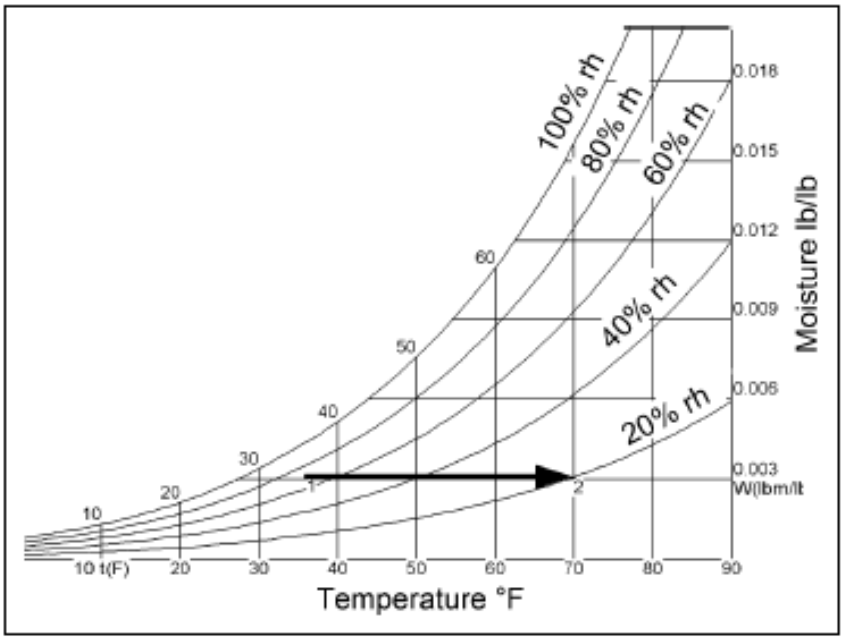
۱- هوای داخل، مخلوطی از هوای خشک و بخار آب است.
۲- مقدار مشخصی انرژی در این ترکیب، در دما و فشار مشخص وجود دارد.

[1] psychrometric chart

با استفاده از مفهوم اول میزان رطوبت موجود در هوا را تعریف می‌کنیم که واحد اندازه‌گیری آن Ib/Ib می‌باشد. رطوبت هوا با تغییر فشار تغییر می‌کند.

اما برای درک رابطه بین بخار آب، هوا و دما دو حالت را در نظر می‌گیریم. در حالت اول دما را ثابت و بخار آب را افزایش می‌دهیم که منجر به افزایش رطوبت هوا می‌شود. البته در هر دما مقدار بیشینه‌ای وجود دارد که بخار آب از این مقدار نمی‌تواند بالاتر برود. زمانیکه بخار آب به این مقدار برسد به نقطه‌ی اشباع خود رسیده است. نمودار سایکرومتری شرایط تا نقطه اشباع را در بر می‌گیرد. بالاتر از این نقطه بخار به مایع یا کریستال‌های برف و یخ تبدیل می‌شود. در حالت دوم دما را کاهش می‌دهیم در حالیکه بخار آب ثابت است. اگر کاهش دما را تا حدی ادامه دهیم که به خط اشباع خود برسد بخار آب شروع به میعان می‌کند[1].

در شکل ۲ منحنی 100%rh [2] به خط اشباع معروف است که در هر نقطه از این خط، هوا حامل صد در صد میزان بخار آبی است که می‌تواند در آن دما داشته باشد.



شکل ۱-۲: نمودار سایکرومتری، تغییر در رطوبت نسبی با تغییر در دما[۱].

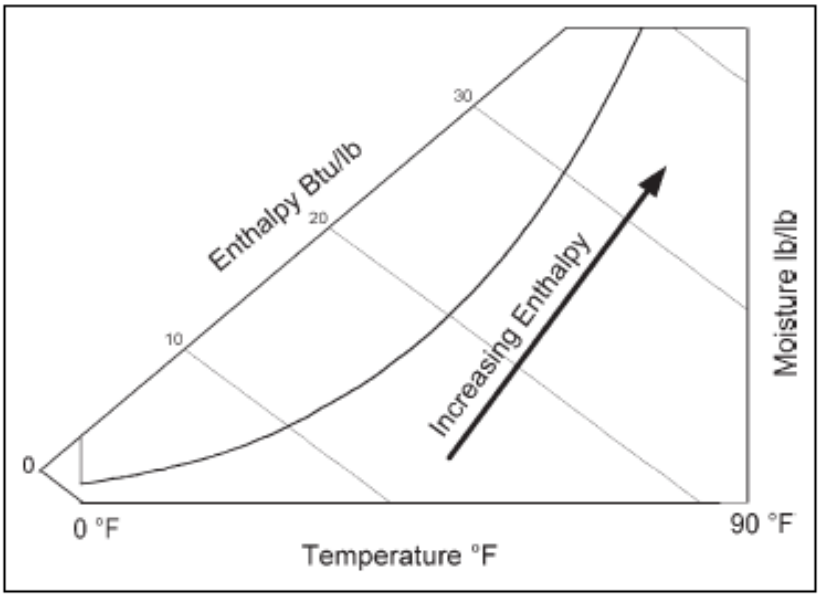
فلش نشان داده شده به این مفهوم اشاره دارد که اگر هوایی با دمای ۳۶ درجه و رطوبت نسبی ۷۰ در صد را وارد محیط مورد نظر کرده و تا دمای ۷۰ درجه بالا ببریم رطوبت آن به ۲۰ در صد می‌رسد.

مفهوم دوم نمودار سایکرومتری که میزان انرژی موجود در مخلوط هوا و بخارآب در دمای خاص را بیان می‌کند به دو کمیت وابسته است: ۱- دمای هوا ۲- نسبت بخار آب در هوا

[1] Dew point temperature

[2] Relative humidity

انرژی اضافه شده برای افزایش دما را گرمای قابل حس[1] و انرژی موجود در بخار آب را گرمای نهان[2] می‌نامند. مجموع این دو انرژی محتوای گرمایی[3] نامیده می‌شود. شکل ۳ افزایش محتوای گرمایی را نسبت به دو محور نمودار نشان می‌دهد. واحد اندازه‌گیری محتوای گرمایی Btu/lb [4]می‌باشد.



شکل ۱-۳: نمودار سایکرومتری- انتالپی[۱].

۱-۳-۱- گرمایش

برای افزایش دمای محیط کافیست محیط را گرم کنیم. با توجه به اینکه بخار آب اضافه یا کم نمی‌شود بر روی نمودار بصورت افق حرکت می‌کنیم که در صد رطوبت نسبی کاهش می‌یابد. شکل ۴ این موضوع را نشان می‌دهد.

[1] Sensible heat

[2] Latent heat

[3] Enthalpy

[4] British Thermal Units per pound of dry air