بررسی رابطه بین نم نسبی و کمبود اشباع در هوای مرطوب در سطح زمین دردوره پنج ساله (۱۳۸۶-۱۳۸۲) در ایستگاه های مهرآباد و شمال تهران

رمون هاروطونیان*[1]
فرماندهی مهندسی ساختمان و تاسیسات نزاجا
تاریخ دریافت:۱۳۹۱/۰۵/۱۱ تاریخ پذیرش:۱۳۹۱/۱۰/۲۵

چکیده

دراین تحقیق سعی براین است که رابطه ای خطی بین نم نسبی و کمبود اشباع از طریقی ساده و تنها از طریق روابط کلا سیوس کلاپیرون و نم نسبی و همچنین با استفاده از داده های تجربی روزانه دوره پنج ساله(۲۰۰۴ لغایت ۲۰۰۸-۱۳۸۲ لغایت ۱۳۸۶) ایستگاه های هواشناسی شمال تهران (ارتفاع ۱۵۴۹ متراز سطح دریا) و مهرآباد تهران (ارتفاع۱۱۹۱ متراز سطح دریا) تعیین شود. این نتیجه گیری با توجه به جو و محیط جغرافیای شهرتهران استحصال گردید. درنتیجه رابطه خطی بدست آمده بصورت$RH\approx100-5/18(T-Td)$ بود. این امر نمایانگر یک درجه سانتی گراد کاهش در دمای نقطه شبنم و نیز یک درجه سانتی گراد افزایش کمبود اشباع به ازای هر۵/۱۸ درصدکاهش نم نسبی می باشد . علیهذا چندین کاربرد مفید برای این رابطه ساده وجود دارد، که از جمله آنها تخمین ارتفاع پایه ابر کومولوسی (تراز میعان فرازشی یا LCL) است . رابطه خطی تخمین ارتفاع پایه ابر کومولوسی که به شکل $Zlcl\approx125(T-Td)$ است با توجه به ارتباط تغییرات نم نسبی و کمبود اشباع بصورت $Zlcl\approx24/13(100-RH)$ خواهد بود .

واژگان کلیدی: دمای تر Tw ،نم نسبی RH،کمبود اشباع (T-Td) ،کسراختلاف دمای تروخشک (T-Tw)، ارتفاع پایه ابر کومولوسی Zlcl ،

*نگارنده پاسخگو: remonharoutoun@yahoo.com

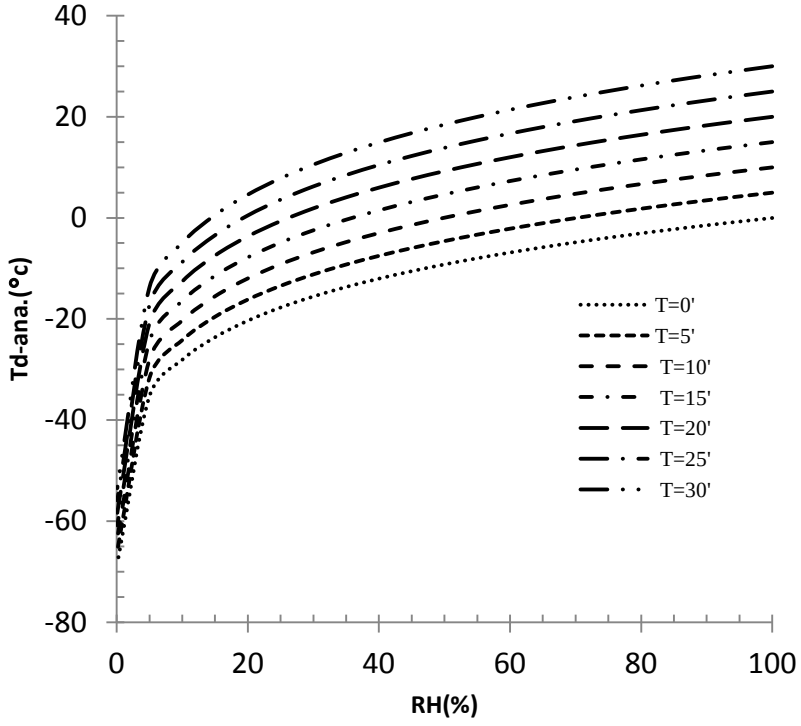
مقدمه

نم نسبی(RH)و دمای نقطه شبنم(Td) به همراه دمای خشک محیط(T) نشانگرهای بسیار پرکاربرد مقادیر رطوبت هوا می باشند. یـک تبدیل درست بین نـم نسبی، دمای نقطه شبنم و دمـــای خشـک محیـــط (نتیجتاً کمبوداشباع)با تقریب بسیار مطلوب پیچیده تراز آن است که بتوان بدون کمک ماشین حساب و یا رایانه انجام شود. به هرحال روش های ساده که از قواعـد علمـی وتجـربی بدست آمـده وجود دارند که قادر هستند این تبدیل را بـرای هـــوای نمنـــاک(نم نسبی بزرگتراز۵۰ درصد) بادقت مورد لزوم در امور کاربردی روزمره فراهم نمایند. به عنوان نمونه رابطه ای خطی که توسط محققی بنام Lawrence (2005) معرفی گردیده شیوه ای است که با بهره گیری از روابط تحلیلی غیرخطی و اصول ساده سازی و تقریب ایجاد شده است (رابطه لارنس به شکل RH≈100-5(T-Td) می‌باشد).

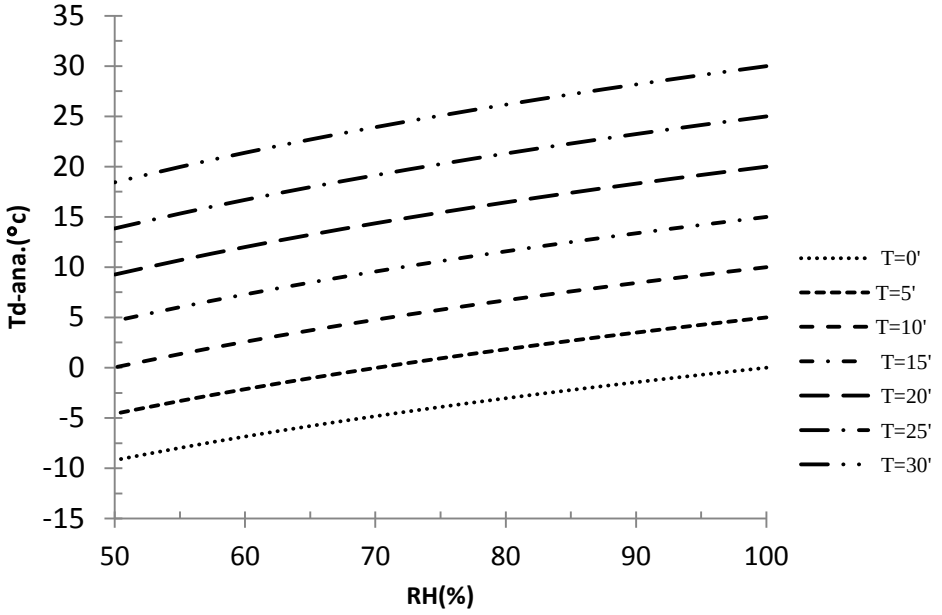
اندازه گیـــری مقدار بخارآب موجود در جـــو به روش کمبود اشباع (T-Td) و رطوبت نسبی (RH) انجام می شود این امر به گنجایش رطوبتی هوا در دمای مختلف و نیز مفهوم و تأثیر ترمودینامیکی آن در هواشناسی که بسیار ضروریست مرتبط می باشد. نم نسبی عبارتست از نسبت دو فشار بخار آب، یکی فشار بخار آب واقعی موجود در جو و دیگری فشار بخار اشباع جو در همان شرایط(Chandrasekar, 2010) . از طرفی فشار بخار آب واقعی و اشباع با فشار جو تغییر نمی کند، بلکه تابع دما هستند. نـم نسبی دارای تغییرات شبانه روزی زیادی در لایه سطحـی زمین است کـــه تـابع وارونه دمـــا می باشد (قائمی ،۱۳۸۳؛ علیجانی وکاویانی ،۱۳۸۶). محققی بنام لارنس با استفاده از روابط تحلیلی قوانین ترمودینامیک هوای مرطـوب و به کمک عملیات ریاضـی بـــر روی تعـــدادی از روابـط غیـرخطـی و با استفاده از خطی بودن رابطـه RH با Tdدر هوای مرطـوب به یک رابطه ساده شده خطی بمنظور اندازه گیری میزان دمای نقطه شبنم (Td) و یا کمبود اشبـاع (T-Td) با دقت کاربردی کافی دست یافت. بر اساس این رابطه خطی به ازای هریک درجـه سانتیگـــراد کاهش در دمـــای نقطـــه شبنم پنـــج درصـــداز نـــم نسبـی کاسته میشود. بهمین منظورهدف عمده این تحقیق دست یافتن به یک رابطه ساده خطی و بهینه درخصوص تعیین نم نسبی و کمبوداشباع(T-Td)بابکارگیری کمترین تعداد ممکن از روابط پیچیده می باشد.لذا ازداده های ایستگاه های هواشناسی شمال تهران و مهرآبادتهران (تلفیقی از روابط تحلیلی و تجربی وباتوجه به اختلاف ارتفاع بین این ایستگاه‌ها بمنظور بررسی اثرارتفاع)نیز که بـــا شرایط جغرافیـای طبیعی شهـری (در هوای مـرطوب درسطح زمین)سازگار باشداستفاده گردیده است . در نتیجه میتوان با صرف کمترین وقت و بدون نیاز به کاربردن معادلات پیچیده ریـاضی و بـــا دقت کافـــی فراسنجهای مجهـــولی ماننـــد نـم نسبی یا Td را بـــا کمک دو فـــراسنج معلوم دیگـــر (TوTd یا TوRH) مشخص نمود. همچنین کاربرداین رابطه خطـــی در سایر روابط خطـــی مرتبط، مانند رابطه خطـــی تخمین ارتفاع پایه ابـــر کومولوسی محتمل است(Mcdonald, 1963) .

مواد و روش ها

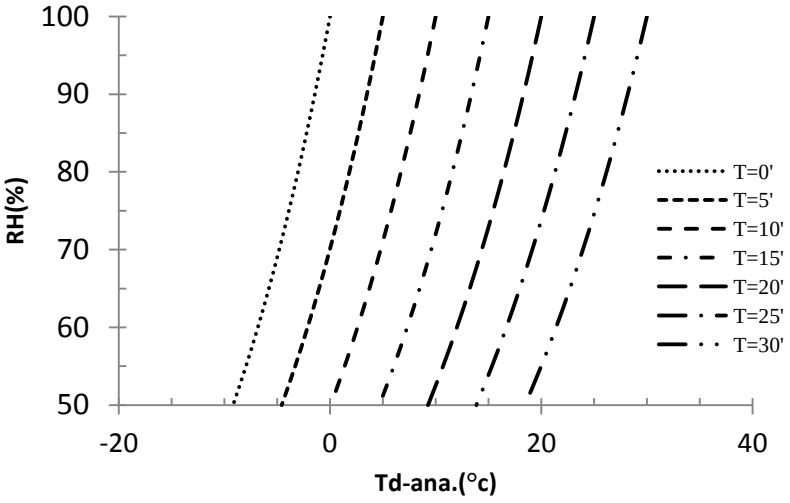
آغاز این تحقیق بر پایه علمی وتحلیلی رابطه بین نم نسبی (RH) ودمای نقطه شبنم (Td) و کمبود اشباع (T-Td) استوار گردیده است.(Sargent, 1980) بدین معنی که در وحله اول پس ازانجام محاسبات تحلیلی(analytic) جهت تعیین مقادیر دمای نقطه شبنم تحلیلی(.Td-ana) نمودارآن (شکل۱) تـــرسیم گـــردیده است(Alduchov&Eskridge, 1996). لازم به ذکراست این محاسبات برای نم نسبی به فواصل ۵درصد و برای دما (T) به فواصل ۵درجه سانتی گراد انجام شـــده است .لـذا بـــا تـوجه به نمـودار مـــزبور نـــم نسبی در بازه ۵۰ تا ۱۰۰درصـد و در دامنه دمـــــایی صفر تا۳۰ درجه سانتی گراد تقریباً خطی است شکل های (۲و۳) (Lawrence, 2005).



شکل ۱-نمودارارابطه نم نسبی(RH) با دمای نقطه شبنم تحلیلی(.Td-ana) دربازه دمای محیط(T) صفرتا سی درجه سانتی گراد در شهر تهران بر اساس داده های ایستگاه های مهرآباد و شمال تهران (۱۳۸۶- ۱۳۸۲)



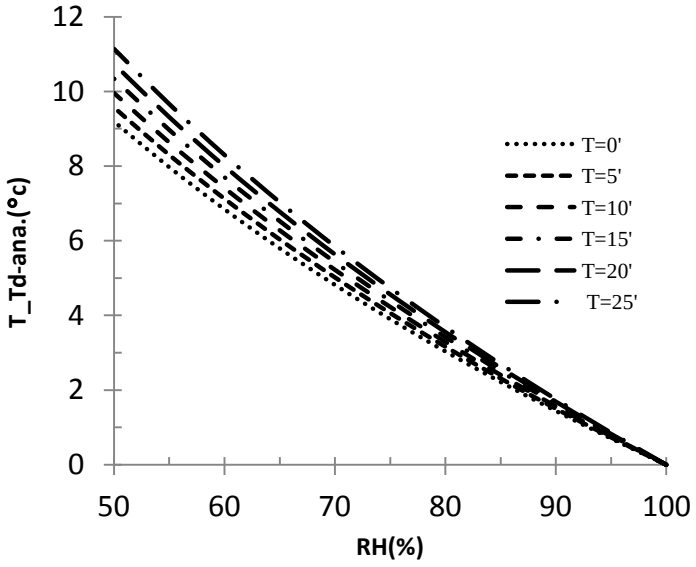
شکل ۲-نمودار رابطه تقریباً خطی نم نسبی (RH)(نم نسبی دربازه پنجاه تا صد درصد) با دمـــای نقطه شبنم تحلیلی (Td-ana.) در بازه دمای محیط(T) صفر تا سی درجه سانتی گراد در شهر تهران بر اساس داده های ایستگاه های مهرآباد و شمال تهران (۱۳۸۶- ۱۳۸۲)



شکل ۳-نمودار رابطه تقریباً خطی دمای نقطه شبنم تحلیلی(Td-ana.) با نم نسبی(RH) دربازه پنجاه تا صد درصد و دربازه دمای محیط(T) صفر تا سی درجه سانتی گراد در شهر تهران بر اساس داده های ایستگاه های مهرآباد و شمال تهران (۱۳۸۶- ۱۳۸۲)

در واقع دمای نقطه شبنم تابعی از نم نسبی و بلعکس ، یعنی نم نسبی تابعی از دمای نقطه شبنم می باشد .

از طرفی شکل (۴) رابطه تقریباً خطی مابین نم نسبی (۵۰ تا ۱۰۰درصد) وکمبوداشباع (T-Td) را نشان می‌دهد.



شکل ۴-نمودار رابطه تقریباً خطی نم نسبی(RH) وکمبود اشباع (T-Td) بطریق حل غیر خطی دردمای محیط(T) صفر تا بیست وپنج درجه سانتی گراد در شهر تهران بر اساس داده های ایستگاه های مهرآباد و شمال تهران(۱۳۸۶- ۱۳۸۲)

پس امکان یافتن یک معادله خطی ساده با شیبی ثابت محتمل است .لذا با بهره گیری ازرابطه معروف کلاسیوس کلاپیرون که درحالت بخار آب بشکل ذیل می باشد:

$$\frac{\mathrm{de_s}}{\mathrm{dT}} = \frac{\mathrm{m_v L e_s}}{\mathrm{R_w T^2}}$$

جائیکه T دمای محیط برحسب درجه کلوین و m_v جرم یک گرم بخار آب و $\mathrm{R_w}$ =461.5 $jk^{-1}kg^{-1}$ ثابت گازها برای بخار آب و L مقدارگرمای آزاد شده بعلت تراکـــم یک گـــرم بخارآب (گرمای نهان تبخیر)که تغییرات آن متناسب با تغییرات دمای محیط و در بازه $2/257 \times 10^6 \leq \mathrm{L} \leq 2/501 \times 10^6 jkg^{-1}$ میباشـــد. (زمانی که T=273.15 k است مقدارL برابر$2/501 \times 10^6$ و زمانی که T=373.15 k است مـــقدارL برابر $2/257 \times 10^6$ است) و $\mathrm{e_s}$ فشار بخار اشباع بـــر حسب هکتوپاســـکال است . (Lawrence, 2005 و قائمی،۱۳۸۳)

حال چنانچه تغییرات دیفرانسیلی در رابطه کلاسیوس کلاپیرون بصورت تغییرات جزیی (Δ) نوشته شودلذامعادله به فرمول زیرخواهدبود .

$$\Delta e_s = \frac{\mathrm{L} e_s \Delta \mathrm{T}}{\mathrm{R_w T^2}} \qquad \text{رابطه(الف)}$$

جائیکه $\Delta \mathrm{T} = \mathrm{T1} - \mathrm{T2}$ و $\Delta \mathrm{e_s} = e_s(\mathrm{T1}) - e_s(\mathrm{T2})$ است. حال قرار میدهیم: $\mathrm{T1} = \mathrm{T}$و T2=Td ، همچنین Td دمای مطلق نقطه شبنم و T دمای مطلق محیط میباشد. از طرفـی $\Delta \mathrm{e_s}$ اختلاف دو مقـدار فشـار بـخـار آب اشبـــاع ، یکـی در دمـای مـحیط و دیگری در دمای نقطه شبنم می باشد. لذا رابطه (الف) به شکل زیر خواهد شد.

$$\Delta e_s = e_s(\mathrm{T}) - e_s(\mathrm{Td}) = \frac{\mathrm{L} e_s(\mathrm{T})(\mathrm{T}-\mathrm{Td})}{\mathrm{R_w T^2}}$$

$$\frac{e_s(T)}{e_s(T)} - \frac{e_s(Td)}{e_s(T)} = \frac{L(T-Td)}{R_w T^2}$$

$$1 - \frac{e_s(Td)}{e_s(T)} = \frac{L}{R_w T^2}(T - Td)$$ رابطه(ب)

ازطرفی با استفاده از رابطه تحلیلی درهوای مرطوب (بیش از۵۰درصد) وبازه دمایی صفرتاسی درجه سانتیگراد ، بازه تغییرات (T-Td) بین ۰تا ۱۱/۵درجه سانتیگراد و دما بین ۲۷۳/۱۵و۳۰۳/۱۵درجه کلوین میباشد و همچنین با لحاظ حد اکثر مقادیر L و ΔT و نیز مقدار ثا بت R_w (برای بخار آب) ,صورت کسر $\frac{L(T-Td)}{R_w T^2}$ همواره کوچکترازمخرج آن خواهد بود لذا خواهیم داشت :

$$0 \le \frac{L(T-Td)}{R_w T^2} < 1$$

آنگـــاه:

$$0 < \frac{e_s(Td)}{e_s(T)} \le 1$$

و یا بعبارتی $e_s(Td) \le e_s(T)$ و همچنین $0 < e_s(Td)$ می باشد.

طرفین رابطه(ب) را در عدد 100 ضرب می کنیم :

$$100 - 100\frac{e_s(Td)}{e_s(T)} = \frac{100L(T-Td)}{R_w T^2}$$

ازطرفی چون فشار بخار آب در دمای محیط و دمای نقطه شبنم آن بصورت$e_s(Td)=e(T)$ و همواره $e_s(Td) \le e_s(T)$ است ، واز سوئی $RH=100\frac{e(T)}{e_s(T)}$ می باشد آنگاه: $RH = 100\frac{e_s(Td)}{e_s(T)}$

(Roger&Richard, 2003)

و با فرض $a = \frac{100L}{R_w T^2}$

آنگاه: $RH = 100 - a(T - Td)$

از سویی مقادیرR_w وL تقریباً ثابت هستند و مقادیر تغییرات T در حد ۰/۰۹است لذا بازه تغییرات a در هوای مرطوب (داده هـــای ایستگاهی در بازه ۴۶ تا۱۰۰درصد) و دمـــای محیط صفر تا سی درجه سانتی گراد نسبتاً کوچک وبین ۵/ ۳ تا ۵/۶ می باشد. پس میتوان مقدار a را ثابت فرض نمود

آنگاه: رابطه(ج) $RH \approx 100 - a(T - Td)$

و برحسب Tdبصورت: $Td \approx T - \left(\frac{100-RH}{a}\right)$ خواهد شد.

علیهذا با قراردادن مقادیر مشاهده شده دما،دمای نقطه شبنم ونم نسبی دررابطه(ج) (داده های روزانه دوره سه ساله ۲۰۰۴تا۲۰۰۶-۱۳۸۲تا۱۳۸۴) ایستگاه های هواشناسی مهـرآباد تهران

(ارتفاع۱۱۹۱ متراز سطح دریا) و شمـــال تهـــران (ارتفاع ۱۵۴۹ متراز سطح دریا) ، بافواصل ۵درصد درنم نسبی۴۶درصد و بالاتر و همچنین در دمـــای محیط، بافواصل۵درجه سانتی گراد در بازه دمایی صفر تا بیست وپنج درجه سانتیگراد، محاسبات با کمک نرم افزاراکسل انجام گردید. درنتیجه مقادیرنسبتاًمتفاوتی از بدست آمدکه نهایتاً بوسیله میانگین گیری مقادیر مزبور، مقدارثابت وبهینه aبه میزان ۵/۱۸ حاصل شد. در آخر میزان دقت این رابطه خطی با استفاده از داده های روزانه دوره دو ساله (۲۰۰۷و۲۰۰۸-۱۳۸۵و۱۳۸۶) همان دو ایستگاه شهر تهران در شرایط فوق مورد ارزیابی قرارگرفت.

نتیجتاً رابطه خطی مورد نظر به شکل :

رابطه (۱)

$$RH \approx 100 - \text{۵/۱۸} \quad (T - Td)$$

میباشد.

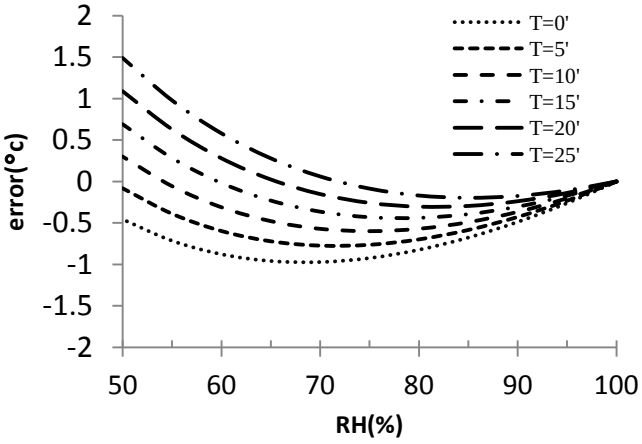
و از آنجا دمای نقطه شبنم برابر است با :

$$Td \approx T - \left(\frac{100-RH}{5.18}\right)$$

رابطـــه (۱) درمقایسه با رابطه (Lawrence, 2005) ازتعداد روابط کمتر ، و با روشی ساده تر حاصل شـــده است.چون برای محاسبه شیب ثابت آن از اطلاعات ایستگاهی (داده های روزانه و به فواصل سه ساعت و در کلیه فصول سال و دردو ایستگـــاه شمـــال تهران و مهـرآباد تهران که دارای اختلاف ارتفاع قابل ملاحـــظه میباشند) بهـره گرفته شده ، لذا کارایی این رابطه در محیط شهری، خصوصاً شهر تهـــران با دقت بیشتری همراه است .

نتایج

ملاحظه میگرددکه رابطه (۱) تقریباً مانند رابطه لارنس میباشد شکل ۵ مقادیـــر خطا درتعیین دمـــای نقطه شبنم با استفاده از حل تحلیلی و همچنین تعیین دمای مزبور با استفاده از رابطـــه (۱)را نشان می دهد.



شکل ۵-نمودار میزان خطای رابطه (۱) در قیاس با رابطه غیرخطی(حل تحلیلی) در خصوص تعیین دمای نقطه شبنم دردمای محیط ۰تا ۲۵درجه سانتی گراد و در هوای مرطوب و بر حسب درجه سانتی گراد در شهر تهران بر اساس داده های ایستگاه های مهرآباد و شمال تهران(۱۳۸۶- ۱۳۸۲)

میزان دقت رابطه (۱) در مقایسه با رابطه غیرخطی در مورد تعیین دمای نقطه شبنم در هوای مرطوب و بازه دمایی ۰ تا۲۵ درجه سانتی گراد (فواصل۵ درجه سانتی گراد) در جو پیرامونـــی (سطح زمین) بررسی گـــردید که درنتیجـه ، اندازه تفاوت (خطا) این دو شیوه بین ۱/۵تا ۱- درجه سانتی گراد است یا بعبارتی قدر مطلق بزرگترین مقـــدار این تفاوت بـرابـر ۱/۵ است .اینک با استفاده از این رابطه ، رابطه تخمین ارتفاع پایه ابـــرهـــای کـــومولوســـی که بـــه شکل $Zlcl \approx 125(T - Td)$ توســـط لارنس ارائه شـــده بصورت :

$Zlcl \approx 24.13(100 - RH)$ خواهد شد .

جـــدول ۱ - مقادیـــــر میانگیـــــن خـــطای تعیین دمـــــای نقطـــــه شبنـــم{ حـــل غیـــرخطی در مقابل داده های ایستگاهی} در رابطه با داده های روزانه دوره سه ساله (۲۰۰۴-۱۳۸۲،۲۰۰۶-۱۳۸۴) ایستگاه های مهرآباد و شمال شهر تهران در سطح زمین وبر حسب درجه سانتی گراد

دما (خشک) سانتیگراد / نام ایستگاه	۲۵	۲۰	۱۵	۱۰	۵	۰
	میانگین خطا Td	میانگین خطا Td	میانگین خطا Td	میانگین خطا Td	میانگین خطا Td	میانگین خطا Td
شمال تهـران (ارتفـــــاع از ســـطح دریـــا ۱۵۴۹ متر)	۰/۰۴۶	۰/۰۷۵	۰/۰۶۸	۰/۰۷	۰/۰۵۹	۰/۰۷۷
مهـــــر آبـــــاد تهران(ارتفـاع از سطح دریـــا ۱۱۹۱ متر)	۰/۰۶۲	۰/۰۶۸	۰/۰۷	۰/۰۸	۰/۰۷۸	۰/۰۸۳

جدول (۱) نشانگر خطای میانگین با بزرگی مطلق نزدیک ۰/۰۸ درجه سانتی گراد در خصوص تعیین دمای نقطه شبنم با روش ایستگاهی در قیاس با حل غیر خطی است که کوچک بوده و بـازه خطای میانگین تعیین دمای نقطه شبنم هر دو ایستگاه در هوای مرطوب و محدوده دمایی فوق الذکر (محیط) بسیار به یکدیگر نزدیک هستند. (این اختلاف با بزرگی ۰/۰۲ درجه سانتی گراد است.) از طرفی بین این دو ایستگاه، اختلاف ارتفاعی در حدود ۳۵۸ متر در محیط شهری وجود دارد و به احتمال زیاد غلظت مواد آلاینده در جـو پیرامونی این ایستگاه ها نیز متفـاوت بـــوده لـــذا رابـــطه معنی داری در مـــورد اثر تغییر ارتفـــاع و در نتیجـــه تغییر فشـار هـــــوا (اقلاً در این محدوده) و همچنین اثرتغییر آلاینده های جوی محیط شهـری بر ارتباط بین نم نسبی، دمای محیط و دمای نقطه شبنم و نتیجتاً کمبود اشباع (T-Td) مشاهده نمی شود.

رابطه(۱) نشان می دهد که به ازای هر ۵/۱۸ درصدکاهش مقدار نـم نسبی (RH) ، موجب کاهش یـــک درجه سانتی گراد در دمای نقطه شبنم و همینطـور در مقابل کاهش مقـــدار ۵/۱۸ درصد در اندازه نم نسبی موجب افـــزایش یک درجه سانتی گراد در مقدار کمبود اشباع می گردد.

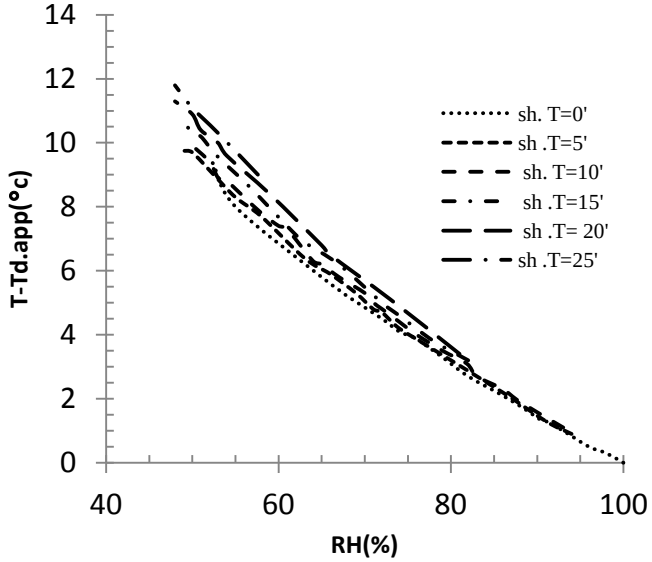
جدول ۲- مطابق داده های روزانه دوره سه ساله (۲۰۰۴- ۱۳۸۲،۲۰۰۶-۱۳۸۴) ایستگاه های

هواشناسی شمال تهران و مهـــرآباد تهران در هـوای مرطوب و بازه دمـــائی صفر تا بیست و پنج درجه سانتی گراد در سطح زمیـــن ، نـــم نسبی با افزایش دما کاهش نشان داده است و یا به عبارتـی افزایش دما باعث افزایش کمـبود اشباع (T-Td) می‌گردد. نکته قابل ملاحظه این است که میانگین کمـبود اشباع هر دو ایستگاه نامبرده حدوداً در دمای ۱۵ درجه سانتی گراد که میانگین دمای جهانی است قرار دارد .در مجموع میانگین کل کمبود اشباع ایستگاه شمال تهران قدری کمتر از میانگین کل کمبود اشباع ایستگاه مهرآباد تهران می‌باشد .

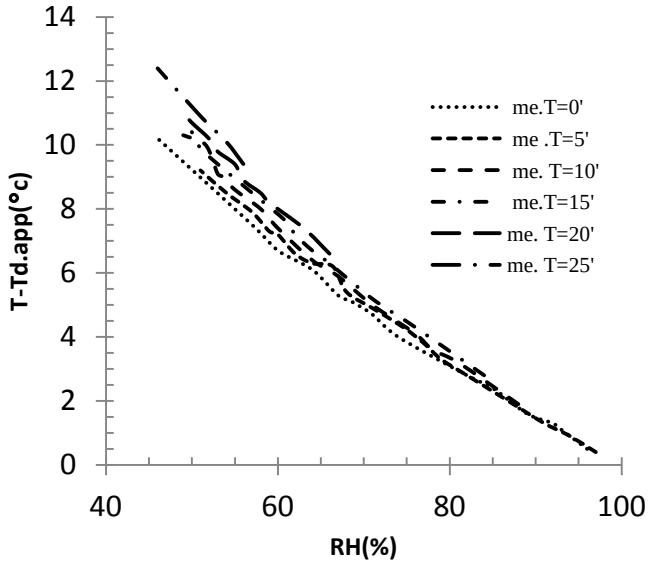
جدول ۲- میانگین داده های روزانه طی دوره ی سه ساله(۱۳۸۴- ۱۳۸۲) ایستگاه های مهرآباد و شمال تهران در هوای مرطوب و بازه دمایی صفر تا ۲۵ درجه سانتی گراد

دما (خشک) سانتیگراد / نام ایستگاه	۲۵	۲۰	۱۵	۱۰	۵	۰
	ave. ΔT	ave. ΔT	ave. ΔT	ave. ΔT	ave. ΔT	ave. ΔT
شمال تهران ارتفاع از سطح دریا۱۵۴۹ متر	۱۰/۵۵	۸/۲۴	۷/۴۵	۵/۸۳	۵/۶	۳/۳۸
مهرآباد تهران ارتفاع ازسطح دریا ۱۱۹۱ متر	۱۰/۷	۹	۶/۹۶	۶/۶	۴/۷۶	۴/۲۴

شکل‌های ۶ و۷ بترتیب بـازه میزان کمبود اشبـاع (T-Td) روزانـــه دوره سه سالـــه (۲۰۰۴ - ۲۰۰۶،۱۳۸۲-۱۳۸۴) ایستـگاه شمـال تهـران و مهـرآبـاد تهـران در هـوای مـرطـوب (بیش از۴۶درصد) و بازه دمای ۰تا۲۵درجه سانتی گراد درسطح زمین می باشد که نشان داده شده است .



شکل ۶-نمودار مقادیر کمبوداشباع درهوای مرطوب ودمای۰تا ۲۵ درجه سانتی گراد در دوره سه ساله (۱۳۸۲-۱۳۸۴) ایستگاه شمال شهر تهران .



شکل ۷-نمودارمقادیر کمبوداشباع درهوای مرطوب ودمای۰تا ۲۵ درجه سانتی گراد دردوره سه ساله (۱۳۸۲-۱۳۸۴) ایستگاه مهرآبادشهر تهران .

میزان کمبود اشباع (T-Td) در نم نسبی بیش از۸۵درصد در دمای ۰ تا ۲۵ درجه سانتی گراد تقریباً یکسان بوده و بیشترین اختلاف در مقدار کمبود اشباع برای بازه دمایی مزبور در نـم نسبی۴۶تا ۶۵درصد مشاهده می گردد.

جدول۳ - میانگیـــن تفاوت درتعیین دمای نقطه شبنم ناشی از استفـاده از روش ایستگاهی وتعیین دمای مزبور بوسیله رابطه ساده شده (رابطه ۱)مربوط به کلیه روزهای دوره دو ساله (۲۰۰۷-۲۰۰۸،۱۳۸۵-۱۳۸۶) ایستگاه های شمـال تهران ومهرآباد شهـــــر تهران در نم نسبـی ۴۷تا۱۰۰درصد **و بازه دمایی ۰ تـا ۲۵ درجه سانتی گراد درجوپیرامونی برحسب درجه سانتی گراد .**

دما خشک) سانتیگراد / نام ایستگاه	۲۵	۲۰	۱۵	۱۰	۵	۰
	Td dif.mean	Td dif.mean	Td dif.mean	Td dif.mean	Td dif.mean	Td dif.mean
شمال تهران ارتفاع از سطح دریا۱۵۴۹ متر	۱/۶۹	۰/۷۳	۰/۳۴	۰/۳۹	۰/۶	۰/۶۵
مهرآباد تهران ارتفاع ازسطح دریا ۱۱۹۱ متر	۱/۲	۰/۸۲	۰/۴۱	۰/۳۶	۰/۵۹	۰/۸۶

همانطور که در جدول (۳) نشان داده شده است، میانگین مطلق اختلاف تعیین دمای نقطه شبنم به روش ایستگاهی و به روش رابطه(۱)حداکثر۱/۶۹وحداقل ۰/۳۴درجه سانتی گراد میباشد. به عبارت دیگر این افزایش اختلاف بین روش ایستگاهی و روش مبتنی بر رابطه (۱) در دمای بالاتر بعلت کاهش مقادیر نم نسبی در هوای پیرامونی در دمای مزبور میباشد.

در اینجا ذکر این نکته قابل توجه است که این اختلاف در دمای بین۱۰تا ۱۵ درجه سانتی گراد که شامل میانگین دمای جهانی است درکمترین مقادیر می باشد.

رابطه (۱) دارای بازه خطایی بین ۱/۵ و ۱- درجه سانتی گراد در مورد تعیین مقـادیر دمای نقطه شبنم در شـــرایط فوق الذکر می باشد. علیهذا با توجه به بالاتر بودن میزان نم نسبی در دماهای پایین تر خصوصاً در فصول سردتر سال ، کاربرد رابطه (۱) به منظور تعیین دقیق تر دمای نقطه شبنم بویژه در بازه دمائی صفر تا پانزده درجه سانتی گراد و همچنین تعیین ارتفاع پایه ابر کومولوسی که در فصول سردتر سال (پاییز و اواخر زمستان و بهار) بعلت وجود ناپایداری بیشتر در جو سطح زمین فعالیت گسترده تری دارد با ارزش تر می باشد. با بررسی بعمل آمده ،مقادیر نم نسبی بدست آمده از رابطه (۱) که بـا استفاده ازمشاهدات مقادیر روزانـــه دماودمای نقطه شبنم سـال هـــای ۲۰۰۷ و ۲۰۰۸ ایستگاه های شمال تهران ومهرآباد تهران در بازه دمای محیط ۰ تا ۲۵ درجه سانتی گراد و در هوای مرطوب در سطح زمین انجام شده، در مقایسه با مقادیر نم نسبی مشاهده شده همان ایستگاه ها و در شرایط یاد شده دارای ضریب همبستگی ۰/۹۹۶ و بزرگتر بوده که بسیار به عدد

۱ نزدیک است. لذا نشان دهنده وابستگی بسیار زیاد بین ایندو مجموعه متغیر می باشد.

از سوی دیگر میانگین خطای RH بدست آمده از طریق رابطه (۱) در مقایسه با داده های ایستگاه شمال تهران در بازه دمائی ۰ تا ۲۵ درجه سانتی گراد در هوای مرطوب مربوط به سال های ۲۰۰۷ و ۲۰۰۸ به میزان ۳/۶۵۸درصد نم نسبی و در مقایسه با داده های ایستگاه مهرآباد تهران به مقدار ۳/۸۸۵ درصد نم نسبی می باشدکه نشان دهنده ۵ درصد خطا در محاسبه مقادیر RH است .

رابطه (۱) را می توان بر حسب درجه فارنهایت نیز نوشت بنابراین :

$$RH \approx 100 - \frac{26}{9}(T - Td) \quad \text{و یا}$$

$$Td \approx T - \frac{9(100-RH)}{26}$$

که در اینجا T و Td بر حسب درجه فارنهایت و RH بر مبنای درصد میباشند . در واقـــع تقریباً در برابر هر ۹ درصد کاهش در نم نسبی ، نزدیک به ۳ درجه فارنهایت از میزان دمـــای نقطـــه شبنم کـــاسته می شود.

نظربه اینکه میزان دمای تر کمتر و یا مساوی دمای خشک محیط و همچنین بیشتر از دمای نقطه شبنم است،به بیانی دیگر دمای تر مابین دمای خشک ودمای نقطه شبنم قراردارد،به همین لحاظ مقدارکسر(T-Tw) یابعبارتی اختلاف دمای تر وخشک ازاهمیت بسزایی درتعیین مقادیر نم نسبی برخوردارمی باشد. (علیجانی وکاویانی، ۱۳۸۶) لذا باجانشانـــی کسر (T-Tw) بجای کمبوداشباع در رابـــطه (ج) ، رابطه زیر

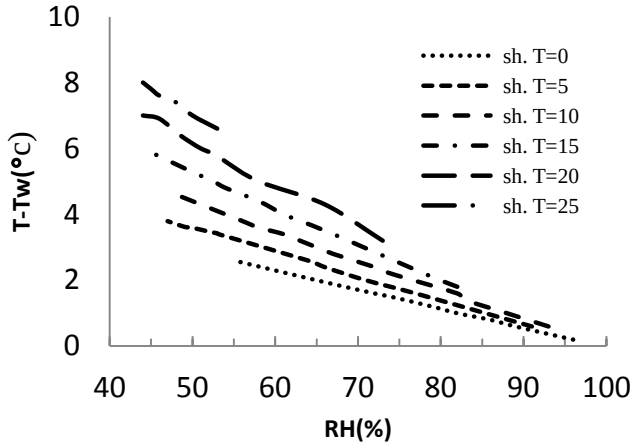
$RH \approx 100 - a(T - Tw)$ حاصل می شود.

در اینمورد با استفاده از داده های روزانه سال ۲۰۰۴ ایستگاه شمال تهران دربازه دمای خشک ۰تا۲۵ درجه سانتی گراد ونم نسبی بیش از۴۴درصد و رسم نمودار(شکل۸) ارتباط کسر (T-Tw) با نم نسبی نسبتاً خطی بوده لکن شیب روابط در دماهای متفاوت به خصوص ًدرهنگام کاهش دمای خشک تغییرمحسوسی داشته وافزایش می یابـد وفاقد ضریب نسبتا ثابت و واحـدی دربازه دمایی اشاره شده می باشد.علیرغـــم این مسئله به روشی که پیشنهاد می شود ،امکان کاربردی بودن این روابط خطی درتعیین نسبتاً دقیق نم نسبی با میانگین کـل خطـــای ۳/۱ درصد نم نسبی کـــه درقیاس با کمـبوداشبـاع (T-Td) درایستگـــاه یـاد شده کـــه میانگین کـل خطـــا حدود۳/۶۵۸ درصد نم نسبی دربازه دمایی فوق وهوای مرطوب است بخوبی وحتی بهتر نمایان می باشد.

$۰°C \leq T \leq ۵°C \quad a = ۱۵/۵$

ملاحظه می گردد که این شیب با افزایش دمای خشک کمتر می شود وبا T $۵°C < T \leq ۱۰°C \quad a = ۱۳/۵$ عکس می‌شود.

$۱۰°C \leq T \leq ۱۵°C \quad a = ۷/۹$



شکل ۸-نمودار رابطه کسر(T-Tw) (اختلاف دمای تروخشک) بانم نسبی دربازه دمای ۰تا۲۵ درجه سانتی گراد درهوای مرطوب درسال۲۰۰۴ ،ایستگاه شمال شهرتهران.

بحث و نتیجه گیری

رابطـــه خطـــی (۱) تنـها بـا استفـاده از روابـط بنیـــادین ترمـودینامیـــک هـــوای مـــرطـــوب (معادله کلاسیوس کلاپیرون و نم نسبی) وبابهره گیری از داده های ایستگاه های مهرآبادوشمال شهرتهران که اختلاف ارتفاع بین آنها درحدود ۳۵۸متراست استحصال گردیده است. رابطه مزبورنشان دهنده یک درجه سانتی گراد کاهش دردمای نقطه شبنم و همچنین یک درجه سانتی گراد افزایش در میزان کمبود اشباع به ازای هر۵/۱۸درصدکاهش درنم نسبی درهوای مرطوب (نم نسبی بیش از۵۰ درصد) و دربازه دمایی ۰ تا ۳۰ درجه سانتی گراد می باشد.

حداکثر خطای رابطه (۱) در تعیین دمای نقطه شبنم درمقایسه با حل تحلیلی(analytic) در هوای مرطوب وبازه دمایی۰ تا ۲۵درجه سانتی گراد ، برابر ۱/۵ درجه سانتی گراد می باشد.

حداکثر میانگین خطای رابطه(۱) درتعیین دمای نقطه شبنم درمقایسه با داده های دمای نقطه شبنم ایستگاه های مهرآباد و شمال شهر تهران دردوره دو ساله(۱۳۸۵- ۱۳۸۶)درنم نسبی ۴۷ تا۱۰۰درصد وبازه دمایی ۰ تا ۲۵ درجه سانتی گراد، برابر ۱/۶۹درجه سانتی گراد و حداقل میانگین خطای آن درشرایط یاد شده برابر ۰/۳۴ درجه سانتی گراد است. قابل ذکراست که خطای مزبور دربازه دمایی ۱۰ تا ۱۵ درجه سانتی گراد که شامل میانگین دمای جهانی است درکمترین مقادیر می باشد.

مقادیر نم نسبی بدست آمده ازطریق رابطه (۱) مربوط به مشاهدات داده های روزانه دما ودمای نقطه شبنم ایستگاه های ذکرشده دردوره دو ساله فوق ودر شرایط بالا در سطح زمین، در قیاس با مقادیر نم نسبی حاصل ازداده های همان ایستگاه هاودرشرایط یاد شده دارای ضریب همبستگی ۰/۹۹۶ وبزرگتربوده که نشان دهنده وابستگی بسیار زیاد بین ایندو مجموعه متغیر می باشد.

درخصوص اثرفشارجو وتاثیرات آلاینده های جوی برروابط بین دما،دمای نقطه شبنم ونم نسبی دردوره سه ساله ۱۳۸۲لغایت ۱۳۸۴ایستگاه های یادشده فوق که دارای اختلاف ارتفاع ذکرشده هستند بررسی گردید

(جدول۱) ،نتیجه حاصل نشان دهنده عدم تأثیر محسوس فشار و آلاینده های جوی برروابط مابین فراسنج های فوق الذکر می باشد.

براساس جدول(۲)که با بهره گیری از داده های روزانه دما،دمای نقطه شبنم و نم نسبی ایستگاه های ذکرشده درنم نسبی ۴۶درصد وبالاتر ودر بازه دمایی ۰ تا ۲۵ درجه سانتی گراد ودوره سه ساله یادشده تهیه گردیده ، نم نسبی باافزایش دما کاهش نشان می دهد. بعبارتی افزایش دما موجب افزایش کمبود اشباع درهر دو ایستگاه نامبرده شده است. از طرفی نکته قابل ملاحظه این است که میانگین میزان کمبود اشباع هر دو ایستگاه حدوداً دردمای ۱۵درجه سانتی گراد که تصادفاً میانگین دمای جهانی است قراردارد.ضمناً میانگین کل کمبود اشباع ایستگاه شمال تهران قدری کمتر از میانگین کل کمبوداشباع ایستگاه مهرآباد تهران می باشد.

مقادیر کمبوداشباع هردوایستگاه فوق الذکردرنم نسبی ۸۵درصد وبیشتر وبازه دمایی ۰ تا ۲۵ درجه سانتی گراد تقریباً یکسان بوده و بیشترین تفاوت در مقادیر کمبود اشباع دربازه مزبور درنم نسبی ۴۶ تا۶۵ درصد مشاهده می گردد.

با قرار دادن کسر (T-Tw) ، بجای کمبود اشباع دررابطه(ج) و با سود جستن از داده های ایستگاه شمال تهران مربوط به سال ۱۳۸۲درنم نسبی بیش از۴۴درصد ودربازه دمایی ۰ تا ۲۵ درجه سانتی گراد ،رابطه ای خطی که درفواصل دمایی ۵ درجه سانتی گراد، دارای شیب (a) منحصر بفردی (این شیب بین ۷/۵ تا ۱۵/۵ درتغییراست) می باشد. درحقیقت ۵ رابطه خطی برای ارتباط بین دما،دمای تر ونم نسبی درهر۵درجه سانتی گرداز دما(از۰ تا ۲۵ درجه سانتی گراد) ارائه گردیده است.براساس این روابط خطی به ازای هر ۷/۵ تا۱۵/۵ درصدکاهش درنم نسبی یک درجه سانتی گرادازدمای تر کاسته ویا یکدرجه سانتی گرادبه کسر (T-Tw) افزوده می‌شود. میانگین کل خطای روابط مزبوردرتعیین نم نسبی درشرایط بالا۳/۱درصد بوده که مبین کاربردی بودن این روابط خطی است.

بـــا توجه به اینکه محاسبه ارتفاع پایه ابر کومولوسی دارای رابطـه خطی بصـــورت $Zlcl\approx125(T-Td)$ می باشد علیهـذا چنانچه بجـای مقـدارکمبوداشبـــاع (T-Td) این رابـطه مقـدار بـرابـرآن از رابطـه خطـــی (۱) یعنی $T-Td\approx\frac{100-RH}{5.18}$ را قرار دهیم آنگاه خواهیم‌داشت : $Zlcl\approx24/13(100-RH)$

که در اینجا تنها باکمک مقادیرنم نسبی مشاهده شده درسطح زمین، ارتفاع پایه ابر کومولوسی بر حسب متر بدست می آید. درواقع تاثیرنم نسبی سطح زمین درتشکیل ابرهای مزبوربوضوح نمایان است.درمجموع میتوان گفت که چون در دنیای امروز تسریع در کسب اطلاعات بسیارضروری است ،لذا صرفه جوئی در وقت درخصوص محاسباتی که دارای کاربردهای روزانه بوده و نیازی به دقت خیلی زیاد ندارند و در تخمین نسبتاً دقیق و پردازش اطلاعات نقش زیادی بعهده دارند ازاهمیت بالایی برخوردارمی باشد.

درهر حال قابلیت بهره گیری سریع و مطمئن(در امور معمول روزانه و نه مواردی که نیازمند دقت بسیار بالائی باشد) و بدون نیاز به تخصص خصوصاً بـرای افرادی که درکارهائی مانند امورکشاورزی، باغداری ، گلخانه داری و بعضی از صنایع همانند داروسازی ، چوب ، بسته بندی ، انبارداری و غیره

فعالیت می کنند و نتیجتا افزایش بهره وری و صرفه جویی بهتر درمصرف سوخت وانرژی از اهداف و نتایج اینگونه ساده سازی ها می باشد.درنهایت پیشنهاد می شود از آنجاییکه اختلاف دمای تر وخشک (T-Tw) در تعیین دقیقتر مقادیر نم نسبی نقش مهمی دارد لذا آیندگان درجهت ارائه رابطه ای یگانه و کاراتر در این مورد اهتمام کافی مبذول نمایند.

منابع

علیجانـی ، بهلول . و کاویانی ، محمدرضا . ۱۳۸۶. مبانی آب و هواشناسی . انتشارات سـازمان مطالعه و تدوین کتب علوم انسانی دانشگاهها (سمت). تهران .ایران.

قائمی ، هوشنگ . ۱۳۸۳. هواشناسی عمومی. انتشارات سازمـــان مطالعه و تدوین کتب عـــلوم انسانی دانشگاهها (سمت). تهران .ایران.

Alduchov, O. A. & Eskridge,R.E. 1996. Improved Magnus form approximation of saturation vapor pressure. J. Appl. Meteor, 35: 601–609.

Chandrasekar,A. 2010.Basics of Atmospheric Science.PHI Learning private limited.New Delhi.110001.

Lawrence ,G.M.2005. The relationship between Relative Humidity and the Dewpoint Temperature. moist Air. Bulletin of American Meteorology Society DoI: 10,1175/BAMS–86–2–225 in Mcdonald, J. E. 1963 .James Espy and the beginnings of cloud thermodynamics. Bulletin of the American Meteorological Society, 44 :634–641.

Roger, G.B. & Richard, J.C.2003. Atmosphere, Weather and Climate .Routledge, Taylor & Francis . Group.London and Newyork. Published in the Taylor & Francis e – library

Sargent, G. P. 1980. Computation of vapour pressure, dew-point and relative humidity from dry- and wetbulb temperatures. **Meteor Magazine**, 109**:** 238–246.