نشریه پژوهش‌های علوم و فناوری چوب و جنگل
جلد بیست و چهارم، شماره سوم، ۱۳۹۶
http://jwfst.gau.ac.ir

مطالعه درصد رطوبت تعادل چوب در گستره ایران: تحلیل مکانی روند تغییرات سالانه

جلیل هلالی[۱]، مهدی نادی[۲] و *حمیدرضا عدالت[۳]

[۱]دانشجوی دکتری گروه مهندسی آبیاری و آبادانی، دانشکده مهندسی و فناوری کشاورزی، پردیس کشاورزی منابع طبیعی، دانشگاه تهران، [۲]استادیار گروه آبیاری، دانشکده مهندسی زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، [۳]استادیار گروه تکنولوژی و مهندسی چوب، دانشکده مهندسی چوب و کاغذ، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۲/۱۵؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۹/۰۸

چکیده

سابقه و هدف: قرارگیری چوب در یک محیط باعث تبادل رطوبتی آن با هوای محیط می‌شود. زمانی که چوب با محیط اطراف خود حداقل تبادل رطوبتی را داشته باشد، به رطوبت تعادل (EMC) رسیده است. رطوبت چوب بر اغلب خواص مهم چوب تأثیر می‌گذارد. این ویژگی تابع درصد رطوبت نسبی و دمای محیط می‌باشد به‌طوری‌که با افزایش رطوبت نسبی، رطوبت تعادل چوب زیاد و با افزایش دمای محیط کاهش می‌یابد. تحقیقاتی در زمینه مقدار رطوبت تعادل در مناطق مختلف جهان و ایران انجام شده است. همچنین تغییرات این ویژگی در طی مدت سال نیز مورد بررسی قرار گرفته است. هدف از انجام این مطالعه بررسی روند تغییرات رطوبت تعادل در یک دوره بیست و پنج ساله و در کل کشور است.

مواد و روش‌ها: برای بررسی درصد رطوبت تعادل چوب در گستره ایران از داده‌های هواشناسی دما و رطوبت نسبی ۸۸ ایستگاه همدیدی و اقلیم‌شناسی استفاده گردید. برای بررسی روند پارامترهای مورد مطالعه از روش ناپارامتری من- کندال در مقیاس زمانی سالانه استفاده شد. در این مطالعه نقشه تغییرات ضریب معناداری با روش وزنی مربع عکس فاصله ترسیم و تحلیل نتایج با در نظر گرفتن شرایط اقلیمی انجام شد و در نهایت اختلاف مقدار سال اول و آخر و همچنین اختلاف ۱۰ سال ابتدایی و انتهایی دوره مورد مطالعه جهت مقایسه درصد رطوبت تعادل مورد بررسی قرار گرفت.

یافته‌ها: نتایج به‌دست آمده نشان داد که در اکثر ایستگاه‌های مورد مطالعه روند دما افزایشی است در حالی که روند کاهش معنادار رطوبت نسبی و درصد رطوبت تعادل در کل نوار ساحلی شمال، بخش جلگه‌ای خوزستان و بخش عمده‌ای از جنوب شرق کشور بوقوع پیوسته است. میزان تغییرات درصد رطوبت تعادل در دهه اول و آخر دوره مورد بررسی بین ۲/۵۹-۰/۳۵ درصد و بین سال اول و آخر دوره اقلیمی حدود ۵/۳۳-۰/۳۳ درصد بوده است که عمده دلیل این کاهش به روند افزایش دما و کاهش درصد رطوبت نسبی مربوط است.

نتیجه‌گیری: با توجه به کاهش معنی‌دار رطوبت تعادل در نوار جنگلی شمال کشور و جنگل‌های شمال غرب و افزایش احتمالی این روند در آینده در اثر تغییر اقلیم، به‌نظر می‌رسد سرعت رشد و کیفیت چوب درختان جنگلی این مناطق

*مسئول مکاتبه: Edalat.hr@gmail.com

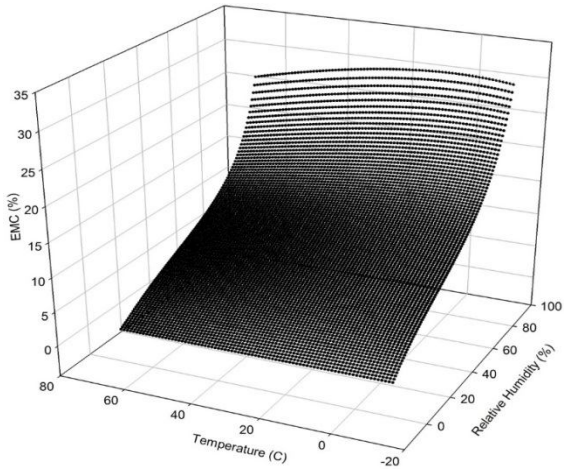
دستخوش تغییر خواهد شد. علاوه‌بر آن، روند کاهشی رطوبت تعادل، محیط خشک تری را برای مصرف مبلمان و مصنوعات چوبی ایجاد می‌نماید که مستلزم توجه بیشتر به فرآیند چوب خشک‌کنی و درصد رطوبت نهایی محصولات چوبی است. همچنین وجود روند کاهشی رطوبت تعادل زنگ خطری برای صادرات محصول، و واردات مواد اولیه و محصولات چوبی است.

واژه‌های کلیدی: چوب، درصد رطوبت تعادل، دما، رطوبت نسبی، تحلیل روند، من کندال

مقدمه

چوب یک ماده طبیعی است که از رشد ثانویه درختان حاصل می‌گردد. چوب بلافاصله پس از قطع درخت حاوی مقادیر زیادی آب است که استفاده از آن برای ساخت مصنوعات و مبلمان را محدود می‌سازد. برای استفاده اصولی چوب در صنایع مذکور، لازم است متناسب با رطوبت تعادل محل استفاده، خشک گردد (۱٤). رطوبت چوب بر اغلب خواص مهم آن تأثیر می‌گذارد و مقدار رطوبت تعادل بستگی به نوع گونه چوبی، رطوبت اولیه چوب، رطوبت نسبی محیط و دمای محیط دارد.

خاصیت هیگروسکوپیک (جذب و دفع رطوبت) در چوب موجب تبادل رطوبتی آن با محیط می شود. جذب و دفع رطوبت باعث واکشیدگی و هم کشیدگی در چوب می‌گردد (۳، ۲). اگر چوب به‌مدت کافی در محیطی قرار گیرد، تبادل رطوبتی آن با هوای محیط به حداقل خواهد رسید، که به این حالت رطوبت تعادل[1] (EMC) گفته می‌شود. همان‌طور که در بالا نیز اشاره شد مقدار این ویژگی علاوه‌بر خصوصیات ساختاری، شیمیایی و فیزیکی چوب، تابع دو عامل هواشناسی یعنی درصد رطوبت نسبی و دمای محیط می‌باشد به‌طوری که با افزایش رطوبت نسبی رطوبت تعادل چوب زیاد و با افزایش دمای محیط کاهش می‌یابد. همانگونه که در شکل ۱ نشان داده شده است، با استفاده از تأثیر متقابل دو عامل مذکور و با استفاده از جداول و نمودارهای سایکرومتری رطوبت تعادل چوب محاسبه می‌گردد (۷).



شکل ۱- منحنی سه بعدی بین درصد رطوبت تعادل، دما و رطوبت نسبی حاصل از معادله هیلوود و هوربین (۷).

Figure 1. 3D graph of relation between EMC, temperature and relative humidity, taken from Hailwood and Horrobin (1964).

1- Equilibrium Moisture Content

اهمیت رطوبت تعادل چوب هنگامی بیشتر می‌گردد که محل تولید و مصرف چوب به‌خصوص در فضای باز (مبلمان شهری) از لحاظ اقلیمی متفاوت باشد. در این شرایط، به‌دلیل تغییرات رطوبت نسبی و دما، رطوبت تعادل چوب نیز دستخوش تغییر شده و باعث تغییر ابعاد آن می‌گردد. انتقال مصنوعات چوبی از محیط مرطوب به محیط خشک‌تر مانند انتقال از استان‌های شمالی به شهرهای مرکزی مانند اصفهان و یزد باعث ایجاد ترک و شکاف و باز شدت درز اتصالات می‌شود.

همچنین استفاده از مبلمان و مصنوعات تمام چوب در محیطی با رطوبت نسبی بیشتر نسبت به محیط تولید نیز می‌تواند باعث واکشیدگی و ایجاد تاب و اعوجاج در محصولات شود. به‌عنوان مثال زمانی که کارخانه مبلمان مستقر در شهری مانند اصفهان، محصولات خود را برای یکی از استان‌های شمالی کشور ارسال کند. بنابراین به منظور جلوگیری از کاهش کیفیت فرآورده‌های چوبی و بروز معایب ناشی از همکشیدگی و واکشیدگی چوب، مطالعه رطوبت تعادل چوب در کشور کمک بسزایی جهت پیش‌بینی تمهیدات لازم برای کنترل و تنظیم رطوبت چوب متناسب با محیط مصرف خواهد نمود. نکته قابل توجه دیگر، بررسی اقلیم در انبارهای باز (فاقد کنترل دما و رطوبت) گمرک‌های کشور است، که اگر توقف محصول صادراتی یا وارداتی طولانی گردد، رطوبت آن‌ها دستخوش تغییر شده و می‌تواند بر روی کیفیت محصول تأثیر بگذارد.

علاوه‌بر تأثیر تغییرات اقلیم بر رطوبت تعادل، مطالعات نشان داده است که این عامل نقشی بسیار اساسی در زوال و بقای گونه‌های چوبی دارد. به‌عنوان مثال خشکسالی می‌تواند شرایط را برای تأثیر سایر خطرات مانند قارچ‌ها و آفات فراهم سازد (۱۲). یکی از اثرات بارز خشکسالی کاهش سرعت رشد درختان است که با کاهش ضخامت دوایر رویش مشخص می‌شود. دمای هوا نیز می‌تواند ذخیره مواد غذایی در درخت را تحت تأثیر قرار دهد. گونه بلوط ایرانی نسبت به متوسط دمای رویشگاه در مقایسه با بارندگی متوسط حساسیت بیشتری نشان داده است (۱۲).

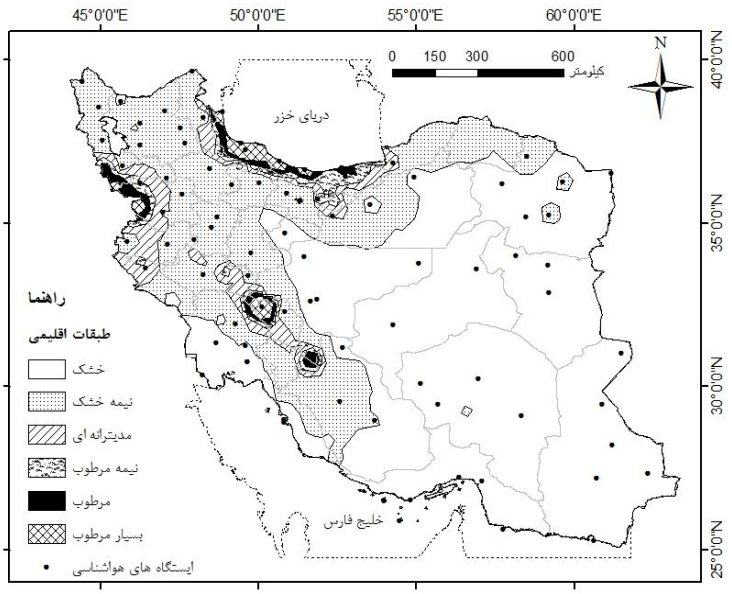
مطالعات صورت گرفته در مورد رطوبت تعادل چوب نشان داده است که این پارامتر با شرایط اقلیمی و هواشناسی رابطه تنگاتنگی دارد. معادله محاسبه درصد رطوبت تعادل برای اولین بار در سال ۱۹٤٦ ارائه شد که ورودی اصلی آن‌ها دمای متوسط و رطوبت نسبی بود (۷). در سال ۱۹۹۸ نیز درصد رطوبت تعادل ۲٦۲ منطقه ایالات متحده بررسی شده و مورد مقایسه قرار گرفت (۱۳). نتیجه مطالعه دیگری در ایالات متحده نشان داد نواحی نزدیک به منابع آبی درصد رطوبت تعادل بالاتر و مناطق دارای اقلیم خشک درصد رطوبت تعادل کمتری داشتند (۱۱). مطالعات صورت گرفته در ایران محدود به بررسی مقدار درصد رطوبت تعادل بوده است. نتایج حاصل از تحلیل ده ساله داده‌های هواشناسی در ۲۷ منطقه ایران مشخص نموده است که متوسط رطوبت تعادل چوب در نقاط مختلف کشور بر حسب شرایط اقلیمی و فصل بین ۳ تا ۱۹ درصد متغیر می‌باشد که حداقل مقدار آن در شهرهای یزد و کرمان با (۳ درصد) در تابستان و حداکثر آن (۱۹ درصد) مربوط به آستارا در فصول پاییز و زمستان بوده است (۲). در پژوهشی دیگر عنایتی (۱۹۹۸) وضعیت رطوبت تعادل در ٤۷ ایستگاه ایران مورد بررسی قرار گرفت و مشخص گردید که کشور ایران از لحاظ درصد رطوبت تعادل به ۵ ناحیه تقسیم‌بندی می‌شود (۳). عنایتی و زارع (۲۰۰۷) نیز وضعیت درصد رطوبت تعادل ایران و کشورهای همسایه مورد تحلیل قرار دادند (٤). بررسی مقدار درصد رطوبت تعادل و رابطه آن با متغیرهای جغرافیایی نشان داده است که مناطق

ساحلی و اقلیم سرد، درصد رطوبت تعادل بیشتری نسبت به مناطق و اقلیم‌های خشک و مرکزی ایران داشته و ماه‌های زمستان، ماه‌های اولیه بهار و ماه‌های پاییز منتهی به زمستان دارای رطوبت تعادل چوب بیشتری هستند (۸). از سوی دیگر همان‌گونه که مطالعات نشان داده‌اند تغییرات اقلیمی در سده گذشته و شروع قرن حاضر موجب تغییرات زیادی در بخش‌های مختلف از جمله کشاورزی و منابع آب گردیده است. بررسی‌ها نشان می‌دهد روند کاهشی متغیرهای رطوبت نسبی و دمای نقطه شبنم بیشتر از روند افزایشی آن‌ها بوده است (٦). بررسی روند متوسط دمای سالانه ۳٤ ایستگاه ایران نیز مشخص نموده است که ٤٤ درصد ایستگاه‌ها روند مثبت، ۱۵ درصد روند منفی و ٤۱ درصد فاقد روند بوده‌اند (۵). مطالعه انجام شده در مورد روند رطوبت نسبی کشور اردن در مقیاس سالانه و فصلی روند افزایشی را نشان داده است (۱). اما تنکاز و همکاران (۲۰۰۷) با انجام مطالعه ای در مناطق نیمه خشک ترکیه دریافتند که فشار بخار دارای روند افزایشی و رطوبت نسبی دارای روند کاهشی بوده است (۱۵).

بنا به مطالعات فوق، وجود روند تغییرات در دما و رطوبت نسبی بر مقدار روند تغییر درصد رطوبت تعادل تأثیر خواهد گذاشت. به‌این دلیل بررسی روند و تغییرات رخ داده در متغیرهای اقلیمی مرتبط با درصد رطوبت تعادل امری لازم و ضروری به‌نظر می‌رسد. در مطالعات صورت گرفته در داخل نیز علاوه‌بر موارد قبل، دوره‌های اقلیمی انتخاب شده برای مطالعه درصد رطوبت تعادل کافی نبوده و در عین حال تراکم مناطق انتخاب شده به اندازه‌ای نبوده است که قادر به پوشش دادن کامل گستره اقلیمی و جغرافیایی کشوری مانند ایران که دارای اقلیم‌ها و پراکنش جغرافیایی گسترده‌ای است باشد. لذا هدف از انجام این مطالعه، محاسبه درصد رطوبت تعادل چوب در طی دوره اقلیمی بیست و پنج ساله و بررسی روند تغییرات آن در گستره ایران می‌باشد.

مواد و روش‌ها

انتخاب دوره آماری و ایستگاه‌های مورد مطالعه: برای بررسی درصد رطوبت تعادل چوب در گستره ایران از داده‌های هواشناسی دما و رطوبت نسبی ۸۸ ایستگاه همدیدی و اقلیم‌شناسی استفاده گردید. طول دوره آماری مشترک بین ایستگاه‌ها ۲۰۱۰-۱۹۸۵ انتخاب شد. برای اطمینان از نرمال بودن سری داده‌های تشکیل شده از آزمون کولموگروف-اسمیرنوف استفاده شد (٦). برای بررسی دقیق پارامتر مورد بحث علاوه‌بر سال‌های آماری کافی ایستگاه‌ها، پراکنش مکانی و اقلیمی نیز در نظر گرفته شد. در شکل ۲ پراکنش ایستگاه‌های هواشناسی مورد استفاده به همراه اقلیم آن‌ها در سیستم طبقه‌بندی اقلیمی دومارتن نشان داده شده است. بررسی این شکل نشان می‌دهد که ایستگاه‌های مورد بررسی از هر ٦ کلاس اقلیمی مختلف انتخاب شده‌اند.



شکل ۲- موقعیت ایستگاه‌های مورد مطالعه به تفکیک طبقه اقلیمی (دومارتن) در گستره ایران.

Figure 2. Locations of studied meteorological stations, categorized with respect to climate class in Iran extent.

محاسبه درصد رطوبت تعادل: محاسبه پارامتر درصد رطوبت تعادل با استفاده از میانگین دما و رطوبت سالانه در قالب معادلات زیر محاسبه می‌شود (۷، ۱۳).

(۱)

$$EMC=\frac{1800}{W}.\frac{KH}{1-KH}+\frac{K_1KH+2K_1K_2K^2H^2}{1+K_1KH+K_1K_2K^2H^2}$$

(۲)

$$W = 349 + 1.29T + 0.0135T^2$$

(۳)

$$K = 0.805 + 0.000736T - 0.00000273T^2$$

(٤)

$$K_1 = 6.27 + 0.00938T - 0.000303T^2$$

(۵)

$$K_2 = 1.91 + 0.0407T - 0.000293T^2$$

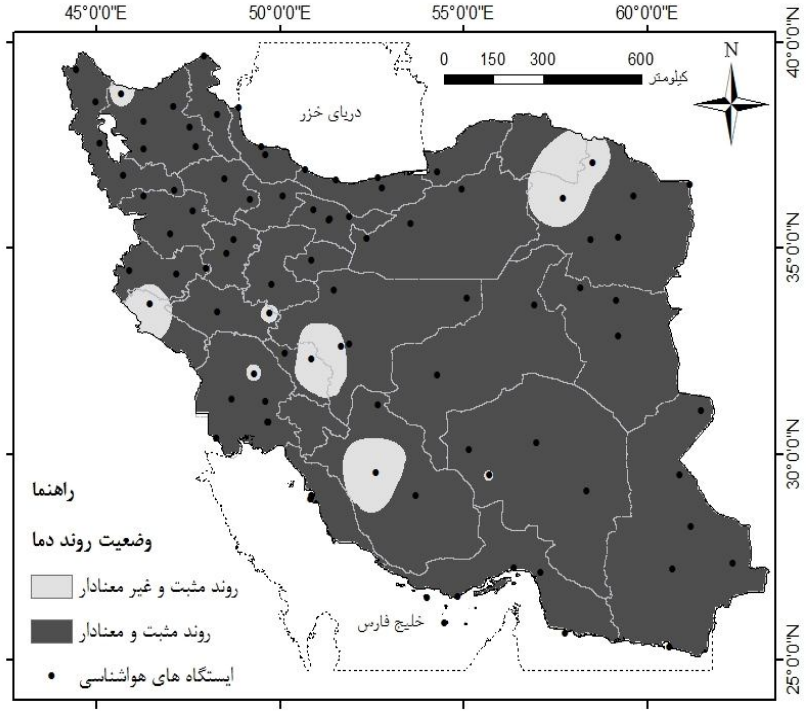
که در آن EMC: درصد رطوبت تعادل (درصد)، T: دما (درجه سلسیوس)، H: رطوبت نسبی (درصد) و W، K، K_1، K_2 ضرایب مدل جذب هستند.

روش تحلیل روند: برای بررسی روند پارامترهای مورد مطالعه از روش ناپارامتری من- کندال در مقیاس زمانی سالانه استفاده شد و آزمون معنی‌داری آن در سطح خطای ۵ و ۱ درصد بررسی شد. روش من- کندال ابتدا توسط من (۱۹٤۵) ارائه و سپس توسط کندال (۱۹۷۰) بسط و توسعه یافت. روش مذکور به‌طور گسترده‌ای در تحلیل روند سری‌های هیدرولوژیکی و هواشناسی به‌کار گرفته می‌شود. از نقاط قوت این روش می‌توان به مناسب بودن کاربرد آن برای آن دسته از سری‌های زمانی که از توزیع آماری خاصی پیروی نمی‌کنند، اشاره کرد. اثرپذیری ناچیز این روش از مقادیر حدی که در برخی از سری‌های زمانی مشاهده می‌گردد (مثل بارش) نیز از مزایای استفاده از این روش است. فرض صفر آزمون من- کندال بر تصادفی بودن و عدم وجود روند در سری داده‌ها دلالت دارد و پذیرش فرض یک (رد فرض صفر) دال بر وجود روند در سری داده‌ها می‌باشد (۱، ۵). مطالعات نشان داده است در صورتی‌که تحلیل پارامتر درصد رطوبت تعادل بر اساس طبقات اقلیمی و به‌صورت مکانی انجام شود نتایج مدون‌تر و دقیق‌تری به‌دست خواهد آمد (٦، ۹،

۱۵). به‌این منظور در این مطالعه نقشه تغییرات ضریب معناداری با روش وزنی مربع عکس فاصله ترسیم و تحلیل نتایج با در نظر گرفتن شرایط اقلیمی انجام شد و در نهایت اختلاف مقدار سال اول و آخر و همچنین اختلاف ۱۰ سال ابتدایی و انتهایی دوره مورد مطالعه جهت مقایسه درصد رطوبت تعادل مورد بررسی قرار گرفت.

نتایج و بحث

تحلیل روند دما: بررسی نتایج به‌دست آمده نشان داد که روند دما در همه ایستگاه‌ها افزایشی بوده و در ۸۱ مورد از کل ایستگاه‌های مورد بررسی (۸۸ ایستگاه) روند معنی‌دار است. نقشه مکانی تغییرات روند دما در شکل ۳ نشان می‌دهد که در همه بخش‌های ایران روند دما افزایشی است. همچنین در همه بخش‌های کشور به‌جز مناطق پراکنده‌ای در شمال شرق و بخش کمی از استان‌های فارس و اصفهان این روند افزایشی دما معنادار بوده است.

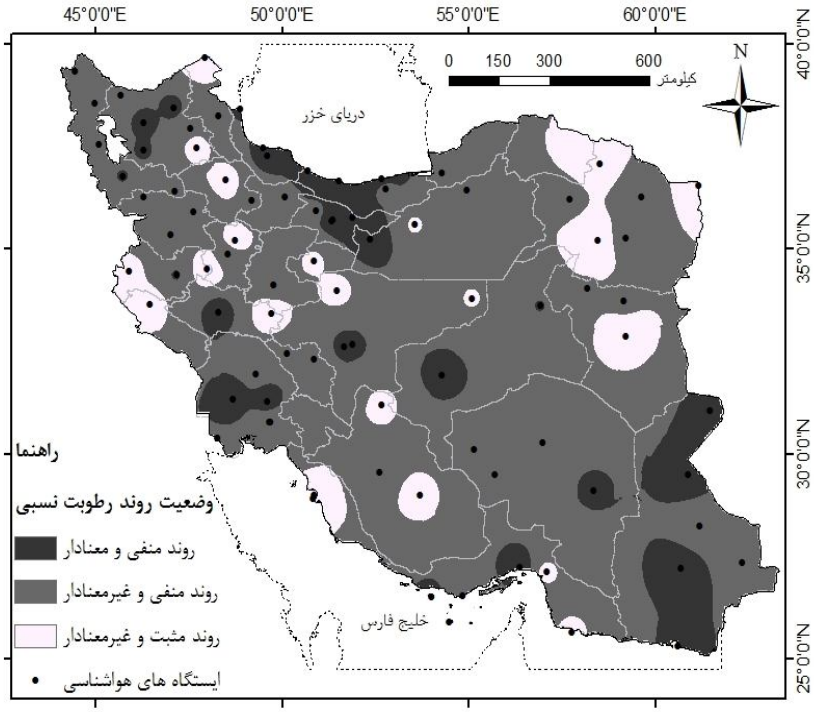


شکل ۳- نقشه مکانی تغییرات معنادار روند دما در دوره آماری مورد مطالعه.

Figure 3. Spatial map of significant trend of temperature in investigated statistical period.

روند رطوبت نسبی: بررسی نتایج به‌دست آمده نشان داد که روند رطوبت نسبی در ۲٦/۱٤ درصد ایستگاه‌ها مثبت و ۷۳/۸٦ درصد منفی می‌باشند. از مجموع ایستگاه های مورد بررسی هیچ یک از ایستگاه‌ها روند افزایش معنادار رطوبت نسبی را نشان ندادند. و تنها در ۳۷/۵ درصد ایستگاه‌ها روند رطوبت نسبی به‌طور معنی‌دار منفی بود. نقشه مکانی تغییرات روند رطوبت نسبی در شکل ٤ نشان می‌دهد که در بخش عمده‌ای از کشور رطوبت نسبی روند معناداری ندارد اما در نوار ساحلی شمال کشور و بخش مرکزی البرز و

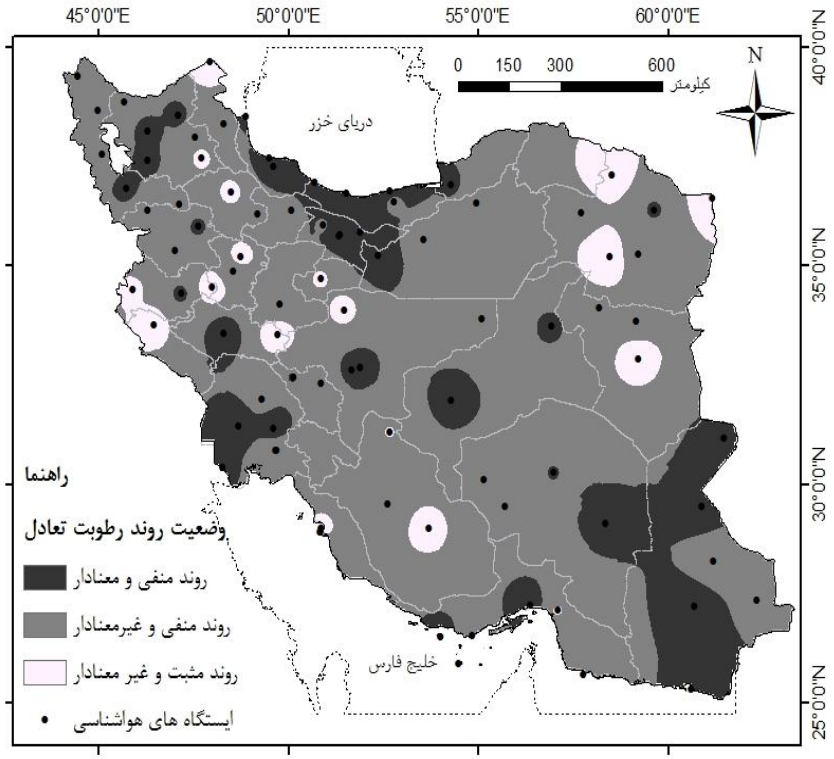
بخش جلگه‌ای استان خوزستان و همچنین در جنوب شرق و بخش محدودی از شمال غرب کشور، رطوبت نسبی به‌طور معناداری کاهش یافته است. البته بیشترین مقدار روند کاهشی رطوبت نسبی در مناطق ساحلی و فلات مرکزی دیده شده است. اما در بخش عمده‌ای از شمال شرق کشور نه تنها روند رطوبت نسبی کاهشی نبود بلکه این روند افزایشی بوده ولی معنادار نشد.



شکل ٤- نقشه مکانی تغییرات معنادار روند رطوبت نسبی در دوره آماری مورد مطالعه.

Figure 4. Spatial map of significant trend of relative humidity in investigated statistical period.

روند درصد رطوبت تعادل: بررسی نتایج تحلیل روند رطوبت تعادل نشان داد که در ٧٦ درصد ایستگاه‌ها روند منفی و در مابقی روند مثبت است. اما از مجموع ایستگاه‌ها در ٤٢ موارد روند معنادار منفی است و همچنین هیچ یک از ایستگاه‌ها روند مثبت و معنادار رطوبت تعادل را نشان ندادند. همچنین در بین اقلیم‌های مختلف به‌نظر می‌رسد بیشتر اقلیم‌های مدیترانه‌ای و مرطوب روند معنادار منفی داشته باشند. نقشه مکانی تغییرات روند رطوبت تعادل در شکل ٥ نشان داده شده است. با توجه به‌این شکل تغییرات آن روند مشابهی با نقشه رطوبت نسبی دارد به طوری‌که در مورد رطوبت تعادل نیز بخش عمده‌ای از جنوب شرق و بخشی از سواحل جنوبی و بخش جلگه‌ای خوزستان و همچنین بخش‌هایی از شمال غرب و کل محدوده نوار ساحلی کشور که اغلب جنگل‌های ایران در آن واقع شده است روند معنادار کاهشی رطوبت تعادل را نشان می‌دهند. علاوه‌بر این در سایر مناطق ایران گرچه روند معنادار نیست اما روند منفی خود را نشان داده است.



شکل ۵- نقشه مکانی تغییرات معنادار روند رطوبت تعادل در دوره آماری مورد مطالعه.

Figure 5. Spatial map of significant trend of EMC in investigated statistical period.

میزان تغییرات روند معنی‌دار درصد رطوبت تعادل در دهه اول و آخر دوره مورد مطالعه (۲۰۱۰-۱۹۸۵) در جدول ۱ موجود می‌باشد. به‌عنوان نمونه نسبت تغییرات درصد رطوبت تعادل در دهه ۱۹۹۵-۱۹۸۵ نسبت به دهه ۲۰۱۰-۲۰۰۰ در ایستگاه‌های اراک، بابلسر، بندرانزلی، چابهار، کوهرنگ، مهاباد، خرم آباد، رامسر و یزد به‌ترتیب ۰/۹، ۱/٤۲، ۱/٤۳، ۰/۹۲، ۰/٤۲، ۰/۷، ۱/۰٦، ۲/۵۹ و ۰/٦٦ درصد کاهش نشان می‌دهد. این امر نشان می‌دهد که بین دهه اول و آخر در ایستگاه‌های دارای روند معنی‌دار در دوره مورد مطالعه بین ۲/۵۹-۰/۳۵ درصد کاهش درصد رطوبت تعادل رخ داده است. از سوی دیگر، میزان تغییرات روند معنی‌دار درصد رطوبت تعادل در ابتدا و انتهای دوره مورد مطالعه (۱۹۸۵ و ۲۰۱۰) بررسی شد. به‌عنوان نمونه نسبت تغییرات درصد رطوبت تعادل در سال ۲۰۱۰ نسبت به سال ۱۹۸۵ در ایستگاه‌های اراک، بابلسر، بندرانزلی، چابهار، کوهرنگ، مهاباد، خرم‌آباد، رامسر و یزد به‌ترتیب ۰/۸، ۲/٤، ۱/۹۵، ۵/۳۳، ۱/۹۳، ۲/٦۳، ۱/٤٤، ۲/٦٤ و ۱/۵ درصد کاهش نشان می‌دهد که کمترین و بیشترین مقدار کاهش درصد رطوبت تعادل بین ۰/۳۳ تا ۵/۳۳ درصد بوده است.

جدول ۱- تغییرات میزان درصد رطوبت تعادل در طی دوره آماری در ایستگاه‌های دارای روند معنی‌دار.

Table 1. EMC variations in stations with significant trend during statistical period.

نام ایستگاه	ده ساله اول	ده ساله آخر	اختلاف دهه اول و آخر	اختلاف سال اول و آخر	نام ایستگاه	ده ساله اول	ده ساله آخر	اختلاف دهه اول و آخر	اختلاف سال اول و آخر
اراک	9.38	8.74	-0.9	-0.8	اصفهان	7.63	6.90	-0.73	-0.78
اهر	11.6	10.87	-0.77	-0.76	اهواز	8.20	7.59	-0.60	-0.8
ایرانشهر	6.35	5.56	-0.79	-1.18	آبادان	8.30	7.95	-0.35	-0.51
آبعلی	9.56	8.92	-0.64	-1.33	آستارا	17.40	16.54	-0.86	-1.21
بابلسر	17.51	16.09	-1.42	-2.40	بم	5.77	5.39	-0.36	-0.9
بندرانزلی	19.02	17.59	-1.43	-1.95	بندرعباس	12.16	11.38	-0.78	-0.82
بیجار	9.30	8.89	-0.4	-0.98	تبریز	10.07	9.44	-0.63	-0.53
چابهار	14.92	14.00	-0.92	-5.33	خرم آباد	9.48	8.42	-1.06	-1.44
دوشان تپه	8.40	7.35	-1.05	-1.55	رامسر	19.04	16.45	-2.59	-2.64
رامهرمز	7.58	6.84	-0.74	-1.40	رشت	18.05	17.34	-0.71	-1.36
زابل	7.84	6.50	-1.34	-0.5	زاهدان	6.60	5.72	-0.88	-0.84
شرق اصفهان	7.88	7.38	-0.5	-0.33	طبس	6.35	5.96	-0.4	-1.32
کرمان	7.08	6.39	-0.69	-0.48	کرمانشاه	8.86	8.42	-0.44	-0.66
کوهرنگ	8.91	8.49	-0.42	-1.93	کیش	12.63	12.08	-0.55	-0.72
گرگان	14.59	14.17	-0.42	-0.64	گرمسار	8.31	7.47	-0.84	-1.11
مراغه	9.72	9.24	-0.47	-1.03	مشهد	10.00	9.21	-0.79	-1.13
مهاباد	10.35	9.65	-0.7	-2.63	نوشهر	17.88	16.98	-0.9	-0.88
همدان	10.14	9.57	-0.56	-1.31	یزد	6.47	5.81	-0.66	-1.5

نتیجه‌گیری کلی

تغییر متغیرهای دما و رطوبت نسبی اصلی‌ترین عامل در تغییرات درصد رطوبت تعادل به‌شمار می‌رود. تاکنون مطالعات گسترده‌ای در مورد تغییرات اقلیمی و متغیرهای مرتبط با آن از قبیل دما، رطوبت نسبی و سرعت باد شده است (۱، ۵، ٦، ۱۵). نتایج به‌دست آمده نشان داد علاوه‌بر این‌که وجود روند افزایشی دما در اکثر ایستگاه‌ها، روند کاهش رطوبت نسبی نیز قابل مشاهده بوده و تغییرات این دو متغیر بر میزان روند درصد رطوبت تعادل مؤثر بوده است. بررسی نتایج به‌دست آمده نشان داد که روند دما در ۹۸/۸٦ درصد از ایستگاه‌های مورد مطالعه مثبت و روند رطوبت نسبی در ۷۳/۸٦ درصد از ایستگاه‌ها منفی شده است. همزمان درصد رطوبت تعادل نیز در ۷٦/۱٤ درصد ایستگاه‌ها منفی به‌دست آمد. به‌نظر می‌رسد کاهش معنادار رطوبت تعادل در مناطق مدیترانه‌ای و مرطوب بیشتر از مناطق خشک می‌باشد. تمرکز این روند در استان‌های گلستان، مازندران و گیلان مشاهده می‌شود. همچنین در بخش عمده ای از شمال شرق کشور و ارتفاعات هزار مسجد نه تنها روند افزایش دما که بلکه روند کاهشی رطوبت نسبی و رطوبت تعادل نیز معنادار نبود. میزان تغییرات رطوبت تعادل در دهه اول و آخر دوره بین ۲/۵۹- ۰/۳۵ درصد کاهش، همچنین سال ۲۰۱۰ نسبت به سال ۱۹۸۵ مقدار ان بین ۰/۳۳-۵/۳۳ کاهش را نشان داده است.

بررسی نقشه‌های توزیع مکانی معناداری متغیرهای مورد بررسی حاکی از آن است که روند افزایشی دما تقریبا در همه گستره کشور اثبات شده در حالی‌که در مورد رطوبت نسبی و رطوبت تعادل فقط نوار ساحلی شمال و بخش‌هایی از جنوب شرق و بخش کم ارتفاع خوزستان و شمال غرب ایران روند کاهشی و معنادار را نشان داده‌اند. همچنین به‌نظر می‌رسد روند تغییرات رطوبت تعادل بیشتر از دما تحت تأثیر نوسانات رطوبت نسبی باشد. با توجه به این‌که نوار ساحلی خزر و بخش‌هایی از شمال غرب که بخش عمده‌ای از جنگل‌های جبهه شمالی رشته کوه‌های البرز و همچنین جنگل‌های منطقه ارسباران را در بر می‌گیرد روند کاهشی رطوبت تعادل را طی می‌کنند.

تأثیر این روند را نباید تنها با مبلمان فضای باز و شهری مرتبط دانست چرا که در بسیاری از مواقع مانند زمانی که ساکنین در مسافرت به سر می‌برند، به‌دلیل صرفه‌جویی در مصرف انرژی، سیستم گرمایش و تهویه مطبوع منازل اغلب خاموش بوده و شرایط هوای داخل تحت تأثیر هوای خارج ساختمان قرار می‌گیرد. در نتیجه روند کاهشی رطوبت تعادل، نیاز به مبلمان ساخته شده با چوب خشک‌تر را ضروری می‌سازد. از آن گذشته، وجود روند کاهشی رطوبت تعادل زنگ خطری برای مواد اولیه و محصولات وارداتی است. عدم کنترل رطوبت محصول تولید شده با رطوبت تعادل محیط مصرف و نیز عدم توجه به‌این نکته که این ویژگی در اغلب نقاط کشور روند کاهشی داشته است، می‌تواند سبب بروز مشکلاتی از قبیل ترک، بازشدن اتصالات محصول، افزایش بادخورها و ... را در اثر همکشیدگی به‌دنبال داشته باشد. در خصوص مواد اولیه حساس به رطوبت مانند روکش‌های طبیعی و مصنوعی چندلایه، کاهش رطوبت تعادل در کشور، مدت نگهداری این مواد را در انبارهای معمولی محدود می‌سازد. به‌عبارت دیگر نگهداری روکش‌ها در فضایی با رطوبت تعادل کمتر باعث خشک و شکننده شدن آن‌ها شده و به تبع باید در مدت کوتاه‌تری آن‌ها را به مصرف رساند. البته برای پیشگیری از این‌گونه مشکلات، واحدهای تولیدی می‌توانند جهت تأسیس انبارهای مخصوص روکش مجهز به سیستم کنترل و تنظیم مستمر دما و رطوبت نسبی که مانع از افت کیفیت ماده اولیه در زمان طولانی می‌شود، اقدام نمایند.

منابع

1. Abu-Taleb, A.A., Alawneh, A.J., and Smadi, M. 2007. Statistical analysis of recent changes in relative humidity in Jordan". Am. J. of Environ Sci., 3: 75-77.
2. Doost Hoseini, K. 1995. EMC estimation in diferrent location of Iran, Iranian Natural Resource Journal. 39: 29-36.
3. Enayati, A.A. 1998. Estimation and distribution of EMC in Iran, Journal of research in science and industry, 12: 28-31.
4. Enayati, A.A., and Hosseinabadi, H.Z. 2007. Determination of Equilibrium Moisture Content (EMC) of Wood in neighboring countries of Iran, Journal of the Iranian Natural Resources., 60(3): 1037-1048.
5. Ghahraman, B. 2006. Time trend in the mean annual temperature of Iran. Turk J. Agric. For., 30: 439-448.
6. Gharekhani, A., and Ghahreman, N. 2010. Seasonal and Annual Trend of Relative Humidity and Dew Point Temperature in Several Climatic Regions of Iran, Journal of Water and Soil. 24(4): 636-646.
7. Hailwood, A.J., and Horrobin, S. 1946. Absorption of water by polymers: analysis in terms of a simple model. Transactions of the Faraday Society., 42(B): 84–102.

8. Helali, J., Edalat, H.R., and Rasouli, D. 2016. Modeling and Estimation of Wood Equilibrium Moisture Content (EMC) with Spatial Variables in Iran, J. Wood For. Sci. Tech., 23(1): 63-75.
9. Kendall, M.G. 1970. Rank Correlation Methods, 2nd Ed., Hafner, New York.
10. Mann, H.B. 1945. Nonparametric tests against trend, Econometrica, 13: 245-259.
11. Marlowe, W.J., Ramsey, J.D., Peralta, P., and Bangi, A.P. 2004. GIS mapping of monthly outdoor and indoor equilibrium moisture content for the United States, For. Prod. J., 54(12): 122-125.
12. Naseri Karimvand, S., Poursartip, L., Moradi, M., Susani, J. 2017. Comparing the impact of climate variables on healthy and declined stands off Persian oak (Quercus brantii Lindl.) in the Khorram Abad. Iran. J. Wood Paper Indust., 7: 4.
13. Simpson, W.T. 1998. Equilibrium Moisture Content of Wood in Outdoor Locations in the United States and Worldwide. Res. Note FPL-RN-0268. USDA Forest Serv., Forest Prod. Lab., Madison, WI.
14. Tarmian, A., Dehghan, S.A., Taringhnoor, E., Pyramoon, M., Shamsi, R., Layeghi, M. 2016. Investigation on the performance of solar kiln for wood drying in different seasons in Karaj. Iran. J. Wood Paper Sci. Res., 31: 3.
15. Tonkaz, T., Cetin, M., and Tulucu, K. 2007. The impact of water resources development projects on water vapor pressure trends in a semi-arid region, Turkey. J. Climatic Change, 82: 195-209.

Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources
J. of Wood & Forest Science and Technology, Vol. 24 (3), 2017
http://jwfst.gau.ac.ir

Study on Wood EMC in the Extent of Iran: Spatial Analysis of Annual Trend

J. Helali[1], M. Nadi[2] and *H.R. Edalat[3]

[1]Ph.D. Student, Dept., of Irrigation and Reclamation, Faculty of Agricultural Engineering and Technology, College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran, [2]Assistant Prof., Dept., of Irrigation, Faculty of Agricultural Engineering, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran, [3]Assistant Prof., Dept., of Wood Technology and Engineering, Faculty of Wood and Paper Engineering, University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran
Received: 05/05/2017; Accepted: 11/29/2017

Abstract

Background and objectives: Equilibrium moisture content of wood is a condition in which the world has at least an exchange of moisture with the environment. Wood moisture effects on most properties of wood. This feature is a function of relative humidity and temperature so that with increasing relative humidity, EMC increase and also with increasing of temperature EMC is decreased. There is much research regarding wood EMC in different places of the world and Iran. Also the annual trend of EMC was investigated. The objective of this study is trend analysis of EMC in a 25-year period of the country.

Materials and methods: For this purpose, EMC was calculated from relative humidity and average annual temperature at 88 meteorological stations. Then by using the non-parametric Mann-Kendall method, the trends of temperature, relative humidity and EMC were analyzed. In this study the variation map of significant coefficients was drawn with the reverse of square distance by weight method regarding climate conditions. Finally the difference of first year amount with the last one and also the difference between first and last decade of the period were investigated in order to compare EMC.

Results: The results showed that in most studied stations the trend of temperature is increasing while the relative humidity and EMC in north beach, plane of Khouzestan and a major part of south-east have the negative trend, significantly. The average of EMC in first and last decades changed from 0.35 % to 2.59 % and also between the first and last year of the study period changed from 0.33 % in the first to 5.33 %. The main reason for this decline is related to the increasing temperature and decreasing of relative humidity.

Conclusion: With respect to significant negative trend of EMC in North and Northern west forest of Iran and probable intense of this positive trend in the future, it seems that the wood quality and growth rate of forest trees in these regions will be changed. Furthermore, the decreasing trend of EMC, make the environment drier for using the wooden furniture and products that need more attention to wood drying process and final EMC of products. Furthermore, the negative trend of EMC is an alarm for import wooden products and raw materials and export of wood products.

Keywords: Wood, EMC, Temperature, Relative humidity, Trend analysis, Mann-Kendall

*Corresponding author: Edalat.hr@gmail.com