Archive of SID

تحقیقات منابع آب ایران
Iran-Water Resources Research

سال دهم، شماره ۱، بهار و تابستان۱۳۹۳
Volume 10, No. 1, Spring and Summer 2014 (IR-WRR)
۷۲-۸۶

# تغییرات زمانی و مکانی آب قابل بارش در جو ایران‌زمین

حسین عساکره[۱*] و مهدی دوستکامیان[۲]

## چکیده

تمام بخار آب موجود در ستونی از جو (از سطح زمین تا انتهای وردسپهر) را آب قابل بارش گویند. آب قابل بارش یکی از مهم‌ترین عناصر مؤثر بر ریزش جو به ویژه بارش می‌باشد که شناخت رفتار آن همواره مورد توجه اقلیم‌شناسان بوده است. از این‌رو آب قابل بارش در بررسی تغییرات کوتاه و بلند مدت جو مورد توجه می‌باشد. به‌منظور محاسبه آب قابل بارش در جو ایران و روند تغییرات آن، ارتفاع آب قابل بارش روزانه محاسبه گردید. داده‌های لازم از پایگاه داده‌های NCEP/NCAR وابسته به سازمان ملی جو و اقیانوس‌شناسی ایالات متحده طی دورهٔ ۱۳۸۹- ۱۳۴۱ به‌دست آمد. این داده‌ها با تفکیک زمانی ۴ ساعته (ساعت‌های، ۰۰، ۰۶، ۱۲ و ۱۸ به‌وقت گرینویچ) و توان تفکیک مکانی ۲/۵ × ۲/۵ درجه قوسی در دسترس است. در این مطالعه به منظور تحلیل روند از روش رگرسیون و آزمون من- کندال بهره گرفته شد. برای انجام محاسبات از امکانات برنامه‌نویسی در محیط نرم‌افزارGrads و نرم‌افزار Matlab و نیز برای انجام عملیات ترسیمی از نرم‌افزار Surfer بهره گرفته شد. نتایج حاصل از این مطالعه نشان داد که ضریب تغییرپذیری مکانی آب قابل بارش در ایران بسیار زیاد و به شدت تحت تأثیر ارتفاعات می‌باشد؛ به‌طوری‌که بیشترین ضریب تغییرات آب قابل بارش در ارتفاعات به ویژه در امتداد کوه‌های زاگرس می‌باشد. کم ترین میزان تغییرپذیری مربوط به نواحی مرکزی و سواحل دریای خزر و خلیج‌فارس می‌باشد. بررسی روند بلندمدت نیز نشان داد که آب قابل بارش در تمامی ساعت‌های مورد مطالعه در سراسر ایران دارای روند کاهشی بوده است. این روند در بیش از ۷۰ درصد پهنهٔ کشور و در سطح ۹۵ درصد اطمینان معنی‌دار می‌باشد؛ اما در همه ساعات، نواحی جنوب شرق با وجود برخورداری از تغییرات بلند مدت کاهشی، فاقد روند معنی‌دار بوده است.

***کلمات کلیدی:*** آب قابل بارش، آزمون من – کندال، ایران، تغییرپذیری مکانی، روند.

تاریخ دریافت مقاله: ۱ مرداد ۱۳۹۲
تاریخ پذیرش مقاله: ۲۳ آذر ۱۳۹۲

۱- دانشیار اقلیم شناسی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران
۲- کارشناس ارشد اقلیم شناسی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران
*- نویسنده مسئول

# Tempo-Spatial Changes of Perceptible Water in the Atmosphere of Iran

*H. Asakereh [1]* and M. Doostkamian [2]*

## Abstract

The perceptible water is the mass of water vapor (in grams) in a vertical column one square centimeter in cross-section that extends from Earth's surface to the upper reaches of the atmosphere. In order to estimate trends and long term changes of perceptible water over Iran, the NCEP/NCAR data during 1961- 2011 have been used. This database is available for 00:00, 06:00, 12:00 and 18:00 o'clock and by a resolution of 2.5 longitudes × 2.5 latitude. The Grads and Matlab Software has been used for the calculation purposes. Also Surfer software is used to illustrate and drew the maps. The result of this research has shown that perceptible water over Iran is dramatically vary in space, especially over mountain ace area i.e. Zagros Mountain chain. The lowest spatial variation has occurred in the central region of Iran and over the Caspian Sea and the Persian Gulf coasts. The long term trends showed that for all times of the day the perceptible water has experience decreasing trends over 70 percent of the country extent with significance level of 95%. In southeast of the country, this decreasing trend also exists but is non-significant in 95% confidence level.

***Keywords:*** Iran, Perceptible water, Man-Kendal Test, Spatial variation, Trend

Received: July 23, 2013
Accepted: December 14, 2013

1-Associate Professor, University of Zanjan, Zanjan, Iran, E-Mail: asakereh@znu.ac.ir
2-MS Graduated In Climatology, University of Zanjan, Zanjan, Iran
*- Corresponding Author



www.SID.ir

Archive of SID

## ۱- مقدمه

تمام بخار آب موجود در ستونی از جو (مباشری و همکاران ۱۳۸۹، Zehang et al., 2010 و King et al., 2003 ) که از سطح زمین تا پایان تروپسفر در جو ادامه داشته و قابل تبدیل به ریزش جوی است، آب قابل بارش،گویند (Kristin and brin, 2008). آب قابل بارش بخش مهمی از چرخهٔ آب در جو است (Ernest et al., 2008) که به عنوان یک متغیر قابل توجه در مطالعات آب و آب و هوا- شناختی (Hadjimitsis et al., 2011) و نیز بنیادی اساسی برای شناخت رفتار بخار آب جو و فرآیندهای مرتبط (Dian, 1992) به شمار می‌آید. از این رو آب قابل بارش در بررسی تغییرات کوتاه و بلندمدت رطوبت جو مورد توجه می‌باشد (Bruges et al., 1999) همچنین به دلیل تأثیر آب قابل بارش در میزان بارندگی، پیش بینی بارش به ویژه بارش‌های سنگین بر اساس این فراسنج، نتایج بسیار مناسبی به‌دست می‌دهد (Stanley, 2006). در این زمینه به عنوان مثال بررسی و مطالعه مقدار بارش‌های سنگین شمال شرق چین توسط Sun Li, (2010) با استفاده از ۲۰۰ ایستگاه طی سال‌های ۱۹۶۱ تا ۲۰۰۵ را می‌توان نام برد. البته باید به این نکته هم توجه داشت که ردیابی و پیشبینی تغییرات اقلیمی از طریق ردیابی تغییر عناصر اقلیمی قابل درک است (کوهی و همکاران ۱۳۹۲).

محاسبه دقیق آب قابل بارش مستلزم آگاهی دقیق از حجم بخار آب در جو است (علیزاده ۱۳۹۰). حجم بخار آب جو نیز خود تحت تأثیر عوامل غلظت جو، دما (Adiyamay, 2009) پوشش ابر (مباشری و همکاران، ۱۳۸۹) جهت و سرعت باد (Johan, 1974) و عوامل محلی (شریعت مداری، ۱۳۹۱) و از همه مهم تر تحت تأثیر میزان وزش و همگرایی رطوبت (فلاح قالهری ۱۳۹۰) تغییر می‌کند؛ بنابراین میزان نم موجود در جو به دلیل افزایش فاصله از منبع نم و همچنین کاهش دمای هوا با ارتفاع و در نتیجه کاهش ظرفیت پذیرش بخارآب جو، در ارتفاعات بالایی جو کاهش می‌یابد. کاهش تدریجی بخار آب با افزایش ارتفاع در عرض‌های جغرافیایی بالاتر محسوس‌تر از عرض‌های جغرافیایی پایین‌تر می‌باشد (Parameswaran et al., 1990).

محتوای رطوبتی هر نقطه از جو حاصل تبخیر محلی و جابه‌جایی رطوبتی در راستای افقی و قائم است. تمامی این ویژگی‌ها منجر به این می‌شود که به بیش از ۹۰ درصد بخار آب به لایه پایین تر از ۸۵۰ هکتوپاسکال محدود می‌باشد (Peixoto and root, 1983). همچنین بررسی Stanton (1968) نشان می‌دهد که به طور کلی هم در مقیاس ماهانه و هم سالانه آب قابل بارش برروی اقیانوس‌ها به‌خصوص در نزدیکی استوا زیاد و در قطب و عرض‌های بالا کمتر است؛ به‌طوری‌که بالاترین مقدار آب قابل بارش در تابستان بر روی خلیج بنگال و کمترین مقادیر آن در زمستان در عرض‌های جغرافیایی بالا و ارتفاعات می‌باشد. همچنین مطالعات نشان داده است که آب قابل بارش در طی شبانه‌روز نیز با تغییراتی مواجه می‌شود. به‌عنوان مثال Peiming et al. (2003) تغییرات روزانه آب قابل بارش را در جزیره سوماترا با استفاده از داده‌های رادیوسوند و ایستگاه‌های هواسنجی مورد بررسی قرارداد. نتایج نشان داد که آب قابل بارش در طول روز تحت تأثیر تابش خورشید دچار تغییراتی می‌گردد، به‌طوری‌که در طول روز افزایش و در اواخر بعد از ظهر به حداکثر خود می‌رسد و این تغییرات در روزهای همراه با باران بیشتر از روزهای بدون باران می‌باشد.

محتوای آب قابل بارش به روش‌های مختلفی قابل برآورد است. به‌عنوان مثال این مقادیر با استفاده از سامانهٔ موقعیت‌یابی جهانی (GPS)، سنجش‌ازدور (RS), (Emardson et al., 1998, Kleinbaltink et al., 2002, Oliver et al., 2005)و رادیوسوندها (Spencer and Braswell, 1997. Roca et al., 2002, Lim et al., 2002) قابل تخمین است. برآورد آب قابل بارش با استفاده از ماهواره‌ها با خطایی حدود ۵ تا ۱۰ درصد قابل برآورد می‌باشد (Hadjimitsis et al., 2011). روش دیگر برحسب محتوای رطوبتی و فشار جو تخمین زده می‌شود.

در زمینه آب قابل بارش در ایران مطالعات محدودی انجام شده است. در این مطالعات عمدتاً سعی شده است که ضمن چگونگی برآورد مقدار آب قابل بارش بر اساس داده‌های رادیوسوند و نمودارهای جو بالا، روابط پدیدهٔ مذکور با برخی عناصر جوی را مورد بررسی قرار دهند. از جمله این مطالعات، می‌توان به مطالعه ارتباط آب قابل بارش ابر و بارندگی دیدبانی شده در منطقه تهران (صادق حسینی و همکاران ۱۳۸۴)، برآورد آب قابل بارش کلی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای MODIS و داده‌های رادیوسوند ناحیه تهران (مباشری و همکاران ۱۳۸۹) و مطالعه نمایه قائم هوای منجر به بارندگی‌های مخرب تابستانه مشهد (بایگی و همکاران ۱۳۸۹) اشاره نمود. با توجه به موارد مطرح‌شده تاکنون در زمینه تغییرات زمانی و مکانی آب قابل بارش مطالعه‌ای انجام نشده است. از این رو مطالعه حاضر سعی دارد تغییرات زمانی و مکانی آب قابل بارش را در محدوده اقلیمی ایران طی دوره ۱۳۸۹ - ۱۳۴۰ مورد بررسی و تجزیه تحلیل قرار دهد.



www.SID.ir

Archive of SID

## ۲- مواد و روش‌ها

در تحقیق حاضر به منظور محاسبهٔ آب قابل بارش جو ایران، داده‌های فشار و نم ویژه طی سال‌های ۱۳۸۹- ۱۳۴۰ به‌صورت روزانه از پایگاه داده‌های NCEP/NCAR. وابسته به سازمان ملی جو و اقیانوس‌شناسی ایالات متحده امریکا با توان تفکیک مکانی ۲/۵ × ۲/۵ درجه طول و عرض جغرافیایی و تفکیک زمانی ۶ ساعته (ساعت‌های، ۰۰، ۰۶، ۱۲ و ۱۸) استخراج و مورد تحلیل قرارگرفته‌اند. این داده‌ها در تارنمای www.cdc.noaa.gov قابل‌دستیابی است.

به منظور محاسبه آب قابل بارش، در محدودهٔ جو ایران زمین (از ۲۵ تا ۴۰ درجه شمالی و از ۴۲/۵ تا ۶۵ درجه شرقی) و با استفاده از امکانات برنامه‌نویسی در محیط نرم‌افزار GrADS، انتگرال وزنی رطوبت در راستای عمودی بین ترازهای ۱۰۰۰ تا ۲۷۵ هکتوپاسکال محاسبه شد. بدین ترتیب آب قابل بارش به کیلوگرم در متر مربع (میلی‌متر) به‌دست آمد. در ابتدا ویژگی‌های عمومی مجموع آب قابل بارش کشور بررسی شد. برای دست‌یابی به یک شمای کلی از وضعیت مکانی تغییرات آب قابل بارش و همچنین روند تغییرپذیری آن بر روی کشور، در ساعت‌های مختلف، نقشه میانگین آب قابل بارش ترسیم گردید. به‌منظور وارسی وجود روند و تعیین نوع آن، شناسایی روندهای مقطعی و کوتاه‌مدت، نقاط جهش و نقاط شروع روند از روش من – کندال مقطعی استفاده شده است.

جهت شناسایی روندهای جزئی و کوتاه‌مدت، نقاط جهش و نقاط شروع روند سری زمانی از نمودار سری زمانی بر حسب مقادیر $U(t)$ و $U'(t)$ استفاده می‌گردد. بدین ترتیب روند متوسط مشاهدات به روش ترسیمی ارائه گردید. در این مطالعه به‌منظور تحلیل روند از شیب روش‌های رگرسیون (وایازی) خطی استفاده شده است. در این رویه میزان تغییرپذیری آب قابل بارش طی زمان برآورد می‌گردد. معنی‌داری این روند با استفاده از آزمون $t$ استودنت وارسی شد. تحلیل رگرسیون، تکنیک آماری برای تحلیل و به مدل درآوردن ارتباط بین متغیرهاست (بازرگان لاری ۱۳۸۵) مفاهیم اولیه مدل رگرسیونی وسیله‌ای جهت تشریح دو مفهوم اساسی تغییرپذیری متغیر وابسته *(y)* در اثر تغییر متغیر مستقل *(x)* بکار می‌رود (آذر و همکاران ۱۳۸۷). به منظور بررسی عامل مؤثر بر روند آب قابل بارش، روند وزش رطوبتی و به منظور وارسی پیامدهای حاصل از روند کاهشی آب قابل بارش، روند تغییرات دما و بارش ایران زمین مورد بررسی قرار گرفت.

## ۳- یافته‌ها

### ۳-۱- مشخصات عمومی آب قابل بارش

جدول ۱ برخی ویژگی‌های عمومی آب قابل بارش را برای ساعت‌های مختلف در ایران نشان می‌دهد. برای مثال میانگین آب قابل بارش در محدوده اقلیمی ایران ۱۴/۳ میلی‌متر حاصل شده است. بیشترین ضریب تغییرات مکانی با ۴۹/۸ درصد، مربوط به ساعت ۰۶:۰۰ و کم‌ترین آن برای ساعت ۱۸:۰۰ (۴۶/۲ درصد) می‌باشد. این خود نشان می‌دهد که آب قابل بارش ضمن تنوع مکانی، تغییرات روزانه را داشته است. به عبارت دیگر، ضریب تغییرات بالا معرف ناپایداری و افت و خیزهای روزانهٔ آب قابل بارش می‌باشد.

همان طوری که از جدول هم قابل استنباط است، مقادیر هر سه نمایهٔ گرایش به مرکز، یعنی میانگین، میانه (چارک دوم) و مد به هم نزدیک هستند. این امر نشان گر این است که توزیع مکانی آب قابل بارش تقریباً متقارن است. پایین بودن مقدار نمایه چولگی تأییدی دیگر بر این ادعاست. بیشترین مقدار آب قابل بارش با ۶۷/۵ میلی‌متر برای ساعت ۱۲:۰۰ و کم ترین مقدار آن با ۶۴/۲ در ساعت ۱۸:۰۰ رخ داده است.

شکل ۱ توزیع مکانی میانگین و ضریب تغییرات آب قابل بارش را در ایران نشان می‌دهد. آب قابل بارش در لایه‌های مجاور سطح زمین به شدت تحت تأثیر شکل زمین (ناهمواری‌ها و ارتفاع) است. به دلیل فاصله گرفتن از منابع رطوبت و همچنین کاهش دمای هوا و به تبع آن کاهش گنجایش رطوبتی و نیز کاهش ضخامت ستون هوا، میزان آب قابل بارش با افزایش ارتفاع از سطح زمین کاهش می‌یابد؛ به‌طوری‌که در ارتفاعات مقدار آن ناچیز و به کم ترین مقدار خود می‌رسد (شکل ۱). برهم‌کنش این عوامل بر آب قابل بارش، تجسم توزیع مکانی آن را پیچیده می‌کند. به‌عنوان مثال میانگین آب قابل بارش سواحل دریای خزر علی‌رغم بالا بودن عرض جغرافیایی، با میزان آب قابل بارش سواحل خلیج‌فارس در عرض‌های پایین تر تقریباً برابر است. این نکته بیان‌گر تأثیر پهنه‌های آبی در توزیع و مقدار آب قابل بارش است.

به طوری‌که بنا به نظر Stanton (1968) پراکندگی متوسط سالانه و ماهانه آب قابل بارش در سراسر جهان بر روی اقیانوس‌ها به ویژه در نزدیکی خط استوا زیاد و در قطب و عرض‌های بالا کم می‌باشد. علاوه براین میانگین آب قابل بارش نواحی مرکزی ایران باوجود خشکی و دوری از منابع رطوبتی از ناحیهٔ مرتفع زاگرس بیشتر



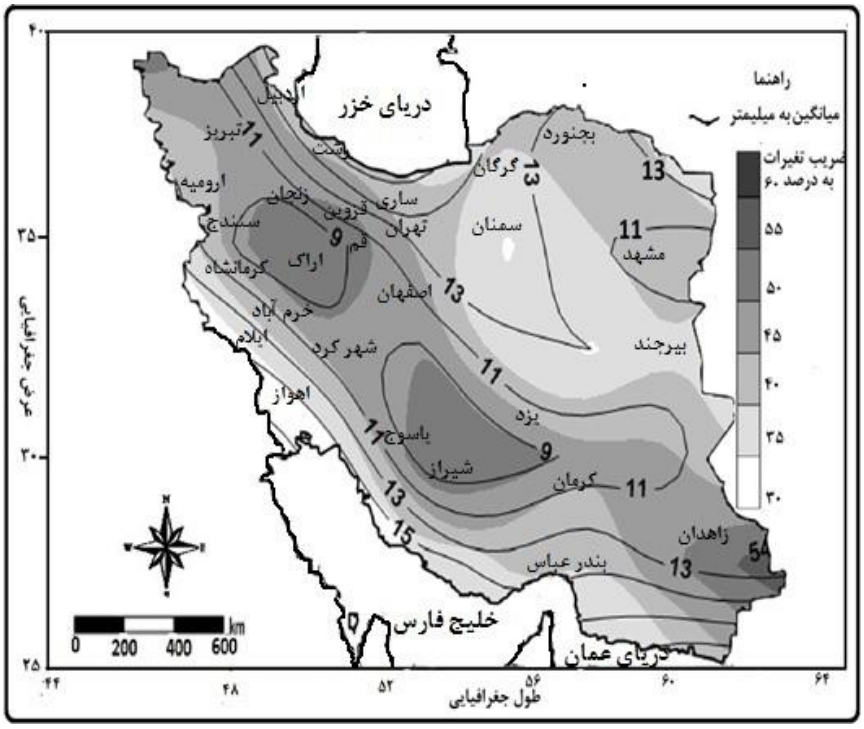
www.SID.ir

Archive of SID

می‌باشد. علیجانی (۱۳۸۵) نشان داد که مقدار رطوبت چاله‌های مرکزی و شرقی ایران بیشتر از نواحی مرتفع ایران می‌باشد. از این رو در برخی نواحی مرکزی کشور، میانگین آب قابل بارش نزدیک به میانگین آب قابل بارش در سواحل دریای خزر و خلیج‌فارس می‌باشد. این در حالی است که میانگین بارش سالانه در نواحی مرکزی کم تر از ۱۰۰ میلی‌متر اما در ارتفاعات زاگرس بیش از ۴۰۰ میلی‌متر رخ می‌دهد (مسعودیان ۱۳۹۰). این واقعیت اولاً به دلیل دمای افزون‌تر نواحی مرکزی است که به تبع آن ظرفیت بخار آب جو افزایش می‌یابد در نتیجه دمای نقطهٔ شبنم بسیار پایین است؛ اما در منطقه زاگرس به دلیل پایین بودن دما در نتیجه ظرفیت یا درجه اشباع هوا زیاد و دمای شبنم بسیار بالاتر می‌باشد.

**جدول ۱- ویژگی‌های آب قابل بارش روزانه طی دوره ۱۳۴۰ – ۱۳۸۹**

| نمایه‌ها | | ساعت ۰۰:۰۰ | ساعت ۰۶:۰۰ | ساعت ۱۲:۰۰ | ساعت ۱۸:۰۰ | سالانه |
|---|---|---|---|---|---|---|
| نمایه‌های مرکزی | میانگین | ۱۴ | ۱۴/۳ | ۱۴/۶ | ۱۴/۳ | ۱۴/۳ |
| | مد | ۱۰/۷ | ۱۳/۲ | ۱۳/۷ | ۱۳/۳ | ۱۶/۴ |
| نمایه‌های پراکندگی | دامنه تغییرات | ۶۵/۹ | ۶۶/۱ | ۶۷/۵ | ۶۶/۵ | ۶۴/۲ |
| | واریانس | ۴۷/۷ | ۵۲/۸ | ۵۱/۹ | ۴۷/۲ | ۹۲/۵ |
| | ضریب تغییرات | ۴۷/۵ | ۴۹/۸ | ۴۷/۳ | ۴۶/۲ | ۴۸/۵ |
| | انحراف معیار | ۶/۹ | ۷/۲ | ۷/۲ | ۶/۸ | ۶/۸ |
| نمایه‌های شکل توزیع | چولگی | /۸۴ | /۸۰ | /۸۵ | /۸۲ | /۸۳ |
| | کشیدگی | ۴/۴ | ۴/۲ | ۴/۴ | ۴/۵ | ۴/۴ |
| آستانه‌ها | چارک اول | ۹/۱ | ۹/۱ | ۹/۴ | ۹/۴ | ۹/۴ |
| | چارک دوم | ۱۳/۲ | ۱۳/۴ | ۱۳/۷ | ۱۳/۵ | ۱۳/۵ |
| | چارک سوم | ۱۷/۹ | ۱۸/۵ | ۱۸/۷ | ۱۸/۲ | ۱۸/۲ |
| | بیشینه | ۶۵/۹ | ۶۶/۱ | ۶۷/۵ | ۶۶/۵ | ۶۴/۲ |




**شکل ۱- پراکنش میانگین و تغییرپذیری آب قابل بارش ایران ۱۳۴۰- ۱۳۸۹**



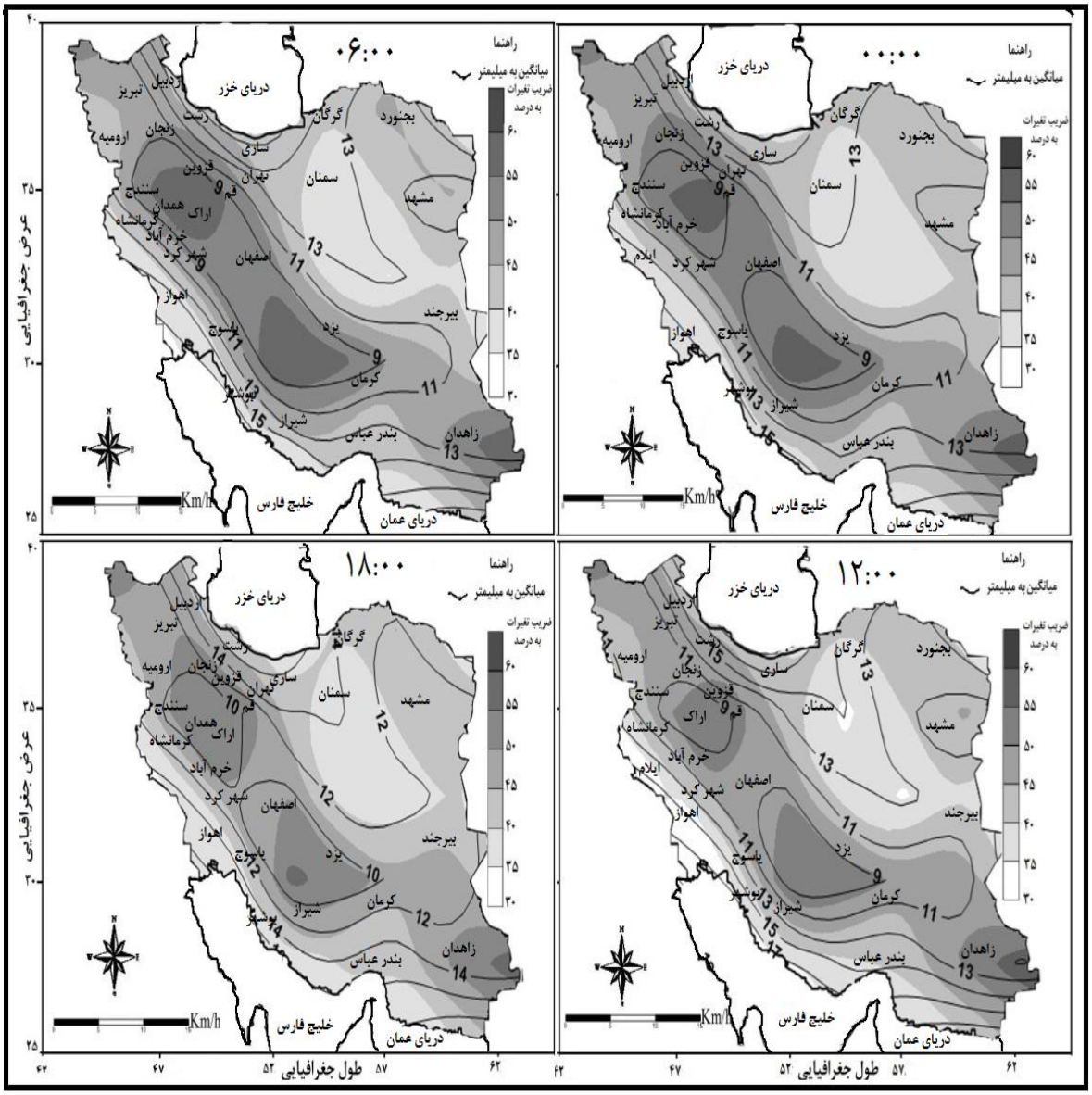
www.SID.ir

Archive of SID

دوم این که در نواحی مرتفع، رطوبت در ستون کم ضخامتی از جو برآورد می‌شود، درحالی‌که در نواحی کم ارتفاع، رطوبت جو در ضخامت بیشتری از ستون جو برآورد می‌گردد.

بیشترین میانگین آب قابل بارش و کم‌ترین ضریب تغییرات آن بر روی سواحل دریای خزر و خلیج‌فارس قرار دارد. عموماً ضریب تغییرات آب قابل بارش در نواحی مرتفع به‌ویژه در ارتفاعات زاگرس بیش از نواحی کم ارتفاع تر است. کمینهٔ این ضریب تغییرات را می‌توان در جلگهٔ خوزستان و سواحل غربی بوشهر و نیز در حاشیه مرزی استان ایلام دید. در کویر مرکزی نیز برخی هسته‌های کم مقدار از ضریب تغییرات قابل مشاهده هستند. به منظور تحلیل دقیق تر متوسط آب قابل بارش ایران‌زمین، توزیع مکانی میانگین و ضریب تغییرات آب قابل بارش برای ساعت ۰۰:۰۰، ۰۶:۰۰، ۱۲:۰۰ و ۱۸:۰۰ در شکل ۲ ارائه شده است.

میانگین آب قابل بارش در ساعت ۰۰:۰۰ در مناطق ساحلی دریای خزر و خلیج‌فارس ۱۷ میلی‌متر با ضریب تغییرات بین ۳۰ – ۴۰ درصد می‌باشد این مقدار در امتداد کوه‌های زاگرس (زون سنندج سیرجان) به ۹ میلی‌متر کاهش پیدا می‌کند.




**شکل ۲- میانگین و تغییرپذیری ساعتی آب قابل بارش ایران ۱۳۴۰- ۱۳۸۹**



www.SID.ir

Archive of SID

در ساعت ۰۰:۰۰ و ۱۲:۰۰، ۲۰/۸ درصد از مساحت کشور میانگین آب قابل بارش زیر ۹ میلی‌متر بوده است این مقدار در ساعت ۰۶:۰۰ به ۲۵ درصد می‌رسد (جدول ۲).

در ساعت ۰۰:۰۰ هم ارزش ۱۳ میلی‌متر از اردبیل شروع و در نواحی مرکزی با یک انحنا تا نیمه شمالی نواحی مرکزی ایران گسترش پیداکرده و خاتمه آن از شمال شرق کشور عبور می‌کند. در ساعت ۰۶:۰۰ خطوط میانگین ۱۷ میلی‌متر که در سه ساعت قبل در مرکز دریای خزر قرار داشت به سبب افزایش دما و افزایش بخار آب جای خود را به همچند ۱۸ میلی‌متر داده است. این در حالی می‌باشد که ضریب تغییرات آن دچار تغییرات اندکی شده است. همانند ساعت ۰۰:۰۰ بیشترین ضریب تغییرات با دامنه ای بین ۵۰ – ۶۰ درصد در امتداد کوه‌های زاگرس می‌باشد. در نواحی مرکزی، همچندهای ۱۳ میلی‌متر میانگین آب قابل بارش به سمت جنوب و جنوب شرق نواحی مرکزی گسترش پیداکرده است. ساعت ۱۲:۰۰ میانگین و ضریب تغییرات آب قابل بارش نسبت به ساعت ۰۰: ۰۹ تغییرات اندک اما نسبت به ساعت ۰۰:۰۰ تغییرات محسوسی داشته است. با این تفاوت که میزان ضریب تغییرات آب قابل بارش در امتداد کوه‌های زاگرس حدود ۱۰ درصد کاهش یافته است.

ضریب تغییرات مکانی آب قابل بارش در ساعت ۱۸ در سراسر پهنه ایران نسبت به ساعات قبل تفاوت فاحشی داشته است؛ به‌طوری‌که نزدیک به ۵۰ درصد از مساحت کشور در ساعت ۱۸:۰۰ دارای ضریب تغییرات بین ۴۰ تا ۵۰ درصد می‌باشد (جدول ۲). این در حالی است که طی ساعت ۰۰:۰۰ و ۰۶:۰۰، بیشتر مساحت کشور ضریب تغییرات مکانی ۴۰ تا ۴۵ درصد و در ساعت ۱۲:۰۰ تا ۸۰ درصد از مساحت کشور ضریب تغییرات بین ۴۰ – ۵۰ درصد را تجربه می کرده است. به طور کلی می‌توان گفت که بیشترین ضریب تغییرات مکانی آب قابل بارش در هر چهار ساعت دیدبانی‌شده در ارتفاعات به‌خصوص نواحی زاگرس و کم‌ترین ضریب تغییرات مکانی مربوط به نواحی مرکزی و نواحی ساحلی کشور می‌باشد.

همان طوری که از جدول ۲ هم قابل مشاهده می‌باشد در ساعت سه بیش از ۳۰ درصد مساحت کشور دارای میانگین آب قابل بارش بین ۱۱ تا ۱۳ میلی‌متر بود؛ اما در ساعت ۰۶ این مقدار به ۲۵ درصد رسیده است. در ساعت ۰۶:۰۰ بخش عمده‌ای از مساحت کشور (۲۹/۲ درصد) دارای میانگین بین ۱۳ تا ۱۵ میلی‌متر بوده است (جدول ۲). در ساعت ۱۲:۰۰ تنها ۸/۳ درصد از مساحت کشور عمدتاً شامل سواحل خلیج‌فارس، دریای عمان و دریای خزر میانگین آب قابل بارش بالاتر از ۱۵ میلی‌متر داشته است؛ اما در مجموع ۲۰ درصد مساحت کشور عمدتاً در امتداد کوه‌های زاگرس میانگین آب قابل بارش کم تر از ۹ میلی‌متر را تجربه کرده و بیش از ۵۰ درصد مساحت آن ۱۱ تا ۱۳ میلی‌متر و ۲۹/۲ درصد بین ۱۳ تا ۱۵ میلی‌متر آب قابل بارش را در جو ذخیره کرده است. مطابق جدول ۲ تنها ۴/۲ درصد از مساحت کشور شامل ارتفاعات زاگرس ضریب تغییرات ۵۵ درصد و بالاتر و بیش از ۵۵ درصد مساحت کشور ضریب تغییرات بین ۴۰ تا ۵۵ درصد داشته است. بااین‌وجود بیشترین ضریب تغییرات مکانی آب قابل بارش در ساعت ۰۶:۰۰ و ۰۰:۰۰ رخ داده است. به طوری‌که ساعت ۰۶:۰۰ بیش از ۲۰ درصد از مساحت کشور شامل ارتفاعات به‌خصوص نواحی زاگرس ضریب تغییراتی بالاتر از ۵۵ درصد را تجربه کرده بود. بیشترین میانگین آب قابل بارش در محدوده اقلیمی ایران ساعت ۱۲:۰۰ و کم‌ترین آن برای ساعت ۰۰:۰۰ برآورد شده است.

**جدول ۲- درصد مساحت میانگین و ضریب تغییرات آب قابل بارش ایران**

| | طبقات | ساعت ۰۰:۰۰ | ساعت ۰۶:۰۰ | ساعت ۱۲:۰۰ | ساعت ۱۸:۰۰ | کل دوره |
|---|---|---|---|---|---|---|
| میانگین | ۹< | ۲۰/۸ | ۲۵ | ۲۰/۸ | ۱۲/۵ | ۲۰/۸ |
| | ۹ – ۱۱ | ۲۵ | ۲۰/۸ | ۲۹/۲ | ۲۹/۲ | ۲۵ |
| | ۱۱ – ۱۳ | ۳۳/۳ | ۲۵ | ۲۰/۸ | ۲۹/۲ | ۲۵ |
| | ۱۳ – ۱۵ | ۲۰/۸ | ۲۹/۲ | ۲۰/۸ | ۲۵ | ۲۹/۲ |
| | ۱۵> | ۰ | ۰ | ۸/۳ | ۴/۲ | ۰ |
| ضریب تغییرات | ۴۰< | ۱۶/۷ | ۲۰/۸ | ۲۹/۲ | ۱۶/۷ | ۳۷/۵ |
| | ۴۰ – ۴۵ | ۳۷/۵ | ۲۹/۲ | ۲۰/۸ | ۲۹/۲ | ۲۰/۸ |
| | ۴۵ – ۵۰ | ۱۲/۵ | ۱۶/۷ | ۲۹/۲ | ۲۹/۲ | ۲۵ |
| | ۵۰ – ۵۵ | ۱۶/۷ | ۱۲/۵ | ۱۶/۷ | ۱۶/۷ | ۱۲/۵ |
| | ۵۵> | ۱۶/۷ | ۲۰/۸ | ۴/۲ | ۸/۳ | ۴/۲ |



www.SID.ir

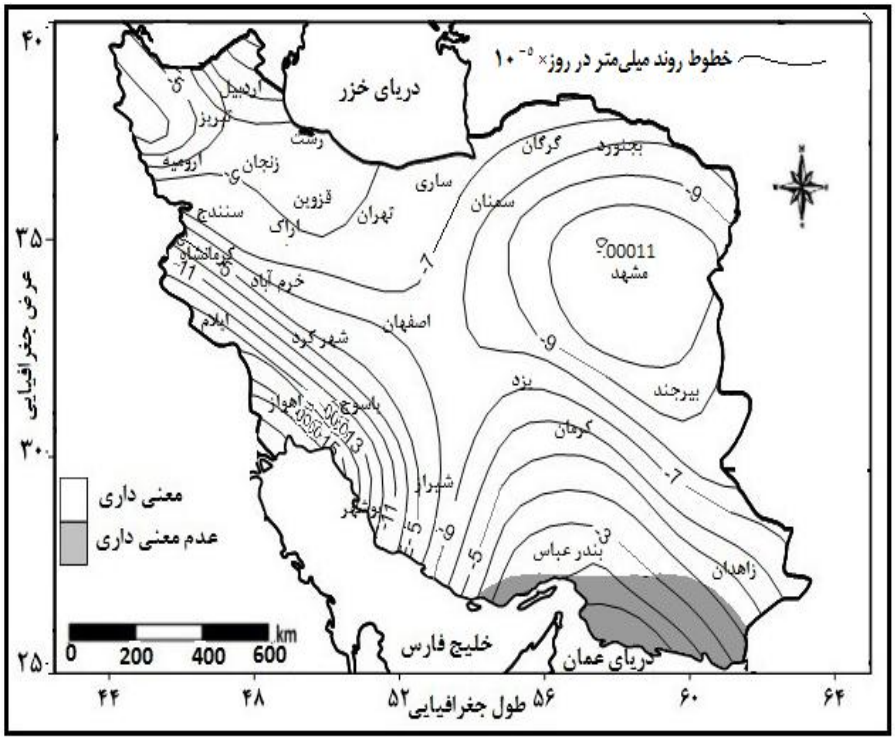
Archive of SID

### ۳-۲- روند تغییرات آب قابل بارش

شکل ۳ توزیع مکانی روند تغییرات بلندمدت آب قابل بارش را در ایران نشان می‌دهد. همان طوری که در این شکل می‌توان دید، آب قابل بارش در سراسر ایران (جز بخش کوچکی از جنوب کشور شامل «بخش‌های از استان هرمزگان و بلوچستان جنوبی») دارای روند کاهشی معنی‌دار بوده است. شدیدترین تغییرات کاهشی آب قابل بارش عمدتاً در بخش‌هایی از زاگرس، استان‌های بوشهر و خوزستان قابل‌مشاهده می‌باشد. بیشترین روند کاهشی روزانه بین ۰/۰۰۰۴۳- تا ۰/۰۰۰۶۷- عمدتاً در نواحی جنوبی و همچنین بخش‌های از جنوب غرب مشاهده شده است این مقدار طی ده سال بین ۱۵۷۳/- تا ۲۴۵۲/- و طی صد سال ۱/۵۷۳- تا ۲/۴۵۲- می‌باشد (جدول ۳). آب قابل بارش در طی دوره مورد مطالعه هر سال به طور متوسط ۰/۰۲۸- میلی‌متر و در دهه ۰/۲۸- کاهش داشته است.

به منظور بررسی تغییرات زمانی متوسط آب قابل بارش ایران، از آزمون من-کندال و نمودار سری زمانی بر حسب مقادیر $U$ و $U'$ و محدوده بحرانی ۱/۹۶ $\pm$ استفاده شده است. نتایج حاصل از این تحلیل در شکل ۴ و ۵ نموده شده است. بررسی تغییرات زمانی میانگین آب قابل بارش نشان می‌دهد که در طی دورهٔ آماری مورد بررسی روند افزایشی بر مشاهدات حاکم نبوده است. آب قابل بارش طی سال ۱۳۴۲ و ۱۳۸۷ نیز روند کاهشی معناداری که تا پایان دوره آماری استمرار داشته است، را تجربه کرده است.

به منظور دست‌یابی به تفکیک زمانی دقیق تر، توزیع مکانی روند آب قابل بارش برای ساعات چهارگانه در شکل ۵ آورده شده است.




**شکل ۳- روند تغییرات آب قابل بارش ایران طی دوره ۱۳۴۰ – ۱۳۸۹**

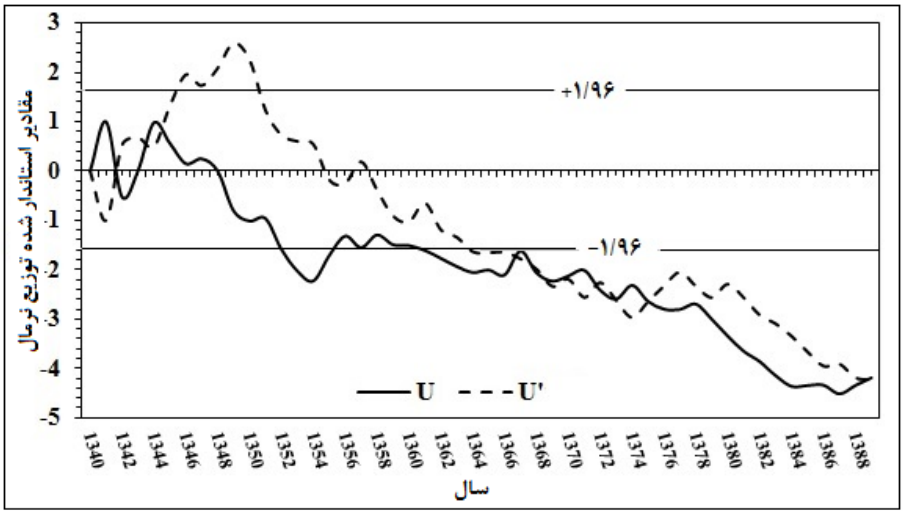
**جدول ۳- درصد مساحت زیر پوشش روند آب قابل بارش ایران ۱۳۴۰-۱۳۸۹**

| | | مساحت تحت پو شش (به درصد) | طبقات آب قابل بارش در صد سال (mm) | طبقات آب قابل بارش دهه‌ای (mm) | طبقات آب قابل بارش روزانه (mm) |
|---|---|---|---|---|---|
| عدم معنی‌داری ۲/۲ | معنی‌داری ۹۷/۸ | ۴/۲ | ۴/۰۲۶- تا ۴/۷۵۸- | ۴۰۲۶/- تا ۴۷۵۸/- | ۰/۰۰۰۱۱- تا ۰/۰۰۰۱۳- |
| | | ۱۶/۷ | ۳/۳۰۶- تا ۴/۰۲۶- | ۳۳۰۶/- تا ۴۰۲۶/- | ۰/۰۰۰۰۹۱- تا ۰/۰۰۰۱۱- |
| | | ۲۹/۲ | ۲/۴۵۲- تا ۳/۳۰۶- | ۲۴۵۲/- تا ۳۳۰۶/- | ۰/۰۰۰۰۶۷- تا ۰/۰۰۰۰۹۱- |
| | | ۳۳/۳ | ۱/۵۷۳- تا ۲/۴۵۲- | ۱۵۷۳/- تا ۲۴۵۲/- | ۰/۰۰۰۰۴۳- تا ۰/۰۰۰۰۶۷- |
| | | ۱۶/۷ | ۶۵۸/- تا ۱/۵۷۳- | ۰۶۵۸/- تا ۱۵۷۳/- | ۰/۰۰۰۰۱۸- تا ۰/۰۰۰۰۴۳- |

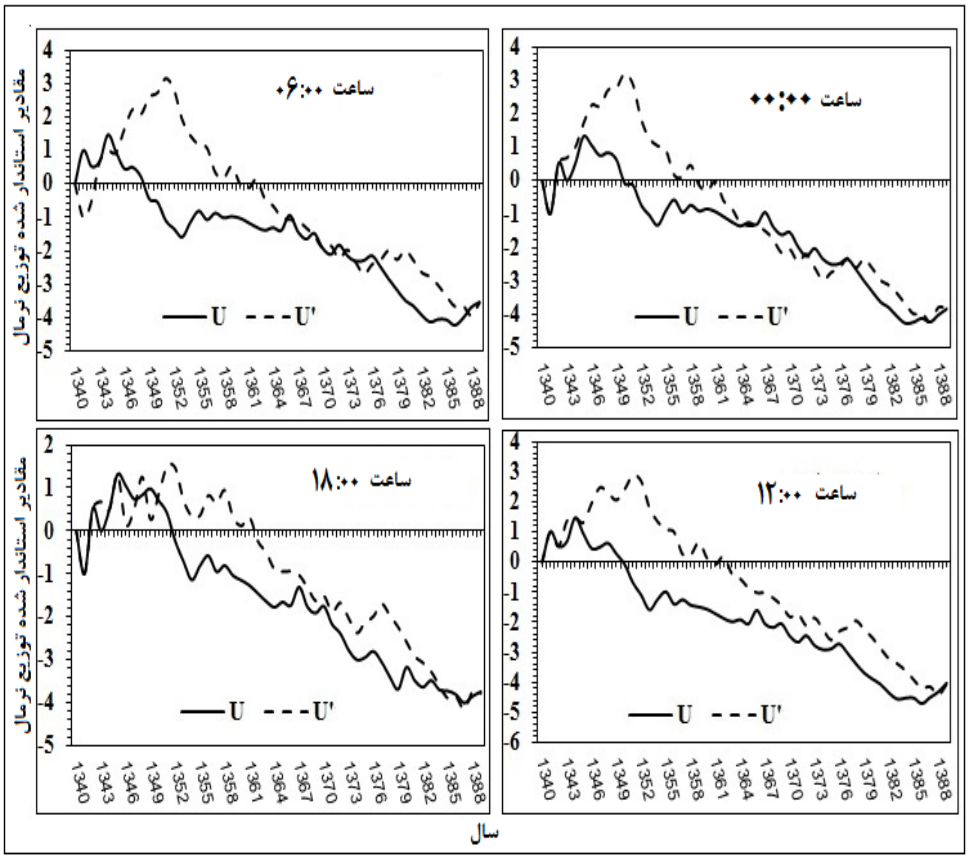


www.SID.ir

Archive of SID




**شکل ۴- تغییرات آماره‌های $U$ و $U'$ آب قابل بارش**




**شکل ۵- تغییرات $U$ و $U'$ آب قابل بارش ایران ۱۳۴۰ – ۱۳۸۹**

شکل ۶ توزیع مکانی روند تغییرات آب قابل بارش را برای ساعت‌های دیدبانی شده نشان می‌دهد.

در ساعت ۱۲:۰۰ همانند ساعت ۰۰:۰۰ و ۰۶:۰۰ آب قابل بارش در سراسر منطقه روند کاهشی داشته است. در بخش‌هایی از جنوب شرق ایران (شامل ۱/۸ درصد از گسترهٔ ایران) روند تغییرات آب قابل بارش فاقد معنای آماری بوده است. بیشترین روند کاهشی روزانه بین ۰۰۳۶۰۰۰۰/- تا ۰۰۰۰۸/- (۱۳۹۰/- تا ۲۱۹۶/- در طی ده سال) در گستره‌ای به وسعت تقریبی ۳۳/۳ درصد از مساحت کشور رخ داده است. ۲۵ درصد از گسترهٔ ایران‌زمین دارای روند کاهشی بین

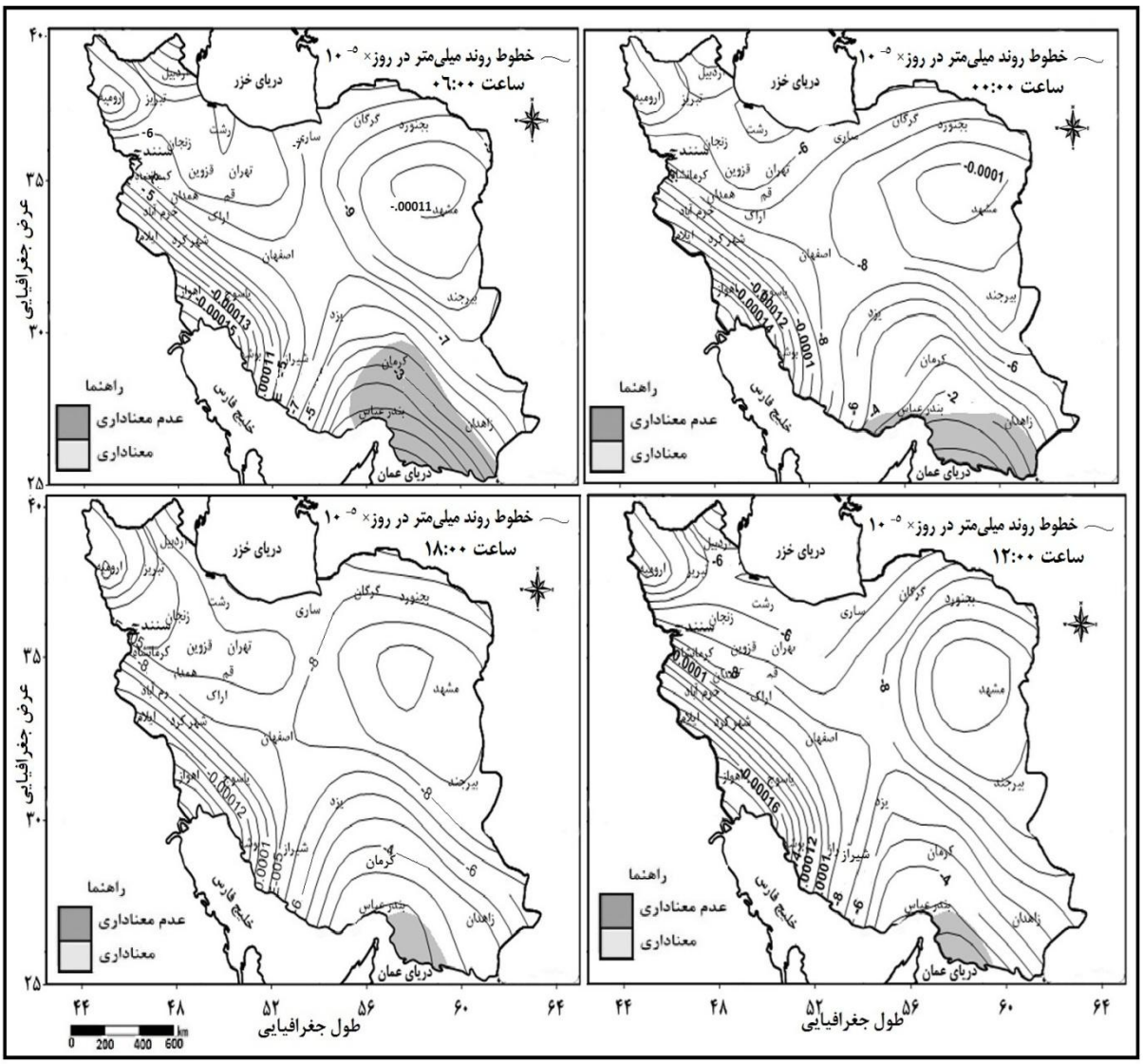


www.SID.ir

Archive of SID

۰۰۴۵/- تا ۰۰۶/- بوده است (جدول ۴). در ساعت ۱۸:۰۰ همانند ساعت قبل بیشترین شیب روند تغییرات به‌صورت کمانی از غرب تا جنوب کشیده شده است. با این وجود نواحی مرکزی و جنوب شرق کشور دارای کم‌ترین روند بوده است. در ساعت ۱۸:۰۰ همانند ساعت ۱۲:۰۰ بیش از ۹۷ درصد از مساحت کشور روند کاهشی معناداری بوده است با این تفاوت که مقدار این روند در نقاط مختلف کشور متفاوت می‌باشد. بیشترین شیب روند تغییرات آب قابل بارش در تمام ساعات به‌صورت کمانی از غرب تا اواسط خلیج‌فارس و بیشترین شیب روند تغییرات در ساعت ۱۲:۰۰ و ۰۶:۰۰ همین نواحی کشیده شده است. بدین ترتیب در ساعت‌های ۰۰:۰۰، ۰۶:۰۰، ۱۲:۰۰ و ۱۸:۰۰ به ترتیب ۹۷/۳، ۹۵/۸، ۹۸/۳ و ۹۸/۲ درصد از مساحت کشور دارای روند کاهشی معنی‌دار تجربه کرده است (جدول ۴). بیشترین روند کاهشی معنادار مربوط به ساعت ۱۲:۰۰ می‌باشد. نتایج حاصل از آزمون من- کندال در شکل ۶ نموده شده است. این نمودارها الگویی رفتاری مشابه با الگوی سالانه نشان می‌دهند.

مطابق شکل ۵ آب قابل بارش در تمام ساعت‌ها از روند کاهشی برخوردار بوده است. با این‌وجود در ساعت ۰۰:۰۰ به‌جز گوشه‌ای از جنوب شرق (حدود ۳ درصد از مساحت) ایران، در بقیه مناطق کشور آب قابل بارش روند کاهشی معناداری داشته است. مطابق جدول ۴ بیش از ۹۷ درصد از مساحت ایران، روند کاهشی معناداری تجربه می‌کرده است. در ساعت ۰۶:۰۰ همانند ساعت ۰۰:۰۰ آب قابل بارش در سراسر ایران روند کاهشی داشته است (شکل ۶).




**شکل ۶- روند تغییرات آب قابل بارش ایران طی دوره ۱۳۴۰ – ۱۳۸۹**



www.SID.ir

Archive of SID

**جدول ۴- درصد مساحت روند آب قابل بارش ساعتی**

| طبقات آب قابل بارش روزانه (mm) | طبقات آب قابل بارش دهه‌ای (mm) | طبقات آب قابل بارش در صد سال (mm) | مساحت به(درصد) | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **ساعت ۰۰:۰۰** | | | | | |
| -/۰۰۰۱ تا -/۰۰۰۱۳۶ | -/۳۶۶۱ تا -/۴۹۷۷ | -۳/۶۶۱ تا -۴/۹۷۷ | ۴/۲ | معنی‌داری ۹۷/۳ | عدم معنی‌داری ۲/۳ |
| -/۰۰۰۰۸ تا -/۰۰۰۱ | -/۲۹۲۸ تا -/۳۶۶۱ | -۲/۹۲۸ تا -۳/۶۶۱ | ۲۰/۸ | | |
| -/۰۰۰۰۶ تا -/۰۰۰۰۸ | -/۲۱۹۶ تا -/۲۹۲۸ | -۲/۱۹۶ تا -۲/۹۲۸ | ۳۳/۳ | | |
| -/۰۰۰۰۳۸ تا -/۰۰۰۰۶ | -/۱۳۹۰ تا -/۲۱۹۶ | -۱/۳۹۰ تا -۲/۱۹۶ | ۲۹/۲ | | |
| -/۰۰۰۰۱۴ تا -/۰۰۰۰۳۸ | -/۰۵۱۲ تا -/۱۳۹۰ | -۵۱۲/ تا -۱/۳۹۰ | ۱۲/۵ | | |
| **ساعت ۰۶:۰۰** | | | | | |
| -/۰۰۰۱۱ تا -/۰۰۰۱۳۴ | -/۴۰۲۲ تا -/۴۹۰۴ | -۴/۰۲۲ تا -۴/۹۰۴ | ۱۲/۵ | معنی‌داری ۹۵/۸ | عدم معنی‌داری ۴/۲ |
| -/۰۰۰۰۸۵ تا -/۰۰۰۱۱ | -/۳۱۱۱ تا -/۴۰۲۲ | -۳/۱۱۱ تا -۴/۰۲۲ | ۱۶/۷ | | |
| -/۰۰۰۰۶۱ تا -/۰۰۰۰۸۵ | -/۲۲۳۲ تا -/۳۱۱۱ | -۲/۲۳۲ تا -۳/۱۱۱ | ۳۷/۵ | | |
| -/۰۰۰۰۳۵ تا -/۰۰۰۰۶۱ | -/۱۲۸۱ تا -/۲۲۳۲ | -۱/۲۸۱ تا -۲/۲۳۲ | ۲۰/۸ | | |
| -/۰۰۰۰۱۲ تا -/۰۰۰۰۳۵ | -/۰۴۳۹ تا -/۱۲۸۱ | -۴۳۹/ تا -۱/۲۸۱ | ۱۲/۵ | | |
| **ساعت ۱۲:۰۰** | | | | | |
| -/۰۰۰۱۳ تا -/۰۰۰۱۶ | -/۴۷۵۸ تا -/۵۸۵۶ | -۴/۷۵۸ تا -۵/۸۵۶ | ۴/۲ | معنی‌داری ۹۸/۳ | عدم معنی‌داری ۱/۷ |
| -/۰۰۰۱ تا -/۰۰۰۱۳ | -/۳۶۶۲ تا -/۴۷۵۸ | -۳/۶۶۲ تا -۴/۷۵۸ | ۲۰/۸ | | |
| -/۰۰۰۰۷۵ تا -/۰۰۰۱ | -/۲۷۴۵ تا -/۳۶۶۲ | -۲/۷۴۵ تا -۳/۶۶۲ | ۲۵ | | |
| -/۰۰۰۰۴۶ تا -/۰۰۰۰۷۵ | -/۱۶۸۳ تا -/۲۷۴۵ | -۱/۶۸۳ تا -۲/۷۴۵ | ۳۷/۵ | | |
| -/۰۰۰۰۱۷ تا -/۰۰۰۰۴۶ | -/۰۶۲۲ تا -/۱۶۸۳ | -۶۲۲/ تا -۱/۶۸۳ | ۱۲/۵ | | |
| **ساعت ۱۸:۰۰** | | | | | |
| -/۰۰۰۱ تا -/۰۰۰۱۲ | -/۳۶۶۱ تا -/۴۳۹۲ | -۳/۶۶۱ تا -۴/۳۹۲ | ۴/۲ | معنی‌داری ۹۸/۲ | عدم معنی‌داری ۱/۸ |
| -/۰۰۰۰۸۳ تا -/۰۰۰۱ | -/۳۰۳۷ تا -/۳۶۶۱ | -۳/۰۳۷ تا -۳/۶۶۱ | ۲۵ | | |
| -/۰۰۰۰۶۱ تا -/۳۰۰۰۰۸ | -/۲۲۳۲ تا -/۳۰۳۷ | -۲/۲۳۲ تا -۳/۰۳۷ | ۴۱/۷ | | |
| -/۰۰۰۰۳۸ تا -/۰۰۰۰۶۱ | -/۱۳۹۰ تا -/۲۲۳۲ | -۱/۳۹۰ تا -۲/۲۳۲ | ۱۲/۵ | | |
| -/۰۰۰۰۱۶ تا -/۰۰۰۰۳۸ | -/۰۵۸۵ تا -/۱۳۹۰ | -۵۸۵/ تا -۱/۳۹۰ | ۱۶/۷ | | |

مطابق جدول ۴ حدود ۵ درصد از پهنهٔ ایران‌زمین (شامل مناطق جنوب یعنی بخش‌های از هرمزگان و بلوچستان جنوبی) روند فاقد معنای آماری بوده و در ۹۵ درصد از مساحت ایران روند به لحاظ آماری معنادار بوده است.

محتوای رطوبت در هر نقطه از جو تحت تاثیر توامان تبخیر محلی و انتقال رطوبت در راستای افقی و قائم از سایر نقاط و عرض‌های جغرافیایی است.

در مجموع می‌توان گفت که محتوای رطوبت یا بخار آب جو در پهنه‌های خشکی مناطق حاره به علت دوری از دریاها و دریافت مقادیر بیش از انرژی تابشی کمتر است و در مقابل گنجایش رطوبتی آن بـه دلیل دمـای بیش از ایـن مناطق زیاد است که این امر باعث کاهش قابل‌توجه رطوبت در این مناطق می‌شود (شریعت‌مداری ۱۳۹۱).

آز آنجایی که آب قابل بارش نمایه‌ای از رطوبت می‌باشد، کاهش یا افزایش آن حاصل عوامل متعددی است. یکی از مهم‌ترین عوامل مؤثر، انتقال یا عدم انتقال رطوبت به داخل کشور (فلاح قالهری ۱۳۹۰) و طبیعتاً بر روند آب قابل بارش می‌باشد. بدین منظور روند کاهش وزش رطوبتی مورد بررسی قرار گرفت. توزیع مکانی وزش رطوبتی در شکل ۷ آورده شده است. در این شکل خط چین‌ها بیانگر روند افزایشی و خط ضخیم شرایط بدون روند را نشان می‌دهد.

همان طوری که از شکل ۷ قابل‌مشاهده می‌باشد، قسمت‌هایی از نواحی زاگرس، بخش‌هایی از نواحی مرکزی و بخش زیادی از استان فارس با روند کاهشی مواجه بوده‌اند، در این نواحی آب قابل بارش بیشترین شیب روند کاهشی را داشته است. در دیگر نقاط ایران برای مثال شمال ایران، شمال غرب و بخش‌های از شمال شرق وزش رطوبتی روند بسیار ناچیز یا اگر روند داشته فاقد معنی آماری بوده است و در بعضی ساعت‌ها هیچ‌گونه روندی مشاهده نشده است. برای



www.SID.ir

Archive of SID

مثال حاشیه دریای خزر با وجود این که روند کاهشی داشته است اما معنی آماری نداشته است. باوجود این که منطقه جنوب شرق به‌ویژه چابهار در هر چهار ساعت روند داشته اما فاقد معنی آماری بوده است. در صورتی‌که وزش رطوبتی در همین مناطق روند افزایشی نشان می‌دهد، هرچند که وزش موسمی در تغذیه رطوبتی در این مناطق مؤثر بوده است.

طبق مطالعهٔ علیجانی و همکاران (۱۳۸۶) وردش‌های ماهانه و سال به سال بارش‌های تابستانه جنوب شرق ایران با تغییرات شدت موسمی جنوب آسیا به‌ویژه با فراوانی وقوع کم‌فشارهای موسمی در منطقه دریای عرب ارتباط بسیار نزدیکی دارد.

در هر چهار ساعت بیشترین شیب روند کاهشی عمدتاً مربوط به بخش‌هایی از شمال استان بوشهر، بخش‌های زیادی از استان خوزستان و زاگرس میانی بوده است. با این‌وجود بیشترین شیب روند کاهشی در ساعت ۰۰:۰۰ رخ داده است جالب این که بیشترین شیب روند افزایشی وزش رطوبتی در ساعت ۰۰:۰۰ در بخش‌هایی از جنوب و جنوب شرق اتفاق افتاده است، درصورتی‌که در ساعت ۰۶:۰۰ این منطقه روند کاهشی داشته است (شکل ۷). همان طوری که هم مشاهده می‌شود سواحل دریای خزر، سواحل دریای عمان و سواحل خلیج‌فارس وزش رطوبتی روند افزایشی داشته است که می‌توان به نقش دریاها در افزایش رطوبتی در این منطقه اشاره کرد.

در مجموع می‌توان گفت که بخش‌هایی از جنوب و جنوب شرق کشور و شمال غرب کشور وزش رطوبتی روند افزایشی داشته است و قسمت‌هایی از نواحی مرکزی و شمال شرق کشور هیچ‌گونه روند مشاهده نشده است. در واقع انتهای کوه‌های زاگرس، بخش‌های وسیعی از استان هرمزگان، یزد و زاهدان وزش رطوبتی روند کاهشی داشته است.

انتقال بخار آب از دریاها و اقیانوسها به درون جو تابعی از اختلاف فشار بخار آب درون جو است و این اختلاف تابعی از دمای سطحی آب و دمای جو است. بنابراین نقش دریاها و اقیانوسها در تغذیه رطوبتی جو به شرایط دمایی بستگی دارد (مسعودیان ۱۳۹۰). روند تغییرات آب قابل بارش بر روند تغییرات دما و بارش تأثیر می‌گذارد. بدین ترتیب اثرات کاهشی آب قابل بارش و تأثیرات آن بر دما و بارش مورد بررسی و تجزیه تحلیل قرار گرفت که نتایج آن در شکل ۸ و ۹ ارائه شده است.

مسعودیان (۱۳۸۳) نیز نشان داده است که در نیم سده گذشته دمای شبانه، روزانه و شبانه‌روزی ایران به ترتیب با آهنگ حدود سه، یک و دو درجه در هر صد سال افزایش یافته است. به‌طوری‌که روند افزایش دما عمدتاً در سرزمین‌های گرم و کم ارتفاع و روند کاهشی عمدتاً در رشته‌کوه‌ها دیده می‌شود. در این زمینه مطالعه علیجانی و همکاران (۱۳۹۰) نیز تأییدی بر ادعای فوق می‌باشد. وی در بررسی تغییرات کمینه‌ها و بیشینه‌های سالانه دما نشان دادند که ۲۸ ایستگاه در گستره ایران‌زمین که در غرب، شمال غرب، جنوب غرب، شمال شرق و مرکز ایران بوده‌اند دارای تغییرات افزایشی در میانگین دماهای حداکثر بوده‌اند که همگی این افزایش‌ها در سطح اطمینان ۹۵ درصد معنی‌دار بوده‌اند. از میان ایستگاه‌های باقیمانده دو ایستگاه چابهار و تربت‌حیدریه از روند کاهشی برخوردار بوده و در بقیه ایستگاه‌ها تغییراتی مشاهده نشده است.

شکل ۸ روند روزانه دمای ایران را نشان می‌دهد. همان طوری که از شکل ۸ هم بر می‌آید بیش از نیمی از مساحت کشور روند افزایش را تجربه کرده است و تنها در نقاط ارتفاعی کشور برای مثال بخش‌هایی از ارتفاعات زاگرس، ارتفاعات سبلان و بخش‌های از کرمان روند افزایشی داشته است. بیشترین شیب روند افزایشی دما در بخش‌هایی از نواحی مرکزی رخ داده است.

روند کاهشی آب قابل بارش بر روند بارش کشور نیز تأثیر گذاشت تا جایی که بیش از نیمی از مساحت کشور یا روند کاهشی یا فقدان روند مواجه بوده است (شکل ۹). برای مثال بخش‌های وسیعی از نواحی مرکزی ایران و به طور پراکنده بخش‌هایی از شمال غرب کشور بارش هیچ‌گونه روند نداشته است. بیشترین شیب روند بارش کشور مربوط به نواحی مرتفع زاگرس، بخش‌هایی از شیراز و بخش‌هایی از شهرکرد می‌باشد که آب قابل بارش و وزش رطوبتی بیشترین شیب روند کاهشی را داشته است. بنابراین تنها در بخش‌های از حاشیه دریای خزر و به‌صورت پراکنده بخش‌هایی از غرب کشور بارش روزانه با روند مثبت مواجه بوده است در بقیه نقاط بارش روزانه یا روند کاهشی داشته است یا هیچ‌گونه روندی نداشته است.

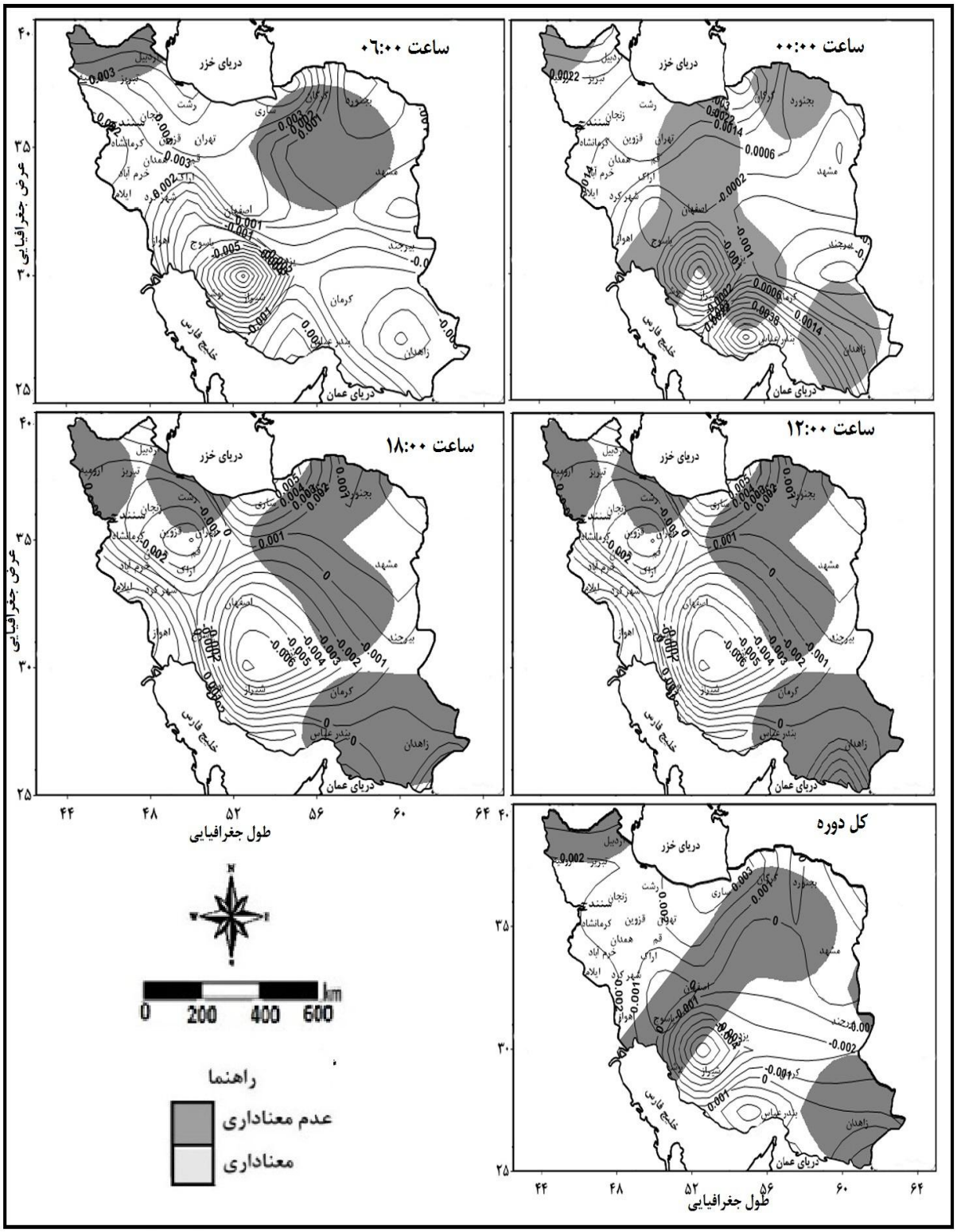
لازم به ذکر است که محمدی (۱۳۹۰) در مطالعه تحلیل روند بارش سالانه ایران به نتایج مشابهی رسیده است وی نشان داد که میانگین ایستگاهی بارش ایران به طور متوسط در هر سال در حدود ۶۴/ میلی‌متر و میانگین یاخته‌های بارش ایران در حدود ۵/ میلی‌متر کاهش یافته است. عساکره (۱۳۸۶) نیز نشان داد که حدود ۵۱/۴ درصد از مساحت کشور در معرض تغییرات بارش قرار گرفته



www.SID.ir

Archive of SID

است؛ به‌طوری‌که این تغییرات عموماً در نواحی کوهستانی و نیمه غربی کشور رخداد بیشتری داشتند میزان این تغییرات به ازای هر سال ۲۹/۶ میلی‌متر در کوهرنگ تا ۱۵/۷- میلی‌متر در سراب بوده است.



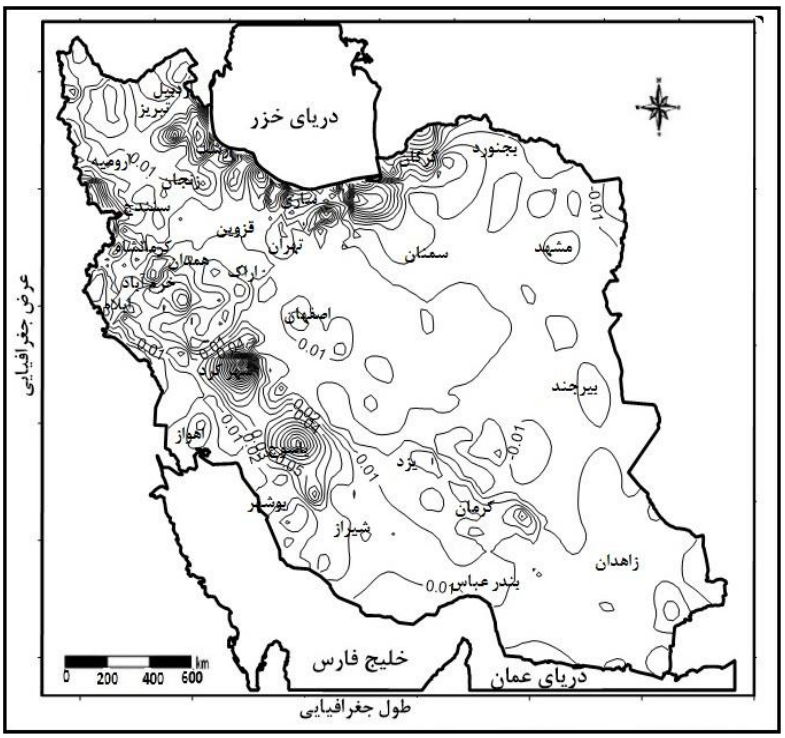

**شکل ۷- روند تغییرات وزش رطوبتی ایران (گرم درمتر در روز)**



www.SID.ir

Archive of SID

**شکل ۸- روند تغییرات دمای ایران طی دهه های اخیر (درجه سلسیوس در روز)**




**شکل ۹- روند تغییرات بارش ایران طی دهه های اخیر (میلی متر در روز)**

## ۴- نتیجه‌گیری

آب قابل بارش یکی از نمایه‌های مهم اقلیمی است که بررسی زمانی – مکانی آن، ضمن نمایش وضعیت رطوبتی، شرایط دمایی را نیز به خوبی نشان می‌دهد. از آن جا که کشور ایران به علت موقعیت جغرافیایی خاص خود در معرض تغییرات ناشی از رطوبت و دما قرار دارد، می‌توان با ردیابی تغییرات آب قابل بارش تغییرات دما و رطوبت



www.SID.ir

Archive of SID

را نیز دنبال کرد. برای دست‌یابی به این منظور مقدار رطوبت ویژه روزانه از سال ۱۳۸۹-۱۳۴۰ و برای تراز ۱۰۰۰ تا ۲۷۵ هکتوپاسکال از پایگاه داده‌ها NCEP/NCAR وابسته به سازمان ملی جو و اقیانوس‌شناسی ایالت متحده آمریکا استخراج گردیده است. نتایج حاصل از بررسی این فراسنج را می‌توان به شرح زیر برشمرد:

عوامل محلی بخصوص ارتفاعات و دوری و نزدیکی به دریاها و بعضاً عرض جغرافیایی از عوامل اصلی در تنوع مکانی آب قابل بارش در ایران زمین است. به طوری‌که بیشترین میانگین آب قابل کشور در ساعت‌های دیدبانی‌شده در نوار ساحلی شمال و جنوب کشور و کمترین مقدار آب قابل بارش به‌صورت نواری در امتداد کوه‌های زاگرس مشاهده شد.

بررسی ضریب تغییرات آب قابل بارش در ساعت ۰۰:۰۰، ۰۶:۰۰، ۱۲:۰۰ و ۱۸:۰۰ نشان داد که نواحی مرکزی به دلیل تغذیه رطوبتی کم در طول سال و نواحی ساحلی کشور به دلیل نزدیکی به دریا ضریب تغییرپذیری اندکی داشته است. بیشترین ضریب تغییرپذیری آب قابل بارش در امتداد ارتفاعات و به‌ویژه کوه‌های زاگرس و بیشینهٔ آن در ساعت ۰۰:۰۰ و ۰۶:۰۰ رخ داده است.

تحلیل روند آب قابل بارش به‌صورت سالانه در ایران نشان داد که آب قابل بارش در سراسر پهنه ایران و در تمام ساعت دارای روند کاهشی بوده است. بیشترین شیب روند تغییرات آب قابل بارش در تمام ساعات به‌صورت کمانی از غرب تا میانهٔ خلیج‌فارس کشیده شده است. با این وجود بیشترین شیب روند تغییرات آب قابل بارش در ساعت ۱۲:۰۰ و ۰۶:۰۰ در همین نواحی رخ داده است. این تغییرات حاصل کاهش انتقال رطوبت به داخل ایران بوده است.

## ۵- مراجع


آذر ع، منصور م (۱۳۸۷) آمار و کاربرد آن در مدیریت. جلد دوم (ب)، انتشارات سمت، ۳۰۸ صفحه.

بازرگان لاری ع (۱۳۸۵) رگرسیون خطی کاربردی. انتشارات دانشگاه شیراز، ۳۴۸ صفحه.

شریعت‌مداری ز (۱۳۹۱) هواشناسی عمومی. چاپ اول: انتشارات پارسیا، ۲۸۰ صفحه.

صادق حسینی س، حجام س، تفنگ‌ساز پ (۱۳۸۴)، ارتباط آب قابل بارش ابر و بارندگی دیدبانی‌شده در منطقه تهران، مجله فیزیک زمین و فضا، شماره ۲، ص ۱۳- ۲۱.

عساکره ح (۱۳۸۶) تغییرات زمانی و مکانی بارش ایران طی دهه‌های اخیر. جغرافیا و توسعه، شماره ۱۰، ص ۱۴۵ – ۱۶۴.

علیجانی ب، مفیدی ع، جعفرپور ز، علی اکبر بیدختی ع (۱۳۸۶) الگوهای گردش جو بارش‌های تابستانه جنوب شرق ایران در ماه جولای ۱۹۹۴. نشریه علوم جغرافیایی ایران، شماره ۱۰، ص ۸-۳۶.

علیجانی ب، کاویانی م (۱۳۸۵) مبانی آب و هواشناسی. تهران انتشارات سمت، ۵۸۰ صفحه.

علیجانی ب، محمودی پ، سلیقه م، ریگی چاهی م (۱۳۹۰) بررسی تغییرات کمینه‌های و بیشینه‌های سالانه دما در ایران. فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، شماره ۳، ص ۱۷۳۵۲ – ۱۷۳۷۴.

علیجانی ب (۱۳۸۵) آب و هوای ایران. تهران: انتشارات دانشگاه پیام نور، ۲۲۱ صفحه.

علیزاده ا (۱۳۹۰) اصول هیدرولوژی کاربردی. انتشارات دانشگاه فردوسی، ۹۷۶ صفحه.

فلاح قالهری غ (۱۳۹۰) اصول و مبانی هواشناسی. انتشارات پژوهشکده اقلیم‌شناسی، ۷۶۰ صفحه.

کوهی م، بابائیان ا، بایگی م، فرید حسینی ع، خزانه داری ل (۱۳۹۲) تغییرات پیش‌بینی شده در بارش‌های فرین مشهد قرن بیست و یکم. تحقیقات منابع آب ایران، شماره ۱، ص ۷۴-۶۱.

مباشری م، پورباقرکردی س، فرج زاده اصل م، صادقی نائینی ع (۱۳۸۹) برآورد آب قابل بارش کلی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و داده‌های رادیوساوند: ناحیه تهران. فصلنامه مدرس علوم انسانی، شماره ۱، ص ۱۰۷- ۱۲۶.

محمدی ب (۱۳۹۰) تحلیل روند بارش سالانه ایران جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی. مجله پژوهشی علوم انسانی دانشگاه اصفهان، شماره ۲۲، ص ۹۵-۱۰۶.

مسعودیان س (۱۳۹۰) آب هوای ایران. انتشارات شریعه توسعه مشهد دانشگاه اصفهان، ۲۷۷ صفحه.

مسعودیان س (۱۳۸۳) بررسی دمای ایران در نیم سده‌ی گذشته. مجله جغرافیا و توسعه، ص ۸۹ – ۱۰۶.

موسوی بایگی م، اشرفی ب (۱۳۸۹) بررسی و مطالعه نمایه قائم هوا منجر به بارندگی‌های مخرب تابستانه (مطالعه موردی مشهد). نشریه آب و خاک، شماره ۵، ص ۱۰۳۶- ۱۰۴۸.

Adiyamay (2009) Empirical modeling of layered integrated water vapor using surface mixing ratio in




www.SID.ir

Archive of SID

MODIS data for cloud-free pixels Proc. 23rd Asian Conf. on Remote Sensing. Kathmandu, Nepal, Asian Assoc. Remote Sensing. (6): 2 - 12.

Oliver B, Christian K, Evelyne R C B (2005) Validation of perceptible water from ECMWF model analyses with GPS and radiosonde data during the MAP SOP. Meteorology. Soc. (131): 3013–3036

Parameswaran K and B V Krishna Murthy (1990) "Altitude profiles of tropospheric water vapor at low latitudes". J. App. Meteoric. (29): 665 – 679.

Peiming W, Jun-ichi H, Shuichi M, Yudi L, Marnabu D (2003) "Diurnal Variation of Perceptible Water over a Mountainous Area of Sumatra Island", Journal of Applied Meteorology, 3: 1107-1114.

Peixoto JP and Root AH (1983) "the atmospherics branch of the hay hydrological cycle and climate". In variations in the global water. (A. Budgest, M. steert – perrott, M. Beran and R. Ratcliff, Eds).

Roca RM, Villiers L, Pico and M Desbois (2002) A multi-satellite analysis of deep convection and its moist environment over the Indian ocean during the winter monsoon. Geophysics. Res. 107, 8012, doi: 10.1029/2000JD000040.

Spencer R and W Braswell (1997) "how dry are the tropical free troposphere? Implications for global warming theory". Bull. Amer. Meteor. Soc. (78): 1097–1106.

Stanley K, Andrews J (2006) "A Blended Satellite Total Perceptible Water Product for Operational Forecasting". Journal of Atmospheric and Oceanic Technology, (24): 74 – 81.

Stanton E (1968) "World distribution of mean monthly and annual perceptible water", Stanton E. Tulle, (96): 785 – 797.

Sun Li, Shen Baizhu and Sui Bo (2010) A study on water vapor transport and budget of heavy rain in northeast China. Advances in Atmospheric Sciences, 27 ( 6): 1399–1414

Zehang J, Shi chuch X, Lu Q, Xie Z (2010) Evaluation of total perceptible water over east Asia from FY-3A/VIRR infrared radiances. Atmospheric and Oceanic Letters, (3): 93 – 99.

Nigeria. Journal of Applied Metrological and Climatological, (48): 369 – 380.

Bruges J, Clonal R O, Green J S, Margolis R G, Holm and G Toon (1999) Water vapor column abundance retrievals during FIFE. J. Geophysics. Res. (97):18759 – 18768.

Dian J (1992) Annual cycles of tropospheric water vapor. Journal of Geography Research, (97):185-193

Emardson T R, Elgered G and Johansson J M (1998) Three months of continuous monitoring of atmospheric water vapor with a network of Global Positioning System receivers. Geophysics. 103(2): 1807–1820

Ernest raj, P C S Devers, S K shah, S M Sonbawen, K K Dancing. Pandithuri (2008) Temporal variations in sun photometer measured precipitation water in near IR band and comparison with model estimates at a tropical Indian station. Atmospheric 21(4): 317 – 333.

Hadjimitsis D, Mitrakal Z, Gazani I, Retalis A, Chrysoulakis N and Michaelides S (2011) Estimation of spatiotemporal distribution of perceptible water using MODIS and AVHRR data: a case study for Cyprus. Adv. Geosci. (30): 23–29

Johan D (1974) Perceptible Water and its relationship to surface Dew point and vapor pressure in Athens. Journal of Applied Meteorology, (13): 760-766.

King MD, Menzel W P, Kaufman Y J, Tanr e D, Gao B C, Platnick S, Ackerman S A, Remer L A, Pincus R and Hubanks PA (2003) Cloud and aerosol properties, perceptible water, and profiles of temperature and water vapor from MODIS. IEEE Trans. Geosci. Remote Sense (41): 442–458.

Kleinbaltink H, van der Morel H and van der Heaven A GA (2002) Integrated atmospheric water vapor estimates from a regional GPS network. Geophysics. Res. 107(3): 1-8.

Kristin K, Brin G (2008) Global positioning system (GPS) perceptible water in forecasting lightning at spaceport Canaveral. Weather Forecasting, (23): 219 – 232

Lim ACW, Chang SC, Lieu and LK Kwoh (2002) Com-potation of atmospheric water vapor map from



www.SID.ir