نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، سال بیست و یکم، شماره۶۲، پاییز ۱۴۰۰

شناخت پراکنش فضایی شار همگرایی رطوبت تجمعی عمودی VIMFC بر روی وردسپهر ایران طی دوره آماری ۲۰۱۳-۱۹۷۹

دریافت مقاله: ۹۷/۳/۲۵ **پذیرش نهایی**: ۹۷/۸/۱۳

صفحات: ۴۹-۱۹

فرشاد پژوه: دکتری آب و هواشناسی دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران.
Email:farshad.pazhooh44@gmail.com
محمد سلیقه: دانشیار آب و هواشناسی، دانشکده علوم جغرافیایی دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران.[1]
Email:saligheh@khu.ac.ir
مهری اکبری: دانشیار آب و هواشناسی، دانشکده علوم جغرافیایی دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران
Email:mehryakbary@khu.ac.ir
محمد دارند: دانشیار آب و هواشناسی دانشکده منابع طبیعی دانشگاه کردستان، عضو گروه پژوهشی مطالعات محیطی دریاچه زریبار، پژوهشکده کردستان شناسی، دانشگاه کردستان، سنندج، ایران.
Email: m.darand@uok.ac.ir

چکیده

هدف از انجام این پژوهش شناسایی پراکنش فضایی شار همگرایی رطوبت تجمعی عمودی Vertically (Integrated) Moisture Flux Convergence) بر روی جو ایران است. برای نیل به این هدف از داده‌های ماهانه شبکه‌ای ECMWF طی بازه زمانی ۱۹۷۹/۱ تا ۲۰۱۳/۱۲ بهره گرفته شد. در ابتدا بر پایه‌ی میزان نم ویژه‌ی موجود در جو، وردسپهر به سه لایه‌ی پایینی (۱۰۰۰-۸۵۰ hPa)، میانی (۷۷۵-۷۰۰ hPa) و بالایی (۶۰۰-۵۰۰ hPa) تقسیم شد. به‌منظور دستیابی به تغییرات فضایی VIMFC بر روی ایران از روش‌های خودهمبستگی فضایی گیتس، شاخص موران جهانی و لکه‌های داغ در سطح معناداری ۹۰، ۹۵، ۹۹ و ۹۹/۹۹ درصد بهره برده شد. نتایج این پژوهش نشان داد که پراکنش فضایی VIMFC در ایران در لایه اول وردسپهر و به‌ویژه در طی ماههای گرم سال دارای الگوی خوشه‌ای بالاست و در ماههای سرد سال و در لایه سوم وردسپهر، الگوی خوشه‌ای کاهش می‌یابد. بر اساس شاخص لکه‌های داغ در لایه اول وردسپهر مناطق کم ارتفاع، در لایه دوم مناطق مرتفع کوههای البرز، زاگرس و مرکزی و در لایه سوم مناطق بادپناه کوههای مرکز و شرق ایران دارای الگوی خودهمبستگی فضایی مثبت (نقاط داغ) است. یافته‌ها بیانگر آن است که در فصل زمستان و پاییز در دوره دوم (۲۰۱۳-۱۹۹۹) گستره‌ی نقاط داغ VIMFC کاهش قابل‌توجهی را نسبت به دوره اول مورد واکاوی (۱۹۹۸-۱۹۷۹) بر روی ایران نشان می‌دهد.

کلیدواژگان: VIMFC، وردسپهر، شاخص لکه داغ، خودهمبستگی فضایی، ایران.

---

۱. **نویسنده مسئول:** تهران، مفتح جنوبی، دانشگاه خوارزمی، دانشکده علوم جغرافیایی، گروه اقلیم شناسی.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1400.21.62.4.4]
[DOI: 10.52547/jgs.21.62.19]

مقدمه

یکی از شرایط مهم برای رخداد بارش علاوه بر صعود جریان هوا، مهیایی رطوبت از منابع آبی دور دست می باشد. همچنین تغییرات زمانی و مکانی رطوبت همگرا شده نقش مهمی در نوسانات بارش یک منطقه می تواند داشته باشد. با توجه به قرارگیری ایران در یک ناحیه خشک و نیمه خشک و تغییرات زمانی و فضایی شدید بارش، تأمین منابع آب یکی از مهم ترین مسائل است. شناسایی و بررسی پراکنش فضایی VIMFC بر روی گستره ایران در لایه های مختلف وردسپهر می‌تواند در اجرای پروژه های باورسازی ابرها و تأمین آب از رطوبت هوا مؤثر و حائز اهمیت باشد.

بخار آبی که به وسیله گردش اتمسفری انتقال داده می‌شود یکی از مهم ترین فرایندها در چرخه آب است. بخار آب از خارج منتقل و همگرایی آن ارتباط نزدیکی با مقدار بارندگی مناطق دارد. پارامترها و تغییرات در مقادیر بارش، مانند بارش ها و خشکسالی های حدی، تأثیرات اجتماعی و زیست محیطی مربوطه را منعکس می‌کند (IPCC، ۲۰۰۷). مسعودیان (۱۳۸۷) معتقد است که بیشتر منابع رطوبتی بارش های ایران در قالب شار رطوبت از سطوح آبی اطراف تأمین می شود. علیجانی (۱۳۷۴) بر این باور است که منبع اصلی شار رطوبت بارش بر روی ایران بویژه در فصل زمستان، دریای مدیترانه است. اسمیت و اوانز دریای خزر و خلیج فارس را به عنوان منبع اصلی تأمین رطوبت بارش در کوه های البرز و زاگرس می دانند (اسمیت[1]، ۲۰۰۳؛ اوانز[2]، ۲۰۰۳). استقرار جریان رودباد جنب حاره ای لایه های میانی و بالایی وردسپهر بر روی قسمت جنوبی عربستان سعودی و خلیج عدن موجب فرارفت هوای گرم و مرطوب به منطقه خاورمیانه و رخداد ترسالی می شود و علت اصلی خشکی نیز، نزول جریان هوای حاصل از گردش پر فشار و تضعیف انتقال رطوبت از منابع رطوبتی اقیانوسی است (دایان و آبرامسکی[3]، ۱۹۸۳).

هودسون[4] (۱۹۷۰) اولین کسی بود که مجموع شار همگرایی رطوبت (VIMFC) عمودی را از سطح زمین تا تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال محاسبه کرد و آن را با مقدار رطوبت مورد نیاز برای توسعه ابر در عرض‌های میانه برای ۹ رخداد شدید جوی مقایسه کرد، و نسبت بین این دو مقدار را به‌عنوان بخشی از همگرایی پوشش ابر تفسیر کرد. مطالعه شار رطوبتی عربستان توسط چاکرابورتی[5] و همکاران (۲۰۰۶) نشان داد که گرچه مقدار حجم آب قابل بارش در وردسپهر میانی بالاست ولی بارش در این منطقه نیمه‌خشک در طول فصل مونسون تابستان نیمکره شمالی به دلیل واگرایی شدید شار رطوبتی کمتر از مقدار قابل‌انتظار است. شار رطوبتی وردسپهر در مناطق خشک و نیمه‌خشک عربستان تغییرات بین سالیانه را نشان می‌دهد. به‌طوری‌که انتقال شار رطوبت در زمان رویداد النینو و فاز مثبت دو قطبی هند افزایش می‌یابد. در این شرایط شار ورودی به منطقه از دریای سرخ و غرب عربستان افزایش و شار رطوبتی منطقه به دلیل افزایش شار خروجی از خلیج‌فارس (شرق عربستان) کاهش می‌یابد.

1- Smith
2- Evans
3-Dayan and Abramski
4-Hudson
5-Chakraborty

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1400.21.62.4.4]
[DOI: 10.52547/jgs.21.62.19]

در مطالعات محیطی غالباً با مشاهداتی سروکار داریم که مستقل از یکدیگر نیستند و نوعاً وابستگی آن‌ها ناشی از موقعیت و مکان قرار گرفتن مشاهدات در فضای موردمطالعه می‌باشد از این رو در مطالعه این‌گونه از مشاهدات نباید از شیوه سنتی آمار بهره برد، چرا که این داده‌ها نوعاً دارای ساختاری پیوسته در مکان و زمان می‌باشد. لذا در مطالعات علوم محیطی چنین داده‌هایی را داده‌های فضایی می‌نامند و مطالعات آن‌ها نیز نیازمند روشی به هنجار جهت پاسخ رفتار این داده‌ها در مکان و زمان می‌باشد (مولر[1]،۲۰۰۸، ۱۷). بر مبنای چنین نیازی و به دلیل وجود همبستگی فضایی بین این داده‌ها، روش‌های معمول آماری نمی‌توانند روشی به هنجار برای واکاوی چنین داده‌هایی تلقی گردند. همچنین می‌توان برای مقایسه روش‌های کلاسیک آماری و آمار فضایی به پژوهش‌های دیگری نیز مراجعه نمود (لو[2] و همکاران،۲۰۱۴؛ چارلتون[3]، ۲۰۱۱؛ رزمی[4] و همکاران،۲۰۱۷) ازاین‌رو لازم است به نحوی ساختار همبستگی داده‌ها در تحلیل آن‌ها لحاظ گردد (کندال[5]، ۱۹۹۸، ۲۲۱). بدین منظور آمار فضایی به‌عنوان روشی مناسب، جهت تحلیل این داده‌ها می‌تواند موردبررسی قرار گیرد. آمار فضایی برای انواع متنوع آنالیزها، شامل آنالیز الگو، آنالیز شکل، مدل‌سازی سطح، برآورد سطح، رگرسیون مکانی، مقایسه‌های آماری مجموعه داده‌های مکانی و مدل‌سازی آماری استفاده می‌شود. در جدیدترین روش‌های بررسی رفتار پدیده‌های محیطی پژوهشگران برای شناسایی و خودهمبستگی مناطق همگن از روش‌های پیشرفته آمار فضایی استفاده کرده‌اند. مبانی نظری این روش‌ها و چگونگی به‌کارگیری آن‌ها در مطالعات مرتبط با علوم محیطی (ژانگ[6] و همکاران، ۲۰۰۸؛ ایلیان[7] و همکاران، ۲۰۰۸؛ اسمیت[8] و همکاران، ۲۰۰۶؛ ویلیر و پایز[9]، ۲۰۱۰؛ انسلین[10] و همکاران، ۲۰۰۹) توضیح داده‌شده است. در دسته‌ای دیگر از پژوهش‌ها رویکردهای آمار سنتی که بیشتر در مطالعات اقلیم‌شناسی و علوم محیطی که در نیم‌قرن اخیر مرسوم بوده است را کانون توجه خود قرار داده‌اند (ژو[11] و همکاران، ۲۰۰۹؛ جولایف و فیلیپ[12]، ۲۰۱۰). تاکنون پژوهشی درباره VIMFC با آمار فضایی انجام‌نشده است اما در زمینه فرارفت رطوبت، منابع رطوبتی و بررسی پراکنش بارش و دما با آمار فضایی پژوهش‌هایی صورت گرفته است که در ادامه به آنها اشاره خواهد شد. ریکو[13] (۲۰۰۷) در بررسی شار رطوبت حوضه مدیترانه نشان داد که قوی‌ترین همگرایی در زمستان رخ می‌دهد و تحت تأثیر جریانات جنوب سوی بادهای غربی می‌باشد. درحالی‌که قوی‌ترین واگرایی در تابستان (به‌ویژه بر روی شرق مدیترانه) و در واکنش به شاخه نزولی سلول هدلی روی می‌دهد. اندرسون[14] و همکاران

1- Moller
2- Lu
3- Charlton
4- Razmi
5- Kendall
6- Zhang
7- Illian
8- Smith
9- Wheeler and Paez
10- Anselin
11- Zhou
12- Jolliffe and Philip
13- Ricko
14- Anderson

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1400.21.62.4.4]
[DOI: 10.52547/jgs.21.62.19]

(۲۰۰۹) در واکاوی تأثیر تبخیر و شار همگرایی رطوبت (MFC) بر روی بارش‌های آمریکای شمالی، نقش جریان جت ترازپایین جو را در تغییرات شار رطوبت و بارش حائز اهمیت می‌دانند. خالد[1] و همکاران (۲۰۱۱) در بررسی شار همگرایی رطوبت بر روی حوضه رودخانه مکینزی طی دوره ۱۹۹۱-۲۰۰۸ نشان دادند که بزرگ‌ترین شار همگرایی رطوبت در راستای عمودی در ترازهای ۸۵۰ تا ۷۰۰ هکتوپاسکال رخ می‌دهد. در بیشتر سال‌ها نیز رطوبت واردشده به حوضه در تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال دیده می‌شود. همچنین افزایش شدت شار همگرایی رطوبت ارتباط زیادی با دما و جریان باد سطح زمین دارد. چوبینگ و نینگ[2] (۲۰۱۱) لکه‌های داغ جزایر حرارتی چین را بررسی کردند. آلرد و سایبرند[3] (۲۰۱۲) در پژوهشی در منطقه کولمر، واقع در شمال شرق فرانسه، برای داده های آب و هوایی و الگوهای پراکندگی اپیدمیولوژی گونه‌های گیاهی، از رویکرد کاربردی آمار فضایی بهره برده، مناطق حساس به تغییرات آب و هوایی را مشخص کردند. لواین و تورنر [4] (۲۰۱۲) در بررسی شار رطوبت بارش‌های مونسون هند دریافتند که قوی‌ترین مونسون ها وابستگی زیادی به شار رطوبت دریای عرب دارد؛ و هر گونه تغییر در دمای سطح دریای عرب در فصل تابستان تغییرات بارش شبه جزیره هند را در پی دارد. دی لوکنا[5] و همکاران (۲۰۱۳) میدان‌های حرارتی منطقه شهری ریودوژانیرو در برزیل را با استفاده از تحلیل لکه‌های داغ بررسی کردند. بجت[6] و همکاران (۲۰۱۴) در پژوهشی به تجزیه‌وتحلیل فضایی روند دما در صربستان پرداختند. در این پژوهش، از داده‌های متوسط ماهانه دمای ۶۴ ایستگاه همدید استفاده شد و سپس روند دامنه‌های دما از روند خطی و همچنین روش کمترین مربعات معمولی به دست آمد. برای بررسی خودهمبستگی فضایی نیز از روش موران جهانی استفاده شد. نتایج پژوهش آنان نشان داد روند دما در سراسر صربستان از الگوی تصادفی تبعیت می‌کند. ساهین[7] و همکاران (۲۰۱۵) در بررسی مشخصات شار رطوبت از حوضه مدیترانه و ارتباط آن با رخداد دوره‌های خشک و تر معتقدند که جابه‌جایی سامانه‌های پر ارتفاع جنب‌حاره‌ای آزور در میانه شرق اقیانوس اطلس و کم‌فشار ایسلند یا جنب قطبی در شمال شرقی اطلس با راستایی شمال به جنوب عموماً با تغییر در شرایط شار رطوبت، شرایط خشک یا تر را بر روی حوضه مدیترانه تعیین می‌کند. مالک[8]و همکاران (۲۰۱۵) مشخصات شار همگرایی رطوبت را در مرکز جنوب غرب آسیا مطالعه نمودند. نتایج آن‌ها نشان داد که مهم‌ترین جریان شار همگرایی رطوبت (MFC) در تراز ۹۲۵ هکتوپاسکال (hPa) و طی تابستان و در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال طی زمستان مشاهده شده است. بیشترین رطوبتی که به منطقه جنوب غرب آسیا در طی زمستان انتقال‌یافته از سمت غرب بوده است. در تابستان بیشترین رطوبتی که فرارفت شده از شرق و همگرا شده از ترازهای پایین وردسپهر بوده است. در طی دوره خشک ۱۹۹۹-۲۰۰۱ فصل سرد پشته پرفشار در غرب ایران عمیق و شرق سو شده است؛ اما در فصل گرم

1- Khalid
2- Chaobing and Ning
3- Allard and Soubeyrand
4- Levine and Turner
5- Delucena
6 Bajat
7- Sahin
8- Malik

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1400.21.62.4.4]
[DOI: 10.52547/jgs.21.62.19]

نفوذ پشته پرفشار از سمت شمال افغانستان و فلات تبت با جنوب سو شدن مانع از فرا رفت رطوبت از خلیج بنگال به درون منطقه جنوب غرب آسیا گردیده است.

در ایران نیز خوشحال و همکاران (۱۳۸۸) با استفاده از نقشه های وزش رطوبتی تراز دریا و ۸۵۰ هکتوپاسکال و ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال نشان دادند که منابع رطوبتی بارش های فوق سنگین بوشهر، مناطق حاره ای شرق آفریقا، اقیانوس هند، دریای عرب، خلیج عدن، خلیج فارس و دریای عمان هستند. کریمی و فرج زاده (۱۳۹۰) در بررسی شار رطوبت و و الگوهای فضایی – زمانی منابع تأمین رطوبت بارش های ایران به این نتیجه رسیدند که ۹۷ درصد از کل رطوبت منتقل شده مربوط به تراز های زیر ۵۰۰ هکتوپاسکال است. الگوی کلی انتقال رطوبت نیز تأثیر زیادی از گردش پرفشار واقع بر روی تراز های پایین وردسپهر در شرق شبه جزیره عربستان (غرب دریای عرب) و پرفشار شمال آفریقا دارد. نوری و همکاران (۱۳۹۱) در بررسی فراوانی شار همگرایی رطوبت و منابع رطوبت بارش سواحل جنوبی خزر دریافتند که بیشترین مقدار همگرایی شار رطوبت در ساعت ۰۶ رخ می دهد و تفاوت مقادیر همگرایی شار رطوبت بین بارش های سنگین و فوق سنگین در گروه بارشی با منشأ همرفت بسیار بیش تر از گروه بارشی با منشأ غیر همرفت است. قویدل رحیمی و همکاران (۱۳۹۱) در بررسی منابع انتقال رطوبت بارش های سنگین به سواحل ایران در جریان توفان گونو نشان دادند که بیشترین همگرایی رطوبت در تراز های ۱۰۰۰ و ۸۵۰ هکتوپاسکال صورت گرفته و تراز های دیگر نقش کمتری در ایجاد بارش داشته اند. فلاح قالهری و همکاران (۱۳۹۴) با استفاده از آمار فضایی، پراکنش رطوبت را در ایران بررسی کرده‌اند. در این تحقیق با بررسی رطوبت ایستگاه‌های واقع بر روی ایران در سطح زمین مشخص گردید که پراکنش رطوبت در ایران دارای الگوی خوشه‌ای بالاست و نیمه شمالی و غربی ایران دارای الگوی خودهمبستگی فضایی مثبت و بخش‌های جنوب شرقی و مرکزی کشور دارای الگوی خود همبستگی فضایی منفی بوده است. قویدل رحیمی و همکاران (۱۳۹۴) در واکاوی سازو کار و مخاطرات توفان حاره ای نیلوفر نشان دادند که عمیق شدن ناوه تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال یک کم ارتفاع بریده را بر روی دریای عرب پدیده آورده که در پی آن، ضلع شرقی کم ارتفاع با ایجاد واگرایی در تراز مذکور، یک منطقه همگرایی قوی را در تراز های زیرین وردسپهر و بر روی سطح دریای شکل داده است که در پی دسترسی به انرژی دریافتی از سطح اقیانوس به تقویت جریان های صعودی و نزولی درون توفان منجر شده است. واچرخند مستقر بر روی دریای عرب نیز نقش مهمی در تغییرات مسیر توفان و فرارفت رطوبت به نوار جنوبی کشور ایفا کرده است. هدف از انجام این پژوهش شناخت مناطق همگرایی شار رطوبت تجمعی در راستای عمودی بر روی ایران است که با بهره گیری از توابع تحلیل مکانی آمار فضایی به آن پرداخته شده است و وردایی آن در دو دوره آماری ۱۹۷۹ تا ۱۹۹۸ و ۱۹۹۹ تا ۲۰۱۳ مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است.

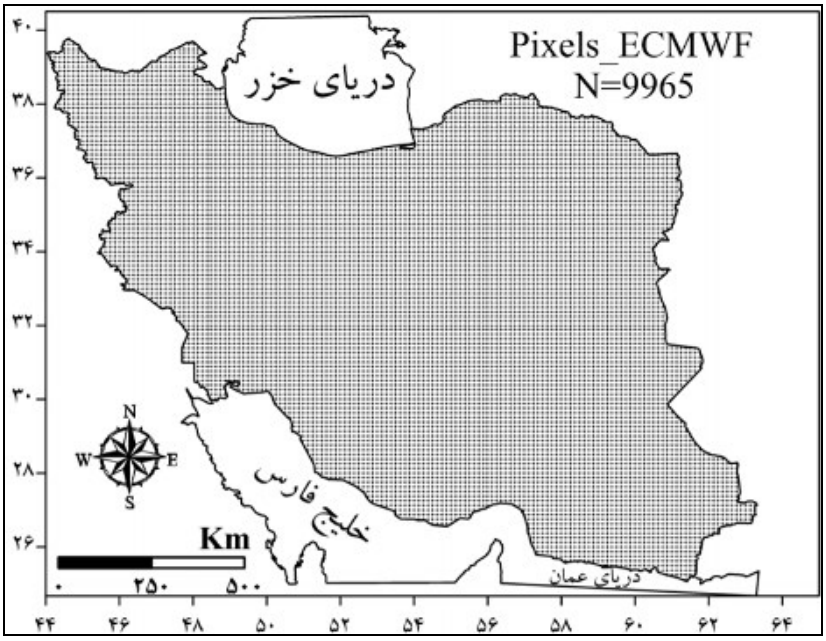
روش تحقیق

به طور کلی شار رطوبت در جو به دو صورت قائم و افقی اتفاق می افتد. شار افقی به وسیله وزش و فرارفت هوا انجام می‌شود که ممکن در لایه‌ها و ترازهای مختلف جو از یک مکان به مکان دیگر انجام شود. این در حالی است که شار عمودی در قالب صعود هوا در راستای عمودی در همان محل انجام می‌پذیرد. انتقال بخار آب در جو به صورت همزمان در راستای افقی و قائم انجام می‌پذیرد. در انتقال افقی جابجایی بخار آب از یک منطقه

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1400.21.62.4.4]
[DOI: 10.52547/jgs.21.62.19]

به منطقه دیگر در هر یک از لایه‌های جو مد نظر است (کریمی احمدآباد، ۱۳۸۶: ۱۷). انتگرال گیری در راستای قائم نرخ همگرایی رطوبت در قالب یک اصطلاح به نام شار همگرایی رطوبت تجمعی عمودی VIMFC بیان می‌شود.

برای انجام این پژوهش از داده‌های ماهانه‌ی شبکه‌ای نم ویژه (q) برحسب گرم بر کیلوگرم، باد مداری (u) و نصف‌النهاری (v) برحسب متر بر ثانیه مرکز پیش‌بینی میان‌مدت جوی اروپایی (ECMWF) در ۸ تراز مختلف جوی وردسپهر(۱۰۰۰، ۹۲۵، ۸۵۰، ۷۷۵، ۷۵۰، ۷۰۰، ۶۰۰ و۵۰۰ هکتوپاسکال) استفاده شد. تفکیک مکانی داده‌های بکار گرفته‌شده ۰/۱۲۵ درجه‌ی قوسی و بازه‌ی زمانی ۱۹۷۹/۱/۱ تا ۲۰۱۳/۱۲/۳۱ برابر با ۱۲۷۸۴ روز در نظر گرفته شد. بر پایه‌ی تفکیک مکانی داده‌ها ۹۹۶۵ یاخته‌ی مکانی در داخل مرز سیاسی ایران قرار می-گیرد شکل (۱). نرخ نم ویژه در جو ایران تابعی از نرخ VIMFC در ماه‌های مختلف سال است. اگر چه بین نرخ رطوبت موجود در جو در ۸ تراز مورد واکاوی تفاوت وجود دارد ولی بین آنها نیز مشابهت هایی وجود دارد. برای جلوگیری از افزایش تعداد نقشه ها، وردسپهر ایران برپایه‌ی نرخ نم ویژه به سه لایه‌ی پایین(۸۵۰-۱۰۰۰)، میانی(۷۷۵-۷۰۰) و بالایی(۵۰۰-۶۰۰) با بهره گیری از روش تحلیل خوشه‌ای طبقه بندی شد. به کمک روابط های (۱ تا ۳) میزان VIMFC در لایه‌های پایین، میانی و بالایی وردسپهر طی ماه‌های مختلف سال محاسبه گردید (اسپار[1]، ۱۹۵۳).



شکل(۱). موقعیت مکانی ۹۹۶۵یاخته‌ی پایگاه داده‌ی مرکز پیش‌بینی میان مدت جوی اروپایی(ECMWF) بر روی ایران

رابطه (۱)

$$VIMFC_{up} = -\frac{1}{g}.\int_{p600}^{p500}\left(\frac{\partial uq}{\partial x}+\frac{\partial vq}{\partial y}\right).dp$$

$$Q_{vup} = -\frac{1}{g}.\int_{p600}^{p500} vq.dp$$

$$Q_{uup} = -\frac{1}{g}.\int_{p600}^{p500} uq.dp$$

$$Q_{vmid} = -\frac{1}{g}.\int_{p775}^{p700} vq.dp$$

1- Spar

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1400.21.62.4.4]
[DOI: 10.52547/jgs.21.62.19]

رابطه (۲)

$$VIMFC_{mid} = -\frac{1}{g}.\int_{p775}^{p700}\left(\frac{\partial uq}{\partial x}+\frac{\partial vq}{\partial y}\right).dp \qquad Q_{umid} = -\frac{1}{g}.\int_{p775}^{p700} uq.dp$$

رابطه (۳)

$$VIMFC_{low} = -\frac{1}{g}.\int_{p1000}^{p850}\left(\frac{\partial uq}{\partial x}+\frac{\partial vq}{\partial y}\right).dp \qquad Q_{vlow} = -\frac{1}{g}.\int_{p1000}^{p850} vq.dp \qquad Q_{ulow} = -\frac{1}{g}.\int_{p1000}^{p850} uq.dp$$

در روابط بالا q نم ویژه، uو v به ترتیب مولفه های مداری و نصف النهاری باد در راستای محورهای x و y هستند. p تراز جو و g شتاب گرانش است (اسپار[1]، ۱۹۵۳). برای ارزیابی خودهمبستگی مکانی از رابطه فضایی جهت شناخت معناداری هم مقداری مقادیر در نقاط همسایه بهره گرفته می‌شود (سوکال و ادن[2]، ۱۹۷۸).

شاخص آماره گیتس Gi: این شاخص آماری، برای اولین بار توسط (پیتمن[3]، ۱۹۳۷) معرفی شد و بعدها برای حل مسائل فضایی مورد استفاده قرار گرفت کلیف و ارد[4]،۱۹۷۳؛ مانتل[5]، ۱۹۶۷). این شاخص ارتباط نقاط وزن دار شده و کلیه‌ی نقاط وزن دار دیگر یا همسایگان که در شعاع مورد نظر از نقطه‌ی اصلی است را اندازه میگیرد (هوبرت[6]،۱۹۷۸؛ هوبرت و همکاران[7]،۱۹۸۱). تحلیل لکه های داغ از آماره گیتس – اُرد جی برای همه پدیده های موجود در داده ها استفاده می کند (روجرسون[8]، ۲۰۰۶). نمره z محاسبه شده نشان می دهد که در کدام مناطق داده ها با مقادیر زیاد یا کم خوشه بندی شده اند. چهارچوب مفهومی این تحلیل این گونه عمل می کند که اگر پدیده ای مقدار بالا داشته باشد قابل توجه و مهم است، ولی بدین معنی نیست که یک لکه داغ باشد. پدیده ای لکه داغ تلقی می شود که هم خود پدیده و هم پدیده های اطراف آن از نظر آماری معنادار باشند. امتیاز z برای خروجی نهایی زمانی بدست خواهد آمد که مجموع محلی عارضه و همسایه آن به طور نسبی با مجموع کل عارضه ها مقایسه گردد (جکوئز و گریلینگ[9]، ۲۰۰۳؛ ژانگ و همکاران[10]، ۲۰۰۸).

این شاخص برپایه‌ی رابطه‌ی (۴) محاسبه می شود گتیس و ارد[11]، ۱۹۹۲):

رابطه (۴)

$$G_i(d) = \frac{\sum_j w_{ij}(d)x_j}{\sum_j x_j}, j \neq i$$

1 Spar
2-Sokal and Oden
3-Pitman
4-Cliff and Ord
5-Mantel
6-Hubert
7- Hubert et al
8- Rogerson
9- Jacquez and Greiling
10- Zhang et al
11- Getis and Ord

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1400.21.62.4.4]
[DOI: 10.52547/jgs.21.62.19]

که $w_{ij}(d)$ ماتریس وزن است که ساختار فضایی هر داده را برای تمام ارتباط هایی که با نقاط فاصله مشخصی را از نقطه i دارند. در این پژوهش شعاع فاصله (d) از هر شبکه، ۱۰ کیلومتر در نظر گرفته شد. مجموع وزن ها طبق رابطه‌ی (۵) محاسبه می‌شود:

رابطه (۵)
$$W_i = \sum_{j \neq i} w_{ij}(d)$$

رابطه (۶)
$$\bar{x}(i) = \frac{\sum_j x_j}{n-1}$$

رابطه (۷)
$$s^2 = \frac{\sum_j x_j^2}{n-1} - [\bar{x}(i)]^2$$

رابطه (۸)
$$Var(G_i) = \frac{W_i(n-1-W_i)}{(n-1)^2(n-2)}\left[\frac{s(i)}{\bar{x}(i)}\right]^2$$

مقدار متغیر G_i به مقادیر W_i بستگی دارد. اگر $W_i = 0$ باشد، مقدار $Var(G_i)$ نیز صفر خواهد شد که بدین معناست که هیچ همسایه ای در شعاع d نقطه‌ی مورد نظر وجود ندارد. در غیر این صورت کلیه‌ی وزن های همسایه نقطه مورد نظر (n-1) مشاهدات در شعاع d در نظر گرفته خواهد شد رابطه(۹).

رابطه (۹)
$$G_i^*(d) = \frac{\sum_j W_{ij}(d)x_j - W_i\bar{x}(i)}{s(i)\{[((n-1)S_{1i}) - W_i^2]/n-2)\}^{1/2}}, j \neq i$$

اگر وزن نقطه i $(w_{ij \neq} 0)$ در نظر گرفته شود، شاخص آماری استاندارد شده به صورت رابطه‌ی (۱۰) محاسبه می شود:

رابطه (۱۰)
$$G_i^*(d) = \frac{\sum_j W_{ij}(d)x_j - W_i^*\bar{x}}{s(i)\{[(nS_{1i}) - W_i^{*2}]/n-2)\}^{1/2}}, j = i$$

در دو رابطه آخر $w_i^* = w_i + w_{ij}$, $S_{1i} = \sum w_{ij}^2$ $(j \neq i)$ and $S_{1i}^* = \sum W_{ij}^*$(for all j); $\bar{x}$ and s^2 به ترتیب میانگین و واریانس نمونه هستند. شاخص G_i محبوب تر از آماره ها است، چراکه کلیه‌ی نقاط واقع در شعاع d را در نظر می گیرد. شاخص موران یک شاخص آمار همبستگی فضایی است که در این پژوهش برای بررسی همبستگی مقادیر VIMFC به مقادیر همسایه استفاده شد. شاخص جهانی موران طبق رابطه‌ی (۱۱) محاسبه می شود:

رابطه (۱۱)
$$I = \frac{n}{S_\circ}\frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n W_{ij} Z_i Z_j}{\sum_{i=1}^n Z_i^2}$$

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1400.21.62.4.4]
[DOI: 10.52547/jgs.21.62.19]

مقادیر شاخص موران از ۱ که به معنای همبستگی کامل و پراکنش مکانی خوشه‌ای تا ۱- که به معنای همبستگی منفی و پراکنش مکانی زیاد متفاوت است. همبستگی منفی الگوهایی را نشان می دهد که در آن مناطق الگوهای پراکنش مکانی تصادفی هستند و هیچ گونه وابستگی فضایی از خود نشان نمی‌دهند.
شاخص محلی (LISA) نیز نشان می دهد که میزان خوشه بندی فضایی قابل توجهی از مقادیر مشابه در شعاع d از آن مشاهدات را نشان می دهد (انسلین[1]، ۱۹۹۵). شاخص محلی موران به کمک رابطه‌ی (۱۲) محاسبه می شود:

رابطه (۱۲)

$$I_i = \frac{x_i - \bar{X}}{S_i^2} \sum_{j=1, j\neq i}^{n} w_{ij} \, (x_i - \bar{X})$$

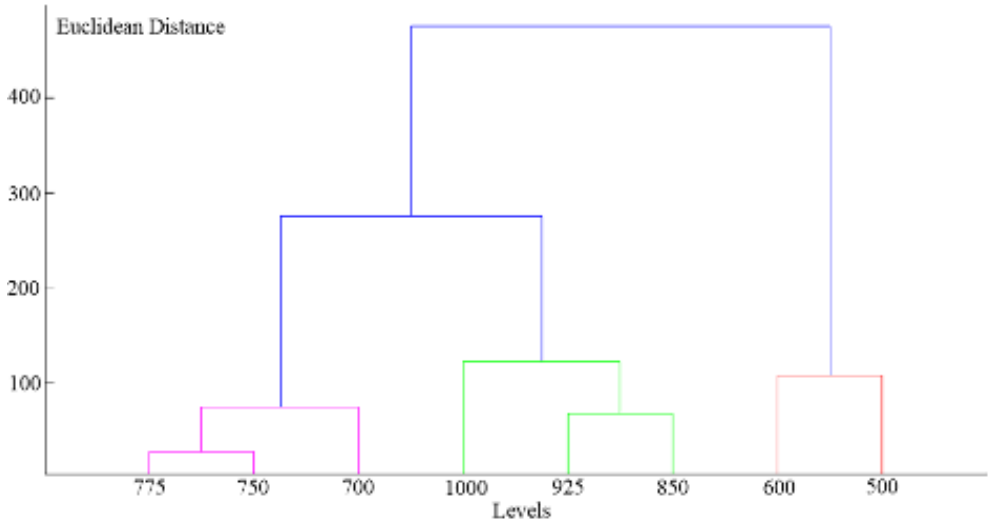
برپایه‌ی پژوهش دارند (۱۳۹۴) نرخ نم ویژه در ایران در ترازهای مختلف جوی از سال ۱۹۹۹ به بعد ناهنجاری منفی را تجربه کرده است. لذا براین مبنا خودهمبستگی فضایی VIMFC در وردسپهر به دو دوره ۱۹۷۹-۱۹۹۸ و ۲۰۱۳-۱۹۹۹ تقسیم شد تا گستره‌ی تغییرات مناطق دارای خودهمبستگی بالا و پایین مشخص شود.

نتایج

در این پژوهش، ابتدا بر اساس روش تحلیل خوشه ای با روش ادغام وارد بر روی فواصل اقلیدسی مقادیر نم ویژه دوره آماری ۳۵ ساله (۲۰۱۳-۱۹۷۹) تراز های ۱۰۰۰ تا ۵۰۰ هکتوپاسکال، در گستره ایران زمین، وردسپهر به سه لایه پایینی، میانی و بالایی تقسیم شد شکل (۲). یافته‌های حاصل نشان داد که می‌توان برپایه‌ی مقادیر نم ویژه در تراز های مختلف، وردسپهر را به سه لایه‌ی اول (پایین): ترازهای ۱۰۰۰، ۹۲۵ و ۸۵۰ هکتوپاسکال، لایه دوم(میانی): تراز های ۷۷۵، ۷۵۰ و ۷۰۰ هکتوپاسکال و لایه سوم (بالایی): ۶۰۰ و ۵۰۰ هکتوپاسکال دسته بندی کرد.

1-Anselin

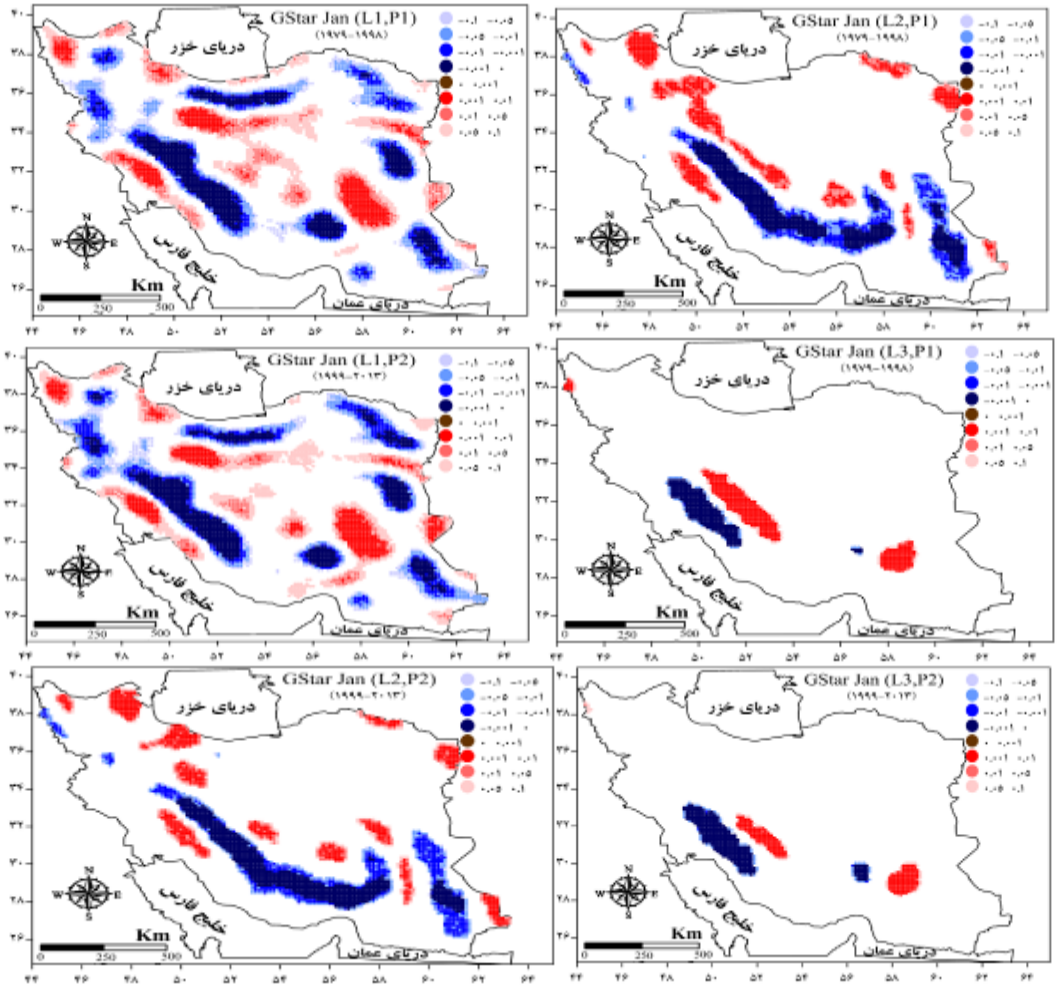
[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1400.21.62.4.4]
[DOI: 10.52547/jgs.21.62.19]



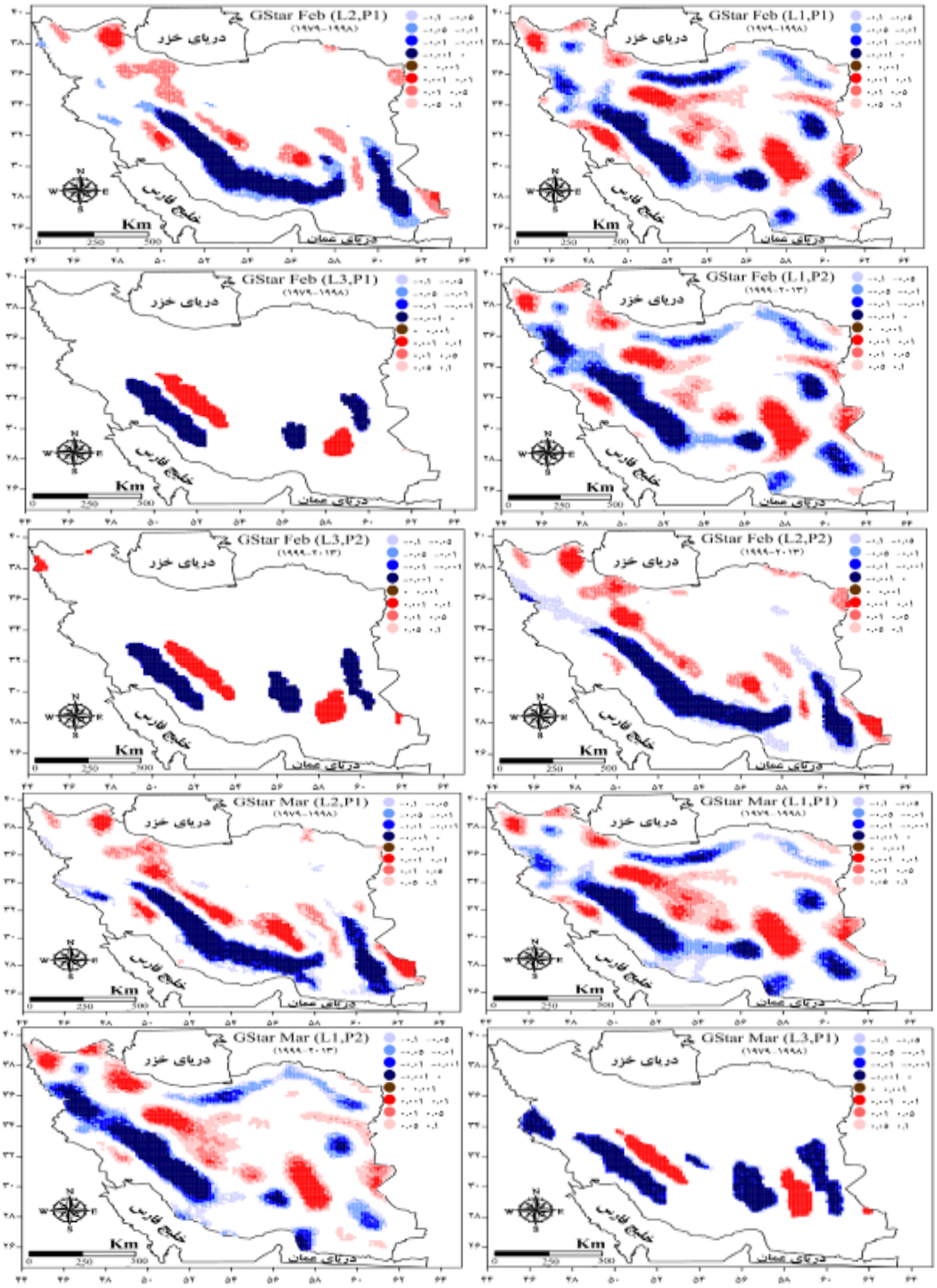
شکل(۲). دندروگرام خوشه‌بندی نم ویژه در تراز های ۱۰۰۰ تا ۵۰۰ هکتوپاسکال بر روی ایران زمین طی دوره ۲۰۱۳-۱۹۷۹

شکل (۳) نقشه های خودهمبستگی فضایی مدل گتیس را برای ماههای ژانویه تا مارس و در لایه های اول تا سوم وردسپهر طی دو دوره ۱۹۹۸-۱۹۷۹ و ۲۰۱۳-۱۹۹۹ نشان می‌دهد. همان‌طور که دیده می‌شود طی ماههای ذکر شده در لایه اول وردسپهر مناطق پست و کم ارتفاع واقع در جنوب غرب، مرکز، شمال و شمال غرب کشور با نقاط داغ VIMFC و مناطق مرتفع کوههای زاگرس و البرز و ارتفاعات نیمه شرقی کشور با نقاط سرد منطبق هستند. از لایه اول به لایه های دوم و سوم وردسپهر همزمان با کاهش گستره‌ی مکانی نقاط داغ و سرد، بیشینه نقاط نیز به ترتیب به مناطق مرتفع و کم ارتفاع مرکز ایران جابه‌جا شده اند. مقایسه نقشه‌های ماه ژانویه دوره دوم آماری در لایه‌های مختلف وردسپهر با دوره اول موردبررسی نشان می‌دهد که از گستره مکانی نقاط داغ VIMFC به‌طور قابل‌توجهی کاسته شده است. در ماه فوریه در هر دو دوره موردبررسی در لایه‌های دوم و سوم وردسپهر نقاط داغ و سرد VIMFC نسبت به ماه ژانویه افزایش یافته است این در حالی است که در لایه اول از سطح معنی‌داری نقاط کاسته شده است. در ماه فوریه نیز در دوره دوم موردبررسی نسبت به دوره اول از گستره مکانی نقاط داغ VIMFC بر روی کشور کاسته شده است. در ماه فوریه در لایه دوم وردسپهر سواحل خزر و گوشه‌هایی از شمال شرق و مرکز کشور با نقاط داغ و سطح معنی‌داری ۹۵ و ۹۹ درصد منطبق هستند؛ اما در بین ماههای مورد بررسی بیشترین کاهش نقاط داغ VIMFC در لایه‌های دوم و سوم وردسپهر و در ماه ژانویه، در لایه اول وردسپهر در دوره دوم آماری ماه مارس رخداده است؛ اما بیشترین افزایش گستره مکانی نیز در لایه اول وردسپهر در ماه ژانویه و در لایه‌های دوم و سوم وردسپهر در ماه مارس دیده می‌شود.

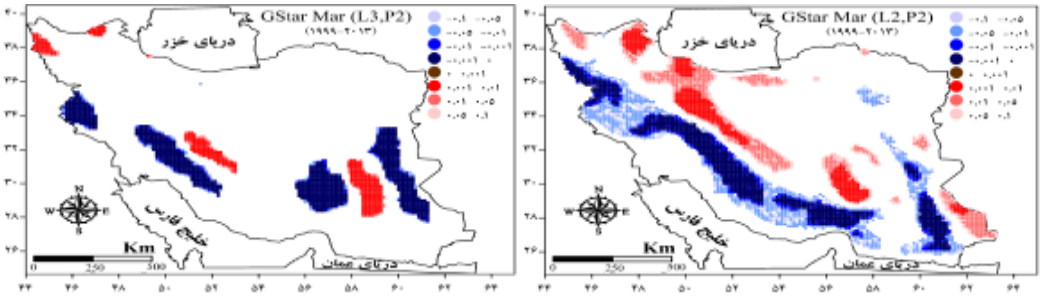
[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1400.21.62.4.4]
[DOI: 10.52547/jgs.21.62.19]



[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1400.21.62.4.4]
[DOI: 10.52547/jgs.21.62.19]



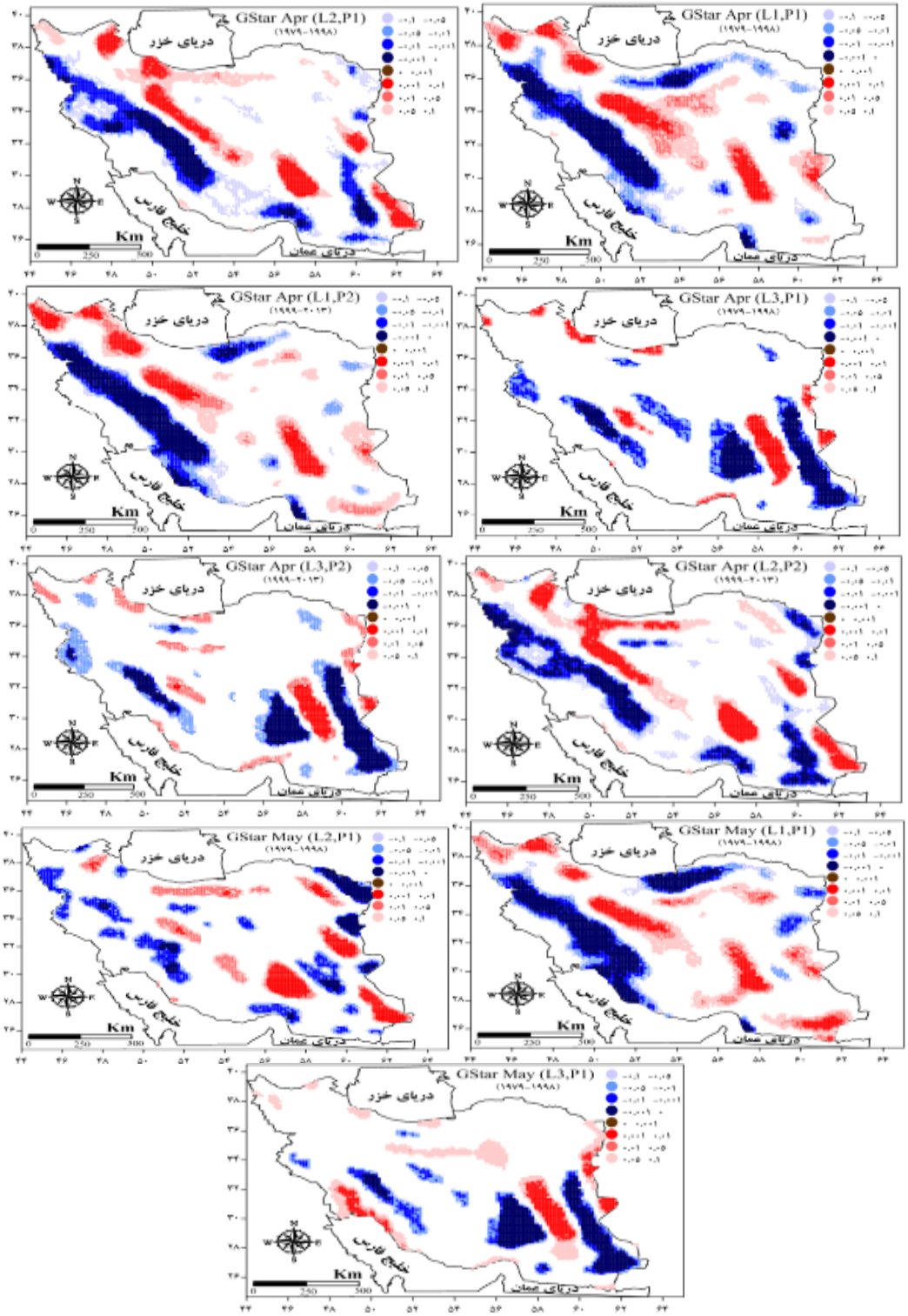
[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1400.21.62.4.4]
[DOI: 10.52547/jgs.21.62.19]



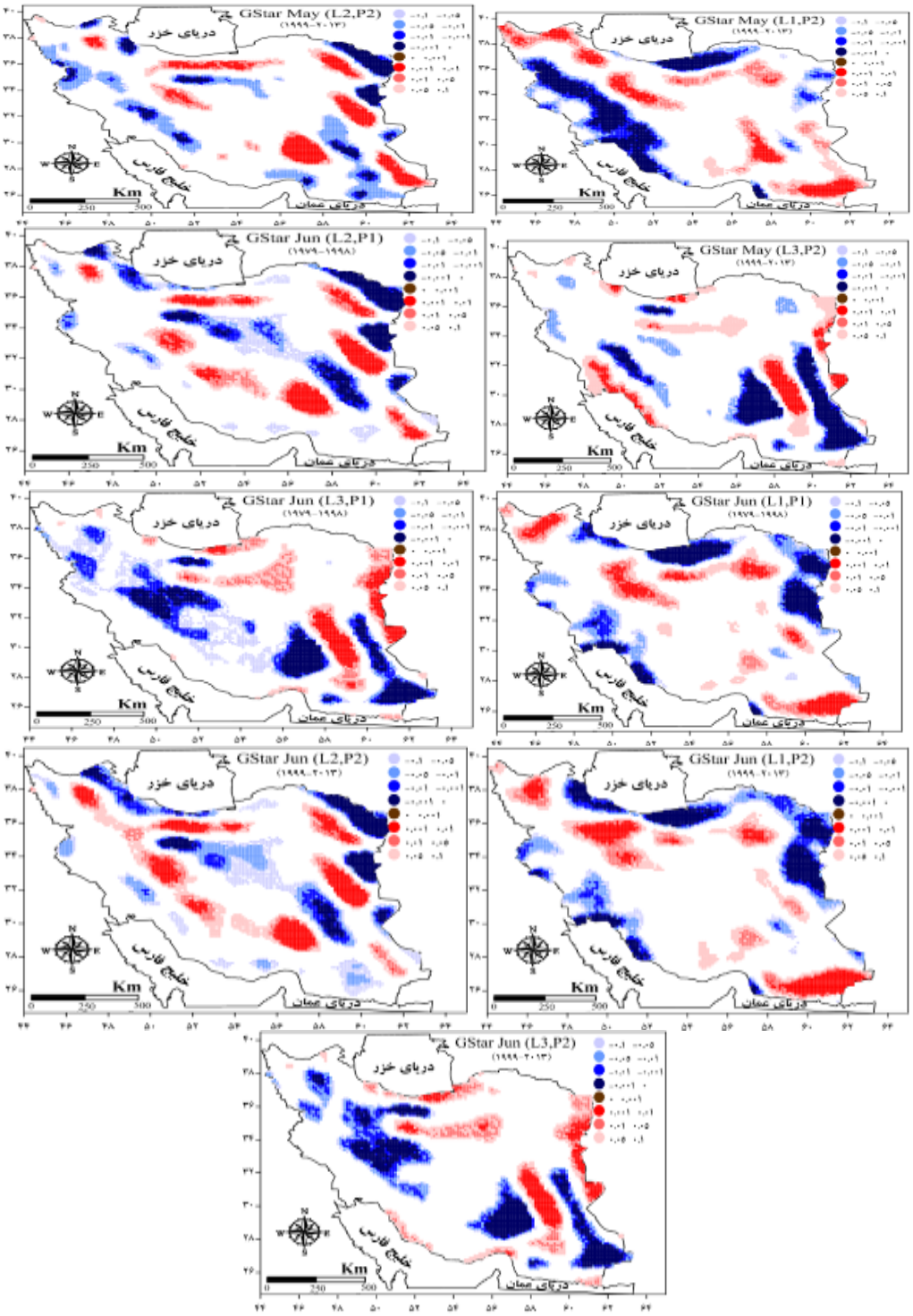
شکل (۳). نقشه‌های خودهمبستگی فضایی VIMFC ژانویه تا مارس بر روی ایران طی دوره اول ۱۹۹۸-۱۹۷۹ (P1) و دوم ۲۰۱۳-۱۹۹۹ (P2). منظور از L1 لایه اول، L2لایه دوم ، L3 لایه سوم است.

شکل (۴) نقشه‌های خودهمبستگی فضایی مدل گیتس را برای ماه‌های آوریل تا ژوئن و در لایه‌های اول تا سوم وردسپهر و در طی دو دوره ۱۹۹۸-۱۹۷۹ و ۲۰۱۳-۱۹۹۹ نشان می‌دهد. در ماه آوریل لایه اول وردسپهر نقاط داغ VIMFC جنوب غرب ایران حذف‌شده و بر شدت و سطح معنی‌داری نقاط سرد واقع بر روی کوههای زاگرس افزوده شده است؛ اما در لایه دوم وردسپهر در ماه آوریل نسبت به ماههای فصل زمستان بر گستره مکانی نقاط داغ VIMFC در پهنه شمالی و جنوبی رشته کوههای البرز در عرض ۳۴ تا ۳۶ درجه شمالی و پهنه های شرق و جنوب شرق ایران افزوده شده است. همچنین گستره نقاط سرد VIMFC در سواحل جنوبی ایران نیز افزایش یافته است. در لایه سوم وردسپهر ماه آوریل در هر دو دوره مورد بررسی با افزایش قابل ملاحظه نقاط داغ و سرد VIMFC با سطح معنی‌داری ۹۹ درصد به‌ویژه در پهنه شرق و جنوب شرق کشور مواجه ایم. در ماه آوریل تنها لایه اول وردسپهر طی دوره دوم موردبررسی نسبت به دوره اول مساحت کمتری از نقاط داغ را به خود اختصاص داده است. در ماه می در لایه های اول تا سوم وردسپهر در هر دو دوره به ویژه دوره دوم آماری گستره نقاط داغ VIMFC نسبت به ماه آوریل افزایش نشان می دهد در ماه می گستره نقاط سرد در نیمه غربی و نقاط داغ VIMFC در جنوب شرق کشور به ویژه در لایه اول وردسپهر با افزایش رو به رو شده اند. در لایه سوم وردسپهر، بیشترین رشد نقاط داغ در سواحل شمالی خلیج فارس رخ داده است. در ماه می بر خلاف ماههای فصل زمستان در هر سه لایه وردسپهر دوره دوم آماری نسبت به دوره اول افزایش بیشتری در مساحت نقاط داغ دیده می‌شود؛ اما در ماه ژوئن یا آخرین ماه فصل بهار در ایران‌زمین در لایه اول وردسپهر، پهنه‌های غرب و مرکز ایران به ترتیب بیشترین کاهش گستره‌ی مکانی نقاط داغ VIMFC را تجربه کرده‌اند. در مقابل سواحل خزر و جنوب شرق کشور با افزایش درصد مساحت نقاط داغ مواجه شده‌اند. طی ماه ژوئن در لایه دوم وردسپهر، افزایش گستره مکانی نقاط داغ نسبت به ماه می را تجربه کرده است که پهنه مرکزی کشور بیشترین سهم از این افزایش را از آن خود کرده است. در لایه سوم وردسپهر ماه ژوئن نیز مانند لایه دوم با افزایش پهنه زیر پوشش نقاط داغ و سرد نسبت به ماه های آوریل و می همراه شده است که تمرکز این نقاط در دامنه بادپناه کوه‌های زاگرس و جنوب البرز دیده می‌شود.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1400.21.62.4.4]
[DOI: 10.52547/jgs.21.62.19]



[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1400.21.62.4.4]
[DOI: 10.52547/jgs.21.62.19]

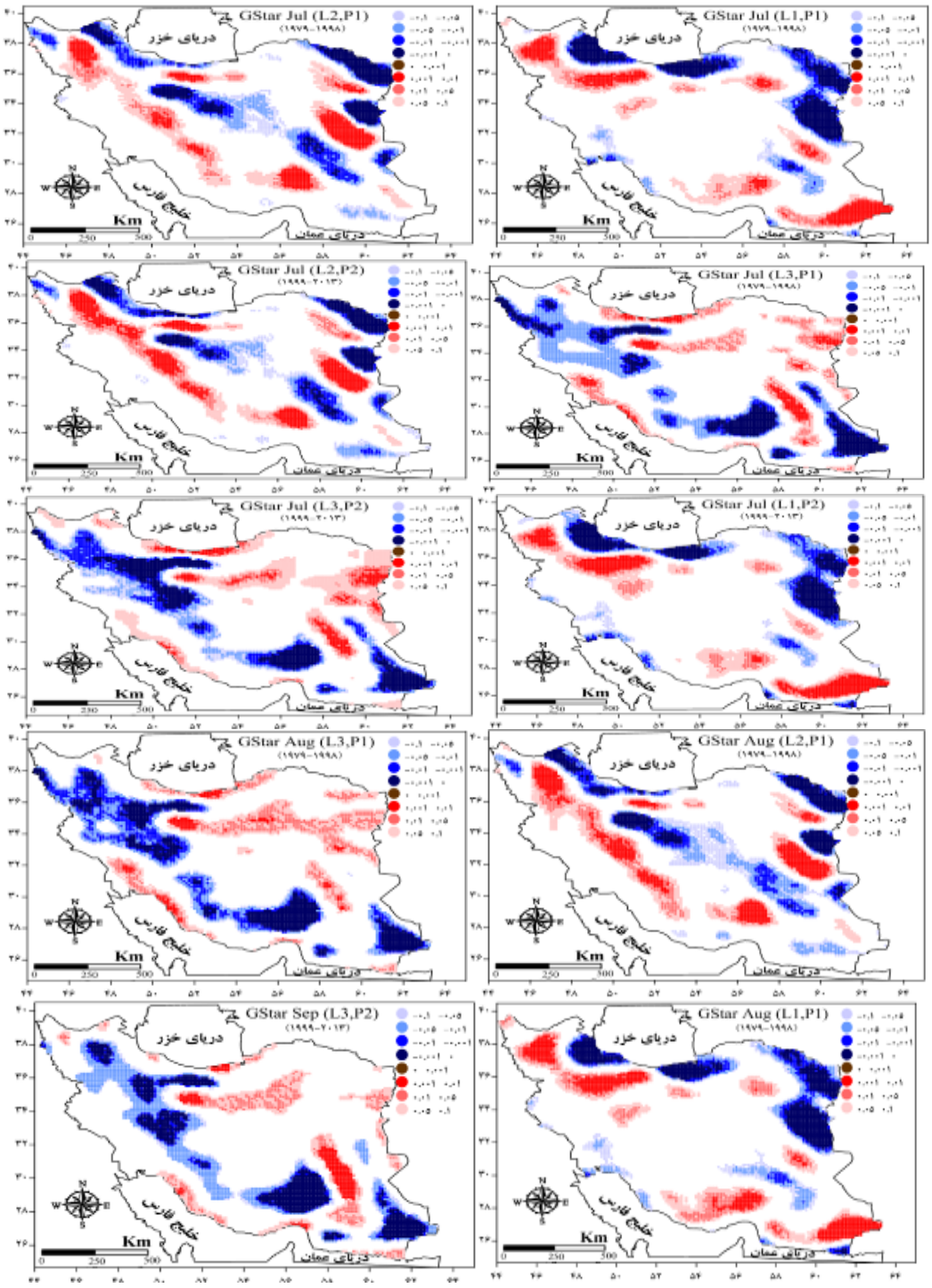


شکل (۴). نقشه‌های خودهمبستگی فضایی VIMFC ماههای آوریل تا ژوئن بر روی ایران طی دوره اول ۱۹۹۸-۱۹۷۹ (P1) و دوم ۲۰۱۳-۱۹۹۹ (P2).

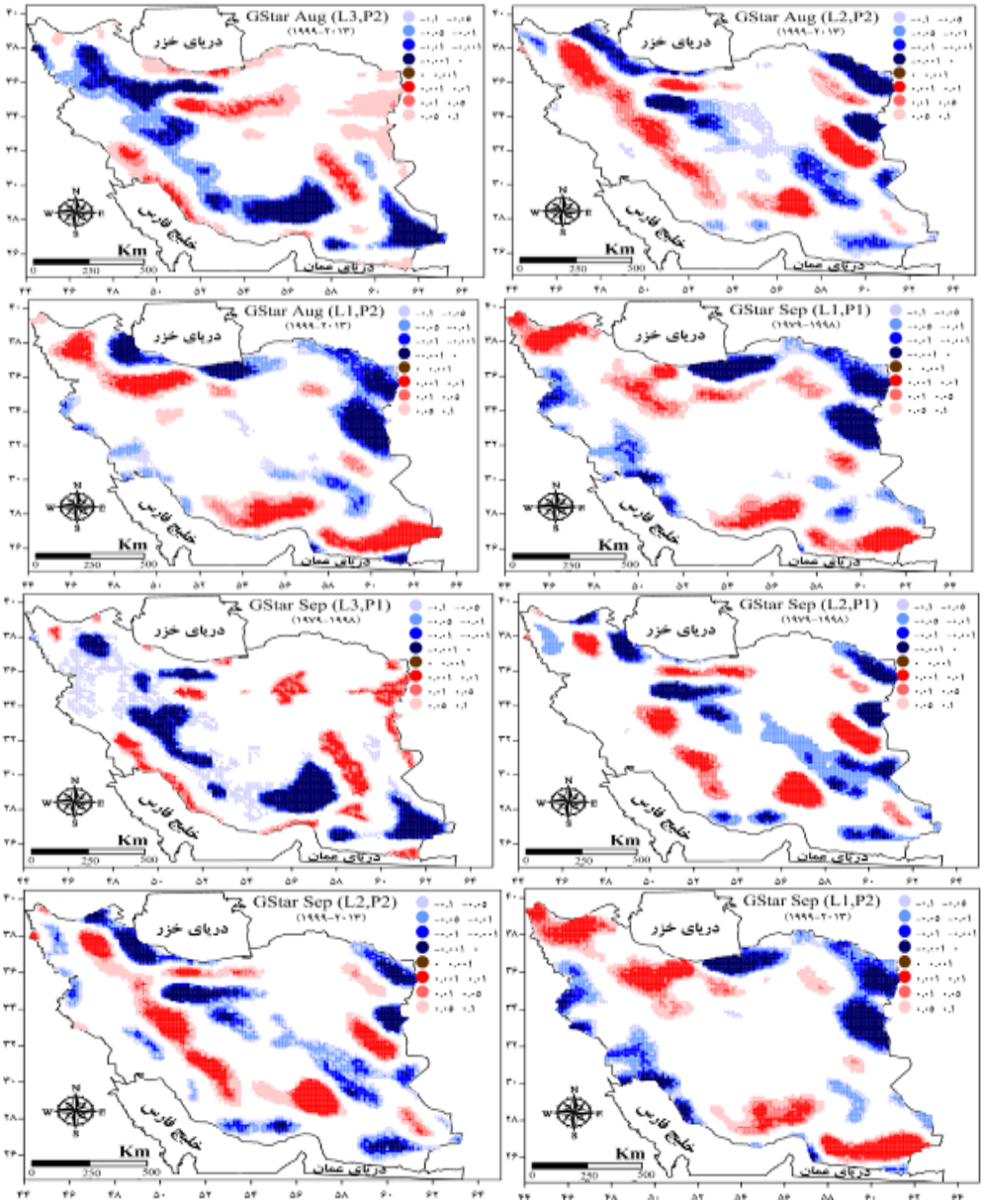
[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1400.21.62.4.4]
[DOI: 10.52547/jgs.21.62.19]

شکل (۵) نقشه‌های خودهمبستگی فضایی ماههای جولای تا سپتامبر را در لایه‌های اول تا سوم وردسپهر و طی دو دوره ۱۹۹۸-۱۹۷۹ و ۲۰۱۳-۱۹۹۹ نشان می‌دهد. همان‌طور که ملاحظه می‌شود در ماه جولای همانند ماه ژوئن در لایه اول وردسپهر سواحل جنوب ایران و مناطقی از غرب رشته کوههای البرز و شمال غرب ایران با نقاط داغ VIMFC منطبق است، با این تفاوت که در ماه جولای بر گستره آن در جنوب کشور افزوده شده است. همچنین نقاط سرد واقع در جنوب غرب ایران کاهش یافته است؛ اما در لایه دوم وردسپهر گستره نقاط داغ منطبق بر رشته کوههای زاگرس راستایی جنوب شرقی به شمال غربی پیدا کرده است. در مقابل نیز دامنه نقاط داغ در جنوب شرق ایران کاسته و در شرق کشور افزایشی بوده است. در لایه سوم وردسپهر تغییرات ویژه‌ای بر روی کشور شکل‌گرفته است بدین‌صورت که سراسر نیمه غربی ایران با نقاط سرد VIMFC و مرکز و نیمه شرقی کشور با نقاط داغ VIMFC همسو شده‌اند. همچنین سواحل خزر و خلیج‌فارس تنها در لایه سوم وردسپهر نقاط داغVIMFC را در این ماه و سایر ماههای فصل تابستان تجربه کرده اند. ماه جولای نسبت به ماه ژوئن شرایط مرطوب‌تری را نشان می‌دهد و پهنه بیشتری از نقاط داغ کشور را فراگرفته است. در هر سه لایه وردسپهر ماه جولای از گستره مکانی نقاط داغ در دوره دوم موردبررسی نسبت به دوره اول کاسته شده است. در ماه اوت پراکنش نقاط سرد و داغ همانند ماه جولای است با این تفاوت که در لایه اول وردسپهر به‌ویژه در دوره دوم آماری بر گستره نقاط داغ در ۲۸ تا ۳۰ درجه عرض شمالی واقع در جنوب ایران افزوده‌شده است. در لایه دوم وردسپهر ماه اوت و طی دوره دوم آماری بیشترین رشد نقاط داغ بر روی کشور در بین کل ماههای مورد بررسی رخ داده است. در این ماه درصد نقاط داغ از ۱۸/۳ درصد در ماه جولای به ۱۹/۴ درصد در ماه اوت رسیده است. در لایه سوم وردسپهر نیز با کاهش گستره و سطح معناداری نقاط داغ به ویژه در پهنه مرکز و شرق کشور طی دوره دوم همسو گردیده است. در ماه اوت تنها لایه دوم وردسپهر طی دوره دوم آماری گستره بیشتری از نقاط داغ VIMFC را نسبت به دوره اول تجربه کرده است. در آخرین ماه فصل گرم یعنی سپتامبر در لایه اول وردسپهر بر گستره نقاط داغ جنوب ارتفاعات البرز در عرض ۳۴ تا ۳۶ درجه شمالی افزوده شده و در مقابل دامنه نقاط سرد جنوب غرب کشور افزایش یافته است؛ اما بیشترین کاهش گستره نقاط داغ VIMFC در لایه دوم وردسپهر در فصل بهار و تابستان در ماه سپتامبر رخ داده است. همچنین از نقاط سرد VIMFC در سواحل خزر کاسته شده و به مناطق جنوب شرقی کشور افزوده شده است. در لایه سوم وردسپهر ماه سپتامبر پراکنش نقاط داغ و سرد همانند ماه قبل است و بیشتر نقاط در مرکز و غرب ایران با کاهش سطح معناداری تا ۹۰ درصد مواجه شده اند. در ماه سپتامبر مانند ماه جولای فقط در لایه دوم وردسپهر و طی دوره دوم آماری درصد مناطق تحت سیطره نقاط داغ با ۱۷ درصد از دوره اول آماری با ۱۳ درصد پیشی گرفته است. نکته جالب اینکه در بین ماههای جولای تا سپتامبر بیشترین و کمترین مساحت زیر پوشش نقاط داغ VIMFC در لایه اول و سوم وردسپهر همزمان در ماه سپتامبر رخ داده است.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1400.21.62.4.4]
[DOI: 10.52547/jgs.21.62.19]



[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1400.21.62.4.4]
[DOI: 10.52547/jgs.21.62.19]



شکل (۵). نقشه های خودهمبستگی فضایی VIMFC ماههای جولای تا سپتامبر بر روی ایران طی دوره اول ۱۹۹۸-۱۹۷۹ (P1) و دوم ۲۰۱۳-۱۹۹۹ (P2).

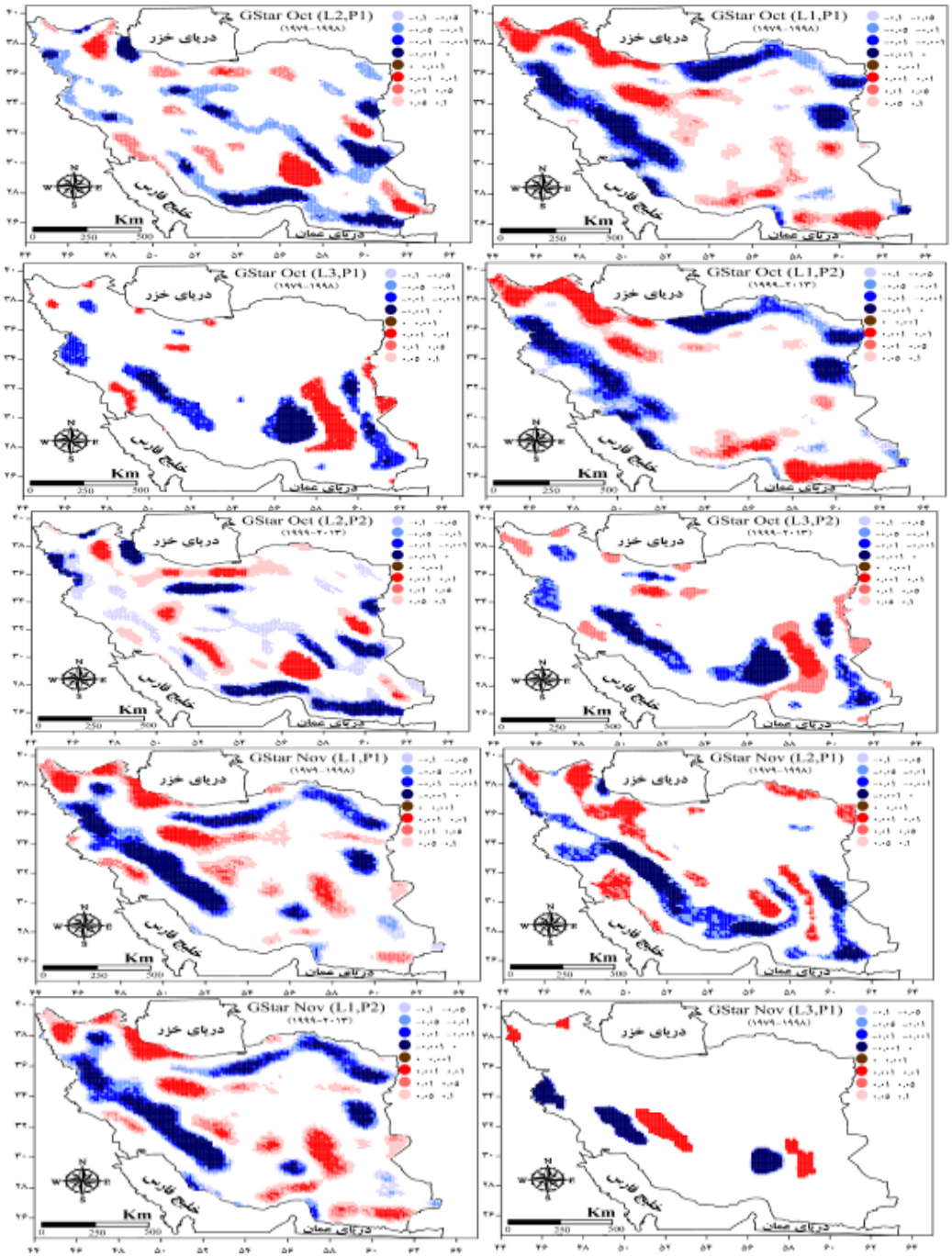
شکل (۶) نقشه‌های خودهمبستگی فضایی VIMFC را برای ماههای اکتبر تا دسامبر لایه‌های اول تا سوم وردسپهر و طی دو دوره ۱۹۹۸-۱۹۷۹ و ۲۰۱۳-۱۹۷۹ نشان می‌دهد. در ماه اکتبر و در لایه اول وردسپهر در مقایسه با ماه سپتامبر از گستره‌ی نقاط داغ VIMFC بر روی کشور به‌ویژه در جنوب و جنوب شرق کشور کاسته شده است؛ اما در سواحل خزر و شمال غرب افزایشی بوده است. همچنین زبانه یکپارچه‌ای از نقاط سرد

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1400.21.62.4.4]
[DOI: 10.52547/jgs.21.62.19]

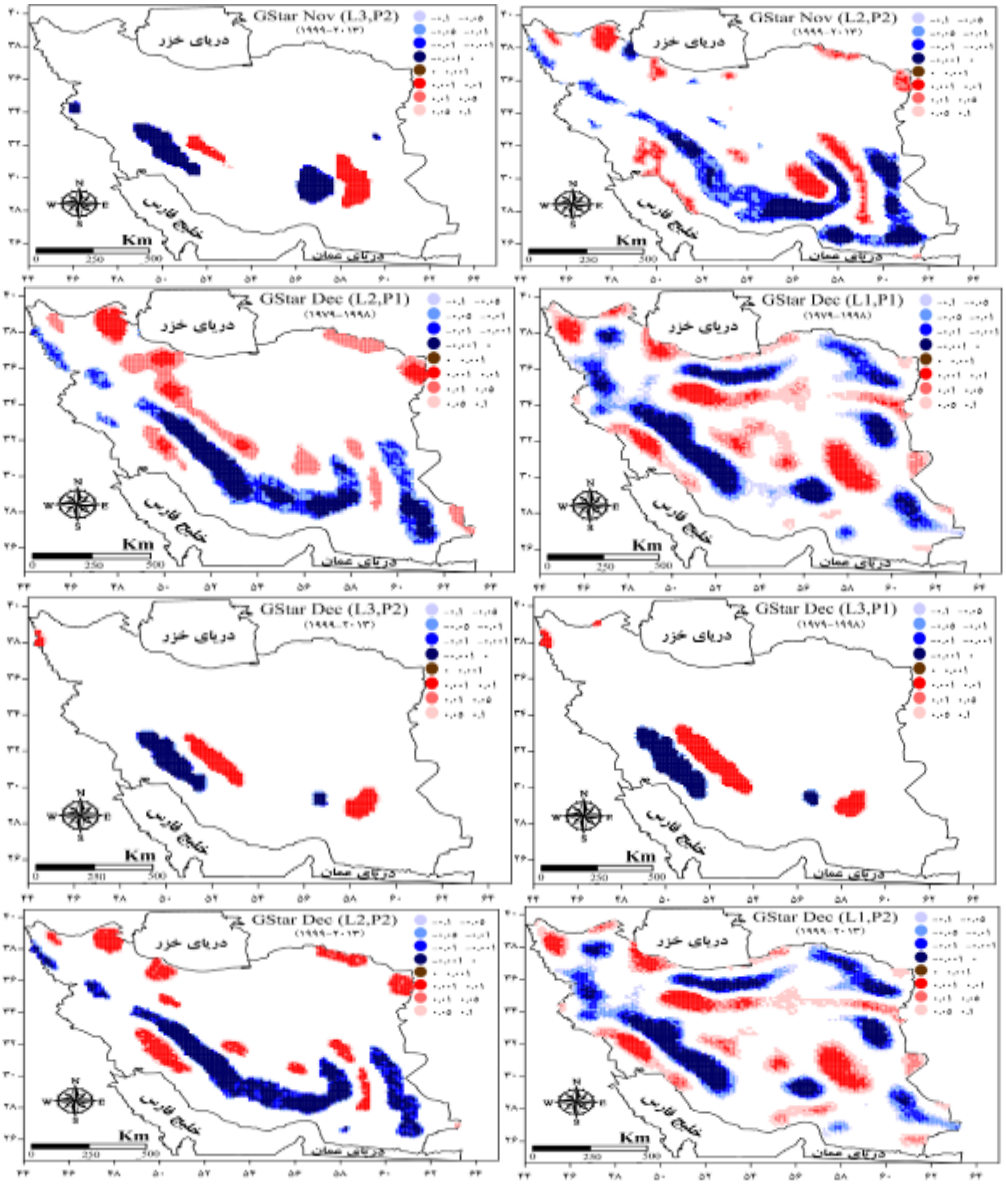
VIMFC بر روی رشته کوههای زاگرس در نیمه غربی ایران استقرار یافته است. در لایه دوم وردسپهر ماه اکتبر نیز در مقایسه با ماه سپتامبر علاوه بر اینکه از گستره‌ی نقاط داغ بر روی ایران کاسته شده، سطح معناداری نقاط نیز تا ۹۰ درصد کاهش‌یافته است. در مقابل در سواحل جنوبی کشور با رشد قابل‌توجه نقاط سرد VIMFC همسو شده است؛ اما در لایه سوم وردسپهر نقاط داغ و سرد در هر دو دوره موردبررسی بر روی کشور و به‌ویژه در نیمه شمالی کاهش‌یافته است. علیرغم این کاهش بر گستره و سطح معنی‌داری نقاط داغ در نیمه شرقی کشور منطبق بر ارتفاعات استان کرمان در ۵۸ تا ۶۰ طول شرقی افزوده‌شده است. در ماه اکتبر در لایه‌های اول و دوم وردسپهر در طی دوره دوم آماری از درصد مناطق نقاط داغ نسبت به دوره اول کاسته شده است؛ اما در لایه سوم وردسپهر و طی دوره دوم آماری پهنه بیشتری از نقاط داغ را نسبت به دوره اول در برگرفته است. در ماه نوامبر در مقایسه با اکتبر در لایه اول وردسپهر مناطق پست و کم ارتفاع مرکز و مناطقی از جنوب غرب کشور با افزایش دامنه نقاط داغ VIMFC روبه‌رو شده‌اند. درحالی‌که در سواحل جنوبی کشور در لایه اول وردسپهر از گستره نقاط داغ کاسته شده و بر پهنه مناطق نا معنادار افزوده‌شده است. در سراسر کشور در ماه نوامبر لایه اول وردسپهر در دوره دوم آماری از دوره اول ماه اکتبر مناطق کمتری ولی نسبت به دوره دوم ماه اکتبر گستره بیشتری را فراگرفته است. در لایه دوم وردسپهر ماه نوامبر برخلاف ماههای قبل مناطق پست و کم ارتفاع جنوب غرب، سواحل خلیج‌فارس و مرکز ایران با نقاط داغ VIMFC منطبق شده‌اند. همچنین بیشترین رشد نقاط سرد VIMFC در جنوب و جنوب شرق کشور در لایه دوم وردسپهر و طی دوره دوم آماری ماه نوامبر رخ‌داده است. در لایه دوم وردسپهر ماه نوامبر از گستره نقاط داغ در طی دوره دوم نسبت به هر دو دوره ماه اکتبر کاسته شده است؛ اما در لایه سوم وردسپهر ماه نوامبر بعد از ماه ژانویه بیشترین کاهش پهنه‌های زیرپوشش نقاط داغ و سرد بر روی کشور رخ‌داده است. به‌نحوی‌که بعد از ماه ژانویه بیشترین اختلاف ازنظر درصد مساحت نقاط داغ در این لایه تجربه کرده است. در لایه سوم ماه نوامبر تنها بخش کوچکی از شرق کوههای زاگرس و شرق کشور در مناطق بادپناه کوههای استان کرمان با نقاط داغ منطبق هستند و نقاط سرد نیز در مناطق رو به باد کوههای زاگرس و کرمان دیده می‌شود. همچنین گستره مناطق نا معنادار نیز در ماه نوامبر و لایه سوم وردسپهر بیشترین رشد را بعد از ماه ژانویه داشته است. در ماه نوامبر تنها در لایه اول وردسپهر نقاط داغ VIMFC در طی دوره دوم موردبررسی مناطق بیشتری را نسبت به دوره اول فراگرفته است. ولی در لایه‌های دیگر دوره دوم درصد کمتری را نسبت به دوره اول نشان می‌دهد؛ اما در آخرین ماه موردبررسی یعنی دسامبر بیشترین رشد نقاط داغ VIMFC در لایه اول وردسپهر بعد از ماه می را بر روی کشور تجربه کرده است. در این لایه بیشتر مناطق تحت پوشش نقاط داغ سطح معناداری ۹۰ درصد را نشان می‌دهند. همچنین مناطق جنوب غربی کشور گسترش قابل‌توجهی در نقاط داغ VIMFC داشته است؛ اما در لایه دوم وردسپهر در ماه دسامبر بعد از ماه نوامبر در طی دوره دوم آماری با کاهش شدید مناطق همراه با نقاط داغ به‌ویژه در مرکز و شرق کشور مواجه شده است. در لایه سوم وردسپهر ماه دسامبر بعد از ماههای ژانویه و نوامبر در طی دوره دوم آماری بیشترین نرخ کاهشی نقاط داغ VIMFC رخ داده است. ملاحظه می‌شود همانند ماههای نوامبر و اکتبر مناطق بادپناه کوه‌های زاگرس و کرمان با نقاط داغ و در مقابل مناطق رو به باد جنوب کوههای زاگرس با نقاط سرد در سطح معناداری ۹۹ درصد همراه هستند. در ماه دسامبر در طی دوره

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1400.21.62.4.4]
[DOI: 10.52547/jgs.21.62.19]

دوم آماری در هر سه لایه وردسپهر مناطق تحت پوشش کمتری از نقاط داغ را نسبت به دوره اول نشان می دهد.



[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1400.21.62.4.4]
[DOI: 10.52547/jgs.21.62.19]



شکل (۶). نقشه های خودهمبستگی فضایی VIMFC ماههای اکتبر تا دسامبر بر روی ایران طی دوره اول ۱۹۹۸-۱۹۷۹ (P1) و دوم ۲۰۱۳-۱۹۹۹ (P2)

جدول (۱) مقادیر شاخص جهانی موران را برای میزان پراکنش خوشه‌های فضایی VIMFC در مقیاس ماهانه در لایه‌های اول تا سوم وردسپهر و طی دو دوره ۱۹۹۸-۱۹۷۹ و ۲۰۱۳-۱۹۷۹ بر روی ایران نشان می‌دهد. همان‌طور که ملاحظه می‌شود از لایه اول به لایه سوم وردسپهر از مقادیر شاخص جهانی موران کاسته شده و به عبارتی از الگوی خوشه‌ای بالا به الگوی خوشه‌ای پایین می‌رسیم. بالاترین مقادیر شاخص جهانی موران در لایه اول وردسپهر به‌طور برابر در هر دو دوره رخ‌داده است به‌نحوی‌که در تمامی ماه‌ها مقادیر موران بیش از

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1400.21.62.4.4]
[DOI: 10.52547/jgs.21.62.19]

۰/۹۸ و با سطح اطمینان بیش از ۹۵ درصد است. بیشترین مقدار در ماه‌ها و لایه‌های موردبررسی متعلق به ماه جولای در دوره دوم موردبررسی لایه اول وردسپهر با ۰/۹۸۹۱۴۲ می‌باشد و بعد از آن دوره اول مورد بررسی لایه اول وردسپهر ماه جولای و اوت در جایگاه‌های بعدی هستند؛ اما در لایه دوم وردسپهر به‌طور محسوسی مقادیر شاخص جهانی موران کاهش‌یافته که نشان از کمتر شدن الگوی خوشه‌ای VIMFC بر روی ایران می‌باشد. مقادیر شاخص جهانی موران در این لایه از کمترین مقدار در طی ماههای سرد با ۰/۹۲۲۹۱۳ در دوره دوم ماه دسامبر تا بیشترین میزان یعنی ۰/۹۸۲۱۸۰ در دوره اول ماه جولای در نوسان است. همزمان با کمتر شدن مقادیر شاخص موران از میزان سطح معناداری نقاط سرد و داغ نیز بر روی کشور کاسته شده است. در این لایه طی دوره دوم ماههای فوریه، آوریل، ژوئن، سپتامبر و اکتبر مقادیر شاخص بالاتری نسبت به دوره اول همین لایه داشته اند و در بقیه ماهها نیز مقادیر شاخص موران کمتر از دوره اول بوده است؛ که نشان از بیشتر بودن تمرکز و خوشه‌ای بودن VIMFC در دوره اول لایه دوم وردسپهر بر روی ایران بوده است؛ اما در لایه سوم وردسپهر مقادیر شاخص جهانی موران به کمترین مقدار خود در لایه‌های موردبررسی رسیده است به‌نحوی‌که از پایین‌ترین میزان با ۰/۸۷۲۵۸۴ در ماه دسامبر دوره دوم موردبررسی تا بالاترین میزان ۰/۹۷۵۴۱۱ در ماه جولای دوره دوم موردبررسی در نوسان می‌باشد. کمترین و بیشترین مقادیر همانند لایه‌های دیگر وردسپهر به ترتیب در طی ماههای سرد و گرم سال رخ داده اند. در لایه سوم وردسپهر بیش از ۹ ماه طی دوره دوم یعنی ماههای فوریه و آوریل تا نوامبر مقادیر شاخص موران بالاتری نسبت به دوره اول مورد بررسی ثبت کرده‌اند که نشان از پراکندگی کمتر و تمرکز بیشتر خوشه‌های فضایی در این دوره و لایه ذکرشده نسبت به دوره اول می‌باشد.

جدول (۱). مقادیر ماهانه شاخص موران در لایه های اول تا سوم وردسپهر و طی دوره اول و دوم مورد بررسی بر روی ایران

لایه / ماه	لایه اول		لایه دوم		لایه سوم	
	P1	P2	P1	P2	P1	P2
Jan	۰/۹۸۲۷۳۵	۰/۹۸۱۳۱۳	۰/۹۴۰۴۰۷	۰/۹۲۷۰۷۷	۰/۸۸۰۸۵۵	۰/۸۷۴۰۴۴
Feb	۰/۹۸۳۶۵۶	۰/۹۸۴۷۵۳	۰/۹۴۶۳۶۲	۰/۹۵۰۲۵۸	۰/۸۹۱۷۶۱	۰/۸۹۹۱۴۳
Mar	۰/۹۸۶۵۹۶	۰/۹۸۵۹۲۷	۰/۹۵۵۷۴۲	۰/۹۵۲۰۵۹	۰/۹۲۱۱۱۴	۰/۹۱۰۰۱۱
Apr	۰/۹۸۸۲۲۱	۰/۹۸۸۵۱۹	۰/۹۵۹۴۶۲	۰/۹۵۷۰۸۹	۰/۹۳۷۷۱۱	۰/۹۴۴۰۴۷
May	۰/۹۸۷۹۴۹	۰/۹۸۷۷۳۵	۰/۹۶۱۹۱۲	۰/۹۶۵۸۶	۰/۹۶۱۵۲۵	۰/۹۶۱۸۶۳
Jun	۰/۹۸۷۲۲۶	۰/۹۸۷۷۸۴	۰/۹۷۶۵۱۱	۰/۹۷۷۶۱۶	۰/۹۶۹۱۷۹	۰/۹۷۰۵۷۲
Jul	۰/۹۸۹۱۳۹	۰/۹۸۹۱۴۲	۰/۹۸۲۱۸۰	۰/۹۸۱۸۲۱	۰/۹۷۲۱۲۱	۰/۹۷۵۴۱۱
Aug	۰/۹۸۸۹۴۵	۰/۹۸۸۵۱۴	۰/۹۸۰۲۶۶	۰/۹۸۰۲۲۹	۰/۹۷۲۲۵۴	۰/۹۷۳۷۸۴
Sep	۰/۹۸۷۱۶۷	۰/۹۸۷۶۱۷	۰/۹۶۳۶۸۱	۰/۹۷۰۳۴۳	۰/۹۴۷۲۸۵	۰/۹۶۳۵۸۹
Oct	۰/۹۸۳۱۰۱	۰/۹۸۵۲۶۳	۰/۹۳۷۱۴۷	۰/۹۴۴۵۹۵	۰/۹۳۶۲۹۴	۰/۹۴۰۹۳۴
Nov	۰/۹۸۲۵۷۷	۰/۹۸۱۲۶۶	۰/۹۲۸۲۱۸	۰/۹۲۴۸۷۶	۰/۸۹۱۷۴۱	۰/۹۰۶۵۱
Dec	۰/۹۸۲۰۲۴	۰/۹۸۰۹۵۴	۰/۹۳۷۴۱۱	۰/۹۲۲۹۱۳	۰/۸۸۹۶۳۱	۰/۸۷۲۵۸۴

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1400.21.62.4.4]
[DOI: 10.52547/jgs.21.62.19]

جدول (۲) درصد مساحت نقاط داغ و سرد مدل گیتس را در لایه‌های اول تا سوم وردسپهر و طی دو دوره ۱۹۷۹-۱۹۹۸ و ۱۹۷۹-۲۰۱۳ در مقیاس ماهانه و در سطوح معناداری ۹۰ تا ۹۹/۹۹ درصد نشان می‌دهد. در ماه ژانویه در لایه‌های اول تا سوم وردسپهر و دوره دوم موردبررسی به ترتیب با ۱۹/۴، ۱۰/۱ و ۲/۷ درصد از کشور را نقاط داغ VIMFC در برگرفته است که نسبت به دوره اول کاهش گستره را نشان می‌دهد. ملاحظه می‌شود از لایه اول به سوم وردسپهر بیش از ۱۷ درصد نقاط داغ کاسته شده است. نقاط سرد نیز در ماه ژانویه در هر دو دوره موردبررسی در لایه‌های سه‌گانه وردسپهر به‌جز دوره اول لایه سوم وردسپهر مناطق بیشتری را نسبت به نقاط داغ در برگرفته‌اند. در ماه ژانویه در لایه‌های دوم و سوم وردسپهر سطح معناداری نقاط داغ ۹۹ درصد بوده اما در لایه اول وردسپهر ۹۰ درصد بوده است. در ماه فوریه در لایه اول وردسپهر با کاهش گستره نقاط داغ به‌ویژه در دوره دوم موردبررسی با ۱/۱ درصد کاهش مواجه بوده‌ایم؛ اما در لایه‌های دیگر درصد مناطق نقاط داغ VIMFC رشد داشته است به‌نحوی‌که بیش از ۲ درصد در دوره دوم موردبررسی نسبت به دوره دوم ماه ژانویه افزایش داشته است. نکته قابل‌توجه این‌که دوره‌های دوم موردبررسی در ماههای مختلف اختلاف قابل توجهی را نسبت به هم دارند. درحالی‌که در مقایسه دوره‌های اول آماری با هم اختلاف‌ها اندک و نزدیک به هم است. در ماه فوریه فقط دوره دوم لایه دوم وردسپهر در صد بیشتری از نقاط داغ نسبت به دوره اول همین لایه داشته است. در ماه فوریه نیز سطح معناداری اکثر نقاط سرد و داغ در لایه اول وردسپهر در سطح ۹۰ درصد و در لایه‌های دوم و سوم در سطح ۹۵ و ۹۹ درصد می‌باشد. در ماه مارس در لایه اول وردسپهر نرخ کاهشی نقاط داغ VIMFC به‌ویژه در دوره دوم ادامه یافته است به‌نحوی‌که از ۱۸/۳ درصد به ۱۶/۳ درصد رسیده است؛ اما در لایه‌های دوم و سوم وردسپهر بر درصد مساحت نقاط داغ نسبت به ماههای ژانویه و فوریه افزوده شده است. تنها در دوره دوم آماری لایه سوم وردسپهر درصد کمتری از نقاط داغ را نسبت به ماه فوریه نشان می‌دهد. در ماه مارس نیز همانند ماههای قبل در دوره دوم لایه های سه گانه وردسپهر از درصد مساحت نقاط داغ نسبت به دوره اول کاسته شده است. در ماه مارس نیز همانند ماه قبل لایه اول، دوم و سوم وردسپهر به ترتیب بیشتر نقاط داغ را سطوح معناداری ۹۰، ۹۵ و ۹۹ درصد فراگرفته است؛ اما در اولین ماه بهار ایران‌زمین یعنی آوریل شرایط متفاوت‌تری را نسبت به ماههای فصل زمستان تجربه کرده است. در ماه آوریل نرخ کاهشی مساحت نقاط داغ در لایه اول وردسپهر متوقف و بلکه با افزایش نیز مواجه شده است و با ۲/۶ درصد رشد در دوره دوم مورد بررسی به ۱۸/۹ درصد رسیده است. در دوره‌های دوم لایه‌های دوم و سوم وردسپهر نیز به ترتیب درصد مساحت نقاط داغ از ۱۳/۹ درصد در ماه مارس به ۱۶/۹ درصد در ماه آوریل و از ۳/۸ درصد به ۱۰/۱ درصد رسیده است. در ماه آوریل در لایه‌های دوم و سوم وردسپهر در طی دوره دوم موردبررسی نقاط داغ پهنه بیشتری از کشور را نسبت به دوره اول در برگرفته‌اند. همچنین در این ماه همانند ماه قبل در لایه اول وردسپهر بیشتر نقاط داغ در سطح معناداری ۹۰ درصد و لایه‌های دوم و سوم وردسپهر به ترتیب با سطوح ۹۵ و ۹۹ درصد می‌باشند. در ماه می در طی دوره دوم در لایه اول وردسپهر بیشترین رشد نقاط داغ VIMFC را بر روی کشور نسبت به دیگر ماهها به خود اختصاص داده است و از ۱۸/۹ درصد در ماه آوریل به ۲۱/۶ درصد در ماه می دوره دوم افزایش یافته است. در لایه های دوم و سورم وردسپهر نیز به همین ترتیب با رشد چشمگیر نقاط داغ در طی فصل بهار روبه‌رو هستیم. در این ماه در هر سه لایه وردسپهر

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1400.21.62.4.4]
[DOI: 10.52547/jgs.21.62.19]

موردبررسی دوره دوم شرایط مرطوب‌تری را نسبت به دوره اول تجربه کرده‌اند. در ماه می بیشتر سهم نقاط داغ از سطوح معناداری مختلف و همانندماه قبل می باشد با این تفاوت که در لایه سوم وردسپهر بیشتر گستره نقاط داغ با سطح معناداری ۹۰ درصد همسو می باشد که نسبت به ماههای قبل با کاهش میزان معناداری مواجه شده است. در ماه ژوئن و آخرین ماه فصل بهار در ایران زمین از گستره نقاط داغ VIMFC در لایه اول وردسپهر هر دو دوره آماری کاسته شده است؛ اما در لایه های دیگر به ویژه در دوره دوم مورد بررسی با رشد افزایشی نقاط داغ همسو شده است. در ماه ژوئن در هر سه لایه وردسپهر و طی دوره دوم آماری درصد مناطق نقاط داغ نسبت به دوره اول بیشتر شده است. در ماه جولای و اولین ماه فصل تابستان ایران زمین، برخلاف ماه قبل در لایه اول وردسپهر در هر دو دوره با رشد نقاط داغ بر روی کشور همراه شده است. در لایه دوم وردسپهر نیز تنها دوره اول مورد بررسی با توسعه مناطق همراه با نقاط داغ همسو بوده است ولی دوره دوم همانند ماه قبل ۱۸/۳ درصد را نشان می دهد؛ اما بیشترین گستره نقاط داغ VIMFC در لایه سوم وردسپهر رخ داده است به نحوی که با ۳/۵ درصد رشد از ۱۵/۹ درصد در ماه ژوئن به ۱۹/۳ درصد در ماه جولای افزایش‌یافته است. در این ماه نیز در هر سه لایه وردسپهر دوره دوم آماری نسبت به دوره اول پهنه کمتری از نقاط داغ تجربه‌شده است. در این ماه بیشتر نقاط داغ در لایه‌های اول و سوم وردسپهر در سطح معناداری ۹۰ درصد و دوره دوم لایه دوم وردسپهر ۹۹ درصد بوده است. در ماه اوت در لایه اول وردسپهر با کاهش نرخ نقاط داغ در دوره دوم موردبررسی همزمان شده است؛ اما در لایه دوم وردسپهر بیشترین رشد نقاط داغ VIMFC در بین تمامی ماههای مورد بررسی رخ داده است؛ و از ۱۸/۳ درصد در ماه جولای به ۱۹/۴ درصد در ماه اوت رسیده است. در لایه سوم وردسپهر نیز کاهش رشد نقاط داغ را نشان می دهد. نکته جالب اینکه در ماه اوت و در دوره دوم لایه اول وردسپهر بیشتر نقاط داغ در سطح معناداری ۹۹ درصد؛ و بقیه لایه های وردسپهر بیشتر نقاط داغ در سطح معناداری ۹۰ درصد معنادار بوده اند. در ماه سپتامبر بعد از ماههای می و دسامبر، بیشترین توسعه نقاط داغ در لایه اول وردسپهر بر روی ایران اتفاق افتاده است. طوری که از ۱۸/۲ درصد در ماه اوت به ۱۵/۵ درصد در ماه سپتامبر و لایه دوم آماری رسیده است. در ماه سپتامبر در لایه‌های دوم و سوم وردسپهر از مساحت تحت پوشش نقاط داغ نسبت به ماههای اوت و جولای کاسته شده است. در ماه سپتامبر تنها دوره دوم لایه دوم وردسپهر درصد بیشتری از نقاط داغ را نسبت به دوره اول بر روی ایران داشته است. در ماه اکتبر و اولین ماه فصل پاییز در ایران‌زمین، در دوره دوم لایه اول وردسپهر بیشترین نرخ کاهشی نقاط داغ بعد از ماه مارس رخ داده است. در لایه دوم وردسپهر ماه اکتبر بیشترین کاهش را در عرض یک ماه تجربه کرده است به‌نحوی‌که از ۱۷ درصد در ماه سپتامبر به ۱۲/۱ درصد در ماه اکتبر از درصد نقاط داغ بر روی کشور کاسته شده است. در لایه سوم وردسپهر نیز از گستره نقاط داغ نسبت به ماه قبل کاسته شده است. همچنین تنها لایه سوم وردسپهر ماه سپتامبر گستره نقاط داغ VIMFC در دوره دوم از دوره اول آماری بیشتر بوده است و در دیگر لایه‌ها در دوره دوم پهنه کمتری را نسبت به دوره اول توسط نقاط داغ پوشش داده شده است. در ماه نوامبر و دسامبر نیز در لایه اول وردسپهر با رشد قابل‌توجه نقاط داغ به بیش از ۱۹ درصد روبه‌رو شده‌ایم به‌نحوی‌که بالاترین گستره نقاط داغ بعد از ماه می مربوط به لایه اول وردسپهر ماه دسامبر بوده است. در لایه‌های دوم و سوم وردسپهر نیز در هر دو ماه کاهش درصد مساحت نقاط داغ بر روی کشور به‌ویژه در مناطقی از جنوب

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1400.21.62.4.4]
[DOI: 10.52547/jgs.21.62.19]

کوههای البرز و مرکز کشور اتفاق افتاده است که میزان آن در لایه سوم وردسپهر به کمتر از ۴ درصد رسیده است. در ماههای نوامبر و دسامبر فقط در لایه اول وردسپهر ماه نوامبر دوره دوم مناطق بیشتری از نقاط داغ را نسبت به دوره اول مورد بررسی فراگرفته است.

جدول (۲). درصد مساحت متأثر از VIMFC شاخص لکه های داغ و سرد در سطوح معناداری ۹۰ تا ۹۹/۹۹ درصد بر روی ایران

ماه	لایه	Layer 1				Layer 2				Layer 3			
		P1		P2		P1		P2		P1		P2	
		Hot	Cold	Hot	Cold	Hot	Cold	Hot	Cold	Hot	Cold	Hot	Cold
Jan	۰/۰۰۱	۰	۷/۵۱	۰	۷/۸۹	۰	۷/۰۹	۰	۶/۸۶	۰	۲/۵۶	۰	۳/۲۷
	۰/۰۱	۴/۷۵	۵/۲۲	۵/۲۴	۶/۱۱	۶/۰۵	۴/۲۸	۵/۵۳	۴/۳۲	۳/۷۴	۰/۰۱	۲/۲۳	۰/۰۴
	۰/۰۵	۶/۱۷	۷/۵۴	۵/۲۸	۶/۷۷	۳/۹۶	۳/۵۱	۳/۴۶	۳/۲۸	۰/۰۵	۰/۵۱	۰/۰۷	۰/۵۹
	۰/۱	۸/۷۴	۴/۵۷	۸/۹۶	۴/۸۴	۲/۰۲	۱/۳۰	۱/۲۴	۰/۱۲	۰/۶۳	۰	۰/۴۹	۰
Feb	۰/۰۰۱	۰	۷/۴۴	۰	۷/۳۳	۰	۹/۳۱	۰	۹/۴۲	۰	۵/۴۶	۰	۶/۶۰
	۰/۰۱	۵/۳۱	۵/۱۶	۵/۳۱	۵/۱۴	۱/۶۲	۱/۸۱	۳/۲۰	۲/۱۹	۳/۵۹	۰/۵۲	۴/۱۳	۰/۵۷
	۰/۰۵	۶/۳۰	۷/۵۰	۵/۳۷	۸/۶۵	۶/۳۵	۳/۶۳	۵/۴۶	۱/۰۷	۰/۵۲	۰/۰۹	۰/۳۵	۰
	۰/۱	۸/۸۲	۵/۱۶	۷/۸۱	۴/۳۵	۲/۸۲	۱/۷۰	۴/۱۴	۵/۲۴	۰/۶۳	۰/۲۶	۰/۰۷	۰/۰۹
Mar	۰/۰۰۱	۰	۶/۶۰	۰	۷/۱۷	۰	۹/۵۲	۰	۸/۹۷	۰	۸/۸۲	۰	۹/۵۲
	۰/۰۱	۵/۴۳	۵/۰۵	۴/۸۸	۴/۵۰	۴/۲۸	۳/۳۳	۴/۵۵	۳/۱۵	۳/۷۷	۲/۳۹	۳/۵۲	۰/۷۴
	۰/۰۵	۵/۹۱	۷/۵۴	۵/۱۵	۶/۵۹	۴/۳۸	۱/۷۴	۵/۷۴	۷/۷۷	۰/۴۶	۰/۹۰	۰/۶۰	۰/۸۵
	۰/۱	۸/۵۸	۶/۵۷	۶/۴۰	۵/۴۱	۶/۱۴	۳/۶۱	۳/۷۰	۲/۹۹	۰/۴۶	۰/۹۷	۰	۰
Apr	۰/۰۰۱	۰	۸/۰۵	۰	۸/۷۹	۰	۵/۳۵	۰	۷/۸۷	۰	۷/۴۲	۰	۸/۷۸
	۰/۰۱	۵/۶۵	۴/۳۷	۵/۳۱	۴/۰۸	۶/۴۴	۷/۳۳	۷/۷۳	۶/۳۲	۴/۰۱	۵/۷۵	۲/۴۴	۱/۶۸
	۰/۰۵	۵/۶۶	۶/۴۷	۴/۸۱	۳/۹۱	۳/۱۹	۳/۱۰	۳/۰۴	۳/۵۷	۲/۱۴	۵/۲۲	۴/۹۹	۶/۶۳
	۰/۱	۸/۷۰	۴/۹۰	۸/۸۰	۳/۶۸	۶/۴۷	۷/۱۳	۶/۳۲	۶/۹۴	۱/۰۱	۰/۶۹	۲/۸۳	۲/۶۲
May	۰/۰۰۱	۰	۹/۹۱	۰	۹/۵۰	۰	۳/۷۶	۰	۴/۵۷	۰	۷/۸۹	۰	۸/۸۳
	۰/۰۱	۵/۴۲	۴/۴۰	۵/۳۶	۴/۹۴	۵/۰۸	۷/۴۷	۶/۶۷	۲/۶۴	۴	۳/۵۵	۴/۱۵	۲/۷۴
	۰/۰۵	۶/۴۱	۴/۶۷	۷/۰۱	۵/۲۰	۵/۴۷	۴/۸۴	۳/۷۴	۱۰/۴۸	۱/۴۴	۴/۱۶	۲/۰۵	۵/۴۶
	۰/۱	۹/۷۲	۳/۲۳	۹/۴۸	۳/۷۶	۳/۳۴	۲/۷۵	۴/۳۳	۳/۴۶	۸/۳۵	۱/۲۴	۸/۵۱	۲/۵۸
Jun	۰/۰۰۱	۰	۶/۹۶	۰	۶/۷۴	۰	۵/۵۱	۰	۵/۱۷	۰	۷/۹۴	۰	۸/۹۱
	۰/۰۱	۴/۸۶	۳/۹۳	۵/۶۲	۴/۷۴	۶/۴۱	۴/۰۷	۶/۸۸	۳/۸۱	۴/۰۸	۶/۹۱	۴	۵/۸۹
	۰/۰۵	۵/۶۷	۶/۵۸	۵/۰۷	۶/۹۷	۵/۱۰	۴/۷۴	۴/۵۸	۶/۷۶	۴/۴۵	۴/۰۵	۴/۷۲	۶/۰۸
	۰/۱	۷/۲۵	۳/۷۶	۷/۵۵	۳/۷۸	۴/۵۲	۶/۹۰	۶/۹۱	۸/۲۱	۶/۵۱	۸/۸۶	۷/۲۸	۲/۳۱
Jul	۰/۰۰۱	۰	۷/۶۱	۰	۶/۷۰	۰	۵/۷۵	۰	۵/۹۹	۰	۸/۴۰	۰	۸/۷۱
	۰/۰۱	۵/۳۹	۳/۶۶	۵/۹۲	۳/۹۱	۵/۵۶	۵/۳۱	۷/۱۸	۴/۹۹	۲/۷۶	۴/۶۱	۲/۹۶	۶/۸۴
	۰/۰۵	۵/۲۸	۴/۲۵	۴/۹۹	۵/۳۵	۴/۷۵	۶/۴۱	۵/۲۹	۵/۷۸	۶/۵۵	۱۱/۵۱	۴/۷۷	۶/۹۳
	۰/۱	۸/۳۱	۳/۸۲	۷/۷۰	۴/۵۶	۸/۵۶	۵/۱۸	۶/۶۶	۵/۶۱	۸/۸۹	۲/۴۹	۱۲/۲۵	۵/۱۴
Aug	۰/۰۰۱	۰	۷/۴۰	۰	۵/۷۲	۰	۵/۶۴	۰	۵/۲۵	۰	۹/۱۳	۰	۹/۲۲
	۰/۰۱	۶	۳/۵۶	۷/۷۷	۳/۷۹	۶/۶۰	۴/۵۰	۶/۶۷	۵/۱۰	۱/۵۳	۷/۶۹	۲/۲۵	۵/۱۷
	۰/۰۵	۶/۲۰	۴/۷۷	۴/۵۹	۶/۶۴	۵/۵۶	۶/۹۴	۵/۷۲	۶/۰۸	۷/۴۷	۷/۴۵	۳/۱۵	۸/۹۱
	۰/۱	۷/۲۱	۴/۲۷	۶/۰۱	۵/۷۴	۷/۳۱	۶/۷۸	۶/۹۰	۷/۵۰	۹/۳۹	۱/۸۶	۱۱/۸۵	۳/۰۳

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1400.21.62.4.4]
[DOI: 10.52547/jgs.21.62.19]

ادامه جدول (۲).

ماه	لایه	Layer 1				Layer 2				Layer 3			
		P1		P2		P1		P2		P1		P2	
		Hot	Cold	Hot	Cold	Hot	Cold	Hot	Cold	Hot	Cold	Hot	Cold
Sep	۰/۰۰۱	۰	۵/۹۸	۰	۵/۶۶	۰	۵/۳۸	۰	۶/۶۳	۰	۹/۰۳	۰	۸/۷۶
	۰/۰۱	۶/۴۸	۳/۷۶	۷/۸۹	۴/۴۴	۶/۱۲	۳/۷۹	۶/۶۱	۵/۲۱	۴/۱۹	۳/۱۵	۲/۳۳	۳/۰۱
	۰/۰۵	۶/۴۰	۶/۵۸	۴/۹۹	۷/۳۰	۴/۵۲	۹/۹۹	۳/۵۱	۷/۹۵	۴/۶۴	۳/۰۱	۴/۹۱	۹/۹۴
	۰/۱	۶/۸۸	۴/۷۱	۶/۸۲	۴/۲۷	۲/۶۶	۱/۹۰	۶/۹۰	۶/۷۸	۳/۳۹	۸/۷۷	۷/۴۷	۲/۵۲
Oct	۰/۰۰۱	۰	۸/۱۵	۰	۶/۶۸	۰	۶/۶۹	۰	۷/۴۳	۰	۴/۱۸	۰	۵/۶۰
	۰/۰۱	۶/۶۸	۵/۱۲	۷/۸۱	۶/۰۱	۳/۶۱	۲/۳۳	۴/۷۰	۲/۹۶	۴/۹۸	۶/۱۲	۲/۲۹	۵/۳۸
	۰/۰۵	۴/۳۲	۶/۵۱	۴/۱۱	۶/۷۱	۴/۰۷	۱۰/۰۲	۱/۶۳	۲/۶۶	۱/۸۲	۲/۹۸	۶/۶۲	۴/۷۰
	۰/۱	۸/۸۸	۳/۳۰	۵/۳۷	۴/۰۷	۳/۶۶	۴/۰۲	۶/۶۵	۹/۳۱	۱/۰۷	۱	۱/۷۸	۱/۶۵
Nov	۰/۰۰۱	۰	۷/۹۶	۰	۷/۸۰	۰	۶/۶۷	۰	۶/۶۵	۰	۴/۱۴	۰	۴/۱۰
	۰/۰۱	۴/۵۵	۵/۷۹	۵/۹۵	۵/۹۳	۶/۷۶	۵/۸۹	۳/۹۴	۶/۳۲	۳/۷۷	۰/۳۱	۲/۶۲	۰/۴۸
	۰/۰۵	۵/۹۶	۵/۳۲	۵/۳۳	۶/۰۴	۴/۸۵	۶/۷۰	۴/۰۸	۵/۲۳	۰	۰/۲۳	۰/۲۰	۰/۰۳
	۰/۱	۸/۱۱	۳/۹۶	۸/۰۳	۴/۱۶	۲/۰۸	۱/۴۰	۲/۱۱	۱	۰/۲۰	۰/۵۳	۰/۲۳	۰/۲۶
Dec	۰/۰۰۱	۰	۸/۰۳	۰	۷/۸۳	۰	۶/۷۶	۰	۹/۱۴	۰	۳/۴۱	۰	۲/۴۵
	۰/۰۱	۵/۱۵	۵/۷۵	۵/۴۸	۶/۱۲	۲/۸۱	۴/۵۷	۵/۹۸	۳/۹۸	۳/۸۷	۰	۲/۷۶	۰/۱۸
	۰/۰۵	۶/۲۲	۶/۴۶	۵/۶۸	۶/۷۷	۸/۰۳	۴/۸۳	۲/۱۳	۱/۵۴	۰	۰/۵۴	۰/۰۳	۰/۳۲
	۰/۱	۹/۰۳	۵/۳۶	۸/۶۱	۳/۹۹	۱/۸۰	۰/۸۹	۱/۱۹	۰/۰۸	۰/۷۳	۰	۰/۵۴	۰

نتیجه‌گیری

هدف از انجام این پژوهش شناخت الگوی خودهمبستگی فضایی شار همگرایی رطوبت تجمعی عمودی بر روی ایران (VIMFC) بود. یافته ها نشان داد که الگوی خودهمبستگی فضایی مثبت (نقاط داغ) در لایه اول وردسپهر (۱۰۰۰-۸۵۰) بر روی مناطق پست و کم ارتفاع ایران، در لایه دوم وردسپهر(۷۷۵ تا ۷۰۰) در مناطق مرتفع کوههای زاگرس در نیمه غربی، البرز در نیمه شمالی و مرکزی ایران و در لایه سوم وردسپهر(۶۰۰تا ۵۰۰) در مناطق بادپناه کوههای زاگرس در غرب کشور و کرمان در نیمه شرقی کشور متمرکز می باشد. بالاترین گستره نقاط داغ VIMFC در ماه می و در لایه اول وردسپهر با ۲۱/۶ درصد طی دوره دوم (۲۰۱۳-۱۹۹۹) و بعد از آن در ماههای دسامبر و مارس در لایه اول وردسپهر رخ داده است. بیشترین گستره نقاط داغ VIMFC در لایه دوم وردسپهر در ماههای گرم سال فصل تابستان و فصل بهار دیده می‌شود که اوج ماهانه آن در ماه اوت با ۱۹/۴ درصد در دوره دوم (۲۰۱۳-۱۹۹۹) می باشد. در لایه سوم وردسپهر بیشترین گستره نقاط داغ VIMFC نیز در ماه جولای و دوره دوم مورد بررسی مشاهده می شود. کمترین گستره نقاط داغ مربوط به دوره دوم آماری است. در این دوره درلایه اول وردسپهر، درماه مارس ۱۶/۳ درصد، در لایه دوم وردسپهر در ماه نوامبر ۱۰ درصد و در لایه سوم وردسپهر در ماه ژانویه ۲/۷ درصد بوده است. طی دوره دوم آماری (۲۰۱۳-۱۹۹۹) در بیشتر ماههای مورد بررسی به ویژه فصول زمستان و پاییز از گستره خودهمبستگی فضایی مثبت VIMFC نسبت به دوره اول کاسته شده است نکته جالب اینکه در دوره دوم (۲۰۱۳-۱۹۹۹) لایه‌های سه‌گانه وردسپهر ، مقادیر درصد گستره تحت پوشش نقاط داغ در ماههای مختلف اختلاف و نوسان زیادی را نشان می

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1400.21.62.4.4]
[DOI: 10.52547/jgs.21.62.19]

دهند در حالی که در دوره اول (۱۹۹۸- ۱۹۷۹) این اختلاف در گستره نقاط داغ بر روی ایران ناچیز و نزدیک به هم است. نوسانات VIMFC را می توان نشان از تغییرات اقلیمی محسوس و گرمایش جهانی در دوره دوم موردبررسی و سال‌های اخیر در ایران دانست که با جهش‌های بزرگ در مقادیر عناصر اقلیمی همچون رطوبت خودنمایی می‌کند. بیشترین اختلاف در گستره نقاط داغ VIMFC بر روی کشور در بین لایه اول و سوم وردسپهر ماه ژانویه رخداده است به‌نحوی‌که با کاهش بیش از ۱۷ درصدی به ترتیب از ۱۹/۵ درصد به ۲/۷ درصد رسیده است. کمترین اختلاف‌ها نیز در فصل تابستان و ماه جولای دیده می‌شود. بیشترین مقادیر شاخص موران که نشان از تمرکز و خوشه‌ای بودن بالای VIMFC دارد در طی ماههای گرم هر سه لایه وردسپهر دیده می‌شود که بالاترین مقدار شاخص به ترتیب در ماههای جولای، اوت و آوریل لایه اول وردسپهر در هر دو دوره آماری رخداده است. در ماههای فصل زمستان و پاییز به ترتیب کمترین مقادیر شاخص موران که نشان از الگوی خوشه‌ای پایین می‌باشد، ثبت شده است که اوج آن در دوره دوم آماری ماه دسامبر لایه سوم وردسپهر دیده می‌شود. از لایه اول به سمت لایه سوم وردسپهر از مقادیر شاخص به‌صورت هماهنگ در تمام ماهها کاسته شده است که نشان از کاهش شرایط خوشه‌ای و تمرکز VIMFC بر روی لایه‌های بالاتر وردسپهر ایران می‌باشد. سطوح معناداری بیشتر نقاط داغ در لایه اول وردسپهر در سطح ۹۰ درصد، در لایه دوم وردسپهر در سطح ۹۵ و ۹۹ درصد و لایه سوم وردسپهر در سطح ۹۹ درصد بوده است. دیگر سطح معناداری گستره کمتری از نقاط داغ را به خود اختصاص داده است. در مجموع می توان پراکنش های فضایی متفاوت VIMFC بر روی ایران در لایه های پایین، میانی و بالایی وردسپهر را ترکیبی از عوامل و عناصر به ویژه ارتفاع، عرض جغرافیایی و جریان گردش عمومی جو دانست. مطالعاتی که در زمینه رطوبت انجام شده است عموماً بر روی منابع و مسیر رطوبت و نقش الگوهای گردش جو در فرارفت رطوبت متمرکز شده اند از جمله این تحقیقات می توان به پژوهش پوراصغر و همکاران (۱۳۹۱) برای نیمه جنوبی کشور، خدادی و همکاران (۱۳۹۲) برای سراسر ایران، علیجانی و همکاران (۱۳۸۶) برای جنوب شرق ایران و فرج زاده و همکاران (۱۳۸۶) برای غرب ایران اشاره نمود. اما در تحقیق کنونی پراکنش فضایی VIMFC در لایه های سه گانه وردسپهر طی دو دوره (۱۹۹۸-۱۹۷۹) و (۲۰۱۳-۱۹۹۹) مورد واکاوی قرار گرفته است. نتایج این تحقیق در زمینه افزایش رطوبت ورودی به ایران در دوره گرم نسبت به دوره سرد سال، کمتر بودن گستره مناطق خودهمبستگی فضایی مثبت در لایه های بالایی وردسپهر در مقایسه با لایه های زیرین و تغییرات و نوسان کمتر آن در دوره گرم تأییدی بر یافته‌های کریمی و همکاران (۱۳۹۷) است. فلاح قالهری و همکاران (۱۳۹۴) در واکاوی پراکنش فضایی رطوبت ایستگاههای واقع بر روی ایران معتقدند که نیمه غربی و شمالی خودهمبستگی فضایی مثبت و نیمه مرکزی و جنوبی کشور نیز خود همبستگی فضایی منفی دارند. یافته‌های این پژوهش نشان داد که در لایه های مختلف وردسپهر با توجه به نقش توپوگرافی، ارتفاع و متفاوت بودن منابع تأمین رطوبت، مناطق دارای خودهمبستگی فضایی مثبت و منفی بر روی ایران بر روی مناطق مختلف ایران پراکنده است.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1400.21.62.4.4]
[DOI: 10.52547/jgs.21.62.19]

منابع

پوراصغر، فرناز؛ قائمی، هوشنگ؛ جهاانبخش، سعید؛ ساری صراف، بهروز.(۱۳۹۲). **بررسی شار رطوبت از دریاهای مجاور در دوره های مرطوب و خشک فصل زمستان نیمه جنوبی کشور**، مجله پژوهش های اقلیم شناسی، ۴(۱۵): ۱۷-۱.

خدادی، محمد مهدی؛ آزادی، مجید؛ قائمی، هوشنگ.(۱۳۹۲). **نقش سامانه های همدید گذرا در ترابرد فصلی رطوبت بر روی ایران**، مجله پژوهش های اقلیم شناسی، ۴ (۱۵): ۴۷-۶۱.

خوشحال دستجردی، جواد؛ خسروی، محمود؛ نظری پور، حمید. (۱۳۸۸). **شناسایی منشا و مسیر رطوبت بارش های فوق سنگین استان بوشهر**، مجله جغرافیا و توسعه،۷ (۱۶): ۷-۲۸.

دارند، محمد. (۱۳۹۴). **واکاوی وردایی زمانی-مکانی رطوبت جوی ایران زمین طی بازه زمانی ۲۰۱۳-۱۹۷۹**، پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، ۴۷(۲): ۲۱۳-۲۳۹.

علیجانی، بهلول. (۱۳۷۴). **آب و هواشناسی ایران**، انتشارات پیام نور، تهران، ایران.

علیجانی، بهلول؛ جعفرپور، زین العابدین؛ علی اکبری بیدختی، عباسعلی؛ مفیدی، عباس. (۱۳۸۶). **تحلیل سینوپتیکی الگوهای گردشی بارش های موسمی جولای ۱۹۹۴ در ایران**. نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی. ۷ (۵) :۳۸-۷

فرج زاده، منوچهر؛ کریمی احمد آباد، مصطفی؛ قائمی، هوشنگ؛ مباشری، محمد رضا. (۱۳۸۶). **چگونگی انتقال رطوبت در بارش زمستانه غرب ایران**، مجله مدرس علوم انسانی، ۱۳(۱): ۱۹۳-۲۱۷.

فلاح قالهری، غلام عباس؛ اسدی، مهدی؛ داداشی رودباری، عباسعلی. (۱۳۹۴). **تحلیل فضایی پراکنش رطوبت در ایران**، مجله پژوهش های جغرافیای طبیعی، ۴۷ (۴)، ۶۳۷-۶۵۰.

قویدل رحیمی، یوسف؛ عباسی، اسماعیل، فرج زاده اصل، منوچهر. (۱۳۹۴). **واکاوی سازوکار و مخاطرات توفان حاره ای نیلوفر**، مجله دانش مخاطرات،۲(۱): ۲۱-۳۴.

قویدل رحیمی، یوسف؛ فرج زاده، منوچهر؛ سیامک احمدی.(۱۳۹۱). **منابع و دینامیسم انتقال رطوبت بارش های سنگین به سواحل ایران در جریان توفان گونو**، مجله فضای جغرافیایی، ۱۳ (۴۴): ۱۱۱-۱۳۳.

کریمی احمد آباد، مصطفی. (۱۳۸۶). **تحلیل منابع رطوبت بارش های ایران**، پایان نامه دکتری، استد راهنما: دکتر منوچهر فرج زاده، دانشگاه تربیت مدرس ، دانشکده علوم انسانی، گروه جغرافیا.

کریمی، مصطفی؛ جعفری، مهناز؛ خوش اخلاق، فرامرز؛ بازگیر، سعید. (۱۳۹۷). **تغییرات رطوبت ورودی به جو ایران و ارتباط آن با دوره های مرطوب و خشک فصلی**، مجله تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، ۱۸(۵۱): ۱۱۵-۱۳۱.

کریمی، مصطفی؛ فرج زاده، منوچهر.(۱۳۹۰). **شار رطوبت و الگوهای فضایی-زمانی منابع تامین رطوبت بارش های ایران**، مجله تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، ۱۹(۲۲): ۱۰۹-۱۲۷.

مسعودیان، سید ابوالفضل.(۱۳۸۷). **شناسایی شرایط همدید همراه با بارش های ابر سنگین**، سومین کنفرانس مدیریت منابع آب ایران، دانشگاه تبریز، دانشکده مهندسی عمران.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1400.21.62.4.4]

[DOI: 10.52547/jgs.21.62.19]

نوری، حمید؛ غیور، حسنعلی؛ مسعودیان، سیدابوالفضل؛ آزادی، مجید.(۱۳۹۲). **تحلیل فراوانی تابع همگرایی شار رطوبت و منابع رطوبتی بارش سواحل جنوبی خزر**، مجله جغرافیا و برنامه ریزی محیطی، ۲۴ (۳): ۱۴-۱.

Allard, D. and Soubeyrand, S. (2012). **Skew-normality for climatic data and dispersal models for plant epidemiology: when application fields drive spatial statistics**. Journal of Spatial Statistics, 1, 50-64.

Anderson, T.B., Ruane, A.C., Roads, J.O., Kanamitsu, M. (2009). **Estimating the Influence of Evaporation and Moisture-Flux Convergence upon Seasonal Precipitation Rates. Part II: An Analysis for North America Based upon the NCEP–DOE Reanalysis II Model**. Journal of Hydrometeorology, 10, 893-911. DOI: 10.1175/2009JHM1063.1.

Anselin, L, Syabri I., Kho, Y. (2009). **Geo Da: an introduction to spatial data analysis. In Fischer MM, Getis A (Eds) Handbook of applied spatial analysis.** Springer, Berlin, Heidelberg and New York, 73-89.

Anselin, L. (1995). **Local Indicators of Spatial Association—LISA**, Geogr. Analysis, 27(2), 93-115.

Bajat, B., Blagojević, D., Kilibarda, M., Luković, J. and Tošić, I. (2014). **Spatial analysis of the temperature trends in Serbia during the period 1961–2010**. Theoretical and Applied Climatology, 9, 1-13.

Chakraborty A, Behera SK, Mujumdar M, Ohba R, Yamagata T. (2006). **Diagnosis of tropospheric moisture over Saudi Arabia and influences of IOD and ENSO**. Mon Weather Rev, 134:598–617

Chao-bing, H.L. M.D. and Ning, L.I. (2011). **A review on the hotspot issues of urban heat island effect**. Journal of Meteorology and Environment, 4, 011.

Charlton, M., Lu, B., Fotheringham, A. S. (2011). **Geographically weighted regression using a non–euclidean distance metric with a study on london house price data**. Procedia Environmental Sciences, 7, 92–97

Cliff, A.D., and J. K.Ord. (1973). **Spatial Autocorrelation**. Vol. 5, London, Pion.

Dayan, U., and Abramski, R. (1983). **Heavy rain in the Middle East related to unusual jet stream properties. Bull**. Amer. Meteor. Soc, 64, 1138–1140.

DeLucena, A.J., Rotunno Filho, O.C., de Almeida França, J.R., de Faria Peres, L. and Xavier, L.N.R. (2013). **Urban climate and clues of heat island events in the metropolitan area of Rio de Janeiro**. Theoretical and applied climatology, 111 (3-4), 497-511.

Diaz H.F., Bradley R.S. (2004). **The Hadley Circulation: Present, Past, and Future. In: Dia H.F., Bradley R.S. (eds) The Hadley Circulation: Present, Past and Future**. Advances in Global Change Research, vol 21. Springer, Dordrecht.

Evans, J., Smith, R., Oglesby, R. (2003). **Pricipitation Processes in the Middle east, Proceedings International Congress on modeling and simulation**. Modsim 03, Townsville, Australia.

Getis, A., and Ord, K.J. (1992). **The AnalysisofSpatial Association by Use of DistanceStatistics**. Geogr. Analysis. 3: 24-35.

Hubert, L.J. (1978). **Generalized Proximity Function Comparisons**, Brit. J. Math. and Statistic. Psychol, 2, 31.

Hubert, L.J., Golledge, R.G., and Costanzo, C.M. (1981). **Generalized Procedures for Evaluating Spatial Autocorrelation**. Geogr. Analysis, 3, 13.

Hudson, H. R. (1970). **On the relationship between horizontal moisture convergence and convective cloud formation**. ESSA Tech. Memo, ERLTM-NSSL 45, 29- 40.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1400.21.62.4.4]
[DOI: 10.52547/jgs.21.62.19]

Illian, J., Penttinen, A., Stoyan, H., Stoyan, D. (2008). **Statistical Analysis a nd Modelling of Spatial Point Patterns, John Wiley and Sons**, **Chichester, irrigation area**. Australia, Progress in Natural Science, 19 (12):1773- 1779.

IPCC. (2007). **Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**. Geneva, Switzerland. pp 104.

Jacquez, G.M., Greiling D.A (2003). **Local clustering in breast, lung, and colorectal cancer on Long Island, NY**. Int J Health Geogr. 2, 3-10.

Jolliffe, I.T. Philipp, A. (2010). **Some Recent Developments in Cluster Analysis, Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C**. 35(12), 309- 315.

Kendall, W. S. (1998). **Perfect simulation for the area-interaction point process**. In L. Accardi and C.C. Heyde, editors, Probability Towards 2000, Springer Lecture Notes in Statistics 128, 218–234.

Khalid M., and Taylor, P.A. (2011). **Characteristics of Moisture Flux Convergence over the Mackenzie River Basin for Water Years 1991–2008.** Atmosphere- Ocean, 49(3), 279-288, DOI: 10.1080/07055900.2011.609528

Levine, R. C. Turner. A. G. (2012). **Dependence of Indian monsoon rainfall on moisture fluxesacross the Arabian Sea and the impact of coupled model sea surface temperature biases.** Clim Dyn, 38, 2167–2190. DOI 10.1007/s00382-011-1096-z

Lu, B., Charlton, M., Harris, P. (2014). **Geographically weighted regression with a non–Euclidean distance metric: a case study using hedonic house price data**. International Journal of Geographical Information Science, 28(4), 660–681

Malik M.K., Taylor P.A., Szeto, K. (2015). **Characteristics of moisture flux convergence in Central Southwest Asia**. Theor Appl Climatol, 120, 643–659. Doi:10.1007/s00704-014-1192-1

Mantel, N. (1967).**The Detection of Disease Clustering and a Generalized Regression Approach.** Cancer Res, 27(2), 209-220.

Moller, j. (2008). **Handbook of Spatial Statistics, John Wiley and Sons.** Chichester, 37-45

Pitman E.J.G. 1937. The **closest estimates of statistical parameters.** Biometrika, 30, 391–421.

Razmi, R., Balyani S., Mansouri Daneshvar, M.R. (2017). **Geo-statistical modeling of mean annual rainfall over the Iran using ECMWF database**. Spatial Information Research, DOI: 10.1007/s41324-017-0097-3.

Ricko M. (2007). **Water and energy budgets over the Mediterranean Sea and differences between East and West Mediterranean basins**. 658 N. Project Report, 1–27

Rogerson, P. (2006). Statistical methods for the detection of spatial clustering in case-control data. Statistics in Medicine, 25, 811-823.

Sahin, S., Turkes, M., Wang, S.H., Hannah, D., Eastwood, W. (2015). **Large scale moisture flux characteristics of the Mediterranean basin and their relationships with drier and wetter climate conditions**. Clim Dyn, 45, 3381–3401. DOI 10.1007/s00382-015-2545-x

Smith, R.B., Jiang, Q., Fearon, M.G., Tabary, P., Dorninger, M., Doyle, J.D., Benoit, R. (2003). **Orographic Pricipitation and air mass transformation: an Alpine example**, Q.J.R Meteorol. Soc, 129, 433-454. doi: 10.1256/qj.01.212

Smith, M. J., Goodchild, M. F., Longley, P. A. (2006). **Geospatial analysis**. Troubador, Leicester.

Sokal, R., and N. Oden. (1978). **Spatial Autocorrelation in Biology 2. Some Biological Implications and Four Applications of Evolutionary and Ecological Interest**. Biol. J. Linnean Society, 10, 229-249.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1400.21.62.4.4]
[DOI: 10.52547/jgs.21.62.19]

Spar, J. (1953). **A suggested technique for quantitative precipitation forecasting**. Mon. Wea. Rev., 81**,** 217–221

Wheeler, D.C., Paéz, A. (2010). **Geographically Weighted Regression. Fischer MM, Getis A (Eds) Handbook of applied spatial analysis**. Springer, Berlin, Heidelberg, 461-486.

Zhang C, Luo L, Xu W, Ledwith V. (2008). **Use of local Moran is I and GIS to identify pollution hotspots of Pb in urban soils of Galway**, **Ireland**. Sci Total Environ, 398 (1-3), 212-221

Zhou, D. (2009). **Climatic Regionalization Mapping of the Murrumbidgee irrigation area, Australia**. Progress in Natural Science, 19(12), 1773 – 1779.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1400.21.62.4.4]

[DOI: 10.52547/jgs.21.62.19]