دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهر
فصلنامه‌ی علمی فضای جغرافیایی

سال بیستم، شماره‌ی ۷۰
تابستان ۱۳۹۹، صفحات ۳۵-۱۹

سعید جهانبخش اصل[۱]
***مهدی اسدی**[۲]
حسن حاج محمدی[۳]

بررسی الگوهای همدیدی آتش‌سوزی جنگل (مطالعه موردی: جنگل‌های استان گلستان)

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۹/۰۸ تاریخ پذیرش: ۱۳۹٦/۰٤/۲۱

چکیده

تشخیص سریع و بررسی حجم و مقیاس آتش‌سوزی، عنصری حیاتی برای کنترل چنین بلایای طبیعی است؛ بنابراین در پژوهش حاضر الگوهای همدیدی آتش‌سوزی‌های جنگل‌های استان گلستان مورد بررسی قرار گرفت. بدین منظور اطلاعات مربوط به توزیع زمانی، مکانی و سطح آتش‌سوزی‌ها از اداره کل منابع طبیعی استان گلستان در دوره آماری (۱۳۹۰-۱۳۸٤) اخذ گردید و روزهایی که در آن، آتش‌سوزی با دلایل طبیعی قید شده بود شناسایی شد. سپس الگوهای همدیدی حاکم بر منطقه استخراج و مسیر حرکت آن‌ها در زمان رخداد آتش‌سوزی با استفاده از الگوریتم لاگرانژی ردیابی گردید. در گام بعدی با استفاده از تحلیل مؤلفه‌های اصلی، تیپ‌های حاکم در تراز مذکور در زمان رخداد آتش‌سوزی‌های فراگیر شناسایی گردید. نتایج حاکی از آن است که در زمان رخداد آتش‌سوزی در منطقه مورد مطالعه ٤ الگو حاکمیت دارند. الگوی اول بندال امگایی شکل مابین طول‌های ٤۰ تا ۷۰ درجه شرقی و عرض‌های ۳۰ تا ۷۰ درجه شمالی، الگوی دوم ناوه بسیار عمیقی بر جانب غرب روسیه و خاورمیانه، الگوی سوم تشکیل ناوه نسبتاً عمیق در غرب دریای سیاه و کشیده شدن آن به عرض‌های پایین‌تر و الگوی چهارم یک مانع با ارتفاع مرکزی ۵۸۰۰ ژئوپتانسیل متر بر روی ایران می‌باشد.

کلید واژه‌ها: آتش‌سوزی، استان گلستان، الگوهای همدیدی، جنگل.

۱-گروه جغرافیای طبیعی، دانشگاه تبریز.
*۲- دانش‌آموخته دکتری آب‌وهواشناسی کشاورزی دانشگاه حکیم سبزواری. (نویسنده مسئول). E-mail: Asadimehdi11@yahoo.com
۳- دانشجوی دکتری آب‌وهواشناسی سینوپتیک دانشگاه تربیت مدرس.

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-30]

مقدمه

آتش‌سوزی جنگل‌ها و مراتع یک موضوع مهمی است که خسارات اقتصادی و زیست‌محیطی زیادی را برای زندگی انسان ایجاد می‌کند (Marozas et al., 2007: 48; Silvia et al., 2010: 68). همچنین آتش‌سوزی در جنگل‌ها سالانه هزاران هکتار از درختان، درختچه‌ها و گیاهان را طعمه‌ی خود می‌سازد (Salahi & Alijahan, 2016: 66). به طوری که میانگین سالانه حریق در جنگل‌های جهان شش تا چهارده میلیون هکتار تخمین زده شده است (Encinas et al., 2007: 373). حریق در صورت افزایش وسعت، شدت و تکرار در یک جنگل، سبب تغییر ارزش کیفی گونه‌ها می‌شود و از نظر بوم‌شناختی آتش‌سوزی یکی از فاکتورهای اساسی در تعیین تنوع و پراکندگی گونه‌های گیاهی می‌باشد (Bajocco, 2009: 59). از طرف دیگر از آنجایی که این پدیده در مقیاس‌های مختلف حجمی و بوم‌شناختی اتفاق می‌افتد، بنابراین جمع‌آوری داده‌های موردنیاز جهت مطالعه آن با روش‌های میدانی بسیار پرهزینه است و عملاً امکان‌پذیر نمی‌باشد (Kerr & Ostrovsky, 2003: 299). بعلاوه حریق‌های مهیب خسارت‌های مهیب اقتصادی و آلودگی‌های زیست‌محیطی را نیز به‌دنبال دارد. همچنین آتش‌سوزی جنگل با منشأ طبیعی یا انسانی، اثرات زیان‌بار و ویرانگری را بر زندگی بشر بر جای می‌گذارد (Zhang et al., 2010: 386; Podur et al., 2002: 196) و مقدار قابل‌توجهی گازهای گلخانه‌ای، دود و گردوغبار را وارد اتمسفر می‌کند که باعث افزایش گاز دی‌اکسید کربن می‌شود (Levine, 1990: 1075). افزایش وقوع آتش‌سوزی‌های مکرر در جنگل‌های شمال ایران طی سال‌های اخیر، محیط‌زیست، جنگل‌ها، روستاها و ساکنان آن‌ها را در گستره‌ای وسیع با خسارات و تلفات زیادی مواجه کرده است. فشردگی جنگل‌ها در شمال ایران، تمرکز و تداخل آن‌ها در زندگی روزمره ساکنان، دقت در آمار آتش‌سوزی‌های گذشته و میزان خسارات به بار آمده از آن‌ها، نشان از اهمیت این مسئله و ارائه راه‌کارهای لازم دارد (Azizi et al., 2012: 80). بنابراین پژوهشگران زیادی در این زمینه به مطالعه پرداخته‌اند که می‌توان به موارد زیر اشاره نمود:

Keeley (2004) نقش عوامل آب و هوایی و شاخص نوسان جنوبی را در رژیم آتش‌سوزی سواحل کالیفرنیا بررسی نمود و عنوان کرد در آتش‌سوزی‌های پاییزی اهمیت گرمباد به‌قدری است که نقش اصلی را دارد و در این زمان اهمیت شدت خشک‌سالی در آتش‌سوزی به اندازه اهمیت گرمباد نیست. Reinhard et al (2005) افزایش میزان آتش‌سوزی‌های رخ داده در جنوب کشور سوئیس را به روند افزایش دما و کاهش رطوبت در نتیجه تغییر اقلیم مربوط می‌دانند. نتیجه بسیار مهم در این مورد این است که با توجه به افزایش میزان آتش‌سوزی‌های، روزهای همراه با پدیده‌ی گرمباد افزایش چندانی نداشته است. Hayasaka et al (2006) میزان افزایش آتش‌سوزی در جنگل‌های آلاسکا را در رابطه با عوامل اقلیمی همچون صاعقه، فون و خشک‌سالی بررسی نموده و مشخص کردند که بین افزایش آتش‌سوزی و افزایش دما در سال‌های ۲۰۰٤ و ۲۰۰۵ خشک‌سالی در ماه اوت و رخداد فون همبستگی وجود دارد. Kassomenos (2010) ارتباط آتش‌سوزی جنگل‌های کشور یونان را با عامل آب‌وهوا بررسی کرد و دمای بالا، رطوبت کم و وزش باد متوسط را از عوامل شروع و تداوم آتش‌سوزی‌های طبیعی این منطقه بیان نمود. وی همچنین ارتباط این پدیده را با دو الگوی همدیدی مورد بررسی قرارداد. در نوع اول وجود یک کم‌فشار روی

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-30]

منطقه و افزایش شیو فشار در دریای اژه و در نوع دوم نیز جایگزینی تدریجی سامانه‌های کم‌فشار توسط پرفشارها را ذکر می‌کند. از دیگر پژوهش‌ها می‌توان به (Zumbrunnen et al., 2011; Gerdzheva, 2014) اشاره نمود در این راستا مطالعاتی نیز در ایران به شرح زیر صورت گرفته‌اند:

Azizi et al (2012) به واکاوی همدید آتش‌سوزی در جنگل‌های شمالی ایران پرداختند. نتایج نشان داد که وقوع پدیده آتش‌سوزی هم‌زمان با حضور زبانه کم ارتفاعی در سطوح میانی جو است که محور آن در شرق دریای مدیترانه و روی کشورهای ترکیه و عراق قرار می‌گیرد. Zarekar et al (2013) نقشه‌ی خطر آتش‌سوزی در سه حوزه‌ی جنگلی استان گیلان را با استفاده از روش تحلیل سلسله‌مراتبی فازی و GIS تهیه کردند. با استفاده از تحلیل سلسله‌مراتبی فازی، وزن تمام عوامل مؤثر در وقوع حریق به‌دست آمد و از روی هم‌گذاری همه‌ی نقشه‌های لایه‌های مؤثر در آتش‌سوزی، نقشه‌ی خطر آتش‌سوزی حاصل شد. نتایج نشان داد که ٦٦ درصد از مناطق آتش‌سوزی‌های گذشته در مناطق پرخطر و بسیار پرخطر قرار گرفته‌اند. Salahi & Alijahan (2016) به واکاوی همدیدی علل ترمودینامیکی آتش‌سوزی جنگل‌های شهرستان دزفول پرداختند. تحلیل نقشه‌های جوی نشان دادند که در زمان‌های رخ داد آتش‌سوزی در جنگل‌های دزفول، در سطح زمین کم‌فشار حرارتی، در سطح فوقانی جو، پدیده بلوکینگ همراه با پشته‌ای بر روی منطقه مورد مطالعه در روز ۱۲ می و پربند بسیار پر ارتفاع در روز ۱ آگوست قرار دارد. از دیگر پژوهش‌های انجام یافته در این زمینه می‌توان موارد زیر را نام برد: (Mohammadi et al., 2010; Mahdavi, 2012; Mofidi et al., 2015; Ghavidel et al., 2016). با توجه به موارد اشاره شده، هدف اصلی این پژوهش، ارزیابی الگوهای همدیدی مؤثر بر آتش‌سوزی جنگل‌های استان گلستان می‌باشد تا یک دید کلی از الگوهای همدیدی جو در زمان رخداد آتش‌سوزی‌های فراگیر به دست آید.

مواد و روش‌ها

اطلاعات مورد استفاده در این پژوهش شامل داده‌های آتش‌سوزی و هواشناسی است. اطلاعات مربوط به توزیع زمانی، مکانی و سطح آتش‌سوزی‌ها از اداره کل منابع طبیعی استان گلستان در دوره آماری (۱۳۹۰-۱۳۸٤) اخذ شد. برای استخراج روزهای همراه با آتش‌سوزی، روزی با این عنوان شناسایی شد که اولاً در گزارشات آتش‌سوزی با دلایل طبیعی قید شده و ثانیاً در چند منطقه به‌طور هم‌زمان گزارش‌شده باشد. لازم به ذکر است که برخی از این نوع آتش‌سوزی‌ها با ویژگی‌های یاد شده با استمرار چند روزه همراه بودند. همچنین برای تحلیل شرایط همدیدی روزهای آتش‌سوزی داده‌های فشار سطح زمین، ارتفاع ژئوپتانسیل، دمای هوا، مؤلفه‌های مداری و نصف‌النهاری باد و شاخص ناپایداری (امگا) از تارنمای متعلق به مرکز ملی پیش‌بینی محیطی/علوم جوی (NCEP/NCAR) دریافت شد. برای بررسی میزان خطر آتش‌سوزی در دامنه‌های شمالی البرز (استان گلستان) نیز از شاخص هاینس استفاده گردید. در ادامه مقادیر ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال برای هرروز در محدوده ۰ تا ۹۰ درجه شرقی و ۱۰

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-30]

تا ۷۰ درجه شمالی استخراج شد و پس از اعمال تحلیل مؤلفه‌های اصلی، تیپ‌های حاکم در تراز مذکور در زمان رخداد آتش‌سوزی‌های فراگیر شناسایی گردید.

شاخص هاینس

در این شاخص به دو عامل وضعیت پایداری و ناپایداری هوا و نقطه شبنم که به‌نوعی نشان‌دهنده رطوبت هوا است، توجه شده است. دلیل استفاده از این شاخص این است که جریانات بالاسو و پایین سویی که در جو رخ داده همواره با افت یا افزایش بی دررو دمای بسته هوا همراه است لذا این شاخص این امکان را به محقق می‌دهد تا اثر سیستم‌های جوی فوقانی را در بروز تغییرات وضع هوا به‌خصوص پدیده‌های مختلف بررسی نماید. ابتدا وضعیت ناپایداری هوا با توجه به تفاوت دما در سطوح مختلف اتمسفر از جدول (۱) تعیین می‌گردد.

جدول ۱- تعیین وضعیت ناپایداری هوا

Table 1- Determination of air instability status

شدت ناپایداری	نمره پایداری	لایه پایین ۸۵۰ تا ۹۵۰ میلی‌بار	لایه میانی ۷۰۰ تا ۸۵۰ میلی‌بار	لایه فوقانی ۵۰۰ تا ۷۰۰ میلی‌بار
کم	۱	کم‌تر از ۳	کم‌تر از ۵	کم‌تر از ۱۷
متوسط	۲	۷-٤	۱۰-٦	۲۱-۱۸
زیاد	۳	بیش از ۸	بیش از ۱۱	بیش از ۲۲

داده‌های لازم برای بررسی پایداری هوا در بعضی ایستگاه‌های هواشناسی (ایستگاه‌های جو بالا) و بر اساس ارسال رادیوسوندها به‌دست می‌آید. برای مثال اگر در لایه میانی، تفاوت دمای سطح ۷۰۰ میلی باری با دمای موجود در سطح ۸۵۰ میلی بار ۸/۵ درجه سانتی‌گراد باشد، ناپایداری از نوع متوسط بوده و نمره ۲ را به‌خود اختصاص می‌دهد؛ اما در این پژوهش به دلیل فقدان ایستگاه جو بالا در منطقه، با محاسبه مقادیر یاد شده در این بخش، در محیط نرم‌افزار GrADS نیمرخ قائم و وضعیت دمای هوا و نقطه شبنم استخراج شد. برای محاسبه ارتفاع برحسب فشار به میلی‌متر در شرایط اتمسفر استاندارد می‌توان از رابطه زیر استفاده نمود:

$$Z = 44308\left[1 - \left(\frac{P}{1013.2}\right)^{0.19023}\right]$$ رابطه (۱)

در رابطه فوق Z ارتفاع از سطح دریا و p مقدار فشار در تراز مورد نظر می‌باشد. برای نمونه، فشار ۷۰۰ میلی بار در ارتفاع زیر و یا تقریباً ۳ کیلومتری از سطح دریای آزاد رخ خواهد داد:

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-30]

$$Z = 44308\left[1 - \left(\frac{700}{1013.2}\right)^{0.19023}\right] = 3009.7 \text{ meter}$$ رابطه (۲)

دمای نقطه شبنم نیز با توجه به جدول (۲) نمره‌گذاری می‌گردد:

جدول ۲- تعیین وضعیت رطوبتی هوا بر اساس نقطه شبنم در سطوح مختلف اتمسفر

Table 2 - Determination of air humidity status based on dew point at different levels of the atmosphere

نمره رطوبت	دمای نقطه شبنم به درجه سانتی‌گراد		
	سطح ۹۵۰ میلی‌بار	سطح ۸۵۰	سطح ۷۰۰
۱	کم‌تر از ۵	کم‌تر از ۵	کم‌تر از ۱٤
۲	۹-٦	۱۲-٦	۲۰-۱۵
۳	بیش از ۱۰	بیش از ۱۳	بیش از ۲۱

از مجموع اعداد به ناپایداری جو و دمای نقطه شبنم اعدادی بین ۲ تا ٦ به‌دست می‌آید که به‌صورت جدول (۳) طبقه‌بندی می‌شوند:

جدول ۳- تعیین میزان حساسیت به آتش‌سوزی بر اساس روش هاینس

Table 3 - Determination of fire sensitivity based on Haines method

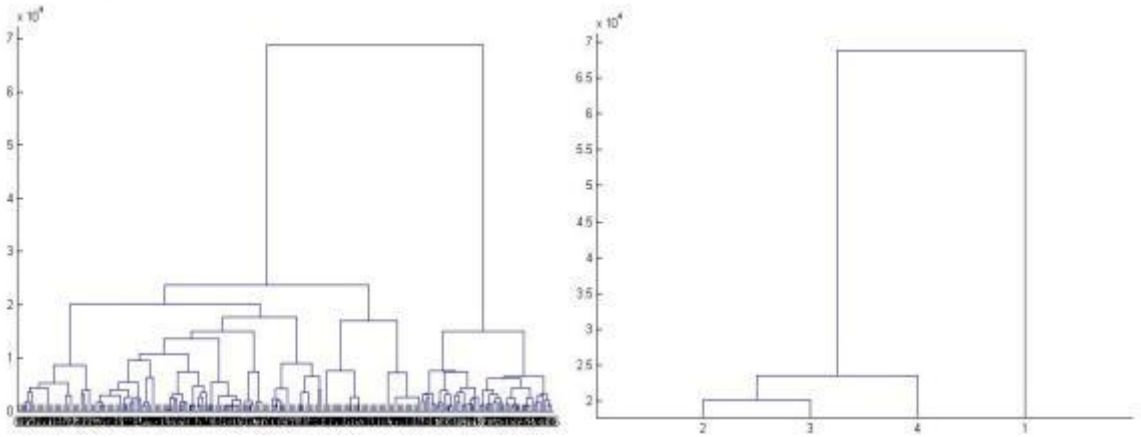
جمع شاخص ناپایداری و نقطه شبنم	میزان حساسیت به آتش‌سوزی
۳-۲	کم
٥-٤	متوسط
٦-٥	زیاد

در نهایت برای بررسی و شناخت منشأ توده هوای وارد شده به منطقه در زمان رخداد آتش‌سوزی از مدل لاگرانژی HYSPLIT به روش پسگرد از ۲٤ ساعت قبل از وقوع حادثه، استفاده شد. مدل مذکور در مطالعه موارد مربوط به آلودگی هوا و تعیین میسر حرکت توده‌های هوا، کاربردهای گسترده‌ای دارد و از آنجایی‌که در رهیافت لاگرانژی هر ذره در زمان‌های مختلف، موقعیت‌های متفاوتی خواهد داشت، بنابراین رهیافت لاگرانژی این امکان را فراهم می‌آورد که مدل‌های پایه‌ی لاگرانژی پس از انتخاب ذره در موقعیت مکانی و زمانی خاص، حرکت آن را در گام‌های زمانی دلخواه به سمت زمان‌های آینده (پیش‌یابی) و یا به سمت زمان‌های گذشته (پس‌گرد) ردیابی نمایند (Khorshid doust et al., 2019: 61; Akbari & Farahbakhshi, 2016: 278). لذا در پژوهش حاضر سعی شد با استفاده از روش مذکور توده‌های هوایی مختلف وارد شده مسیریابی و منشأ آن‌ها مشخص گردد.

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-30]

یافته‌ها و بحث

بر اساس نتایج به‌دست‌آمده از روش تحلیل خوشه‌ای مشخص شد که ٤ تیپ در زمان رخداد آتش‌سوزی در استان گلستان در منطقه حاکمیت دارند (شکل ۱). در ادامه برای بررسی دقیق‌تر و ردیابی روزهایی که بیش‌ترین همبستگی را با کل هر تیپ داشته‌اند انتخاب و مورد تجزیه‌وتحلیل قرار گرفتند.



شکل ۱: دارنمای حاصل از تحلیل خوشه‌ای مقادیر ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال برای روزهای همراه با آتش‌سوزی

Figure 1: Cluster analysis of geopotential height values of 500 hPa for days with fire

نتایج حاصل از شاخص هاینس نشان داد که در هر ٤ الگو، میزان حساسیت به آتش‌سوزی در رده متوسط است. برای رسیدن به این منظور، داده‌های اخذ شده از مرکز (NCEP/NCAR) در محدوده طول ٥٤/٤ و عرض ٣٦/٩ ثابت و مقادیر دمای هوا و نقطه شبنم آن در سطوح مختلف جو محاسبه گردید. لازم به ذکر است که طول و عرض یادشده برای شهر گرگان بود که به‌عنوان نماینده کل منطقه انتخاب شد. شاید دلیل پایین بودن مقادیر شاخص آتش‌سوزی نیز بدین دلیل باشد که مقادیر ثبت شده پایگاه داده یاد شده در یاخته‌های بزرگ‌تری اقدام به ثبت و درون‌یابی شده است.

جدول ٤- نتایج حاصل از تعیین وضعیت ناپایداری هوا

Table 4- Results of determining the state of air instability

لایه‌ها	الگوی اول	الگوی دوم	الگوی سوم	الگوی چهارم
۹۵۰-۸۵۰	۸	۲۵	۱۷	۱۸
۸۵۰-۷۰۰	۱۲	۱۵	۲۰	۲۲
۷۰۰-۵۰۰	۲۰	۸	۸	۱۷

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-30]

جدول ۵- نتایج حاصل از تعیین وضعیت رطوبتی هوا بر اساس نقطه شبنم در سطوح مختلف اتمسفر

Table 5 - Results of determining the humidity of the air based on the dew point at different levels of the atmosphere

لایه‌ها	الگوی اول	الگوی دوم	الگوی سوم	الگوی چهارم
۹۵۰	-۲	-۱۷	-۱۱	-۱۲
۸۵۰	-٤.٥	-۲۲	-١٦	-۲٥
۷۰۰	-۷	-۳۱	-۱۷	-۳۷

جدول ٦- تعیین میزان حساسیت به آتش‌سوزی بر اساس روش هاینس

Table 6 - Determination of fire sensitivity based on Haines method

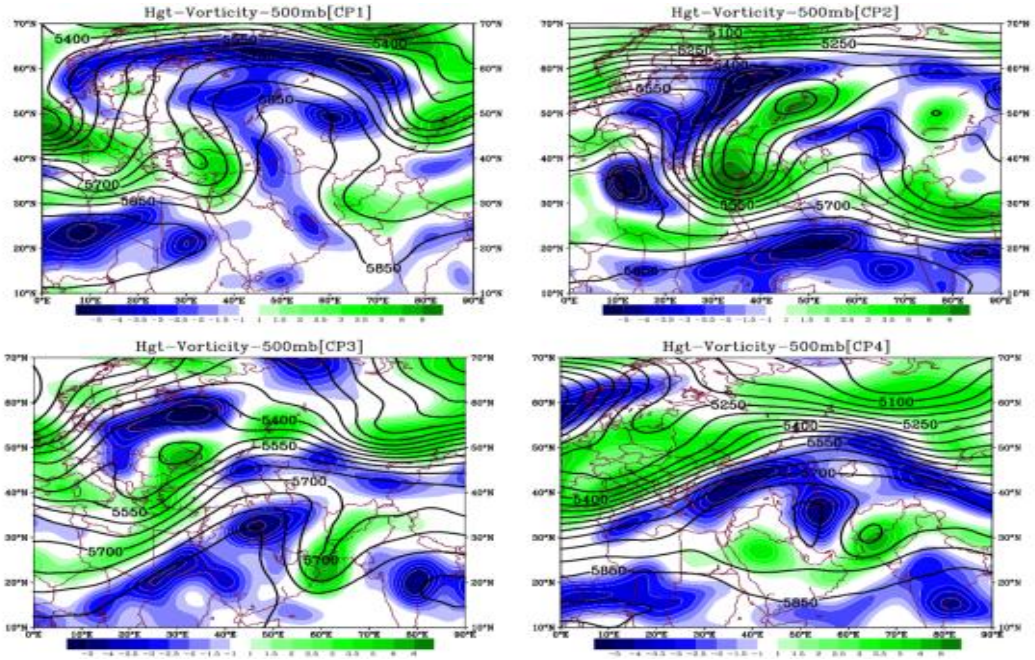
میزان حساسیت به آتش‌سوزی	الگوی اول	الگوی دوم	الگوی سوم	الگوی چهارم
کم				
متوسط	*	*	*	*
زیاد				

- بررسی نقشه‌های ارتفاع ژئوپتانسیل و تاوایی تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال

در الگوی اول مشاهده می‌شود که یک بندال امگایی شکل مابین طول‌های ٤٠ تا ۷۰ درجه شرقی و عرض‌های ۳۰ تا ۷۰ درجه شمالی تشکیل گردیده است. این سامانه سبب شده تا در محدوده یاد شده جریان‌ها از حالت غربی خارج و به‌صورت نصف‌النهاری حرکت کنند. قرارگیری کشور ایران در زیر محور فراز سبب شده است تا جوی آرام همراه با فرونشست هوا وجود داشته باشد. از طرفی این جریان نزولی سبب شده است تا مناطقی همچون جنگل‌های نواحی شمالی ضمن تجربه هوایی خشک، با افزایش دما به‌صورت بی‌دررو همراه گردد. افزایش دما و جهت‌دار بودن باد در منطقه سبب شده است تا با وزش هوای گرم به منطقه حساسیت برگ‌های خشک بیش از پیش تحریک شده و رخداد آتش‌سوزی را فراهم نماید. در الگوی دوم ناوه بسیار عمیقی بر جانب غرب روسیه و خاورمیانه تشکیل‌شده است. این سامانه ضمن ریزش هوای سرد به مناطق یادشده با هسته سرد چال قوی با ارتفاع مرکزی ۵۳۰۰ ژئوپتانسیل متر در شمال‌غرب دریای خزر مشاهده می‌شود. در نواحی شرقی این ناوه، یک جریان نزولی در قسمت‌های شمالی دریای خزر و شرق دریاچه آرال به وجود آمده که جریان واچرخندی واقع در منطقه آرال به‌تبع قوی‌تر از شمال دریای خزر می‌باشد. این وضعیت سبب شده است تا با صعود بسته‌هوا در مناطق جنوبی کشور و فرونشست آن در شمال ناحیه خزری شرایط را برای رخداد آتش‌سوزی فراهم آید. بسته‌هوای حرکت کرده از مناطق جنوبی ضمن عبور از ارتفاعات البرز و تخلیه رطوبتی، با باد خشک و گرمی همراه شده است که همواره با عنوان باد فون یا گرمیج قابل شناسایی است. الگوی سوم نشان می‌دهد که ضمن تشکیل ناوه نسبتاً عمیق در غرب دریای سیاه

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-30]

و کشیده شدن آن به عرض‌های پایین‌تر جریان هوا از شمال آفریقا شروع به صعود نموده و تا عرض‌های ٤٠ تا ٥٠ درجه پیشروی کرده است. در طی این فرآیند پشته قوی بر روی کل ایران مستولی گشته و منطقه را در کام چرخندگی منفی فروبرده است. با عبور بسته‌هوا از رشته‌کوه البرز و فرونشست آن در مناطق شمالی ایران از جمله استان گلستان شرایط برای تشدید آتش‌سوزی در منطقه فراهم شده است. الگوی چهارم را با یک مانع با ارتفاع مرکزی ۵۸۰۰ ژئوپتانسیل متر بر روی ایران می‌توان شناسایی کرد. در دل این سامانه طی ایجاد تاوایی منفی و همگرا شدن بسته هوا در تراز میانی جو و درنهایت افزایش دما به‌صورت بی‌دررو در منطقه موجبات خشکی هوا در منطقه فراهم شده است (شکل ۲).



شکل ۲: نقشه وضعیت تاوایی و ارتفاع ژئوپتانسیل در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال برای ٤ الگوی گردشی

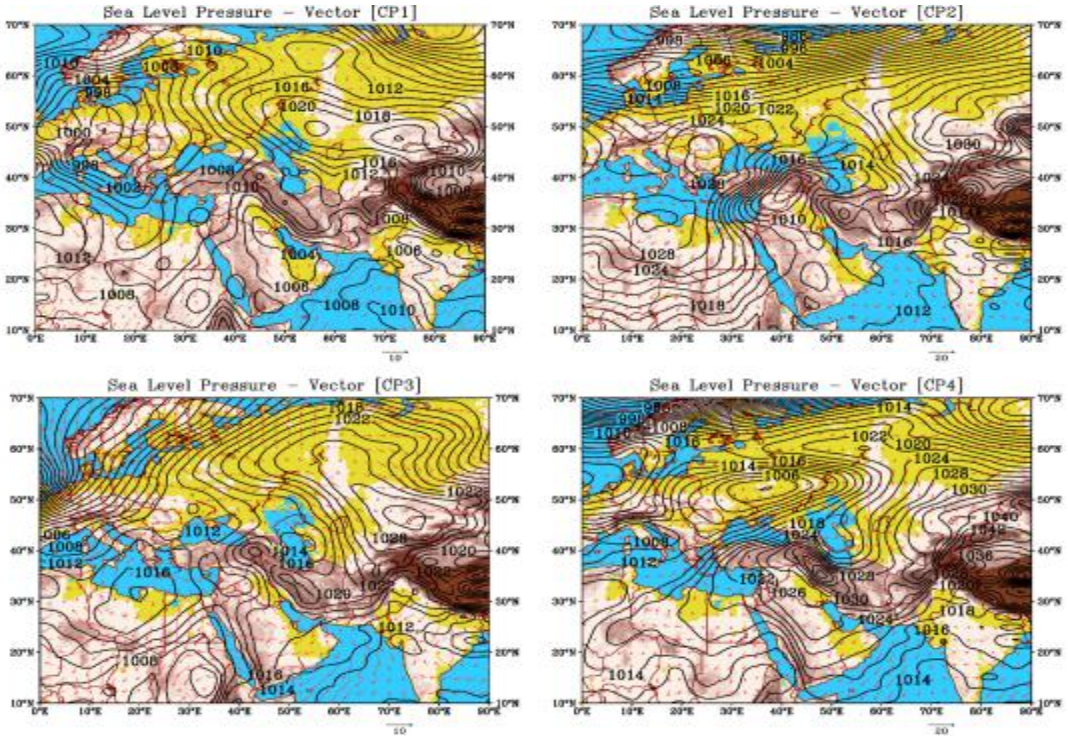
Figure 2: Map of the equatorial state and height of the geopotential at the level of 500 hPa for four circulating patterns

- بررسی نقشه‌های فشار تراز دریا و بردار باد

در سطح زمین مشاهده می‌شود که در الگوی اول آنتی‌سیکلون دو سلولِ قوی در جنوب‌غرب روسیه مستقر شده است که فشار مرکزی آن به بیش از ۱۰۲۰ هکتوپاسکال می‌رسد. از طرفی در نواحی جنوب‌غربی ایران با ورود زبانه‌ای از کم‌فشار عربستان گرادیان فشاری در مقیاس منطقه‌ای صورت گرفته که سبب شده تا جریان‌های شمال شرقی در محدوده شرقی ناحیه خزری به‌وجود آید. پرفشار مذکور در پی فرونشست هوا در زیر محور فرود به‌وجود آمده که پس از گرم شدن به‌صورت بی‌دررو، این هوای خشک وارد استان گلستان شده است. در الگوی دوم زبانه‌ای از پرفشار سیبری که هسته اصلی آن در ارتفاعات هیمالیا مستقر گردیده تا نواحی زاگرسی کشیده شده و

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-30]

سلول بسته‌ای با فشار مرکزی ۱۰۲۰ هکتوپاسکال به‌وجود آورده است. از طرفی در شرق دریاهای سیاه و مدیترانه سلول کم‌فشاری که تشکیل‌شده است جریان‌های سطحی را در منطقه تحت تأثیر خود قرار داده است. این شرایط سبب شده تا ضمن به‌وجود آمدن شیب فشار بین دو سامانه، جریانات جنوبی نیز در منطقه ایجاد شده و با عبور از ارتفاعات وارد استان بشود. این سیر انتقالی شمال به جنوب سبب شده است تا طی گرمایش و خشک بودن محیط، شرایط برای مناطق مستعد آتش‌سوزی فراهم گردد. الگوی دوم نیز نشان می‌دهد که با تشکیل پرفشار زاگرس در منطقه و جریان پادساعت‌گرد آن، جریان انتقالی به نواحی شمالی کشور بیش‌تر به‌صورت جنوب‌غربی در آید، این امر به دلیل استقرار کم‌فشاری بر روی دریای خزر است که پربندی از کم‌فشار شمال اروپا می‌باشد و باعث شده است تا ضمن ایجاد گرادیان ۸ هکتوپاسکالی بین این دو سامانه، توده‌هوای وارده به منطقه هم منشأ محلی داشته و هم از سامانه‌های همدید مستقر در منطقه تأثیر پذیرفته باشد. در الگوی چهارم نیز کم‌فشار بسیار قوی در غرب روسیه با فشار مرکزی ۱۰۰٤ هکتوپاسکال تشکیل گردیده و گسترش شرقی-غربی خود، منطقه وسیعی در تحت تأثیر قرار داده است. با کشیده شدن و متمایل شدن پربندهای این کم‌فشار به‌سوی جنوب دریای خزر نوعی جریان چرخندی بر منطقه حاکم شده است. از طرفی با تشکیل و تقویت پرفشار زاگرس، جریان غربی قوی در منطقه خزری به‌وجود آمده است که با ورود بسته‌هوا با جهتی غربی به منطقه، به‌صورت یک جریان جنوبی در آمده و به‌سوی مرکز کم‌فشار حرکت کرده است (شکل ۳).



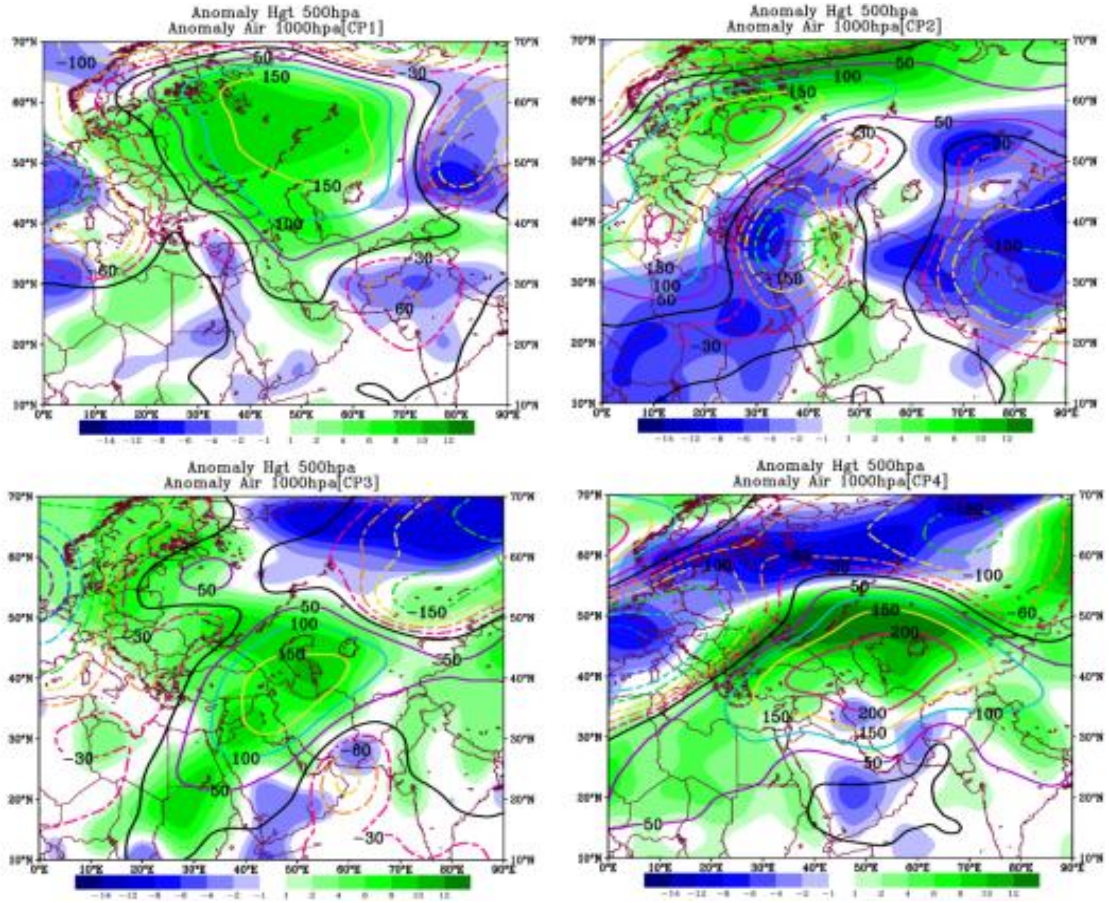
شکل ۳: نقشه آرایش الگوهای فشار تراز دریا و بردار باد در چهار الگوی گردشی

Figure 3: Arrangement map of sea level pressure and wind vector patterns in four circular patterns

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-30]

- وضعیت ناهنجاری دمای هوا در سطح زمین و ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال

پدیده غالب و درخور توجه در بررسی نقشه‌های ناهنجاری در الگوی اول، تشکیل هسته بیشینه ناهنجاری ارتفاع ژئوپتانسیل در منطقه وسیعی است که مقدار آن به بیش از ۱۵۰ ژئوپتانسیل متر در روز رسیده است، پیامد آن با افزایش ۱۰ الی ۱۲ درجه‌ای دمای هوا در شمال‌شرق هسته بیشینه ارتفاع ژئوپتانسیل می‌باشد. این وضعیت تمامی مناطق غربی روسیه و نواحی شمالی کشور را در برگرفته است و که مقادیر دما در ناحیه خزری بین ٤ الی ٦ درجه سانتی‌گراد در روز است (شکل ٤).



شکل ٤: نقشه وضعیت ناهنجاری دمای هوا در سطح زمین و ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال

Figure 4: Map of air temperature anomalies at ground level and geopotential height of 500 hPa

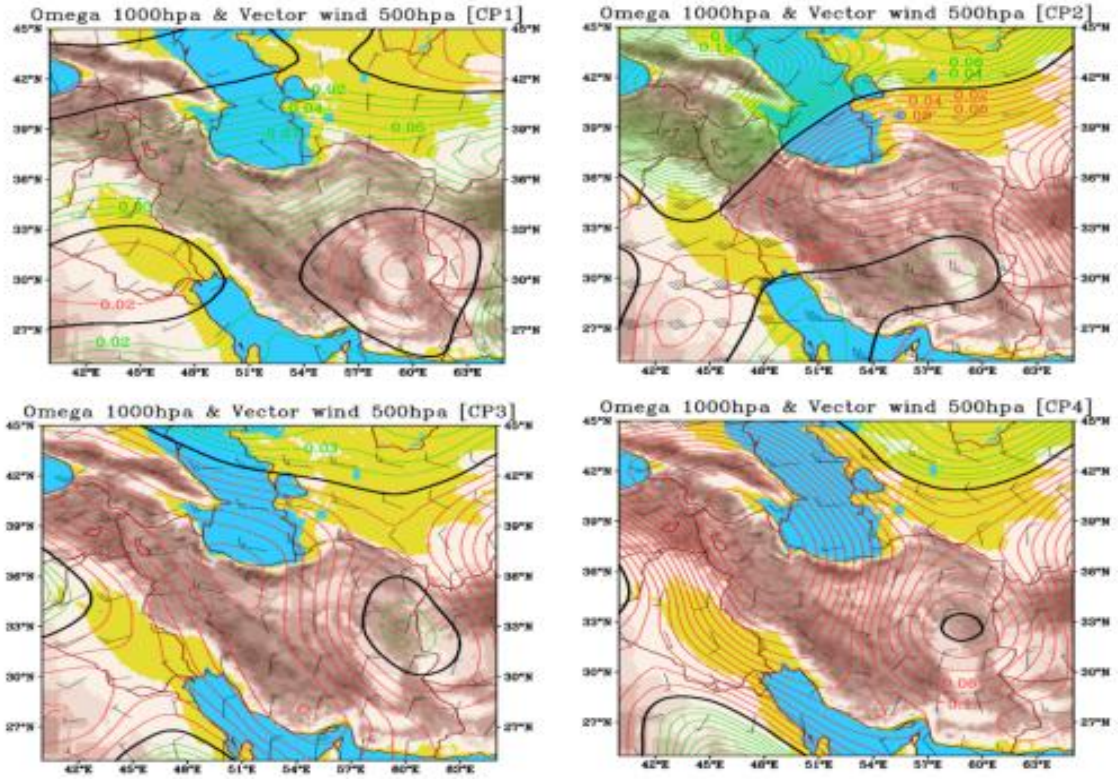
در الگوی دوم شرایط به‌گونه‌ای دیگر است به‌طوری‌که به‌موازات تاوایی مثبت بر روی منطقه هسته کمینه ارتفاع ژئوپتانسیل با هسته مرکزی کم‌تر از ۱۸۰- ژئوپتانسیل متر در مناطق غربی خاورمیانه به‌وجود آمده و در ضلع مقابل آن به دلیل تشکیل ناوه نسبتاً عمیق مناطق شمال هند و غرب چین نیز ارتفاع به کم‌تر ۱۵۰- می‌رسد. نکته جالب توجه این است که مقادیر ناهنجاری منفی دما در این الگو به دلیل نفوذ پرفشار حرارتی سیبری با افتی ٤- تا ٦-

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-30]

روبرو بوده است. در الگوی سوم با افزایش ناهنجاری ارتفاع ژئوپتانسیل بر روی نیمه شمالی کشور ناهنجاری دما نیز با افزایشی بیش از ۱۲ درجه منطبق بر جنوب دریای خزر به‌وجود آمده که نشان از تشکیل هسته گرم به دلیل نزول دینامیکی هوا در منطقه دارد. الگوی چهارم نیز با بیشینه ناهنجاری ارتفاع ژئوپتانسیل به مقدار ۲۰۰ ژئوپتانسیل متر که هسته اصلی آن بر روی دریای خزر بسته شده مشاهده می‌شود. طی این فرآیند بسته هوا طی فرونشینی با افزایش شدیدی همراه بوده است که به بیش از ۱۲ درجه سانتی‌گراد می‌رسد. از طرفی این وضعیت گرم شدگی تا شمال‌شرق ایران ادامه داشته که مقدار آن در محدوده استان گلستان نزدیک به ۸ درجه سانتی‌گراد رسیده است (شکل ٤).

- وضعیت سرعت قائم (امگا) و بردار باد در تراز میانی جو

بر اساس شاخص امگا در الگوی اول مشاهده شد که به دلیل گرمایش سطحی ناپایداری و جریان بالاسوی نسبتاً قوی بر مرکز ناحیه خزری با هسته مرکزی ۰/۰۷- پاسکال بر ثانیه ایجاد شده است که هر چه از مرکز این هسته دورتر شده و به شرق و غرب حرکت کرده از مقدار آن کاسته شده است. بر اساس بردار باد نیز جریان‌های وارد شده به منطقه کاملاً شمالی بوده و با سرعتی پایین و ملایم به داخل ناحیه خزری نفوذ کرده‌اند (شکل ۵).



شکل ۵: نقشه وضعیت سرعت قائم (امگا) و بردار باد در تراز میانی جو

Figure 5: Map of vertical velocity (Omega) and wind vector at mid-atmosphere

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-30]

در الگوی دوم مشاهده می‌شود که هسته قوی نزول هوا بر روی نیمه شرقی ناحیه خزر ایجاد شده و مقدار آن در مرکز هسته به بیش از ۰/۱۶ پاسکال بر ثانیه رسیده که دقیقاً منطبق بر استان گلستان است. با ایجاد جریان نزولی شدید و وزش بادهای شدید در منطقه شرایط برای آتش‌سوزی در منطقه فراهم گردیده است که در پژوهش Ghavidel et al (2016) نیز به این مورد اشاره شده است. الگوی سوم نیز نشان می‌دهد که به‌جز قسمت‌هایی از شرق کشور، جریان نزولی هوا کل کشور را فرا گرفته که بیشینه آن بر روی نواحی زاگرس می‌باشد و دارای دو هسته مثبت شاخص امگا می‌باشد که یکی در شمال و دیگری در جنوب زاگرس تشکیل شده است. از طرفی مشاهده می‌شود که بر روی ناحیه خزری جریان باد شمال‌غربی بوده و سرعت آن ۱۵ متر بر ثانیه است. در الگوی چهارم نیز سراسر کشور را جریان نزولی در برگرفته که کانون اصلی آن شمال‌غرب ایران است. این شرایط باعث شده جوی ساکن در لایه‌های زیرین تشکیل گردد. با حبس هوا در لایه‌های زیرین و فرونشینی آن و گرمایش بی‌دررو در منطقه موجبات آتش‌سوزی در مناطق باوجود چوب‌های خشک را به‌وجود آورده است. جریان هوا نیز نشان می‌دهد که جهتی غربی داشته و بیش‌تر از سلول بسته شمال‌غرب کشور تأثیر پذیرفته است (شکل ۵).

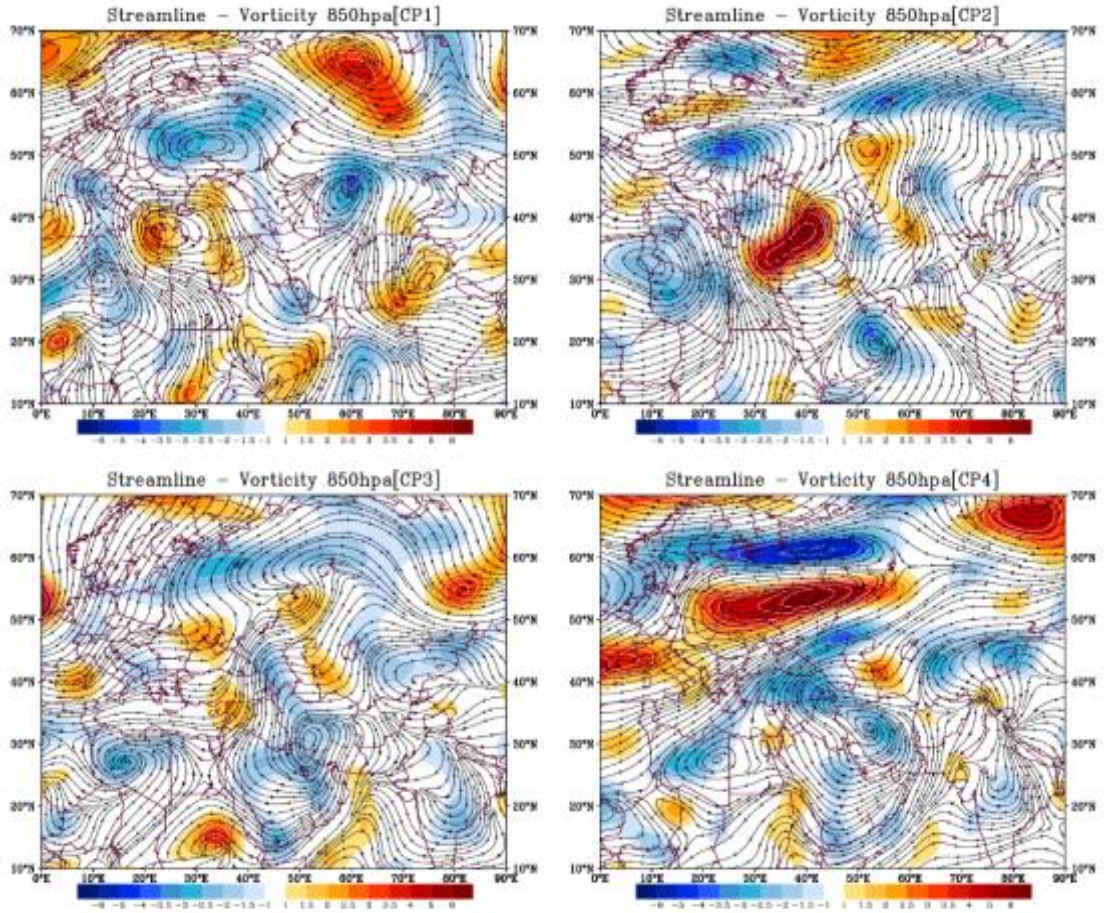
- وضعیت تاوایی و جریان هوا در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال

وضعیت جریان هوا و تاوایی در الگوی اول در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال نشان می‌دهد که یک چهارضلعی با سه ضلع جریان واچرخندی و یک ضلع چرخندی بر منطقه حاکمیت دارند.

هسته اول که در شرق اروپا ایجاد شده است جریان‌ها را به سمت غرب هدایت کرده و در شرق دریای خزر با جهتی شمال-جنوب مناطق شمال‌شرق ایران را تحت تأثیر خود قرار داده است. شاخه‌ای از این جریان به ضلع سوم که در جنوب خلیج‌فارس مستقر بوده جابجا گردیده و سپس وارد جریان چرخندزایی قوی واقع بر روی دریای مدیترانه شده است. در الگوی دوم هسته بسیار قوی چرخندگی مثبت در شرق مدیترانه ایجاد شده که شاخه‌های شرقی این سامانه از جنوب‌غرب وارد کشور گردیده و با جهتی جنوب‌غرب-شمال‌شرق ایران را در نوردیده است. مشاهده می‌شود که در البرز مرکزی پس از عبور جریان‌ها نزول هوا را در پی داشته ولی در شرق البرز و شمال‌شرق کشور یک جریان تاوایی مثبت برقرار شده است که در انتقال بسته‌هوا به عرض‌های بالاتر نقش اصلی را بازی می‌کند. سامانه تأثیرگذار در الگوی سوم سیستم واچرخند قوی تشکیل‌شده در نیمه جنوبی کشور است که مناطق پیرامونی خود را تحت تأثیر قرار داده است. جریان‌های خروجی از شرق این سامانه ضمن عبور از بیابان‌های عربستان و عراق از جانب شمال‌شرق وارد کشور شده و از جهت غرب وارد ناحیه خزری شده است. این سامانه پس از ورود به منطقه در شرق دریای خزر با ایجاد جریان تاوایی مثبت مسیر خود را به‌سوی جنوب روسیه ادامه داده است. در الگوی چهارم نیز سامانه واچرخندی مشاهده شده در الگوی سوم در غرب ایران با حرکت شمال سوی خود در عرض‌های بالاتر مستقرشده است. شاخه اصلی جریان‌های جداشده از این سامانه مربوط به غرب آن بوده که با چرخند شمال دریای سیاه ادغام و تا شمال روسیه ادامه یافته‌اند. تأثیر این سامانه بیش‌تر به‌صورت محلی و

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-30]

در مقیاس چند صد کیلومتر بوده است، به‌گونه‌ای که در ضلع شمالی آن جریان‌های هوا با جهتی غربی وارد منطقه شده و هوای گرم حاصل از این پرفشار دینامیکی را به منطقه انتقال داده است (شکل ٦).



شکل ٦: نقشه وضعیت تاوایی و جریان هوا در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال

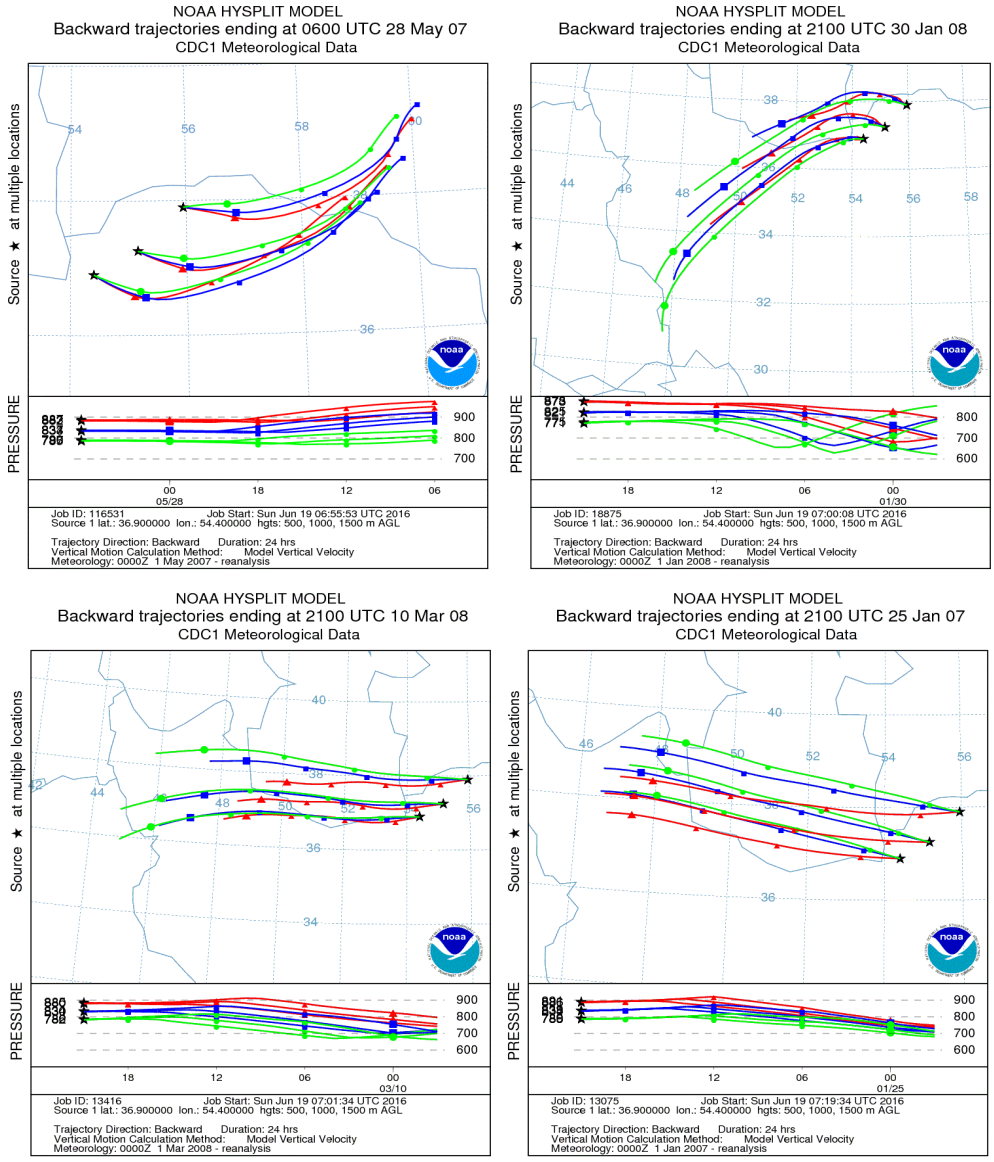
Figure 6: Vorticity status map and air flow at the level of 850 hPa

– مسیریابی توده‌هوای واردشده به منطقه در زمان رخداد آتش‌سوزی

به‌منظور شناسایی و ردیابی توده‌هوای وارد شده به منطقه در زمان رخداد آتش‌سوزی از مدل لاگرانژی پسگرد ذرات معلق (HYSIPLIT) استفاده شد. لازم به توضیح است که به دلیل کثرت روزها برای هر یک از الگوها یکی روز به‌عنوان نماینده انتخاب گردید و سه ایستگاه گرگان، گنبدکاووس و مراوه‌تپه به‌عنوان نماینده منطقه در مدل پسگرد از ٢٤ ساعت قبل تعیین شد. نتایج نشان داد که در الگوی اول بسته‌هوا از شرق ترکمنستان در سطوح پایینی جوی در ارتفاع ۷۵۰ تا ۹۰۰ متری به سمت منطقه شارش یافته است. این انتقال به دلیل پرفشار قوی سطحی تشکیل شده در غرب روسیه بوده که طی آن توده‌هوای تشکیل شده به سهولت در زمان رخداد آتش‌سوزی وارد منطقه شده است. جهت جریان‌ها در الگوی دوم جنوب‌غربی بوده است به‌گونه‌ای که منشأ بسته‌هوای حرکت کرده به‌سوی منطقه در

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-30]

جلگه خوزستان دیده می‌شود. این شرایط بیش‌تر برای دو منطقه گرگان و گنبدکاووس معتبر است؛ اما منشأ و مسیر حرکتی توده‌هوا به سمت مراوه‌تپه مربوط به غرب کشور و نواحی ساحلی دریای خزر می‌باشد. در الگوی سوم جریان انتقالی ذرات هوا کاملاً غربی بوده و سرمنشأ آن برای گرگان و گنبدکاووس در ارتفاع ۷۸۰ متری خارج از مرزهای کشور بوده و باقی آن در دو ارتفاع دیگر از سوی شمال‌غرب به منطقه سرازیر شده‌اند. الگوی چهارم نیز بیش‌تر به‌صورت منطقه‌ای بوده و از مناطق شرقی استان‌های آذربایجان‌شرقی و اردبیل به‌سوی منطقه حرکت کرده‌اند. مشاهده می‌شود که برای هر سه منطقه توده‌هوا در تراز ثابتی بوده و هر چه به مناطق یاد شده نزدیک می‌شود از ارتفاع آن کاسته شده است (شکل ۷).



شکل ۷: مسیریابی توده‌هوای واردشده به منطقه در زمان رخداد آتش‌سوزی برای چهار الگوی گردشی

Figure 7: Routing of air mass entering the area at the time of fire for four circulating patterns

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-30]

نتیجه‌گیری

در این پژوهش با انجام تحلیل خوشه‌ای مشخص گردید که در زمان رخداد آتش‌سوزی ٤ الگو در منطقه حاکمیت داشته‌اند. با بررسی نقشه‌های تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال مشخص گردید که در الگوی اول یک بندال امگایی شکل مابین طول ٤۰ تا ۷۰ درجه شرقی و عرض ۳۰ تا ۷۰ درجه شمالی تشکیل شده است. این سامانه سبب شده تا در محدوده یاد شده جریان‌ها از حالت غربی خارج و به‌صورت نصف‌النهاری حرکت کنند. در الگوی دوم ناوه بسیار عمیقی بر جانب غرب روسیه و خاورمیانه تشکیل شده است. این وضعیت سبب شده است تا با صعود بسته‌هوا در مناطق جنوبی کشور و فرونشست آن در شمال ناحیه خزری شرایط برای رخداد آتش‌سوزی فراهم آید. در الگوی سوم با تشکیل ناوه نسبتاً عمیق در غرب دریای سیاه و کشیده شدن آن به عرض‌های پایین‌تر جریان هوا از شمال افریقا شروع به صعود کرده و تا عرض‌های ٤۰ تا ۵۰ درجه پیشروی نموده است. با عبور بسته‌هوا از رشته‌کوه البرز و فرونشست آن در مناطق شمالی ایران ازجمله استان گلستان شرایط برای تشدید آتش‌سوزی در منطقه فراهم شده است. در الگوی چهارم یک مانع با ارتفاع مرکزی ۵۸۰۰ ژئوپتانسیل متر بر روی ایران قابل شناسایی است. در دل این سامانه طی ایجاد تاوایی منفی و همگرا شدن بسته‌هوا در تراز میانی جو و در نهایت افزایش دما به‌صورت بی‌دررو موجبات خشکی هوا در منطقه فراهم شده است. همچنین با استفاده از الگوریتم HYSIPLIT مسیرهای حرکتی توده‌های هوایی در زمان وقوع آتش‌سوزی مشخص گردید. نتایج نشان داد که در الگوی اول بسته‌هوا از شرق ترکمنستان در سطوح پایینی جو در ارتفاع ۷۵۰ تا ۹۰۰ متری به سمت منطقه شارش یافته است. جهت جریان‌ها در الگوی دوم جنوب‌غربی بوده است به‌گونه‌ای که منشأ بسته‌هوایی که به‌سوی منطقه حرکت کرده در جلگه خوزستان دیده می‌شود. این شرایط بیش‌تر برای دو منطقه گرگان و گنبدکاووس صادق است. در الگوی سوم جریان انتقالی ذرات هوا کاملاً غربی بوده و سرمنشأ آن برای گرگان و گنبدکاووس در ارتفاع ۷۸۰ متری خارج از مرزهای کشور بوده و باقی آن در دو ارتفاع دیگر از سوی شمال‌غرب به منطقه سرازیر شده‌اند. در الگوی چهارم بیش‌تر به‌صورت منطقه‌ای بوده و از مناطق شرقی استان آذربایجان‌شرقی و اردبیل به‌سوی منطقه حرکت کرده‌اند. در نهایت برای بررسی میزان خطر آتش‌سوزی در دامنه‌های شمالی البرز (استان گلستان) از شاخص هاینس استفاده گردید که نتایج حاصل از شاخص مذکور نشان داد که در هر ٤ الگو، میزان حساسیت به آتش‌سوزی در رده متوسط قرار دارد. این شرایط نیز در پژوهش Mohammadi & Yolmeh (2013) که به یک نمونه از رخداد آتش‌سوزی‌های فراگیر پرداخته اشاره شده است. به‌گونه‌ای که بروز گرادیان شدید فشاری در دامنه‌های شمالی و جنوبی البرز و انتقال بسته هوا به منطقه ضمن گرمایش بی دررو، شرایط را برای آتش‌سوزی فراهم نموده است. همچنین شرایط مشابهی نیز در پژوهش Azizi & Yousefi (2009) بر روی اثر پدیده فون بر روی آتش‌سوزی استان‌های شمالی کشور نیز بیان شده است.

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-30]

References

- Akbary, M., Farahbakhshi, M., (2016), "Synoptic analysis and path simulation of severe Dust Storms (Case Study: Southwest of Iran)", ***Journal of Geographical space***, 16 (55): 273-291. [In Persian].
- Azizi, Gh., Yousefi, Y., (2009), "Warm wind (Foehn Wind) and forest fires in the provinces of Mazandaran and Giulan (Case study: fire on december 16-30, 2005)", ***Geographical Research***, 24 (1): 3-28. [In Persian].
- Azizi, Gh., Farzaneh, B., Alijani, B., (2012), "Synonymous analysis of fires in the northern forests of Iran in the case of Gilan and Golestan provinces", ***Journal of Spatial Planning***, 16(3): 80-98. [In Persian].
- Bajocco, S., Rosati, L., Ricotta, C., (2010), "Knowing fire incidence through fuel phenology: A remotely sensed approach", ***Ecological Modelling***, 221 (1): 59-66.
- Encinas, AH., Encinas, LH., White, SH., delRey, AM., Sánchez, GR., (2007), "Simulation of forest fire fronts using cellular automata", ***Advances in Engineering Software***, 38(6): 372-378.
- Gerdzheva, AA., (2014), "A comparative analysis of different wildfire risk assessment models (a case study for Smolyan District Bulgaria", ***European Journal of Geography***, 5(3): 22-36.
- Ghavidel, Y., Farajzadeh, M., Babaei, MK., (2016). "Synoptic backgrounds of the widest wildfire in Mazandaran Province of Iran during December 11–13, 2010", ***Meteorology and Atmospheric Physics***, 128 (6): 763-777.
- Hayasaka, H., Nakau, K., Kushida, K., Fukuda, M., Jandt, R., (2006), "Recent increases in large wildfires in the boreal forest of Alaska in relation to weather patterns", ***Forest Ecology and Management***, (234): 531-540.
- Kassomenos, P., (2010), "Synoptic circulation control on wild fire occurrence", ***Physics and Chemistry of the Earth***, 35 (9-12): 544-552.
- Keeley, JE., (2004), "Impact of antecedent climate on fire regimes in coastal California", ***International Journal of Wildland Fire***, 13 (2): 173-182.
- Kerr, JT., Ostrovsky, M., (2003), "From space to species: Ecological applications for remote sensing", ***Trends in ecology & evolution***, 18 (6): 299-305.
- Khorshiddoust, AM., Asadi, M., Hjimohammadi, H., (2019), "Reviews atmospheric mechanisms governing the occurrence of days with dust city of Tabriz and tracking using HYSPILIT model and MODIS Image", ***Journal of Geographical space***, 19 (65): 57-70. [In Persian].
- Levine, J. S. (1990). "Global biomass burning: atmospheric, climatic and biospheric implications", ***Eos, Transactions American Geophysical Union***, 71 (37): 1075-1077.
- Mahdavi, A., (2012), "Forests and rangelands? Wildfire risk zoning using GIS and AHP techniques", ***Caspian Journal of Environmental Sciences***, 10 (1): 43-52.
- Marozas, V., Racinskas, J., Bartkevicius, E., (2007), "Dynamics of ground vegetation after surface fires in hemiboreal Pinus sylvestris forests", ***Forest Ecology and Management***, 250(1-2): 47-55.
- Mofidi, A., Soltanzadeh, I., Yousefi, Y., Zarrin, A., Soltani, M., Samakosh, JM., Miller, ST., (2015), "Modeling the exceptional south Foehn event (Garmij) over the Alborz Mountains during the extreme forest fire of December 2005", ***Natural Hazards***, 75 (3): 2489-2518.

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-30]

- Mohammadi, F., Shabanian, N., Pourhashemi, H., Fatehi, P., (2010), "Risk zone mapping of forest fire using GIS and AHP in a part of Paveh forests", ***Iranian Journal of Forest and Poplar Research***, 18 (4): 569-586. [In Persian].
- Mohammadi, H., Yolmeh, I., (2013), "Statistical and synoptic analysis of forest fire in Golestan province (case study: 16 december 2005 and 9 March 2006)", ***Journal of Climate Research***, 1392 (15): 63-80. [In Persian].
- Podur, J., Martell, D. L., Knight, K., (2002), "Statistical quality control analysis of forest fire activity in Canada", ***Canadian Journal of Forest Research***, 32 (2): 195-205.
- Reinhard, M., Rebetez, M., Schlaepfer, R., (2005), "Recent climate change: rethinking drought in the context of forest fire research in Ticino, South of Switzerland", ***Theoretical and Applied Climatology***, 82 (1-2): 17-25.
- Salahi, B., Alijahan, M., (2016), "Synoptic analysis of the thermodynamic causes of forest fires in Dezful, Iran", ***Geography and Enviromental Hazards***, 5 (2): 65-85. [In Persian].
- Merino-de-Miguel, S., Huesca, M., González-Alonso, F., (2010), "Modis reflectance and active fire data for burn mapping and assessment at regional level", ***Ecological Modelling***, 221 (1): 67-74.
- Zarekar, A., Kazemi Zamani, B., Ghorbani, S., Ashegh Moalla, M., Jafari, H., (2013), "Mapping spatial distribution of forest fire using mcdm and gis (case study: three forest zones in Guilan province)", ***Iranian Journal of Forest and Poplar Research***, 21 (2): 218-230. [In Persian].
- Zhang, ZX., Zhang, HY., Zhou, DW., (2010), "Using GIS spatial analysis and logistic regression to predict the probabilities of human-caused grassland fires", ***Journal of arid environments***, 74 (3): 386-393.
- Zumbrunnen, T., Pezzatti, GB., Menéndez, P., Bugmann, H., Bürgi, M., Conedera, M., (2011), "Weather and human impacts on forest fires: 100 years of fire history in two climatic regions of Switzerland", ***Forest Ecology and Management***, 261 (12): 2188-2199.

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-30]