

تحلیل اقلیم سینوپتیک شرایط شکل‌گیری بلوم جلبکی در خزر جنوبی

عبدالعظیم قانقرمه - استادیار اقلیم‌شناسی، دانشگاه گلستان، گرگان، ایران

غلامرضا روشن^۱ - استادیار اقلیم‌شناسی، دانشگاه گلستان، گرگان، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۷/۲۹ تاریخ تصویب: ۱۳۹۱/۹/۱۸

چکیده

شرایط اقلیمی به عنوان یکی از عوامل اصلی در شکل‌گیری بلوم جلبکی در اکثر نواحی دریاچه‌ای، دریایی و اقیانوسی دنیا مطرح است. هدف اصلی این تحقیق، شناسایی الگوهای نقشه‌ای اقلیمی در زمان توسعه و گسترش جلبکی در سطح دریا و تعیین شرایط اقلیمی آن می‌باشد. داده‌های مورد استفاده در این تحقیق شامل فشار هوا در تراز ۵۰۰ و ۱۰۰۰ هکتوپاسکال، باد مداری و نصف النهاری و قائم، درجه دمای هوا و آب، کلروفیل است. روش تحقیق در این پژوهش به صورت الگوی محیطی به گردشی بوده است. برای انجام این تحقیق ابتدا زمان شکل‌گیری بلوم جلبکی تعیین و سپس عناصر اقلیمی همزمان با آن نقشه‌سازی شدند و در ادامه نیز تحلیل و نتیجه‌گیری انجام گرفت. نتایج این تحقیق حاکی از آن است که در زمان شکل‌گیری بلوم جلبکی بر روی خزر جنوبی، الگوی نقشه‌ای فشار هوا به صورت یک سامانه پرفشار با تداوم زمانی زیادی دیده می‌شود و منشا اصلی این پرفشار بر روی اقیانوس اطلس در حوالی پرفشار جنب حاره آزور قرار دارد. الگوی وزش باد به تبع این الگوی فشار در جهت عقربه ساعت بر روی منطقه در حال گردش است. همچنین جریانات عمودی هوا حاکی از آن است که در حوالی جنوب غربی خزر نزول ضعیفی از هوا دیده می‌شود.

کلیدواژه‌ها: اقلیم سینوپتیک، بلوم جلبکی، خزر جنوبی، الگوی محیطی به گردشی، فراز.

مقدمه

یکی از رویدادهای مهم که عموماً با تغییر فصل در دریاها و بدنه‌های آبی در نواحی مختلف دنیا رخ می‌دهد، رشد و افزایش تعداد گونه‌های خاصی از فیتوپلانکتون‌هاست. این رویداد در محیط‌های طبیعی سبب عدم توازن اکوسیستم‌های آبی نمی‌گردد. اما آلودگی‌های ناشی از فعالیت‌های انسانی زمینه رشد و تکثیر بیش از حد این فیتوپلانکتون‌ها و یا سایر فیتوپلانکتون‌های فرصت طلب را فراهم می‌آورد (برند^۱ و کامپتن^۲، ۲۰۰۷: ۲۳۳) از جمله اثرات ناشی از فعالیت‌های انسانی می‌توان ورود فاضلاب‌های کشاورزی، صنعتی و خانگی به بدنه‌های آبی اشاره نمود که سبب ورود مواد مغذی اضافی می‌گردند. افزایش مواد مغذی سبب اختلال در توازن زیستی شده و پدیده یوتروفیکاسیون در دریا شکل می‌گیرد (گرانیل^۳ و همکاران، ۱۹۹۹).

از آنجایی که سیانوفیتا (شاخه‌ای از فیتوپلانکتون‌ها) از مواد معدنی نیز همانند مواد آلی می‌توانند به عنوان منابع غذایی استفاده کنند، لذا شکوفایی سیانوفیتی در شرایط مناسب (دما، مواد مغذی و ...) بیش از سایر گروه‌های جلبکی اکوسیستم‌های آبی را تهدید می‌کند (سز^۴، ۱۹۹۸). سیانوفیتا به صورت طبیعی بخش کوچکی از هر اکوسیستم آبی اعم از شیرین، شور و لب شور را تشکیل می‌دهند. رشد این گروه در تراکم انبوه (به تعداد ۱۰۰ تا ۱۰۰۰ عدد در میلی لیتر) اصطلاحاً شکوفایی جلبکی یا بلوم نامیده شده و گاهی ممکن است که تعداد سلول‌های جلبک به بیش از یک میلیون در میلی لیتر برسد. شکوفایی جلبکی به رنگ‌های سبز، قهوه‌ای مایل به زرد و قرمز دیده می‌شود (گیلبرت و بیتچر، ۲۰۰۱).

شکوفایی جلبکی سبب پایین آمدن کیفیت آب شده و لایه کف مانند ضخیم و بد بویی را بر سطح آب تشکیل می‌دهد. این لایه از طرفی با سایه انداختن و جلوگیری از ورود نور خورشید به ستون آبی و نیز کاهش اکسیژن برساختمان بیولوژیکی و اکولوژیکی اکوسیستم آبی اثر نامطلوب می‌گذارد. از طرفی دیگر گونه تشکیل دهنده این لایه ممکن است بیوتوکسین تولید کند که مستقیماً به موجودات آبزی آسیب می‌رساند و در برخی از شرایط، سبب مرگ آنان می‌گردد. توکسین سیانوفیتی به سه دسته تقسیم می‌گردد. دسته‌ای از آنها هپاتو-تکسین به کبد صدمه می‌زنند و دسته‌ای دیگر درماتو-تکسین موجب آزار و خارش‌های پوستی در انسان، بعنوان آخرین موجود در زنجیره غذایی می‌گردند. دسته سوم نرو-تکسین بر سیستم عصبی آسیب می‌رسانند (سز، ۱۹۹۸).

1 Brand
2 Compton
3 Graneli
4 Sze

معمولاً افزایش دمای آب سطحی، pH خنثی و یا کمی قلیایی، وزش آهسته باد و میزان پایین نسبت نیتروژن به فسفر، رشد سیانوباکتری‌ها از جمله نودولارین^۱ را تشدید می‌کند. گونه *spumigena* به دلیل توانایی در تولید سم نودولارین در منطقه جنوبی دریای خزر نیاز به بررسی و تحقیق بیشتری دارد. زیرا وجود سم هپا توکسین که سبب سرطان کبد می‌شود در نودولارین ثابت گردیده است (پاکزوسکا^۲ و کزاکوسکا^۳، ۲۰۰۳: ۶۹۲-۶۷۹) سم این موجود از طرق مختلف سلامتی حیات وحش، حیوانات اهلی و انسان را بخطر می‌اندازد (کرنو^۴ و همکاران، ۲۰۰۷: ۲). به دلیل اهمیت این موضوع و ارتباط آن با عوامل آب و هوایی، پژوهشگران مختلفی از زوایای گوناگون به مطالعه زمینه‌های مختلف شکوفایی، رشد، گسترش جلبک‌های مضر و موارد شبیه به آن پرداخته‌اند (باپ^۵ و همکاران، ۲۰۰۱؛ بوید^۶ و دونی^۷، ۲۰۰۲؛ توزی^۸ و همکاران، ۲۰۰۴؛ کریستین^۹ و همکاران، ۲۰۰۴)؛ به عنوان مثال از آنجا که تغییر اقلیم و گرمایش جهانی در اکثر نواحی اقیانوسی با افزایش دمای آبها، افزایش تبخیر و تعرق و کاهش pH همراه بوده، این موضوع باعث گردیده که مور^{۱۰} و همکارانش (۲۰۰۸) تحقیقی تحت عنوان شناسایی نوسانات و تغییرات اقلیم آینده و تاثیرات آن بر روی بلوم جلبک‌های مضر و سلامتی انسان انجام دهند. آنها در این مطالعه جامع، جنبه‌های مختلف تاثیرگذاری تغییرات فازهای گرم و سرد جریانات اقیانوسی شبیه النینو و انسو، تغییرات دمای آب، تغییرات و نوسانات بالای آبی جریانات اقیانوسی در بستر گرمایش جهانی و بسیاری دیگر از فاکتورهای مرتبط با تغییرات آب و هوایی را مورد ارزیابی قرار دادند. آنها تحلیل‌های متفاوتی در راستای این تغییرات آب و هوایی و تاثیر آن بر روی رشد و نمو بلوم جلبکی انجام داده‌اند.

کایسا کانونن^{۱۱} و همکارانش (۱۹۹۶) در بررسی بلوم جلبکی مدخل خلیج فنلاند در دریای بالتیک به این نتیجه رسیدند که باد عامل کنترل کننده مواد مغذی در لایه اختلاط بالای آب است و همچنین شرایط آرام هوا و تابش گرم خورشید نیز سبب بالا رفتن دمای آب می‌گردد در نتیجه در لایه بالایی آب محیط مناسبی برای شکل‌گیری بلوم جلبکی فراهم می‌آید. قابل ذکر است که با توجه به بررسی‌های انجام شده توسط مولفین این مقاله، مطالعه‌ای در راستای ارتباط سنجی بین بلوم جلبکی با شرایط آب و هوایی و بالاخص با

-
- 1 Nodularia
 - 2 Paczuska
 - 3 Kosakowska
 - 4 Corno
 - 5 Bopp
 - 6 Boyd
 - 7 Doney
 - 8 Tozzi
 - 9 Christine
 - 10 Moore
 - 11 Kaisa kononen

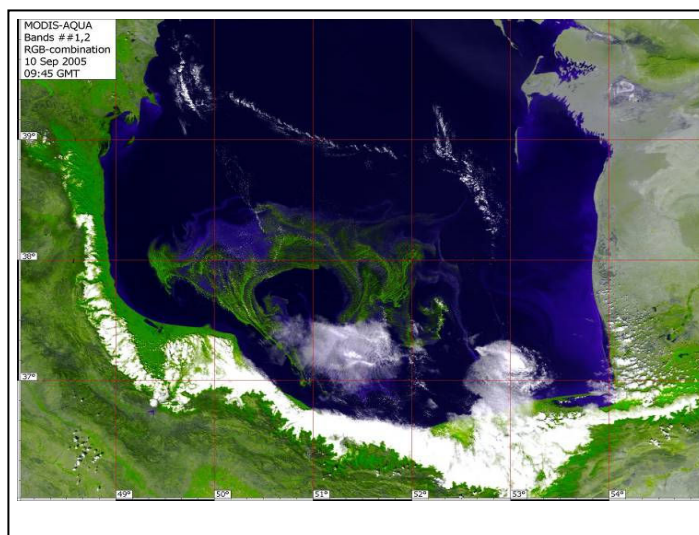
دیدگاه سینوپتیکی در سطح ایران انجام پذیرفته است. از این رو این تحقیق جزء اولین گروه پژوهش‌های مرتبط با این موضوع است. علی‌رغم این موضوع مطالعات وسیعی در زمینه الگوهای سینوپتیکی تاثیرگذار بر بارش‌ها و تغییرات دمای سواحل جنوبی خزر انجام شده است که به بعضی از آنها اشاره می‌شود. از جمله این پژوهش‌ها می‌توان به کار خوشحال (۱۳۷۶) اشاره نمود. یافته‌های پژوهش او نشان می‌دهد که یک جبهه محلی موسوم به جبهه نسیم دریا عامل اصلی وقوع بیشینه مقادیر بارش در حد فاصل خشکی و دریا است.

در عین حال، عمده محققین وقوع بارش‌های شدید فصل پائیز بر روی منطقه خزری را ناشی از وقوع همرفت دانسته‌اند (خلیلی، ۱۳۴۹؛ علیجانی، ۱۳۷۲؛ قشقایی، ۱۳۷۵). همچنین در دیگر مقالات، مفیدی و همکاران (۱۳۸۶-۱۳۸۵)، در یک بررسی همدیدی، سه الگوی اصلی برای وقوع بارش‌های شدید در دوره پائیزه و برای نواحی سواحل جنوبی دریای خزر ارائه دادند. اما بدلیل کثرت پژوهش‌ها بر روی بارش‌های پاییزه خزری و کمبود مطالعات در زمینه الگوهای همدیدی بارش‌های زمستانه، تحقیقی تحت عنوان تعیین الگوی همدیدی بارش‌های شدید زمستانه و مقایسه آن با الگوی بارش‌های شدید پائیزه در سواحل جنوبی دریای خزر بوسیله مفیدی و همکاران (۱۳۸۷) انجام پذیرفت. یکی از نتایج این تحقیق گویای ارتباط سنجی قوی و مستقیم بین دمای آب خزر با میزان بارش‌های آن است.

در یکی از جدیدترین مطالعات، قبادی و همکاران (۱۳۹۰) در زمینه شناسایی الگوهای همدید بارش‌های شدید زمستانه در سواحل جنوبی دریای خزر پژوهشی انجام داده‌اند. یافته‌های این تحقیق نشان دهنده آن است که بارش‌های شدید زمستانه در سواحل جنوبی دریای خزر نتیجه استقرار سه الگوی پرفشار، زوجی و کم فشار بر روی منطقه خزری بوده و در تمامی الگوها گردش و اچرخندی همراه با بادهای شمالی در ترازهای زیرین جو بر دریای خزر تسلط دارد. در مطالعه ای دیگر ناظم السادات و قاسمی (۱۳۸۳)، تأثیر نوسان‌های دمای سطح آب دریای خزر بر بارش فصول زمستان و بهار نواحی شمالی و جنوب غربی ایران را مورد مطالعه قرار دادند. در این بررسی آنها نشان داده‌اند که سردی بیش از معمول سطح دریای خزر در زمستان منجر به افزایش بارش زمستانه در ناحیه غربی و مرکزی این دریا می‌شود. هرچند که در کاری که قبلاً توسط رادیانف (۱۹۹۴) انجام گردید، نتایج کار او نشان داد که تأثیر دمای سطح آب دریای خزر بر بارش‌های مناطق مجاور هیچ گونه تأثیری نداشته است. در مقاله ای توسط قویدل و همکاران (۱۳۸۹)، ناحیه بندی سینوپتیک دمای منطقه خزر بر مبنای متغیرهای ترمودینامیک ترازهای فوقانی جو مورد توجه قرار گرفت. بر مبنای این تحقیق، نقش پهنه بزرگ آبی دریاچه، در مقیاس سینوپتیک در توزیع مکانی و ناحیه بندی دمایی منطقه، قوی نیست و به احتمال زیاد با انتقال و تبادل انرژی و ایجاد جریان‌های نسیم خشکی-دریا، تأثیر آن در مقیاس کوچک تا متوسط و در بخش‌هایی از سال قابل رؤیت است.

به هر حال در این راستا اولین گزارش پدیده شکوفایی جلبکی بی سابقه که در سواحل ایرانی دریای خزر رخ داد، مربوط به اواخر شهریور تا مهر ۱۳۸۴ است. این حادثه که در سواحل انزلی در استان گیلان تا سواحل نوشهر در استان مازندران در بخش مرکزی و غربی سواحل ایرانی دریای خزر رخ داد، در سال های ۱۳۸۸ و ۱۳۸۹ نیز این پدیده در سواحل جنوبی دریای خزر دیده شده است.

از آنجایی که شکل گیری بلوم جلبکی، علاوه بر مهیا بودن شرایط فیزیکی و بیوشیمیایی بدنه آبی، به مناسب بودن شرایط آب و هوای نیز بستگی دارد. به همین دلیل در این مقاله سعی گردید الگوهای آب و هوایی همزمان با شکوفایی جلبکی مورد ارزیابی قرار گیرد. هدف از این مطالعه، شناسایی الگوهای اقلیمی همزمان شکوفایی جلبکی در خزر جنوبی برای ماه های آگوست و سپتامبر ۲۰۰۵ می باشد، بطوری که نتایج آن می تواند تا حدودی مرحله آغازین و احتمال پیش بینی آن را در دریای خزر فراهم آورد.



شکل ۱ تصویر ماهواره ای گسترش شکوفایی جلبکی بر روی خزر جنوبی روز ۱۰ سپتامبر ۲۰۰۵ (منبع: سلوویو، ۲۰۰۵)

مواد و روش ها

محدوده مورد مطالعه در این تحقیق بخش جنوبی دریای خزر می باشد که یکی از استثنایی ترین شکوفایی جلبکی در ماه های آگوست و سپتامبر سال ۲۰۰۵ بطور مداوم اتفاق افتاده است (تصویر شماره ۱). داده های مورد استفاده در این تحقیق شامل ارتفاع ژئوپتانسیل در ترازهای ۱۰۰۰ و ۵۰۰ هکتوپاسکال، بادهای نصف النهاری (U-wind) و بادهای مداری (V-wind) در ارتفاع ۱۰ متری، دمای هوای ارتفاع ۲ متری، دمای سطح آب دریای خزر و کلروفیل آ می باشد. محدوده الگوهای فشار از نصف النهار گرینویچ تا ۸۰ درجه طول شرقی و همچنین برای الگوی باد و دمای هوا نیز محدوده دریای خزر و نواحی مجاور آن برای ۴۰ تا

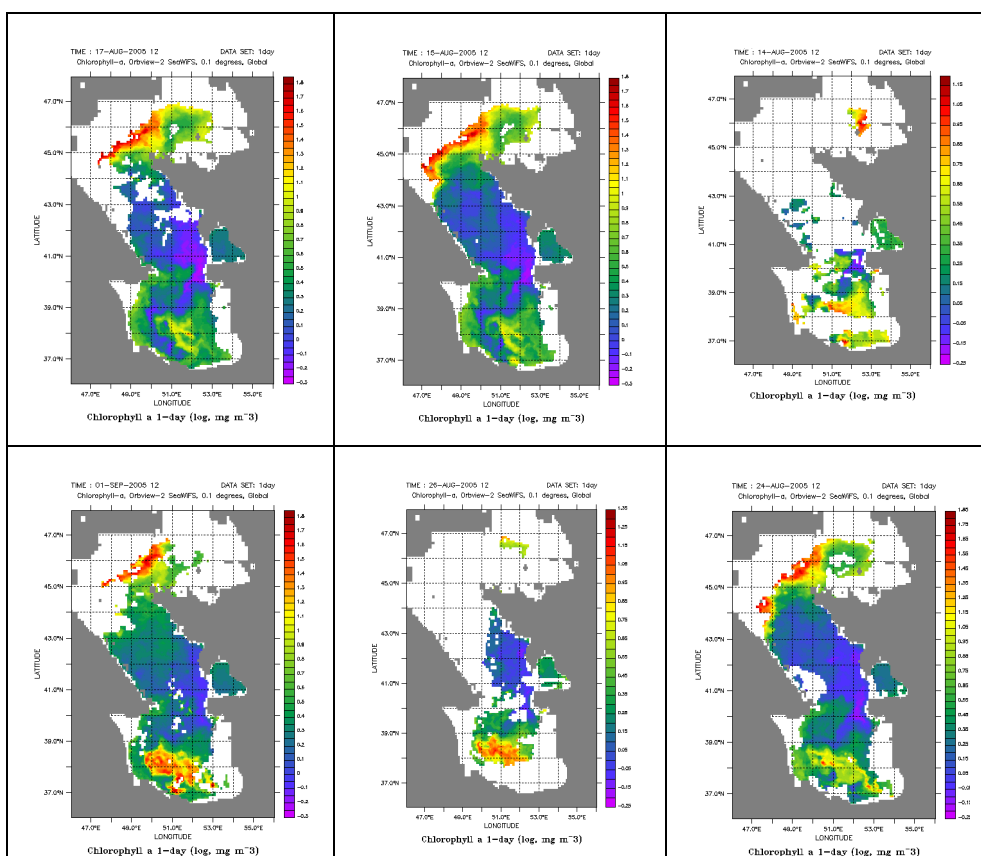
۶۰ درجه شرقی و ۳۵ تا ۵۰ درجه شرقی استفاده گردید. این داده‌ها از سایت نوا (NOAA) به صورت فرمت *.nc دریافت گردیدند و سپس به فرمت متنی (*.txt) تبدیل شدند و در مرحله بعد به صورت ماتریس زمان و مکان برای دو ماه مورد نظر در آمدند. در نهایت نقشه سری‌های زمانی برای هر کدام تولید گردیدند و به صورت همدیدی در کنار هم جایگذاری شده و سپس مورد تحلیل قرار گرفتند. در این تحقیق نقشه بادهای کمتر از ۴٫۸ متر بر ثانیه و همچنین دمای هوای بیش از ۲۵ درجه سانتیگراد مورد ارزیابی قرار گرفتند. قابل ذکر است که روش تحقیق در این مقاله به صورت کلی شامل الگوی محیطی به گردش می‌باشد. لازم به ذکر می‌باشد که در این پژوهش از نرم افزارهای Excel، Surfer استفاده گردید، همچنین برنامه ای تحت عنوان change data برای این کار تهیه شد که در تبدیل داده از آن استفاده شد است.

بحث و نتایج

بررسی کلروفیل سطح آب دریای خزر در زمان شکوفایی جلبکی نشان می‌دهد میزان آن نسبت به مواقع عادی افزایش زیادی یافته است بطوری که از تصویر شماره (۲) مشخص می‌گردد در پهنه خزر جنوبی تغییرات طیف رنگ آن قابل ملاحظه است. همچنین تغییرات دمای سطح آب دریای خزر نیز به میزان زیادی در خزر جنوبی و بخصوص در نواحی شکوفایی جلبکی بالا بوده است (شکل ۳). با بررسی میانگین درازمدت دمای سطح آب خزر جنوبی مشخص می‌گردد که این مقدار در ماه آگوست ۲۶٫۲ سانتیگراد و برای ماه سپتامبر ۲۷٫۱ سانتیگراد می‌باشد. حال آنکه در زمان رخداد بلوم جلبکی، مقدار دمای سطح آب در خزر جنوبی بترتیب برای دو ماه مورد نظر به ترتیب ۰٫۹۶ و ۱٫۸ درجه افزایش یافته است.

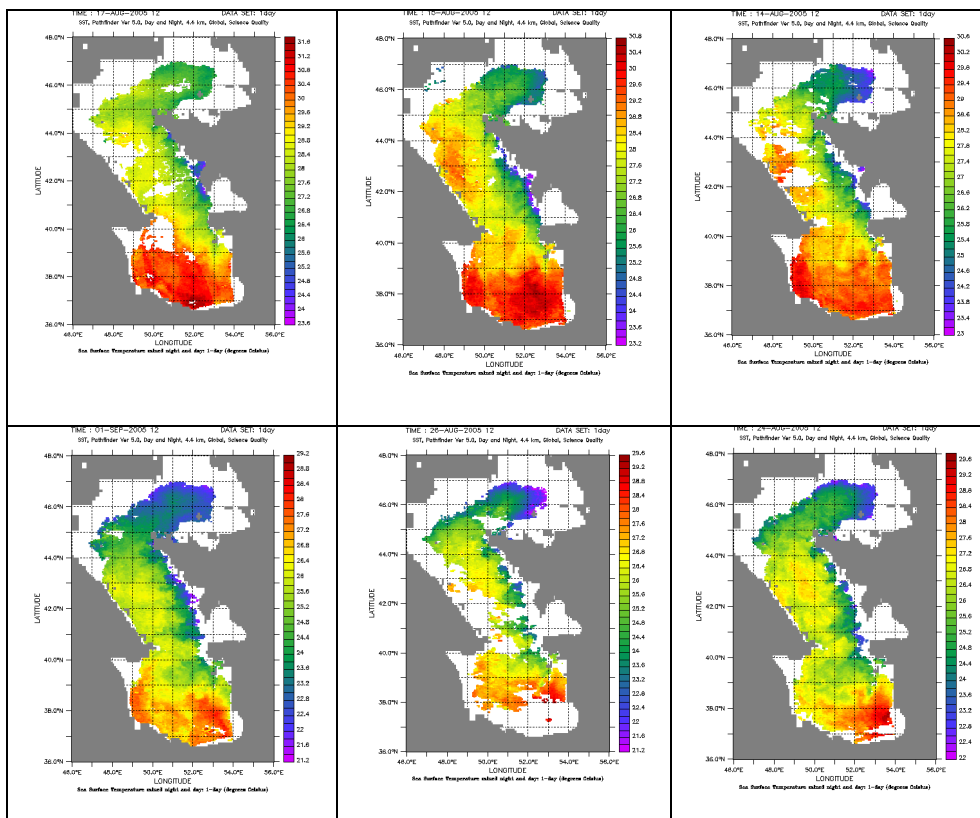
برای مشخص نمودن معیار پایداری سرعت باد ابتدا میانگین دراز مدت برای دو ماه سپتامبر و آگوست محاسبه گردید که مقدار آن ۴٫۸ متر بر ثانیه محاسبه شد. بنابراین در این پژوهش به صورت قراردادی، مقادیری که پایین تر از میانگین هستند به عنوان پایداری هوای سطحی در نظر گرفته شده است. الگوی بادهای با کمتر از ۴٫۸ متر بر ثانیه بر روی دریای خزر و نواحی مجاور، در تمامی روزهای شکوفایی جلبکی در ماه‌های آگوست و سپتامبر ۲۰۰۵، در اکثر بخش های خزر جنوبی قابل مشاهده می‌باشد. به عبارت دیگر بادهای کمتر از ۴٫۸ متر بر ثانیه که شاخصی از پایداری هوا بر روی دریای خزر در نظر گرفته شد، در طی دو ماه مورد نظر بر روی دریای خزر با بیشترین فراوانی دیده شده است (شکل ۴). این شرایط حاکی از آن است که در دو ماه مورد مطالعه، در حدود ۷۴ درصد از روزها نسبت به دوره بیست ساله ۲۰۱۰ تا ۱۹۹۰، سرعت باد کمتری از میانگین را تجربه کرده اند (تصویر شماره ۴). همان گونه که شکل ۴ نشان می‌دهد، روند کاهشی تغییرات سرعت باد با شیب ملایم تری رخ داده است بگونه ای که دامنه تغییرات سرعت باد بین تقریباً ۱۰.۵ تا ۱ متر بر ثانیه و به سوی پایداری تدریجی تغییر روند می‌دهد. اما بر عکس زمانی که روند

سرعت باد افزایشی می باشد این رخ داد با شیب افزایشی و ناگهانی اتفاق افتاده است. به عنوان نمونه، از 9 تا 19 اگوست سرعت باد تقریباً ۶ متر بر ثانیه به تدریج کاهش یافته است در حالی که افزایش آن سریع تر از روند کاهشش صورت گرفته است. تغییرات جهت باد نیز نشان می دهد گردش هوا در دوره مورد نظر به صورت واپرخندی بوده و جهات وزش باد بین محدوده شمال تا شمال شرق در تغییر بوده است (شکل ۵).

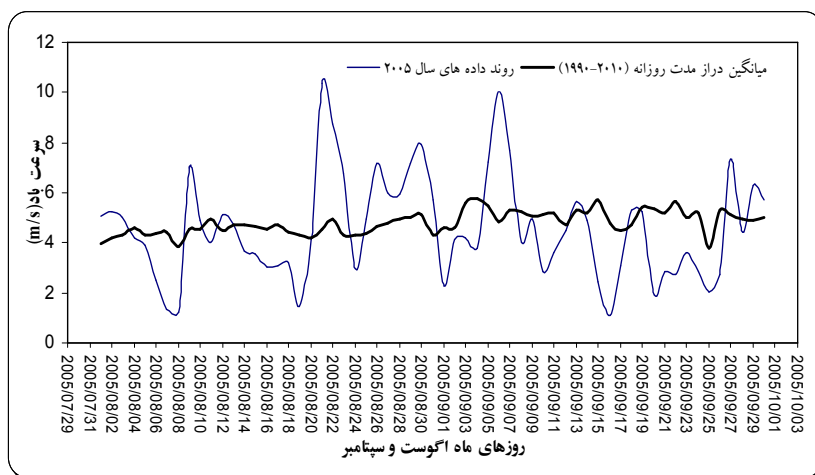


شکل ۲ نمونه ای پوشش کلروفیل آ سطح آب دریای خزر برای تعدادی از روزهای شاخص همزمان با شکوفایی جلبکی سال ۲۰۰۵ (منبع ۸).

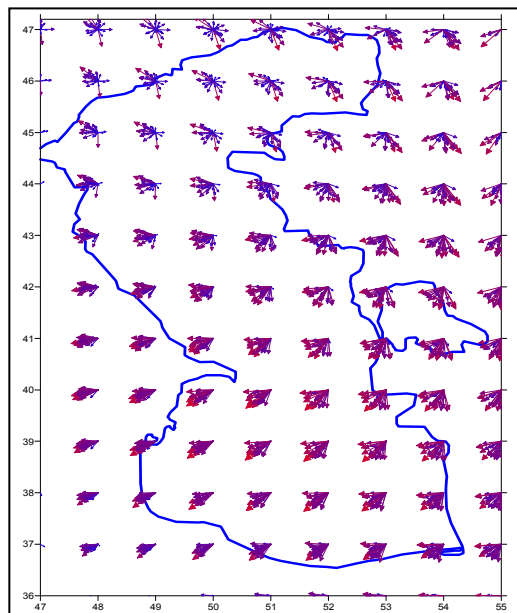
الگوی دمای هوا بر روی دریای خزر و نواحی مجاور در دو ماه اگوست و سپتامبر ۲۰۰۵ نشان می دهد که از روز ۲۰۰۵/۰۸/۰۱ تا ۲۰۰۵/۰۸/۲۰ دما بیش از ۲۵ درجه سانتیگراد بوده و گاهی نیز در غرب خزر میانی هسته همدمای خنکی تشکیل شده است. در حالی که از روز ۲۰۰۵/۰۸/۲۱ تا ۲۰۰۵/۰۹/۳۰ مناطق با دمای بیش از ۲۵ درجه سانتیگراد به خزر جنوبی و نواحی مجاور آن محدود شده است (شکل ۶).



شکل ۳ نمونه ای پوشش دمای سطح آب دریای خزر برای تعدادی از روزهای شاخص همزمان با شکوفایی جلبکی سال ۲۰۰۵ (منبع: <http://las.pfeg.noaa.gov>)

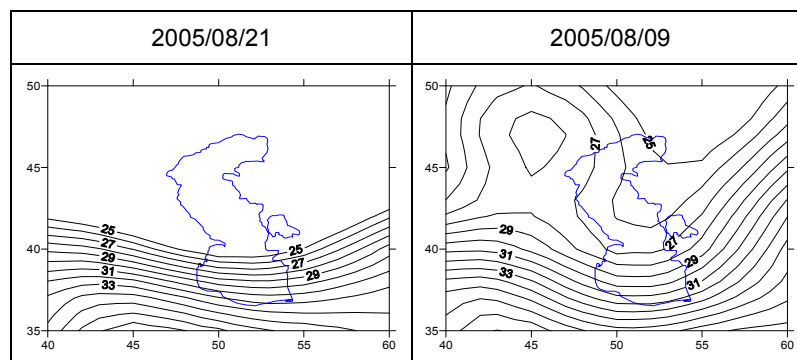


شکل ۴ مقایسه تغییرات سرعت باد در مختصات ۵۲,۵ درجه شرقی و ۳۸,۵ درجه شمالی بر روی خزر جنوبی برای میانگین دراز مدت (۱۹۹۰-۲۰۱۰) ماههای اگوست و سپتامبر نسبت به سال ۲۰۰۵



شکل ۵ نقشه جهات غالب وزش باد بر روی دریای خزر در ماه‌های اگوست و سپتامبر ۲۰۰۵

الگوی ارتفاع ژئوپتانسیل در تراز ۱۰۰۰ هکتوپاسکال در دوره شکوفایی جلبکی نشان می‌دهد که بر روی خزر و نواحی مجاور آن سامانه‌های واچرخندی تقریباً پایداری حاکم شده است، اما این واچرخندها با تکرار و توالی بر روی خزر در طی دو ماهه حادث شدند. الگوهای نقشه ای این سامانه‌ها نشان می‌دهد که مرکز اصلی آن بر روی اقیانوس اطلس و پرفشار آזור قرار دارد و از آن زبان‌های در جهت شرق در دو مسیر بر روی اروپا و آفریقا به طرف دریای خزر گسیل شدند. اما مسیر جنوبی سامانه‌های واچرخندی به دلیل استقرار کم فشار بر روی ایران مستقیم نمی‌تواند به خزر برسد و در نتیجه به شمال تمایل پیدا می‌کند و با زبان اروپایی ادغام می‌گردد. بطور کلی زمانی که پرفشار با زبان باریک و کم عرض بر روی دریای خزر کشیده می‌شوند به دلیل تغییرات سریع در زبان الگوی گردشی شدیدی ایجاد می‌شود، ولی با مرور زمان این الگو هموارتر و پهن تر می‌گردد و در نتیجه الگوی گردشی پایداری بوجود آمده و در نتیجه هوا پایداری تر می‌گردد.



شکل ۶ نمونه‌ای از نقشه همدمای هوای بیش از ۲۵ درجه سانتیگراد در ارتفاع ۲ متری

شاخص ترین حالت زبانه کم عرض در روز ۲۰۰۵/۰۸/۰۹ دیده می‌شود به طوری که در این روز از غرب و شمال غرب خزر زبانه ای وارد شده است. مسیر آن از شمال دریای مدیترانه، نیمه جنوبی اروپا و از روی اقیانوس اطلس سرازیر شده است در حالی که زبانه جنوبی پرفشار آזור تا شبه جزیره عربستان کشیده شده است. شکل شماره (۷) نمونه هایی از الگوهای نقشه تراز ۱۰۰۰ هکتوپاسکال را همزمان با شکوفایی جلبکی بر روی خزر جنوبی نشان می‌دهد.

الگوی فشار تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال بر روی خزر و نواحی مجاور حاکی از آن است سامانه‌های پرفشار مستقر بر روی ۱۰۰۰ هکتوپاسکال با فرازهای سطوح میانی جو هماهنگ هستند با این تفاوت که آرایش سطوح میانی جو بدلیل قرار گرفتن در خارج از محدوده اصطکاک از نظم بیشتری برخوردار است، همچنین از نظر موقعیت مکانی کاملاً منطبق با همدیگر نیستند. اما آنچه مشخص است تمامی پرفشارها چه در سطوح پایین و چه در سطوح میانی جو از منشاء آזור از روی اقیانوس اطلس سرچشمه گرفته اند. بطور کلی مطابق جدول شماره (۱) الگوهای سطوح میانی جو در دوره‌های مطرح شده تقریباً شبیه همدیگراند؛ به عبارت دیگر به دلیل توالی و تداوم زمانی هر کدام تقریباً یک نوع خاصی از الگوی جوی هستند.

شکل شماره (۸) تعدادی از روزهای شاخص را برای الگوهای ۵۰۰ هکتوپاسکال نشان می‌دهد. بر این اساس، در روز ۲۰۰۵/۰۸/۰۴ در غرب دریای خزر و در نواحی شمالی مدیترانه شرقی یک کم فشار به صورت یک سلول بسته دیده می‌شود و در شرق آن بر روی خزر و ایران یک سلول بسته پرفشار دیده می‌شود که تمامی ایران را پوشانده است. در روز شاخص ۲۰۰۵/۰۸/۱۰ یک کم فشار بر روی اروپای غربی مستقر شده است و از جنوب ایران تا عرض‌های ۷۰ درجه شمالی بصورت یک فراز ادغام شده دیده می‌شود. در این فراز که شامل دو هسته می‌باشد یکی از آنها در جنوب ایران و دیگری در شمال دریای خزر قرار گرفته است. در شرق دریای خزر نیز یک فرود بسیار ضعیف با محور شمالشرقی دیده می‌شود. در روز شاخص ۲۰۰۵/۰۸/۱۴ دو هسته پرفشار ضعیف در شمالشرق و جنوبشرق خزر یا جنوبشرق ایران قرار گرفته است و تا حدودی آرایش این سامانه‌ها، خزر را تحت تاثیر قرار داده اند و در غرب دریای خزر تا اقیانوس اطلس آرایش ایزوباری به موازات مداری دیده می‌شود.

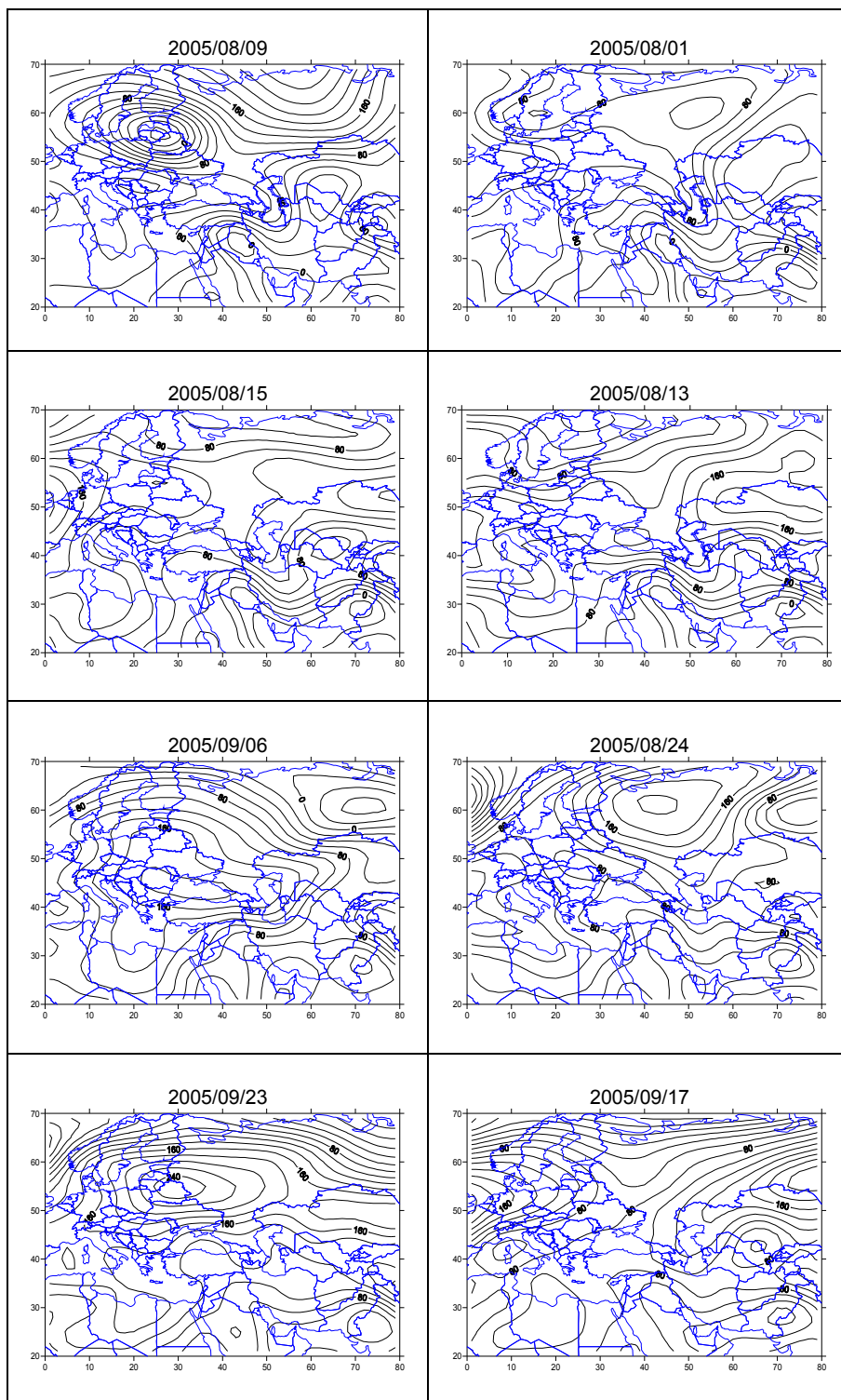
در روز شاخص ۲۰۰۵/۰۸/۱۷ بروی دریای خزر و نواحی مجاور آن یک زبانه پرفشار آזור که از روی اقیانوس اطلس، شمال آفریقا و عربستان به سمت ایران و خزر کشیده شده است. در روز ۲۰۰۵/۰۸/۲۱ در شمالشرق دریای خزر یک فرود با مرکز بسته و در جنوب نیز زبانه آזור، دریای خزر را تحت تاثیر خود قرار داده است. در روز شاخص ۲۰۰۵/۰۸/۲۶ در جنوب خزر و بر روی ایران و شبه جزیره عربستان، پرفشار آזור گسترده شده است و در بخش شمالی خزر نیز یک فراز یا واچرخند بسته شده دیده می‌شود که

ایزوبارهای آن با پرفشار آزور مشترک شده است. اما فرود بسته شده شمال شرق خزر نیز تا حدودی بدین وسیله تقویت شده است.

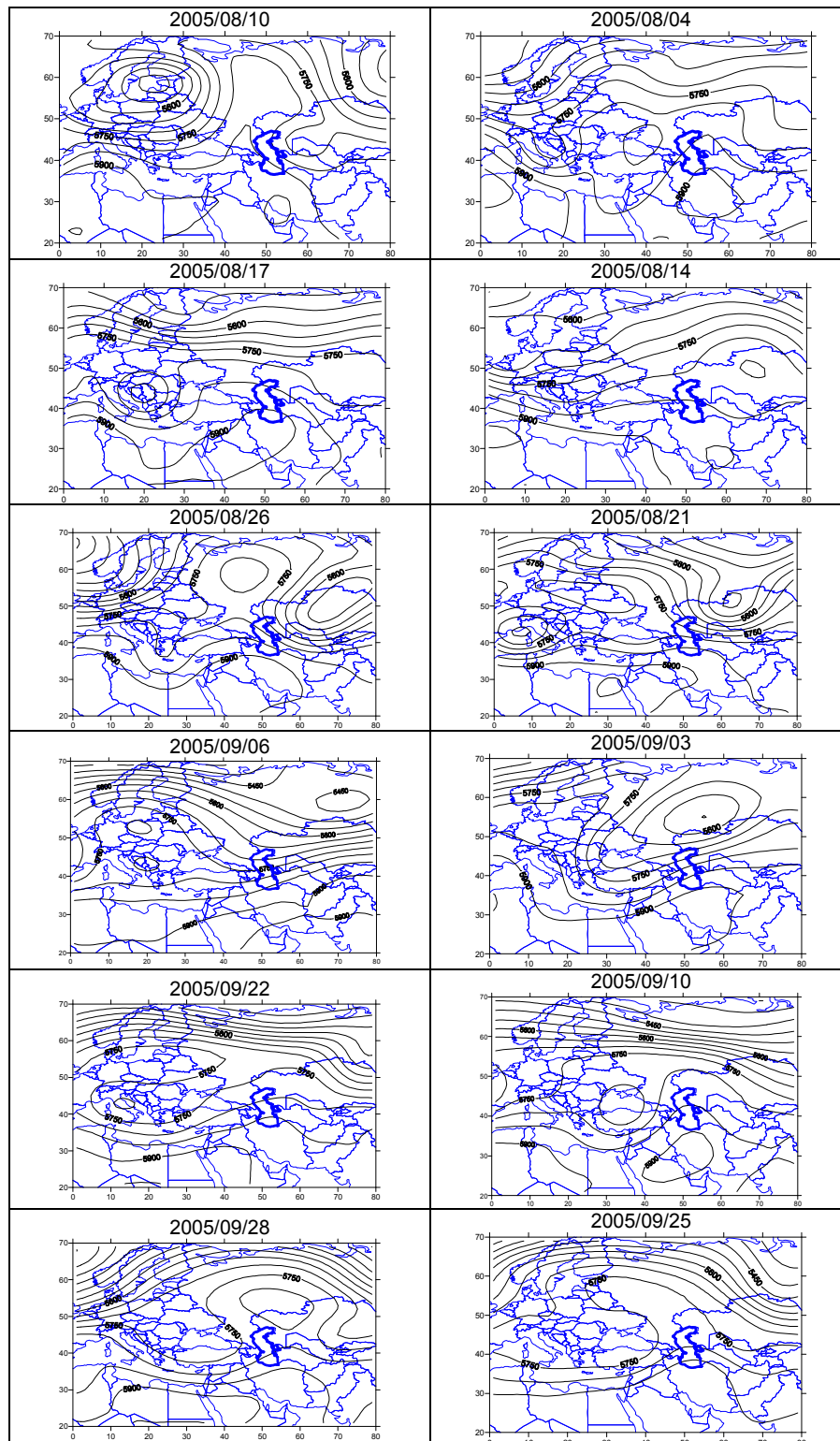
جدول ۱ دوره‌های تداوم زمانی الگوی سطوح میانی جو (تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال)

ردیف	دوره زمانی	تاریخ الگوی شاخص	تعداد روز
۱	2005/08/01 الی 2005/08/05	2005/08/04	۵
۲	2005/08/06 الی 2005/08/11	2005/08/10	۶
۳	2005/08/12 الی 2005/08/15	2005/08/14	۴
۴	2005/08/16 الی 2005/08/18	2005/08/17	۳
۵	2005/08/19 الی 2005/08/21	2005/08/21	۳
۶	2005/08/22 الی 2005/08/30	2005/08/26	۹
۷	2005/08/31 الی 2005/09/05	2005/09/01	۶
۸	2005/09/06 الی 2005/09/07	2005/09/06	۲
۹	2005/09/08 الی 2005/09/15	2005/09/10	۸
۱۰	2005/09/17 الی 2005/09/23	2005/09/22	۷
۱۱	2005/09/24 الی 2005/09/26	2005/09/25	۳
۱۲	2005/09/27 الی 2005/09/30	2005/09/28	۴

در روز شاخص ۲۰۰۵/۰۹/۰۱ فرود شمالشرق خزر در حال جابجایی به جهت غرب می‌باشد (به نوعی در مسیر بادهای غربی استثنا است) و در این هنگام بخش‌های شمالی خزر تحت تاثیر این سامانه و بخش جنوبی خزر نیز توسط سامانه آزور قرار گرفته است. این سامانه قسمت زیادی از ایران و نواحی جنوبی را تحت تاثیر قرار داده است. در روز شاخص ۲۰۰۵/۰۹/۰۶ در این الگو، مجدداً کم فشار شمال خزر در جهت شرق جابجا شده و طی این فرایند تضعیف گردیده است. در این الگو دریای خزر توسط یک آرایش ایزوباری به موازات مداری در بر گرفته شده است. در روز شاخص ۲۰۰۵/۰۹/۱۰ فرودی نسبتاً قابل توجه بر روی دریای سیاه تشکیل شده است اما بر روی ایران و دریای خزر به صورت یک سلول بسته دیده می‌شود. در روز شاخص ۲۰۰۵/۰۹/۲۲ دریای خزر تحت تاثیر آزور قرار گرفته است و در این زمان یک فرود نسبتاً عمیق در راستای غربی شرقی بر روی سواحل شمالی مدیترانه و یک فراز با همین راستا در شمال آن بر روی اروپا مستقر شده است. در روز شاخص ۲۰۰۵/۰۹/۲۵ فرود و فراز مستقر بر روی سواحل مدیترانه و اروپا به سوی دریای خزر جابجا شده است و پرفشار آزور با پرفشار اروپا ایزوبارهای مشترکی تشکیل داده و کل خزر را تحت تاثیر قرار داده است. در روز ۲۰۰۵/۰۹/۲۸ پرفشار شمالی و آزور در شمال و جنوب دریای خزر قرار گرفته است و پرفشار شمالی تقویت شده است.



شکل ۷ تعدادی از الگوهای فشار تراز ۱۰۰۰ هکتوپاسکالی همزمان با شکوفایی جلبکی سال ۲۰۰۵



شکل ۸ الگوهای شاخص تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال همزمان با شکوفایی جلبکی ۲۰۰۵

نتیجه گیری

در نتیجه از توالی حرکات الگوهای گردشی بر روی دریای خزر در طی دوره شکوفایی جلبکی مشخص می‌گردد که آزور، دریای خزر را از دو مسیر تحت تاثیر قرار داده است که اولین آن از مسیر شمال آفریقا، عربستان و ایران به صورت متفاوتی از زبانه، هسته و فراز جوی نمایان می‌گردد و از سرعت حرکت کمتری برخوردارند. مسیر دیگر آزور از روی اروپا به سوی شرق به صورت سلول‌های بسته یا فراز جوی خود نمایی می‌کند. استثنایی ترین حالتی که از استقرار پرفشارها در منطقه اتفاق افتاده است، بهم خوردن گردش عادی از غرب به شرق سامانه‌های کم فشار می‌باشد، که گاهی در شرق خزر به احتمال زیاد توسط کم فشارهای سطوح پایین مانند آسیای مرکزی تقویت شده و در جهت غرب تا حوالی شمال دریای سیاه جابجا شده است اما بعداً تحت تاثیر جریانات عادی در جهت شرق جابجا شده و تضعیف گردیدند. همچنین در این دوره فرصت مناسبی برای تشکیل کم فشار دریای سیاه پیش آمده بود.

بنابراین با توجه به اینکه شکوفایی جلبکی در صورت مهیا بودن شرایط فیزیکی و بیوشیمیایی آب در روی خزر جنوبی و همچنین الگوی آب و هوای مناسب شکل می‌گیرد کما اینکه ممکن است در سایر پهنه های آبی متفاوت از دریای خزر اتفاق افتد. اما رخداد شکوفایی جلبکی ماه‌های آگوست و سپتامبر ۲۰۰۵ بخصوص در خزر جنوبی نشان می‌دهد که شرایط اقلیمی برای وقوع آن، استقرار سامانه‌های واچرخندی با دوام زیاد و با پایداری نسبی بالا همراه بوده است. بطوری که در دوره گرم سال سبب بالا رفتن دمای سطح آب دریای خزر نیز می‌شود (شکل ۲). نتایج بررسی دمای هوا این موضوع را کاملاً آشکار می‌کند. از طرف دیگر سرعت وزش باد نیز بطور قابل ملاحظه ای در هوای پایدار پایین است و این موضوع سبب عدم تلاطم سطح آب دریا می‌گردد. بنابراین شرایط اختلاط آبهای سطحی و عمقی به حداقل میزان خود می‌رسند. هرچند اختلاط لایه بالای آب برای بالا آوردن مواد مغذی لازم و ضروری است. بنابراین آستانه باد با میزان بسیار کمی می‌تواند این شرایط را مهیا کند. کما اینکه ما نیز با توجه به بادهای سینوپتیک سرعت آستانه ۴٫۸ متر بر ثانیه باد را به عنوان پیش فرض در نظر گرفتیم. البته برای تایید این موضوع، نیاز به بررسی بیشتری است.

References

- Alijani, b., 1993. Climbing mechanisms of rainfall, Journal of Faculty of Letters University of Tarbiaet Moalem, New Era, 1,101-85
- Brand, L.E., Compton, A., 2007. Long-term increase in *Karenia brevis* abundance along the Southwest Florida Coast. Harmful Algae, 6(2): 232–252. doi:10.1016/j.hal.2006.08.005.
- Bopp, L., Monfray, P., Aumont, O., Dufresne, J.L., Treut, H.L., Madec, G., Terray, L., James, J., Orr, C., 2001. Potential impact of climate change on marine export production. Global Biogeochemical cycles, 15, 81-99.
- Boyd, P.W., Doney, S.C., 2002. Modelling regional responses by marine pelagic ecosystems to global climate change. Geophysical Research Letters, 29, NO. 16, 10.1029/2001GL014130.
- Corno, G., Karl, D.M., Church, M.J., Ricardo, M., Letelier, Roger Lukas, Robert, R., Bidigare, Mark Abbott, R., 2007. Impact of climate forcing on ecosystem processes in the North

- Pacific Subtropical Gyre. *Journal of Geophysical Research*, Vol. 112, C04021, doi:10.1029/2006JC003730.
- Christine, L., William, A., Sydeman, J., 2004. Ocean climate, euphausiids and auklet nesting: inter-annual trends and variation in phenology, diet and growth of a planktivorous seabird, *Ptychoramphus aleuticus*. *Marine Ecology Progress Series Mar Ecol Prog Ser*, 274, 235–250.
- Ghobadi, G., Mofidi, A., Zarin, A., 2011. Recognizing the Synoptic Patterns of Wintertime Heavy Precipitation in the Southern Coast of the Caspian Sea., *Journal of Geography and Environmental Planning*, 42, 40, 23
- Glibert, P. M., Pitcher, G., Eds. 2001. *GEOHAB & Global Ecology and Oceanography of Harmful Algal Blooms*, Science Plan. SCOR and IOC, Baltimore, Paris
- Graneli, E., Codd, G. A., Dale, B., Lipiatou, E., Maestrini, S. Y., Rosenthal, Eds. H., 1999. *Harmful in European marine and brackish waters. EUROHAB Science Initiative*. European Commission publication. Research in enclosed seas series/5, EUR 18592.
- Ghavidel, Rahimi, Y., Noori, H., Ysary, T., 2010. Synoptic classification Caspian zone temperature based on thermodynamic variables in the upper levels of the atmosphere, *Humanities Teacher - Planning Journal*, Volume XIV, 13, 217-232
- kononen, K., et al., 1996. Initiation of cyanobacterial blooms in a frontal region at the entrance to the Gulf of Finland, Baltic Sea. *limnol Oceanogr* ,41(1), by the American Society of Limnology and Oceanography, Inc
- Khalili, A., 1971. Precipitation Origin Caspian Coast, *Nyvar*, No. 15, 39-46
- Khoshhal Dastjerdi, J., 1997. Analyzing and presenting models for synoptic climatology over a hundred mm rainfall the Caspian southern coasts, PhD thesis, Geography, University of Modares.
- Mofidi , A., Zarin, A., Janbaz Ghobadi, G., 2006. Synoptic study of rainfall causing severe flooding in the southern coast of the Caspian Sea in autumn, *Proceedings of the region's natural resources and sustainable development in the South Caspian Sea*, University Noor Branch, 84-71
- Mofidi , A., Zarin, A., Janbaz Ghobadi, G., 2007. Synoptic pattern the heavy and extreme winter precipitation in the southern coast of the Caspian Sea., *Journal of the Earth and Space Physics*, 33 (3): 131-154
- Mofidi, A., Zarin, A., Janbaz Ghobadi, G., 2008. Synoptic patterns of winter precipitation in the southern coast of the Caspian Sea and compared them with autumn precipitation patterns, the first international conference on environmental changes in Caspian 3 to 4 Persian date Shahriar 2008, Mazandaran University Babolsar.
- Moore, S.K., Trainer, V.L., Mantua, N.J., Parker, M.S., Laws, E.L., Backer, L.C., Fleming, L.E., 2008. Impacts of climate variability and future climate change on harmful algal blooms and human health. *Environmental Health*, 7(Suppl 2):S4 doi:10.1186/1476-069X-7-S2-S4.
- Nazemosadat S. M. J., Ghasemi, A. R., 2004. The Influence of the Caspian Sea SST on Winter and Spring Precipitation over Northern and Southwestern Parts of Iran, *Science and Technology of Agriculture and Natural Resources*, 1, 1 -14
- Qashqai, Gh., 1992. Siberian High Impact rain fall on the southern coast of the Caspian, MS thesis, University of Tarbiaet Moalem.
- Rodionov, S. N. 1994. *Global and Regional Climate Interaction: The Caspian Sea Experience*. Kluwer Academic Publishers. London.

- Paczuska, L., Kosakowska, A., 2003. Is iron a limiting factor of *Nodularia spumigena* blooms?. *Oceanologia*, 45 (4), 679–692.
- Soloviev, D., 2005. Identification of the extent and causes of cyanobacterial bloom in September-October 2005 and development of the capacity for observation and prediction of HAB in the Southern Caspian Sea using Remote Sensing Technique, CEP.
- Sze, P., 1998. A biology of the alge. WCB McGraw Hill, Boston, Massachusetts.
- Tozzi, S., Schofield, O., Falkowski, P., 2004. Historical climate change and ocean turbulence as selective agents for two key phytoplankton functional groups. *Marine Ecology Progress Series Mar Ecol Prog Ser*, 274, 123–132.
- www.cdc.noaa.gov
- <http://las.pfeg.noaa.gov>