بررسی اکولوژیک الگوی پراکنش *Prorocentrum* در لایه‌های سطحی خلیج فارس ـ استان بوشهر

- **مهناز ربانی‌ها**: موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات،آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، صندوق پستی: **14155-6116**
- **فاطمه محسنی‌زاده *:** پژوهشکده میگو کشور، موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، بوشهر، صندوق پستی: **1374**
- **فریدون عوفی:** موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات،آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، صندوق پستی: **14155-6116**

تاریخ دریافت: مرداد 1395 تاریخ پذیرش: آبان 1395

چکیده

طی گشت تحقیقاتي در آب‌هاي خليج‌فارس در محدوده استان بوشهر در سال 1388، جنس *Prorocentrum* از نمونه‌های جمع‌آوری شده در گروه غالب بودند. نمونه‌برداری طی چهار فصل و از 15 ایستگاه و لایه سطحی (عمق 10 متر) انجام گرفت. در این مطالعه، به‌منظور بررسی اکولوژیک و الگوی پراکنش و تعیین ارتباط آن با شرایط هیدرولوژیک منطقه، با توجه به غیرنرمال بودن داده‌ها از آنالیز رگراسیون غیرپارامتریک Generalized Additive Models (GAM) استفاده شد. نتایج نشان داد که از میان فاکتورهاي محيطي اندازه‌گيري شده: شوري، درجه حرارت، اکسیژن و موادمغذي (نیترات، سولفات و فسفات)، تنها شوري در آب‌هاي ساحلي با اختلاف معني‌دار ($p<0/05$) عامل اصلي تاثيرگذار در حضور جنس مذکور بوده است. در مقایسه زماني، *Prorocentrum*، در فصل گرم سال (110808/7±28632/7 تعداد در مترمکعب) و در مقایسه مکاني، در ایستگاه منطقه مطاف، (محدوده جنوب استان بوشهر و هم مرز دریایی با استان هرمزگان)، به تعداد (368800±434635) حداکثر تراکم را داشت. آنالیز ANOVA اختلاف معنی‌داری را در تراکم بین ایستگاه‌ها نشان نداد ($p>0/05$).

کلمات کلیدی: *Prorocentrum*، مدل‌هاي جمعی تعمیم یافته، لایه‌های سطحي، استان بوشهر، خلیج فارس

مقدمه

گونه‌هاي *Prorocentrum* متعلق به آب‌هاي گرم و شور بوده و در دو گروه کفزی یا اپی‌فیتیک و پلانکتونی به‌لحاظ اکولوژیک قرار دارند که با توجه برخورداري از دو تاژك، توانايي جابجايي و تحرک را دارند و به یک سطح از طریق یک پایه اتصال از جنس مخاطی متصل می‌شوند. بسیاری از پلانکتون‌ها، توانايي شکوفايي دارند، بسیاری از گونه‌های کفزي سمی هستند و می‌توانند به تراکم زیاد در هر سانتي‌متر مربع برسند (Tomas، 1997). منابع مختلف مجموعه‌اي از عوامل فیزیکي، شیمیايي و حتي بیولوژیک در حضور فیتوپلانکتون‌های هر منطقه را برای و شکوفايي جلبکی ذکر کرده‌اند از جمله گونه‌هاي *P. micans*، *P. donghaiense*، *P. triestinum*، *P. sigmoide*، *P. triestinum* و *P. donghaiens* در آب‌هاي ساحلي کشور چین، توسط Yang و همکاران (2009) شناسايي گرديد در اين مطالعه عوامل موثر در حداکثر فراواني در گونه‌ها متفاوت بوده است براي مثال *P. triestinum* در درجه حرارت 19/5-18/5 درجه سانتي‌گراد و شوري 30/95-29/58 psu به‌حداکثر تراکم مي‌رسد درصورتي‌که *P. donghaiense* دردماي 21/3-18/5 درجه سانتي‌گراد و شوري 29/03 psu مناسب رشد آن مي‌باشد. اين جنس داراي گونه‌هاي متعددي است که بعضي از آن‌ها با توانايي توليد سم در شرايطي از جمله شکوفايي موجب آسيب به اکوسيستم و نهايتاً خسارت زيست محيطي‌مي‌شوند. طي‌چندين‌سال‌گذشته شکوفايي متعدد در آب‌هاي سواحل ايراني خليج‌فارس صورت گرفته و آثار حضور بيش‌تر گونه‌هاي متعلق به جنس *Prorocentrum* در کنار ساير گونه‌ها ازجمله *Noctiluca sp.*، *Oscillatoria sp.*، *Gymnodinium sp.* و *Alexanderium sp.* مشاهده‌مي‌شود (محسنی‌زاده و همکاران، 1389). در مطالعه ایزدپناهی و همکاران (1380) نیز جنس

* پست الکترونیکی نویسنده مسئول: fmohsenizadeh@yahoo.com

Prorocentrum در گروه غالب قرار داشته است. از طرفی با توجه به نقش شرایط محیطی آب‌های گرم و شور خلیج‌فارس، بررسی دقیق‌تر و اختصاصی شرایط اکولوژیک زیستی جنس *Prorocentrum* از اهمیت ویژه برخوردار است که در مقاله حاضر با استفاده از مدل رگرسیون به آن پرداخته شده است.

مواد و روش‌ها

این بررسي به‌صورت فصلي در سال 1388 در محدوده جغرافیایي
´05 ˚51 تا ´45 ˚52 طول شرقي و ´45 ˚26 تا´70 ˚28 عرض شمالي، در آب‌هاي سطحي (عمق 10 متر) انجام گردید (شکل 1 و جدول 1).

عملیات نمونه‌برداري: نمونه‌برداري از لایه سطحي و بر روي 5 ترانسکت (ردیف) عمود بر ساحل و جمعاً از 15 ایستگاه انجام گردید. نمونه‌برداري شامل فاکتورهاي غیرزیستي (فیزیکي و شیمیایي) و پلانکتون‌ها بود به این منظور پارامترهاي دما، شوري، اکسیژن محلول، با استفاده از دستگاه CTD اندازه‌گیري شدند. در هر ایستگاه، جهت سنجش مواد مغذي سیلیکات، فسفات، نیترات و نمونه‌برداري فیتوپلانکتون از نمونه‌بردار نیکسین 5 لیتري استفاده شد.

جهت محاسبه گونه‌ها در مترمکعب از فرمول زیر استفاده شد:

تعداد هر گونه در مترمکعب = $\frac{V \times N \times 1000}{v}$

N: تعداد شمارش شده هر گونه در 0/1 میلي‌لیتر

v: حجم برداشت شده جهت شمارش توسط استمپل پي‌پت 0/1 میلي-لیتر

V: حجم نمونه پس از سانتریفوژ نمودن به میلي‌لیتر

بررسی‌ها براساس منابع (Boney، 1989؛ Clesceri و همکاران، 1989؛ Newell و Newell، 1977) صورت گرفت.

شکل1: نقشه و موقعیت ایستگاه‌هاي نمونه‌برداري در محدوده خلیج فارس

جدول 1: موقعیت ایستگاه‌هاي مورد بررسي

ایستگاه	طول جغرافیایي	عرض جغرافیایي
1	52/3402	27/2106
2	52/2808	27/1302
3	52/2208	27/0408
4	52/0204	27/4704
5	51/5604	27/3900
6	51/5004	27/3102
7	51/2521	27/4935
8	52/1800	27/4008
9	51/1104	27/3204
10	51/1104	26/1506
11	51/0204	28/0906
12	50/5304	28/0306
13	50/5604	28/4002
14	50/4608	28/3402
15	50/3708	28/2808

جهت انجام آنالیز داده‌ها از نرم‌افزار R و بسته‌هاي آماري آن استفاده گردید (R version 2.11.1) به‌منظور یافتن ارتباط بین جمعیت *Prorocentrum* با فاکتورهاي محیطي اندازه‌گیري شده با توجه به این که‌رگرسیون غیرخطي و داده‌هاي وابسته غیرنرمال بودند از رگرسیون لجستیک جمعی (مدل‌هاي جمعی تعمیم یافته (GAM) یا Generalized Additive Models) در بسته آماري MGCV (GAM Computation Vehicle Mixed) استفاده گردید (Wood، 2012) که در این آنالیز پس از تغییرات داده‌هاي فیزیکي (شوري، درجه حرارت، اکسیژن) و موادمغذي (نیترات، سولفات و فسفات) با هموارسازی (smooth) آن‌ها رگرسیون گرفته شد. با توجه به غیرنرمال بودن داده‌ها در مقایسه فصلي از Kruskal Wallis.test و مقایسه تراکم *Prorocentrum* در بین ایستگاهي با توجه به نرمال بودن داده‌ها از ANOVA استفاده شد.

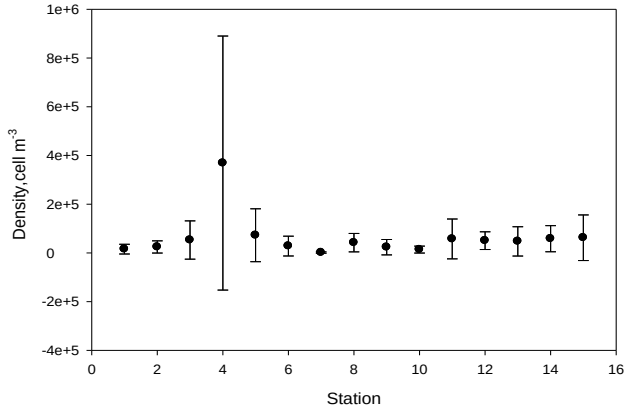
نتایج

فاکتورهای محیطی اندازه‌گیری شده در فصول نمونه-برداری در جدول 2 نشان داده شده است. تغییرات درجه حرارت آب از حداقل 21/32 تا حداکثر 33/3 درجه سانتی‌گراد به‌دست آمد. کمینه شوری 37/55 گرم در هزار و بیشینه آن 40/67، کمینه اکسیژن محلول 3/15 و حداکثر 7/9 میلی‌گرم در لیتر، سیلیکات با حداقل 0/5 و حداکثر 6/9، فسفات با حداقل 0/04 و حداکثر 1/14، نیتریت با کمینه 0/13 و بیشینه 6/26 میکرومول بر لیتر در منطقه مورد بررسی به‌دست آمد.

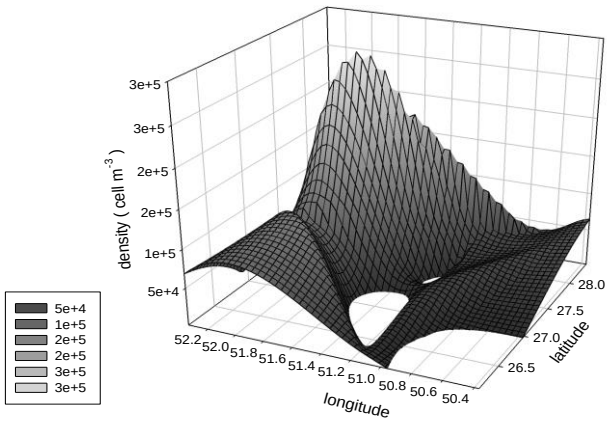
طي یک‌سال بررسي از جمعیت *Prorocentrum* 15103/5±50357/33 میانگین سلول در مترمکعب جمع‌آوري گردید در مقایسه ایستگاهي بیش‌ترین تراکم جنس مذکور از ایستگاه 4 مشاهده گردید (اشکال 2 و 3) که نتیجه آنالیز ANOVA به‌منظور تعیین وجود اختلاف معني‌دار تراکم جنس مذکور در بین ایستگاه‌ها نیز آشکار شد، ایستگاه 4 با سایر ایستگاه‌ها اختلاف تراکم داشته است ($p<0/05$).

جدول 2: فاکتورهای اندازه‌گیری شده در فصول نمونه‌برداری انحراف معیار±میانگین

فاکتور / فصل	درجه حرارت (سانتی‌گراد)	شوری (Psu)	اکسیژن (میلی‌گرم/لیتر)	سولفات (میکرومول/لیتر)	فسفات (میکرومول/لیتر)	نتریت (میکرومول/لیتر)
بهار	26/7± 2/3	38/6± 0/9	6/2±0/4	3/3± 1/1	0/7±0/1	1/3±0/0/6
تابستان	30/7± 3/4	39/2±0/6	6/7±0/9	1/2±0/4	0/2± 0/1	0/2±0/1
پاییز	25/6±0/6	40/0± 0/2	5/3±0/9	2/4± 0/6	0/5±0/1	0/5±0/4
زمستان	22/3± 1/0	39/7± 0/4	6/5± 0/4	5/2± 1/3	0/8±0/1	0/8±1/3

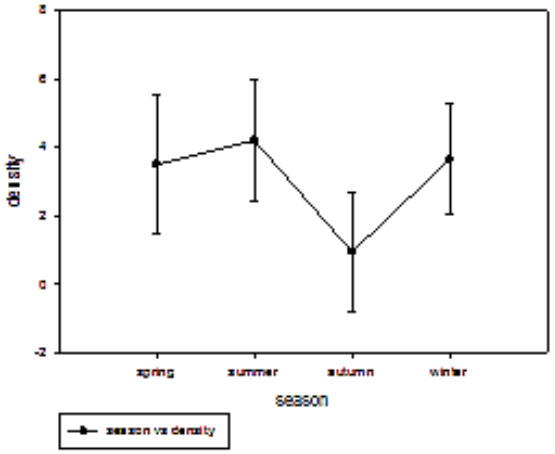


شکل 2: تغییرات تراکم *Prorocentrum* در ایستگاه‌هاي نمونه‌برداري



شکل3: موقعیت *Prorocentrum* براساس طول و عرض جغرافیایي منطقه مورد بررسي

ایستگاه نامبرده در ناحیه آب‌هاي ساحلي و محدوده ناحیه مطاف قرار داشت. در مقایسه فصلي نیز بیش‌ترین تراکم در فصل تابستان و کم‌ترین مقدار متعلق به پاییز به‌دست آمد (شکل 4)، نتیجه آنالیزKruskal-Wallis نیز نشان‌دهنده این اختلاف بود ($p<0/05$).



شکل 4: تغییر تراکم*Prorocentrum* (تعداد سلول بر مترمکعب) در فصول نمونه‌برداري، محور عمودی براساس Y= log(x+1) تنظیم شده است

نتیجه آنالیز رگرسیون GAM بین جمعیت Prorocentrum با داده‌هاي محیطي اندازه‌گیري شده نشان داد که شوري تنها عامل تاثیرگذار بر توده *Prorocentrum* بوده است (جدول 2). میانگین شوري در منطقه 39/3psu و دامنه‌تغییرات آن40/6-37/5psu بود که‌کم‌ترین آن در فصل بهار مشاهده شد و بیش‌ترین مقدار آن در هر ترانسکیت در آب‌هاي ساحلي نسبت به ایستگاه‌هاي دور از ساحل مشاهده شد.

جدول 2: میزان همبستگي فاکتورهاي اندازه‌گیري شده با جمعیت*Prorocentrum*

فاکتور	درجه آزادي تخميني(Edf)	Ref.df	آنالیز واریانس(F)	سطح معني‌دار (p-value)
(درجه حرارت) s	1	1	0/360	0/552
(شوری) s	8/263	8/819	27/088	3/47 e^{-14}***
(اکسیژن) s	1/510	1/852	0/954	0/388
(سولفات) s	1	1	0/333	0/567
(فسفات) s	1/79	2/277	1/854	0/162
(نیترات) s	1	1	0/443	0/509

s (هموارسازی، smooth)، درجه حرارت (سانتی‌گراد)، شوری (psu)، اکسیژن(میلی‌گرم/لیتر) ، نترینت (میکرومول/لیتر)

بحث

بررسی نتایج تحقیق حاضر نشان داد که نمونه‌های *Prorocentrum* در منطقه مطالعه در بعد زمانی و مکانی اختلاف معنی‌دار نشان داده و تابستان بیش‌ترین و پاییز کم‌ترین تراکم را داشته است و در ناحیه مجاور مطاف هم مرز دو استان بوشهر و هرمزگان بیش‌ترین تراکم دیده شد. در مطالعه حاضر از بین تمامی فاکتورهای بررسی شده، شوري عامل اصلي تغييرات فيتوپلانكتون مورد نظر در آب‌هاي سطحي شناخته شد دامنه تغييرات شوري در آب‌هاي سطحي منطقه بين 37/55-40/67 و با ميانگين 39/35 psu بود كه حداكثر آن در فصل پاييز مشاهده شد كه با كاهش تراكم *Prorocentrum* همراه بود علاوه بر اين افزايش جنس مذكور در آب‌هاي ناحيه مطاف ديده مي‌شود. منطقه مذكور داراي ويژگي خاصي است به‌نحوي كه شرايط محيطي و وضعيت فيزيكي و شيميايي در جنوب‌شرق و شمال‌غرب اين برجستگي تا حدودي متفاوت مي‌باشد در منطقه جنوب‌شرق مطاف، شيب لايه‌هاي حرارتي، شوري، چگالي ويژه و اكسيژن محلول در بهار تشكيل مي‌گردد، در تابستان شدت مي‌يابد، در پاييز كاهش يافته ولي در لايه‌هاي عمقي ادامه مي‌يابد و در زمستان از بين مي‌رود. ولي در منطقه شمال‌غربي، شكست لايه-هاي مذكور تنها در فصول بهار و تابستان برقرار بوده و در فصل پاييز همزمان با بروز تغييرات جوي، ستون آب يك‌دست گرديده و اين حالت تا پايان زمستان برقرار مي‌باشد كه با تغيير شرايط اكولوژيک، فاكتورهاي زيستي از جمله جمعيت پلانكتوني نيز دچار تغيير مي‌شوند (ايزدپناهي،1380). در سری مطالعات انجام شده در خصوص تعیین عوامل موثر بر حضور و تراکم *Prorocentrum* در منطقه‌های مشابه، موارد متفاوتی ذکر شده است. افزایش مواد مغذی در آب‌های ساحلی از طریق افزایش فعالیت‌های انسانی در بخش صنعت، کشاورزی و آبزی‌پروری و همچنین جابجایی آب از طریق تخلیه آب توازن کشتی‌های تجاری در بروز پدیده کشند یا شکوفایی‌های مضر پلانکتونی موثر می‌باشند (Gilbert و Burkholder، 2006؛ Smayda، 1990) از این‌رو بین افزایش میزان مواد مغذی و توسعه شکوفائی‌های پلانکتونی ارتباط تنگاتنگی وجود دارد (Gilbert و همکاران، 2006؛ Gilbert و Burkholder، 2006؛ Anderson، 2002). گونه-های جدید *Prorocentrum*، *P.arabianum* نیز از غنای غذایی در خلیج عمان گزارش شده‌اند (Morton، 2002). گونه‌های *Prorocentrum* توانایی در کسب انواعی از مواد غذایی، آلی، معدنی و معلق مواد غذایی را دارند و خیلی سریع می‌توانند رشد کنند.

در مطالعه‌اي كه توسط Yang و همكاران (2009) در آب‌هاي-ساحلي كشور چين صورت گرفت گونه‌هاي *P. micans*، *P. donghaiense*، *P. triestinum*، *P. sigmoide*، *P. triestinum* و *P. donghaiense* شناسايي گرديد و بيش‌ترين تراكم در آب‌هاي سطحي گزارش شد، ولي عوامل موثر در حداكثر فراواني در گونه‌ها متفاوت بوده است. براي مثال *P. triestinum* در درجه حرارت 18/5-19/5 درجه سانتي‌گراد و شوري 29/58-30/95 psu به‌حداكثر تراكم مي‌رسد درصورتي‌كه *P. donghaiense* در دماي 18/5-21/3 درجه سانتي‌گراد و شوري 29/03 psu مناسب رشد آن مي‌باشد.

در تحقيق انجام شده در خور Golden Horn (تركيه) شرايط مناسب حضور *Prorocentrum minimum* به‌عنوان نمونه سمي را درجه حرارت زياد و شوري ذكر كردند (Tas و Erdoğan، 2011)، مهوري و دودی (1389) در بررسي آب‌هاي منطقه تنگه هرمز اظهار داشتند كه دما، همبستگي مثبت با تراكم *Prorocentrum* دارد.

اكوسيستم ساحلي‌خليج فارس‌در دهه‌هاي اخير با شكوفايي-هاي متنوع و متعدد مواجه شده است كه عوامل متعددي از جمله عوامل طبيعي و انساني مي‌توانند موجب اين تغييرات شده باشند تغييرات اقليمي شديد در سال‌هاي اخير، ناشي از گرمايش جهاني و فشارهاي وارد بر اكوسيستم خليج فارس ناشي از سوءمديريت در خشكي و دريا از عوامل موثر در شكوفايي‌ها بوده‌اند. هرچند تاكنون شكوفايي جنس *Prorocentrum* در سواحل خليج فارس رخ نداده است، ولی شناسايي و مطالعه گونه‌هاي آن با توجه به پتانسيل مضر بسياري از گونه‌های وابسته از اهميت ويژه‌ای برخوردار است و اجرای یک برنامه نظارتی و انجام مطالعات میدانی مستمر جهت تفسیر شرایط فعلی و پیش‌بینی دقیق سناریوهای آینده است ضروری است.

تشکر و قدردانی

بدين‌وسيله از رييس پژوهشكده ميگو كشور و همكاران آن مركز به جهت اجرا و همكاري در نمونه‌برداري كمال تشكر به‌عمل مي‌آيد.

منابع

1. **ايزدپناهي،غ.، 1380.** بررسی هیدرولوژی و هیدروبیولوژی خلیج فارس. پژوهشکده میگوی کشور. 208 صفحه.
2. **محسنی‌زاده، ف.؛ آنین‌جمشید، خ. و نوری‌نژاد، م.، 1389.** شناسايي و بررسي شاخص‌هاي زيستي فيتوپلانكتون‌هاي آب-هاي ساحلي استان بوشهر به هنگام و پس از كشند

قرمز بر اثر *Cochlodinium polikrikoides* در خلیج فارس. نخستین همایش ملی علوم زیستی دریای مکران. ۶۱ صفحه.

3. **مهوري، ع. و دودي، س.، 1389**. بررسي تغييرات هفتگي در ساختار جمعيتي فيتوپلانكتون‌هاي تنگه هرمز. مجله اقيانوس شناسي. سال 1، شماره 2، صفحات 23 تا 33..

4. **Anderson, D.; Gilbert, P.M. and Burkholder, J.M., 2002**. Harmful algal blooms and eutrophication: Nutrient sources, composition and consequences. Estuaries. Vol. 25, pp: 704-726.

5. **Boney, A.D., 1989**. Phytoplankton, Edward Annoid, British Library Cataloguing Pub. 118 p.

6. **Clesceri, L.S.; Greenberg, A.E. and Trussell, R.R., 1989**. Standard methods for the examination of water and wastewater. American Public Health Association. 1624 p.

7. **Gilbert, P.M. and Burkholder, J.M., 2006.** "The complex relationships". In E. Granéli and J. Turner (eds.), the Ecology of Harmful Algae, Spring-Verlag, New York. pp: 341-354.

8. **Glibert, P.M.; Harrison, J.; Heil, C. and Seitzinger, S., 2006**. Escalating worldwide use of urea, a global change contributing to coastal eutrophication. Biogeochemistry. Vol. 77, pp: 441-463.

9. **MOOPM. 1999.** Manual of Oceanographic Observation and Pollutant Analyses Methods, ROPME Publishing.3rd Ed. Vol. 483, 29 p.

10. **Morton, S.L.; Faust, M.A.; Fairey, E.A. and Moeller, P.D.R., 2002.** Morphology and toxicology of *Prorocentrum arabianum* sp. nov. (dinophyceae), a toxic dinoflagellate from the Gulf of Oman, Arabian Sea. Harmful Algae. Vol. 1, pp: 393-400.

11. **Newell, G.E. and Newell, R.C., 1977**. Marine Plankton, Hatchinson of London, UK. 244 p.

12. **R version 2.11.1. 2010**. Copyright (C) 2010 The R Foundation for Statistical Computing.

13. **Smayda, T., 1990.** Novel and nuisance blooms in the sea: Evidence for a global epidemic. In: E. Geraneli, B. Sundstrom, L. Edler, and D.M. Anderson (eds), Toxic Marine Phytoplankton. Elsevier Science Publishing, New York. pp: 29-40.

14. **Taş, S. and Erdoğan, O., 2011**. A review on the Bloom Dynamics of a Harmful Dinoflagellate Prorocentrum minimum in the Golden Horn Estuary. Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences.Vol. 11, pp: 673-681.

15. **Tomas, C.R., 1997.** Identifying Marine Phytoplankton, Academic, Press, San Diego. 858 p.

16. **Wood, S., 2012**. Mixed GAM Computation Vehicle with GCV/AIC/REML smoothness estimation Package MGCV Version 1.7-16, 198 p.

17. **Yang, L.I.; Song Hui, L.; Tian Jiu, J.; Huan, L.; Yun Pu, X. and Sheng Pao, Y., 2009**. Dynamics of *Prorocentrum* population and its relation with environmental factors in Nanji Islands Sea Area. Acta Hydrobiologica Sinica .Vol. 33, No. 2, pp: 236-245.