

## مطالعات کیفیت تالاب انزلی

احمد ابریشم چی (دانشیار)

مسعود تجریشی (استادیار)

حمید طاهری شهرآئینی (دانشجوی دکترا)

### چکیده

تالاب انزلی که در جنوب غربی دریای خزر واقع شده است تحت تأثیر منابع آلوده کننده بسیار زیادی است و مطالعات کیفی اولیه نشان می دهد که این تالاب دارای مقادیر متنابهی از فیتوپلانکتونها، مواد معلق و COD می باشد و دارای محیطی کاملاً تغذیه گرا است. در دسته بندی اپتیکی آنها، این تالاب جزء آبهای Case II که دارای خواص اپتیکی پیچیده ای هستند دسته بندی می شود. اولین قدم به منظور مدیریت و احیای تالاب، پایش زیست آن است. روشهای سنتی پایش و اندازه گیری کیفی، از قابلیت کم و هزینه بسیار زیادی برخوردار هستند در حالیکه استفاده از داده های سنجنده های رنگ آب (Ocean Color Sensor) می تواند جهت اندازه گیری کلروفیل، مواد معلق و مواد آلی محلول رنگی (CDOM) مورد استفاده قرار گیرد و توانایی تخمین توزیع مکانی این پارامترهای کیفی را داراست. برای تخمین این پارامترها نیاز به حل مستقیم و معکوس معادله انتقال تشعشع می باشد. در بین روشهای مدلسازی معکوس مختلف، شبکه های عصبی به عنوان بهترین روش شناخته شده است و روشی قابل اعتماد برای آبهای Case II به شمار می رود. با توجه به مساحت تالاب انزلی، سنجنده MERIS (Medium Resolution Imaging Spectrometer) که بر روی ماهواره ENVISAT نصب شده است به عنوان بهترین سنجنده برای این منظور تشخیص داده شد.

**کلمات کلیدی:** تالاب انزلی، پایش کیفی، سنجنده های رنگ آب، تغذیه گرایی، مدلسازی معکوس

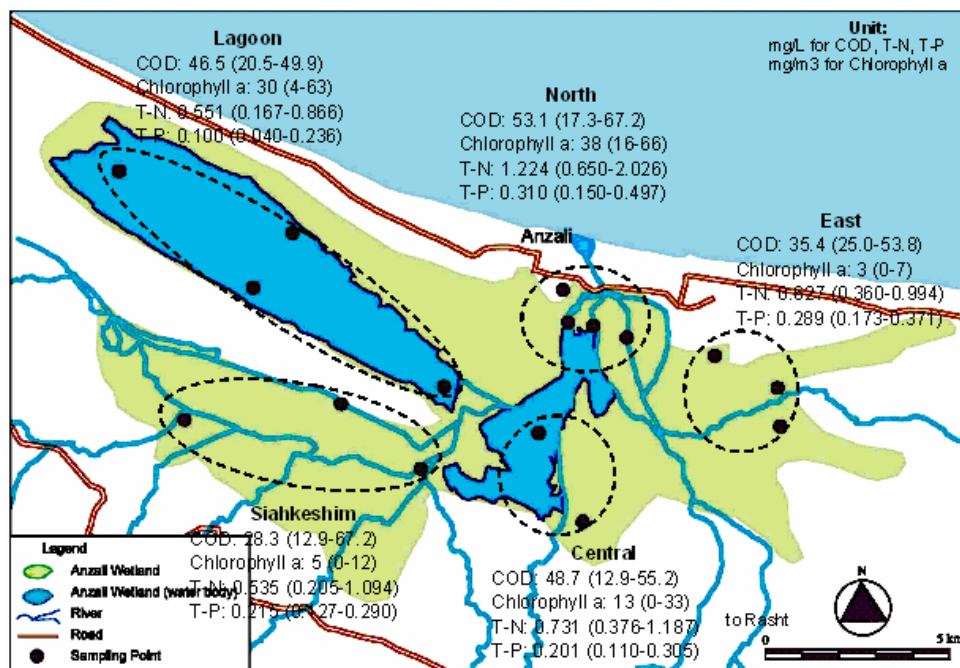
### مقدمه

تالاب انزلی با گونه های گیاهی و جانوری بسیار متنوع در جنوب غربی دریای خزر واقع شده است. این تالاب توسط تنگه ای به دریا می پیوندد. تالاب انزلی دارای مساحتی حدود ۱۹۳ کیلومتر مربع می باشد. تالاب انزلی توسط موانع ماسه ای از دریا جدا شده است و بیشتر قسمتهای شرقی و منطقه خوش کشیم را نیزار پوشانده است و قسمت لاگون آن و نواحی مرکزی آن دارای سطح آزاد و باز آب است (شکل ۱). در خرداد ماه ۱۳۵۴ (ژوئن ۱۹۷۵) این تالاب در سایت رامسر به ثبت رسید.



در شب توسط بیوماسها باعث تغییرات اکسیژن محلول در طول شبانه روز و تخلیه اکسیژن مخصوصاً در لایه‌های پایین آب و مرگ و میر ماهیها می‌گردد و همچنین گاهی باعث بروز یک اکوسیستم ناپایدار می‌شود.

طرح مطالعاتی دیگری تحت عنوان «طرح مطالعاتی حفاظت تالاب انزلی» توسط گروه JICA، اداره کل حفاظت محیط زیست استان گیلان و وزارت جهاد کشاورزی از اردیبهشت سال ۱۳۸۲ آغاز گردید. در طی این طرح، مطالعات زیادی روی کیفیت آب و رسوبات کف صورت گرفت. این اندازه‌گیریها در سه زمان مختلف انجام شده است که به ترتیب شامل اواخر آگوست- اوایل سپتامبر، اکتبر و دسامبر ۲۰۰۳ میلادی می‌شود. نتایج کلی این اندازه‌گیریها که بیانگر شدت آلودگی تالاب است در شکل ۳ نشان داده شده است. نتایج این مطالعات نشان می‌دهد که بعلت ورود جریان آب آلوده به تالاب پدیده تغذیه گرایی رخ داده است [9].



(شکل ۳) نتایج کلی اندازه‌گیریهای انجام شده در تالاب انزلی (<http://anzali.Irandoe.org>)

منابع آلودگی حوزه آبریز شامل ساکنان (۱۱۵۶۰۰۰ نفر) منابع دامی (۸۶۱۰۰۰ رأس)، کارخانجات صنعتی، اراضی کشاورزی (۹۹۰۰۰ هکتار) و جنگلها و مراتع (۱۹۸۰۰۰ هکتار) می‌باشند. میزان کل بار آلودگی در حدود ۱۱۶۰۰۰ تن در سال تخمین زده شده است که در بین منابع آلودگی مختلف، ساکنان (فاضلاب خانگی) بیشترین مقدار COD (۱۰۷۰۰۰ تن در سال)، نیتروژن کل (۸۱۰۰ تن در سال) و فسفر کل (۹۰۰ تن در سال) را تولید می‌نمایند. بعلت اینکه معمولاً مقدار COD تالاب از ۳۰ میلیگرم در لیتر بیشتر است این تالاب جزء تالابهای بسیار آلوده محسوب می‌گردد و براساس مقیاس بین المللی تغذیه گرایی، این منطقه بعنوان محیط کاملاً تغذیه گرا طبقه بندی می‌شود [9].

حوزه آبریز تالاب انزلی به سه منطقه کوهستانی، پست جلگه ای و تالابی تقسیم می‌شود. رسوبات مناطق کوهستانی توسط فرسایش

خاک، زمین لغزش و غیره بوجود می آیند که مقدار تقریبی آن حدود ۳۲۶۰۰۰ تن در سال است و این رسوبات توسط رودخانه ها به مناطق پایین دست انتقال می یابد. رسوبات دانه درشت در مناطق بالادست و میانی ته نشین می شوند درحالیکه رسوبات دانه ریز به تالاب انتقال یافته و بعضی از این رسوبات ته نشین شده (۳۰ درصد) و بقیه آنها معلق می ماند و به دریای خزر وارد می شود (۷۰ درصد). مقدار رسوباتی که به ورودی تالاب می رسند ۴۰۰۰۰۰ تن در سال است [9].

باتوجه به مطالب فوق الذکر براحتی میتوان دریافت که تالاب انزلی حاوی مقادیر زیادی فیتوپلانکتون، مواد معلق و COD است بهمین خاطر تالاب انزلی از توده های آبی بسیار آلوده به شمار می رود.

(Nippon koei Co (2004) با انجام مطالعات جامعی تحت عنوان طرح مطالعاتی حفاظت تالاب انزلی «مشکلات زیست محیطی تالاب انزلی» را نمودی آشکار از مدیریت ضعیف زیست محیطی در حوزه آبریز تالاب دانسته و احیاء و حفاظت از آن را امری بسیار دشوار می داند [19]. پس از مطالعات جامع طرح نهایی ارائه شده توسط آنها به منظور تقویت و بهبود مدیریت زیست محیطی جهت حفاظت از تالاب انزلی، شامل ۷ بخش می باشد که یکی از این ۷ طرح، «طرح پایش زیست محیطی» می باشد. تالاب انزلی به منظور احیاء و مدیریت مناسب بر روی آن به پایش کمی و کیفی نیاز دارد. پایش کمی معمولاً به آسانی با روشهای اندازه گیری ساده امکان پذیر است. اما پایش کیفی بسیار مشکل تر است.

پایش کیفی توسط اندازه گیریها و آنالیزهای آزمایشگاهی، فقط اطلاعات چند نقطه از پهنه آبی را ایجاد می کند و برای پهنه های آبی وسیع تولید داده های ارزشمند بسیار هزینه بر است [13]. میزان جلبک در پهنه های آبی از نظر مکانی و زمانی بسیار متغیر است. در نتیجه زمانیکه از روشهای سنتی به منظور نمونه گیری استفاده شود، در زمانهای خاص از نقاط ثابتی داده برداری انجام می شود بهمین خاطر بسیاری از تغییرات فوق الذکر مشاهده نخواهند شد. در چنین شرایطی سنجش از دور می تواند نقش یک منبع اطلاعاتی بسیار مناسب را ایفا کند.

همچنین مطالعات رنگ آب توسط داده های ماهواره ای می تواند پاسخگوی سئوالات زیادی همچون زمان و مکان شکوفایی جلبک و جهت حرکت آن باشد و به سئوالات فیزیولوژیکی مرتبط با آن همچون نرخ تجمع خالص و عمق شکوفایی جلبک پاسخ دهد. همانطور که قبلاً اشاره شد آب تالاب انزلی از کلروفیل، مواد معلق و COD بسیار بالا برخوردار است و بالا بودن COD، باعث افزایش CDOM (Colored Dissolved Organic Matter) می شود.

(Morel and Prieur (1977) آنها را برحسب خواص اپتیکی آنها به دو دسته Case I و Case II تقسیم بندی نمودند [18]. وجود مقادیر زیاد کلروفیل-a، مواد معلق و CDOM باعث شده است که آب تالاب انزلی در دسته بندی اپتیکی، جزء آبهای Case II قرار گیرد که از خواص اپتیکی پیچیده تری نسبت به آبهای Case I (که در آن کلروفیل-a نقش اساسی در خواص اپتیکی آب را دارد) برخوردارند و در آن عامل اصلی در خواص اپتیکی آب فقط کلروفیل نیست بلکه مواد معلق و CDOM نیز در خواص اپتیکی آب نقش بارزی دارند [4].

داده های سنجنده های رنگ اقیانوس (Ocean Color Sensor) می توانند پارامترهای کیفی آبهای Case II (مواد معلق، کلروفیل و CDOM) را مدلسازی کرده و تخمین بزنند. این پارامترهای کیفی نقش بسیار زیادی در کیفیت آب دریاچه ها دارند. کلروفیل به عنوان مهمترین رنگدانه فتوسنتزی، یک شاخص از بیوماس فیتوپلانکتونی است که در زنجیره غذایی دریایی نقش اساسی دارد. همچنین نقش کلیدی در اکولوژی اکوسیستم دریایی داشته و تغییرات الگوی توزیع و فراوانی آنها می تواند روی کل اکوسیستم اثرگذار باشد و می

تواند یک نقش اساسی در سیکل کربن جهانی ایفا کند [7]. جلبک از نظر تخلیه اکسیژن و تحت تأثیر قراردادن حیات آبی نیز می تواند بسیار مهم باشد. در میان جلبکها گونه های سمی نیز وجود دارند که این گونه ها می توانند وارد زنجیره غذایی شده و حتی توسط انسان مصرف شوند (بعنوان مثال بصورت صدفهای دریایی) و همچنین می توانند صنعت ماهیگیری را تحت تأثیر قرار دهند. بهمین خاطر پایش وجود جلبک بخاطر اثرات شدید اکولوژیک، اقتصادی و بهداشتی از اهمیت ویژه ای برخوردار است [13].

وجود و انتقال SPM خبر از بروز فرسایش و ته نشینی رسوبات دارد و یک فاکتور مهم جهت تعیین کیفیت آبها است و وجود آن باعث تأثیر گذاری بر کیفیت آب توسط کاهش نور در دسترس گونه های گیاهی آبی و همچنین ورود فسفات، آمونیوم، فلزات سنگین و باکتریهای بیماریزا است [15].

CDOM نشاندهنده جزئی از DOM (Dissolved Organic Matter) است که از نظر اپتیکی فعال هستند [25] و به آنها مواد زرد رنگ (yellow substance) و یا Gelbstoff گفته می شود. این مواد شامل مواد آلی تجزیه شده می باشند که دارای ریشه گیاهی و جانوری هستند و در آب محلولند. اساساً این ترکیبات شامل پلیمرهای آلی می باشند که معمولاً از خانواده هیوماتها یا هیومیکها هستند و مقدار آنها با میزان شوری در آبهای ساحلی و خورها همبستگی دارد [20]. در محیط های دریایی و مخصوصاً خورها و مناطق ساحلی که غلظت CDOM بالاست این ترکیبات یک نقش اساسی در تعدادی از فرایندهای بیولوژیکی و شیمیایی (مثل سیکلهای کربن جهانی، عملکرد زنجیرهای غذایی میکروبی و نفوذ نور خورشید) ایفا می کنند [17].

باتوجه به مطالب مذکور، اهمیت پایش کیفی آب تالاب انزلی و همچنین قابلیت و ضرورت استفاده از داده های ماهواره ای که توسط سنجنده های رنگ اقیانوس برداشت شده اند مشخص می شود. در ادامه نحوه انجام مدلسازی کیفی توسط داده های ماهواره ای و روشهای مناسب برای آب تالاب انزلی بررسی می شود.

## روش تحقیق

مدلهای ریاضی مختلفی برای شبیه سازی تغذیه گرایی (Eutrophication) در رودخانه ها، دریاچه ها و خورها توسعه داده شده اند [14]. هر قدر مدلها پارامترهای بیشتری را در نظر بگیرند پیچیده تر می شوند ولی بهتر با نتایج واقعی انطباق می یابند [24]. با این حال بیشتر پارامترهای مدل، بعلت نبود داده های محلی، توسط داده های ارائه شده در منابع جانشین می شوند و نتیجتاً عدم قطعیت این پارامترها باعث کاهش اعتماد مدل می گردد [3]. بهمین خاطر پیشرفت یک کالیبراسیون مناسب برای مدلها ضروری است. سنجنش از دور رنگ آب می تواند داده های کمکی مورد نیاز برای کالیبراسیون مدلها را فراهم نماید [24]. البته گاهی اوقات بعلت وجود محدوده وسیع عدم قطعیتهایی که دینامیک و اکولوژی فرایند شکوفایی جلبک را احاطه کرده است مدلسازی آن کار ساده ای نیست بهمین خاطر به یک روش مقاوم (Robust) برای تشخیص وجود جلبک بدون آنالیز نمونه های آزمایشگاهی نیاز مبرم وجود دارد [21]. به همین خاطر روش استفاده از مدلسازی انتقال تشعشع برای استخراج پارامترهای کیفی از داده های ماهواره ای و تعیین توزیع مکانی آنها مورد بررسی قرار می گیرد.

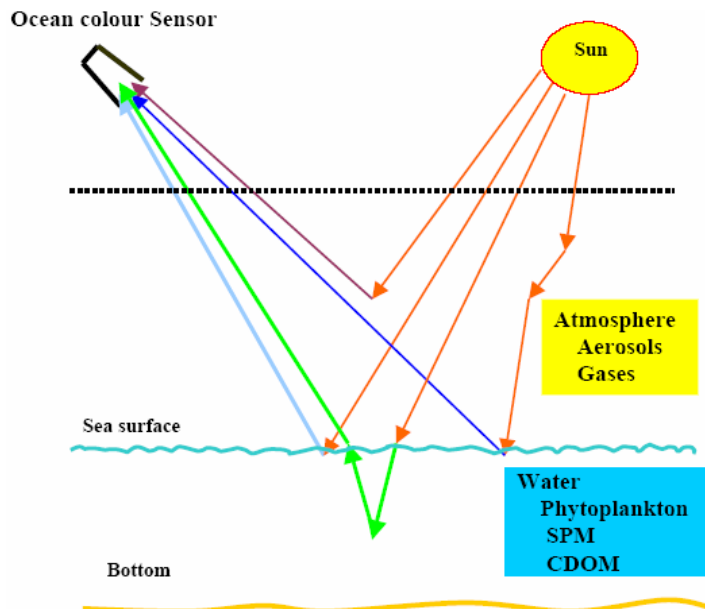
معادله انتقال تشعشع برای یک اتمسفر صفحات موازی (Plane Parallel Atmosphere) به شکل زیر است:

$$\mu \frac{dL(\phi, \mu, \tau)}{d\tau} = L(\phi, \mu, \tau) - J_v(\phi, \mu, \tau) \quad (1)$$

$$J_v = \omega_0 P(\mu, \phi; \mu_0, \phi_0) \frac{S^0}{4\pi} e^{-\tau/\mu_0} + \frac{\omega_0}{4\pi} \int_{-1}^{+1} \int_0^{2\pi} P(\mu, \phi; \mu', \phi') L(\phi', \mu', \tau) d\mu' d\phi' \quad (2)$$

که  $\mu$ : میزان کسینوس زاویه Zenith مشاهده  $L$  میزان تشعشع طیفی  $\left(\frac{W}{m^2 \cdot Sr \cdot \mu m}\right)$ ،  $\tau$ : عمق اپتیکی،  $J_v$ : میزان تابع منبع طیفی  $\left(\frac{W}{m^2 \cdot Sr \cdot \mu m}\right)$ ،  $\omega_0$ : آلپیدوی تک پراکندگی،  $S^0$ : تشعشع طیفی خورشیدی  $\left(\frac{W}{m^2 \cdot \mu m}\right)$ ،  $\phi$ : زاویه Azimuth مشاهده،  $\mu_0$  و  $\phi_0$  به ترتیب زاویه Zenith و Azimuth خورشیدی و  $P$  تابع فاز پراکندگی ( $Sr^{-1}$ ) می باشند. نظر به فاصله خورشید و ماهواره تا زمین و میدان دید ماهواره بیشتر اوقات سیستم اتمسفر غیرهمگن را بصورت صفحات موازی در نظر می گیرند.

برای کسب اطلاعات بیشتر در مورد نحوه استخراج معادله انتقال تشعشع به Chandrasekhar (1960) مراجعه شود [5]. میدان تشعشع بالای یک پهنه آبی تابعی از ناهمگنی عمودی ذرات آئروسول اتمسفر، مولکولهای آب و هوا، ذرات هیدروسول (Hydrosol) (ذرات داخل آب)، انعکاس سطحی و غیره می باشد (شکل ۴). مقدار و نوع هر کدام از این ذرات و مولکولها می تواند فقط توسط ۲ خاصیت اپتیکی ذاتی (IOP) آنها بیان شود (بعنوان مثال: ضریب خاموشی (c) و ضریب جذب (a)) و با داشتن این دو IOP و همچنین داشتن تابع فاز متناسب با هر کدام از آنها می توان معادله انتقال تشعشع را برای یک سیستم صفحات موازی ناهمگن اتمسفر-آب حل کرد [8].



(شکل ۴) اندرکنش تشعشع خورشیدی با اتمسفر و آب قبل از رسیدن به سنجنده [25]

در مدل‌سازی انتقال تشعشع با داشتن مقادیر IOP میتوان میزان توزیع تشعشع را محاسبه نمود و همانطور که از معادله انتقال تشعشع

پیدا است:

$$L = f(IOP) \quad (3)$$

که IOP خواص ذاتی اپتیکی و  $f$  تابع است. پس از کالیبراسیون و واسنجی معادله انتقال تشعشع، می‌توان به ازاء غلظت‌های مختلف از کلروفیل، مواد معلق و CDOM، مقادیر IOP را محاسبه نموده و مقدار  $L$  را بدست آورد. بدین ترتیب می‌توان یک پایگاه داده از حل معادله کالیبره و واسنجی شده استخراج نمود.

اما با وجود سنجنده‌ها، مقدار  $L$  مشخص و معلوم است و آنچه نامعلوم است و بایستی محاسبه شود IOP است. بعبارت دیگر به کمک داده‌های بدست آمده از حل معادله انتقال تشعشع، بایستی توسط رابطه زیر تابع  $f^{-1}$  محاسبه شود.

$$IOP = f^{-1}(L) \quad (4)$$

که  $f^{-1}$  وارون (معکوس) تابع  $f$  است.

اما امکان محاسبه این تابع  $f^{-1}$  به شکل صریح در شرایط واقعی وجود ندارد. پس بایستی از روش‌های مدل‌سازی معکوس استفاده نمود. بایستی روش مدل‌سازی معکوس نسبت به نویز و خطا مقاوم (Robust) باشد و روش‌های معکوسی که دارای حساسیت بسیار زیاد هستند اگر چه ممکن است از نظر اساس روش، بسیار مناسب بنظر برسند اما معمولاً قابل استفاده نیستند.

روش‌های مدل‌سازی معکوسی که در شرایط واقعی برای آب‌های Case I و یا Case II بطور معمول تاکنون استفاده می‌شده اند شامل

روش‌های زیر می‌باشند:

۱- ایجاد جدول [23]

۲- آنالیز همبستگی [16]

۳- روش‌های بهینه‌سازی [6]

۴- تفسیر اجزاء اصلی (Principal Component Interpretation) (PCI) [12]

۵- شبکه‌های عصبی [10, 22]

روش‌های قابل اعتماد برای آب‌های Case II که توانایی نویزپذیری و سرعت و دقت بالایی داشته باشد و مقاوم نیز باشد بسیار کم

هستند و شاید بتوان در بین موارد فوق، فقط شبکه‌های عصبی و PCI را مشخص نمود.

پس برای تالاب انزلی روش مناسب مدل‌سازی معکوس، روش شبکه‌های عصبی است.

## نتایج و بحث

مطالعات انجام شده نشان می‌دهد که روند آلودگی در تالاب انزلی به نحوی بوده است که احیاء آن و حفظ آن از نابودی از اهمیت بین المللی برخوردار شده است. حوزه آبریز این تالاب نقش بسیار مهمی در آلودگی تالاب انزلی دارد و عامل اصلی رسوبات به داخل تالاب می‌باشد. بار آلودگی ورودی به تالاب انزلی عمدتاً مربوط به فاضلابها است که البته شیرابه‌های زائدات جامد نیز در ورود آلودگی نقش مهمی دارند. اندازه‌گیری‌های انجام شده در تالاب نیز نشان می‌دهد که تالاب انزلی حاوی مقادیر زیادی فیتوپلانکتون،

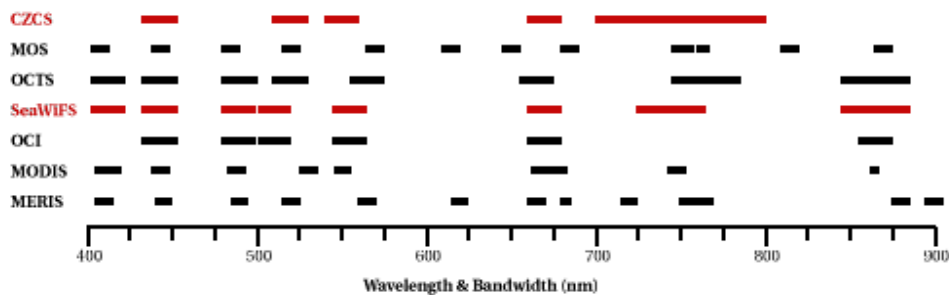
مواد معلق و COD است که بالا بودن این سه کمیت باعث بروز خواص اپتیکی پیچیده در آب می گردد و اینگونه آبها در دسته بندی اپتیکی آبها جزء آبهای Case II شناخته می شوند.

به منظور هرگونه اعمال مدیریت به منظور بهبود وضعیت زیست محیطی تالاب انزلی و احیاء آن، ابتدا نیاز به پایش کمی و کیفی آن می باشد که البته پایش کمی بسیار ساده تر از پایش کیفی است و می توان با اندازه گیریهای ساده محلی کمیت ها را مشخص نمود و همچنین از طریق ارتفاع سطح آب تالاب به حجم آن می توان پی برد. اما آنچه که لازم به نظر می رسد پایش کیفی مداوم تالاب است. یکی از روشهای کم هزینه پایش کیفی که قابلیت مدلسازی توزیع مکانی پارامترهای کیفی را دارد استفاده از داده های سنجنده های رنگ اقیانوس است. به منظور استفاده از اینگونه داده ها بایستی ابتدا مدلسازی مستقیم انتقال تشعشع انجام گیرد و پس از کالیبره و واسنجی کردن مدل مستقیم انتقال تشعشع، و تولید داده بایستی معکوس روی داده ها تولید شده انجام گیرد. اما به خاطر پیچیدگیهای اپتیکی آب تالاب انزلی نمی توان از روشهای ساده مدلسازی معکوس انتقال تشعشع استفاده نمود.

بررسی های انجام شده نشان می دهد که روشهای مدلسازی معکوس مناسب برای آبهای Case II، روشهای تفسیر اجزاء اصلی و شبکه های عصبی می باشند و شبکه های عصبی به عنوان بهترین روش برای این منظور شناخته شده است. با انجام مدلسازی معکوس انتقال تشعشع روی تالاب انزلی می توان به راحتی به کمک داده های سنجنده های رنگ اقیانوس پارامترهای کیفی آب تالاب انزلی مثل مواد معلق، CDOM و کلروفیل a را با توزیع مکانی آن پایش نمود.

اکنون بایستی سنجنده مناسب برای تالاب انزلی مشخص گردد. معمولاً سنجنده های دارای قدرت تفکیک مکانی بالا (مثل IKONOS، SPOT، Landsat) که اساساً به منظور مشاهدات زمینی ساخته شده اند خصوصیات طیفی مناسبی جهت مطالعات کمی آبهای ساحلی ندارند. اینگونه سنجنده ها دارای قدرت تفکیک طیفی (Spectral Resolution) پایین بوده (دارای تعداد باندهای طیفی کم بوده) و از طرفی دارای عرض باند (Band width) زیاد هستند که این خود باعث می شود که نسبت سیگنال به نویز (SNR) در آنها کاهش یابد [13]. پس سنجنده ای برای مطالعه رنگ اقیانوس مناسب است که تعداد باندهای آن (قدرت تفکیک طیفی) در محدوده طول موجهای مرئی زیاد و عرض باندهای آن نیز کم باشد تا نسبت سیگنال به نویز در آن افزایش یابد.

با توجه به مشخصات تالاب انزلی و کوچکی اندازه آن و همچنین جدول ۱ و شکل ۵، می توان به راحتی تصمیم گرفت که سنجنده مناسب برای این تحقیق MERIS (MEdium Resolution Imaging Spectrometer) می باشد که روی ماهواره ENVISAT نصب شده است و توسط آژانس فضایی اروپا (European Space Agency, ESA) طراحی و به فضا ارسال شده است.



(شکل ۵) باندها و عرض باندهای سنجنده های مختلف رنگ آب



(جدول ۱) مشخصات سنجنده های رنگ آب مختلف

Instrument	Satellite	Dates of Operation	Spatial Resolution	Swath Width
CZCS	Nimbus-7	10/24/78- 6/22/86	825 m	1556 km
MOS	IRS P3	3/18/96-	520 m	200 km
MOS	Priroda	4/23/96-	650 m	85 km
OCTS	ADEOS	8/17/96-	700 m	1400 km
SeaWiFS	SeaStar	scheduled 5/97	1100 m	2800 km
OCI	ROCSAT-1	scheduled 4/98	800 m	690 km
MODIS	EOS AM-1	scheduled 6/98	1000 m	2330 km
GLI	ADEOS-2	scheduled 2/99	1000 m	1600 km
MERIS	ENVISAT-1	scheduled 7/99	300 m	1450 km

## مراجع

۱. حیدری بلوکی، ع.، «بررسی لیمنولوژیکی تالاب انزلی، مطالعه فیتوپلانکتونها و سایر جلبکها»، پایان نامه فوق لیسانس دانشکده علوم، دانشگاه تهران. ۱۳۵۵.
۲. منوری، س.م. «بررسی اکولوژیکی تالاب انزلی»، انتشارات گیلکان، چاپ اول، ۱۳۶۹، ۲۲۷ صفحه.
3. Canale, R.P., D. Seo. "Performance, reliability and uncertainty of total phosphorus models for lakes, II: stochastic analyses.", Water Res., Vol. 30, 1996, pp. 95-102.
4. Carder, K.L., S.K. Hawes, Z. Lee, and F.R. Chen. "Case 2 chlorophyll a algorithm.", MODIS Ocean Science Team, Algorithm Theoretical Basis Document ATBD-19, Version 5, 1999.  
[http://eosps0.gsfc.nasa.gov/ftp\\_ATBD/Review/MODIS/ATBD-MOD-19/atbd-mod-19.pdf](http://eosps0.gsfc.nasa.gov/ftp_ATBD/Review/MODIS/ATBD-MOD-19/atbd-mod-19.pdf) .
5. Chandrasekhar, S. "Radiative Transfer.", New York, Dover publications, 1960.
6. Doerffer, R. and J. Fischer. "Concentrations of chlorophyll, suspended matter, and gelbstoff in case II waters derived from satellite coastal zone color scanner data with inverse modeling methods.", Journal of Geophysical Research, 1994, pp. 7457-7466.
7. Falkowski, P. G. "The role of phytoplankton photosynthesis in global biogeochemical cycles.", Photosyn. Res., Vol. 39, 1994, pp. 235-258.
8. Fischer, J. and H. Grassl. "Radiative transfer in an atmosphere-ocean system: an azimuthally dependent matrix-operator approach.", Appl Opt, Vol. 23, 1984, pp. 1031-9.
9. JICA, DOE and MOJA. "Handout for first seminar on the study on integrated management for ecosystem

conservation of the Anzali wetland in the Islamic Republic of Iran.", Tehran, Iran, February, 2004.

10. Keiner, L., and X.H. Yan. "The use of a neural network in estimating surface chlorophyll and sediments from Thematic Mapper imagery.", *Remote Sensing of Environment*, Vol. 66, 1998, pp. 153-165.
11. Kimball, K.D. and S.F. Kimball. "The limnology of Anzali Mordab, Iran; A study of eutrophication problems.", Iranian Department of the Environment, Human Environment Division, Technical Report, Bander Anzali, Iran, 1974, 43p.
12. Krawczyk, H., A. Neumann, and M. Hetscher. "Mathematical and physical background of principal component inversion.", *Proceedings 3rd International Workshop on MOS-IRS and Ocean Colour*, 1999, pp. 83-92, Wissenschaft und Technik Verlag Berlin, ISBN 3-89685-563-8.
13. Liew, S. C. and L. K. Kwoh. "Monitoring algal blooms from space: possibilities and limitations.", *Workshop on Red Tide Monitoring in Asian Coastal Waters*, Tokyo, Japan, 10-12 March, 2003.
14. Lung, W.S., "Assessing phosphorus control in the James River basin.", *J. Envir. Engrg. Div. ASCE*, Vol. 12, No.1, 1986, pp. 44-60.
15. Luoma, S.N., "Can we determine the biological availability of sediment-bound trace elements?.", *Hydrobiology*, Vol. 177, 1989, pp. 349-394.
16. Millie D.F., M.C. Baker, C.S. Tucker, B.T. Vinyard, and C.P. Dionogi. "High-resolution airborne remote sensing of bloom-forming phytoplankton.", *J. phycol.*, Vol. 28, 1992, pp. 281-290.
17. Moran, M.A., and R.G. Zepp. "Role of photo reactions in the formation of biologically labile compounds from dissolved organic matter.", *Limnol. Oceanogr.*, Vol. 42, 1997, pp. 1307-1316.
18. Morel, A. and L. Prieur. "Alalysis of variations in ocean color.", *Limnol. Oceanogr.*, Vol. 22, No. 4, 1977, pp.709.
19. Nippon Koei Co., "The study on integrated management for ecosystem conservation for the Anzali wetland.", *Progress Report (2)*, 2004.
20. Rast, M., J. L. Bezy and S. Bruzzi. "The ESA medium resolution imaging spectrometer (MERIS)-a review of the instrument and its mission.", Vol. 20, No. 9, 1999, pp. 1681-1702.
21. Roesler, C. S. and S. L. McLeroy-Etheridge. "Remote detection of harmful algal blooms.", *SPIE*, 1998, pp. 117-125. [http://www.bigelow.org/pi/Roesler\\_Etheridge\\_SPIE\\_1998.pdf](http://www.bigelow.org/pi/Roesler_Etheridge_SPIE_1998.pdf)
22. Schiller, H. and R. Doerffer. "Fast computational scheme for inverse modeling of multispectral radiances: application for remote sensing of the ocean.", *Applied Optics*, Vol. 32, 1993, pp. 3280-3285.
23. Schiller, H. and R. Doerffer. "Neural network for emulation of an inverse model-operational derivation of Case II water properties from MERIS data.", *Int. J. Remote Sens.*, Vol. 20, 1999, pp. 1735-1746.
24. Yang, M. D., R. M. Sykes and C. J. Merry. "Estimation of algal biological parameters using water quality modeling and spot satellite data.", *Ecological Modelling*, Vol. 125, 2000, pp. 1-13.
25. Zhang, T., "Retrieval of oceanic constituents with artificial neural network based on radiative transfer simulation techniques.", PhD thesis, Freie universitat Berlin, 2003.

## مطالعات کیفیت قلاب انزلی

احمد ابریشم چی، مسعود تجریشی، حمید طاهری شهرآئینی