Archive of SID

# بررسی هیدرودینامیک و غلظت اکسیژن مورد نیاز شیمیایی(*COD*) در تالاب انزلی

احمد طاهر شمسی [i]; آرش بختیاری [ii]; علی موسوی


## چکیده

**تالاب انزلی در جنوب غربی دریای خزر واقع شده و مساحت حوضه آبریز آن در حدود ۳۶۱۰ کیلومتر مربع است. شرایط هیدرودینامیکی و زیست محیطی خاص این تالاب، آن را به یکی از نواحی خاص برای زیست گونه‌های مختلف جانداران تبدیل کرده است. از این رو توجه به میزان آلودگی‌های مختلف و پراکنش آن‌ها در نواحی مختلف تالاب از جمله موضوعاتی است که مورد توجه است. آلودگی‌های آلی ناشی از ورود فاضلاب‌های صنعتی و خانگی بوسیله رودخانه‌های منتهی به تالاب از جمله مشکلات اصلی آن است. در این پژوهش به منظور بررسی وضعیت هیدرودینامیک و کیفیت آب در تالاب انزلی، با استفاده از مدل عددی دوبعدی MIKE21 سعی در شبیه سازی رفتار هیدرودینامیکی و تعیین اکسیژن مورد نیاز شیمیایی (COD) به عنوان شاخص آلودگی‌های آلی در تالاب انزلی، شده است. با جمع آوری اندازه گیری‌های موجود در منطقه و مقایسه آن با نتایج مدل سازی، کالیبراسیون و صحت سنجی مدل صورت گرفته است. در نهایت بر اساس نتایج حاصله از مدل، در سه بازه زمانی شامل، ابتدای فصل باران، فصل باران و فصل خشک، وضعیت تالاب بررسی شده است. نتایج حاکی از آن است که در فصل خشک با کم شدن دبی‌های ورودی به تالاب و پایین آمدن سطح آب در آن و غلظت آلودگی‌ها افزایش می‌یابد بطوری که وضعیت کیفیت آب در آن بحرانی می‌شود. بر اساس نتایج مدل در ماه آگوست (فصل خشک)، در اکثر نقاط تالاب غلظت COD بیش از ۳۰ میلی گرم بر لیتر است. این مقدار در قسمت‌های مرکزی و مصب تالاب به حدود ۸۰ میلیگرم بر لیتر می‌رسد. با تکیه بر نتایج این تحقیق لزوم مدیریت منابع آب بالادست تالاب آنزلی در فصول خشک به شدت احساس می‌شود.**


**کلمات کلیدی:** رفتار هیدرودینامیکی، مدل متوسط عمقی، جابجائی-پخش، غلظت اکسیژن، تالاب انزلی.

تاریخ دریافت مقاله: ۸۸/۲/۱۰ تاریخ پذیرش مقاله: ۸۸/۹/۱۶

[i] دانشیار دانشگاه صنعتی امیرکبیر، tshamsi@aut.ac.ir.

[ii] دانشجوی کارشناسی ارشد دانشگاه صنعتی خواجه نصیر الدین طوسی ( مؤلف مرتبط)، abakhtiary@sina.kntu.ac.ir.

## ۱- مقدمه

تالاب‌ها معمولا در طول لبه مخزن دریاچه‌ها، در سیلاب دشت رودخانه‌ها و در دهانه دلتا تشکیل می‌شوند. بر اساس نتایج آماری ٦٪ سطح زمین از تالاب‌ها پوشیده شده که این مقدار برابر ۸/٦ میلیون کیلومتر مربع است [ Ayati, 2003]. علی رغم فواید زیادی که تالاب‌ها در زندگی بشر دارند، در چند دهه اخیر، بجز اثرات منفی پدیده‌های طبیعی همچون خشکسالی در تالاب‌ها، این زیست بوم‌ها تحت تأثیر فعالیت‌های انسانی نیز قرار



www.SID.ir

Archive of SID

گرفته‌اند. این فعالیت‌ها عبارتند از خاکریزی برای احیاء اراضی، ساخت سد، آلودگی و ورود مواد معدنی، انحراف آب به منظور آبیاری، تغذیه کنترل نشده حیوانات از تالاب‌ها، ماهیگیری بیش از حد و همچنین فعالیت‌های توریستی و تفریحی کنترل نشده است. ورود آلودگی‌های شهری، صنعتی و کشاورزی و ورود گونه‌های غیر بومی گیاهی مانند آزولا به تالاب انزلی از جدیدترین عوامل تهدید کننده تالاب‌های حوزه آبریز دریای خزر می‌باشند [سازمان نقشه برداری کشور (اطلس محیط زیست)، ۱۳۸۰].

تالاب انزلی (شکل ۱) به عنوان زیستگاهی برای گونه‌های متفاوتی از گیاهان و حیات وحش و همچنین بعنوان پناهگاهی موقت برای پرندگان مهاجر، نقش حیاتی ایفا می‌کند. از مشکلات موجود دراین تالاب می‌توان به مساله افزایش مواد جامد معلق (TDS)، افزایش رسوب و افزایش آلاینده‌ها اشاره کرد که هر کدام به نوعی وضعیت زیست محیطی تالاب را تهدید می‌کنند. به عنوان مثال افزایش مواد جامد معلق منجر به کاهش دید پرندگان می‌شود و افزایش رسوب باعث تبدیل تالاب به زیستگاهی منحصراً برای زیاگان نواحی کم عمق می‌گردد [Ayati, 2003 ].

وضعیت تالاب انزلی در طی دهه‌های گذشته در اثر ورود پساب‌ها شهری، صنعتی و روستایی به سمت بحرانی شدن پیش رفته است [Nippon Koie, 2003]. به طور کلی این عقیده و جود دارد که آلودگی‌های وارده به تالاب تأثیرات ناگواری را بر محیط زیست آن می‌گذارد. رشد زیاد گیاه غیر بومی آزولا و نوعی از نیزارها (Phragmiets) از جمله پیامدهای تغییر کیفیت آب تالاب هستند که در سال های اخیر اکوسیستم تالاب را تا حدودی تحت تأثیر قرار داده‌اند و موجب برقراری شرایط بی هوازی در منطقه رشد آزولا شده است [فیلی زاده و خداپرست، ۱۳۸۲].

از زمانی که تالاب انزلی از نظر مطالعاتی مورد توجه قرار گرفته است تا سال ۱۹۸۷ هیدرولیک و هیدرودینامیک تالاب انزلی بطور مستقیم مورد توجه تیم‌های مطالعاتی قرار نگرفت و این در حالی است که بعضی از اقدامات یا مطالعات انجام شده که صرفاً جنبه مهندسی داشته و به جهت تغییر در خصوصیات هیدرولیکی تالاب انجام گرفته است. در سال ۱۹۸۷ برای شناخت خصوصیات هیدرولیکی تالاب انزلی از یک مدل ریاضی استفاده گردید [مهندسین مشاور یکم، ۱۳٦۷]. این مدل به کمک اطلاعات جمع‌آوری شده توسط مهندسین مشاور هاسکونینگ حل شده که با توجه به اطلاعات ناقص، پراکنده و غیر هماهنگ، جواب‌های مدل تقریبی می‌باشند. در پژوهشی میدانی وضعیت کیفیت آب ۲۱ روخانه منتهی به تالاب بررسی شده است [زرکامی، ۱۳۸۰]. از جمله اهداف این پژوهش، شناسایی رودخانه‌های آلوده و ارائه راهکارهایی مدیریتی برای آنها است. در این تحقیق بیش از ۱۵ پارامتر شیمیایی آب مورد بررسی قرار گرفته و نهایتاً ۲۱رودخانه مورد مطالعه از لحاظ آلودگی به سه دسته تقسیم بندی شده‌اند. این گروه‌ها شامل ۵ رودخانه دارای آلودگی شدید، ۹ رودخانه دارای آلودگی متوسط و ۷ رودخانه دارای آلودگی ناچیز هستند که رودخانه پیر بازار از وضعیت بحرانی‌تری نسبت به بقیه برخوردار بوده است [زرکامی، ۱۳۸۰]. در پژوهشی دیگر، تأثیر رشد گیاهان آبزی بر کیفیت آب تالاب توسط فیلی زاده و خداپرست مورد توجه قرار گرفته است [۱۳۸۲]. در این پژوهش با استفاده از نتایج ۱۲ ایستگاه اندازه‌گیری این نتیجه حاصل شده که با افزایش گیاهان آبزی نظیر آزولا و لاله مردابی مقدار PH، اکسیژن محلول و دمای آب تغییر می‌کند. مقدار پارامترهای مذکور در نواحی که گیاهان کمتری دارند قابل توجه است [فیلی زاده و خداپرست، ۱۳۸۲]. مطالعات میدانی جایکا را می‌توان از جمله کامل‌تری مطالعات انجام شده در تالاب انزلی دانست. این مجموعه مطالعات که با عنوان "*طرح جامع مطالعاتی به منظور حفاظت اکوسیستم تالاب انزلی*" در حال انجام است [Nippon Koie, 2003]. طاهرشمسی در تحقیقی وضعیت اکوهیدرولیک تالاب را ارزیابی کرده و خصوصیات هیدرولوژیکی و هیدرولیکی آن را مورد ارزیابی قرار داده است [ Taher-Shamsi, 2003].

در تحقیق حاضر، به منظور تکمیل و تدقیق کارهای قبلی به مدل سازی هیدرودینامیک و وضعیت کیفیت آب تالاب از لحاظ آلودگی‌های آلی پرداخته شده است و پارامتر اکسیژن مورد نیاز شیمیایی (COD) به عنوان نماینده‌ای برای آلودگی‌های آلی در نظر گرفته شده است. پراکنش


www.SID.ir

Archive of SID

COD در تالاب بر اساس اطلاعات موجود و اندازه‌گیری‌های در دسترس، در سه فصل خشک، ابتدای فصل بارانی و فصل بارانی مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج حاصل از مدل عددی با اندازه‌گیری‌های میدانی جایکا [Nippon Koie, 2003] مقایسه و کنترل شده‌اند.

## ۲- ناحیه مورد مطالعه

حوضه آبریز تالاب انزلی بین ´۵۵ °۳۶ و ´۳۲ °۳۷ شمالی و ´۵۵ °۴۸ و ´۴۲ °۴۹ شرقی و در جنوب غربی دریای خزر قرار دارد و کل مساحت آن ۳۶۱۰ کیلومتر مربع است. سطح تالاب انزلی (بنا بر آنچه در کونوانسیون رامسر ثبت شده)۱۵۰ کیلومتر مربع و بر اساس تصاویر GIS که توسط جایکا ( Japan International Corporation Agency) تهیه شده است[ Nippon Koie, 2003]، ۱۹۳ کیلومتر مربع تعیین شده است. این تالاب از نظر فیزیکی شامل، یک آبکنار (lagoon) بیضی شکل در غرب، ناحیه حفاظت شده سیاه‌کشیم در جنوب غربی، نواحی آبگیر آزاد حسین بخوانده در شرق و کانال‌های زهکشی در مرکز است.

در حال حاضر ناحیه آبکنار در تالاب انزلی دارای طولی برابر ۱۷ کیلومتر و ماکزیمم عرض ۳ کیلومتر است. با استفاده از منحنی حجم-عمق که توسط وزارت جهاد کشاورزی در سال ۱۹۹۱ تنظیم شده است[Taher-Shamsi, 2000]. آبکنار تالاب انزلی فقط یک ورودی از غرب دارد که چافرود است و دو خروجی دارد که نهنگ روگا و شنبه بازار روگا می‌باشند.

ناحیه حفاظت شده سیاه کشیم در جنوب غربی این تالاب قرار دارد. رودهای ورودی به این ناحیه مرغک، خالکایی، ماسوله رودخان و بهمبر از غرب و جنوب می‌باشند. تنها خروجی آن در شرق قرار دارد و توسط شالیزار احاطه شده است.

کانال‌های مرکزی توسط رودهای پسیخان و پیربازار و قسمت شرقی تالاب توسط خمامرود تغذیه می‌شوند. عمق این کانال‌ها ۰/۵ تا ۲/۵ متر است که از ماکروفیت و نیزار پوشیده شده است. پنج کانال، یعنی شنبه بازار، نهنگ، راسته خاله، پیربازار و سوسر آب تالاب را به دریای خزر تخلیه می‌نمایند. این کانال‌ها بین ۰/۷ تا ۳ متر عمق دارند و کانال‌های راسته خاله و نهنگ روگا در دهه ۱۹۸۰ توسط وزارت جهاد کشاورزی عمیق سازی شده‌اند [Nippon Koie, 2003]. بر اساس بررسی نقشه‌های موجود و اطلاعات عمق‌سنجی جمع‌آوری شده، حجم تالاب چیزی در حدود ۳۰۰ میلیون مترمکعب و عمق متوسط آن ۱,۵۵ متر بوده و بر اساس جریانهای ورودی سالیانه، زمان ماند هیدرولیکی تالاب ۴۸ روز تخمین زده شده است(Nippon Koie, 2003). با فرض عمق متوسط ۲ متر، زمان ماند تالاب یک ماه تخمین زده شده است (Taher-Shamsi, 2003).

## ۳- مواد و روش‌ها

### ۳-۱- معادلات حاکم

مدل عددی MIKE21 از بسته نرم افزاری MIKE که توسط مؤسسه هیدرودینامیک دانمارک ( Danish Hydraulic Institute) توسعه یافته است، بر پایه شبکه بندی بدون ساختار بنا شده است و در دریاها، دریاچه‌ها، سواحل و اقیانوس‌ها بکار می‌رود. این مدل بر حل عددی دو بعدی معادلات ناویر-استوکس متوسط گیری شده در عمق استوار است. فرض فشار هیدروستاتیک و فرض بوسینیسک نیز در این مدل اعمال شده است. معادلات حاکم بر جریان شامل معادله پیوستگی و معادلات حرکت است که به صورت زیر نوشته می‌شود:

$$\frac{\partial h}{\partial t}+\frac{\partial h\bar{u}}{\partial x}+\frac{\partial h\bar{v}}{\partial y}=hS \qquad (۱)$$

$$\frac{\partial hu}{\partial t}+\frac{\partial h\bar{u}^{2}}{\partial x}+\frac{\partial h\overline{uv}}{\partial y}=fh\bar{v}-gh\frac{\partial \eta}{\partial x}-\frac{h}{\rho_0}\frac{\partial P_a}{\partial x}$$
$$-\frac{gh^2}{2\rho_0}\frac{\partial \rho}{\partial x}-\frac{1}{\rho_0}\left(\frac{\partial S_{xx}}{\partial x}+\frac{\partial S_{xy}}{\partial y}\right)+\frac{\tau_{sx}}{\partial x}-\frac{\tau_{bx}}{\partial x} \qquad (۲)$$
$$+\frac{\partial}{\partial x}\left(hT_{xx}\right)+\frac{\partial}{\partial y}\left(hT_{xy}\right)+hu_sS$$

$$\frac{\partial hv}{\partial t}+\frac{\partial h\bar{v}^{2}}{\partial y}+\frac{\partial h\overline{uv}}{\partial x}=fh\bar{v}-gh\frac{\partial \eta}{\partial y}-\frac{h}{\rho_0}\frac{\partial P_a}{\partial y}$$
$$-\frac{gh^2}{2\rho_0}\frac{\partial \rho}{\partial y}-\frac{1}{\rho_0}\left(\frac{\partial S_{yx}}{\partial x}+\frac{\partial S_{yy}}{\partial y}\right)+\frac{\tau_{sy}}{\partial y}-\frac{\tau_{by}}{\partial y} \qquad (۳)$$
$$+\frac{\partial}{\partial x}\left(hT_{xy}\right)+\frac{\partial}{\partial y}\left(hT_{yy}\right)+hv_sS$$

در معادلات بالا $\bar{v}$ و $\bar{u}$ مؤلفه های سرعت انتگرال گیری شده در عمق در جهات $x$ و $y$؛ $t$ زمان؛ $x$ و $y$ مختصات در



www.SID.ir

Archive of SID

دستگاه کارتزین؛ $\eta$ تغییرات سطح؛ $d$ عمق آب در حالت سکون؛ $h = d + \eta$ عمق آب؛ $u$ و $v$ مؤلفه‌های سرعت در جهات $x$ و $y$؛ $f$ پارمتر کوریولیس؛ $g$ شتاب زمین؛ $\rho$ چگالی آب؛ $S_{ij}$ مولفه های تنش تشعشعی امواج، $\rho_0$ چگالی اولیه آب (ناشی از شرایط اولیه)؛ $P_a$ فشار جو؛ $S$ مقدار دبی ناشی از چشمه‌های نقطه‌ای با سرعت‌های $(u_s,v_s)$؛ $T_{ij}$ تنش‌های جانبی؛ $\tau_{si}$ تنش سطحی (ناشی از باد) و $\tau_{bi}$ تنش بستر است.

روش عددی مورد استفاده در این مدل روش مرکزیت سلول (Cell Center) است و از روش تقریبی Riemann Solver برای محاسبه شارهای انتقالی استفاده شده است. برای اجتناب از نوسانات عددی محدود کننده‌های شیب TVD درجه دوم مورد استفاده قرار گرفته است. روش درجه دوم Runge-Kutta برای محاسبه انتگرال زمانی استفاده شده است [DHI, 2005].

## ۳-۲- ساخت مدل

بدون شک مهمترین داده مورد نیاز برای یک مدل عددی که به یک ناحیه کم عمق (مانند تالاب انزلی) مربوط می‌شود، اطلاعات توپوگرافی بستر است [DHI, 2005]. تا قبل از مطالعات جایکا ( Japan International Corporation Agency)، مطالعات بسیار محدودی به منظور تعیین وضعیت توپوگرافی بستر تالاب انزلی انجام شده بود. جایکا مطالعات کامل‌تری در این رابطه انجام داد [Nippon Koie, 2003]. این مطالعات قسمت‌های مرکزی و ناحیه آبکنار انزلی را تحت پوشش قرار می‌دهد لیکن باز هم در نقاطی اطلاعات توپوگرافی مبتنی بر مشاهدات بوده است. در نهایت به منظور استفاده از تمام منابع موجود در زمینه توپوگرافی، از اطلاعات JICA، مشاهدات محلی و نقشه های سازمان جغرافیایی ارتش بهره گرفته شد. باتوجه به اندازه‌گیری‌های انجام شده در تالاب و دسترسی به داده‌های موجود مدل برای ماه آگوست، اکتبر و دسامبر سال ۲۰۰۳ میلادی اجرا شد. لازم به توضیح است که علی رغم تلاش صورت گرفته، به دلیل نبود اطلاعات کافی و جامع در دوره‌های بلند مدت، اقدام به ساخت مدل در سه بازه زمانی شده است.

نظر به اهمیت وزش باد به عنوان یک عامل تاثیرگذار در جریان‌های دو بعدی افقی، اطلاعات باد مربوط به ایستگاه بندر انزلی از سازمان هواشناسی دریافت شد. این اطلاعات بصورت یک سری زمانی ۳ ساعته برای مدل تعریف شد. اطلاعات تعریف شده شامل سرعت باد و همچنین جهت باد است.

رودخانه‌ها به عنوان چشمه‌های نقطه‌ای و کانال‌های خروجی به عنوان مرز باز به مدل معرفی شده است. گام زمانی ۱۲۰ ثانیه برای اجرای مدل اعمال و سرعت‌ها و شوری مدل در ابتدای هر بازه مدل سازی صفر در نظر گرفته شده است. تراز آب در تالاب مطابق با تحقیقات بوستانی و همکاران [۱۳۸۵] برابر با ۲۶/۵- متر (مطابق با تراز آب دریای خزر) در نظر گرفته شد.

## ۳-۳- تعریف خصوصیت ماده از نظر خصوصیات زوال و تعیین ضریب زوال

توجه به این نکته ضروری است که قسمتی از COD می‌تواند زوال ناپذیر باشد. بنابراین COD را می‌توان به دو نوع زوال‌پذیر و زوال‌ناپذیر تقسیم نمود. بطور خلاصه می‌توان میزان انواع COD فاضلاب را با استفاده از روابط زیر تعیین کرد [Metcalf & Eddy, 2003]:

$$COD=bCOD+nbCOD,\ bCOD\approx 1.6(BOD) \quad (٤)$$

که در آن $bCOD$ مقدار $COD$ زوال پذیر و $nbCOD$ مقدار $COD$ زوال‌ناپذیر هستند. با توجه به مقادیر $BOD$ موجود در تالاب انزلی, به میزان تقریبی بیش از شصت درصد از $COD$ تالاب، زوال‌پذیر است و ضریب زوال برای آن باید در نظر گرفته شود.

نرخ اکسیداسیون بر اساس این فرض مدل می‌شود که مقدار مواد آلی باقیمانده در هر زمان $t$ با یک تابع مرتبه اول بیان می شود. مقدار $BOD$ زوال یافته از فرمول زیر محاسبه می شود:

$$BOD_t = UBOD - BOD_r = UBOD - UBOD(e^{-k_1 t}) = UBOD(1-e^{-k_1 t}) \quad (٥)$$

در این رابطه $K_1$ ثابت نرخ واکنش مرتبه اول, $BOD_t$ میزان زوال $BOD$ تا زمان $t$ و $UBOD$ مقدار نهایی $BOD$ کربن دار است [Metcalf & Eddy, 2003].

مقدار $K_1$ برای فاضلاب تصفیه نشده معمولا حدود ۰/۱۲ تا ۰/٤٦ (در پایه e) بر روز است. مقدار معمول آن که



www.SID.ir

Archive of SID

اغلب مورد استفاده قرار می گیرد,۰/۲۳ بر روز است. دامنه مقادیر $k_1$ برای فاضلابهای ناشی از فرآیند تصفیه بیولوژیکی بین ۰/۱۲ تا ۰/۲۳ بر روز است. برای آبهای آلوده و فاضلاب, مقدار $k_1$ (در پایه e و دمای ۲۰ درجه), $0.23^{d^{-1}}$ است [Metcalf & Eddy, 2003]. با توجه به دماهای متفاوت در بازه های زمانی شبیه‌سازی در تالاب انزلی, مقدار ضریب زوال به صورت یک سری زمانی به مدل داده شده است. برای تبدیل مقدار $k_1$ از پایه e به پایه ۱۰ داریم :

$$k_1(base10) = \frac{k_1(basee)}{2.303} \qquad (٦)$$

رابطه $k_1$ در دماهای مختلف با $k_1$ در دمای ۲۰ درجه سانتیگراد عبارتست از:

$$k_{1T} = k_{120}\theta^{T-20} \qquad (٧)$$

مقدار $k_1$ در دمای ۲۰ درجه سانتیگراد ۰/۱ (در پایه ۱۰) در نظر گرفته شده است. مقدار ذکر شده در شرایط مشابه توسط محققین مختلفی پیشنهاد شده است، Bowie و همکاران [۱۹۸۱]، Connor [1985] ، Gonenc [2005] و [ترابیان، ۱۳۸۱]. مقدار ثابت $\theta$ نیز مقدار معمول آن، یعنی ۱/۰۴۷ در نظر گرفته شده است. مقادیر مختلف $K_{1T}$ در بازه‌های زمانی ۲٤ ساعته، با در نظر گرفتن تغییرات دما به مدل معرفی می‌شوند.

### ٤-۳- آنالیز حساسیت و کالیبراسیون مدل

با بررسی های انجام شده و با توجه به مطالعات مشابه قبلی [بوستانی و همکاران، ۱۳۸۵؛ Taher-Shamsi, 2000؛ طاهر شمسی و بختیاری، ۱۳۸۷] و توصیه‌های سازنده نرم افزار [DHI, 2005] پارامترهای زبری بستر (1/n)، لزجت گردابی و ضریب اصطکاک باد با سطح آب به عنوان پارامترهای مورد بررسی در آنالیز حساسیت انتخاب شد. در میان پارامترهای مذکور مدل تنها به ضریب اصطکاک بستر حساس بوده و ضریب اصطکاک باد به صورت متغیر با سرعت باد انتخاب شد. دیگر پارامترها نیز با توجه به توصیه‌های شرکت سازنده نرم افزار و مطالعات مشابه قبلی انتخاب شده است [بوستانی، ۱۳۸۵؛ Taher-Shamsi, 2000؛ DHI, 2005]. زبری بستر برابر با عدد مانینگ $1/n= ۲۵m^{1/3} s^{-1}$ برای مدل انتخاب شد و مدل اصلی در بازه‌های ذکر شده اجرا شد. صحت سنجی نتایج مدل در ایستگاه‌های مختلفی که در شکل ۱ نشان داده شده، در تالاب کنترل شد. شکل ۳ نتایج صحت سنجی نتایج را نشان می‌دهد. نتایج مدل همخوانی قابل قبولی را با اندازه گیری های محلی از خود نشان می-دهد.

## ٤- ارائه نتایج مدل

بعد از صحت سنجی و صحت سنجی مدل اقدام به شبیه سازی توزیع **COD** در تالاب شد، شکل‌های ۳، ٤ و ٥ صحت سنجی مدل برای توزیع **COD** در تالاب را نمایش می‌دهد. شکل ٦ مقادیر مدل را در نقاط مختلف تالاب را نمایش میدهد.

**جدول ۱ معیار آلودگی آلی بر اساس توصیه USEPA (USEPA, 1998)**

| غلظت COD(mg/lit) | وضیت آلودگی |
|---|---|
| ۳۰< | شدید |
| ۳۰-۲۰ | متوسط |
| ۲۰-۱۰ | کم |
| ۱۰> | خفیف |

حداکثر خطای مدل برای پیش‌بینی غلظت COD به ۸٪ می‌رسد. همچنین از مقادیر بدست آمده برای غلظت COD در تالاب چنین نتیجه می‌شود که این مقادیر در قسمت‌های مرکزی و همچنین در مصب تالاب به اوج خود می‌رسد. نتایج عددی حاکی از آن است که غلظت COD در ناحیه ذکر شده به ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر هم می‌رسد. بر اساس معیار USEPA ( United States Environmental Protection Agency) میزان آلودگی آلی بیش از ۳۰ میلیگرم بر لیتر دلیل بر آلودگی آلی شدید در محیط آبی است (US EPA, 1998) (جدول ۱). در جدول ۲ نتایج عددی بطور تقریبی برای نقاط مختلف تالاب ارائه شده‌اند. بر اساس جدول فوق، در بازه زمانی ماه آگوست، میزان آلودگی تاشی از مواد آلی بنا بر معیار USEPA در اکثر نقاط تالاب شدید است. همچنین برای ماه اکتبر در اکثر نقاط حالت آلودگی متوسط است. در ماه دسامبر، نواحی مرکزی و مصب تالاب دارای آلودگی آلی متوسط و دیگر نقاط آن دارای آلودگی آلی کمی می‌باشند. شکل های ٤ و


www.SID.ir

Archive of SID

۵ تغییرات مقدار COD را در بازه‌های زمانی از ماه‌های اکتبر و دسامبر مدل سازی را نشان می‌دهند.

**جدول ۲ مقادیر تقریبی غلظت COD در نتیجه شبیه‌سازی عددی**

| | غلظت COD(mg/lit) | | |
|---|---|---|---|
| ناحیه | ماه آگوست | ماه اکتبر | ماه دسامبر |
| شرق | ۲۰ | ۱۵ | ۱۲ |
| مرکز | ۸۰ | ٤۰ | ۳۰ |
| مصب تالاب | ۷۵ | ۳۰ | ۲۰ |
| لاگون | ۵۰ | ۲۵ | ۱۸ |
| جنوب غربی | ۳۰ | ۲۰ | ۱۵ |

## ۵- بحث و نتیجه گیری

در این مقاله، ابتدا مدل هیدرودینامیک تالاب انزلی ساخته و کالیبره شد. سپس با کمک مدل به شبیه سازی انتشار و پخش پارامتر COD پرداخته شد. مدل کالیبره شده برای سه بازه زمانی۳۱ روزه, یعنی ماه‌های آگوست (فصل خشک), اکتبر (ابتدای فصل بارانی) و دسامبر (اواسط فصل بارانی), توزیع COD در تالاب بررسی شد. در این تحقیق پارامتر COD شاخصی برای آلودگی‌های آلی انتخاب شده که با ورود آلاینده‌های آلی بوجود می‌آید و باعث رشد زیاد گیاهان می‌شود. راهنمای کیفیت آب سازمان محیط زیست آمریکا (US EPA) اشاره می‌کند که شرایط اوتروفیک (بی هوازی) بسیار زیاد یا در این تحقیق, آلودگی آلی زیاد, شرایطی است که دارای COD بیشتر از ۳۰ میلی گرم بر لیتر است. نتایج بدست آمده از شبیه‌سازی توزیع COD در تالاب حاکی از آن است که میزان آلودگی آلی در تالاب بیش از مقادیر مجاز استانداردهای معتبر بوده و مساله ساز خواهد بود. شایان ذکر است آلودگی آلی تالاب در فصل خشک شدیدتر تشخیص داده شد. مقدار COD در قسمتهای شرقی و مصب تالاب بیش از دیگر نقاط تالاب بوده است. با توجه به نتایج مدل رودخانه پیر بازار که فاضلاب رشت را به تالاب تخلیه می‌کند از اصلی‌ترین منابه آلودگی تالاب شناخته شده که لزوم مطالعات مدیریتی در زمینه پساب-های شهری و صنعتی آن لازم و ضروری به نظر می-رسد.

بنابه همخوانی نتایج مدل سازی و داده‌های میدانی موجود، نتایج حاصل از کالیبراسیون و صحت سنجی مدل دوبعدی افقی MIKE21 در تالاب انزلی, مطلوب ارزیابی می‌شود. همچنین می‌توان گفت مدل دوبعدی افقی, گزینه‌های مناسبی برای بررسی هیدرودینامیک و پدیده انتقال-پخش در تالاب انزلی می‌باشند.

لازم به ذکر است که نتایج بدست آمده از شبیه‌سازی‌های انجام شده نمی تواند بدون نقص باشد. از عوامل ضعف-های احتمالی موجود، می‌توان به کمبود اطلاعات توپوگرافی در بعضی از نواحی منطقه شبیه‌سازی و همچنین کمبود دقت کافی در اطلاعات خام و داده های میدانی اشاره کرد. اطلاعات توپوگرافی بکار رفته در مدل تالاب انزلی تا حدودی رضایتبخش بود ولی برای شبیه‌سازی دقیقتر به اطلاعات کاملتری نیاز است. همچنین بازه‌های زمانی مورد استفاده در صورت وجود اطلاعات کافی بهتر است که به صورت سالیانه انتخاب شود.

## ۶- تشکر و قدر دانی

بدین وسیله از موسسه تحقیقات آب به جهت در اختیار گذاشتن تجهیزات محاسباتی تشکر و قدر دانی می‌شود.

## ۷- مراجع

[۱] بوستانی، فرشاد، علوی مقدم، محمد رضا، طاهرشمسی، احمد و موسوی، سید علی، "**مدل هیدرودینامیک تالاب انزلی و بررسی شوری در کانال کشتی رانی**"، کنفرانس ملی محیط زیست در دانشگاه تهران، ۱۳۸٦.

[۲] ترابیان، ع، هاشمی، س.ح.، (۱۳۸۱)، "**مدلسازی کیفی آبهای سطحی**"، انتشارات دانشگاه تهران، (ترجمه).

[۳] زرکامی، ر، "**بررسی وضعیت بار غذایی در رودخانه-های حوضه آبریز تالاب انزلی بر اساس مدل نرمال سازی اقلیدوسی**"، نشریه پژوهش و سازندگی، شماره ٥٦ و ٥٧، پاییز و زمستان ۱۳۸۱.

[٤] سازمان مدیریت منابع آب، **گزارشات میزان بارش و تبخیر در حوضه آبریز تالاب انزلی**؛ (گزارشات سالیانه).

[٥] سازمان نقشه برداری، "**اطلس ملی ایران**"، جلد شانزدهم، چاپ اول، ۱۳۸۰.

[٦] سازمان هواشناسی کشور، **اطلاعات مربوط به وضعیت باد، بارش، تبخیر و درجه حرارت در ایستگاه بندرانزلی**.



www.SID.ir

Archive of SID


[۷] فیلیزاده، ی، خداپرست، س. ح، **"بررسی رشد بیش از اندازه گیاهان آبزی بر کیفیت آب تالاب انزلی"**، نشریه شیلات ایران، شماره ٤٩، ١٣٨٢.

[۸] مهندسین مشاور یکم ، (١٣٦٧)، **"گزارش مطالعات گام اول طرح جامع احیاء تالاب انزلی"**، تهران.

[۹] نبی‌زاده، رامین و دادمهر فائزی، (١٣٥٧)، **"رهنمودهای کیفیت آب آشامیدنی (توصیه‌ها)"**، جلد اول، موسسه علمی-فرهنگی نص، (ترجمه).

[۱۰] Ayati, B, 2003. Investigation of sanitary and industrial wastewater effects on the Anzali reserved wetland.

[۱۱] Bernon, I., Monde, S., Pouvreau, N., Maurin, J.C., 2004. "Modeling hydrodynamics in the Ebrie Lagoon (Cote d`Ivoire)" . Journal of African Earth Sciences 39, 534-540.

[۱۲] Bowie, G.L, Mills, W.B., Porcella, C.L., Campbell, C.L., (1985), "Rates, constants and kinetics in surface water quality modelling", 2nd edition, U.S. Enviromental Protection Agency, Athens, GA.

[۱۳] Connor, D.J., (1981), "Modeling of eutriphication in estuaries", Humana Press, Totowa, NJ.

[١٤] Conwell, D.A., Davis, M.L. (1998), "Environmental engineering", McGraw-Hill, Inc, U.S.A.

[١٥] DHI, 2005, "MIKE 21 Coastal Hydraulics and Oceanography Hydrodynamic Module Scientific Documentation and Reference manual".

[١٦] Dias, J.M., Lopes, J.F., 2006. "Implementation and assessment of hydrodynamic, salt and heat transport models:The case of Ria de Aveiro Lagoon

[١٧] Falconer, A.A, Goodwin, P. (1994),"Wetland management", Cronwell Press, Melksham, Wilts.

[١٨] Falconer, R.A., (1986), "An introduction to nearly horizontal flows, The Coastal, Estuarial and Harbor Engineers Refrence Book", E & FN Spon, London, England.

[١٩] Falconer, R.A., (1992), "Flow and water quality modeling in coastal and inland waters", Journal of Hydraulic Research, vol.30, 437-452.

[٢٠] Falconer, R.A., (1993), to introduction An" "flows horizontal nearly; Coastal engineering reference book, Hill & Chapman, London.

[٢١] Ferrarin, C., Umgiesser, G., 2005. "Hydrodynamic modeling a coastal lagoon: The Cabras lagoon in Sardinia, Italy". Ecological Modelling 188, 340-357.

[٢٢] Gonenc, I.E., Wolflin, J.P., (2005), "Coastal lagoons; Ecosystem processes and modeling for sustainable use and development", CRC Press, U.S.A.

[٢٣] Lonin, S.A., Tuchkovenko, Y.S., (2001), "Water quality modeling for the ecosystem of the Cienaga de Tesca coastal lagoon". Ecological Modeling 144, 279-293.

[٢٤] Metcalf, Eddy, (2003). "Wastewater engineering: treatment and reuse". Metcalf & Eddy Inc, McGrae-Hill, NY.

[٢٥] Nippon Koie Co., Ltd, 2003. "The Study on Integrated Management for Ecosystem Conservation of the Anzali Wetland in the Islamic Republic of Iran".

[٢٦] Pethick, J., (1994), "Wetland management", Cronwell Press, Melksham, Wilts.

[٢٧] Ramsar Sites Database: A Directory of Wetlands of International Importance, http://www.wetland.org/RBD/asia/

[٢٨] Reed, S. (1990), "Natural systems for wastewater treatment", Imperial Printing, U.S.A.

[٢٩] Somes, N.L.G., Bishop, W.A., Wong, T.H.F., 1999. "Numerical simulation of wetland hydrodynamics". Enviroment International, Vol. 25, No. 6/7 pp. 773-779.

[٣٠] Taher-Shamsi, A., "Ecohydraulics of Anzali Wetland, Case study", Proceedings of 5th international ecohydraulics conference, Madrid, Spain.

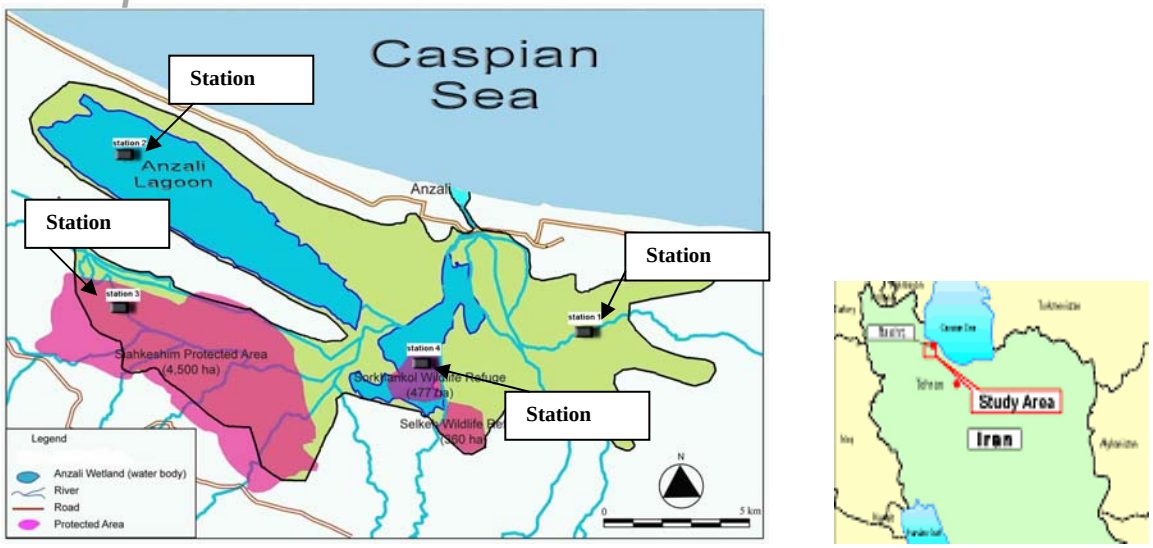
[٣١] UMEP IETC& ILEC, (2001) "Lakes and Reservoirs; the Watershed: Water from the Mountains into the Sea", Vol. 2, pp. 24-25

[٣٢] United States Environmental Protection Agency, (1998), "Water quality criteria for the protection of aquatic life", USEPA, Criteria and Standards, Washington, D.C.

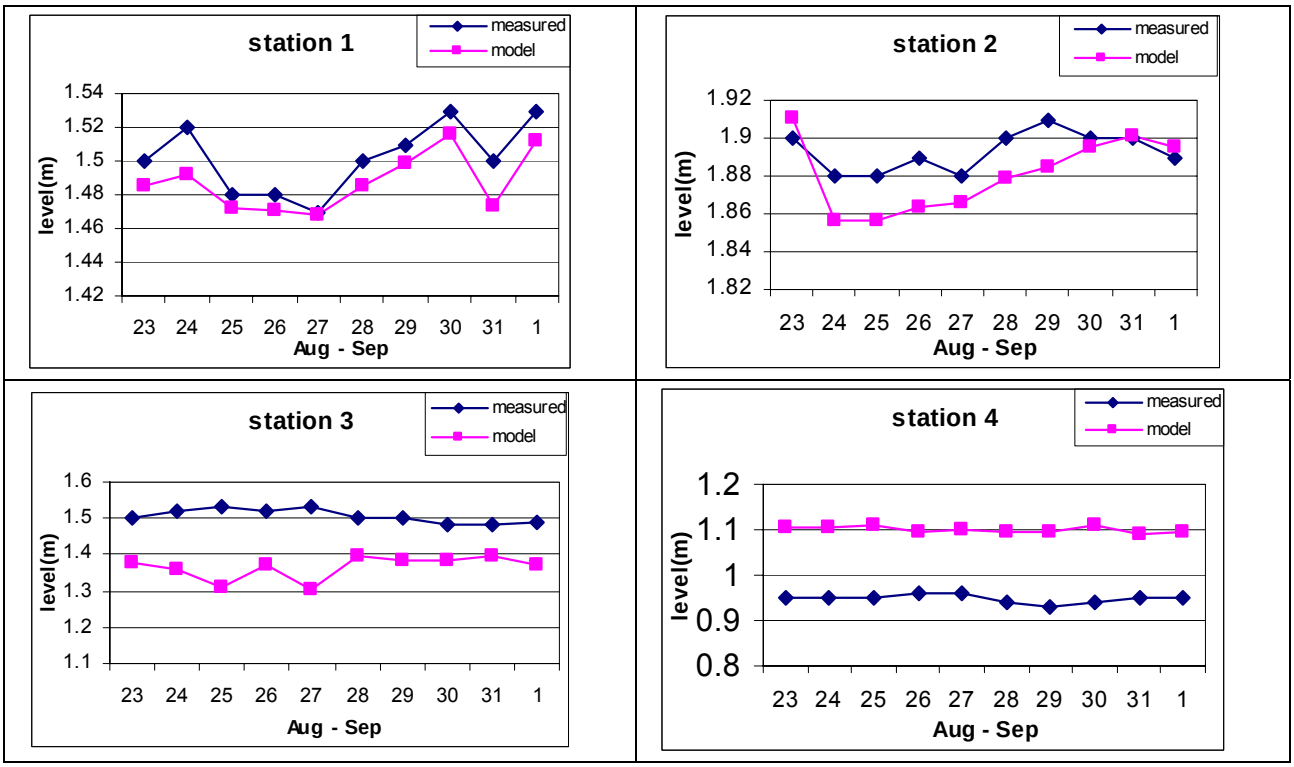



www.SID.ir

Archive of SID



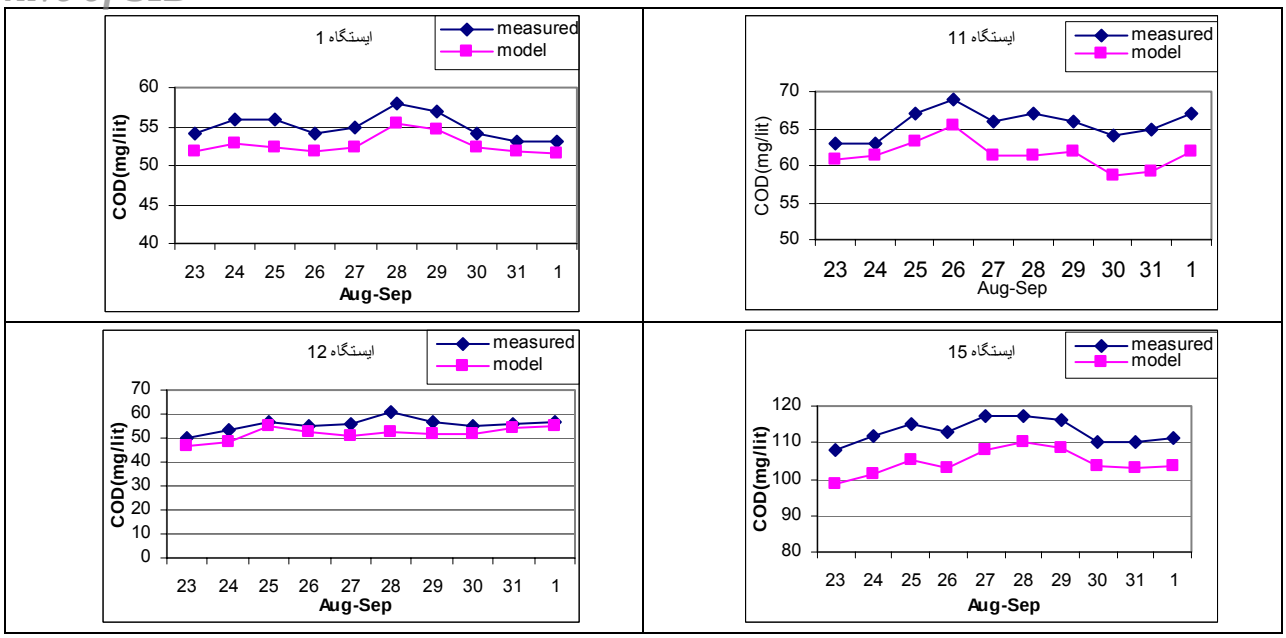

شکل ۱ : تالاب انزلی و موقعیت آن در ایران



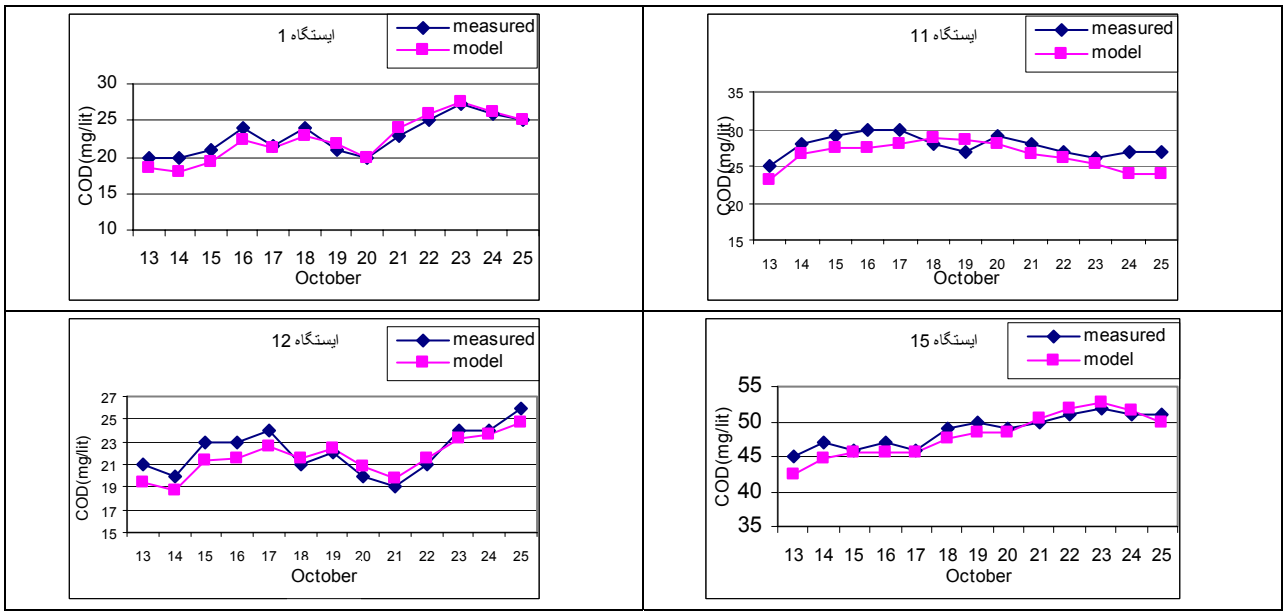

شکل ۲: نتایج کالیبراسیون مدل هیدرودینامیک در نواحی شرقی (ایستگاه ۱), غربی (ایستگاه ۱۱ در لاگون انزلی و ایستگاه ۱۲ در ناحیه سیاه کشیم) و مرکزی (ایستگاه ۱۵) تالاب انزلی در ماه آگوست


www.SID.ir

Archive of SID



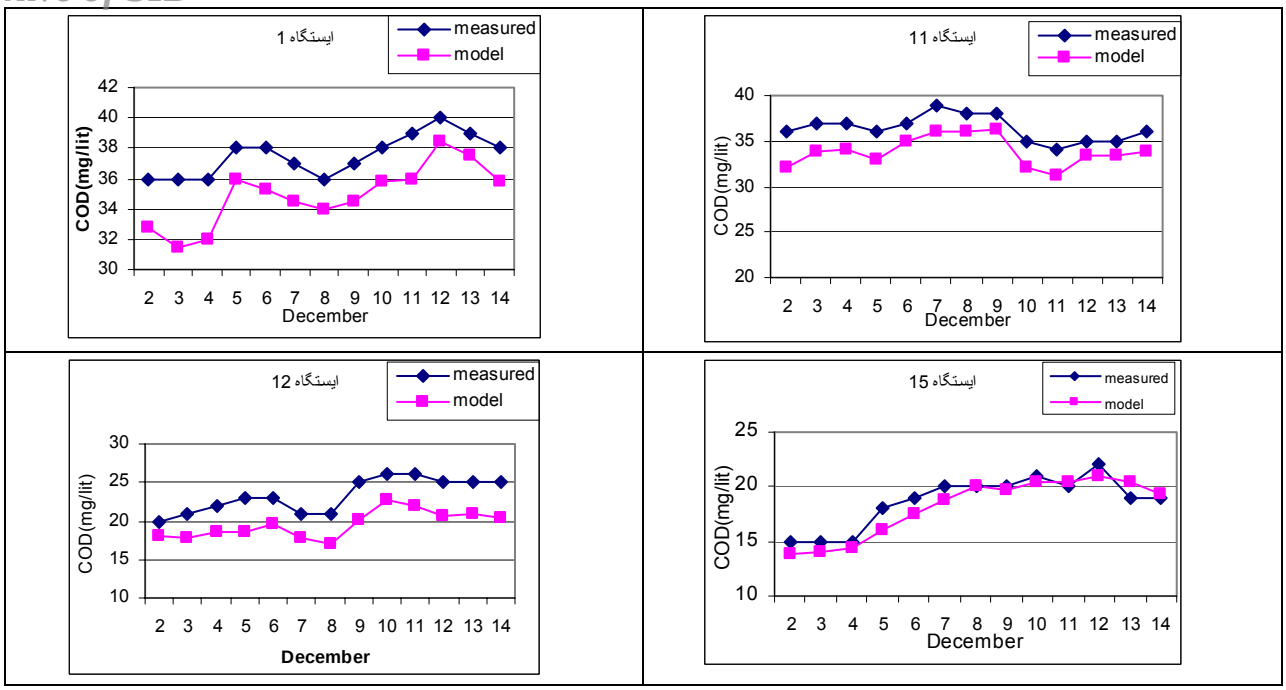

شکل ۳- نتایج صحت سنجی مدل انتقال-پخش در نواحی شرقی (ایستگاه ۱), غربی (ایستگاه ۱۱ در لاگون انزلی و ایستگاه ۱۲ در ناحیه سیاه کشیم) و مرکزی (ایستگاه ۱۵) تالاب انزلی در ماه آگوست



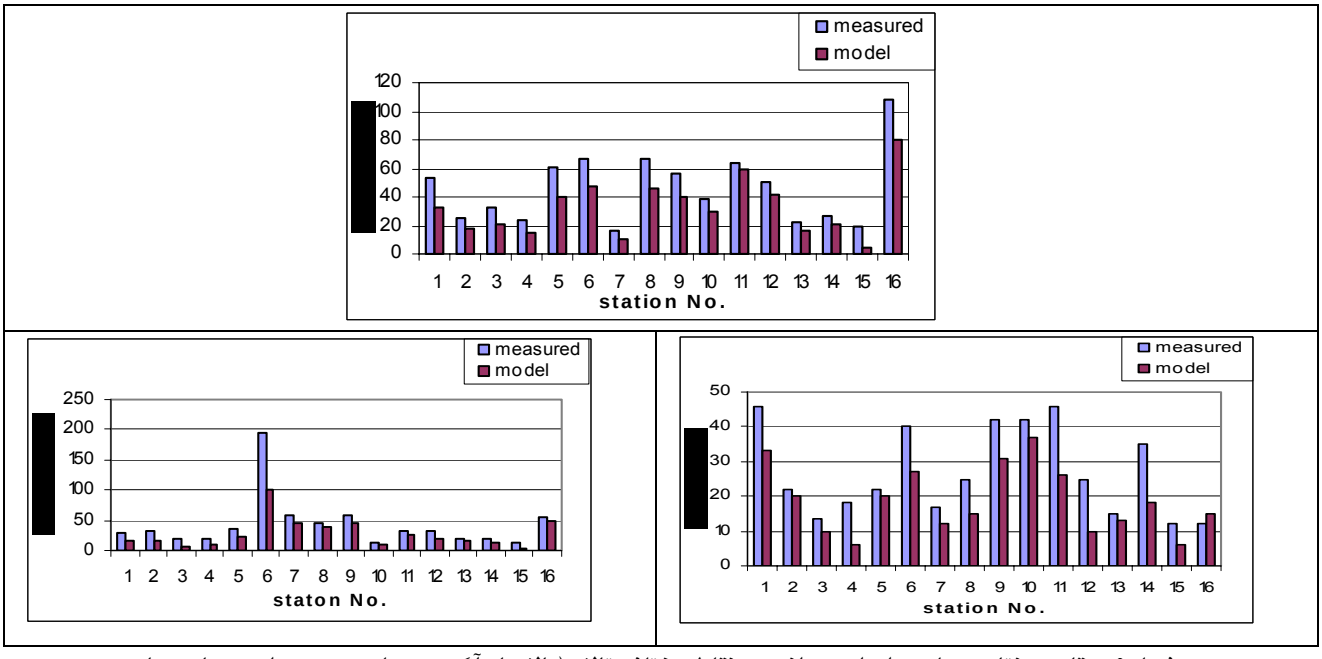

شکل۴ نتایج صحت سنجی مدل انتقال-پخش در نواحی شرقی (ایستگاه ۱), غربی (ایستگاه ۲ در لاگون انزلی و ایستگاه ۳ در ناحیه سیاه کشیم) و مرکزی (ایستگاه ۴) در ماه اکتبر


www.SID.ir

Archive of SID




شکل ۵ نتایج صحت سنجی مدل انتقال–پخش در نواحی شرقی (ایستگاه ۱)، غربی (ایستگاه ۲ در لاگون انزلی و ایستگاه ۳ در ناحیه سیاه کشیم) و مرکزی (ایستگاه ۴) در ماه دسامبر




شکل ۶ : مقایسه نتایج مدل و داده‌ای میدانی در نقاط مختلف تالاب(بالا: ماه آگوست، پایین سمت راست: ماه دسامبر، پایین سمت چپ: ماه اکتبر)


www.SID.ir