فصلنامه علوم محیطی، دوره هجدهم، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۹

۲۵۵-۲۷۰

ارزیابی خطر مهاجم‌شدن گونه غیربومی *Coptodon zillii* (Gervais, 1848) در تالاب انزلی با استفاده از مدل AS - ISK

سید داریوش مقدس[۱]، اصغر عبدلی[۱*]، بهرام حسن‌زاده کیابی[۲] و حسین رحمانی[۳]

[۱] گروه تنوع زیستی و مدیریت اکوسیستم‌ها، پژوهشکده علوم محیطی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

[۲] گروه زیست شناسی، دانشکده علوم و فناوری زیستی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

[۳] گروه شیلات، دانشکده علوم دامی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، مازندران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۱/۱۶ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۳/۰۷

مقدس، س.د.، ا. عبدلی، ب. حسن‌زاده کیابی و ح. رحمانی. ۱۳۹۹. ارزیابی خطر مهاجم‌شدن گونه غیربومی *Coptodon zillii* (Gervais, 1848) در تالاب انزلی با استفاده از مدل AS - ISK. فصلنامه علوم محیطی. ۱۸(۲): ۲۷۰-۲۵۵.

سابقه و هدف: معرفی عمدی یا سهوی گونه‌های ماهیان غیربومی به اکوسیتم‌های طبیعی کشور به‌دنبال تأمین هدف‌های آبزی پروری، پرورش ماهیان زینتی و کنترل زیستی بوده است. برخی از این ماهیان غیربومی در محیط‌های آبی طبیعی و مزرعه‌های پرورش ماهی مهاجم شده و پتانسیل آن را دارند که پیامدهای اقتصادی و اکولوژیکی قابل توجه‌ای را به‌دنبال داشته باشند. از طرفی ریشه‌کنی گونه‌های ماهیان غیربومی بویژه در محیط‌های طبیعی بزرگ، غیرممکن یا بسیار پرهزینه است. در همین راستا، استفاده از مدل‌هایی که قابلیت شناسایی و غربالگری گونه‌های غیربومی که پتانسیل مهاجم شدن در زیستگاه‌های معرفی شده را دارند در حال افزایش است. هدف این پژوهش، ارزیابی پتانسیل مهاجم شدن گونه ماهی تیلاپیای شکم قرمز *Coptodon zillii* در صورت ورود به تالاب بین‌المللی انزلی است.

مواد و روش‌ها: از مدل غربالگری تهاجمی گونه‌های غیربومی آبزی[۱] برای ارزیابی مهاجم شدن احتمالی تیلاپیای شکم قرمز در صورت معرفی استفاده شده است. این مدل قادر است گونه‌های آبزی غیربومی از جمله ماهیان غیربومی را با توجه به حد آستانه منطقه ارزیابی در دو گروه مهاجم یا غیرمهاجم احتمالی قرار دهد. همچنین تطابق اقلیمی بین گستره بومی تیلاپیای شکم قرمز و تالاب انزلی با سیستم اقلیمی کوپن-گایگر[۲] و نرم افزار کلایمچ[۳] انجام شده است. در ارزیابی تغییرات اقلیم در مدل AS - ISK از سناریوی احتمالی تغییر اقلیم آینده براساس مطالعات مربوطه موجود استفاده شده است.

نتایج و بحث: خروجی ارزیابی با مدل AS - ISK عدد خطر ۴۴ بود که بالاتر از ۱۱/۷۵ حد آستانه مدل برای تالاب انزلی بوده و بیانگر بالا بودن پتانسیل مهاجم شدن تیلاپیای شکم قرمز در صورت ورود به تالاب انزلی است. همچنین تطابق اقلیمی بین زیستگاه اصلی تیلاپیای شکم قرمز و تالاب انزلی با استفاده از سیستم اقلیمی کوپن-گایگر بالا بود و حداقل یکی از زیستگاه‌های بومی تیلاپیای شکم قرمز در این سیستم در طبقه اقلیمی مشابه با تالاب انزلی قرار دارد. خروجی مدل Climatch برای این گونه ۰/۸۷ به‌دست آمد که نشان دهنده تطابق بالای اقلیمی بین گستره بومی این گونه و منطقه ارزیابی – تالاب انزلی - بود. ارزیابی تغییرات اقلیم مدل AS - ISK در نتیجه نهایی ارزیابی،

*Corresponding Author. *Email Address*: a_abdoli@sbu.ac.ir

اثر افزایشی داشت. فاکتورهایی که در نتیجه ارزیابی تیلاپیای شکم قرمز بیشترین تأثیر را داشتند شامل تطابق اقلیمی، تغییر اقلیم احتمالی، ویژگی‌های زیست شناختی و وضعیت مهاجم شدن آن در دیگر منطقه‌های خارج از گستره بومی‌اش بودند. مقایسه نتایج استفاده از این مدل برای گونه غیربومی تیلاپیای شکم قرمز در تالاب انزلی و چند منطقه دیگر در کشورهای همسایه نشان داد که این گونه غیربومی در این منطقه‌ها هم از پتانسیل بالای مهاجم شدن برخوردار بود.

نتیجه‌گیری: با توجه به اینکه گونه‌های ماهیان غیربومی همواره مورد توجه برای توسعه آبزی پروری در کشور هستند. برای اجتناب از پیامدهای زیانبار محیط زیستی یک ابزار ارزیابی سریع نیاز است. ارزیابی پتانسیل مهاجم شدن گونه‌های ماهیان غیربومی با مدل AS ISK- می‌تواند برای پیش‌بینی پتانسیل مهاجم شدن ماهیان غیربومی در حوضه آبریز تالاب انزلی و دیگر منطقه‌ها به‌منظور کمک به مدیران حفاظت، تصمیم‌گیران و سیاستگذاران طرح‌های آبزی پروری مورد استفاده قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: ارزیابی خطر، AS - ISK، گونه مهاجم، تیلاپیای شکم قرمز، تالاب انزلی.

مقدمه

ورود عمدی گونه‌های ماهیان غیربومی به اکوسیستم‌های آبی در راستای هدف‌هایی همانند تولید پروتئین، صید ورزشی، کنترل زیستی و ارزش‌های زینتی بوده است (Kumschick and Richardson, 2013). جاذبه‌های اقتصادی ماهیان پرورشی غیربومی و این واقعیت که تنها برخی از این گونه‌های ماهی غیربومی ممکن است به‌عنوان گونه‌های مهاجم اثرهای سوء بر اکوسیستم‌های آبی و دیگر گونه‌های بومی داشته باشند سبب شده تا معرفی این گونه‌ها به زیستگاه‌های خارج از گستره پراکنش‌شان شتاب یابد و در نتیجه اکوسیستم‌های آبی در میان دیگر اکوسیستم‌ها از تهاجم بیشتر برخوردار باشند (Cohen, 2002) و همچنین در میان آبزیان، ماهیان غیربومی معرفی شده مهاجم، بخوبی شناخته شوند (Moyle and Marchetti, 2006). از طرفی دیگر، ماهیان غیربومی در صورتی‌که به‌عنوان یک گونه مهاجم در اکوسیستم‌های آبی عمل کنند، ریشه‌کنی آنان یک چالش واقعی خواهد بود که تاکنون ریشه کنی ماهیان مهاجم کارآمدی کامل نداشته یا اینکه گزارش نشده است (Britton *et al.*, 2011)، مگر اینکه در محیط‌های آبی کوچک و محصور مؤثر بوده باشد (Copp *et al.*, 2007a). بنابراین ارزیابی مهاجم شدن احتمالی گونه‌های ماهیان غیربومی قبل از معرفی شدن و برای اجتناب از پیامدهای اجتماعی - اقتصادی و اکولوژیکی آنان ضرورت می‌یابد. تصمیم‌گیری در مورد معرفی گونه‌های غیربومی با هدف‌های مختلف نیاز به ابزاری دارد که نقش محوری در تجزیه و تحلیل، شناسایی و ارزیابی خطر مهاجم شدن گونه‌های غیربومی داشته باشند و افزون براین در مدیریت گونه‌های غیربومی مدیران را یاری نمایند (David *et al.*, 2012).

در کشور ما با تکیه بر وجود منبع‌های آبی و ضرورت تولید پروتئین و تأمین نیاز جمعیت روبه رشد، توسعه آبزی پروری از توجه خاصی در برنامه‌های کلان برخوردار است (Ramin *et al.*, 2015)، که خود زمینه‌ساز ورود عمدی یا سهوی گونه‌های غیربومی به‌دنبال برآورد هدف‌های آبزی‌پروری به اکوسیستم‌های آبی کشور است (Coad and Abdoli, 1993). پیامدهای ورود گونه‌های ماهیان غیربومی بر گونه‌های بومی، اکوسیستم‌های آبی و فاکتورهای اقتصادی -اجتماعی نگرانی‌های روبه رشدی را به‌دنبال دارد (Valikhani *et al.*, 2017; Mousa-vi-Sabet, 2018). در همین رابطه می‌توان به بند سه قانون حفاظت و احیاء تالاب‌های کشور مصوب سال ۱۳۹۶ اشاره کرد که ورود گونه‌های غیربومی مضر به تالاب‌ها را ممنوع کرده است و به‌نوعی نتیجه این نگرانی‌ها است.

مدل‌های غربالگری تهاجمی گونه‌های ماهیان غیربومی آب شیرین[۴] و غربالگری تهاجمی گونه‌های غیربومی آبزی (AS-ISK) به‌عنوان ابزاری، مؤثر برای کمک به سیاستگذاران، تصمیم‌گیران و مدیران در مدیریت ماهیان غیربومی (با هدف‌های مختلف اقتصادی یا بهداشتی) به‌طور گسترده‌ای در دنیا استفاده می‌شوند (Copp *et al.*, 2016a; Tarkan *et al.*, 2017). این مدل‌ها خود از مدل ارزیابی خطر تهاجمی گیاهان هرز استرالیا که توسط Pheloung *et al.* (1999) تهیه شده است، ریشه گرفته و توسعه یافته‌اند. در میان این ابزار، FISK در

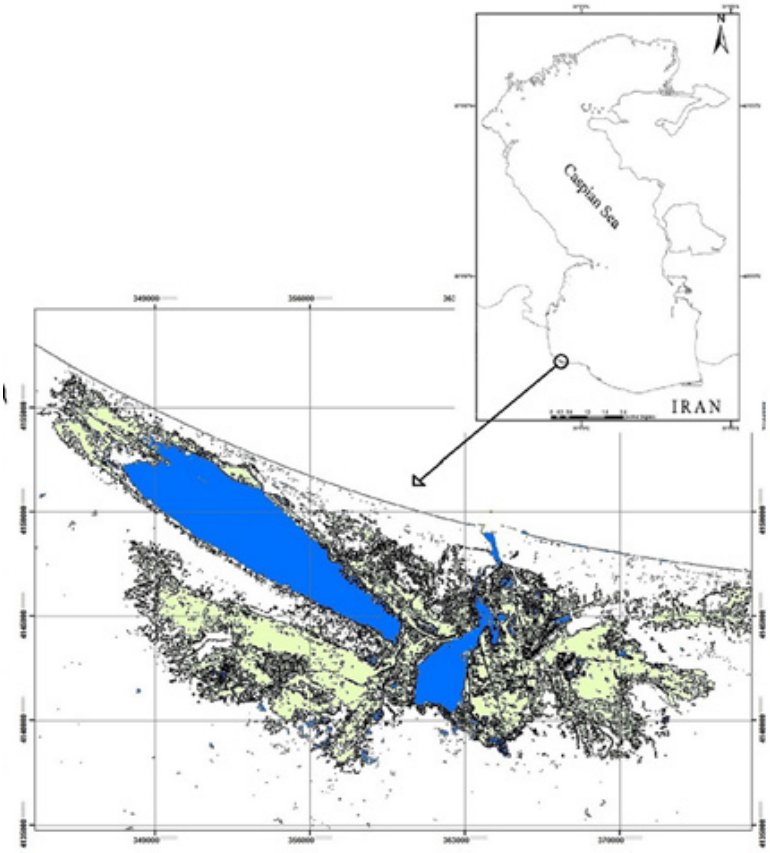
ارزیابی احتمال مهاجم‌شدن ماهیان غیربومی معرفی شده موفق بود (Tarkan *et al*., 2017) که در ۴۵ کشور و در اقلیم‌های مختلف دنیا واسنجی شده است (Vilizzi *et al*., 2019). این مدل در سال‌های اخیر توسعه یافته و به‌صورت یک ابزار ارزیابی خطر مهاجم شدن (یا بودن) گونه‌های غیربومی آبزی از جمله ماهیان آب شیرین تغییریافته است (Copp *et al*., 2016a). AS - ISK توسعه یافته FISK، یک مدل کمک تصمیم‌گیری رایگان و قابل دسترس، کاربر پسند، کاربردی برای همه آبزیان (گیاهی و جانوری)، قابل واسنجی در همه اقلیم‌ها و اکوسیستم‌های آبی و چندزبانه[5] است (Copp *et al*., 2016a). Tarkan *et al*. (2017a, b) با استفاده از مدل AS-ISK ماهیان غیربومی مهاجم آب‌های داخلی ترکیه و دریاچه مرمر را از ماهیان غیربومی غیرمهاجم متمایز کرد که ۳۶ درصد از ماهیان غیربومی آب‌های داخلی ترکیه و ۵۱ درصد ماهیان غیربومی دریاچه مرمر به‌عنوان ماهیان مهاجم شناسایی شدند.

تالاب بین المللی انزلی از تالاب‌های ثبت شده در کنوانسیون رامسر بوده که خود مأمن و زیستگاه طیف قابل توجهی از ماهیان است. ورود گونه‌های ماهیان غیربومی به تالاب انزلی از دو طریق است که یکی از راه کانال اتصالی تالاب به دریای خزر و دیگری از طریق رودخانه‌هایی که در حوضه آبریز تالاب جریان دارند و در نهایت به آن می‌ریزند (Abbasi *et al*., 2019). دلیل‌های معرفی عمدی گونه‌های ماهیان غیربومی به تالاب انزلی از هدف تولید پروتئین و بهبود وضعیت صید ماهیان استخوانی (Pourgholam Moghadam and Abdolahpour Biriah, 2011) تا مقابله با عوامل بیماری‌زا همانند معرفی ماهی گامبوزیا *Gambusia holbrooki* (Coad and Abdoli, 1993) و رهاسازی ماهیان زینتی ناخواسته همانند ماهی حوض *Carassius auratus* (Pourgholam Moghadam and Abdolahpour Biriah, 2011) متفاوت است. تالاب انزلی به‌همراه یازده رودخانه منتهی به آن زیستگاه ۶۱ گونه ماهی است (Abbasi *et al*., 2019). استفاده از این مدل به مدیران و سیاستگذاران در عرصه معرفی گونه‌های ماهیان غیربومی با هدف‌های اقتصادی به حوضه آبریز تالاب انزلی یا اولویت‌بندی مدیریتی گونه‌های غیربومی موجود کمک می‌کند تا با علم به مهاجم یا غیر مهاجم بودن احتمالی گونه ماهی مورد نظر تصمیم‌گیری کنند. ماهی تیلاپیای شکم قرمز *Coptodon zillii* با هدف پرورش و یا کنترل زیستی گیاهان آبزی هرز به کشورهای مختلفی معرفی شده است که در ۷۳ درصد این کشورها استقرار یافت و در برخی از آنان گونه مهاجم شده است (Froese and Pauly, 2019). تیلاپیای شکم قرمز در برخی کشورها ازجمله ایران (Valikhani *et al*., 2017) و آمریکا (Costa-pierce, 2003) اثرهای سوء اکولوژیکی یا اقتصادی اجتماعی از خود بجا گذاشته است و حتی در برخی از ایالت‌های کشور آمریکا واردات، نگهداری یا حمل ونقل آن ممنوع است (Andreu-Soler and Ruiz-Campos, 2013). تلاش بسیاری در جهت معرفی این گونه غیربومی به حوضه‌های آبریز کشور با هدف‌های اقتصادی در جریان است (Valikhani *et al*., 2017) و هدف این پژوهش ارزیابی خطر احتمالی مهاجم‌شدن این گونه غیربومی در تالاب بین‌المللی انزلی است.

مواد و روش‌ها

تالاب انزلی با ۲۰ هزارهکتار وسعت، در غرب حوضه آبریز جنوب دریای خزر در موقعیت جغرافیایی ۴۹ درجه و ۲۸ دقیقه شرقی و ۳۷ درجه و ۵۲ دقیقه شمالی واقع شده است (نقشه ۱).

در پژوهش حاضر از نسخه فارسی AS - ISK v2.1 برای ارزیابی خطر مهاجم‌شدن تیلاپیای شکم قرمز *C. zillii* استفاده شده است (Cefas, 2019). از آنجایی‌که این مدل کارشناس محور و براساس یکسری سؤال‌های مشخص برنامه‌ریزی شده است، نیاز است تا کارشناس آگاه و متخصص ارزیابی خطر تهاجمی گونه آبزی مورد نظر را برعهده بگیرد (Copp *et al*., 2016). این مدل از ۵۵ سؤال تشکیل شده است که ارزیاب موظف است با تکیه بر مستندهای علمی موجود برای هر پاسخ دلیل آوری کند. پس از وارد کردن اطلاعات، مدل محاسبات لازم را انجام داده و خروجی آن عدد خطر، میزان اطمینان ارزیابی و اعداد اثرات محیطی، اقتصادی و اثرات ناشی از ویژگی‌های نامطلوب جمعیت یا گونه آبزی غیربومی است. یکی از ویژگی‌های این مدل استفاده از یک حد آستانه است که برای منطقه ارزیابی باید محاسبه شود. درمدل AS - ISK اگر عدد خطر بیشتر از حد آستانه شود گونه غیربومی پتانسیل بالای مهاجم شدن دارد و اگر کمتر از حدآستانه شود پتانسیل مهاجم‌شدن گونه



شکل ۱- موقعیت تالاب انزلی در جنوب دریای خزر
Fig. 1- Location of Anzali Wetland in the southern Caspian Sea

غیربومی پایین است که غیرمهاجم در نظر گرفته می‌شود. این عدد بین۲۴- تا ۷۶ متغیر است (Copp *et al*., 2016). پیشتر این مدل برای تالاب انزلی واسنجی شد که حد آستانه آن برای این تالاب ۱۱/۷۵ به‌دست آمد (Moghaddas *et al*., 2020). ارزیاب، مؤلف اول است که باید از سابقه ارزیابی و تخصص در مورد گونه‌های ماهیان غیربومی برخوردار باشد. این مدل از دو بخش مجزای ارزیابی خطر پایه[۶] و ارزیابی تغییرات اقلیم[۷] تشکیل شده است که مدل برای هر یک، عددی را محاسبه می‌کند. BRA بخش بنیادی ارزیابی خطر در مدل AS - ISK است که شامل دو بخش اصلی جغرافیای زیستی/تاریخی و بوم شناسی/ زیست شناسی است و هرکدام از این بخش‌های اصلی به چند زیربخش تقسیم می‌شوند (در بخش نتایج وبحث این زیربخش‌ها نشان داده شدند). در بخش CCA که استفاده از آن وابسته به‌وجود مطالعاتی از پیش‌بینی تغییرهای اقلیمی در آینده برای منطقه ارزیابی خطر است، ارزیاب با توجه به تغییر اقلیم پیش‌بینی شده در منطقه ارزیابی خطر (که ممکن است این پیش‌بینی بیانگر افزایش یا کاهش احتمالی دما در آینده) تغییر در میزان خطر، در مرحله‌های مختلف تهاجم را پیش‌بینی می‌کند (Copp *et al*., 2016). ارزیابی تغییر اقلیم (CCA) مدل AS - ISK با سناریوی تغییر اقلیم در آینده به سمت گرمتر شدن منطقه ارزیابی خطر، براساس مطالعات انجام شده (Azizi and Roshani, 2008; Ebrahimi and Kar-devani, 2014; Bazrafshan *et al*., 2015; Kazemirad and Mohammadi, 2015)، صورت گرفت.

یکی دیگر از ویژگی‌های مدل AS - ISK امکان مقایسه پیامدهای احتمالی اقتصادی، محیط زیستی و ویژگی‌های نامطلوب گونه یا جمعیت است. در صورت اینکه عدد پیامدها بزرگتر یا کوچکتر از صفر باشد به‌ترتیب نشان دهنده وجود یا نبود پیامدهای بیان شده در صورت معرفی گونه به منطقه ارزیابی خطر است.

تطابق اقلیمی بین گستره خانه اصلی (بومی) گونه *C. zillii* و تالاب انزلی با نرم‌افزار Climatch (Bomford, 2008) و

سیستم طبقه‌بندی اقلیمی کوپن-گایگر انجام شده است (Peel *et al*., 2007). نرم افزار تحت وب Climatch به‌صورت برخط قابل دسترس است (BRS, 2019). کار با این نرم افزار براساس دستورالعمل Crombie *et al*. (2008) بوده است. در صورتی‌که نتیجه حاصل از نرم‌افزار Climatch بیشتر از ۰/۱۰۳ باشد، تطابق اقلیمی بالا و اگر بین این عدد و ۰/۰۰۵ باشد متوسط و اگر کمتر از ۰/۰۰۵ باشد تطابق اقلیمی کم است (FWS, 2019). ارزیابی تغییر اقلیم CCA مدل AS - ISK با سناریوی تغییر اقلیم در آینده و براساس مطالعات مربوطه موجود صورت گرفته است. تالاب انزلی در سیستم طبقه بندی اقلیمی کوپن-گایگر در طبقه اقلیم معتدل و مرطوب Csa (در این سیستم گروه‌های مختلف اقلیم با حروف الفبا نشان داده می‌شوند. گروه اصلی C برای اقلیم معتدل، گروه‌های فرعی s و a به‌ترتیب نشانه تابستان خشک و تابستان بسیارگرم هستند) قرار دارد (Raziei, 2017). رتبه‌بندی اطمینان در مدل AS ISK -برای هر یک از ۵۵ سؤال در ارزیابی براساس برنامه بین‌المللی تغییرات اقلیم (IPCC, 2005) به‌صورت کم، متوسط، زیاد، خیلی زیاد است که معادل عددی آن‌ها در مدل به‌ترتیب برای کم عدد ۱، متوسط عدد۲، زیاد عدد ۳ و خیلی زیاد عدد ۴ می‌شود (Copp *et al*., 2008). فاکتور اطمینان از رابطه زیر به‌دست می‌آید که در آن CL رتبه اطمینان هر سؤال و i از سؤال یک تا ۵۵ است:

$$CF = \sum(CL_{Q_i})/ (4 \times ۵۵) \ (i = 1, \ldots, ۵۵) \qquad (۱)$$

فاکتور اطمینان از حداقل ۰/۲۵ تا ۱ متغیر است. فاکتور اطمینان در صورتی‌که بیشتر از ۹۰٪ باشد اطمینان ارزیابی خیلی زیاد و اگر بین ۸۰٪ تا۹۰٪ باشد اطمینان زیاد و اگر بین ۸۰٪ تا۵۰٪ باشد، اطمینان متوسط و کمتر از ۵۰٪ باشد اطمینان کم به‌حساب می‌آید (Copp *et al.*, 2008).

نتایج و بحث

با استفاده از مدل ارزیابی خطر تهاجمی گونه‌های آبزی- AS ISK، احتمال مهاجم شدن گونه غیربومی تیلاپیای شکم قرمز در صورت ورود به تالاب انزلی بررسی شد. نتیجه حاصل از مدل AS - ISK عددخطر ۴۴ بود که بیش از حد آستانه این مدل برای تالاب انزلی، ۱۱/۷۵ است و نشان می‌دهد که ورود ماهی تیلاپیای شکم قرمز به تالاب انزلی با احتمال مهاجم‌شدن آن همراه خواهد بود. بیشترین عدد خطر در میان بخش‌های اصلی مدل مربوط به بخش جغرافیای زیستی/ تاریخی و در زیربخش‌ها به زیربخش مهاجم در جای دیگر (تاریخچه مهاجم‌شدن گونه در دیگر نقاط دنیا پس از معرفی شدن) می‌شود که به‌ترتیب ۱۹ و ۱۴ بودند (جدول ۱). در سیستم اقلیمی Köppen - Geiger منطقه ارزیابی خطر در طبقه اقلیمی معتدل و مرطوب Csa قرار دارد (Raziei, 2017) و بخشی از گستره پراکنش بومی تیلاپیای شکم قرمز در شرق دریای مدیترانه در لبنان، اردن و فلسطین (Froese and Pauly, 2019) هم در طبقه اقلیمی معتدل و مرطوب[۸] قرار دارند که بیانگر تطابق بالای بین بخشی از زیستگاه اصلی (بومی) تیلاپیای شکم قرمز و تالاب انزلی است. در همین راستا، از نرم افزار Climatch برای بررسی میزان تطابق اقلیمی استفاده شد که خروجی آن ۰/۸۷ و بیش از ۰/۱۰۳ بود که بیانگر تطابق بالای اقلیمی بین گستره بومی گونه بیان شده و منطقه ارزیابی خطر احتمالی معرفی این گونه است. با سناریوی تغییر اقلیم احتمالی به سمت افزایش دما در آینده CCA، سبب افزایش عدد کل ارزیابی خطر مهاجم‌شدن تیلاپیای شکم قرمز در تالاب انزلی شده است (جدول ۱).

فاکتور اطمینان[۹] در ارزیابی خطر احتمالی مهاجم‌شدن تیلاپیای شکم قرمز در تالاب انزلی ۰/۸۱ بود که بیانگر بالا بودن اطمینان (جدول ۱) در ارزیابی است. بیشترین پیامدهای احتمالی ورود این گونه به تالاب انزلی ناشی از **"ویژگی‌های نامطلوب جمعیتی یا مربوط به گونه"** می‌شوند (جدول ۱).

همانطور که در جدول ۱ مشخص است در خروجی مدل AS-ISK برای پیش بینی خطر مهاجم‌شدن *Czillii* فاکتورهای تطابق اقلیمی بالا، ویژگی‌های (بوم شناختی/زیست شناختی) نا مطلوب گونه، سابقه مهاجم‌شدن درجای دیگر (غیر از منطقه ارزیابی) و اثرهای احتمالی تغییر اقلیم بیشتر از دیگر فاکتورها نقش داشته‌اند. Tarkan *et al.* (2017a) در ارزیابی خطر مهاجم‌شدن ماهیان آب شیرین ترکیه با مدل AS - ISK تیلاپیای شکم قرمز با عدد خطر ۲۹/۵ (و حد آستانه ۲۸)، را یک گونه با پتانسیل مهاجم‌شدن در آب‌های شیرین ترکیه معرفی کردند. همچنین Clarke *et al*. (2019) در ارزیابی ماهیان منطقه راپمی[۱۰] (خلیج فارس و دریای عمان)

جدول ۱- نتیجه ارزیابی خطر مهاجم‌شدن تیلاپیای شکم قرمز *Coptodon zillii* در تالاب انزلی با مدل AS - ISK
Table 1. Results of potential invasiveness risk assessment of the redbelly Tilapia *Coptodon zillii* in Anzali Wetland by AS-ISK model

آمار Statistic	عدد خطر Risk score
ارزیابی خطرپایه BRA	32
ارزیابی خطر تغییرات اقلیم CCA	12
ارزیابی کل BRA+CCA	44
فاکتور اطمینان Confidence factor	0.81
جزئیات (Details)	
جغرافیای زیستی/ تاریخی-A A- Biogeography/Historical	19
پرورش دادن/ اهلی کردن Domestication/ Cultivation	4
اقلیم، پراکنش و خطر معرفی Climate, distribution and introduction risk	4
مهاجم در جای دیگر Invasive elsewhere	14
زیست شناسی/بوم شناسی-B B- Biology/Ecology	13
ویژگی‌های نامطلوب Undesirable traits	6
بهره‌برداری از منبع‌ها Resource exploitation	0
تولید مثل Reproduction	1
مکانیزم‌های پراکندگی Dispersal mechanism	3
ویژگی‌های تحمل پذیری Tolerance attributes	3
تغییر اقلیم-C C-Climate	12
پیامدهای منفی احتمالی (Possible negative consequences)	
تجاری Commercial	16
محیط زیستی Environmental	12
ویژگی‌های نامطلوب جمعیتی یا مربوط به گونه Species or population nuisance traits	20

با همین مدل، تیلاپیای شکم قرمز را با عدد خطر ۴۹ و حد آستانه ۲۲/۵ گونه‌ای با پتانسیل مهاجم‌شدن شناسایی نمود (جدول ۲). در جدول ۲ نتیجه ارزیابی خطر مهاجم شدن برخی از اعضای خانواده سیکلیده در سه منطقه متفاوت با استفاده از مدل AS - ISK آورده شده است که در آن اگرچه حد آستانه منطقه‌ها با هم متفاوت است، تمام گونه‌ها بجز تیلاپیای سینه

قرمز *Coptodon rendalli* به‌عنوان گونه‌های با پتانسیل بالای مهاجم‌شدن در آن منطقه ارزیابی شدند.

خطر احتمالی تهاجم، ترکیبی از احتمال ورود یک گونه به زیستگاه جدید و مناسب بودن شرایط محیطی از جمله اقلیم است (Fletcher *et al.*, 2016). در هر دو روش، سیستم اقلیمی کوپن-گایگر و نرم افزار کلایمچ تطابق اقلیمی بالا بین زیستگاه اصلی گونه و منطقه ارزیابی خطر بودند، وجود داشت. تطابق اقلیمی بین گستره پراکنش گونه ماهی غیربومی و منطقه‌ای که معرفی شده است یکی از فاکتورهای اصلی در استقرار و مهاجم شدن آن محسوب می‌شود (Hayes and Barry, 2008; Grisé, 2011). Moghaddas *et al.* (2019) با استفاده از روش آماری نشان دادند که تطابق اقلیمی یکی از فاکتورهای مؤثر در استقرار و مهاجم شدن گونه‌های غیربومی تالاب انزلی محسوب می‌شود.

فاکتور ویژگی‌های نامطلوب در نتیجه این ارزیابی نقش بسزایی داشته است. Kolar and Lodge (2002) نشان دادند که گونه‌های ماهیان مهاجم دریاچه میشیگان دارای ویژگی‌ها و توانایی‌های زیست شناختی خاصی از جمله رشد سریع،

جدول۲- نتیجه ارزیابی خطر مهاجم‌شدن برخی گونه‌های خانواده *Cichlidae* در تالاب انزلی، آب‌های داخلی ترکیه و آب‌های لب شورمنطقه راپمی (خلیج فارس و دریای عمان) با مدل AS – ISK

Table 2. The assessment results of potential invasiveness risk of some species of *Cichlidae* in Anzali Wetland, Turkey and brackish water of the ROPME area (Persian Gulf and Oman Sea basin) by AS-ISK model

گونه Species	عدد خطر Risk score	حدآستانه Threshold	پتانسیل خطر Potential risk	منطقه ارزیابی Risk area	منبع Reference
	44	11.75	زیاد	تالاب انزلی	پژوهش حاضر
تیلاپیای شکم قرمز	29.5	28	زیاد	ترکیه	Tarkan *et al*., 2017
Coptodon zillii	49	22.5	زیاد	راپمی	Clarke *et al*., 2019
تیلاپیای سینه سرخ *Coptodon rendalli*	26	28	متوسط	ترکیه	Tarkan *et al*., 2017
تیلاپیای آبی	32	28	زیاد	ترکیه	Tarkan *et al*., 2017
Oreochromis aureus	52	22.5	زیاد	رایمی	Clarke *et al*., 2019
تیلاپیای نیل	35	28	زیاد	ترکیه	Tarkan *et al*., 2017
O. niloticus	38	22.5	زیاد	رایمی	Clarke *et al*., 2019
تیلاپیای موزامبیک	34	28	زیاد	ترکیه	Tarkan *et al*., 2017
O. mossambicus	48	22.5	زیاد	رایمی	Clarke *et al*., 2019

باروری بالا، بردباری به دامنه وسیعتری از تغییرات دما و شوری و تاریخچه استقرار موفق و مهاجم‌شدن در اقلیم‌های مختلف دنیا را دارند. تیلاپیای شکم قرمز نیز از این ویژگی‌های زیست شناختی برخوردار است که می تواند در مهاجم شدن این گونه در محیط‌های آبی معرفی شده موثر باشد. این ویژگی ها شامل مراقبت والدینی از تخم‌ها و بچه ماهیان (Froese and Pauly, 2019)، بلوغ زودرس (Ishikawa and Tachihara, 2008)، تحمل دامنه وسیعی از شوری (از آب شیرین تا شور) تا ۴۲ ppt (Costa-pierce, 2003)، انعطاف‌پذیری در زیستگاه‌های مختلف (Gophen, 2016; Gophen, 2017)، پرخوری (Spataru, 1978)، موفقیت در رقابت با گونه‌های بومی (Reinthal, 1991) و ناقل بودن طیف وسیعی از عوامل بیماری‌زا (Yildrim *et al.*, 2010; Amaechi, 2015; Froese and Pauly, 2019) می شوند. Aly *et al.* (2013) عوامل بیماری‌زای مشترک بین تیلاپیای شکم قرمز و کپورماهیان و کفال ماهیان را فهرست نمود که تیلاپیای شکم قرمز در صورت معرفی و استقرار در زیستگاه جدید (غیربومی) می‌تواند بر روی جمعیت‌های ماهیان بومی و یا تجاری تأثیر داشته باشد. کپور معمولی وکفال پوزه باریک تالاب انزلی که در اقتصاد محلی مهم هستند (Abdoli and Naderi, 2009)، می‌توانند تحت تأثیر عوامل بیماری‌زای تیلاپیای شکم قرمز قرارگیرند و اثرهای اقتصادی غیرقابل جبرانی را بجا بگذارند. ورود عوامل بیماری‌زای جدید توسط ماهیان غیربومی به تالاب انزلی در گذشته رخ داده است که می‌توان به دو انگل روده‌ای جدید که توسط تیزه کولی *Hemiculter leucisculus*

به تالاب انزلی معرفی شدند اشاره نمود (Sattari *et al*., 2007). در همین رابطه Pazooki and Masoumian (2012) فهرستی از عوامل بیماری‌زا تهیه نمودند که برخی از آن‌ها ویژه ماهیان غیربومی پرورشی هستند و به اکوسیستم‌های طبیعی آبی و صنعت آبزی‌پروری کشور معرفی شده‌اند.

در رابطه با اهمیت ویژگی‌های زیستی در مهاجم‌شدن گونه‌های غیربومی می‌توان به ماهیان کاراس *Carassius gibelio* و تیزه کولی *Hemiculter leucisculus* در تالاب انزلی اشاره کرد. کاراس *C. gibelio* به‌عنوان یک گونه مهاجم در تالاب انزلی شناخته شده‌است (Esmaeili *et al.,* 2014). این ماهی غیربومی به‌دلیل برخورداری از ویژگی‌های زیست شناختی بلوغ قبل از یکسال و بکرزایی در زیستگاه‌های معرفی شده استقرار و پراکنش موفقی داشته است (Yerli *et al.*, 2014; Van der veer and Nentwig, 2015) و به‌عنوان یک گونه مهاجم موفق شناخته شده‌است (Lusková *et al.*, 2010). همچنین تیزه کولی *H. leucisculus* در تالاب انزلی استقرار یافته و در تمام حوضه آبریز تالاب (به‌عنوان یک گونه مهاجم) پراکنش دارد (Abbasi *et al*., 2019) و در این تالاب از فاکتورکیفیت[۱۰] بالایی برخوردار است (Radkhah *et al*., 2016). تیزه کولی با داشتن ویژگی‌های زیست شناختی خاصی همانند تخم‌ریزی چند مرحله‌ای، بلوغ زودرس و استفاده از استراتژی r (تعداد زادگان بیشتر) یک گونه غیربومی مهاجم موفق در زیستگاه معرفی شده محسوب می‌شود (Wang *et al*., 2016).

تاریخچه مهاجم‌شدن یک گونه در خارج از زیستگاه‌های اصلی و بومی‌اش یکی از فاکتورهای مهم در ارزیابی خطر احتمالی مهاجم‌شدن آن گونه است (Kolar and lodge, 2002; Copp *et al*., 2015) و بیانگر این واقعیت است که برخی از گونه‌های غیربومی قادرند در اقلیم‌های مشابه یا متفاوت از زیستگاه اصلی‌شان و با غلبه بر موانع یا شرایط محیطی استقرار و پراکنش یابند و حتی به یک گونه مهاجم تبدیل شوند. ورود عمدی تیلاپیای شکم قرمز به کشورهای مختلف با هدف‌های آبزی پروری، تحقیقات (Valikhani *et al.,* 2017) و کنترل علف‌های هرز (Welcomme, 1992) بوده است که در بیشتر کشورها در محیط‌های طبیعی استقرار یافته و در برخی از این کشورها به‌عنوان یک گونه مهاجم شناخته شده است (Froese and Pauly, 2019) و اثرهای بوم شناختی از جمله کاهش جمعیت ماهیان بومی (Costa-pierce, 2003)، کاهش تراکم پوشش گیاهی و تغییر در ترکیب گونه‌های گیاهان بومی که جانداران آبزی به آن وابسته‌اند (Spataru, 1978). تغییر در جوامع کف‌زیان (Taylor *et al.*, 1986)، حذف ماکروفیت‌های آبزی (Crutchfield, 1995) و اثرهای سوء اقتصادی را به‌دنبال داشته است. تیلاپیای شکم قرمز از طریق آب‌های مرزی از کشور عراق وارد اکوسیستم‌های آبی مرزی استان خوزستان شده، استقرار پیدا کرده و در بیشتر رودخانه‌های استان خوزستان پراکنش یافته و جایگزین ماهیان بومی شده است . این ماهیان ۷۰ درصد ماهیان صید شده این منطقه‌ها را به‌خود اختصاص دادند و به‌عنوان یک آفت در مزرعه‌های پرورش گرم آبی آسیب‌های اقتصادی قابل توجه‌ای را به صنعت شیلات وارد نمودند (Valikhani *et al.*, 2017).

فاکتور دیگری که در نتیجه ارزیابی تیلاپیای شکم قرمز مؤثر بود، تغییر اقلیم است. تغییر اقلیم بسته به اینکه سبب افزایش یا کاهش دما شده باشد، می‌تواند شانس استقرار و پراکنش یک گونه غیربومی را افزایش یا کاهش دهد (Britton *et al*., 2010). تغییر اقلیم در جهت گرمایش زمین حتی سبب تسهیل پرورش ماهیان تیلاپیا در مناطقی خواهد شد که امکان پرورش آن‌ها در گذشته وجود نداشته‌است (Peterson *et al.,* 2005). مطالعاتی با هدف پیش‌بینی تغییر اقلیم در آینده با استفاده از مدل‌های پیش‌بینی تغییرات اقلیم انجام شده که برای تالاب انزلی و حوضه جنوبی دریای خزر افزایش دما را پیش‌بینی کرده‌است (Azizi and Roshani, 2008; Ebrahimi and Kardevani, 2014; Bazrafshan *et al*., 2015; Kazemirad and Mohammadi, 2015). در یک مطالعه با استفاده از مدل‌های پراکنش گونه پیش‌بینی شد که در صورت تغییر اقلیم احتمالی، سواحل جنوبی دریای خزر مستعد حضور و پراکنش احتمالی تیلاپیای شکم قرمز خواهد بود (Nejat *et al*., 2017). این گونه قادر به تحمل و بقاء در دمای بالا است (Platt and Hauser, 1978; Froese and Pauly, 2019) و با ماهیت گرما دوستی که دارد در محیط‌های آبی طبیعی یا انسان‌ساخت با دمای بالای آب، شانس بیشتری برای استقرار و تشکیل جمعیت خودکفا دارد (Costa-pierce, 2003). بنابراین با توجه به خروجی مدل در

بخش CCA که سبب افزایش عدد خطر شد، (جدول ۱) تغییر اقلیم در منطقه ارزیابی خطر احتمال مهاجم‌شدن این گونه غیربومی را افزایش خواهد داد.

نتیجه‌گیری

شناسایی و ارزیابی خطر احتمالی مهاجم شدن گونه‌های غیربومی ابزاری محوری برای تصمیم‌گیری و مدیریت گونه‌های غیربومی محسوب می‌شوند (David *et al*., 2012). مدل AS - ISK به‌عنوان یک ابزار کمک تصمیم‌گیری می‌تواند احتمال مهاجم شدن یک گونه غیربومی ماهی (یا آبزیان) قبل از معرفی هدفمند به منطقه جدید و یا در اولویت‌بندی مدیریتی برای گونه‌های غیربومی موجود در زیستگاه آبی براساس پتانسیل مهاجم شدن مورد استفاده قرار گیرد. ورود غیرعمد گونه تیلاپیای شکم قرمز به استان خوزستان پیامدهای محیط زیستی و اقتصادی - اجتماعی را به‌دنبال داشته است (Valikhani *et al.*, 2017). در این تحقیق مشخص شدکه این گونه غیربومی پتانسیل مهاجم شدن درتالاب انزلی را در صورت ورود عمدی یا سهوی دارد. از آنجایی‌که توسعه آبزی پروری جزء هدف‌های راهبردی برنامه ششم توسعه اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی کشور (بخش کشاورزی ماده ۳۱) محسوب می‌شود و از طرفی معرفی کردن گونه‌های مهاجم به تالاب‌ها ممنوع است (ماده ۳ قانون حفاظت، احیاء و مدیریت تالاهای کشور) و کشورهای عضو کنوانسیون رامسر براساس برنامه راهبردی ۲۴ - ۲۰۱۶ (بند ۴ از هدف راهبردی ۱) متعهد به مدیریت گونه‌های غیربومی مهاجم و ممانعت از ورود آن‌ها به تالاب‌ها هستند (Ramsar Convention Secretariat, 2016)، این مدل می‌تواند به سیاستگذاران و تصمیم‌گیران کمک نماید تا با علم به مهاجم شدن‌های آبزیان غیربومی و سنجش سود و زیان محیط زیستی آن در مورد معرفی این گونه‌ها به کشور، تصمیم‌گیری و برنامه‌ریزی نمایند.

سپاسگزاری

این تحقیق بخشی از رساله دکتری یکی از مؤلفان در پژوهشکده علوم محیطی، دانشگاه شهید بهشتی تهران است.

پی‌نوشت‌ها

[1] Aquatic Species Invasiveness Screening kit (AS-ISK)

[2] Köppen-Geiger Climate System

[3] CLIMATCH software

[4] The Freshwater Fish Invasiveness Screening Kit (FISK)

[5] Multi-language

[6] Basic Risk Assessment (BRA)

[7] Climate Change Assessment (CCA)

[8] Csa category

[9] Condition factor

[10] Regional Organization for the Protection of the Marine Environment (ROPME)

منابع

zian Publishers, Iran. (In Persian).

Aly, S.M., 2013. A Review of Fish Diseases in the Egyptian Aquaculture Sector. Working Report. Research Program on Livestock and Fish. CGIAR 1 – 41. Egyptian.

Amaechi, C.E., 2015. Prevalence, intensity and abundance of endoparasites in *Oreochromis niloticus* and *Tilapia zillii* (Pisces: Cichlidae) from Asa Dam, Ilorin, Nigeria. Research Journal of the Costa Rican Distance Education University. 7(1), 67-70.

Andreu-Soler, A. and Ruiz-Campos, G., 2013. Effects

Abbasi, K., Sarpanah, A., Moradi, M. and Nezami, M., 2013. Study on relative abundance of fishes in four areas of Anzali lagoon. In Proceedings National Conference of Biological Sciences, 26th–27th February, Damghan Azad University, Damghan, Iran. p. 225. (In Persian with English abstract).

Abbasi, K., Moradi, M. and Mirzajani, A., 2019. Anzali Wetland basin fishes, First ed. Green Books, Lahijan Press, Iran. (In Persian).

Abdoli, A. and Naderi, M., 2009. Biodiversity of fishes of the southern basin of the Caspian Sea, First ed. Ab-

of exotic fishes on the somatic condition of the endangered Killifish Fundulus lima (Teleostei: Fundulidae) in oases of Baja California Sur, Mexico. The Southwestern Naturalist. 58(2), 192-201.

Azizi, G. and Roshani, M., 2008. Using Mann-Kendall test to recognize of climate change in Caspian Sea southern coasts. Geographical Research Quarterly. 40, 13–28. (In Persian with English abstract).

Bazrafshan, J., Hejabi, S. and Hasheminasab, A., 2015. Future climate change impact on drought classes transition probabilities in extreme climates of Iran (case study: Bandar Anzali and Bushehr Stations). Journal of Water and Soil Conservation. 22, 131–150. (In Persian with English abstract).

Bomford, M., 2008. Risk assessment models for establishment of exotic vertebrates in Australia and New Zealand, Invasive Animals Cooperative Research Centre, Report. Australia. Available online at: http://www.feral.org.au/wp content/uploads/2010/03/Risk_Assess_Models_2008_FINAL.pdf 42.

Britton, J.R., Copp, G.H., Brazier, M. and Davies, G.D., 2011. A modular assessment tool for managing introduced fishes according to risks of species and their populations, and impacts of management actions. Biological Invasions. 13, 2847–2860.

BRS, 2019. CLIMATCH v1. Available online at: http://www.brs.gov.au/Climatch.

Clarke, S.A., Vilizzi, L., Lee, L., Wood, L.E., Cowie, W.J., Burt, J.A., Mamiit, R.J.E., Ali, H., Davison, P.I., Fenwick, G.V., Harmer, R., Skóra, M.E., Kozic, S., Aislabie, L.R., LeQuesne, W.J.F., Copp, G.H. and Stebbing, P.D., 2019. Identifying potentially invasive non-native marine and brackish water species for the Arabian Gulf and Sea of Oman. Global Change Biology. 26, 2081-2092.

Cefas, 2019. AS-ISKv2.1. Available online at: https://www.cefas.co.uk/nns/tool.

Coad, B.W. and Abdoli, A., 1993. Exotic fish species in the fresh waters of Iran. Zoology in the Middle East. 9, 65–80.

Cohen, A.N., 2002. Success factors in the establishment of human-dispersed organisms. .In Bullock JM Kenward RE Hails RS, eds. Dispersal Ecology. Blackwell, London, UK.

Copp, G.H., Wesley, K.J. and Vilizzi, L., 2005. Pathways of ornamental and aquarium fish introductions into urban ponds of Epping Forest (London, England): the human vector. Journal of Applied Ichthyology. 21, 263–274.

Copp, G.H., Wesley, K.J., Verreycken, H. and Russell, I.C., 2007a. When an 'invasive' fish species fails to invade! Example of the topmouth gudgeon *Pseudorasbora parva*. Aquatic Invasions. 2, 107–112.

Copp, G.H., Britton, J.R., Jeney, G., Joly, J-P., Gherardi, F., Gollasch, S., Gozlan, R.E., Jones, G., MacLeod, A., Midtlyng, P.J., Moissec, L., Nunn, A.D., Occhipinti-Ambrogi, A., Oidtmann, B., Olenin, S., Peeler, E.J., Russell, I.C., Savini D., Tricarico, E. and Thrush M., 2008. Risk assessment protocols and decision making tools for use of alien species in aquaculture and stock enhancement. Report to the European Commission. UK.

Copp, G.H., Vilizzi, L., Tidbury, H., Stebbing, P.D., Tarkan, A.S., Moissec, L. and Goulletquer, P.H., 2016a. Development of a generic decision-support tool for identifying potentially invasive aquatic taxa: AS-ISK. Management of Biological Invasions. 7, 343–350.

Costa-Pierce, B.A., 2003. Rapid evolution of an established feral tilapia (*Oreochromis* spp.) the need to incorporate invasion science into regulatory structures. Biological Invasions. 5, 71-84.

Crombie, J., Brown, L., Lizzio, J. and Hood, G., 2008. Climatch User Manual. Available online at: http://www.brs.gov.au/Climatch.

Crutchfield, J.U., 1995. Establishment and expansion of redbelly tilapia and blue tilapia in power plant cooling reservoir. American Fisheries Society Symposium. 15, 452-461.

David, M., Perkovič, M., Suban, V. and Gollasch, S., 2012. A generic ballast water discharge assessment model as a decision supporting tool in ballast water management. Decision Support Systems. 53, 175–185.

Ebrahimi, H. and Kardevani, P., 2014. Recognition on the climate change in International Anzali Wetland using Mann-Kendal test. Journal of Wetland Ecobiology. 6, 59–71. (In Persian with English abstract).

Esmaeili, H.R., Teimori, A., Owfi, F., Abbasi, K. and Coad, B.W., 2014. Alien and invasive freshwater fish species in Iran: diversity, environmental impacts and management. Iranian Journal of Ichthyology. 1, 61–72.

Fletcher, D.H., Gillingham, P.K., Britton J.R., Blanchet, S. and Gozlan, R.E., 2016. Predicting global invasion risks: a management tool to prevent future introduction. Scientific Reports 6. Available online at: http://doi.org/10.1038/srep26316- 6 pp.

Froese, R. and Pauly, D., 2019. Fishbase. Available online at: www.fishbase.org.

FWS, 2019. Risk assessment mapping program: RAMP, version 3.1. U.S. Available online at: www.FWS.gov.

FWS, 2019. *Tilapia zillii* (*Coptodon zillii*). Available online at: https:// www.fws.gov/ fisheries/ ans/erss/ highrisk/ERSS-Coptodon-zillii-final-November2019 pdf.

Gophen, M., 2016. Study on the Biology of *Tilapia zillii* (Gervais, 1848) in Lake Kinneret. Open Journal of Ecology. 6, 167-175.

Gophen, M., 2017. Experimental Study of the Feeding Habits of Tilapia zillii (Gervais) in Lake Kinneret. Journal of Modern Hydrology. 7, 1-10.

Grisé, S.N., 2011. Evaluating the risk of non-native aquatic species range expansions in a changing climate in Pennsylvania. Ph.D. Thesis. Shippensburg University of Pennsylvania, USA.

Hayes, K.R. and Barry, S.C., 2008. Are there any consistent predictors of invasion success? Biological Invasions. 10, 483–506.

I.P.C.C., 2005. Guidance Notes for Lead Authors of the IPCC Fourth Assessment Report on Addressing Uncertainties. Intergovernmental Panel on Climate Change, WMO & UNEP. Available online at: www.ipcc.ch/ pdf/assessment-report/ar4/wg1/ar4-uncertaintyguidancenote.

Ishikawa, T. and Tachihara, K., 2008. Age, growth and maturation of the redbelly tilapia Tilapia zillii introduced into the Haebaru Reservoir on Okinawa-jima Island. Fisheries Science. 74, 527–532.

Kazemirad, L. and Mohammadi, H., 2015. Climate change assessment by using LARS-WG model in Gilan province (Iran). Geography and Environmental Hazard. 4, 55–73. (In Persian with English abstract).

Kumschick, S. and Richardson, D.M., 2003. Species-based risk assessments for biological invasions: advances and challenges. Diversity Distribution. 19, 1095–1105.

Kolar, C.S. and Lodge, D.M., 2002. Ecological predictions and risk assessment for Alien fishes in North America. Science. 238, 1233-1236.

Lusková, V., Lusk, S., Halačka, K. and Vetešník, L., 2010. *Carassius auratus gibelio* – the most successful invasive fish in waters of the Czech Republic. Russian Journal of Biological Invasions. 1, 176–180.

Moghaddas, S.D., Abdoli, A., Kiabi, B.H. and Hossein Rahmani, H., 2019. Risk assessment of potential invasive non-native fish species in Anzali Wetland, using Discriminant analysis. In proceedings 4th International Congress of Developing Agriculture, Natural Resourc-

es, Environment and Tourism. 14th-16th August. Tabriz, Iran. p. 305. (In Persian with English abstract).

Moghaddas, S.D., Abdoli, A., Kiabi, B.H., Rahmani, H., Vilizzi, L. and Copp, G.H., 2020. Risk screening for potentially invasive non native freshwater fishes in the Anzali Wetland Complex (Iran). Fisheries Management and Ecology. (In Press).

Mousavi-Sabet, H., 2019. Exotic ornamental fishes in Iranian inland water basins: an updated checklist. Journal of Animal Diversity. 1, 1–10.

Moyle, P.B. and Light, T., 1996. Biological invasions of fresh water: empirical rules and assembly theory. Biological Conservation. 78, 149–161.

Nejat, F., Abdoli, A., Kiabi, B.H. and Mostafavi, H., 2017. A study on distribution of non-native and invasive fish species of Iranian freshwater ecosystems, regarding to climate change. MSc. Thesis. Shahid Beheshti University, Iran.

Pazooki, J. and Masoumian, M., 2012. Synopsis of the parasites in Iranian freshwater fishes. Iranian Journal of Fisheries Sciences. 11, 570–589.

Peel, M.C., Finlayson, B.L. and McMahon, T.A., 2007. Updated world map of Köppen-Geiger climate classification. Hydrology and Earth System Sciences. 11, 1633-1644.

Peterson, M.S., Slack, W.T. and Woodley, C.M., 2005. The occurrence of non-indigenous Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (Linnaeus) in coastal Mississippi, USA: ties to aquaculture and thermal effluent. Wetlands. 25, 112-121.

Pheloung, P.C., Williams, P.A. and Halloy, S.R., 1999. A weed risk assessment model for use as a biosecurity tool evaluating plant introductions. Journal of Environmental Management. 57, 239-251.

Platt, S. and Hauser, W.J., 1978. Optimum Temperature for Feeding and Growth of *Tilapia zillii*. The Progressive Fish-Culturist. 40, 105-107.

Pourgholam Moghadam, A. and Abdolahpour Biriah, H., 2011. Determine recurrence rate of farming Chinese carps released into western area of Anzali wetland. Journal of Fisheries, Islamic Azad University, Azadshahr Branch. 4, 23–30. (In Persian).

Radkhah, A.R., Eagderi, S. and Asadi, H., 2016. Length-weight relationship and condition factor for five fish species in the wetland and Talar River of the Caspian Sea basin of Iran. Journal of Entomology and Zoology Studies. 4, 122–123.

Rahel, F.J. and Olden, J.D., 2008. Assessing the effects of climate change on aquatic invasive species. Conservation Biology. 22, 521–533.

Reinthal, P.N. and Stiassny, M.L.J., 1991. The freshwater fishes of Madagascar: a study of an endangered fauna with recommendations for a conservation strategy. Conservation Biology. 5, 231-242.

Ramin, M., Khalifenimsaz, M., Mohamadkhani, H., Abedini, A., Nazari, K., Kianerci, F. and Daghighi, R., 2015. Identification and introduction of aquaculture capacities Inland waters of the country. Research report. Iranian fisheries science research institute, Iran. (In Persian).

Ramsar Convention Secretariat, 2016. The forth Ramsar strategic plan 2016-2024, Ramsar handbooks for the wise use of wetlands, 5ed. Ramsar Convention Secretariat, Gland, Switzerland.

Raziei, T., 2017. Köppen-Geiger climate classification of Iran and investigation of its changes during 20th century. Journal of Earth and Space Physics. 43, 419–439. (In Persian with English abstract).

Sattari, M., Mokhayer, B., Khara, H., Nezami, S. and Shafii, S., 2007. Occurrence and intensity of parasites in some bony fish species of Anzali wetland from the southwest of the Caspian Sea. Bulletin- European Association of Fish Pathologists. 27, 54–62.

Spataru, P., 1978. Food and feeding habits of Tilapia zillii (Gervais) (Cichlidae) in Lake Kinneret. Aquaculture. 14, 327-338.

Tarkan, A.S., Vilizzi, L., Top, N., Ekmekçiɜ, F.G., Stebbing, P.D. and Copp, G.H., 2017a. Identification of potentially invasive freshwater fishes, including translocated species, in Turkey using the Aquatic Species Invasiveness screening kit (AS-ISK). International Review of Hydrobiology. 102, 47–56.

Tarkan, A.S., Sarı, H.M., İlhan, A., Kurtul, I. and Vilizzi, L., 2017b. Risk screening of non-native and translocated freshwater fish species in a Mediterranean-type shallow lake: Lake Marmara (West Anatolia). Zoology in the Middle East. 63, 48–57.

Taylor, J., Snyder, D. and Courtenay, W., 1986. Hybridization between Two Introduced, Substrate-Spawning Tilapias (Pisces: Cichlidae) in Florida. Copeia. 1986(4), 903-909.

Van der Veer, G. and Nentwig, W., 2015. Environmental and economic impact assessment of alien and invasive fish species in Europe using the generic impact scoring system. Ecology of Freshwater Fish. 24, 646–656.

Vilizzi, L., Copp, G.H., Adamovich, B., Chan, J., Davison, P.I. Dembski, S., Ekmekc, F.G.,. Ferincz, A., Forneck, S.C., Hill, J.H., Kim, J., Koutsikos, N., Leuven, R., Luna, S.A., Magalhães, F., Marr, S.M., Mendoza, R., Mourão, C.F., Neal, W.J., Onikura, N., Perdikaris, C., Piria, M., Poulet, N., Puntila, R., Range, L., Simonovic´, P., Ribeiro, F., Tarkan, A.S., Troca, D., Leonidas Vardakas, L., Verreycken, H., Vintsek, L. and Zeng, Y., 2019. A global review and meta-analysis of applications of the freshwater Fish Invasiveness Screening Kit. Reviews in Fish Biology and Fisheries. 29, 529-268.

Valikhani, H., Abdoli, A., Kiabi, B.H., Nejat, F., Sadeghsaba, M. and Khosravi, M., 2018. A study on the status of invasive tilapia species (*Coptodon zillii* Gervais, 1848 and *Oreochromis aureus* Steindachner, 1864) in the aquatic ecosystems of Khuzestan Province, Iran. Environmental Sciences. 15, 29-44. (In Persian with English abstract).

Wang, T., Jakovlić, I., Huang, D., Wang, J.G. and Shen, J.Z., 2016. Reproductive strategy of the invasive sharp belly, *Hemiculter leucisculus* (Basilewsky 1855), in Erhai Lake, China. Journal Applied Ichthyology. 32, 324–33.

Welcomme, R.L., 1992. A history of international introductions of inland aquatic species. ICES Marine Science Symposium. 194, 3-14.

Yerli, S.V., Mangıt, F., Emiroğlu Ö., Yeğen, V., Uysal, R., Ünlüb, E., Alp, A., Buhan, E., Yıldırım, T. and Zengin, M., 2014. Distribution of Invasive *Carassius gibelio* (Bloch, 1782) (Teleostei:Cyprinidae) in Turkey. Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences. 14, 581-590.

Yildirim, Y.B., Zeren, A., Genc, E., Erol, C. and Konas, E., 2010. Parasitological investigation on commercially important fish and crustacean species collected from the TIGEM (Dortyol Turkey) ponds. Journal of Animal and Veterinary Advances. 9, 1597-1602.

Environmental Sciences Vol.18/ No. 2/ Summer 2020

255-270

Risk assessment of the potential invasiveness of *Coptodon zillii* (Gervais, 1848) in Anzali Wetland using AS-ISK Model

Seyed Daryoush Moghaddas,[1] Asghar Abdoli,[*] Bahram Hasanzadeh Kiabi[2] and Hossein Rahmani [3]

[1]Department of Biodiversity and Ecosystems Management, Environmental Sciences Research Institute, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran

[2]Department of Animal Sciences and Marine Biology, Faculty of Life Sciences and Biotechnology, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran

[3] Department of Fisheries, Sari Agriculture Sciences and Natural Resources University, Sari, Mazandaran, Iran

Received: 2020.04.04 Accepted: 2020.05.27

Moghaddas, S.D., Abdoli, A., Hasanzadeh Kiabi, B. and Rahmani, H., 2020. Risk assessment of the potential invasiveness of *Coptodon zillii* (Gervais, 1848) in Anzali Wetland using AS-ISK Model. Environmental Sciences. 18(2): 255-270.

Introduction: The intentional and unintentional introduction of non-native fish species to the aquatic ecosystems of Iran has occurred with purposes such as enhancing aquaculture, ornamentation, biological control, and research. Some of them cause or have the potential to cause significant environmental and socio-economic impacts on aquatic ecosystems and/or fish farms. The eradication of non-native fishes is impossible or very costly, especially in large areas. Screening and identifying the potential invasiveness of species are being increasingly used all over the world. The main aim of the present research was to assess the potential invasiveness of redbelly Tilapia *Coptodon zillii* in Anzali international wetland.

Material and methods: Aquatic Species Invasiveness Screening Kit (AS-ISK) was used to identify redbelly Tilapia *Coptodon zillii* as a non-native fish that may pose a high potential risk of becoming invasion in Anzali Wetland. The model is able to discriminate between invasive and non-invasive aquatic organisms including non-native fishes by risk area-related threshold value. Also, the Köppen-Geiger climate system and Climatch software were used to match the climate between the native range of redbelly Tilapia and Anzali Wetland. The projected future climate change scenario was taken from relevant studies to carry out Climate Change Assessment (CCA) of the AS-ISK.

*Corresponding Author. *Email Address*: a_abdoli@sbu.ac.ir

Results and discussion: The output of the AS-ISK was 44 for redbelly Tilapia that was higher than the AS-ISK threshold value of the risk assessment area, which meant that the species pose a potential risk of becoming invasive in Anzali Wetland. There was a high climate-mating between the native range of redbelly Tilapia and the assessed area when the Köppen-Geiger climate system was used. At least one native habitat of redbelly Tilapia in the system was in the same climate category as the studied area. Also, the Climatch model output was 0.87 that shows a high climate matching for the non-native fish. The CCA had an increasing effect on the total score of the AS-ISK. The factors that increased the AS-ISK score were climate-mating, probable climate change, biological attributes, and invasiveness history of other places that the species was introduced. The comparison of the results of this study and other relevant studies that used AS-ISK to assess potential invasiveness of redbelly Tilapia showed that the species had the potential of becoming an invader in Anzali Wetland as well as some other areas around the country.

Conclusion: While non-native fishes are frequently used to enhance aquaculture in the country, a rapid assessment tool is required to avoid nuisance environmental impacts. The AS-ISK can be reliably used as a tool to predict the potential risk of becoming invasive in Anzali Wetland and elsewhere to be used by conservation managers, decision-makers, and policymakers in the aquaculture development plans.

Keywords: Risk assessment, AS-ISK, Invasive species, Redbelly Tilapia, Anzali Wetland.