دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهر
فصلنامه‌ی علمی-پژوهشی فضای جغرافیایی

سال شانزدهم، شماره‌ی ۵۳
بهار ۱۳۹۵، صفحات ۲۸۹-۲۷۱

کبری حیدریان[۱]
شهرام کبودوندپور[۲]
جمیل امان اللهی[۳]

بررسی تغییرات عمق تالاب بین المللی زریوار با استفاده از سنجش از دور و مدل شبکه عصبی مصنوعی

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰۸/۳۰ تاریخ پذیرش: ۱۳۹٤/۰۲/۰٦

چکیده

تالاب بین‌المللی زریوار یکی از پهنه‌های آبی مهم استان کردستان محسوب می‌شود که به دلیل تنوع زیستی بالا، صید ماهی، تأمین آب کشاورزی، چشم‌اندازهای طبیعی و جاذبه‌ی بالای گردشگری دارای اهمیت خاصی است. در سال‌های اخیر گزارش‌های مبنی بر رسوب‌گذاری زیاد و کاهش آبدهی چشمه‌های کف تالاب منشر شده است که اهمیت عمق سنجی مداوم این پهنه آبی را هر چه بیش‌تر نمایان می‌نماید. از آن‌جایی که عمق سنجی با روش‌های مستقیم بسیار پرهزینه و زمان‌بر است، لذا استفاده از علوم جدید مانند سنجش از دور و مدل شبکه عصبی مصنوعی می‌تواند مفید و موثر باشد. در این راستا تعداد ۲۰۰ بار عمق سنجی و ثبت مختصات جغرافیایی محل هم‌زمان با عبور ماهواره لندست ۸ در چهار دوره زمانی شامل تابستان و پائیز سال ۱۳۹۲ و بهار و تابستان سال ۱۳۹۳ صورت گرفت. پس از تصحیح اتمسفری نوارهای سنجنده OLI ماهواره لندست ۸، نوارهای مرئی و همچنین نتایج ترکیب‌های مختلف حاصل از ترکیب نوار مرئی، نوارهای مادون‌قرمز نزدیک و میانی این سنجنده مورد استفاده قرار

۱- دانشجو کارشناسی ارشد محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه کردستان.
۲- استادیار گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه کردستان. E-mail: s.kaboodvandpour@uok.ac.ir
۳- استادیار گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه کردستان.

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

گرفت. عمق آب به‌وسیله مدل‌سازی شبکه عصبی مصنوعی با استفاده از میزان بازتاب‌های طیفی و نتایج شاخص‌های مختلف متناظر با عمق‌های اندازه‌گیری شده در یک برآورد کلی (داده‌های فصل تابستان و پاییز سال ۱۳۹۲ و بهار سال ۱۳۹۳) و یک برآورد تک فصلی (داده‌های فصل تابستان سال ۱۳۹۳) به‌دست آمد. نتایج نشان داد که از بین نوارهای آبی، سبز، قرمز و مادون‌قرمز بازتاب طیفی نوار قرمز (نوار ٤) با R^2= ۰/۸۲ و RMSE= ۰/۰۲٦۹ در برآورد با استفاده از داده کلی (۳ ماهه) و R^2= ۰/۹۵ و RMSE= ۰/۰۲۳۰ در برآورد با استفاده از داده یک‌ماهه در مرحله تست بیش‌ترین همبستگی را با میزان عمق آب داشت. از بین ترکیب‌های ایجاد شده نیز نتایج ترکیب (band4-band2)/(band4+band2) با R^2= ۰/۹۲ و RMSE= ۰/۰۲۰۳ در برآورد با استفاده از داده کلی و R^2= ۰/۹۷ و RMSE= ۰/۰۳۰۱ در برآورد با استفاده از داده یک‌ماهه در مرحله تست بیش‌ترین همبستگی را با میزان عمق آب داشت.

کلید واژه‌ها: لندست ۸، سنجنده OLI، بازتاب طیفی، باندهای مریی، مادون‌قرمز.

مقدمه

عمق‌سنجی منابع آبی با هدف تعیین جنس بستر (فرانس[4] و همکاران، ۲۰۱۱: ۱۸۵)، مورفولوژی بستر (لگلیتر[5] و همکاران، ۲۰۰٤: ٤۹۳)، تعیین مطلوبیت زیستگاه‌های آبی و سایر مطالعات زیست‌محیطی انجام می‌شود. در حال حاضر نقشه دقیق عمق بر اساس از بررسی‌های زمینی تولید می‌شود؛ اما این ارزیابی‌ها وقت‌گیر و پرهزینه است و هم‌چنین برای مناطق دور از دسترس مناسب نیست (فرانس و همکاران، ۲۰۱۱: ۱۸۵). با توجه به مزایایی علم سنجش از دور مانند هزینه‌ی بسیار کم، پوشش جهانی و تکرارپذیری در بازه زمانی مناسب و دقت بالا این علم می‌تواند جایگزینی مفید و مکمل به‌جای ارزیابی‌های زمینی باشد. در سال‌های اخیر به کمک دانش سنجش‌ازدور تغییرات عمق در منابع آبی کم‌عمق مانند دریاچه‌ها، استخرها و سواحل دریاها را می‌توان تعیین نمود (لیو و چانگ[6]، ۲۰۰۵: ۱۱۷٤)، نقشه عمق مبتنی بر سنجش‌ازدور می‌تواند در تمام طول سال سرتاسر حوضه آبخیز را تا زمانی که ستون آب توسط درختان، سایه ابرها، یخ و کدورت مسدود نشده باشد، مورد پوشش قرار دهد (فرانس و همکاران، ۲۰۱۱: ۱۸۸). اساس روش‌های ژرفاسنجی از روی تصاویر ماهواره‌ای بر مبنای وابستگی طیفی تصویر با عمق آب

4- Fearans
5- Legliter,
6- Leu and chang

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

می‌باشد به‌بیان‌دیگر هرچه آب عمیق‌تر باشد به علت جذب و پراکندگی انرژی نور در آب، تصویر تیره‌تر است. هر چند این موضوع همواره صادق نبوده و نمی‌توان نتیجه گرفت هر چه تصویر تیره‌تر باشد آب عمیق‌تر است زیرا عواملی نظیر مقدار انعکاس نور، کدورت آب و نوع و تراکم پلانکتون‌های گیاهی و جانوری نیز بر عمق نفوذ نور در پهنه‌های آبی تأثیر دارند (غلامعلی فرد[۷] و همکاران، ۲۰۱۳: ۲۷۵۹)، در مطالعه‌ای در شمال شرقی جزیره کیش ابراهیمی کیا و همکاران (۱۳۸۸) روش‌های عمق‌سنجی را با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای آیکونوس[۸] مورد ارزیابی قرار دادند. نتایج هر یک از روش‌ها روی نقاط بررسی با مقادیر خطای مجذور میانگین مربعات (RMSE)، حداکثر خطا[۹] و مقدار ضریب همبستگی (R^2) مقایسه شدند. ارزیابی‌ها نشان داد که تمامی روش‌ها تقریبا از یک الگوی مکانی خطای عمق سنجی در نقاط مختلف برخوردار بودند. در این تحقیق کیفیت آب و جنس بستر عوامل مهمی در میزان خطای روش‌های مختلف در نقاط مختلف تشخیص داده شد. عمق‌های محاسبه شده با روش‌های مختلف بین ۸۰ تا ۹۰ درصد همبستگی با عمق‌های واقعی داشتند. از بین روش‌ها، روش لیزنگا[۱۰] با مقادیر رادیانس تصحیح شده و روش مبتنی بر شبکه عصبی مصنوعی[۱۱] نتایج بهتری را نشان دادند. هم‌چنین سیهون و یالچین مطالعه‌ای در غرب فوچا[۱۲] در ازمیر ترکیه در زمینه عمق‌سنجی منابع آبی انجام دادند. آن‌ها از تصاویر سه باند اول Aster و تصاویر پانکروماتیک Quick bird برای استخراج نقشه‌های مربوط به اندازه‌گیری عمق برای بررسی با شبکه عصبی مصنوعی استفاده کردند. آن‌ها از اندازه‌گیری میدانی در این تحقیق برای برآورد عمق استفاده کردند و برای تصاویر آستر و تصویرگویک برد دو مدل جداگانه ایجاد کردند. نتایج نهایی آن‌ها نشان داد که روش آن‌ها که مبتنی بر شبکه عصبی بود می‌تواند خطاهای ناشی از فاصله و تکراری بودن را برای اندازه‌گیری‌های عمق مورد نیاز کارهای مهندسی کاهش دهد (سیهون و یالچین[۱۳]، ۲۰۱۰: ۸۹). لیو و همکاران به‌منظور برآورد قابلیت تصویر بازیابی از عمق آب ماهواره اسپات ۵[۱۴]، مطالعه‌ای در جزیره نوژو[۱۵] در گواندونگ[۱۶] چین انجام دادند. آن‌ها در تحقیق خود از یک مدل تک باند و یک مدل دو باند به‌طور جداگانه استفاده کردند. عمق واقعی آب از مدل‌های وارونگی[۱۷] که به‌منظور ارزیابی صحت عمق آب که بر اساس معیار میانگین خطای نسبی و خطای میانگین مربع به‌دست آمدند تعیین شد.

7- Gholamalifard
8- Ikonos
9- Max Error
10- Lyzynga
11- Artificial Neural Network
12- Foggia
13- Ceyhun and Yalçın
14- Spot5
15- Nozhou
16- Guangdong
17- Inversion models

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

نتایج نشان دهنده برتری مدل ۲ بانده نسبت به مدل تک باند و باند قرمز مدل نسبت به باند سبز مدل در آب‌های کم‌عمق بود. متوسط خطای نسبی ۲۲٪ و خطای میانگین مربع ۱/۸۷ متر بود. آن‌ها نشان دادند که تصویر چند طیفی اسپات ۵ دارای توانایی خوبی برای عمق معکوس آب است و می‌تواند با وضوح بالا جزئیات بیش‌تری در مورد خصوصیات توپوگرافی زیر آب را ارائه دهد (لیو[18] و همکاران، ۲۰۱۰: ۱). با توجه به مشکلات موجود در تالاب بین‌المللی زریوار از جمله ورود مقادیر زیاد رسوب سالانه به این پهنه آبی (ابراهیمی‌پور و همکاران، ۱۳۸۹: ۲) و احتمال کاهش عمق آن در سالیان پیش‌رو، به نظر می‌رسد استفاده از علم سنجش‌ازدور برای رصد مداوم عمق این پهنه آبی لازم و ضروری است. از سوی دیگر با توجه به جدید بودن نوارهای ماهواره لندست ۸ از نظر بازه‌های مختلف طول‌موجی، قدرت تفکیک رادیومتری[19] دوازده بیتی داده‌ها، عدم بررسی قابلیت این نوارهای جدید در رابطه با عمق‌سنجی و در دسترس بودن این تصاویر در مقایسه با تصاویر ماهواره‌های دیگر، نتایج این تحقیق می‌تواند ضمن روشن ساختن قابلیت این نوارها در زمینه ژرف سنجی در منابع آبی، امکان رصد مداوم با کم‌ترین هزینه و ایجاد شرایطی برای مدیریت آگاهانه تالاب بین‌المللی زریوار و سایر تالاب‌های داخل کشور را فراهم سازد. بر این اساس در مطالعه حاضر سعی شده به بررسی تغییرات عمق تالاب بین اللملی زریوار با استفاده از سنجش‌ازدور و مدل شبکه عصبی مصنوعی با هدف برآورد عمق پهنه آبی تالاب زریوار با استفاده از نسبت‌گیری طیفی در باندهای مرئی و مادون‌قرمز ماهواره لندست ۸ و مقایسه باندهای مختلف سنجنده OLI[20] این ماهواره در برآورد عمق پرداخته شود.

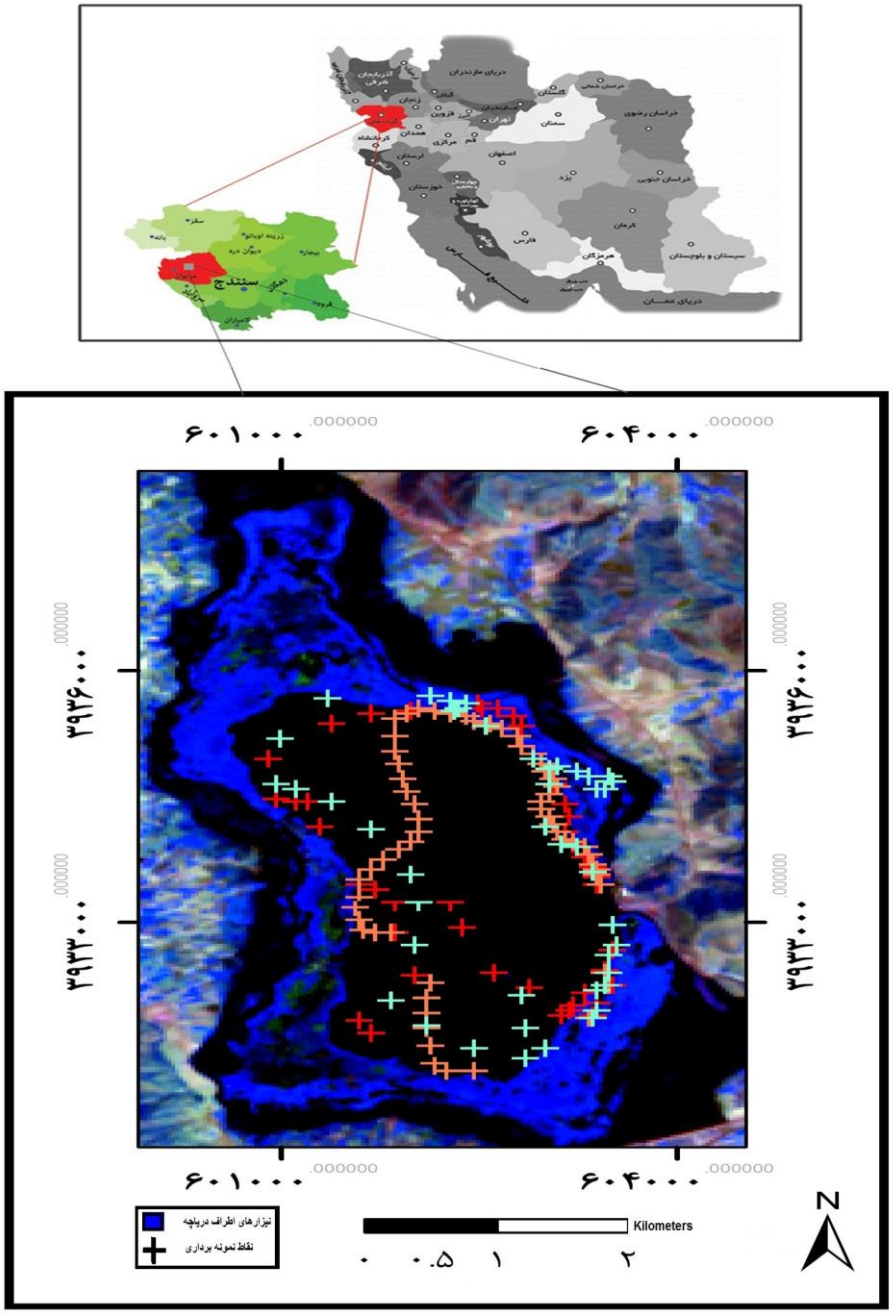
مواد و روش‌ها

تالاب زریوار در ۳ کیلومتری شمال‌غرب شهرستان مریوان در استان کردستان واقع شده است که جز دریاچه‌های آب شیرین داخلی ایران محسوب می‌شود. این دریاچه با ارتفاع ۱۳۹۰ متر از سطح دریا در حد فاصل "۳۱ '۳۰ °۳۵ و "۳۵°۳۷'۰۶ عرض جغرافیایی و "۵۲ '۰۳°۴۶ و "۴۷ '۱۰ °۴۶ طول جغرافیایی واقع شده است (شکل ۱). دریاچه زریوار با احتساب نیزارهای حاشیه‌ای آن حدود ۲۰۹۰ هکتار مساحت دارد. حوضه تالاب زریوار با مساحتی در حدود ۱۵۸۲۷ هکتار، جمعیتی بالغ بر ۷۰۴۴۵ نفر که ۸۵/۵٪ آن را جمعیت شهرنشین تشکیل می‌دهد زندگی می‌کنند (مهندسان مشاور آساراب، ۱۳۸۵). حداقل عمق این تالاب ۲ متر و حداکثر عمق آن ۷ متر است. این تالاب در سال

18- Liu
19- Quantization
20- Operational Land Imager

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

۱۳۸۸ توسط سازمان حفاظت محیط‌زیست به‌عنوان پناه‌گاه حیات‌وحش و در سال ۱۳۸٦ به‌عنوان بیست و سومین تالاب عضو کنوانسیون بین‌المللی رامسر شناخته شده است.



شکل ۱: موقعیت جغرافیایی تالاب بین‌المللی زریوار در کشور و استان کردستان به همراه نقاط نمونه‌برداری بر روی تصویر ماهواره‌ای ترکیب ٤-٥-٣

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

مواد و روش‌ها

نمونه‌برداری از عمق دریاچه زریوار هم‌زمان با عبور ماهواره لندست ۸ بین ساعت ۱۱:۳۰ تا ۱۲:۰۰ از روی تالاب در ماه‌های مختلف در سال‌های ۱۳۹۲ و ۱۳۹۳ در چهار دوره زمانی شامل: تابستان (شهریور) و پاییز (مهر) سال ۱۳۹۲ و بهار (اردیبهشت) و تابستان (تیر) سال ۱۳۹۳ صورت گرفت. ماهواره لندست ۸ با دارا بودن دو سنجنده OLI[۲۱] و TIRS[۲۲] هر ۱٦ روز یک‌بار پوشش کاملی از سطح زمین را تصویربرداری می‌کند؛ اما در بازه زمانی سال ۱۳۹۲ و اوایل سال ۱۳۹۳ هر ۳۲ روز یک‌بار تصاویر این ماهواره قابل دریافت بود. فصل زمستان به دلیل ابری بودن منطقه و عدم وجود تصاویر قابل استفاده از دوره‌ی زمانی نمونه‌برداری حذف شد. ضمناً در مطالعات گذشته در عمق سنجی با استفاده از تصاویر ماهواره‌های دیگر صرفا از یک دوره نمونه‌برداری استفاده شده است (لیو و همکاران، ۲۰۱۰، غلامعلی فرد و همکاران، ۲۰۱۳)، در حالی که در مطالعه حاضر با توجه به این‌که میزان ذرات جامد معلق، مواد محلول و تراکم فیتوپلانکتون‌ها در آب تالاب‌ها در بازه‌های زمانی مختلف متغییر است و همچنین عمق آب تالاب‌ها در فصول خشک و تر کاهش و افزایش می‌یابد و اینکه این تغییرات در فصول مختلف بر میزان بازتاب طیفی نوارهای مختلف اثرگذار هستند، مدل‌سازی شبکه عصبی مصنوعی هم بر اساس نمونه‌برداری یک مرحله‌ی و هم چند مرحله برای انجام شد تا نتایج حاصله از دقت بیش‌تری برخوردار باشند. در نهایت سطح دقت مدل‌های به دست آمده باهم مقایسه شدند. در هر مرحله، نمونه‌برداری از مناطق کم‌عمق تالاب که بیش‌تر در شمال شرق تالاب و مناطق عمیق تالاب که عمدتاً در جنوب، غرب و جنوب‌شرقی آن واقع بودند به‌صورت تصادفی انجام گرفت. عمق سنجی با استفاده از طناب و وزنه انجام شد و با توجه به اندازه سلول‌های نوارهای ۲، ۳، ٤ و ۵ سنجنده OLI مورد استفاده در این تحقیق که ابعادی معادل با ۳۰ متر در ۳۰ متر داشتند، فاصله هر نقطه با نقطه بعدی بیش‌تر از ۳۰ متر در نظر گرفته شد. تصاویر لندست ۸ مربوط به زمان‌های نمونه‌برداری از سایت ناسا تهیه و جهت اعمال تصحیح اتمسفری از نرم‌افزار (Envi, ver 4/8) و روش ویژه‌ای که برای تصاویر لندست ۸ توسط ناسا ارائه شده است استفاده شد (Landsat8, 2013).

بازتاب پیکسل‌های متناظر با عمق‌های نمونه‌برداری شده در نوارهای مختلف به‌صورت تک باند و هم‌چنین با استفاده از ترکیب‌های مختلف برای برآورد عمق مورد استفاده قرار گرفت. این ترکیب‌ها، ترکیب ریاضی از باندهای متعدد تصاویر رقومی ماهواره‌ای هستند که از اختلاف معنی‌دار بازتابش آب در طول‌موج‌های آبی، قرمز، سبز و

21- Landsat Data Continuity Mission
22- Thermal InfraRed Sensor

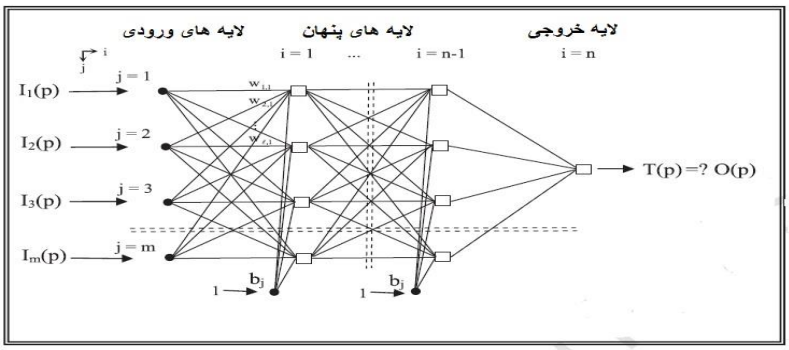
[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

مادون‌قرمز نزدیک و میانی استفاده می‌کنند. این ترکیب‌ها به‌صورت عملیات ساده ریاضی مانند جمع، تفریق، نسبت‌گیری و یا دیگر ترکیبات خطی به دست می‌آیند که ارزش هر پیکسل در باندهای مختلف را به یک شاخص عددی تغییر می‌دهند (علوی پناه و همکاران، ۱۳۸۲: ۸٤).

مدل‌سازی شبکه عصبی

شبکه عصبی مصنوعی زیر مجموعه‌ای از هوش مصنوعی است که ساختار و عملکرد آن به‌صورت کلی همانند مغز انسان است. الگوهای شبکه عصبی به‌طور کلی در دودسته الگوی پیش‌خور و الگوی پس‌خور قرار می‌گیرند (هایکین[۲۳]، ۱۹٤٤ به نقل از سیهون و یالچین؛ فرج زاد و دارند، ۱۳۸۸: ٦٤). در این مطالعه به دلیل سادگی از شبکه عصبی پیش‌خور برای برآورد عمق استفاده شد. عمق‌های اندازه‌گیری شده در منطقه مورد مطالعه به‌عنوان بردار خروجی و مقادیر بازتاب در هر باند طیفی و یا نتایج حاصل از ترکیب و یا شاخص‌های مختلف به‌کار رفته شده به‌عنوان بردار ورودی در نظر گرفته شد. شکل (۲) ساختار کلی مدل شبکه عصبی را نمایش می‌دهد که در آن I و J و P به ترتیب لایه و گره و مشاهدات هستند و n و m و N نیز به‌ترتیب تعداد لایه‌ها، گره‌ها و مشاهدات هستند؛ WQJ نیز وزن شبکه است (سیهون و یالچین، ۲۰۱۰: ۹۰).

Op بین Q امین گره از لایه (I-1) و J امین گره، bj واریبی‌ها قرار می‌گیرد؛ ji بردار خروجی محاسبه شده برای هر تکرار است؛ و tp بردار خروجی محاسبه‌شده برای هر تکرار است (شکل ۲).



شکل ۲: شبکه عصبی مصنوعی مورد استفاده در برآورد عمق در تالاب بین‌المللی زریوار در استان کردستان

بردار خروجی مورد انتظار یا همان مقدار برآوردی است (مربوط به اندازه‌گیری‌های عمق در منطقه مورد مطالعه (هاکان و منهاج[۲٤]، ۱۹۷٤: ۹۹۰). خروجی شبکه این مدل برای j امین گره از i امین لایه به‌صورت معادله ۱ است.

23- Haykin
24- Hagan and Menhaj

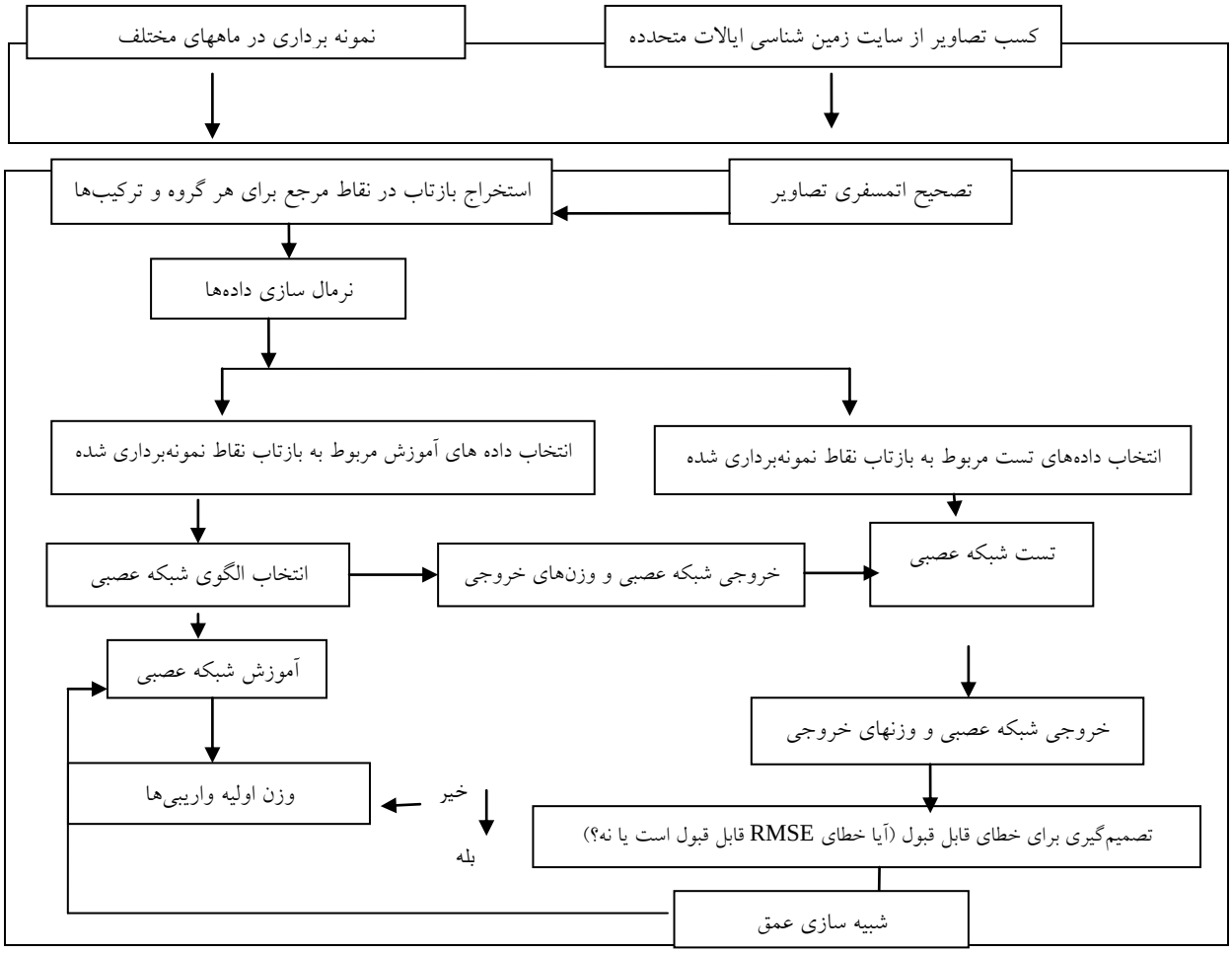
[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

معادله (۱) $netj=L\ (wQ,jx\ oQ) +b_jQ\sim l$

Oq خروجی Q امین گره در لایه (I -1) و برابر با P امین عنصر ورودی برای لایه اول است. f (netj) خروجی تابع انتقال است که ورودی شبکه را به گره خروجی تبدیل می‌کند که به‌صورت معادله ۲ است (هاکان[۲۵] و همکاران، ۱۹۹۶، به نقل از سیهون و یالچین).

معادله (۲) $f\ (netj) = 1/(1 + exp\ (-netj)$

آماده‌سازی ورودی‌های مدل و تعیین الگوی مدل دو عامل مهم برای تشکیل مدل هستند. شبیه‌سازی عمق آب در آب‌های کم‌عمق از طریق مدل شبکه عصبی مصنوعی در شکل (۳) ارائه شده است.



شکل ۳: مراحل مختلف تخمین عمق تالاب بین‌المللی زریوار با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و شبکه عصبی

25- Hagan

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

تعداد گره‌ها در لایه ورودی به تعداد باندهای طیفی و تعداد گره‌ها در لایه خروجی طبیعتا به تعداد یک خروجی (عمق آب) است که در این جا با تکرار آزمایش مقدار بهینه آن به‌دست آمده است. در این تحقیق از شبکه‌ای پیش‌خور دولایه‌ای که لایه اول یا همان لایه پنهان آن با تعدادی نورون سیگموئیدی و لایه دوم (خروجی) از یک نرون خطی تشکیل‌شده به‌منظور ارائه مقادیر خروجی (عمق) استفاده شد. در این الگوریتم، خطای خروجی شبکه برآورد و به عقب (به داخل سامانه) انتشار یافته و بر اساس وزن‌های انتخاب‌شده در مدل اصلاح می‌گردد. فرآیند اصلاح وزن‌ها در تمام عناصر سامانه ادامه می‌یابد تا بهترین وزن‌ها که صحیح‌ترین خروجی برای مدل را ایجاد می‌کنند، شناسایی و انتخاب شوند (قنبری و همکاران، ۱۳۸۸: ۳۰). در این مدل با تصحیح مرتب خطا، وزن‌های مناسب به‌دست می‌آید. وقتی وزن‌های مناسب به‌دست آمد به این معناست که مدل آموزش کافی دیده است. به‌طور کلی در مسائل تقریب تابع که تعداد وزن‌های خیلی بالایی ندارند، الگوریتم لونبرگ مارکوارت[۲۶] سریع‌ترین همگرایی و دقت را دارد (ابراهیمی کیا و همکاران، ۱۳۸۸: ۸). قبل از فرآیند آموزش شبکه عصبی باید داده‌ها را به سه دسته که عبارت‌اند از: تست، اعتبارسنجی و آموزش تقسیم‌بندی کنیم. در این تحقیق از مجموعه تمام داده‌ها، ۲۰ درصد آن داده تست و ۲۰ درصد دیگر داده اعتبارسنجی و ٦۰ درصد باقی‌مانده را داده آموزش تشکیل می‌دهد. داده‌های آموزش، داده‌های با جواب معلوم هستند که در حین فرآیند آموزش از آن‌ها استفاده می‌شوند. با آموزش یک مجموعه از داده‌ها الگوهای مهم علمی را که قابل تعمیم به همه داده‌ها هستند را به‌دست آوردیم. داده‌های تست برای تعیین کیفیت نهایی شبکه‌ی آموزش دیده شده از لحاظ دقت داده به‌کار می‌روند. داده‌های اعتبارسنجی داده‌های با جواب‌های نامعلوم هستند که در حین فرآیند آموزش برای جلوگیری از پدیده اورفیتینگ[۲۷] از آن‌ها استفاده شد، خطای اورفیتینگ زمانی رخ می‌دهد که داده‌های آموزش دارای توزیع یکنواخت نباشند. در این تحقیق از روش پس انتشار خطا[۲۸] برای آموزش شبکه استفاده شده و تعداد نورون‌های که برای لایه پنهان به‌کار برده شده ۱۵ عدد بودند. در آخر با استفاده از الگوهای به‌دست آمده از آموزش شبکه، خروجی (عمق) متناظر با داده‌های تست را تخمین زدیم. یک نکته مهم در آموزش شبکه‌های عصبی نرمال‌سازی داده‌ها قبل از استفاده در مدل است. این عمل کمک زیادی به آموزش بهتر و سریع‌تر مدل می‌کند. وارد کردن داده‌ها به‌صورت خام سبب کاهش سرعت و دقت شبکه می‌شود (ژو[۲۹] و همکاران، ۲۰۰۷: ۱۱٦). برای نرمال‌سازی داده‌های این مطالعه از معادله ۳ و ٤ استفاده شد (دستورانی و همکاران، ۱۳۹۱: ٦٦).

26- Levenberg–Marquardt algorithm
27- overfitting
28- Backpropagation
29- Zhu

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

معادله (۳) $xn = 2*(x-xmin/xmax-xmin) - 1$

معادله (٤) $xn = x-xmin/xmax-xmin$

X = معرف داده مشاهده‌شده

Xmin و Xmax به ترتیب حداقل و حداکثر مقدار داده‌های مشاهده شده و Xn داده نرمال شده است نرمال کردن داده‌های مشاهده‌ی با فرمول‌نویسی ساده در محیط Excel 2007 انجام شد.

هم‌چنین جهت ارزیابی نتایج حاصل از کاربرد ترکیب‌های مختلف در شبکه عصبی مصنوعی و مقایسه نتایج نهایی با مقادیر مشاهده‌ای از دو پارامتر آماری R^2 و RMSE و با بهره‌گیری از نرم‌افزار متلب استفاده گردید. شکل شماره (۳) بیانگر مراحل مختلف انجام این پژوهش می‌باشد.

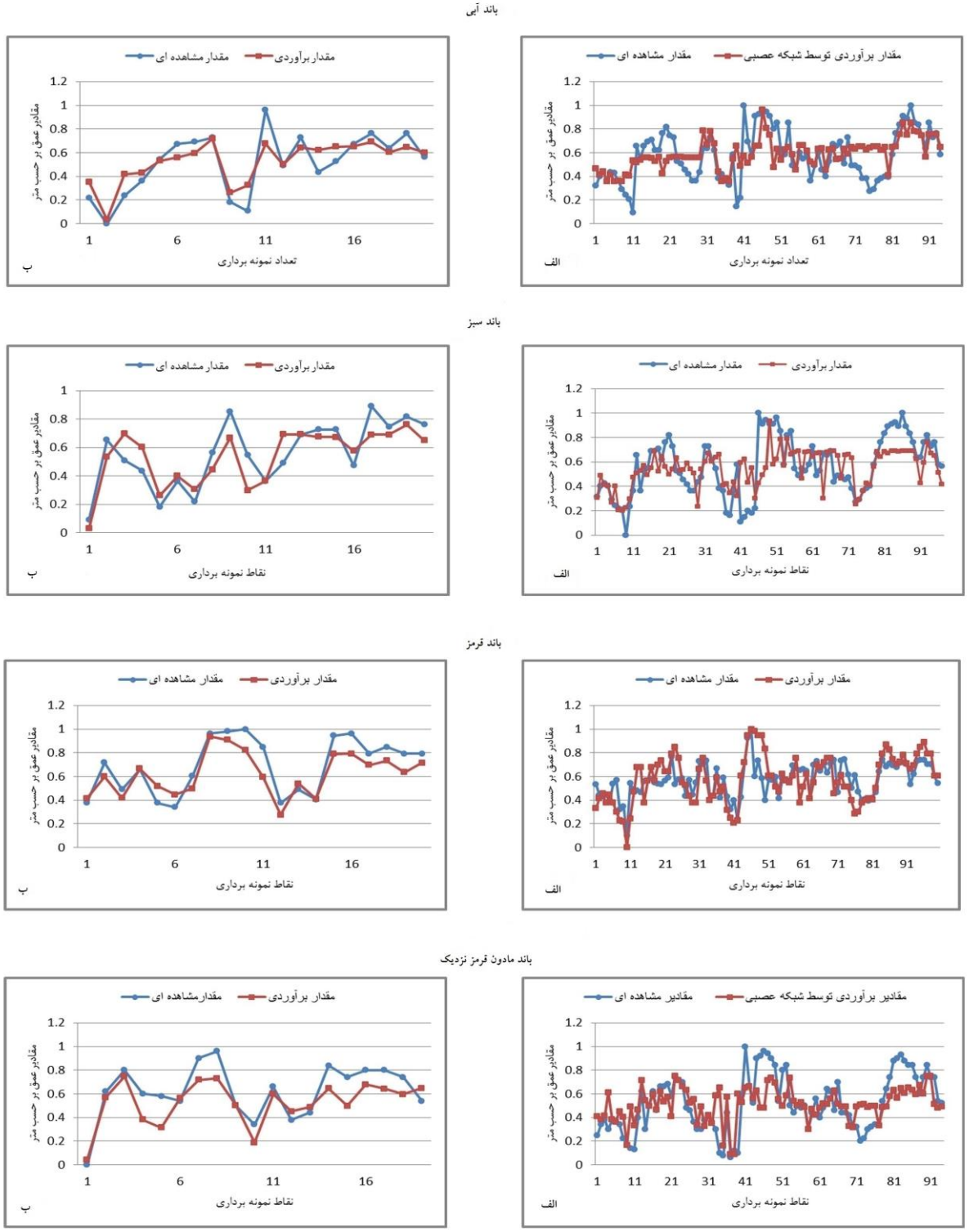
یافته‌ها و بحث

برای بررسی توانایی نوارها در پیش‌بینی عمق آب به‌صورت تک نوار، همبستگی بازتاب طیفی نوارهای ۲، ۳، ٤ و نوار ۵ با میزان عمق آب با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی مورد آزمون قرار گرفت. دلیل انتخاب این نوارها این بود که طول‌موج‌های فوق کاملا توسط ستون آب جذب نمی‌شوند و درصدی از آن‌ها منعکس می‌شود (گوسنس و واندرستارت[30]، ۲۰۰۲). بدین منظور در مرحله اول بعد از جمع‌آوری داده‌های عمق در سه دوره نمونه‌برداری، بازتاب‌های طیفی هر نوار به‌صورت جداگانه به‌دست آمده و سپس در شبکه عصبی مصنوعی به‌کار برده شد. نتایج حاصل در جدول (۱) آورده شده است. نمودارهای نشان داده شده در شکل (٤) بیانگر میزان همبستگی بین بازتاب طیفی نوارها و میزان عمق در مرحله آموزش و آزمون شبکه عصبی مصنوعی است. در مرحله بعدی تحقیق با در نظر گرفتن نمونه عمق‌های برداشت شده مربوط به فصل تابستان ۱۳۹۳ که شامل ۵۷ نمونه بود علاوه بر تک نوارها و سه ترکیب مرحله قبل، چندین ترکیب دیگر ایجاد و نتایج آن‌ها مورد بررسی قرار گرفت.

نتایج حاصل از مدل نهایی شبکه عصبی مورد استفاده روی کل نمونه‌های ۳ ماه مربوط به نوارها نشان داد که از بین چهار نوار قرمز، آبی، سبز و مادون‌قرمز نزدیک نوار قرمز با R^2 بالاتر (۰/۸۲) و خطای کم‌تر (۰/۰۲٦۹) در مرحله آزمون دقت بالاتری نسبت به سه نوار دیگر دارد.

30- Goossens and Vanderstrate

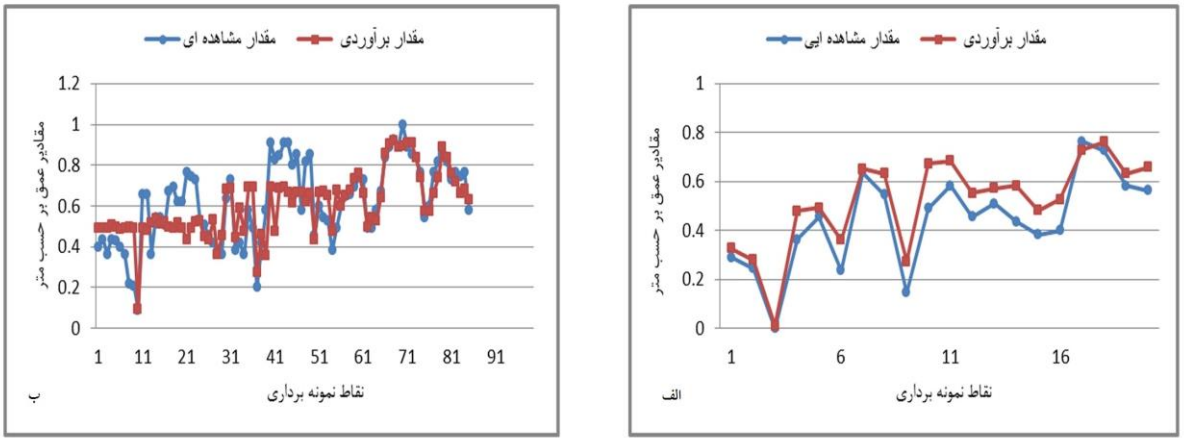
[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]



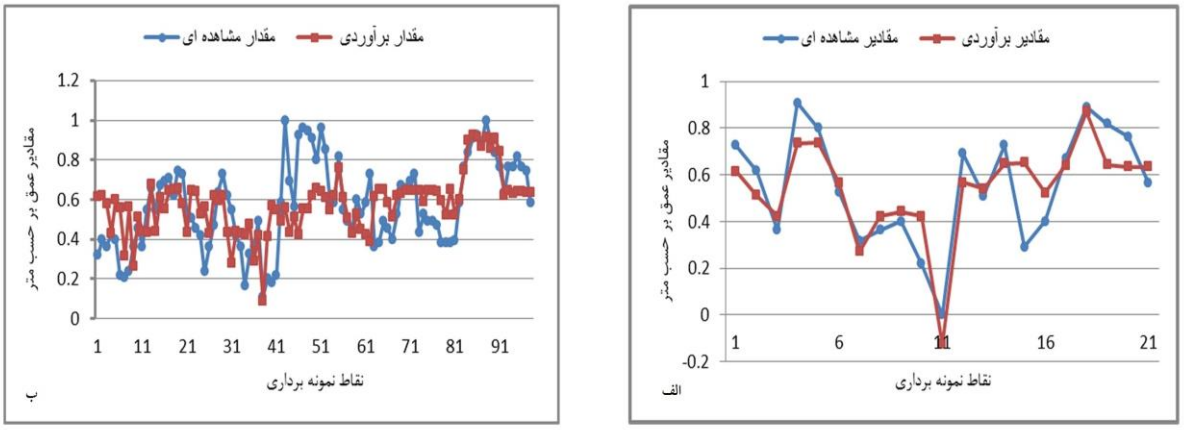
شکل ٤: نتایج حاصل از شبکه عصبی مصنوعی در شبیه‌سازی عمق تالاب بین‌المللی زریوار با استفاده از نوارهای مختلف.(الف) و (ب) به ترتیب بیانگر مرحله آموزش آزمون است

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

همان‌گونه که در شکل (٤) مشاهده می‌شود، مقادیر برآوردی توسط شبکه عصبی مربوط به نوار قرمز تا حد زیادی مشابه با مقادیر مشاهده‌ای است و علاوه بر این مقادیر برآوردی از مقادیر مشاهده‌ای انحراف کم‌تری دارد؛ که بیانگر توانایی شبکه عصبی مصنوعی در تخمین عمق آب است. نوار آبی نیز ضعیف‌ترین نتیجه را با R^2= ۰/۷۵ و ۰/۰۳۲۹ =RMSE در مرحله آزمون دارد که این خود رابطه معکوس بین قدرت نفوذ این باندها و تعیین عمق را نشان می‌دهد. هم‌چنین از بین سه ترکیب اعمال شده روی کل داده‌ها ترکیب (b4-b2)/(b4+b2) با R^2= ۰/۰۹۲ و ۰/۰۲۰۳ =RMSE در مرحله آزمون همبستگی بهتری با عمق نشان داد. نمودارهای مربوط به ترکیب‌های ۱ و ۲ در شکل (۵) نشان داده شده است.



(band4-band2)/(band4+band2)



(band4-band2)

شکل ۵: نتایج حاصل از شبیه‌سازی عمق تالاب بین‌المللی زریوار با شبکه عصبی بر روی ترکیب ۱ و ۳ در مرحله (الف) آموزش و (ب) آزمون

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

جدول ۱- نتایج مدل شبکه عصبی در همبستگی بین داده‌های عمق و بازتاب‌های طیفی، در مرحله‌های آزمون و آموزش

شماره باند	R^2 (آزمون)	RMSE (آموزش)	MAE (آزمون)	R^2 (آموزش)	RMSE (آموزش)	MAE (آموزش)
۲ (آبی)	۰/۷۵	۰/۰۳۲۹	۰/۰۹۵٦	۰/۵۱	۰/۰۳۲۵	۰/۱۳٤۱
۳ (سبز)	۰/۷٦	۰/۰۲۱۰	۰/۱۰٦۳	۰/۷۰	۰/۰۲۵٦	۰/۱٤۲٦
٤ (قرمز)	۰/۸۲	۰/۰۲٦۹	۰/۰۱۰۲۰	۰/۸٤	۰/۲۷٤۵	۰/۱۰۳٤
۵ (مادون‌قرمز)	۰/۷۷	۰/۰۳۳۷	۰/۱۱۳۰	۰/۵۵	۰/۰٤۰۸	۰/۱۵۱۹
ترکیب باندی	R^2 (آزمون)	RMSE (آموزش)	MAE (آزمون)	R^2 (آموزش)	RMSE (آموزش)	MAE (آموزش)
(Band 4- band 2) (band 4+ band 2)	۰/۹۲	۰/۰۲۰۳	۰/۰۸۰۷	۰/۷۱	۰/۰۲۳٤	۰/۰۹۷٤۷
(band 4- band 2)	۰/۸۰	۰/۰۱۹۷	۰/۰٦۳۸	۰/٦۹	۰/۰۲۳۸	۰/۰۷۰۱

جدول ۲- نتایج حاصل از کاربرد تک باند منفرد بر روی داده‌های یک دوره نمونه‌برداری با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی

نوع باند	R^2 (آزمون)	RMSE (آزمون)	MAE (آزمون)	R^2 (آموزش)	RMSE (آموزش)	MAE (آموزش)
باند آبی	۰/۷٦	۰/۰٦۹۲	۰/۰۹٦۰	۰/٦۳	۰/۰۳۹۱	۰/۰۹۵٦
باند سبز	۰/۸۵	۰/۰۵٦٤	۰/۱۲۹۸	۰/۷٤	۰/۰۲۸۰	۰/۰۷۳٤
باند قرمز	۰/۹۵	۰/۰۲۳۰	۰/۰۷٤۰	۰/۸٤	۰/۰۲۷٤	۰/۰۸۰۰
باند مادون‌قرمز نزدیک	۰/۹۳	۰/۰۰۸۹	۰/۰۵۳٤	۰/۸۱	۰/۰۳۰۰	۰/۰۹۹۸

در قسمت دوم کار همین روش روی عمق‌های اندازه‌گیری شده یک ماه اعمال شد. نتایج چندین ترکیب مختلف حاصل از چند باند و شاخص‌های جدید و باندهای مختلف با در نظر گرفتن R^2 و RMSE به دست آمده و هم‌چنین نتایج تک نوارها در جدول (۲) نشان داده شده است. همان‌گونه که نتایج نشان می‌دهد نوار قرمز با R^2= ۰/۹۵ و RMSE= ۰/۰۲۳۰ در مرحله آزمون مدل بازهم بهترین نوار مورد استفاده هستند. نتایج ترکیب‌های باندی نیز در جدول (۳) آورده شده است.

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

در بین ترکیب‌ها، ترکیب (b4-b2)/(b4+b2) برای داده‌های مرحله آزمون نسبت به سایرین دارای R^2= ۰/۹۷ بالاتر RMSE =۰/۰۳۰۱ پایین‌تری بود؛ که این نشان می‌دهد همبستگی بین داده‌های مشاهده‌ای و برآوردی بیش‌تر است. هم‌چنین ترکیب (b5–b2)/(b5+b2) با R^2= ۰/۹۵ و RMSE= ۰/۰۲٤٦ نتیجه مطلوبی داشت.

جدول ۳- فهرست ترکیب‌های حاصل از ترکیب باندهای مختلف روی یک دوره نمونه‌برداری با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی

شماره	عنوان ترکیب	شاخص	(ANN) R2	(ANN) RMSE
۱	VI01	BAND 4 – BAND 2	۰/۹۲	۰/۰۱٦۸
۲	VI02	(BAND 5 – BAND 2)/(BAND 5+BAND 2)	۰/۹۵	۰/۰۲٤٦
۳	VI03	(BAND 3- BAND 2)/(BAND 3+ BAND 2)	۰/۹۰	۰/۰۳۲۹
٤	VI04	BAND 4 – BAND 3	۰/۷۱	۰/۰۳۹۳
۵	VI05	BAND 4/BAND 3	۰/۸۲	۰/۰۳۸٤
٦	VI06	(BAND 4-BAND 2)/(BAND 4 + BAND 2)	۰/۹۷	۰/۰۳۰۱

نتیجه‌گیری

عمق‌سنجی برای بسیاری از پروژه‌هایی که در پهنه‌های آبی انجام می‌گیرد، امر بسیار مهمی است. با این وجود، کسب اطلاعات دقیق از منطقه مورد مطالعه بسیار پر هزینه و زمان‌بر است. در این پژوهش با مدل‌سازی شبکه‌عصبی مصنوعی با استفاده از بازتاب طیفی نوارهای مختلف متناظر با نقاط نمونه‌برداری شده راه‌کاری عملی برای برآورد عمق آب تالاب‌ها ارائه شده است. ساختار شبکه عصبی به‌گونه‌ای است که قابلیت این را دارد که تخمین‌های دقیق‌تری نسبت به روش کلاسیک رگرسیون داشته باشد (سیهون و یالچین، ۲۰۱۰: ۹٦). مدل غیرخطی شبکه عصبی که دارای ساختار بازی است ما را قادر خواهد ساخت که ارتباطات غیرخطی بین بازتاب تصویر چند نوار و عمق آب را در نظر بگیریم، در نتیجه می‌توان نتایج دقیق‌تری از عمق‌ها را به‌دست آورد (سیهون و یالچین، ۲۰۱۰: ۹٦). از بین نتایج حاصله از همبستگی بازتاب طیفی چهار نوار انتخابی با عمق آب، نوار قرمز با R^2= ۰/۸۲ و RMSE= ۰/۰۲٦۲ در برآورد با استفاده از داده کلی (۳ ماهه) و R^2= ۰/۹۵ و RMSE= ۰/۰۲۳۰ در برآورد با

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

استفاده از داده یک‌ماهه در مرحله آزمون همبستگی بهتری با عمق آب نشان داد. این نوار با قرار گرفتن در طول‌موج ۰/۶۳۰ تا ۰/۶۸۰ میکرومتر در منطقه جذب قوی کلروفیل قرار گرفته است و در آب‌های کم‌عمق قادر است در آب نفوذ و بازتاب نماید. بنابراین به نظر می‌رسد نوار قرمز بهترین نوار برای تخمین عمق در آب‌های کم‌تر از ٦ متر باشد. غلامعلی فرد و همکاران، ۲۰۱۳ نتایجی مشابه را به‌دست آورده‌اند و از طرف دیگر نوار آبی نیز با R^2= ۰/۷۵ و RMSE= ۰/۰۳۲۹ در برآورد با استفاده از داده‌های کلی و R^2= ۰/۷٦ و RMSE= ۰/۰٦۹۲ در برآورد با استفاده از داده یک‌ماهه در مرحله آزمون ضعیف‌ترین نتیجه را داشت؛ که این نتایج هم‌چنین با نتایج (غلامعلی فرد و همکاران، ۲۰۱۳: ۲۷۵۸) همخوانی دارد هر چند گرین و همکاران (۲۰۰۰) نتایجی غیر از این را به‌دست آوردند. آن‌ها گزارش کردند که هنگام نفوذ نور مرئی به داخل آب هرکدام از نوارها به نسبتی در آب نفوذ می‌کنند که در این میان نفوذ نور آبی بیش‌تر از سایر باندهاست. کاهش نفوذ با افزایش عمق به‌صورت نمایی است و این فرآیند به‌عنوان «میرایی[31]» شناخته شده که تأثیر زیادی بر داده‌های سنجش‌ازدور دارد (گرین[32] و همکاران، ۲۰۰۰: ۱۲۱). شدت میرایی با طول‌موج‌ها رابطه معکوس دارد. در منطقه نور مرئی، نور قرمز سرعت بیش‌تری در کاهش نفوذ در مقابل طول‌موج کوتاه‌تر یعنی نوار آبی در آب را دارد؛ که این عدم همخوانی نتایج می‌تواند به دلیل وجود ذرات معلق، مواد آلی محلول در آب تالاب زریوار باشد که در این رابطه نیز غلامعلی فرد و همکاران در سال ۲۰۱۳ بیان داشتند که در آب‌های نسبتا زلال، نور به عمیق‌ترین بخش آب نفوذ می‌کند و در این نوع آب‌ها عمیق‌ترین عمق نفوذ در ناحیه طیف آبی است. با این حال در آب‌های ساحلی و آب‌های داخلی مواد آلی محلول در آب و فیتوپلانکتون‌ها به‌شدت بر جذب نوار آبی تاثیر می‌گذارند. در نتیجه سبب جذب نوار آبی توسط ستون آب و جلوگیری از بازتاب آن می‌شوند (غلامعلی فرد و همکاران، ۲۰۱۳: ۲۷۵۸). بالا بودن میزان همبستگی بازتاب طیفی نوار قرمز با عمق آب در مقایسه با نوار سبز R^2= ۰/۷٦ و RMSE= ۰/۰۲۱۰ در برآورد با استفاده از داده‌های کلی و R^2= ۰/۸۵ و ۰/۰٥٦٤ =RMSE در برآورد با استفاده از داده یک‌ماهه در مرحله آزمون نیز می‌تواند به دلیل اثرگذاری همین مواد معلق و مواد محلول در آب بر بازتاب نوار سبز باشد که سبب کاهش همبستگی بازتاب این نوار با میزان عمق شده است. در این رابطه گوسنس و واندرستارت بیان داشته‌اند که هر چند نوار سبز نسبت به قرمز نفوذ بیش‌تری در آب دارد و قدرت نفوذ نور قرمز در آب به‌سرعت و به‌صورت نمایی کاهش می‌یابد. ولی در مقابل نور آبی و سبز به یک اندازه در آب نفوذ می‌کنند (گوسنس و واندرستارت، ۲۰۰۲) که این اثرگذاری مواد معلق و محلول بر روی بازتاب نوار سبز را نیز نشان می‌دهد. میزان مواد آلی دریاچه زریوار بین ۲۲٪ تا ۳۱٪ متغیر بود. درصد کربنات کلسیم در

31- Attenuation
32- Green

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

بخش‌های مختلف دریاچه بین ۲۲ تا ۱۲٪ و تیپ غالب رسوبات دریاچه گل ماسه‌ای گزارش شده است (حسین پناهی و رفیعی، ۱۳۹۱)؛ که این مواد آلی و مواد معلق روی نفوذ و میزان بازتاب نوارهای مختلف تاثیر می‌گذارند. از بین ترکیب‌های به کار گرفته شده در این تحقیق نتایج ترکیب (band4-band2)/(band4+band2) با R^2= ۰/۹۲ و RMSE= ۰/۰۲۰۳ در برآورد با استفاده از داده‌های کلی و R^2= ۰/۹۷ و RMSE= ۰/۰۳۰۱ در برآورد با استفاده از داده یک‌ماهه در مرحله آزمون بیش‌ترین همبستگی را با میزان عمق آب داشت. ترکیب (band 4-band2)/(band 4+band 2) بر پایه و اصول ترکیب NDVI طراحی شده است. در ترکیب NDVI بازتابش زیاد پوشش گیاهی در نوار مادون‌قرمز نزدیک (نوار ۵ سنجنده OLI ماهواره لندست ۸) از بازتاب کم پوشش گیاهی در نوار قرمز (نوار ٤) کم شده و نتیجه تقسیم بر مجموع بازتاب هر دو نوار شده است و نتایج این ترکیب توسط محققین زیادی استفاده شده و صحت بالای آن برای برآورد میزان پوشش گیاهی گزارش شده است (امان اللهی و همکاران، ۲۰۱۲؛ امیری و همکاران، ۲۰۰۹؛ ژانگ[۳۳] و همکاران، ۲۰۰۹؛ ونگ و لئو[۳٤]، ۲۰۰۸)

در ترکیب (band4-band2)/(band4+band2) همین اصل برای برآورد میزان عمق تالاب زریوار در این مطالعه رعایت شده است. همان‌طور که در نتایج این پژوهش در بخش تک نوارها ذکر شد. بازتاب طیفی نوار قرمز (نوار ٤) بیش‌تر از بازتاب طیفی نوار آبی (نوار ۲) است؛ بنابراین به نظر می‌رسد دلیل نتایج مناسب ترکیب (band4-band2)/(band4+band2) کم کردن بازتابش زیاد در یک نوار (نوار ٤) از بازتابش طیفی کم در نوار دیگر (نوار ۲) و تقسیم نتیجه بر مجموع بازتابش طیفی هر دو نوار باشد. یکی دیگر از ترکیب‌هایی که نتایج خوبی در برآورد عمق آب ارائه داد؛ ترکیب (band5 – band2)/(band5+band2) با میزان R^2= ۰/۹۵ و RMSE= ۰/۰۲٤٦ در مرحله آزمون بود که می‌تواند به دلیل وجود باند مادون‌قرمز نزدیک در این ترکیب باشد. به نظر می‌رسد نوار مادون‌قرمز نزدیک نیز مانند نوار قرمز توانای خوبی در برآورد میزان عمق تالاب دارد. این یافته هم‌چنین با نتایج لیو و همکاران، ۲۰۱۰ هم‌خوانی دارد. آن‌ها در مطالعه‌ی برآورد عمق آب مناطق ساحلی با استفاده از داده‌های ماهواره اسپات نشان دادند که نوار مادون‌قرمز نزدیک همانند نوار قرمز عملکرد خوبی در تخمین عمق دارد. نتایج به‌دست آمده برای داده‌های حاصل از سه دوره نمونه‌برداری و داده‌های یک دوره نمونه‌برداری نیز نشان داد که مدل‌سازی بر اساس بازتاب طیفی نوارهای مختلف در یک دوره نمونه‌برداری نتایج بهتری را به‌دست می‌دهد. این نیز می‌تواند به دلیل تغییرپذیری عوامل مؤثر بر بازتاب طیفی شامل: مواد معلق، مواد محلول و فیتوپلانکتون‌های موجود در آب باشد؛ اما به هر حال برخی از اشتباهات توسط یک‌سری از فرضیه‌ها ممکن است نتیجه کار را تحت تاثیر قرار دهد

33- Zhang
34- Weng and Lu

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

از جمله می‌توان به؛ خواص بازتابی از بستر و کیفیت آب را عنوان کرد. فرض بستر همگن در وهله اول و تغییر ناپذیری کیفیت آب در سراسر تصویر یک منبع بالقوه از اشتباهات است (گوسنس و واندرستارت، ۲۰۰۲). همان‌طور که بیان شد مواد موجود در بستر آب، فیتوپلانکتون‌ها یا آلودگی عملا به‌طور قابل توجهی بازتاب از ستون آب را تحت تأثیر قرار می‌دهند. از این‌رو، داده ورودی باید با ساختار یک مدل مطمئن سازگار و هماهنگ باشد (سیهون و یالچین، ۲۰۱۰، ۹۶). طبیعی است که تغییر بیش‌تر ویژگی‌های ستون آب، موجب می‌شود که تخمین عمق با اطمینان کم‌تری انجام گیرد، با این وجود، با استفاده از مجموعه داده‌های نمونه، اطمینان ما از مدل‌ها افزایش می‌یابد. در صورتی که نقاط مرجع به‌کار برده شده در تست و آموزش در مجاورت یا تحت تأثیر منابع آلوده کننده قرار گیرند، آنگاه آلودگی‌های محلی بر عملکرد مدل‌ها اثر نامطلوبی خواهند گذاشت؛ اما این مشکل بیش‌تر روش‌های کلاسیک را تحت تأثیر قرار می‌دهد؛ اما شبکه عصبی با توجه به ساختاری که دارد، مجموعه عواملی که ویژگی‌های بازتابی ستون آب را تحت تأثیر قرار می‌دهد را در نظر نخواهد گرفت و نیازی به اندازه‌گیری‌های جدیدتر برای آموزش داده نمی‌باشد (سیهون و یالچین، ۲۰۱۰: ۹۶).

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

منابع

- ابراهیمی کیا، م؛ سعادت سرشت، م؛ تاج فیروز، ب (۱۳۸۸)، «ارزیابی روش‌های عمق‌سنجی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای»، **همایش ژئوماتیک ۸۸**، تهران، سازمان نقشه‌برداری کشور.

- ابراهیم‌پور، ص؛ کریمی، ح؛ اردلان‌زاده، آ (۱۳۸۹)، «بررسی پارامترهای فیزیکی، شیمیایی، کیفی آب و عوامل تهدید کننده‌ی دریاچهِ تالابی زریوار»، چهاردهمین همایش انجمن زمین‌شناسی ایران و بیست و هشتمین گردهمایی علوم زمین، ۲۷ الی ۲۵ شهریور ۱۳۸۹، دانشگاه ارومیه، ایران.

- دستورانی، م؛ عظیمی فشی، خ؛ طالبی، ع؛ اختصاصی، م. ر (۱۳۹۱)، «برآورد رسوبات معلق با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی مطالعه موردی (حوزه آبخیز جامیشان استان کرمانشاه)»، ***پژوهشنامه مدیریت حوضه آبخیز***، شماره ٦، صص ٧٤-٦١.

- علوی‌پناه، ک؛ رفیعی امام، ع؛ حسینی، ز؛ جعفر بیگلو، م (۱۳۸۲)، «بررسی تغییرپذیری طیفی پدیده‌های مختلف پوشش گیاهی و آب با استفاده از سنجش‌ازدور»، ***مجله پژوهش‌های جغرافیای***، شماره ۵۸، صص ۹۷-۸۱.

- فرج زاده، م؛ دارند، م (۱۳۸۸)، «مقایسه روش‌های رگرسیون خطی و شبکه عصبی مصنوعی در پیش‌بینی میزان مرگ‌ومیر به‌عنوان تابعی از دمای هوا (مطالعه موردی تهران)»، ***مجله پژوهشی حکیم***، شماره ۳، صص ۵۳-٤٥.

- قنبری، ف؛ شتایی، ش؛ دهقانی، ا. ا؛ ایوبی، ش (۱۳۸۸)، «برآورد مشخصه تراکم درختان جنگل با استفاده از آنالیز زمین و شبکه عصبی مصنوعی»، ***مجله پژوهش‌های علوم و فناوری چوب و جنگل***، شماره (٤) ١٦، صص ٤٢-٢٥.

- مهندسان مشاور آسارا‌ب (۱۳۸۵)، «گزارش مطالعات اکولوزی دریاچه زریبار»، سنندج، استانداری کردستان.

- Amanollahi, J., Kaboodvandpour, S.h., Abdullah, A.M., Rashidi, P., (2012), "Assessment of vegetation variation on primarily creation zones of the dust storms around the euphrates using remote sensing images**",** ***Journal of Environ. Asia***, 5: 76-81.

- Amiri, R., Weng, Q., Alimohammadi, A., Alavipanah, S.K., (2009), "Spatial-temporal dynamics of land surface temperature in relation to fractional vegetation cover and land use/cover in the in the Tabriz urban area", ***Journal of Iran Remote Sensing of Environment***, 113: 2606-2617.

- Ceyhun, Ö., Yalçın, A., (2010), "Remote sensing of water depths in shallow water via artificial Neural networks", ***Journal of Estuarine, Coastal and Shelf Science***, 89: 89-96.

- Fearns, P.R.C., Kionowski, W., Babcok, R.C., England, P., Phillips, j., (2011), "Shallow water substrate mapping using hyperspectral remote sensing", ***Journal Continental Shelf Research***, 31: 1249–1259.

- Hagan, M.T., Demuth, H.B., Beale, M.H., (1996), "***Neural Network Design***", PWS Publishing, Boston.

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

- Hagan, M.T., Menhaj, M., (1994), "Training feed forward networks with the Marquardt algorithm", ***Journal of IEEE Transactions on Neural Networks***, 5: 989-993.
- Green, E.P., Mumby, P.J., Edwards, A.J., Clark, C.D., (2000), "Remote Sensing Handbook for Tropical Coastal Management", Coastal Management Sourcebooks 3, UNESCO, Paris, France, PP X+316
- Haykin, S., (1994), "***Neural Networks A Comprehensive Foundation***", McMillan College Publishing Co, New York.
- Leu, L., Chang, H., (2005), "Remotely sensing in detecting the water depths and bed load of shallow waters and their changes", ***Journal of Ocean Engineering***, 32: 1174-1198.
- Legliter, C.J., Roberts, D.A., Marcus, W.A., Fonestad, M.A., (2004), "Passive optical remote sensing of river channel morphology and in-stream habitat. Physical basis and feasibility, ***Journal of Remote Sensing of Environment***, 93: 493-510.
- Li, J.J., Wang, X.R., Wang, X.J., Ma, W.CH., Zhang, H., (2009), "Remote sensing evaluation of urban heat island and its spatial pattern of the Shanghai metropolitan area", China", ***Ecological Comlexity***, 6: 413-420.
- Liu, S.H., Zhang, J., Ma, y., (2010), "Bathymetric Ability of spot–5 Multi–Spectral Image in Shallow water coastel", Geoinformatics, 18th International Conference on Graduate Research University of Chinese Academy of Science, Beijing, china, pp 1-5.
- Gholamalifard, M., Kutser, T., Esmaili-Sari, A., Abkar, A., Naimi, B., (2013), "Remotely Sensed Empirical Modeling of Bathymetry in the Southeastern Caspian Sea" ***Journal of Remote Sensing.*** 5: 2746-2762.
- United States Geological Survey (2013), Using the USGS Landsat 8 Product. [on line]: (https://landsat.usgs.gov/Landsat8_Using_Product.php) (Accessed 26 febryary 2013).
- Zhang, T., Engling, G., Chan, C.Y., Zhang, Y.N., Zhang, Z.S., Lin, M., Sang, X.f. Li, Y.D., Li, Y.S., (2010), "Ontribution of fungal spores to particulate matter in a tropical rainforest", ***Journal of Environmental Research Letters***. 5 (2): 9326-9339.
- Zhu, Y.M., Lu, X. X., Zhou, Y., (2007) "Suspended sediment flux modeling with artificial neural network: An example of the Longchuanjiang River in the Upper Yangtze Catchment, ***Journal of Geomorphology***. 84: 111-125.
- Vanderstraete, T., Goossens, R., (2002), "Bathymetric mapping of coral reefs in the red sea (Hurgada Egypt), using Land sat etm data", Seventh International Conference on Remote Sensing for Marine and Coastal Environments, Miami, Florida.
- Weng, Q., Lu, D., (2008), "A sub-pixel analysis of urbanization effect on land surface temperature and its interplay with impervious surface and vegetation coverage in Indianapolis", United States, ***International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation***, 10: 68-83.

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]