مجله علمی- پژوهشی
دوره 12، شماره 3، پاییز 1396

برآورد نیاز آبی تالاب‌های هویزه با رویکرد کنترل ریزگردها و بهبود شرایط زیست‌محیطی

رامین گرجی شانی[1]، غلام‌عباس بارانی[2*]

1- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد مهندسی آب و سازه‌های هیدرولیکی، دانشگاه شهید باهنر کرمان
2- استاد دانشکده فنی و مهندسی، بخش مهندسی عمران، دانشگاه شهید باهنر کرمان

[*] Gab@uk.ac.ir

چکیده- تالاب‌های هویزه در جنوب‌غرب ایران، و در حوضه آبریز رودخانه‌های کرخه و دجله قرار گرفته‌اند. در سال‌های اخیر به دلیل فعالیت‌های انسانی، به‌ویژه احداث چندین سد و بند انحرافی در محدوده ورودی این تالاب‌ها، تنش‌های شدید هیدرولوژیکی و زیست‌محیطی بر پیکره آنها وارد گردیده است؛ به‌گونه‌ای که تالاب‌ها بخش عظیمی از مساحت خود را ازدست داده و به بزرگترین کانون ریزگردها در سطح منطقه تبدیل شده‌اند. تعیین نیاز آبی تالاب‌ها می‌تواند شرایط اکولوژیکی آنها را باز گردانیده و در بهبود عملکرد زیست‌محیطی آنها نقش به‌سزایی داشته باشد. از این‌رو در این پژوهش نیاز آبی تالاب‌ها، بر اساس روش ترکیبی محاسبه گردید. با استفاده از داده‌های هیدرولوژیکی، سیستم اطلاعات جغرافیایی، و مشاهدات میدانی حریم و حد بستر تالاب‌ها بدست آمده و سپس با استفاده از شاخص نرمال‌شده تفاوت پوشش گیاهی، میزان سطح آب و پوشش گیاهی بدست آمد. همچنین با استفاده از مشاهدات میدانی و گزارشات سازمان‌های وابسته، مشخص گردید که گیاه نی باتلاقی، گونه زیستی غالب در منطقه بوده و از این‌رو در محاسبه نیاز آبی تالاب‌های هویزه، نیاز آبی اکولوژیکی آن مشخص گردید. برای برآورد نیاز آبی تالاب‌ها دو روش ارائه گردید که در روش اول، تالاب‌ها در شرایط قبل از بروز تنش قرار می‌گرفتند و روش دوم شامل حفظ ایده‌آل مناطق شمالی تالاب‌ها که در مجامع بین‌المللی ثبت گردیده‌اند و جلوگیری از بروز ریزگردها در بخش جنوبی تالاب‌ها می‌باشد. نتایج نشان داد که تحت روش اول نیاز آبی تالاب‌ها حدود 15/6 میلیارد متر مکعب و در حالت دوم، حدود 12/4 میلیارد متر مکعب در سال می‌باشد.

کلید واژگان: تالاب‌های هویزه، ریزگردها ، روش ترکیبی، حق‌آبه زیست‌محیطی.

1- مقدمه

تالاب‌ها به‌عنوان دلتای رودخانه‌ها، از ارزشمندترین و حساسترین اکوسیستم‌های طبیعی می‌باشند. تصفیه آب، اکوتوریسم، تعدیل اقلیم و تولید مواد غذایی، از مهم‌ترین خدمات تالاب‌ها محسوب می‌شود (طرح حفاظت از تالاب‌های ایران، 1393). امروزه فعالیت‌های انسانی اثرات جبران ناپذیری را بر پیکره این اکوسیستم‌ها وارد کرده است. به‌طور کلی اکولوژیست‌ها به هر فعالیت انسانی و یا طبیعی که به‌صورت مستقیم و یا غیر مستقیم، منجر به آسیب‌دیدگی، دست‌خوردگی و یا نابودی گونه‌های زیستی یک اکوسیستم می‌گردد، تنش‌های زیست‌محیطی و یا تنش‌های هیدرولوژیکی می‌گویند (Rozema et al., 1991). هر اکوسیستم آبی تا حدی می‌تواند تنش‌های زیست‌محیطی و هیدرولوژیکی وارده بر پیکره خود را تحمل کند و با کمترین تغییرات به حیات خود ادامه دهد، اما اگر میزان این تنش‌ها بیش از حد مجاز شود، اکوسیستم آبی دستخوش تغییرات شدیدی شده و به‌طور کامل نابود می‌شود. از این‌رو محققان، به محدوده‌ای که در آن، یک اکوسیستم آبی می‌تواند تنش‌های زیست‌محیطی و هیدرولوژیکی وارده بر پیکره خود را

تحمل نماید، آستانه تحمل اکوسیستم آبی می‌نامند (طرح حفاظت از تالاب‌های ایران، 1393). به‌همین سبب هر اکوسیستم آبی، برای حفظ شرایط استاندارد هیدرولوژیکی و زیست‌محیطی خود، نیازمند مقدار معینی آب می‌باشد که آن را جریان زیست محیطی یا نیاز آبی می‌نامند.

کنوانسیون رامسر به‌عنوان تنها سازمان بین‌المللی حفاظت از تالاب‌ها، بین جریان زیست‌محیطی و نیاز آبی تمایز قائل است. این نهاد جریان زیست‌محیطی را مربوط به اکوسیستم رودخانه‌ها، و نیاز آبی را تنها مختص به تالاب‌ها می‌داند. از این‌رو این نهاد بین‌المللی، اقدام به تعریف انحصاری نیاز آبی نموده است که به شرح زیر می‌باشد. "به میزان کمیت و کیفیتی از آب مورد نیاز از منابع آبی، که برای حفظ خصوصیات اکولوژیکی و پایداری تالاب مورد نیاز است، نیاز آب زیست محیطی گویند" (طرح حفاظت از تالاب‌های ایران، 1393). مطالعات اولیه برای تعیین نیاز آبی اکوسیستم‌ها به سال‌های 1940 تا 1970 باز می‌گردد که توسط آژانس حفاظت محیط زیست ایالات متحده آمریکا ارائه گردید. گسترش سدسازی و افزایش بهره‌برداری از منابع آبی، بسیاری از کشورها را واداشته است که به‌منظور حفظ اکوسیستم‌های خود، روش‌هایی را به منظور برآورد نیاز آب زیست محیطی ارائه نمایند (Tharme, 2003).

به‌طور کلی روش‌های تعیین نیاز آبی تالاب‌ها به دو گروه اصلی سریع و جامع (ترکیبی) تقسیم می‌شوند. همچنین روش سریع به دو بخش روش‌های هیدرولوژیکی و روش‌های اکولوژیکی تقسیم می‌گردد. روش‌های هیدرولوژیکی محاسبه نیاز آبی اکوسیستم‌ها، تنها با استفاده از آمار و اطلاعات هیدرولوژیکی موجود و معمولاً بدون هرگونه جمع‌آوری اطلاعات جدید صورت می‌پذیرد. روش اکولوژیکی نیز روشی سریع می‌باشد که در آن حساس‌ترین گونه گیاهی یا جانوری موجود در اکوسیستم شناسایی شده و نیاز آبی آن به عنوان نیاز آب زیست‌محیطی اکوسیستم در نظر گرفته می‌شود.

اما روش‌های جامع، ترکیبی بین روش‌های سریع هیدرولوژیکی و اکولوژیکی می‌باشند (شکل 1). به‌عبارت دیگر، در روش‌های جامع برخلاف روش‌های سریع، جزئیات بیشتری از اکوسیستم آبی مورد مطالعه قرار گرفته و جنبه‌های هیدرولوژیکی (رهیافت هیدرولوژیکی) و جنبه‌های اکولوژیکی (رهیافت اکولوژیکی) یک اکوسیستم آبی با جزئیات بیشتری بررسی می‌گردد. در روش جامع، نیاز آب هیدرولوژیکی، با عنوان حق‌آبه مورد نیاز برای استغراق اکوسیستم آبی، و نیاز آب اکولوژیکی، با عنوان حق‌آبه گونه حساس زیست‌محیطی شناخته می‌شود.

شکل 1 انواع روش‌های تعیین نیاز آبی تالاب‌ها

در این الگو می‌توان ارتباط بین مسائلی نظیر پوشش گیاهی و جانداری، رژیم هیدرولوژیکی، کیفیت آب و ژئومورفولوژی اکوسیستم آبی را در برآورد نیاز آبی مورد بررسی قرار داد (Tharme, 2003).

کاربرد روش‌های ترکیبی، به‌منظور ارزیابی جریان زیست‌محیطی و مدیریت رودخانه‌ها و تالاب‌ها، به مدت یک دهه مورد حمایت اکولوژیست‌ها قرار گرفت. مطالعات اولیه برای کاربرد روش‌های ترکیبی در تعیین نیاز آبی اکوسیستم‌ها، به سال 1992 باز می‌گردد. Arthington (1992) نخستین بار از این روش برای تعیین نیاز آبی رودخانه بارکر-بامبا استرالیا استفاده نمود. آرتینگتون با بررسی رابطه بین رژیم جریان و کیفیت آب و پوشش گیاهی رودخانه بارکر-بامبا، روش ترکیبی را ابداع نمود. Arthington and Bludorn (1994)، با بکارگیری سایر مسائل زیست‌محیطی نظیر اکسیژن محلول در آب ، به توسعه روش ترکیبی پرداختند. این روش در سال 2004 به‌منظور تعیین نیاز آبی تالاب گیدر[1] توسط سازمان برنامه‌ریزی منابع طبیعی استرالیا استفاده گردید که نخستین کاربرد این الگو برای برآورد حق‌آبه تالاب‌ها محسوب می‌شد. در این مطالعه رابطه بین پوشش گیاهی تالاب‌ها با جریان سیلاب ورودی مورد ارزیابی قرار گرفت (Department of Infrastructure, 2004). پس از این پژوهش، روش ترکیبی مورد استقبال سایر نهادهای دولتی برای تعیین نیاز آبی تالاب‌ها قرار گرفت، تا آنجا که بسیاری از کشورها که تالاب‌ها و اکوسیستم‌های آنها، در اثر احداث سدها و سازه‌های کنترل کننده جریان، دچار تنش‌های زیست‌محیطی و

[1] Gwydir

هیدرولوژیکی قرار داشتند، از این روش برای تعیین نیاز آبی اکوسیستم‌ها استفاده نمودند. Yang (2010) به‌منظور تعیین نیاز آبی تالاب‌های دلتای رودخانه زرد، از روش ترکیبی استفاده نمود. هدف از این مطالعه بازسازی اکولوژی تالاب‌های دلتای رودخانه زرد، به‌منظور بهبود امرارمعاش ساکنان حاشیه آنها بود. همچنین Yang et al (2016) با استفاده از روش ترکیبی، به بررسی رابطه بین کمیت و کیفیت آب تالاب بایاندیان[1] پرداخته و نیاز آب زیست‌محیطی این اکوسیستم را بدست آوردند. در ایران نیز همانند سایر کشورها این الگو مورد استقبال قرار گرفت. چنانکه سیما و همکاران (1387) به‌منظور تعیین نیاز آبی تالاب شادگان از این روش استفاده نمودند. این روش مورد تأییدکنوانسیون بین‌المللی رامسر، برای تعیین نیاز آبی تالاب‌ها است (طرح حفاظت از تالاب‌های ایران، 1393).

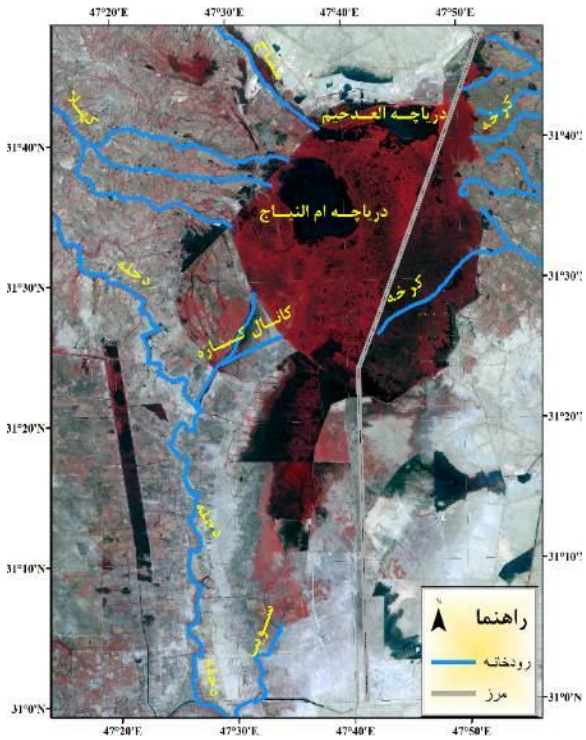
در ایران به‌منظور تعیین جریان زیست‌محیطی[2] پایین‌دست سدها، از روش تنانت (مونتانا) استفاده می‌شود. و با توجه به آنکه این روش با شرایط اقلیمی ایران سازگار نیست، آسیب‌های شدیدی به اکوسیستم‌های پایین‌دست سدها وارد شده است. تالاب‌های هویزه یکی از این اکوسیستم‌ها می‌باشند که به دلیل عدم دسترسی به حق‌آبه مورد نیاز خود، بخش عظیمی از مساحت خود را از دست داده و به بزرگترین کانون ریزگردها در جنوب غرب کشور تبدیل گردیده‌اند. هدف از این پژوهش تعیین نیاز آبی تالاب‌های هویزه به منظور جلوگیری از بروز ریزگرد و حفظ کارکردهای زیست‌محیطی آن می‌باشد. بدین منظور طی یک پیمایش میدانی، با استفاده از داده‌های هیدرولوژی و زمین‌شناسی و بکارگیری سیستم اطلاعات جغرافیایی، از روش ترکیبی برای دستیابی به اهداف این پژوهش استفاده شده است.

2- مواد و روش‌ها

2-1- منطقه مورد مطالعه

تالاب‌های هویزه یکی از بزرگترین تالاب‌های غرب آسیا و حوضه آبریز بین‌النهرین می‌باشند. این تالاب‌ها به‌طور مشترک، بین دو کشور ایران و عراق قرار دارند. بخش شرقی تالاب‌های هویزه در خاک ایران و در استان خوزستان واقع شده و به هورالعظیم معروف بوده، و بخش غربی آنها نیز در استان میسان عراق قرار دارد، و هورالهویزه نامیده می‌شود. به‌طورکلی در مجامع بین‌المللی به‌مجموع هورالهویزه و هورالعظیم، تالاب‌های هویزه اطلاق می‌گردد (Al-Maarofi, 2014).

تالاب‌های هویزه از شمال با تالاب هورالسناف و از جنوب به شاخه اصلی رودخانه دجله و اراضی پست پیرامون آن ختم می‌گردد. حد شرقی آنها نصف‌النهار 47 درجه و 58 دقیقه شرقی و حد غربی آن نصف‌النهار 47 درجه و 20 دقیقه است. همچنین عرض جغرافیایی 31 درجه و 50 دقیقه مرز شمالی و عرض جغرافیایی 31 درجه مرز جنوبی آنها را تشکیل می‌دهد (شکل 2). طول مجموعه تالاب‌های هویزه از شمال تا جنوب حدود 80 کیلومتر و عرض آنها حدود 30 کیلومتر است. جریان ورودی به‌تالاب‌ها از طریق رودخانه کرخه و شاخه‌های فرعی رودخانه دجله که به کهلا و مشاح معروف می‌باشند، تأمین می‌گردد. همچنین حجم آب موجود در تالاب‌ها از طریق سویب و کانال کساره تخلیه می‌شود. این جریان خروجی فقط در زمان طغیان رودخانه کرخه رخ خواهد داد (Iraq National Marshes and Committee, 2014).

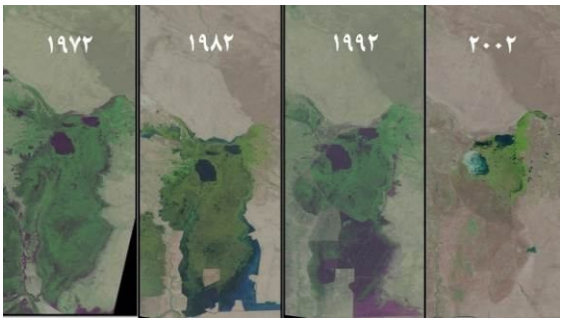


شکل 2 منطقه تالاب‌های هویزه

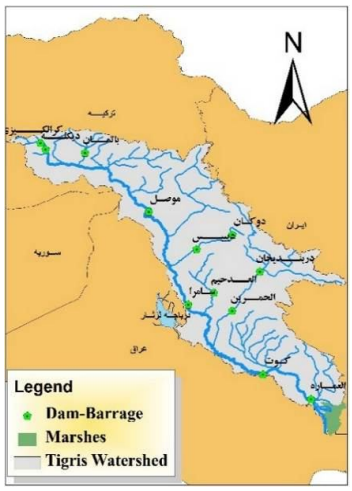
از سال 1981 با آغاز جنگ 8 ساله ایران و عراق، حریم تالاب‌های هویزه دستخوش تغییرات گردید. در طول جنگ،

[1] Baiyangdian
[2] Environmental Flow

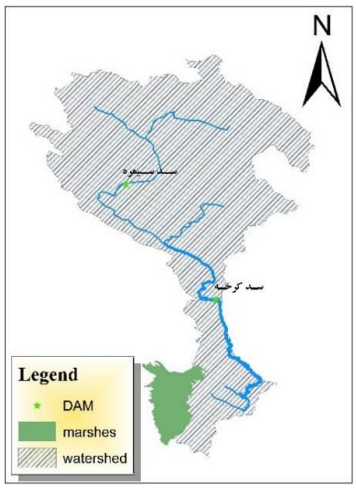
طرفین درگیر با احداث جاده در بستر تالاب‌ها موجب خشکیدگی و عدم دسترسی آب به بخش‌های جنوبی تالاب‌ها گردیدند. همچنین در طول این 8 سال، بر اساس اهداف و تاکتیک‌های نظامی، با احداث ایستگاه‌های پمپاژ بر روی رودخانه کارون، بخشی از آب این رودخانه نیز به درون تالاب‌ها تخلیه شد که این امر، منجر به تغییرات در ساختار و شکل تالاب‌ها گردید. علاوه بر این پس از این سال‌ها، با احداث چندین سد و بند انحرافی در حوضه‌های آبریز کرخه و دجله، جریان آب ورودی به تالاب‌ها به‌شدت رو به کاهش نهاد. چنانکه با بهره‌برداری از سد خاکی کرخه و حفاری‌های مربوط به استخراج نفت در سال 2000، تنش‌های هیدرولوژیکی و زیست‌محیطی وارده بر تالاب‌ها به‌شدت افزایش یافت، که این امر منجر به خشکیدگی بخش عظیمی از آنها گردید (شکل 3). در جدول 1 سدها و بندهای انحرافی احداثی، در حوضه آبریز رودخانه‌های دجله و کرخه معرفی گردیده و در شکل‌های 4 و 5 مکان آنها بر روی نقشه نشان داده شده است.



شکل 3 تغییرات تدریجی در تالاب‌های هویزه از سال 1972 تا 2002



شکل 4 سدها و بندهای حوضه آبریز دجله



شکل 5 مهمترین سدهای احداثی در حوضه آبریز کرخه

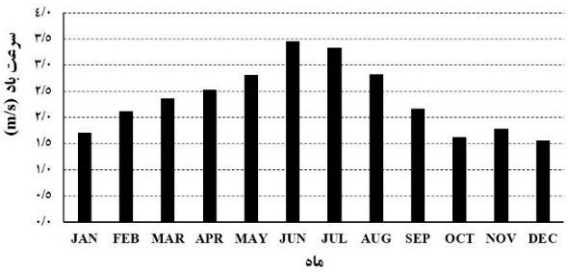
جدول 1 سازه‌های احداثی در حوضه آبریز دجله و کرخه

نام سد	کشور	حوضه آبریز	رودخانه	سال اتمام	ظرفیت (BCM)
کرالکیزی	ترکیه	دجله	مادن	1997	1/9
باتمان	ترکیه	دجله	باتمان	1999	1/2
دیکله	ترکیه	دجله	دیکله	1997	0/6
موصل	عراق	دجله	دجله	1983	12/5
دربندیخان	عراق	دجله	دیاله	1962	3
دوکان	عراق	دجله	زاب کوچک	1965	6/8
حمرین	عراق	دجله	دیاله	1980	4
دیبیس	عراق	دجله	زاب کوچک	1965	3
العدحیم	عراق	دجله	العدحیم	2000	1/4
ثرثار	عراق	دجله	دجله	1998	72/8
بند کوت	عراق	دجله	دجله	1939	-
بند العماره	عراق	دجله	دجله	2005	-
کرخه	ایران	کرخه	کرخه	2001	5/6
سیمره	ایران	کرخه	سیمره	2009	3/2

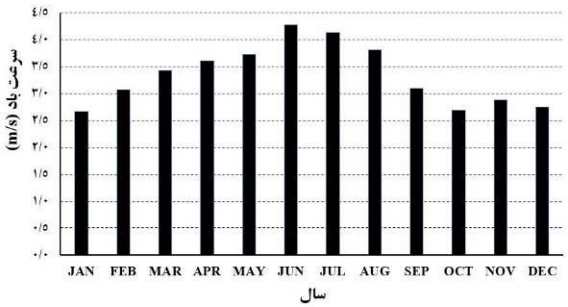
مقادیر ثبت شدهٔ سرعت باد در ایستگاه‌های سینوپتیک اهواز و بستان، حاکی از آن است که حداکثر سرعت باد، در منطقه مورد مطالعه در ماه ژوئن رخ می‌دهد. وزش باد به‌گونه‌ای می‌باشد که از ماه مه تا ماه اوت، بیشترین میزان سرعت باد در منطقه حاکم است. در شکل‌های 6 و 7 میانگین ماهانه سرعت باد در ایستگاه‌های سینوپتیک اهواز و بستان نشان داده شده است.

همچنین جهت وزش باد در منطقه، از غرب یا شمال غربی به شرق و جنوب‌شرقی است، که این مهم در ماه‌های مه تا اوت به-

گونه‌ای می‌باشد که در 60 روز نخست (ماه مه تا ژوئن) جهت باد شمال‌غربی و در 60 روز دوم (ماه ژوئیه تا اوت) جهت باد غربی است، که این مسئله، موجب انتقال ریزگردهای موجود در بستر خشکیده تالاب‌ها به شهرهای استان خوزستان، به‌ویژه شهر اهواز می‌گردد. در جدول 2 میانگین ماهانه جهت برداری باد حاکم در ایستگاه بستان و اهواز نشان داده شده است.



شکل 6 میانگین ماهانه سرعت باد در ایستگاه سینوپتیک اهواز



شکل 7 میانگین ماهانه سرعت باد در ایستگاه بستان

جدول 2 میانگین ماهانه جهت باد در ایستگاه‌های بستان و اهواز

ماه	جهت باد در ایستگاه بستان (درجه)	جهت باد در ایستگاه اهواز (درجه)
ژانویه	301	251
فوریه	281	250
مارس	266	247
آوریل	269	271
مه	275	294
ژوئن	274	290
ژوئیه	267	278
اوت	270	267
سپتامبر	275	281
اکتبر	283	262
نوامبر	291	270
دسامبر	296	273

2-2- روش تعیین نیاز آب زیست‌محیطی

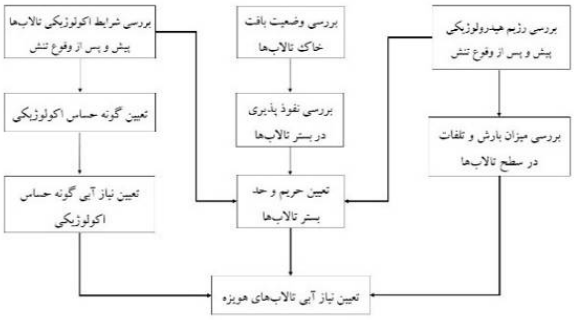
در این پژوهش برای تعیین نیاز آب زیست‌محیطی تالاب‌های هویزه از روش ترکیبی استفاده گردید، به‌طوری که با بررسی میدانی منطقه مورد مطالعه، خصوصیات زیست‌محیطی و هیدرولوژیکی تالاب‌ها مورد ارزیابی قرار گرفته و گونه خاص زیستی که وابستگی ویژه‌ای به جریان زیست‌محیطی دارد، مشخص گردید.

در این راستا، برای تعیین نیاز آبی تالاب‌های هویزه دو طرح ارائه گردید:

الف- تعیین نیاز آبی تالاب‌ها قبل از بروز تنش‌های هیدرولوژیکی و زیست‌محیطی؛

ب- تعیین نیاز آبی تالاب‌ها با حفظ مناطق شمالی ثبت گردیده در مجامع بین‌المللی و کنترل ریزگردها در بخش‌های جنوبی.

در شکل 8 مراحل تعیین نیاز آبی تالاب‌های هویزه نشان داده شده است.



شکل 8 فلوچارت مراحل تعیین نیاز آبی تالاب‌های هویزه

2-2-1- بافت خاک

برای تعیین بافت خاک تالاب‌های هویزه از مطالعات Aqrawi and Evans (1993-1994) استفاده گردید. مطالعات این دو مربوط به بافت خاک تالاب‌های بین‌النهرین[1] و رسوبات موجود در آنها است که در سال‌های 1993 و 1994 به‌منظور حفاری در بستر تالاب‌ها صورت گرفت. بر اساس مطالعات Aqrawi and Evans (1994) مشخص گردید که بافت خاک تالاب‌ها شامل 3 لایه است. لایه اول که حدود 7 سانتی‌متر ضخامت دارد، شامل بقایای گیاهی بوده و رنگ آن مشکی و در بعضی نقاط طوسی

[1] Mesopotamian Marshes

متمایل به زیتونی است. لایه دوم بافت خاک سیلت رسی می‌باشد که ضخامت آن حدود 30 سانتی‌متر است. پس از این لایه 30 سانتی‌متری، میزان رس به شدت افزایش پیدا کرده و بافت خاک به‌صورت سیلتی-رسی می‌گردد.

از آنجا که بافت خاک بستر تالاب‌های هویزه سیلتی-رسی می‌باشد، و این نوع از خاک‌ها دارای حداقل رس 40 درصدی است، خاک مورد نظر در زمره خاک‌های نفوذ ناذپذیر قرار گرفته و بدین سبب از نفوذپذیری و جریان آب زیرزمینی در بستر تالاب‌ها صرف‌نظر گردید.

2-2-2- مساحت سطح آزاد آب و میزان کمّی و کیفی پوشش گیاهی

از آنجا که تالاب‌ها از سال 1981 تحت تأثیر تنش‌های زیست‌محیطی و هیدرولوژیکی می‌باشند، برای تعیین میزان مساحت سطح آزاد آب و پوشش گیاهی تالاب‌ها، از تصاویر ماهواره‌ای سال‌های 1972 تا 1980 استفاده‌گردید. این تصاویر مربوط به ماهواره لندست، سنجنده (MSS) می‌باشد. در این مطالعه گام‌های زمانی برای بررسی تصاویر ماهواره‌ای 2 ماهه بود و بیش از 50 تصویر ماهواره‌ای برای بررسی تغییرات تالاب‌ها، مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. پس از تجزیه و تحلیل تصاویر ماهواره‌ای، با استفاده از شاخص NDVI[1]، میزان کمّی پوشش گیاهی و سطح آزاد آب تالاب‌های هویزه بدست آمد. شاخص NDVI (شاخص نرمال‌شده تفاوت پوشش گیاهی)، از کاربردی‌ترین شاخص‌های پوشش گیاهی می‌باشد که برحسب دو باند قرمز و مادون قرمز نزدیک، به‌صورت معادله (1) تعریف می‌شود (Yengoh et al., 2015).

$$NDVI = \frac{(NIR - R)}{(NIR + R)} \qquad (1)$$

در این معادله *NIR* باند مادون قرمز نزدیک و *R* باند قرمز است. این شاخص دارای مقادیری از 1- تا 1 است که در جدول 3 حد آستانه هر بخش ارائه گردیده است (Yengoh et al., 2015).

همچنین با استفاده از مشاهدات میدانی محققان، گزارش‌های کنوانسیون بین‌المللی رامسر و سازمان حفاظت از محیط زیست ایران و عراق، تنوع گیاهی منطقه مورد مطالعه، مورد ارزیابی قرار گرفت (سازمان حفظت محیط زیست استان خوزستان، 1383)، (Ramsar Convention, 2014)، (Iraq National Marshes and Committee, 2014).

جدول 3 طبقه بندی شاخص NDVI (Yengoh et al., 2015)

نوع پوشش	محدوده مقادیر NDVI
آب، برف، یخ	NDVI< 0
ابر	0 < NDVI < 0/002
خاک خشک	0/002 < NDVI < 0/05
پوشش تنک	0/05 < NDVI < 0/1
پوشش معمولی	0/1 < NDVI < 0/5
پوشش متراکم	NDVI> 0/5

2-2-3- هیدرولوژی تالاب‌های هویزه

2-2-3-1- بارش

برای تعیین بارش مستقیم صورت گرفته در سطح تالاب‌های هویزه، از داده‌های بارش نرمال ایستگاه‌های سینوپتیک و باران-سنجی مجاور آنها استفاده گردید. این داده‌ها در بازه زمانی 1980 تا 2013 بوده و مربوط به ایستگاه‌های سینوپتیک بصره، العماره، بستان، آبادان، اهواز، بندر ماهشهر، پایگاه، آغاجاری و ایستگاه‌های باران‌سنجی حمیدیه، عبدالخان و ملاثانی است. در جدول 4 و شکل 9 نوع و موقعیت ایستگاه‌ها نمایش داده شده است. با توجه به‌آنکه زمان تاسیس ایستگاه‌ها یکسان نمی‌باشد، لازم دانسته شد به‌منظور تعیین بارش نرمال، بازسازی داده‌ها در بعضی از ایستگاه‌های سینوپتیک صورت پذیرد. در تجزیه و تحلیل داده‌های هیدرولوژیکی فرض بر آن است که داده‌ها ماهیت تصادفی دارند. در غیر این‌صورت اعمال فرایندهای آماری بر روی آنها به نتایج قابل اطمینانی منجر نخواهد شد (علیزاده، 1388). لذا پیش از بازسازی داده‌ها، برای بررسی تصادفی بودن آنها، آزمون Run Test، از داده‌های ایستگاه‌های سینوپتیک و باران‌سنجی مورد نظر صورت پذیرفت. این آزمون با استفاده از نرم‌افزار SPSS و با مقدار P-Value 0/01 صورت پذیرفت.

پس از انجام آزمون‌های آماری، و راستی‌آزمایی (تصادفی بودن داده‌ها) داده‌های مورد نظر، با استفاده از روش وزن‌دهی عکس فاصله (IDW)[2]، بر اساس توان 2، میزان بارش مستقیم در سطح

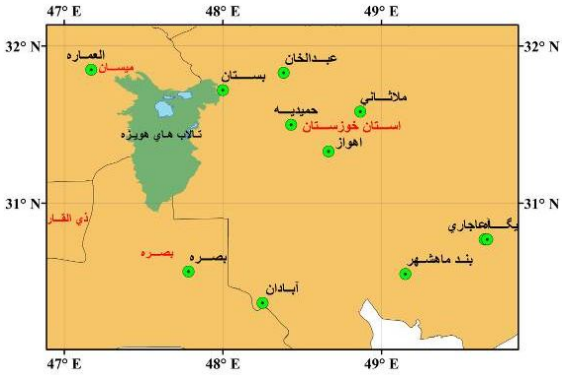
[1] Normalized Difference Vegetation

[2] Inverse Distance Weighting

تالاب‌های هویزه بدست آمد. در این روش با تأثیر وزن‌دهی به ایستگاه‌های دارای داده، میزان بارش در مناطق فاقد داده بدست می‌آید. در این حالت میزان ارزش و وزن ایستگاهی که به منطقه نزدیکتر است، بیشتر از ایستگاه‌های دیگر می‌باشد.

جدول 4 ایستگاه‌های سینوپتیک و باران‌سنجی برای تعیین اقلیم و پارامترهای هواشناسی تالاب‌های هویزه

نام ایستگاه	نوع ایستگاه	سال تأسیس	ارتفاع از سطح دریا (m)
آبادان	سینوپتیک	1951	6/6
اهواز	سینوپتیک	1951	22/5
بندر ماهشهر	سینوپتیک	1987	6/2
امیدیه پایگاه	سینوپتیک	1983	34
آغاجاری	سینوپتیک	1984	27
بستان	سینوپتیک	1986	7/8
العماره	سینوپتیک	1959	9
بصره	سینوپتیک	1900	2
حمیدیه	باران‌سنجی	1949	22
عبدالخان	باران‌سنجی	1966	40
ملاثانی	باران‌سنجی	1965	28



شکل 9 موقعیت ایستگاه‌های سینوپتیک و باران‌سنجی

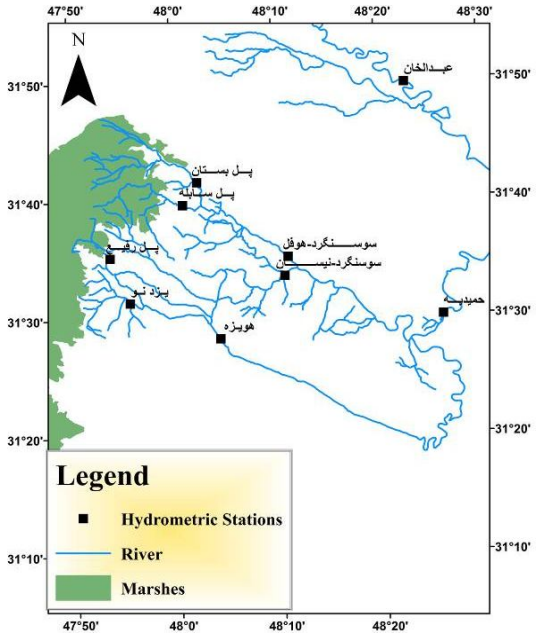
2-2-3-2- جریانات سطحی

از آنجا که جریان آب تالاب‌ها از دو رودخانه کرخه و دجله تأمین می‌گردد، لازم دانسته شد که دبی این دو رودخانه پیش و پس از وقوع تنش‌های زیست‌محیطی و هیدرولوژیکی مورد ارزیابی قرار گیرد و همچنین حداکثر جریان ورودی به تالاب‌ها در طول سال‌های 1970 تا 1980 برای تعیین میزان حداکثر داغاب در تالاب‌ها قبل از بروز تغییرات بدست آید. به‌همین سبب از داده‌های ایستگاه‌های هیدرومتری حمیدیه و پایین‌دست بند انحرافی کوت برای این مهم استفاده گردید.

ایستگاه هیدرومتری حمیدیه، در فاصله 45 کیلومتری از تالاب-های هویزه قرار دارد که از سال 1950 دارای داده است. در شکل 10 نزدیکترین ایستگاه‌های هیدرومتری به تالاب‌های هویزه، در رودخانه کرخه نشان داده شده است.

ایستگاه هیدرومتری پایین‌دست بند کوت نیز نزدیکترین ایستگاه به تالاب‌های هویزه در حوضه آبریز رودخانه دجله می‌باشد که در فاصله 100 کیلومتری از تالاب‌ها قرار داشته و از سال 1938 دارای داده است. بازه زمانی مطالعه در ایستگاه هیدرومتری حمیدیه از سال 1950 تا 2010 می‌باشد.

همچنین بازه زمانی مطالعه در ایستگاه هیدرومتری پایین‌دست بند کوت از سال 1950 تا 2005 می‌باشد. با توجه به آنکه ایستگاه هیدرومتری پایین‌دست بند کوت از سال 2005 فاقد داده بوده و این مهم برای همه‌ی ایستگاه‌های موجود در رودخانه دجله در عراق صدق می‌نماید، بدین جهت امکان بازسازی داده‌ها برای این ایستگاه ممکن نبود، اما در کنار این مسئله باید این مطلب را اضافه نمود که در سال 2005، با احداث بندالعماره و سازه‌های تنظیم آب در چند کیلومتری پایین‌دست این ایستگاه، و همچنین برداشت آب برای مصارف کشاورزی و شرب در این منطقه، عملاً هیچ جریانی از دجله، از سال 2005 به‌درون تالاب‌ها وارد نمی‌گردد.



شکل 10 نزدیکترین ایستگاه‌های هیدرومتری رودخانه کرخه به تالاب‌های هویزه

مصارف آب رودخانه دجله پس از ایستگاه هیدرومتری پایین‌دست بند کوت، شامل تأمین آب شرب استان میسان با جمعیتی بالغ بر 1/4 میلیون نفر و آبیاری 800 هزار هکتار از اراضی استان میسان و تأمین آب مراکز پرورش بوفالوی آبی این استان که بالغ بر 46 هزار راس است، می‌باشد (Al-furaiji et al., 2016).

پس از انجام آزمون‌های آماری، و راستی‌آزمایی داده‌های ایستگاه‌های مورد نظر، اطلاعات لازم بدست آمد.

2-2-3-3- تبخیر

به‌منظور برآورد میزان تبخیر-تعرق پوشش گیاهی تالاب‌ها از روش پنمن-مانتیث[1]، استفاده گردید. معادله این روش به‌صورت $ET_{est} = K_c ET_{sz}$ است، که K_c ضریب تعرق گیاه مورد نظر می‌باشد، که بر اساس نوع سطح پوشیده و ارتفاع محل رویش تعیین می‌گردد. ET_{sz} نیز تبخیر-تعرق گیاه مرجع تحت شرایط استاندارد است و بر حسب $\frac{mm}{day}$ می‌باشد، که با استفاده از معادله (2) تعیین می‌گردد (Allen et al., 2006).

$$ET_{sz} = \frac{0.408\Delta\left(R_n - G\right) + \gamma \frac{900}{T+273} u_2 \left(e_s - e_a\right)}{\Delta + \gamma\left(1 + 0.34u_2\right)} \quad (2)$$

که Δ شیب منحنی فشار بخار اشباع، R_n شدت تابش خالص، G شار حرارتی خاک، γ ضریب سایکرومتری، u_2 سرعت باد در ارتفاع 2 متری، $\left(e_s - e_a\right)$ کمبود فشار بخار اشباع، T میانگین روزانه دمای هوا بر حسب درجه سلسیوس است. مقدار K_c نیز از آیین‌نامه 56 سازمان جهانی فائو[2] بدست آمد. پارامترهای تبخیر-تعرق از معادلات (3) تا (10) بدست می‌آید (Allen et al., 2006):

$$G_{month,i} = 0.07\left(T_{month,i+1} - T_{month,i-1}\right) \quad (3)$$

$$e_s = \frac{e^0\left(T_{\max}\right) + e^0\left(T_{\min}\right)}{2} \quad (4)$$

$$e^0\left(T\right) = 0.6108 \times \exp\left[\frac{17.27 \times T}{T + 237.3}\right] \quad (5)$$

$$e_a = e^0\left(T_{dew}\right) \quad (6)$$

$$\gamma = 0.665 \times 10^{-3} \times P_a \quad (7)$$

$$u_2 = u_z \frac{4.87}{\ln\left((67.8 \times Z) - 5.42\right)} \quad (8)$$

$$\Delta = \frac{4098 \times \left[0.6108 \times \exp\left(\frac{17.27 \times T}{T + 237.3}\right)\right]}{\left(T + 237.3\right)^2} \quad (9)$$

$$R_n = R_{ns} - R_{nl} \quad (10)$$

معادله (10) تفاضل تابش خالص ورودی از تابش خالص خروجی می‌باشد. همچنین $e^0(T)$ فشار بخار اشباع در دمای T است.

از آنجا که 90 درصد از پوشش گیاهی تالاب‌ها را گیاه نی باتلاقی تشکیل می‌دهد، این گیاه را به‌عنوان گونه غالب و حساس اکولوژیکی در منطقه در نظر گرفته و مقدار K_c بر اساس آیین‌نامه فائو 56، برای این گیاه بدست آمد که در جدول 5 ارائه گردیده است (Allen et al., 2006).

جدول 5 ضریب تعرق گیاه نی باتلاقی در مراحل زمانی متفاوت

نوع گیاه	$k_{c\,init}$	$k_{c\,mid}$	$k_{c\,end}$	ارتفاع (متر)
نی باتلاقی	1/00	1/2	1/00	1-3

در این پژوهش مقدار k_c به‌طور متوسط 1/2 در نظر گرفته شد. همچنین برای تعیین میزان تبخیر از سطح آزاد آب دریاچه‌ها از روش پنمن استفاده گردید این روش، روشی ترکیبی از معادلات بیلان آب و بیلان انرژی می‌باشد که به‌صورت رابطه (11) بیان می‌گردد (Chow et al., 1988).

$$E = \left(\frac{\Delta}{\Delta + \gamma}\right) Q_n + \left(\frac{\gamma}{\Delta + \gamma}\right) E_a \quad (11)$$

که Q_n انرژی تابشی خالص موجود برای تبخیر آب، و E_a بخش آئرودینامیک معادله پنمن است که بر اساس قانون دالتن به شکل رابطه (12) به‌دست می‌آید (Chow et al., 1988):

$$E_a = 0.2625\left(0.5 + \frac{u_2}{160}\right)\left(e_s - e_a\right) \quad (12)$$

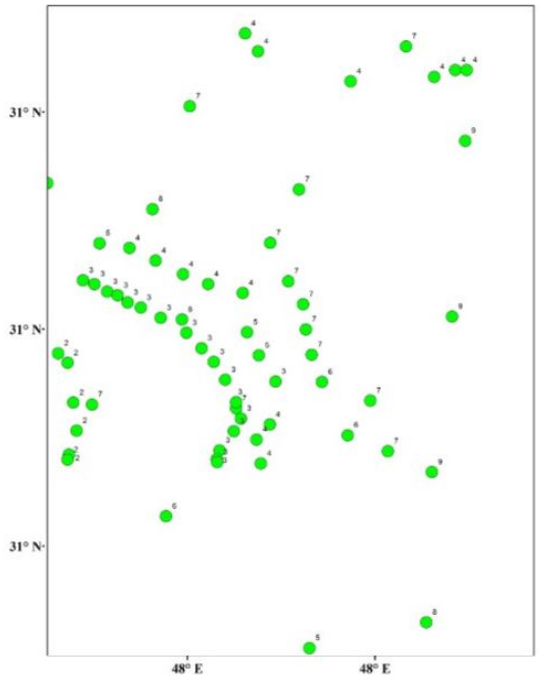
2-2-4- تعیین حریم و حد بستر

به‌منظور تعیین حریم و حد بستر تالاب‌ها، از دستورالعمل یگان مهندسی ارتش آمریکا[3] استفاده گردید. بر اساس روش (USACE)، حریم و حد بستر تالاب‌ها در شرایط قبل از وقوع تنش‌های زیست‌محیطی و هیدرولوژیکی تعیین می‌گردد. در این

[1] Penman- Monteith
[2] FAO
[3] United States Army Corps of Engineers

الگو توصیه می‌شود حریم و حد بستر تالاب‌ها در شرایط ترسالی و حداکثر جریان ورودی بدست آید (US Army Corps of Engineers, 1987).

از این‌رو برای تعیین حریم و حدبستر تالاب‌های هویزه، از تصاویر ماهواره‌ای، داده‌های ایستگاه‌های هیدرومتری حمیدیه و پایین‌دست بند کوت‌های سال‌های 1972 تا 1980 و مشاهدات میدانی ثبت گردیده توسط محققان استفاده گردید. آنگاه با استفاده از تصاویر ماهواره لندست[1] سال‌های مورد نظر (1972 تا 1980)، نقشه‌های 1:25000 محدوده مورد مطالعه و نقاط ارتفاعی برداشت شده از بستر تالاب‌های هویزه، حریم و حد بستر تالاب‌ها در شرایط قبل از وقوع تنش‌های زیست‌محیطی و هیدرولوژیکی، و در شرایط کنونی بدست آمد. در شکل 11 بخش‌هایی از نقاط نقشه‌برداری شده از بستر تلاب‌های هویزه مربوط به میدان نفتی آزادگان جنوبی نشان داده شده است.



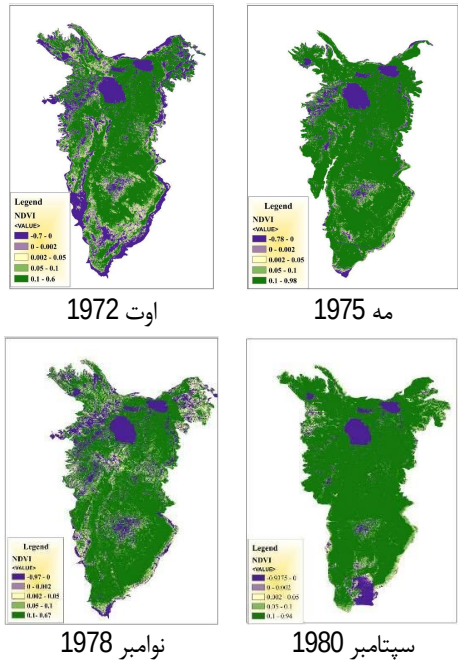
شکل 11 نقاط نقشه‌برداری شده از میدان نفتی آزادگان جنوبی

3- نتایج و بحث

3-1- میزان کمّی و کیفی پوشش گیاهی

با بررسی تصاویر ماهواره‌ای لندست سال‌های 1972 تا 1980، شاخص NDVI تالاب‌های هویزه بدست آمد. در شکل 12 چند تصویر NDVI مربوط به سال‌های مورد مطالعه ارائه گردیده است.

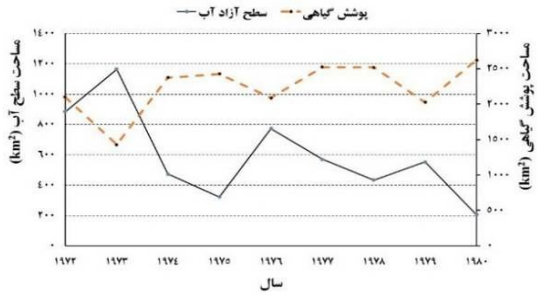
این شاخص نشان داد که به طور میانگین، 64 درصد از مساحت تالاب‌های هویزه دارای پوشش گیاهی بوده است. این میزان پوشش از شمال به جنوب کاهش می‌یابد، تا آنجا که در بخش‌های شمالی بیشترین تراکم در سطح تالاب‌ها موجود است. در شکل 13 تغییرات پوشش گیاهی و مساحت سطح آزاد آب در طول سال‌های مورد نظر نشان داده شده است.



اوت 1972 مه 1975

نوامبر 1978 سپتامبر 1980

شکل 12 بخشی از شاخص نرمال‌شده تفاوت پوشش گیاهی تالاب-های هویزه مربوط به سال‌های 1972 تا 1980



شکل 13 تغییرات مساحت پوشش گیاهی و سطح آب در تالاب‌های هویزه

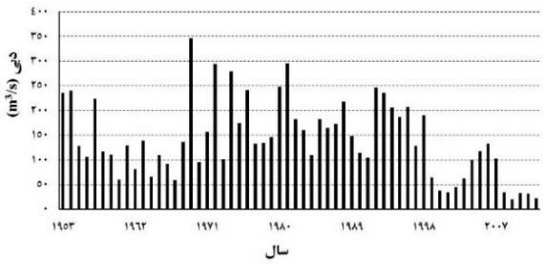
بر اساس مشاهدات میدانی محققان و گزارش کنوانسیون

[1] Landsat

بین‌المللی رامسر، گزارش سازمان حافظت از محیط‌زیست ایران و عراق، پوشش گیاهی تالاب‌های هویزه به 3 بخش گیاهان کف‌زی، گیاهان ساحلی هور و گیاهان آبزی شناور در هور تقسیم می‌گردند. این گیاهان شامل نی، لویی، جگن و فلورا می‌باشند. گیاه نی باتلاقی، گونه غالب در منطقه بوده و به‌تنهایی 90 درصد از پوشش گیاهی تالاب‌ها را دربر می‌گیرد. بررسی‌های میدانی نشان داد که این نیزارها نه‌تنها زیستگاه جانداران ساکن در تالاب‌ها می‌باشند، بلکه به‌عنوان منبع غذایی بوفالوهای آبی مورد استفاده قرار می‌گیرند. همچنین بومیان ساکن هور، مصالح ساختمانی مساکن خود را از نی‌های تالاب‌ها تهیه می‌نمایند. باتوجه به آنکه این گیاه به‌صورت طبیعی اقدام به حذف منابع آلاینده موجود در آب می‌نماید، می‌توان این گیاه را به‌عنوان گونه حساس زیست‌محیطی در نظر گرفته و نیاز آبی آن را در رهیافت اکولوژیکی روش ترکیبی، برای تعیین نیاز آبی لحاظ کرد.

3-2- جریانات سطحی پیش و پس از وقوع تنش‌ها

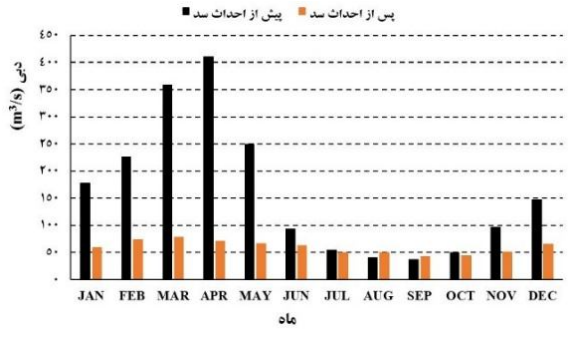
نتایج بدست آمده از ایستگاه حمیدیه نشان داد که میانگین سالانه دبی رودخانه کرخه، در این ایستگاه، پیش از سال 1981 حدود 158 متر مکعب بر ثانیه است. در حالیکه میانگین سالانه دبی جریان پس از این سال، به 123 متر مکعب بر ثانیه تقلیل یافته است (شکل 14). نتایج بدست آمده در شکل 14 حاکی از آن است، با آنکه تالاب‌ها از سال 1981 دستخوش تنش گردیده‌اند، اما جریان ورودی به آنها از سوی رودخانه کرخه از سال 2001 کاهش چشمگیری داشته است. این مهم تنها به‌دلیل بهره‌برداری از سد خاکی کرخه در این زمان می‌باشد.



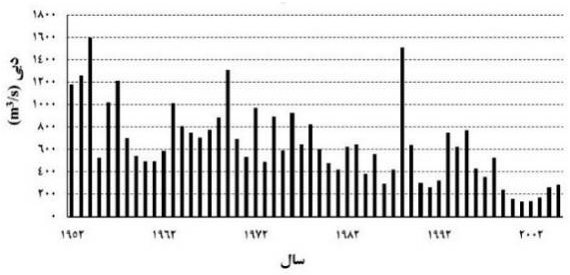
شکل 14 میانگین سالانه دبی رودخانه کرخه در ایستگاه حمیدیه

بررسی‌ها نشان داد، پیش از احداث سد، میانگین حداکثر دبی ماهانه در ایستگاه حمیدیه در ماه آوریل به میزان 411 متر مکعب بر ثانیه بوده است که با احداث سد کرخه، این مهم به مقدار 78 متر مکعب بر ثانیه در ماه مارس تقلیل یافته است. همچنین حداقل دبی ماهانه در این ایستگاه، پیش از احداث سد، 37 متر مکعب بر ثانیه در ماه سپتامبر بوده است که پس از احداث سد به مقدار 43 متر مکعب بر ثانیه، در همین ماه تغییر یافته است (شکل 15). همچنین حدود 300 میلیون متر مکعب آب در سال در محدوده ایستگاه حمیدیه تا تالاب‌های هویزه مصرف می‌گردد.

در ایستگاه هیدرومتری پایین‌دست بند کوت نیز متوسط جریان سالانه، پیش از سال 1981، حدود 800 متر مکعب بر ثانیه بوده است. همچنین بررسی داده‌های ایستگاه پایین‌دست بند کوت، از سال 1982 تا 2005 حاکی از کاهش شدید دبی رودخانه در این ایستگاه می‌باشد. تغییرات بدست آمده در این ایستگاه چنان است که میانگین دبی سالانه در این ایستگاه، از سال 1982 تا سال 2005 حدود 461 متر مکعب بر ثانیه بدست آمده است، که این مهم نشان دهنده این می‌باشد که دبی این ایستگاه، 340 متر مکعب بر ثانیه نسبت به شرایط قبل از سال 1981 کاهش داشته است (شکل 16).

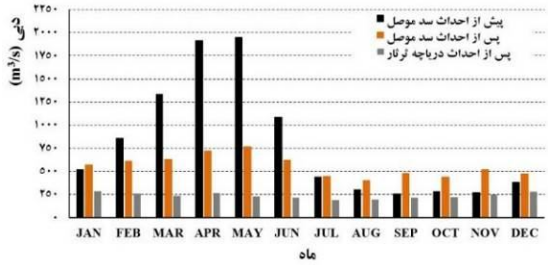


شکل 15 میانگین دبی ماهانه دبی رودخانه کرخه در ایستگاه حمیدیه پیش و پس از احداث سد کرخه



شکل 16 میانگین سالانه دبی رودخانه دجله در ایستگاه پایین‌دست بند کوت

بررسی داده‌های ایستگاه پایین‌دست بند کوت نشان می‌دهد که دبی جریان در رودخانه دجله از سال 1983 کاهش یافته است، تا آنجا که شیب این میزان کاهش، از سال 1998 تندتر گردیده است. این مسئله حاکی از آن است، که با احداث سد موصل در سال 1983 و پس از آن، احداث دریاچه ثرثار در سال 1998، جریان ورودی به تالاب‌ها از سوی روخانه دجله کاهش قابل ملاحظه‌ای داشته است. در شکل 17 میانگین ماهانه دبی رودخانه دجله در ایستگاه پایین‌دست بند کوت در حالت پیش از احداث سد موصل، پس از آن و پس از احداث دریاچه ثرثار نشان داده شده است.

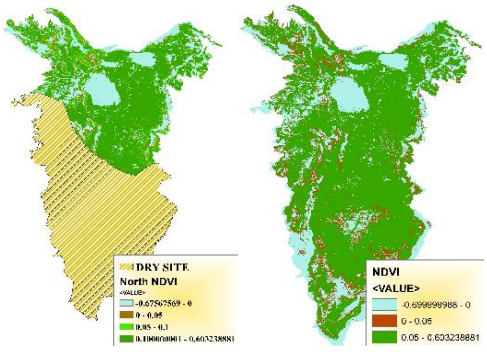


شکل 17 تغییرات ماهانه دبی رودخانه دجله در ایستگاه پایین‌دست کوت پیش و پس از احداث سدهای موصل و دریاچه ثرثار

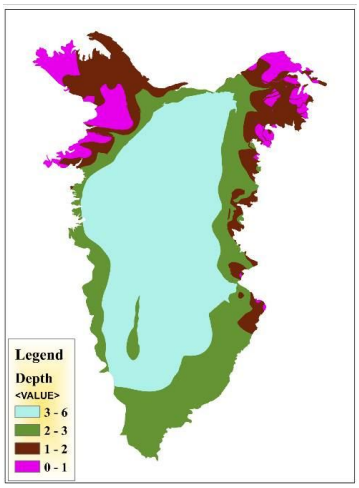
3-3- حریم و حد بستر تالاب‌ها

بررسی داده‌های هیدرومتری و تصاویر ماهواره‌ای نشان داد که بیشترین جریان ورودی به تالاب‌ها، مربوط به سال 1972، و کمترین جریان مربوط به سال 1973 است. با بررسی تصاویر ماهواره‌ای 10 سال 1972 تا 1981 و مشاهدات میدانی، مشخص گردید که به‌دلیل وجود خاکریز مرتفع و شیب‌دار در اطراف تالاب‌ها، حریم و مساحت تالاب‌های هویزه ثابت بوده و از حد خاصی تجاوز نمی‌کند و در صورت افزایش حجم جریان ورودی، سیلاب مازاد از طریق سویب[1] و کانال کساره[2] از تالاب‌های هویزه خارج شده و به درون رودخانه دجله تخلیه می‌گردد. همچنین پسروی تالاب‌ها نیز از جنوب تالاب‌ها به‌سمت شمال می‌باشد و در صورت کاهش جریان ورودی، مساحت تالاب‌ها از بخش‌های جنوبی کاهش می‌یابد. بر اساس روش یگان مهندسی ارتش ایالات متحده و با استفاده از خطوط ارتفاعی برداشت شده از بستر تالاب‌ها و نقشه‌های 1:25000 منطقه مورد مطالعه مساحت تالاب‌های هویزه بدست آمد. بر این اساس، مساحت تالاب‌های هویزه پیش از وقوع تنش، 3279 کیلومتر مربع می‌باشد که حدود 882 کیلومتر مربع از آن را سطح آزاد آب تشکیل می‌دهد. همچنین سهم ایران حدود 28 درصد از مساحت کل تالاب‌ها است. قسمت شمالی تالاب‌ها که در مجامع بین‌المللی ثبت گردیده، نیز حدود 1619 کیلومتر مربع بوده و باقی مساحت تالاب‌ها، شامل بخش‌های خشکیده و کانون ریزگردها می‌باشد (شکل 18).

بررسی‌ها نشان داد که عمق تالاب‌ها از شمال به جنوب کاهش می‌یابد. بخش‌های مختلف تالاب‌ها دارای اعماقی متفاوت می‌باشند به‌گونه‌ای که حدود 60 درصد تالاب‌ها دارای ترازی بین 1- تا 3 متر نسبت به سطح آب‌های آزاد می‌باشند (شکل 19).



شکل 18 حریم تالاب‌های هویزه پیش از وقوع تنش و در شرایط امروزی



شکل 19 نقشه بسیمتری تالاب‌های هویزه تحت شرایط روش اول

به‌طور کلی متوسط عمق تالاب‌ها 3 متر و میانگین عمق آب در

[1] Swaib
[2] Kasara

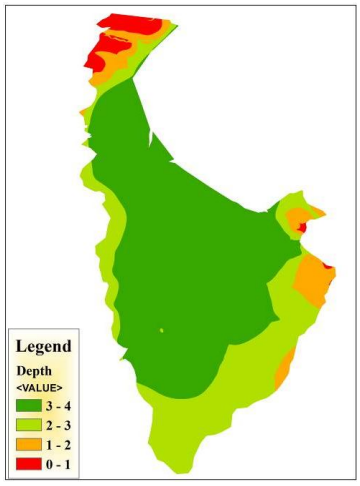
تالاب‌ها 2/4 متر است. همچنین متوسط عمق در قسمت شمالی تالاب‌ها حدود 3/7 متر و میانگین عمق آب 2/7 متر می‌باشد. در بخش جنوبی تالاب‌ها نیز که به‌عنوان کانون ریزگردها شناخته می‌شود، حداقل عمق آب 0/8 متر است (شکل 20).

3-4- حجم بارش مستقیم در سطح تالاب‌ها

نتایج نشان داد که حداکثر میزان بارش مستقیم در سطح منطقه مورد مطالعه، مربوط به ماه ژانویه می‌باشد که حدود 42 میلی‌متر بوده وحداقل بارش مربوط به ماه‌های ژوئن تا سپتامبر است که تقریباً کمتر از 0/3 میلی‌متر می‌باشد. مجموع بارش مستقیم در سطح تالاب‌ها حدود 204 میلی‌متر در سال است. این میزان بارش حدود 650 میلیون‌متر مکعب آب را به‌صورت مستقیم وارد تالاب‌ها می‌کند. مقادیر ماهانه بارش در شکل 21 ارائه گردیده است. همچنین در شکل 22 خطوط هم‌باران بارش نرمال ماه ژانویه نشان داده شده است.

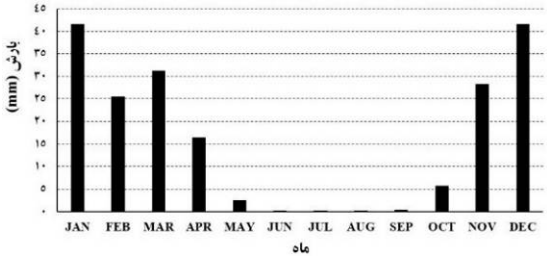
3-5- تلفات ناشی از تبخیر و تبخیر-تعرق

با توجه به مطالب عنوان شده، برای تعیین نیاز آبی تالاب‌ها دو روش ارائه گردید که طی طرح اولیه، میزان تلفات ناشی از تبخیر از سطح آزاد آب در تالاب‌ها حدود 2/3 میلیارد متر مکعب در سال است. همچنین میزان تلفات ناشی از تبخیر-تعرق پوشش گیاهی تالاب‌ها نیز حدود 5/6 میلیارد متر مکعب در سال می‌باشد. نتایج تلفات حاصله در شکل 23 ارائه گردیده است.

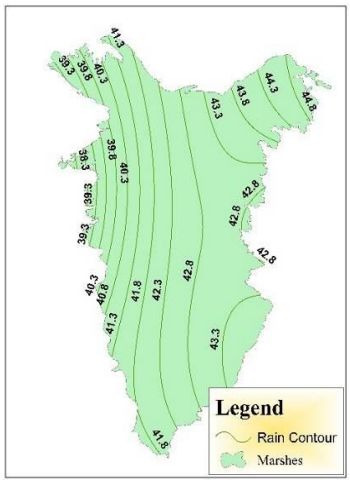


شکل 20 نقشه بسیمتری بخش جنوبی تالاب‌های هویزه

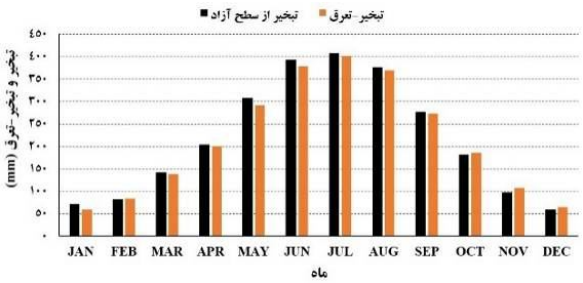
اما بر اساس طرح ثانویه میزان تبخیر از سطح آزاد در بخش شمالی، جنوبی و تبخیر-تعرق بخش شمالی تالاب‌ها به ترتیب حدود 0/9، 4 و 2/5 میلیارد متر مکعب در سال خواهد بود، که به تفکیک هرماه در شکل 24 ارائه گردیده است.



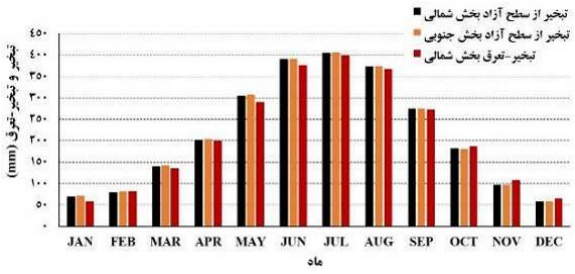
شکل 21 میانگین بارش ماهانه در سطح تالاب‌های هویزه



شکل 22 خطوط هم‌باران بارش نرمال ماه ژانویه، در تالاب‌های هویزه



شکل 23 میزان تبخیر از سطح آزاد و تبخیر-تعرق نیزارها تحت شرایط قبل از بروز تنش



شکل 24 تبخیر از سطح آزاد آب و تعرق نیزارها تحت شرایط طرح ثانویه

طبق نتایج بدست آمده، بیشترین میزان تلفات مربوط به ماه‌های می، ژوئن، ژولای، اوت و سپتامبر می‌باشد که علت اصلی افزایش میزان تلفات، افزایش دمای هوا، کاهش رطوبت و به‌ویژه بادهای شدیدی که از اول ماه مه آغاز گردیده و تا اواخر ماه اوت ادامه دارد، می‌باشد.

3-6- نیاز آبی تالاب‌ها طی روش اول

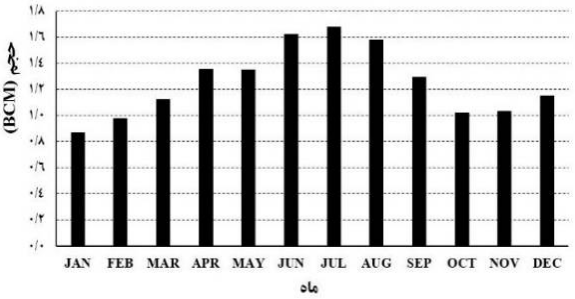
با توجه به مطالب گذشته، در این حالت فرض بر آن است که تالاب‌ها در شرایط قبل از بروز تنش‌های هیدرولوژیکی و زیست-محیطی قرار دارند، و بر این اساس نیاز آبی تالاب‌های هویزه، به-منظور احیا مجدد اکوسیستم آنها تعیین می‌گردد.

با توجه به آنکه گونه‌های جانوری مهاجر از اواخر پاییز تا اواسط بهار در این منطقه ساکن می‌باشند و قانون ممنوعیت صید ماهی نیز از 15 اسفند لغایت 15 اردیبهشت اجرا می‌گردد (سازمان حفظت محیط زیست استان خوزستان، 1383)، ، لازم است که در این بازه زمانی، تالاب‌ها از لحاظ استغراق در شرایط ایده‌آل قرار گیرند. بدین سبب، نیاز آبی تالاب‌های هویزه، تحت روش اولیه در شکل 25 ارائه گردیده است.

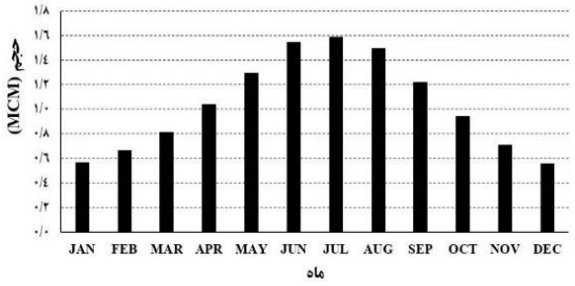
نتایج نشان داد که تحت روش اول نیاز آبی تالاب‌های هویزه حدود 15/6 میلیارد متر مکعب بوده که 7/9 میلیارد مترمکعب از این حجم، تلفات ناشی از تبخیر و تعرق می‌باشد. با توجه به آنکه حدود 650 میلیون مترمکعب آب مورد نیاز تالاب‌ها از بارش مستقیم تأمین می‌گردد، لازم است که حدود 15 میلیارد متر مکعب از این مهم توسط جریانات سطحی تأمین گردد. همچنین در روش اول، با توجه به‌آنکه حدود 28 درصد از مساحت تالاب‌های هویزه در خاک ایران می‌باشد، سهم ایران از جهت تأمین نیاز آبی تالاب‌ها حدود 4 میلیارد متر مکعب، و سهم عراق حدود 11 میلیارد متر مکعب در سال خواهد بود.

3-7- نیاز آبی تالاب‌ها طی روش دوم

در این شرایط فرض بر آن است که بخش شمالی تالاب‌ها، در حالت قبل از بروز تنش قرار گرفته و بخش جنوبی آن به دلیل وجود سکوهای نفتی به‌صورت دریاچه آزاد خواهد بود. از آنجا که حداقل ارتفاع بخش جنوبی تالاب‌ها 0/8 متر است، به منظور کنترل ریزگردها در بخش جنوبی تالاب‌ها حجم آب مورد نیاز با متوسط عمق 1 متر برای بخش جنوبی لحاظ گردید. در این حالت نیاز آبی تالاب‌ها به تفکیک هر ماه به‌صورت شکل 26 می‌باشد.



شکل 25 نیاز آبی تالاب‌های هویزه طی روش اول



شکل 26 نیاز آبی تالاب‌های هویزه طی روش دوم

در روش دوم نیز، نیاز آبی تالاب‌ها حدود 12/4 میلیارد متر مکعب بدست آمد که حدود 7/4 میلیارد متر مکعب از این حجم مربوط به تلفات ناشی از تبخیر و تعرق از سطح تالاب‌ها خواهد بود و می‌بایستی حدود 11/8 میلیارد متر مکعب از این نیاز توسط جریانات سطحی رودخانه‌ها تأمین گردد. بر اساس روش دوم سهم ایران از تأمین نیاز آبی تالاب‌ها حدود 3 میلیارد مترمکعب در سال خواهد بود. همچنین با توجه به آنکه معیشت ساکنان حاشیه هور وابسته به اکوسیتم منطقه می‌باشد، در روش دوم، منطقه جنوبی تالاب‌های هویزه، از لحاظ سکونتگاه غیرقابل استفاده خواهد بود.

4- نتیجه‌گیری

در این پژوهش ابتدا برآورد نیاز آبی تالاب‌های هویزه حریم و حد بستر آنها، با استفاده از آیین‌نامه یگان مهندسی ارتش ایالات متحده محاسبه گردید. سپس با استفاده از شاخص NDVI بدست آمده در حریم تالاب‌ها، میزان سطح آزاد و پوشش گیاهی بدست آمد. از این‌رو به منظور تعیین نیاز آبی تالاب‌ها، دو روش

لحاظ گردید. طبق روش اول تالاب‌ها در شرایط ایده‌آل و بدون تنش بوده و روش دیگر برآورد نیاز آبی تالاب‌ها، تنها به‌منظور کنترل ریزگردها و حفظ اکوسیستم بخش شمالی بود. نتایج نشان داد که تحت روش اول نیاز آبی تالاب‌های هویزه حدود 15/6 میلیارد متر مکعب بوده که 7/9 میلیارد مترمکعب از این حجم، تلفات ناشی از تبخیر و تعرق می‌باشد. با توجه به آنکه حدود 650 میلیون مترمکعب آب مورد نیاز تالاب‌ها از بارش مستقیم تأمین می‌گردد، لازم است که حدود 15 میلیارد متر مکعب از این مهم توسط جریانات سطحی تأمین گردد. همچنین در روش اول، با توجه به‌آنکه حدود 28 درصد از مساحت تالاب-های هویزه در خاک ایران می‌باشد، سهم ایران از جهت تأمین نیاز آبی تالاب‌ها حدود 4 میلیارد متر مکعب، و سهم عراق حدود 11 میلیارد متر مکعب در سال خواهد بود. در روش دوم نیز، نیاز آبی تالاب‌ها حدود 12/4 میلیارد متر مکعب بدست آمد که حدود 7/4 میلیارد متر مکعب از این حجم مربوط به تلفات ناشی از تبخیر و تعرق از سطح تالاب‌ها خواهد بود و می‌بایستی حدود 11/8 میلیارد متر مکعب از این نیاز توسط جریانات سطحی رودخانه‌ها تأمین گردد. بر اساس روش دوم سهم ایران از تأمین نیاز آبی تالاب‌ها حدود 3 میلیارد مترمکعب در سال خواهد بود. همچنین با توجه به آنکه معیشت ساکنان حاشیه هور وابسته به اکوسیتم منطقه می‌باشد، در روش دوم، منطقه جنوبی تالاب‌های هویزه، از لحاظ سکونتگاه غیرقابل استفاده خواهد بود.

5- فهرست علایم

تبخیر از سطح آزاد	E
بخش آئرودینامیک	E_a
تبخیر-تعرق گیاه مرجع	ET_{sz}
تبخیر-تعرق گیاه نی	ET_{est}
فشار بخار اشباع در دمای T	$e^0(T)$
فشار بخار واقعی	e_a
فشار بخار اشباع	e_s
کمبود فشار بخار اشباع	$(e_s - e_a)$
شار حرارتی خاک	G
ضریب تبخیر- تعرق گیاه نی	K_c
باند مادون قرمز نزدیک	NIR
شاخص نرمال‌شده تفاوت پوشش گیاهی	$NDVI$
انرژی خالص موجود برای تبخیر آب	Q_n
باند مادون قرمز	R
شدت تابش خالص	R_n
تابش خالص خروجی	R_{nl}
تابش خالص ورودی	R_{ns}
میانگین دمای روزانه، ده روزه و یا ماهانه هوا	T
سرعت باد در ارتفاع دو متری	u_2
ضریب سایکرومتری	γ
شیب منحنی فشار بخار اشباع	Δ

6- منابع

صفوی، ح. (1390). "*هیدرولوژی مهندسی*"، انتشارات ارکان دانش، اصفهان.

طرح حافظت از تالاب‌های ایران، مهندسی مشاور آسراب، (1393). "راهنمای تعیین نیاز آبی تالاب‌ها"، انتشارات نشر طلایی، تهران.

علیزاده، ا. (1390). "*اصول هیدرولوژی کاربردی*"، انتشارات دانشگاه امام رضا، مشهد.

منعم، م.، ناصری، م. و باقرزاده کریمی، م. (1389). "*مبانی شناخت مدل‌سازی و تعیین بستر و حریم تالاب‌ها*"، انتشارات نابگار، تهران.

Abrishamchi, A., Jamali, S., Madani and K., Hadian, "Climate change and hydropower in Iran's Karkheh river basin". World Environmental and Water Resources Congress, New Mexico, USA.

Allen, Richard G., Pereira, Luis S., Raes, Dirk, Smith, Martin, (2006). "Crop evapotranspiration (guidelines for computing crop water requirements)", FAO Irrigation and Drainage Paper.

Aqrawi, A.A.M., (1993a). "Implication of sea-level fluctuation, sedimentation and neo tectonics for the evolution of the marshlands (ahwar) of southern Mesopotamia". Quaternary Proceeding No, 3, 17-26.

Aqrawi, A.A.M., (1993b). "Playgorskite in the recent fluvio-lacustrine and deltaic sediments of southern mesopotamia", Clay Minerals. 28. pp. 153-159.

Aqrawi, A.A.M., and Evans, G., (1994). "Sedimentation in the lakes and marshes (ahwar) of the tigriseuphrates delta, southern Mesopotamia". Sedimentology, 41, pp. 755-776.

Arthington, A.H. and Zalucki, J.M., (1998). "Comparative evaluation of environmental flow

Convention, Handbook 4.

Ramsar handbooks for the wise use of wetlands, 4th edition, (2010). "*Managing wetlands*" Ramsar Convention, Handbook 18.

Shokoohi, A.R. and Hong, Y., (2011). "Determining the minimum ecological water requirements in perennial rivers using morphological parameters" Journal of Environmental Studies, Vol. 37, No. 58, pp. 117-128.

Subramanya K., (1994). "*Engineering hydrology*", McGraw-Hill Education., 3rd. Edition.

Tharme, R.E., (2003). "*A global perspective on environmental flow assessment: emerging trends in the development and application of environmental flow methodologies for rivers*", Published Online in Wiley Interscience.

U. S. Army Corps of Engineering (USACE), (1993), "Hydrogeomorphic classification of Wetlands". p. 103.

U. S. Army Corps of Engineering (USACE), (2000). "*Wetland management handbook*", p. 212.

Vieux, Baxter E., (2016). *"Distributed hydrologic modeling using GIS*", Springer., 3rd. Edition.

Ward, Andy D., Trimble, Stanley W., Burckhard, Suzette R., Lyon and John G., (2015). "*Environmental hydrology*", CRC Press; 3rd. Edition.

Yang, Wei., (2011). "A multi objective optimization approach to allocate environmental flows to the artificially restored wetlands of China's yellow river delta", Ecological Modelling, 222, pp. 261–267.

Yengoh, Genesis T., Dent, David., Olsson, Lennart., Tengberg, Anna E., Tucker and Compton J., (2015). "Use of the normalized difference vegetation index (NDVI) to assess land degradation at multiple scales, current status, future trends, and practical considerations", Springer.

assessment techniques: review of methods", Land and Water Resources Research and Development Corporation.

Cooper, David J. and Merritt, David M., (2012). "Assessing the water needs of riparian and wetland vegetation in the western United States", Gen. Tech. Rep. Rmrs-Gtr-282. Fort Collins, Co., U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station, 125 P.

Department of Infrastructure, Planning and Natural Resources, (2004). "A guide to the water sharing plan for the gwydir regulated river water source".

Environmental Laboratory, (1987). "Corps of engineering wetlands delineation manual technical report Y-87-1, U. S. Army Corps of Engineers Waterways Experiment Station", Vicksburg, Miss., pp. 143.

Finlayson, C Max., Horwitz, Pierre. and Weinstein, Philip (2015), "*Wetlands and human health*", Springer.

Karamouz, M. and Nazif, S., (2008). "Middle easter hydrologic history and water developments". ASCE, World Environmental and Water Resources Congress, Ahupua'a.

Masih, Ilyas., Ahmad, Mobin-ud-Din., Uhlenbrook, Stefan, Turral, Hugh and Karimi, Poolad, (2009). "Analysing streamflow variability and water allocation for sustainable management of water resources in the semi-arid Karkheh river basin, Iran", Physics and Chemistry of the Earth, 34. pp 329–340.

P. Jaya Rami Reddy (2005). "*A textbook of hydrology*", Laxmi Publications.

Ramsar handbooks for the wise use of wetlands, 4th edition, (2010). "Water allocation and management", Ramsar Convention, Handbook10

Ramsar handbooks for the wise use of wetlands, 4th edition, (2010). "*Riverbasin management*". Ramsar