



## Analysis of Changes in the Hamun Wetland Water Body and Land-use/Land-cover Changes During Annual Water Inundation

S. Maleki<sup>1\*</sup>, A.R. Soffianian<sup>2</sup>, S. Soltani Koupaei<sup>3</sup>,  
S. Pourmanafi<sup>4</sup> and F. Sheikholeslam<sup>5</sup>

### Abstract

The recent drought has raised the significance of water resources planning, maintenance and protection as well as the conservation of local communities. The trend of changes in water resources, particularly those which are limited and response to short-term changes are used in water resources management. In this paper, the pattern of changes in Hamun wetland water body were investigated. This wetland is located in a dry area and therefore the local people are highly dependent on this valuable water resource. As a result of recent drought and the limited water resources, this wetland is experiencing dry periods in one year. Accordingly, the process of filling and drying this wetland were studied for one year. In this regard, Landsat 8 OLI detector data were used to determine the pattern of changes in the water body of Hamun wetland with short intervals. The map of water body and the land use/land cover map were prepared using the hybrid method. Validation showed that this method is accurate enough to produce land use land cover map in areas with diverse land use and land cover. The results of this study showed that Hirmand Hamun retains water in a smaller time period compared to other parts which emphasized the importance of planning for support of the local population in this area. Based on changes detected in Hamun wetland during the inundation period, suitable habitat of water birds is lost during breeding season due to water limitation, which can reduce reproductive performance of the water birds. So conservational plans are vital for this wetland.

**Keywords:** Remote sensing, Hybrid classification, Water body change, Hamun wetland.

Received: April 19, 2017

Accepted: September 30, 2017

## تحلیل الگوی تغییرات پهنه آبی تالاب هامون در دوره آبیگری سالیانه و تغییرات کاربری و پوشش اراضی منطقه

سعیده ملکی<sup>۱\*</sup>، علیرضا سفیانیان<sup>۲</sup>، سعید سلطانی کوپائی<sup>۳</sup>،  
سعید پورمانافی<sup>۴</sup> و فرید شیخ الاسلام<sup>۵</sup>

### چکیده

با بروز خشکسالی‌های اخیر برنامه‌ریزی جهت مدیریت منابع آب، حفظ و نگهداری آنها و همچنین حفاظت از جوامع محلی ارزش دوچندان یافته است. بررسی روند تغییرات منابع آبی خصوصاً آن دسته از منابع که دارای محدودیت هستند و در طی دوره زمانی کوتاهی دچار دگرگونی می‌شوند در راستای مدیریت پهنه منابع کاربرد دارد. در این مقاله الگوی تغییرات پهنه آبی تالاب هامون مورد بررسی قرار گرفت. در اثر خشکسالی‌های اخیر و محدودیت منابع آب، این تالاب دوره‌های خشک شدن را در طی یکسال تجربه می‌کند. لذا روند آبیگری و خشک شدن تالاب در طی یکسال مورد مطالعه قرار گرفت. در این راستا با استفاده از داده‌های سنجنده OLI ماهواره لندست ۸ الگوی تغییرات پهنه آبی تالاب هامون با فاصله زمانی کوتاه تعیین شد. نقشه پهنه آبی و کاربری و پوشش اراضی با استفاده از روش هیبرید تهیه شد. نتایج صحت سنجی نقشه‌های تولید شده نشان داد این روش در مناطق با تنوع کاربری و پوشش اراضی بسیار مناسب است. با استفاده از نتایج این مطالعه مشخص شد که هامون هیرمند مدت زمان کوتاه‌تری در مقایسه با سایر قسمت‌های تالاب، دارای آب می‌باشد که لزوم برنامه‌ریزی جهت حمایت از مردم محلی در این منطقه را تایید می‌کند. نتایج بررسی تغییرات تالاب در طی دور آبیگری نشان داد شرایط مناسب زیستگاهی برای پرندگان وابسته به آب در زمانی که جوجه‌ها در آشیانه هستند، در اثر کمبود آب از بین می‌رود که می‌تواند موفقیت تولیدمثلی پرندگان به خطر بیندازد. بر اساس نتایج بدست آمده از این تحقیق، بهتر است اقدامات حفاظتی بیشتری در این منطقه برای حمایت از دینفان تالاب انجام داد چراکه حیات در این منطقه به تالاب هامون وابسته است.

**کلمات کلیدی:** سنجش از دور، طبقه‌بندی هیبرید، تغییرات پهنه آبی، تالاب هامون.

تاریخ دریافت مقاله: ۹۶/۱/۳۰

تاریخ پذیرش مقاله: ۹۶/۷/۸

1- Former PhD student, Department of Natural Resources, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran & Assistant professor, Department of Natural Resources, Zabol University, Zabol, Iran. Email :Sahraa62@yahoo.com

2-Associate Professor, Department of Natural Resources, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran.

3-Professor, Department of Natural Resources, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran.

4-Assistant professor, Department of Natural Resources, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran.

5-Professor, Department of Computer and Electronic, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran.

\*- Corresponding Author

۱- دانش آموخته دکترای محیط زیست-دانشگاه صنعتی اصفهان و عضو هیات علمی گروه محیط زیست دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه زابل.

۲- دانشیار گروه محیط زیست دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان.

۳- استاد گروه مرتع و آبخیزداری دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان.

۴- استاد بار گروه محیط زیست دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان.

۵- استاد گروه کنترل دانشکده برق و کامپیوتر، دانشگاه صنعتی اصفهان.

\*- نویسنده مسئول

بحث و مناظره (Discussion) در مورد این مقاله تا پایان تابستان ۱۳۹۷ امکانپذیر است.

Maleki et al. (2016). همچنین مناطقی که دارای ماندگاری آب در مدت زمان کوتاهتری هستند و یا در اثر خشکسالی آبیگری نمی‌شوند نیازمند تمهیدات ویژه در خصوص محدودیت آب، هستند.

داده‌های ماهواره به دلیل قابلیت‌های به خصوص مانند برداشت اطلاعات در طیف‌های مختلف امواج الکترومغناطیس، برداشت تصویر در سطح وسیع، دوره‌ای بودن برداشت تصاویر و غیره، کاربرد بسیار زیادی در مطالعات مختلف و به خصوص مطالعات محیط زیستی دارد (Kamusoko and Aniya, 2006; Rahdari et al., 2012; Bagheri et al., 2016). با توجه به ویژگی‌های خاص منابع آب، مطالعات میدانی این منابع پرهزینه و وقت‌گیر است. بنابراین با توسعه تکنولوژی‌های مرتبط با سنجش از دور پردازش تصاویر ماهواره‌ای جهت تأمین اطلاعات از این منابع از اهمیت بالایی برخوردار شده است. Rahdari et al. (2016) به منظور بررسی اهمیت قسمت‌های مختلف تالاب جازموریان، سنجش از دور را ابزاری ارزشمند و دقیق ارزیابی کرده‌اند. (Mojaradi and Kainejad (2009)، به منظور طبقه‌بندی کاربری و پوشش اراضی تالاب میقان اراک از داده‌های ماهواره‌ای استفاده کردند. آنها با استفاده از شاخص‌های NDWI<sup>1</sup> و MNDWI<sup>2</sup> نقشه پهنه آبی را تهیه کردند. (Yuan et al. (2005) مطالعه خود برای طبقه‌بندی پوشش اراضی و آشکارسازی تغییرات منطقه مورد مطالعه در مینه‌سوتا آمریکا با مقایسه شاخص NDVI و IVR از شاخص NDVI برای تهیه نقشه پوشش گیاهی استفاده کردند.

داده‌های ماهواره‌ای از جمله لندست با دوره تکرار تصاویر ۱۸ روزه منبع ارزشمندی از تصاویر را برای پایش منابع آبی فراهم می‌کند. با کمک این داده‌ها، براحتی می‌توان این اکوسیستم‌های ارزشمند را در دوره‌های زمانی مختلف رصد کرد و اطلاعات لازم برای مدیریت و نگهداری آنها به‌دست آورد (Rahdari et al., 2013; Samadi, 2016).

هدف از این مطالعه، بررسی تغییرات تالاب هامون در دوره آبیگری یکساله است. این تغییرات تأثیرات بسیار زیادی بر اکوسیستم اطراف هامون دارد. این تالاب به دلیل اینکه تنها منبع آب شیرین در یک اکوسیستم خشک می‌باشد، حیات موجودات اطراف خود را تحت تأثیر قرار می‌دهد و از این رو پایش مداوم آن در طی آبیگری سالیانه و تغییرات کاربری و پوشش اراضی اطراف آن، می‌تواند اطلاعات ارزشمندی را جهت تصمیم‌گیری و مدیریت منطقه فراهم کند. این اطلاعات به خوبی در مدیریت منابع آب و برنامه‌ریزی حفاظت از آن استفاده می‌شود. علاوه بر این می‌تواند در زمینه مدیریت مسایل

خشکی و خشکسالی معضل جوامع انسانی است و انسان با تمام پیشرفتهای علمی و فنی هنوز در به نظم کشیدن دقیق زمان و محل وقوع خشکسالی‌های شدید با مشکل مواجه است (White and Fennessy (2005). خشکسالی به دلیل گستردگی مقیاس زمان و فضای عمل، یکی از اصلی‌ترین عوامل اختلال جریان آب، گسیختگی توان اکولوژیک و فقر غذایی به‌شمار می‌آید (Fussel and Klein (2006). بنابراین کشورهای جهان و به خصوص کشورهایی که با خشکسالی روبرو هستند باید در زمینه مدیریت و برنامه ریزی منابع آب، به خشکسالی توجه خاصی مبذول داشته باشند.

پیامدهای اکولوژیکی، اقتصادی، اجتماعی و سیاسی ناشی از خشکسالی تابعی از وسعت محدوده تحت تأثیر خشکسالی، دوام، شدت، زمان وقوع و توالی خشکسالی‌ها و درجه آسیب‌پذیری انسان و محیط است (Fussel and Klein (2006). از آنجایی که منابع آبی مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار بر بهبود شرایط اقتصادی و اجتماعی منطقه می‌باشد و این منابع در اثر خشکسالی دچار محدودیت هستند، پایش این منابع در راستای برنامه‌ریزی‌های مقابله با تأثیرات منفی خشکسالی بسیار اهمیت دارد. به دلیل موقعیت جغرافیایی و شرایط اقلیمی در بسیاری از نقاط ایران خشکسالی یک تهدید اجتناب‌ناپذیر است. از جمله مناطقی از ایران که شدیداً با مشکل خشکسالی درگیر است منطقه سیستان و تالاب هامون می‌باشد. (Ahadnejad et al. (2009) نشان داد در دوره چهل ساله تغییرات تالاب هامون، این تالاب در سال ۱۳۵۵ بیشترین آب را داشته است. (Rahdari et al. (2012) روند تغییرات کاربری و پوشش اراضی پناهگاه حیات وحش هامون طی سالهای ۱۳۶۵ الی ۱۳۸۸ را بررسی کردند و تأثیرات این خشکسالی را نشان دادند. از آنجایی که تالاب هامون تنها منبع آبی در یک منطقه خشک می‌باشد اهمیت اقتصادی و اجتماعی آن برکسی پوشیده نیست. (Zolfaghari and Kafash (2011)، تغییرات تالاب هامون را در رابطه با معیشت مردم و آب و هوای منطقه مورد مطالعه قرار دادند. لذا جهت تأثیر گذار بودن اقدامات مقابله با خشکسالی، مطالعه چگونگی تغییرات پهنه آبی این تالاب اهمیت بالایی دارد. آبیگری تالاب در اواخر اسفند شروع می‌شود و تا اواخر اردیبهشت افزایش می‌یابد. سپس با کاهش آب، تالاب عموماً در مرداد خشک می‌شود. مطالعه تغییرات آبیگری و به تبع آن تغییرات کاربری و پوشش اراضی منطقه مشخص می‌کند کدام بخش‌های تالاب در یک دوره آبیگری سالیانه بهترین شرایط را خواهد داشت. این مناطق جهت حفاظت از جوامع محلی حیات وحش خصوصاً پرندگان آبی و کنار آبی اهمیت دارد

اقتصادی و اجتماعی و همچنین حفاظت از اکوسیستم طبیعی به کار رود.

## ۲- مشخصات منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه، تالاب هامون در دشت سیستان در جنوب شرقی ایران است (شکل ۱). این تالاب در مرز ایران و افغانستان قرار دارد. این تالاب از نظر محیط زیستی مهم‌ترین بخش دشت سیستان است. منطقه سیستان در انتهای یک حوضه بزرگ داخلی، در یکی از خشک‌ترین مناطق دنیا قرار دارد. تالاب هامون از سه بخش ساخته شده است: هامون پوزک، صابری و هیرمند. ارتباط هیدرولیکی هامون‌ها به این صورت است که سرریز هامون پوزک به هامون صابری و از هامون صابری به هامون هیرمند وارد می‌شود. بخش بزرگی از هامون در ایران به عنوان یک منطقه تحت حفاظت در کنوانسیون رامسر شناخته شده است. پناهگاه حیات وحش هامون با مساحتی حدود ۳۰۰۰۰۰ هکتار در ۳۰ درجه و ۲۵ دقیقه تا ۳۱ درجه و ۲۷ دقیقه عرض جغرافیایی و ۶۰ درجه ۵۶ دقیقه تا ۶۱ درجه و ۴۳ دقیقه طول جغرافیایی در غرب شهر زابل و در شمال استان سیستان و بلوچستان واقع گردیده است. متوسط بارندگی منطقه کمتر از پنجاه میلی‌متر در سال می‌باشد و متوسط تبخیر سالانه در بازه ۲۰ ساله برابر با ۴۷۵۵/۵۷ میلی‌متر از تشت تبخیر است. اقلیم منطقه به روش دومارتن فوق خشک می‌باشد (Shamohamadi and Maleki, 2011).

## ۳- داده‌های مورد استفاده

با توجه به اینکه سنجنده OLI ماهواره لندست ۸ دارای ۹ باند است (جدول ۱) و قدرت تفکیک مکانی آن در باند پانکروماتیک ۱۵ و در سایر باندها ۳۰ متر می‌باشد در این تحقیق از تصاویر این سنجنده مربوط به دوره آبیگری سال ۱۳۹۳ از منطقه مورد مطالعه و نقشه‌های توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ استفاده گردید. جدول ۲ تاریخ‌های مورد مطالعه را نشان می‌دهد. به منظور تهیه نقشه کاربری و پوشش منطقه، بازدید میدانی همزمان با برداشت تصویر از منطقه در اردیبهشت ۱۳۹۳ انجام گردید. شکل ۲ موقعیت این نقاط را نشان می‌دهد. ۷۲ نقطه به روش طبقه‌بندی شده تصادفی ثبت شد.

## ۴- روش کار

### ۴-۱- تهیه نقشه کاربری و پوشش اراضی

برای تهیه نقشه‌های کاربری و پوشش اراضی، تصاویری انتخاب شده که حداقل پوشش ابر را دارد. ابتدا تصحیح رادیومتریک و اتمسفریک بر روی کلیه تصاویر اعمال و سپس تصاویر با واقعیت زمینی و با یکدیگر انطباق داده شد. با توجه به هدف مطالعه و مطالعات صحرائی مشخص شد که ۸ طبقه کاربری و پوشش اراضی در منطقه وجود دارد. جدول ۳ این طبقات را نشان می‌دهد. برای طبقه‌بندی تصاویر از روش هیبرید استفاده شد. یک طبقه بندی طیفی با استفاده از روش (ISODATA) استفاده شد.

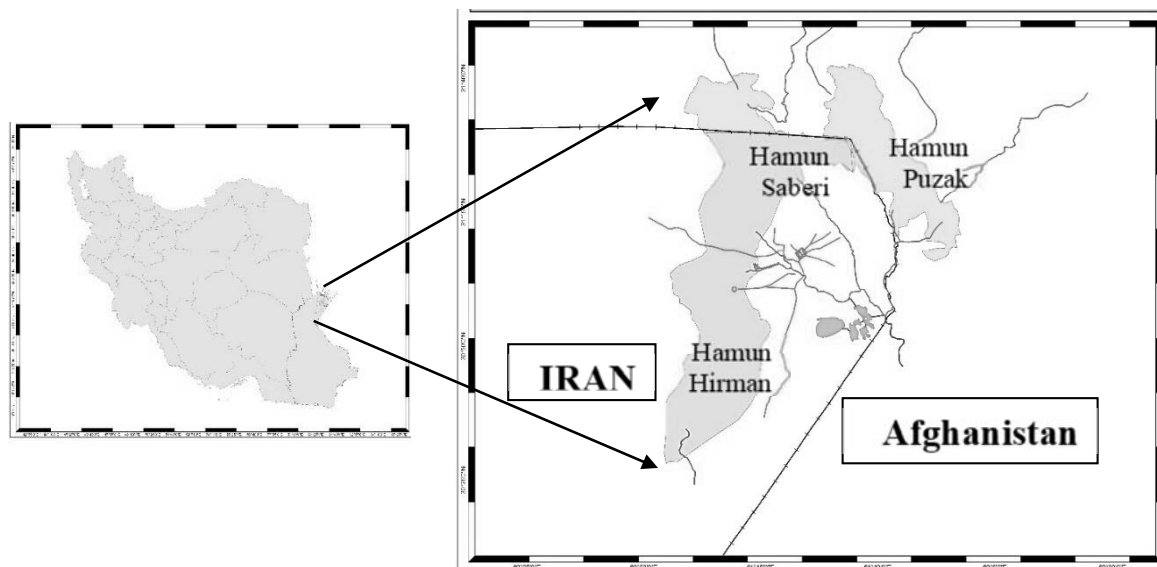


Fig. 1- Study area

شکل ۱- منطقه مورد مطالعه

سپس کلاس‌های طیفی و داده‌های صحرایی تلفیق شد تا به عنوان نقاط تعلیمی در طبقه‌بندی نظارت شده استفاده شود. همچنین شاخص‌های طیفی مثل  $IR^2$  index,  $NDWI$ ,  $IVR^1$  index به کار رفت تا هر کدام از طبقات کاربری و پوشش اراضی تهیه شود. در نهایت تک پیکسل‌ها با اعمال عملگر فیلتر حذف شدند. این روش برای تمامی زمان‌ها استفاده شد.

برای تهیه نقشه آب با توجه به بررسی منابع شاخص‌های  $NDWI$ ،  $NDVI^3$ ،  $TCWGD$ ،  $IVR$  مورد استفاده قرار گرفتند. فرمول مربوط به این شاخص‌ها در جدول ۴ آورده شده است. با مقایسه نقشه‌های تولید شده و مطالعات صحرایی، شاخص  $TCWGD$  مناسب‌تر تشخیص داده شد. این شاخص برای تاریخ‌های مورد مطالعه تهیه شد.

ارزیابی صحت برای هر کدام از نقشه‌ها با استفاده از ۵۴۰ پیکسل که تصادفی انتخاب شد انجام گرفت و کاپا و صحت کلی محاسبه شد. این شاخص‌ها از ماتریس درهمی یا اشتباه استخراج می‌شوند.

**Table 1- list of Landsat 8's bands**  
جدول ۱- لیست باندهای سنجنده OLI

Band Number	$\mu m$	Resolution
1	0.433–0.453	30 m
2	0.450–0.515	30 m
3	0.525–0.600	30 m
4	0.630–0.680	30 m
5	0.845–0.885	30 m
6	1.560–1.660	30 m
7	2.100–2.300	30 m
8	0.500–0.680	15 m
9	1.360–1.390	30 m
10	10.6–11.2	100 m
11	11.5–12.5	100 m

**Table 2- Acquired date for images in 2014**

جدول ۲- تاریخ‌های مورد مطالعه

Acquired date	1393/01/22	1393/02/07	1393/02/23	1393/03/08	1393/04/09	1393/04/25	1393/05/10
---------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------

**Table 3- Land use / land cover classes in the study area**

جدول ۳- طبقات کاربری و پوشش اراضی منطقه مورد مطالعه

land use	code	Description
Other land use	1	Bare land, salt land ...
Water	2	water surface (shallow, coastal and open)
Water-veg	3	water and vegetation in water
veg-water1	4	Dense vegetation in shallow
veg-water2	5	week vegetation in shallow
vegetation1	6	Dense vegetation on the ground
vegetation2	7	week vegetation on the ground
wet soil	8	wet soil with weak vegetation

**Table 4- Spectral indices that were used together with Landsat spectral bands and tasseled cap brightness (TCB), greenness (TCG) and wetness (TCW) - Maleki et al. (2016)**

جدول ۴- فرمول مربوط به شاخص‌های مورد استفاده

Spectral Index	Formula	Reference
TCWGD	$TCW^1 - TCG^2$	Huang et al. (2014)
NDVI	$(Band\ 3 - Band\ 5) / (Band\ 3 + Band\ 5)$	Rogers and Kearney (2004)
TCA	$Arctan(TCG / TCB^3)$	Powell et al. (2010)
IVR	$Band\ 5 / Band\ 2$	Ozesmi and Bauer (2002)
IR	$(Band\ 5 - Band\ 7) / (Band\ 5 + Band\ 7)$	Ruan et al. (2007)

که  $X_{i+}$ : جمع ستون،  $X+i$ : جمع ردیف،  $N$ : تعداد کل ستون می‌باشد.

در این مطالعه، دقت نقشه تهیه شده با استفاده از نمونه‌های برداشت شده از سطح زمین که در تهیه نقشه کاربری و پوشش اراضی مورد استفاده قرار نگرفته بود بررسی و ماتریس خطا تهیه گردید.

## ۵- نتایج و بحث

شکل ۳، به ترتیب نقشه‌های تصاویر مربوط به دوره آبیگری سال ۱۳۹۳ را نشان می‌دهد. در این مطالعه برای تهیه نقشه‌های کاربری و پوشش اراضی، ابتدا به بررسی بازتابش‌های مختلف سطح زمین و به خصوص بازتابش‌های مختلف پدیده‌های یکسان مورد نظر در این مطالعه پرداخته شد. سپس با استفاده از شاخص‌های مختلف نقشه مناطق دارای آب و پوشش گیاهی تهیه گردید. همچنین پردازش نظارت شده بر روی تصاویر انجام شد و از صحیح‌ترین لایه‌ها برای تهیه نقشه کاربری و پوشش اراضی منطقه استفاده شد. در نهایت، برای تهیه نقشه نهایی پناهگاه حیات وحش هامون، از روش هیبرید استفاده شده است.

دقت نقشه‌های تهیه شده در جدول ۵، نشان داده شده است. Darvishsefat et al. (1999) گزارش دادند که دقت قابل قبول نقشه کاربری با استفاده از تصاویر ماهواره بیش از ۸۵٪ می‌باشد و بیان کرده‌اند که از میان معیارهای بیان دقت، ضریب کاپا به لحاظ محاسبه نمودن قسمت‌های اشتباه به همراه قسمت‌های صحیح، توانایی بالایی برای برآورد دقت، به ویژه به منظور مقایسه دقت نقشه‌های تولید شده دارد. جدول ۶ مساحت هریک از طبقات کاربری و پوشش اراضی را در این تاریخ‌ها نشان می‌دهد.

روند تغییرات مساحت کاربری و پوشش اراضی در دوره مورد مطالعه بررسی شد که شکل ۴ نمودار نشان‌دهنده آن می‌باشد.

همانگونه که این نمودار، نشان می‌دهد در ماه اردیبهشت سال ۱۳۹۳ تالاب دارای بیشترین سطح آب بوده است. با مقایسه این مساحت و نتایج مطالعات (Zolfaghari and Kafash, 2011)، در خصوص پهنه آبی تالاب هامون نشان می‌دهد که مساحت بیشترین پهنه آبی در مطالعه حاضر بسیار متفاوت از سال ۱۳۵۴ (شرایط پراچی) است. در این دوره آبیگری با افزایش سطح آب، پوشش گیاهی از اسفند ماه این سال شروع به رشد کرده و در اوایل فروردین سال ۱۳۹۳ سطحی حدود ۱۰۰۲۴ هکتار را دارا می‌باشد.

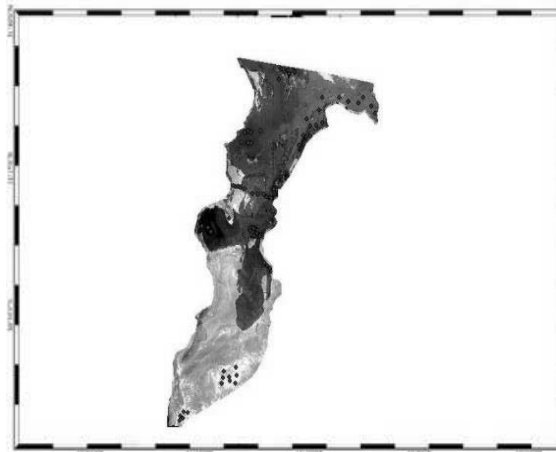


Fig. 3 - Locations of ground samples  
شکل ۲- موقعیت مکانی نقاط برداشت زمینی

ماتریس خطا به صورت جدول‌بندی متقاطع از پیکسل‌های طبقه‌بندی شده در برابر داده‌های مرجع برای ارزیابی صحت طبقه‌بندی می‌باشد. در محاسبه شاخص کاپا تعداد کل نقاط، تعداد کل نقاطی که به درستی در طبقه مورد نظر قرار دارند، تعداد پیکسل‌های مرجع موجود در طبقه و پیکسل‌های قرارداده شده در طبقه مورد نظر توسط روش آشکارسازی مورد استفاده قرار می‌گیرد. دقت کلی نیز از تقسیم مجموع پیکسل‌هایی که به درستی تقسیم‌بندی شده‌اند بر تعداد کل داده‌های مرجع به دست می‌آید (Rahdari et al. 2013).

دقت کلی به‌عنوان یک معیار ارزش‌گذاری دقت طبقه‌بندی از طریق تقسیم مجموعه پیکسل‌های صحیح طبقه‌بندی شده تمامی طبقات به مجموع پیکسل‌های مرجع می‌باشد:

$$O.A = \frac{\sum_i E_{ii}}{N} \quad (1)$$

که در آن  $C$  تعداد کلاسها،  $N$  تعداد کل پیکسل‌های معلوم،  $E_{ii}$  اعضای قطری ماتریس خطا و  $O.A$  دقت کلی می‌باشد.

ضریب کاپا نشان‌دهنده توافق طبقه‌بندی با داده‌های واقعیت زمینی است. دامنه ضریب کاپا بین صفر تا ۱۰۰ می‌باشد که عدد ۱ نشان‌دهنده همسویی یا توافق صددرصد نقشه طبقه‌بندی شده با واقعیت زمینی است. معادله محاسبه ضریب کاپا برابر است با:

$$k = \frac{\theta_1 - \theta_2}{1 - \theta_2} \quad (2)$$

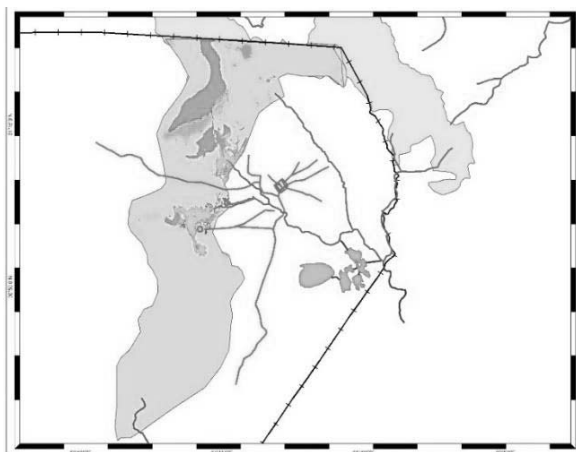
$K$ : ضریب کاپا،  $\theta_1$ : دقت کلی،  $\theta_2$ : توافق اتفاقی که از طریق زیر محاسبه می‌گردد

$$\theta_1 = \sum x_i + \sum x + i/N^2 \quad (3)$$

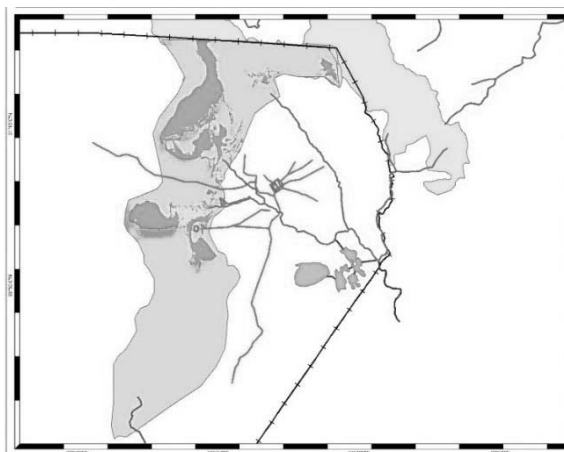
**Table 5- Overall classification accuracy and kappa statistics**

جدول ۵- دقت نقشه‌های تهیه شده

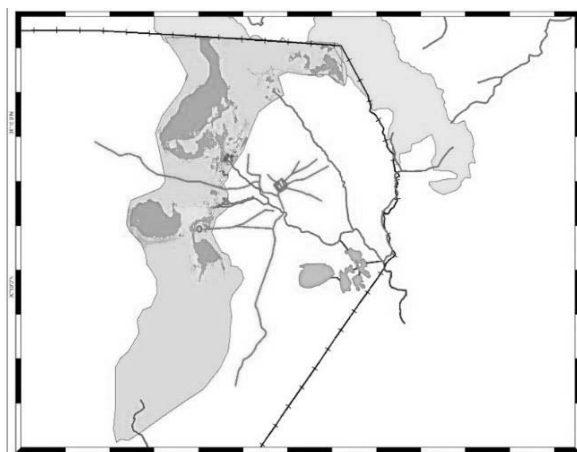
	1393/01/22	1393/02/07	1393/02/23	1393/03/08	1393/04/09	1393/04/25	1393/05/10
Kappa	0.93	0.92	0.93	0.96	0.96	0.90	0.88
Overall accuracy	%95	%94	%95	%93	%0.93	%0.94	%0.95



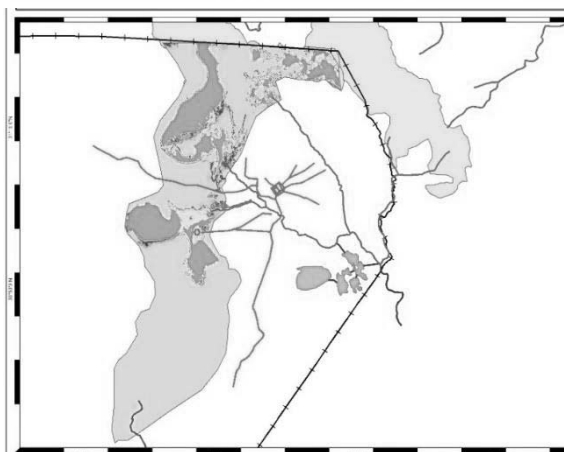
a)



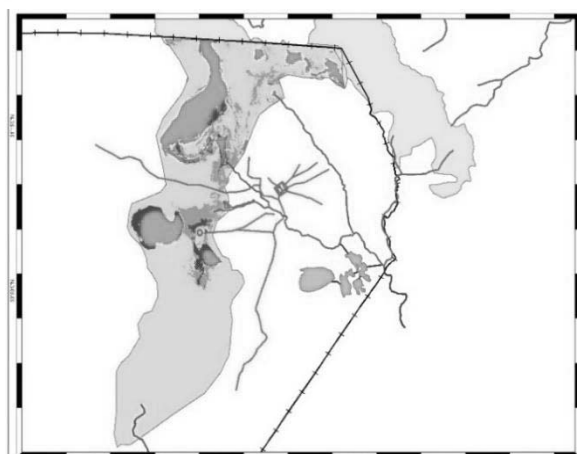
b)



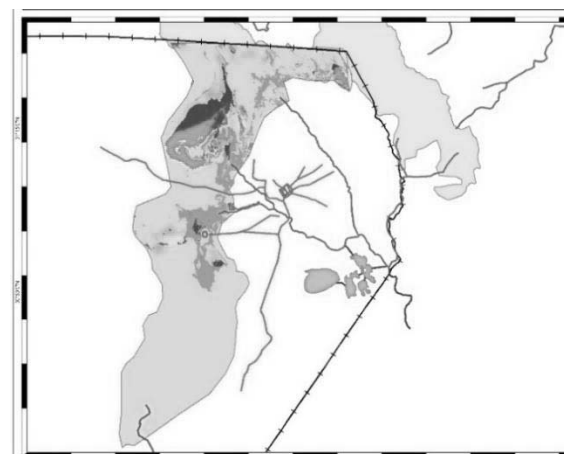
c)



d)



e)



f)

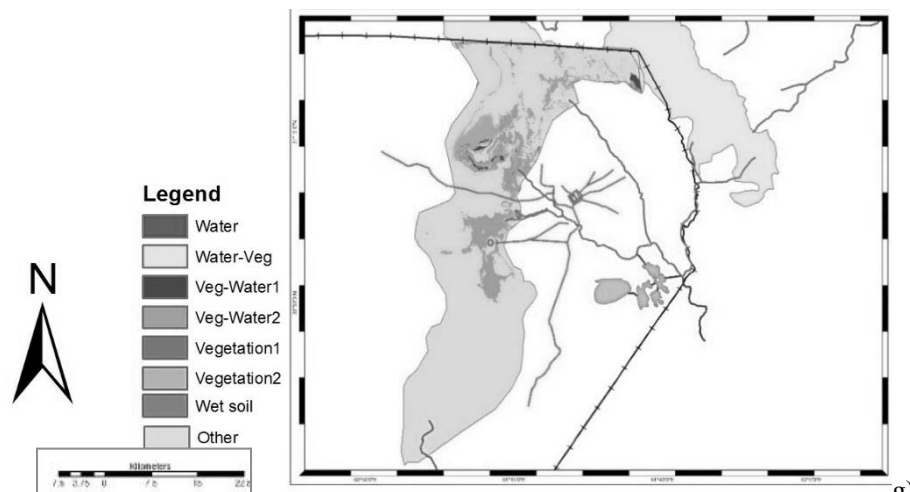


Fig. 3- Land use- land cover of wetland in each date. a)1393/01/22 b)1393/02/07 c)1393/02/23 d)1393/03/08 e)1393/04/09 f)1393/04/25 g)1393/05/10

شکل ۳- نقشه کاربری و پوشش اراضی تالاب در هر تاریخ

Table 6- The Area of different land use in year 1393 (ha)  
جدول ۶- مساحت طبقات کاربری و پوشش اراضی در دوره آبیگری سال ۱۳۹۳ (هکتار)

	1393/01/22	1393/02/07	1393/02/23	1393/03/08	1393/04/09	1393/04/25	1393/05/10
Other land-use	171405	136623	116248	109137	117767	125010	155502
Water	31689	46056	54076	50972	40868	12998	411.48
Water-veg	0	17516	26065	3667	10858	4063	0
veg-water1	0	0	1182	19480	6469	12150	2822
veg-water2	0	0	0	9042	0	3939	0
vegetation1	0	0	696.15	7020	22350	33962	37558
vegetation2	0	0	204.3	2821	5689	11168	0
wet soil	7918	10338	7502	0	0	0	9703

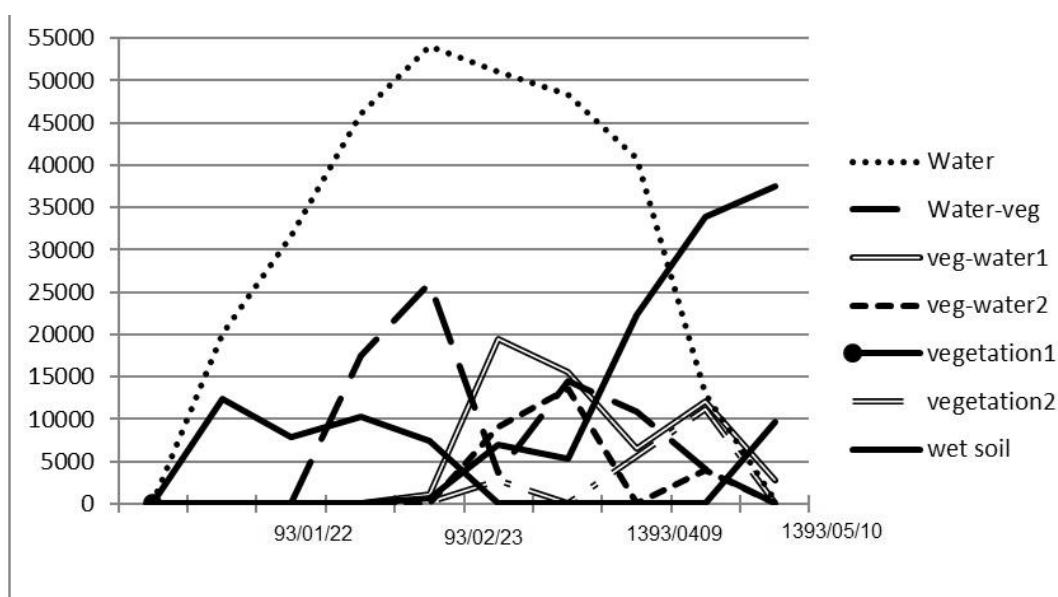


Fig. 4- Trend of landsue change in study year of 1393

شکل ۴- نمودار روند تغییرات کاربری و پوشش اراضی در دوره مطالعه سال ۱۳۹۳

این پوشش گیاهی اکثراً در هامون هیرمند و مناطق مجاور کوه خواجه و در جنوب جاده زابل - نهبندان به سمت کوه خواجه و مناطق مجاور سنگل و مناطق شرقی و جنوبی صابری مشاهده می‌شود که به‌خصوص در هامون هیرمند و در مجاورت کوه خواجه بسیار متراکم می‌باشد. بررسی تصاویر نشان می‌دهد اولین قسمتی از تالاب هامون که در سال ۱۳۹۳ آبیگری شده است جنوب هامون صابری می‌باشد. با افزایش آب در اوایل فروردین، بخش زیادی از صابری توسط فرح‌رود و بخشی از هامون هیرمند توسط رودخانه سیستان آبیگری شده است. همچنین با بررسی شکل ۳، مشخص می‌شود در ۲۲ فروردین بخش اعظم هامون صابری و هیرمند آبیگری شده اما سطح کمی آب در هامون پوزک وجود دارد. شرایط تالاب در این تاریخ شباهت کاملی با نتایج مطالعات (Rahdari et al. (2012، در خصوص نقشه کاربری اراضی تالاب هامون در سال ۱۳۷۹ (خشکسالی) دارد. بررسی این شکل نشان‌دهنده توسعه و رشد پوشش گیاهی در بخش‌هایی از آب هامون صابری می‌باشد. در سال ۱۳۹۳، این روند آبیگری ادامه پیدا می‌کند به نحوی که بر اساس شکل ۳ تا اواسط اردیبهشت، بخش اعظم تالاب آبیگری شده است. در ۸ خرداد، تالاب از نظر آب و پوشش گیاهی بیشترین سطح را داشته و از این جهت، در این تاریخ در بهترین شرایط می‌باشد. بعد از این زمان آب در بخشی از مناطق جنوب هامون هیرمند شروع به خشک شدن کرده است. نقشه‌ها نشان می‌دهند، هامون هیرمند اولین بخشی است که خشک می‌شود. در ۲۴ خرداد بخش کمی از این هامون آب دارد (شکل ۳). شکل ۴ نشان می‌دهد با خشک شدن تالاب، سطح طبقه پوشش گیاهی غالب در آب، به طور ناگهانی کاهش می‌یابد که دلیل آن خشک شدن آب می‌باشد. بیشتر تغییرات تالاب در آن طبقه می‌باشد. نتایج راهداری و همکاران در خصوص مطالعه تغییرات تالاب هامون بین سال‌های مختلف نیز نشان‌دهنده چنین روندی است که البته در مورد تالاب‌ها منطقی به نظر می‌رسد.

بر اساس شکل ۴، تغییرات سطح آب و سطح پوشش گیاهی داخل آب با شیب متفاوت، دارای روند مشابهی است. به طوری که با افزایش سطح آب، پوشش گیاهی داخل آب منطقه نیز توسعه پیدا می‌کند که بیشتر به دلیل رشد گیاهان است و نه به زیر آب رفتن پوشش گیاهی و از طرف دیگر به دنبال روند کاهش آب سایر طبقات نیز روند کاهشی را دنبال می‌کنند. (Ahadnejad (2009 نیز نشان می‌دهد در دوره مطالعه تغییرات سی ساله تالاب هامون از سال ۱۳۵۵ نیز چنین تغییراتی اتفاق می‌افتد. پوشش گیاهی متراکم داخل خشکی از ماه تیر شروع به افزایش یافته و تا مرداد روند افزایشی را دنبال می‌کند. که به دلیل خارج شدن این گیاهان از داخل آب می‌باشد. به همین دلیل ارزش این گیاهان در حمایت و تأمین همزمان آب و پناه و غذا در یک محل کاهش می‌یابد. به طوری که پرند برای پیدا کردن غذا و پناه

مجبور است مسافتی را پرواز کند. مقایسه روند تغییرات طبقه آب غالب و پوشش گیاهی با پوشش گیاهی غالب در آب نیز تأییدکننده روند کاهش آب تالاب از نیمه دوم خرداد است. کاهش ناگهانی پوشش گیاهی غالب در آب در اوایل تیرماه و سپس افزایش آن در اواخر این ماه به دلیل کم شدن آب بخش بزرگی از هامون صابری می‌باشد که در این مدت، این قسمت به مانداب‌های پوشیده با گیاه تبدیل شده است. اما بعد از این و با خشک شدن این بخش از تالاب و در مرداد، کاهش ناگهانی در مساحت مناطق پوشیده با پوشش گیاهی داخل آب، دیده می‌شود. سطح ۱۱۵۵۵ هکتاری خاک مرطوب در مرداد، نشان‌دهنده قسمت‌های نهایی تالاب است که خشک می‌شود. این بخش‌ها در هامون پوزک و صابوری قرار دارد که آخرین بخش‌هایی از هامون که خشک می‌شود در این دو قسمت تالاب است.

نتایج این مطالعه همچون مطالعات (Huea et al. (2102 و (Dong et al. (2104 و (Garcia et al. (2013 نشان داد سنجش از دور توانایی لازم در مطالعات اکوسیستم‌ها را دارد. اما باید تأکید کرد که مطالعات صحرایی در به‌دست آوردن نتایج با صحت کافی بسیار با اهمیت است. استفاده از سنجنده‌هایی با دوره چرخش کوتاه امکان پایش مداوم منابع آبی را فراهم می‌کند. سنجنده OLI ماهواره لندست با چرخش ۱۸ روزه منبع ارزشمندی از داده‌ها را فراهم می‌کند.

در مطالعات محیط زیستی نقشه‌های کاربری و پوشش اراضی اهمیت بسیاری دارند چراکه اطلاعات مناسبی از وضعیت فعلی منطقه به‌دست می‌دهد. بنابراین می‌بایست روش مناسبی برای تهیه این نقشه‌ها به کار رود. در این مطالعه به دلیل وجود پوشش اراضی متنوع در منطقه مورد مطالعه، از روش هیبرید استفاده شد تا بتوان از توانایی روش‌ها و شاخص‌های مختلف سنجش از دور استفاده کرد.

(Misra (2015 و (Xu et al. (2010 نیز در مطالعه خود اهمیت روش ترکیبی را غلبه بر مشکل شباهت رفتارهای بازتابندگی طیفی پدیده‌های مورد مطالعه که باعث ایجاد خطا در طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای می‌شود، بیان کردند. همچنین همانگونه که نتایج مطالعه (Maleki et al. (2016 نشان‌دهنده دقت و صحت روش هیبرید در مطالعات منابع آب می‌باشد، نتایج ما نشان داد این روش توانایی بالایی در مطالعات تالاب‌ها و منابع آبی دارد. در این مطالعه نیز با هدف تهیه نقشه‌های کاربری و پوشش اراضی با صحت و دقت بالا، شاخص‌های مختلفی مورد استفاده قرار گرفت و با واقعیت زمینی مقایسه شد. صحت‌های به‌دست آمده برای نقشه‌های کاربری و پوشش اراضی (جدول ۵) نشان‌دهنده قابل قبول بودن نقشه‌های تهیه شده می‌باشد.



## پی‌نوشت‌ها

- 1-Normalised Difference Water Index
- 2-Modified Normalised Difference Water Index
- 3-Infrared-Visible Ratio
- 4-Infrared Ratio
- 5-Normalized Difference Vegetation Index
- 6-Tasseledcap Wetness (TCW)
- 7-Tasseledcap Greenness (TCG)
- 8-Tasseledcap Brightness (TCB)

## ۷- مراجع

- Ahadnejad M (2009) Hamun wetland Change detection using time series satellite images. In: Proc. of International conference of water damaged, 10-12 March, Zabol university, Zabol, Iran (In Persian)
- Bagheri MH, Bagheri A, Sohooli GA (2016) Analysis of Changes in the Bakhtegan Lake Water Body under the Influence of Natural and Human Factors. Iran-Water Resources Research 12(3):1-11 (In Persian)
- Darvish Sefat A (1999) Thematic GIS data based maps accuracy assessment. In: Proc. of 5th Geographic Information System conference, 20-23 May, Tehran, Iran (In Persian)
- Dong ZY, Wang ZM, Liu DW, Song KS, Ren CY, Jia M (2014) Spatial Decision Analysis on Wetlands Restoration in the Lower Reaches of Songhua River (LRSR) in Northeast China, Based on Remote Sensing and GIS. International journal of remote sensing 8(2):849-860
- Fussel HM, Klein RJ (2006) Climate change vulnerability assessments: an evolution of conceptual thinking. Climate Chang 3:75-90
- Garcia K, Lasco R, Ines A, Lyon B, Pulhin F (2013) Predicting geographic distribution and habitat suitability due to climate change of selected threatened forest tree species in the Philippines. Applied Geography 44(5):12-22
- Hua Y, Cui B, He W (2012) Changes in water birds habitat suitability following wetland restoration in the Yellow River Delta. China Clean 40(3):1076-1084
- Huang C, Peng Y, MeganLang, Y, McCarty G (2014) Wetland inundation mapping and change monitoring using Landsat and airborne LiDAR data. Remote Sensing Environment 141(6):231-242
- Kantakumar LN, Neelamsetti P (2015) Multi-temporal land use classification using hybrid approach. The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Sciences 18(3):289-295
- Kamusoko C, Aniya M (2006) Landuse/cover change and landscape fragmentation analysis in the Bindura

این نتایج تاییدکننده مناسب بودن روش هیبرید برای تهیه نقشه کاربری و پوشش اراضی یک منطقه متنوع است.

## ۶- نتیجه‌گیری

همانگونه که نقشه‌های کاربری و پوشش اراضی (شکل ۳) نشان می‌دهد با افزایش آبیگری تالاب بخش‌های جنوبی هامون صابری و بخش‌های شمالی هامون هیرمند اولین نقاطی هستند که شرایط مناسب را دارند. به این معنا که اکوسیستم همراه با آبیگری مجدد در حال احیا شدن است. همانگونه که شکل ۴ نشان می‌دهد با افزایش سطح آب، سطح پوشش گیاهی در آب افزایش یافته که باعث می‌شود زیستگاه تغذیه‌ای و پناه امنی برای پرندگان به‌وجود بیاید. این تغییرات باعث می‌شود مردم محلی امکان دامداری و صید و تفرج بیشتری داشته باشند. بر اساس نتایج به‌دست آمده در جدول ۶ در ماه اردیبهشت که بیشترین سطح آب وجود دارد این اکوسیستم بهترین شرایط زیست را برای مردم محلی و حیات وحش فراهم می‌کند. اما همانگونه که شکل ۳ نشان می‌دهد با شروع کاهش آب بخش شمالی هامون هیرمند جزو اولین قسمت‌هایی است که شرایط مناسب را از دست می‌دهد. اما با توجه به اینکه پرندگان در اواخر آوریل و ماه می آشیانه‌سازی را در این مناطق انجام می‌دهند از دست رفتن شرایط زیستگاهی مناسب برای پرندگان وابسته به آب خصوصا جوجه‌های آلترشال‌ها بسیار مشکل‌ساز است. از سوی دیگر با گرم شدن هوا در خرداد ماه تبخیر افزایش می‌یابد که باعث تسریع در خشک شدن تالاب می‌شود (شکل ۴). از آنجایی که مردم محلی وابستگی زیادی برای تأمین معاش به تالاب دارند این کاهش سطح آب می‌تواند شروع مشکلات اقتصادی مردم را به همراه داشته باشد. علاوه بر این با توجه به شکل شماره ۳ که تالاب در مرداد ماه کاملا خشک شده، اثر تعدیل‌کنندگی هوا از بین می‌رود و بادهای ۱۲۰ روزه سیستان که با عبور از آب تالاب باعث تعدیل گرمای هوا می‌شد با جا به جا کردن شن‌های روان ناشی از خشک شدن تالاب علاوه بر مشکلات تنفسی باعث زیان‌های اقتصادی به مردم محلی می‌شود.

بر اساس نتایج به‌دست آمده از این تحقیق، بهتر است اقدامات حفاظتی بیشتری در این منطقه برای حمایت از ذینفان تالاب انجام داد، چرا که حیات در این منطقه به تالاب هامون وابسته است. این مسأله در مناطقی همچون هامون هیرمند که زودتر از سایر مناطق خشک می‌شود دارای اهمیت بیشتری می‌باشد. با توجه به نتایج حاصل از این مطالعه می‌توان برنامه‌ریزی زمانی مناسبی جهت کاهش تأثیرات منفی خشک شدن تالاب بر جوامع محلی و حیات وحش وابسته به تالاب انجام داد.

- method with FUZZY logic. *Journal of wetland ecobiology* 3:69-84 (In Persian)
- Ruan R, Feng X, She Y (2007) Fusion of RADARSAT SAR and ETM + imagery for identification of fresh water wetland. In: Proc. of Proceedings of the SPIE 6752. 25 -27 May, Nanjing, China
- Samadi J (2016) Survey of Spatial-Temporal Impact of Quantitative and Qualitative of Land Use Wastewaters on Choghakhor Wetland Pollution Using IRWQI Index and Statistical Methods. *Iran-Water Resources Research* 11(3):159-171 (In Persian)
- White D, Fennessy MS (2005) Modeling the suitability of wetland restoration potential at the watershed scale. *Ecological Engineering* 24:359-368
- Shahmohamadi Z, Maleki S (2011) The life of Hamun. *Jahad Daneshgahi* (In Persian)
- Xu YB, Lai XJ, Zhou CG (2010) Water surface change detection and analysis of bottom-land, submersion, emersion of wetlands in Poyang Lake reserve using ENVISAT ASAR data. *China Environment* 30:55-68
- Yuan F, Sawaya KE, Loeffelholz B, Bauer ME (2005) Land cover classification and change analysis of the Twin Cities (Minnesota) Metropolitan Area by multi temporal Landsat remote sensing. *Remote Sensing of Environment* 98:317-328
- Zolfaghari F, Kafash A (2011) Change detection of water body of Hamun wetland using Remote sensing. *Journal of environment* 53:59-64 (In Persian)
- district Zimbabwe. *Land Degradation & Development* 5:1431-1439
- Misra R, Balaji R (2015) A study on the shoreline changes and Land-use/ land-cover along the South Gujarat coastline. *Procedia Engineering* 116:381-389
- Maleki S, Soffianian A, Koupaei S, Saatchi S, Pourmanafi S, Sheikholeslam F (2016) Habitat mapping as a tool for water birds conservation planning in an arid zone wetland: the case study Hamun wetland. *Ecological engineering* 95:594-603
- Powell SL, Cohen WB, Healey SP, Kennedy RE, Moisen G, Pierce K B (2010) Quantification of live aboveground forest biomass dynamics with Landsat time-series and field inventory data: A comparison of empirical modeling approaches. *Remote Sensing Environment* 23:52-70
- Ozesmi S, Bauer M (2002) Satellite remote sensing of wetlands. *Wetlands Ecology and Management* 10:381-402
- Rahdari V, Maleki Najafabadi S, Afsari KH, Abtin E, Piri H (2012) Change detection of Hmoun wild life refuge using RS & GIS. *Remote sensing and GIS Journal* 3(2):59-70 (In Persian)
- Rahdari V, Maleki S, Abtin E (2013) Investigation on satellite data capability for wetland region zooninig (case study: Hamoun wildlife refuge). *Journal of Wetland Ecobiology* 5(4):67-78 (In Persian)
- Rahdari V, Maleki S, Mahomoudi S, Abtin, E Kadkhodae, M (2016) Determination of high protection priority area of Jazmourian wetland using remote sensing data and multi criteria evolution