



Evaluation of Pixel- Based and Object Oriented Classification Approaches for Determining Land Use Changes in Van Lake Basin and its Comparison to Lake Urmia Basin

M. Rahimpour^{1,5}, S. Morid^{2*}, N. Karimi³
and H. Aydin⁴

Abstract

One key question in restoration of Urmia Lake is to investigate the difference between the behaviors of Urmia Lake (Iran) and Van Lake (Turkey). Land use change is one of the most important factors which can show the role of human activities in Urmia Lake desalination. The main objectives of present papers are: (a) comparison of pixel-based and object-oriented classification approaches (includes Mahalanobis Distance (MD), Maximum Likelihood (ML) and Support Vector Machine (SVM) and SVM object-oriented methods) for determination of land use changes in Van basin during 1978-2007 and (b) comparison the process of land use changes in both Urmia and Van basins. The results showed that the accuracy of object-oriented classification method (Kappa Coefficient: 0.81 and Overall Accuracy: 86) is higher than the other pixel-based methods. The results showed that the land use of Van basin has not been significantly changed, while its change in Urmia basin was dramatic. Based on results, the cropped lands in Urmia basins increased by 136000 ha, while this increase in Van basin was only 10000 ha. The most significant change in Urmia Lake is related to orchard area by 273% increase in comparison with that in 1987. This change in Van basin is inconsiderable.

Keywords: Object-Oriented Classification, Pixel-Based Classification, Van Lake, Urmia Lake.

Received: September 24, 2017

Accepted: February 11, 2018

ارزیابی روش‌های پیکسل‌مبنا و شیء‌گرا، جهت تعیین تغییرات کاربری اراضی حوضه آبریز دریاچه وان و مقایسه آن با حوضه دریاچه ارومیه

مرتضی رحیم‌پور^{۱،۵}، سعید مرید^{۲*}، نعمت‌الله کریمی^۳
Harun Aydin^۴

چکیده

سؤال مهم در جهت احیای دریاچه ارومیه، تفاوت تراز سطح آب دریاچه‌های ارومیه و وان است که می‌توان با بررسی تغییر کاربری اراضی به عنوان تأثیرپذیرترین بخش از عوامل انسانی، به آن پاسخ داد. لذا در تحقیق حاضر، ابتدا کارکرد روش‌های پیکسل‌مبنا و شیء‌گرا در جهت تعیین کاربری اراضی حوضه دریاچه وان ترکیه طی سال‌های ۱۹۸۷ لغایت ۲۰۰۷ ارزیابی و سپس نتایج حاصل با پژوهش مشابه در حوضه آبریز دریاچه ارومیه، مقایسه می‌گردد. در مرحله اول، مقایسه چهار روش با دو رویکرد پیکسل پایه (شامل روش‌های ماهالانوبیس، حداکثر شباهت و ماشین بردار پشتیبان) و شیء‌گرا (ماشین بردار پشتیبان- فازی) در سال ۲۰۰۷ نشان می‌دهد کارایی روش شیء‌گرا در طبقه‌بندی کاربری اراضی با ضریب کاپا ۰/۸۱ و دقت کلی ۰/۸۶ نسبت به سایر روش‌ها بهتر است. در مرحله دوم، مقایسه تغییرات کاربری حوضه‌های وان و ارومیه طی دوره ۲۰ ساله نشان داد، کاربری اراضی در حوضه وان چندان دستخوش تغییرات نشده؛ اما این در حالی است که حوضه دریاچه ارومیه با تغییرات معنی‌داری همراه است به نحوی که افزایش سطح زیر کشت آبی به عنوان مؤثرترین عامل انسانی، در حوضه وان طی این مدت حدود ۱۰ و در حوضه ارومیه، حدود ۱۳۶ هزار هکتار می‌باشد. نکته قابل توجه تغییرات کاربری باغی است که در حوضه ارومیه حدود ۲۷۳٪ (از ۳۵۱۳ به ۱۳۱۲۰ هکتار) و در حوضه وان بسیار ناچیز (کمتر از ۲۰٪) است. کل تغییرات اراضی آبی در این دو حوضه افزایشی برآورد گردیده است به این نحو که در حوضه وان توسعه اراضی کشاورزی ۱۳/۵٪ بوده اما این افزایش در حوضه ارومیه حدود دو برابر یعنی ۳۱/۸٪ می‌باشد.

کلمات کلیدی: طبقه‌بندی شیء‌گرا، طبقه‌بندی پیکسل پایه، دریاچه وان ترکیه، دریاچه ارومیه.

تاریخ دریافت مقاله: ۹۶/۷/۲

تاریخ پذیرش مقاله: ۹۶/۱۱/۲۲

1- Water Resources Engineering Graduate, Water Resources Engineering Department of Tarbiat Modares University, Tehran, Iran.

2- Professor at Water Resources Engineering Department, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran. Email: morid_sa@modares.ac.ir

3- Assistant Professor, Water Research Institute of Ministry of Energy, Tehran, Iran.

4- Associate Professor, Department of Environmental Engineering, Yuzuncu Yil University, Van, Turkey.

5- Research Assistant, Water Research Institute of Ministry of Energy, Tehran, Iran.

*- Corresponding Author

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد مهندسی منابع آب، دانشگاه تربیت مدرس تهران.

۲- استاد گروه مهندسی منابع آب، دانشگاه تربیت مدرس.

۳- استادیار، موسسه تحقیقات آب وزارت نیرو، تهران، ایران.

۴- دانشیار، گروه مهندسی محیط زیست، دانشگاه Van.

۵- کارشناس پژوهشی، موسسه تحقیقات آب وزارت نیرو، تهران، ایران.

*- نویسنده مسئول

بحث و مناظره (Discussion) در مورد این مقاله تا پایان تابستان ۱۳۹۸ امکانپذیر است.

در ایران نیز مطالعات متنوعی در خصوص برآورد کاربری اراضی با استفاده از روش‌های پیکسل پایه انجام شده است که به بررسی تغییرات کاربری در کلاسی خاص مانند اراضی جنگل (Sabzghabaei et al., 2017)، بیابان‌زایی (Ramezani et al., 2011) و یا مطالعه تغییرات کلیه کاربری‌ها انجام شده است (Kazemi et al., 2011; Hosseini et al., 2013). اما تحقیقات نسبتاً کمتری در خصوص استفاده از روش‌های شی‌گرا صورت گرفته است. به عنوان مثال (Nazmfar, 2010) با این رویکرد نقشه کاربری اراضی جلگه شرقی دریاچه ارومیه را تهیه نمودند. نتایج این تحقیق نشان داد روش شی پایه با دقت ۹۴٪ توانسته کاربری اراضی را برآورد نماید. در تحقیق دیگری (Matinfar et al., 2007) به مقایسه دقت روش‌های پیکسل پایه و شی پایه در طبقه‌بندی کاربری اراضی شهرستان کاشان پرداختند. نتایج این تحقیق نشان داده که طبقه‌بندی شی پایه، نقشه‌هایی با دقت ۱۰٪ بیشتر نسبت به روش‌های دیگر تولید می‌نماید. اخیراً نیز (Omidipour et al., 2013) با استفاده از تصاویر ETM+ نشان داد روش شی‌گرا در تهیه نقشه از نتایج قابل قبولی برخوردار است.

علاوه بر نوع روش طبقه‌بندی، بهره‌مندی از تکنیک‌های مختلف نظیر استفاده از چند تصویر در یک دوره زمانی و همچنین بهره‌مندی از اطلاعاتی نظیر شاخص‌های پوشش گیاهی، شیب و ارتفاع از مواردی هستند که در جهت بهبود نتایج و افزایش دقت، طبقه‌بندی کاربری اراضی استفاده می‌گردند. به‌طور مثال در تحقیقی (Price et al., 1997) به منظور بهبود دقت تهیه نقشه‌های کاربری اراضی با رویکرد پیکسل پایه از سه تصویر در زمان‌های مختلف یک سال استفاده نمودند. نتایج تحقیق حاکی از آن بود که می‌توان با استفاده از این تکنیک و همچنین ترکیب الگوریتم‌های نظارت شده و نظارت نشده، نقشه‌های کاربری اراضی با دقت بسیار بالایی (دقت کلی ۹۰٪) تولید نمود. استفاده از این تکنیک در تحقیق‌های دیگر با روش شی‌گرا نیز توصیه شده است (Platt and Schoennagel, 2009). در تحقیقی دیگر (Chen et al., 2009) نشان دادند با استفاده از روش شی‌گرا می‌توان از مدل ارتفاعی رقومی، علاوه بر اطلاعات طیفی و پارامترهای مکانی شکل و بافت جهت افزایش دقت طبقه‌بندی کاربری اراضی استفاده نمود. علاوه بر استفاده از موارد ذکر شده جهت افزایش دقت طبقه‌بندی کاربری اراضی، در روش شی‌گرا انتخاب اندازه سگمنت‌ها نیز بسیار مهم است (Liu and Xia, 2010) اندازه سگمنت‌ها باید به نحوی انتخاب گردد که سگمنت‌ها بر اندازه پدیده‌ها منطبق باشند. در صورتی که اندازه سگمنت‌ها کوچکتر باشد، حجم اطلاعات و زمان لازم جهت طبقه‌بندی بسیار زیاد می‌گردد و اگر بزرگ‌تر انتخاب گردند

تفاوت رفتار دریاچه‌های ارومیه ایران و وان ترکیه در سال‌های اخیر، از سؤال‌های مرسوم بوده که پاسخ‌های متفاوتی نیز برای آن ارائه گردیده است. یکی از مهم‌ترین فرضیات در توجیه این تفاوت‌ها را می‌توان ناشی از تأثیر عوامل انسانی دانست که با بررسی تغییرات کاربری اراضی قابل بررسی می‌باشد (Roy et al., 1991; Reusing, 2000). در این راستا، استفاده از تصاویر ماهواره‌ای کاربرد مناسبی دارد. بخصوص اینکه حوضه وان خارج از کشور می‌باشد و جهت تهیه اطلاعات آن محدودیت‌های خاص وجود دارد.

جهت تهیه نقشه کاربری و طبقه‌بندی اراضی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای، دو رویکرد کلی مبتنی بر پیکسل پایه^۱ و شی‌گرا^۲ وجود دارد (Wang et al., 2004). طبقه‌بندی با رویکرد پیکسل مینا، مبتنی بر ارزش عددی هر یک پیکسل‌های تصویر می‌باشد و روش‌های طبقه‌بندی فاصله مالاہونوبیس (MD)^۳، حداکثر شباهت (ML)^۴ و ماشین بردار پشتیبان (SVM)^۵ از این رویکرد استفاده می‌کنند (Paola and Schowengerdt, 1995; Yuan et al., 2005). از اصلی‌ترین ویژگی آن‌ها نیز سادگی ساختار، سریع بودن، کارا بودن و دسترسی آسان به نرم‌افزارهای مربوطه می‌باشد (Yu et al., 2006; Rozenstein and Karnieli, 2011). اما، با توجه به اینکه در طبقه‌بندی با این رویکرد، فقط بر مقدار بازتابندگی هر پیکسل به‌موجب خواص انعکاسی عارضه‌های مختلف، تأکید می‌گردد؛ در نتیجه هنگامی که اطلاعات طیفی عوارض یا پدیده‌های کاربری‌های مختلف، یکسان باشند؛ طبقه‌بندی آن‌ها با چالش‌هایی روبروست (Weih and Riggan, 2010). در این شرایط، جهت افزایش دقت طبقه‌بندی بایستی از منابع دیگر علاوه بر اطلاعات طیفی استفاده نمود (Geneletti and Gorte, 2003) که برای نیل به این هدف، روشی با رویکرد شی‌گرا (Jensen and Gorte, 2001) توسعه داده شده است. از دلایل بهبود دقت در این روش، استفاده از مشخصات غیر طیفی نظیر بافت، فشردگی و شکل عوارض در طبقه‌بندی می‌باشد (Hussain et al., 2013). از طبقه‌بندی با رویکرد شی‌گرا جهت کلاس‌بندی تصاویر، هم از سنجنده‌های با قدرت تفکیک مکانی متوسط و بالا (Van Coillie et al., 2007; Mallinis et al., 2008) و هم سنجنده‌های با قدرت تفکیک پایین استفاده می‌گردد. به‌طور مثال، (Gao et al., 2009) نشان دادند با استفاده از این روش طبقه‌بندی می‌توان دقت نقشه کاربری حاصل از تصاویر سنجنده MODIS را حدود ۵٪ نسبت به روش‌های پیکسل پایه افزایش داد.

دریاچه در آن رخ می‌باشد. از طرفی به دلیل حساسیت‌های ملی و بین‌المللی نسبت به دریاچه ارومیه، تعیین فاصله زمانی جهت برآورد تغییر کاربری بیشتر محدود شده است. لازم به ذکر می‌باشد که اطلاعات مربوط به دریاچه ارومیه از تحقیق (Faroukhnia, 2014) دریافت شده است.

۲- روش تحقیق

۲-۱- منطقه مطالعاتی و داده‌ها

حوضه آبریز وان با مساحت حوضه $17078/4$ کیلومترمربع در شرق ترکیه واقع شده است. ضمن اینکه دریاچه وان، بزرگ‌ترین دریاچه کشور ترکیه و بزرگ‌ترین دریاچه قلیایی جهان نیز با موقعیت $38^{\circ} 38'$ شمال و $49^{\circ} 42'$ شرقی، در این حوضه واقع شده است. حجم و وسعت این دریاچه به ترتیب به طور متوسط برابر $568/1$ کیلومتر مکعب و $3580/9$ کیلومتر مربع می‌باشد. تراز این دریاچه نیز از حداقل $1646/97$ تا حداکثر $1650/55$ متر از سطح دریا متفاوت بوده است. عمق آن نیز از $162/4$ الی $452/9$ متر متغیر می‌باشد. میانگین بارندگی سالانه‌ی این حوضه آبریز 500 میلیمتر و میانگین دمای سالانه 7 درجه سانتیگراد می‌باشد (Rahimpour, 2015).

ممکن است پدیده‌های از دو کلاس در یک سگمنت قرار گیرند که باعث افزایش خطا در طبقه‌بندی شیء‌گرا می‌گردد.

با توجه به مقدمه فوق هدف از تحقیق حاضر، ابتدا بررسی کارکرد روش‌های پیکسل پایه و شیء‌گرا در تولید نقشه کاربری اراضی حوضه دریاچه وان می‌باشد. نتایج این بخش و مقایسه آن با حوضه دریاچه ارومیه، ادله‌ای است برای بیان بخشی از تفاوت‌ها در رفتار دو دریاچه که در شکل ۱ قابل مشاهده هستند. همانطور که در شکل ۱ ملاحظه می‌گردد که تا سال 2002 این دو دریاچه به لحاظ تغییرات سطح دارای رفتاری بسیار مشابه هستند و بالاترین تراز آنها نیز بر اساس داده‌های مشاهداتی طی حدود نیم قرن اخیر، در سال 1995 و به‌طور همزمان رخ داده است (Rahimpour, 2015). سپس هر دو مسیری نزولی را تا سال 2002 تجربه کردند، با این تفاوت که وان توانسته به شرایط نرمال خود بازگردد، اما دریاچه ارومیه با ادامه روند نزولی تراز، رفتاری متفاوت از خود بروز داد. همان‌طور که در این شکل نیز قابل مشاهده می‌باشد این رفتارها نمی‌تواند متأثر از تغییرات بارندگی باشد در نتیجه این سؤال اساسی قابل بیان است که آیا تغییرات کاربری اراضی که توسط انسان انجام گردیده، باعث بروز این رخداد گردیده است. در این راستا دو سال 1987 و 2007 میلادی جهت برآورد کاربری انتخاب گردید. علت انتخاب این دوره، وقوع بیشترین تغییرات رفتاری دو

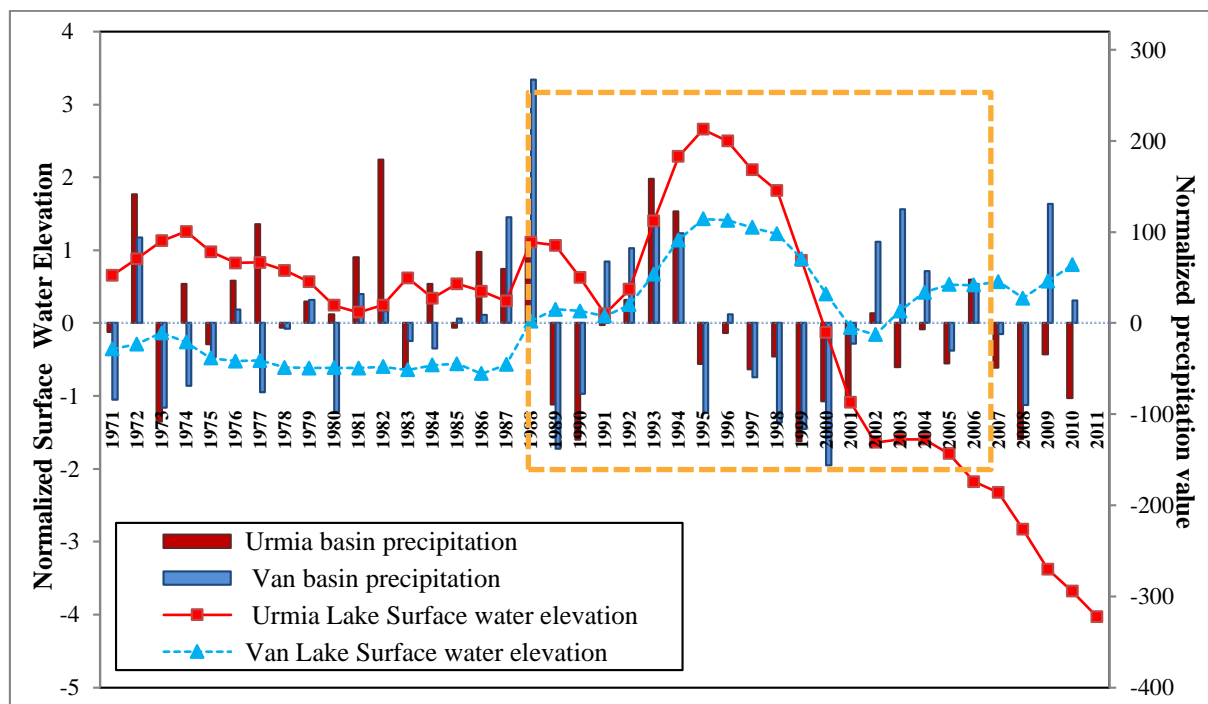


Fig. 1- The water level and Precipitation changes in Urmia (Iran) and Van (Turkey) basins (Rahimpour, 2015)

شکل ۱- تغییرات بارش و تراز حوضه‌های آبریز دریاچه ارومیه ایران و وان ترکیه (Rahimpour, 2015)

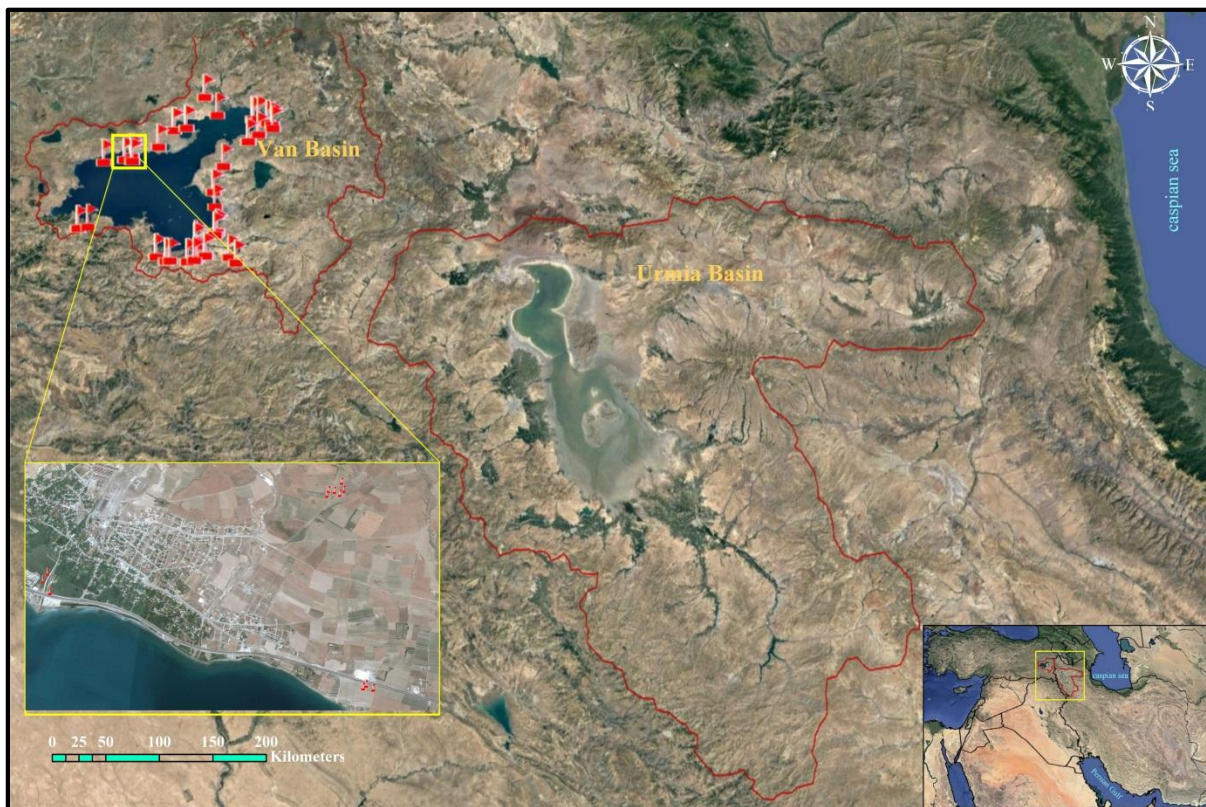


Fig. 2- The Location of Urmia and Van basin and also the location of observation points in Van basin

شکل ۲- موقعیت حوزه‌های آبریز دریاچه ارومیه در ایران و دریاچه وان در ترکیه و همچنین موقعیت نقاط مشاهداتی در حوزه آبریز وان

پس از بررسی تصاویر موجود (https://earthexplorer.usgs.gov). جمعاً ۸ تصویر برای دو دوره زمانی مربوط به سال‌های ۱۹۸۷ و ۲۰۰۷ به لحاظ میزان ابرناکی و شرایط گردوغباری مناسب تشخیص داده شد که مشخصات آن‌ها قابل مشاهده هستند.

۲-۲- تصاویر مورد استفاده

در این تحقیق جهت ارزیابی کاربری اراضی حوزه از تصاویر سنجنده TM ماهواره Landsat5 استفاده گردید که این تصاویر از سایت سازمان زمین‌شناسی آمریکا (USGS) در دسترس است

Table 1- The properties of Landsat-5 (TM sensor) images for 1987 and 2007
جدول ۱- مشخصات تصاویر سنجنده TM از ماهواره Landsat5 در سال‌های ۱۹۸۷ و ۲۰۰۷

Years	Step	Day of Month	Row	Path
1987	First Step	06 Jun	033	171
		22 Jun	033	170
	Second Step	10 Sep	033	171
		19 Sep	033	170
2007	First Step	29 Jun	033	171
		22 Jul	033	170
	Second Step	01 Sep	033	171
		9 Sep	033	170

۳-۲- نمونه برداری میدانی

برای برداشت نمونه‌های آموزشی طی سفر به حوضه دریاچه وان، تعداد ۱۴۰ نمونه از کاربری‌های مختلف تهیه گردید که موقعیت آن‌ها در شکل ۲ قابل مشاهده است. برای انتخاب این نمونه‌ها، ابتدا سه نقشه شامل نقشه کاربری اولیه (با استفاده از روش نظارت نشده IsoData)، نقشه شاخص گیاهی EVI و نقشه رنگ کاذب از منطقه تهیه و مورد ارزیابی قرار گرفت و قبل از سفر به منطقه با استفاده از Google Earth نقاطی که تشخیص آن‌ها دشوار بود، به شکل پلیگون استخراج گردید. سپس با حضور در منطقه و استفاده از دستگاه GPS اطلاعات مربوط به پلیگون‌ها ثبت گردید. در گام بعد با استفاده از پلیگون‌های مورد اشاره؛ شاخص‌های گیاهی، نقشه اولیه و نقاط مشاهدات میدانی، نقاط نمونه‌گیری برای هر تصویر (مربوط به سال‌های ۱۹۸۷ و ۲۰۰۷) به صورت جداگانه بروزرسانی و افزایش داده شد. همچنین برای افزایش دقت کار، نمونه‌های آموزشی در سطح تصویر به صورت کاملاً پراکنده انتخاب و به صورت رفت و برگشتی بعد از طبقه‌بندی نیز تصحیح و تکمیل گردید. به طور کلی حدود ۷۰ درصد از این نمونه‌ها برای آموزش مدل‌ها و مابقی برای ارزیابی آن‌ها، اختصاص داده شد. لازم به ذکر است با توجه به بازدید منطقه و مصاحبه‌های انجام شده، جمعاً هفت کلاس تعیین شد که شامل کلاس‌های آب، زمین بایر و مراتع با پوشش ضعیف (استپ بیابانی)، مراتع با پوشش مناسب (شامل مرغزارها و چمن‌زارها)، جنگل، تالاب، اراضی دیم و کشت آبی هستند.

۴-۲- طبقه‌بندی کاربری اراضی

۱-۴-۲- روش پیکسل پایه

همان‌گونه که قبلاً نیز به آن اشاره گردید، طبقه‌بندی پیکسل پایه بر اساس ارزش عددی پیکسل‌ها می‌باشد که در آن پدیده‌های دارای ارزش عددی یکسان، در یک گروه (یا کلاس) قرار داده می‌شوند. این ساختار طبقه‌بندی خود به دو روش نظارت‌شده و نظارت‌نشده تقسیم می‌گردد. در این تحقیق از روش طبقه‌بندی نظارت‌نشده (IsoData) فقط برای تولید نقشه اولیه از منطقه قبل از سفر به حوضه وان استفاده گردید. اما بعد از تهیه نمونه‌ها، از سه الگوریتم طبقه‌بندی نظارت‌شده، شامل: MD، ML و SVM به صورت مستقیم استفاده گردید. لازم به ذکر است، برای طبقه‌بندی علاوه بر باندهای طیفی یک تا چهار سنجنده TM این ماهواره، از محصولات دیگر که شامل شاخص NDVI و متغیر Tasseled Cap (شاخص Greenness و Wetness) نیز استفاده گردیده است. در نهایت نقشه کاربری اراضی از مجموع نه لایه مختلف و با استفاده از روش‌هایی که در ادامه توضیح داده خواهد شد، برآورد گردید.

۴-۱-۱- طبقه‌بندی حداکثر شباهت

طبقه‌بندی حداکثر شباهت، یکی از معروف‌ترین روش‌های آماری طبقه‌بندی است که جزء روش‌های پیکسل پایه قرار می‌گیرد. در این طبقه‌بندی، هر پیکسل به کلاسی انتساب داده می‌شود که بیشترین احتمال تعلق را به آن کلاس داشته باشد (Strahler, 1980). به اصطلاح ریاضی می‌توان این منطق را این گونه نوشت:

$$x \in w_i \text{ if } P(w_i|x) > P(w_j|x) \text{ for all } j \neq i \quad (1)$$

به این معنی که پیکسل با بردار مقادیر طیفی x به کلاس w_i تعلق خواهد داشت، اگر مقدار احتمال تعلق پیکسل به این کلاس یعنی $P(w_i|x)$ بزرگ‌تر از احتمال دیگر کلاس‌ها باشد.

۴-۱-۲- طبقه‌بندی ماها لانوبیس

تابع تفکیک که در روش حداکثر شباهت با فرض مساوی بودن احتمال اولیه کلاس‌ها استفاده و به شکل زیر تعریف می‌گردد:

$$g_i(x) = -Ln \left| \sum_i \left| -(x - m_i)^t \sum_i^{-1} (x - m_i) \right. \right| \quad (2)$$

که در آن Ln لگاریتم طبیعی می‌باشد. چنانچه علامت تابع فوق معکوس گردد، این تابع می‌تواند به عنوان مربع فاصله انتخاب گردد، زیرا ورودی درجه دوم دارای همان ابعاد بوده و بقیه رابطه نیز ثابت می‌باشد. بدین ترتیب می‌توان گفت:

$$d(x, m_i) = Ln \left| \sum_i \left| (x - m_i)^t \sum_i^{-1} (x - m_i) \right. \right| \quad (3)$$

و به همان صورت حداقل فاصله اقلیدسی، بر اساس کوچک‌ترین فاصله $d(x, m_i)$ طبقه‌بندی انجام می‌گیرد. بنابراین روش حداکثر شباهت می‌تواند به عنوان یک طبقه‌بندی کننده‌ای، مانند حداقل فاصله مورد توجه قرار گیرد، با این تفاوت که این فاصله به جهت حساس بوده و بر اساس کلاس متفاوت است.

در شرایطی که کوواریانس تمامی کلاس‌ها برابر باشند، یعنی اینکه $\sum_i = \sum_i$ برای همه i ها، عبارت $Ln \left| \sum_i \right|$ دیگر متمایز کننده نخواهد بود و می‌تواند صرف نظر گردد. بنابراین محاسبه فوق به رابطه زیر کاهش می‌یابد (Shah and Gemperline, 1990):

$$d(x, m_i)^2 = (x - m_i)^t \sum_i^{-1} (x - m_i) \quad (4)$$

چنین طبقه‌بندی کننده‌ای را طبقه‌بندی فاصله ماها لانوبیس می‌گویند.

۴-۱-۳- طبقه‌بندی ماشین‌های بردار پشتیبان

روش ماشین‌های بردار پشتیبان یکی از روش‌های طبقه‌بندی نظارت‌شده خطی است. در روش SVM کلاس‌ها به وسیله ایجاد یک ابر صفحه از یکدیگر تفکیک می‌گردند

(Suykens and Vandewalle, 1999). سعی می‌گردد فاصله هر کلاس را تا ابر صفحه حداکثر گردد. داده‌های نقطه‌ای که به ابر صفحه نزدیک‌ترند، برای اندازه‌گیری این فاصله بکار می‌روند. از این‌رو، این داده‌های نقطه‌ای، بردارهای پشتیبان نام دارند. فرض کنید داده‌ها از دو کلاس تشکیل شده و کلاس‌ها در مجموع دارای $x_i (i=1, \dots, L)$ نقطه آموزشی باشند که x_i یک بردار است. این دو کلاس $y_i = \pm 1$ برچسب زده می‌شوند. برای محاسبه مرز تصمیم‌گیری دو کلاس کاملاً جدا از هم، از روش حاشیه بهینه استفاده می‌شود. در این روش مرز خطی بین دو کلاس به گونه‌ای محاسبه می‌شود که دو شرط را داشته باشد. الف) تمام نمونه‌های کلاس $+1$ در یک طرف مرز و تمام نمونه‌های کلاس -1 در طرف دیگر مرز واقع شوند. ب) مرز تصمیم‌گیری به گونه‌ای باشد که فاصله نزدیک‌ترین نمونه‌های آموزشی هر دو کلاس از یکدیگر در راستای عمود بر مرز تصمیم‌گیری تا جایی که ممکن است حداکثر شود. بنابراین هدف، حل یک مسأله دسته‌بندی دو کلاسه به صورت بهینه است. فرض کنید این دو کلاس با تابع تمایز به صورت رابطه ۵ و با فوق رویه با رابطه ۶ از یکدیگر تفکیک می‌شوند (Furey et al., 2000):

$$f(x) = \text{sign}(w \cdot x + b) \quad (5)$$

$$H: w \cdot x + b = 0 \quad (6)$$

بردار وزن w ، عمود بر فوق رویه جداکننده و b ، مقدار Biss است و منظور از $w \cdot x$ حاصلضرب داخلی است. در واقع چنانچه $\|w\|$ حداقل شود، طبقه‌بندی کننده نیز حداقل می‌گردد:

$$\|w\| = \left(\sum_{i=1}^d w_i^2 \right)^{1/2} \quad (7)$$

اولین مرحله برای محاسبه مرز تصمیم‌گیری بهینه، پیدا کردن نزدیک‌ترین نمونه‌های آموزشی دو کلاس است. در مرحله بعد فاصله آن نقاط از هم در راستای عمود بر مرزهایی که دو کلاس را به طور کامل جدا می‌کنند، محاسبه می‌شوند. مرز تصمیم‌گیری بهینه، مرزی است که حداکثر حاشیه را داشته باشد.

باند‌های طیفی تصاویر سگمنت‌بندی انجام گردید. باید به این نکته اشاره نمود که استفاده از این خواص جهت سگمنت‌بندی مزیت این طبقه‌بندی محسوب می‌شود (Petropoulos et al., 2012; Agarwal et al., 2013). در مرحله بعد طبقه‌بندی، قطعات تولید شده (سگمنت‌ها) در کلاس‌هایی با خواص یکسان انجام گردید. برای این منظور، روش‌های گوناگونی نظیر نزدیک‌ترین همسایگی، درخت تصمیم، فازی، ماشین بردار پشتیبان (SVM) و یا ترکیبی از آن‌ها ارائه شده است (Lu et al., 2011) که در تحقیق حاضر از روش SVM جهت طبقه‌بندی استفاده گردید که سایر محققین دیگر بر عملکرد بهتر آن نسبت به سایر روش‌ها اذعان دارند. برای مثال Qian et al. (2015) چهار الگوریتم (SVM، NB، CART، KNN) را برای طبقه‌بندی با رویکرد شیء‌گرا مورد ارزیابی قرار دادند که نتایج حاکی از عملکرد (بالای ۹۰٪) این روش نسبت به سایر روش‌های CART، NB و KNN بود.

به صورت کلی روند اجرای این مدل به منظور تعیین کاربری اراضی در شکل ۳ قابل مشاهده است. بر طبق مراحل نشان داده شده در این شکل، ابتدا در مرحله پیش پردازش تصاویر کالیبره و اثرات اتمسفری با استفاده از روش QUICK از آن‌ها حذف گردید. سپس شاخص‌های گیاهی و لایه‌های موردنظر تولید گردید. در مرحله بعد هفتاد درصد از داده‌های مشاهداتی جهت آموزش مدل برای سگمنت‌بندی تصاویر در کاربری‌های مختلف به مدل معرفی گردید. در ادامه با استفاده از روش SVM طبقه‌بندی انجام شد. در انتها نیز با استفاده از سی درصد داده‌های مشاهداتی باقی مانده، چهار پارامتر آماری شامل دقت کلی^{۱۳}، ضریب کاپا^{۱۴}، دقت کاربر^{۱۵} و دقت تولید کننده^{۱۶} محاسبه و طبقه‌بندی انجام شده ارزیابی گردید. قابل ذکر است که تمامی روابط این چهار پارامتر در پیوست ۱ قابل مشاهده است.

۳- نتایج و تحلیل نتایج

۳-۱- مقایسه روش‌های پیکسل پایه و شیء‌گرا

در این بخش از تحقیق، ابتدا دقت روش‌های پیکسل پایه و شیء‌گرا در تولید نقشه‌های کاربری اراضی مقایسه و ارزیابی می‌شوند که نتایج در جدول ۲ قابل مشاهده هستند.

بر اساس دو پارامتر آماری ضریب کاپا و دقت کلی به ترتیب بیشترین دقت، مربوط به روش‌های شیء‌گرا (با تابع ماشین بردار پشتیبان)، ماشین بردار پشتیبان، حداکثر شباهت و ماهالانوبیس می‌باشد. با توجه به این جدول، از مقایسه دو پارامتر ارزیابی، می‌توان نتیجه گرفت که روش شیء‌گرا در طبقه‌بندی تمام کلاس‌ها حتی پدیده‌های مربوط به

۲-۵- روش شیء‌گرا

در این روش، پیکسل‌های مجاور با ارزش اطلاعاتی (منابع مختلف مکانی و طیفی) یکسان؛ یک واحد مجزا می‌باشند که به این واحدها سگمنت یا قطعه^۶ اطلاق می‌گردد. به طور کلی این روش، از دو فرآیند کلی قطعه‌بندی و طبقه‌بندی^۷ تشکیل شده است (Yan, 2003). در این رویکرد برای طبقه‌بندی تصاویر علاوه بر استفاده از پارامتر طیفی، از پارامترهای فیزیکی و هندسی پدیده‌ها نیز برای ساخت سگمنت‌ها استفاده می‌شود. در تحقیق حاضر نیز ابتدا با استفاده از پارامترهای شکل، فشردگی، رنگ، مدل ارتفاعی رقومی (DEM^۸)، سبزی‌بندی (Greenness) و شاخص گیاهی دیگر (همانند NDVI^۹)، علاوه بر

نمود. یعنی روش شیء‌گرا با استفاده از شکل منظم زمین‌های کشاورزی علاوه بر خصوصیات دیگر طیفی توانسته در تشخیص این کاربری نتایج بهتری داشته باشد. اما همان‌طور که از اطلاعات ارائه شده از این جدول نیز می‌توان استنباط نمود، این روش طبقه‌بندی در تفکیک مراتع از اراضی دیم و حتی بعضاً از زمین‌های کشاورزی، دارای عملکرد متوسطی است که علت آن را می‌توان، اختلال خصوصیات طیفی و بافت یکسان این دو کلاس بیان نمود. نکته‌ای که در گزارش تحقیق‌های مشابه نیز به آنها اشاره شده است (GHahfarokhi et al., 2009). اما روش شیء‌گرا در این دو کلاس نیز نسبت به روش‌های پیکسل‌پایه از نتایج بهتری برخوردار است.

کلاس‌هایی که دارای پوشش و بافت یکسان هستند نیز، از عملکرد مناسب‌تری نسبت به روش‌های پیکسل‌پایه برخوردار می‌باشد. مسلماً بخشی از این کارکرد به ویژگی‌های موجود در روش شیء‌گرا بازمی‌گردد که علاوه بر خصوصیات طیفی؛ از خصوصیات فشردگی، رنگ و شکل مربوط به پدیده‌های مختلف در تصاویر نیز استفاده می‌نماید.

همان‌گونه که در جدول ۲ نشان داده شده، صحت روش شیء‌گرا در تفکیک کاربری اراضی خصوصاً کلاس اراضی کشاورزی نسبت به سایر روش‌های بیشتر است. دلیل آن را می‌توان استفاده از ویژگی شکل و رنگ زمین‌های کشاورزی در جهت عملکرد این روش بیان

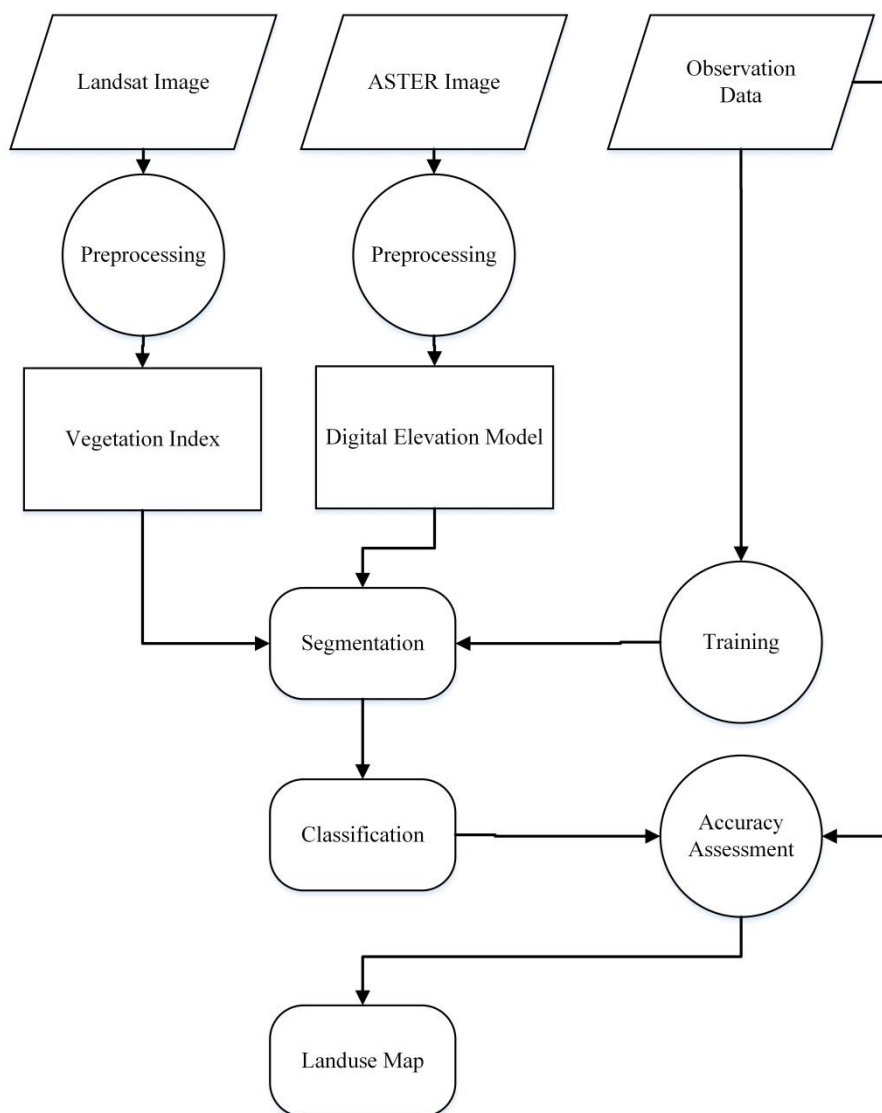


Fig. 3- The workflow of the object-oriented methodology used to determine land use maps
 شکل ۳- مراحل اجرای تحقیق به منظور تعیین نقشه کاربری اراضی به روش شیء‌گرا

Table 2- Producer accuracy, user precision, Kappa coefficient, and overall accuracy over different land-use

جدول ۲- مقادیر دقت تولید کننده، دقت کاربر، ضریب کاپا و دقت کلی کاربری‌های مختلف

Method		Statistic Parameter	Bare Land and poor Rangeland	Water	Forest	Agriculture	Rainfed	Grassland	Wetland	Overall Accuracy	Kappa coefficient
Algorithm	Approach										
Mahalanobis Distance		Producer's Accuracy	39.8	87.7	75.0	90.9	64.2	52.4	69.6	0.73	0.63
		User's Accuracy	49.2	85.2	95.2	81.2	83.3	56.3	50.9		
Maximum Likelihood	Pixel-Based	Producer's Accuracy	18.5	90.2	83.2	91.7	84.0	65.6	76.1	0.83	0.77
		User's Accuracy	30.3	94.5	96.9	92.2	95.0	74.0	65.8		
Support Vector Machine		Producer's Accuracy	48.9	93.2	88.3	91.4	98.2	68.5	78.2	0.84	0.79
		User's Accuracy	69.0	98.3	97.7	95.8	82.6	64.2	65.4		
Support Vector Machine	Objected-Oriented	Producer's Accuracy	97.8	90.0	82.9	97.9	90.4	100.0	74.3	0.86	0.81
		User's Accuracy	72.5	95.8	72.5	99.7	98.3	100.0	59.5		

حوضه رخ نداده است. این مطلب در مصاحبه‌های میدانی نیز مورد اشاره قرار گرفت. اما، مقایسه جزئی کلاس‌های مختلف نمایانگر تغییراتی است. به‌طور مثال پوشش اراضی در کلاس‌های چمن‌زار، دیم و جنگل دارای کاهش و اراضی کشاورزی دارای افزایش می‌باشند. بیشترین تغییر سطح پوشش حوضه دریاچه وان به لحاظ وسعت مربوط به توسعه مراتع ضعیف بوده که از وسعت ۹۳۲۳ به ۱۰۱۳۳ کیلومتر مربع افزایش یافته است. همچنین، کاهش سایر کلاس‌ها خصوصاً اراضی دیم و مراتع با پوشش خوب (مرغزار و چمن‌زارها) مشاهده می‌گردد. لازم به ذکر است که مقادیر بدست آمده در این تحقیق با اطلاعات مؤسسه آمار ترکیه (<http://tuik.gov.tr>) نیز ارزیابی گردید، به‌عنوان مثال این موسسه، سطوح اراضی دیم و کشاورزی را برای سال ۲۰۰۷ به ترتیب برابر با ۱۵۵۴/۴ و ۸۴۵/۱ کیلومتر مربع گزارش نموده که در تحقیق حاضر سطوح اراضی مذکور حدود ۱۴۵۷/۰ و ۸۶۱/۹ کیلومتر مربع در این سال برآورد گردید که از همخوانی مناسبی برخوردار می‌باشد. بیشترین تغییرات نیز مربوط به کاهش اراضی جنگلی می‌باشد که وسعت این اراضی در طی این ۲۰ سال به میزان ۵۰ درصد کاهش یافته است. طبق مطالعات میدانی، از آنجایی که جنگل‌ها استتاری برای معارضین بوده‌اند، در نتیجه بخشی از آنها توسط دولت ترکیه به‌صورت خود آگاه حذف شده است.

همانگونه که در متون فوق نیز ذکر گردید، تغییرات بخش کشاورزی در حوضه آبریز وان زیاد نیست. این تغییرات حدوداً برابر ۱۳/۵ درصد است که در سراسر این حوضه آبریز نیز یکسان نیستند. از قابل توجه‌ترین مناطقی که جهت کشاورزی به‌صورت قابل توجه توسعه داده شده‌اند می‌توان به اراضی نزدیک سد Koçköprü اشاره نمود که بعد از احداث این سد با سرعت زیاد گسترش یافتند. در شکل ۵

با این وجود نتایج نشان می‌دهند، هنگام استفاده از روش شی‌گرا برای تفکیک کلاس‌های دیم باید با احتیاط بیشتری انجام گردد این مطلب در بررسی‌های دیگر نیز بیان شده است (Faroukhnia, 2014).

نکته قابل توجه دیگر این است که الگوریتم SVM در هر دو رویکرد طبقه‌بندی پیکسل پایه و شی‌گرا به لحاظ دقت برآورد از عملکرد مناسبی برخوردار می‌باشد (جدول ۲) که در تحقیق Duro et al. (2012) نیز به این موضوع اشاره شده است. اما این الگوریتم در طبقه‌بندی با رویکرد پیکسل پایه نسبت به شی‌گرا، زمان بسیار زیادتری احتیاج دارد که این موضوع استفاده از آن را برای روش پیکسل پایه به شدت محدود می‌سازد. در مجموع نتایج بدست آمده نشان می‌دهند، کارایی روش شی‌گرا در طبقه‌بندی کاربری اراضی نسبت به روش‌های پیکسل پایه حتی با الگوریتم طبقه‌بندی یکسان (SVM)، تقریباً در تمامی حالات بهتر بوده است. از این رو برای طبقه‌بندی کاربری اراضی در کل حوضه آبریز دریاچه وان در دو مقطع زمانی مورد نظر، از این روش جهت تحلیل تغییرات استفاده می‌گردد.

۲-۳- بررسی سطح کلاس‌های کاربری اراضی حوضه وان در ۱۹۸۷ تا ۲۰۰۷

بعد از انتخاب روش شی‌گرا به‌عنوان روش برتر، مساحت کاربری‌های مختلف اراضی مختلف برای سال‌های ۱۹۸۷ و ۲۰۰۷ برآورد گردید. مساحت هفت کلاس طبقه‌بندی در حوضه آبریز دریاچه وان، با استفاده از روش شی‌گرا، برای سال‌های ۱۹۸۷ و ۲۰۰۷ در شکل ۴ قابل مشاهده است. مقایسه نتایج در این حوضه آبریز طی دوره ۲۰ ساله نشان می‌دهد که تفاوت محسوس و وسیع به لحاظ کاربری اراضی در

نمایانگر تغییرات بعد از احداث این سد می‌باشند (در محدوده مستطیل قرمز رنگ).

سگمنت‌بندی تصاویر و تغییرات حوضه وان برای این محدوده طی سال‌های ۱۹۸۷ و ۲۰۰۷ آمده است که در قسمت الف مربوط به سال ۱۹۸۷ و قسمت ب مربوط به سال ۲۰۰۷ می‌باشد، که به خوبی

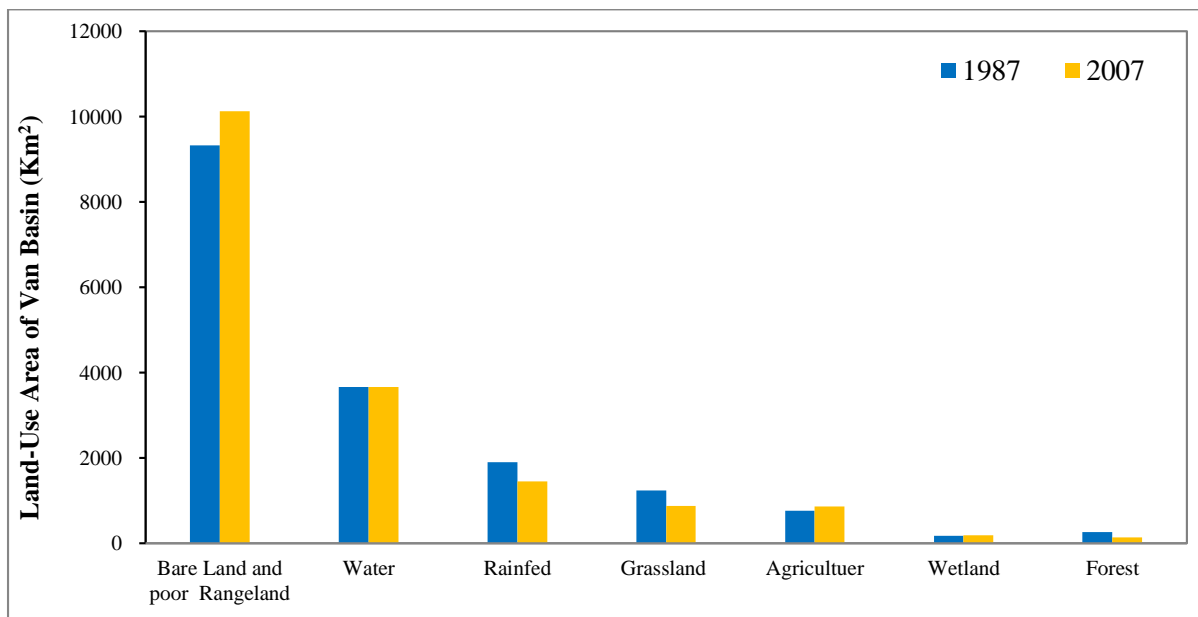


Fig. 4- The area of each land use in the Van basin for the years 1987 and 2007 obtained from object-oriented classification (km²)

شکل ۴- مساحت هریک از کاربری اراضی در حوضه دریاچه وان برای سال‌های ۱۹۸۷ و ۲۰۰۷ با استفاده از روش شی‌گرا (کیلومتر مربع)

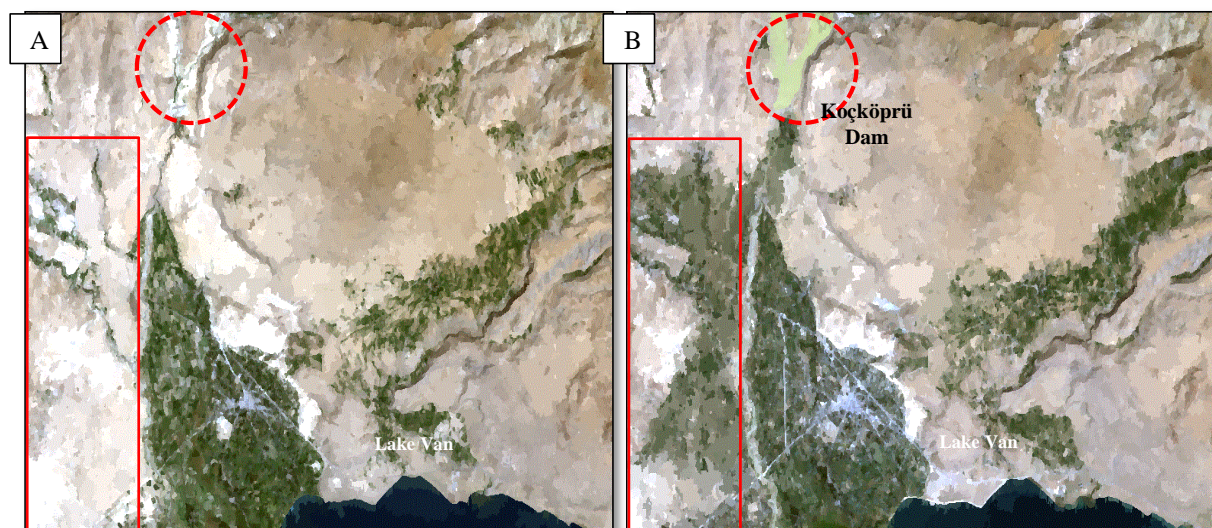


Fig. 5- Water and vegetation area changes A) before (06 Jun 1987) and B) after (29 Jun 2007) construction of Koçköprü dam in the Van basin

شکل ۵- تغییرات سطح آب و پوشش گیاهی در سگمنت‌بندی تصاویر A) قبل (۰۶ ژوئن ۱۹۸۷) و B) بعد (۲۹ ژوئن ۲۰۰۷) از احداث سد Koçköprü در حوضه وان

۳-۳- بررسی تغییرات کاربری اراضی حوضه وان و ارومیه طی سال‌های ۱۹۸۷ تا ۲۰۰۷

برای این بخش مقایسه تغییرات کاربری اراضی دو حوضه، براساس نتایج تحقیق حاضر برای وان و تحقیق (Faroukhnia 2014) برای ارومیه بین سال‌های ۱۹۸۷-۲۰۰۷ ارائه می‌گردد (شکل ۶). متذکر می‌شود، در این ارزیابی تنها تغییرات کاربری اراضی دیم، کشت آبی، مرتع و پیکره‌های آبی مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفته‌است که عامل انسانی در تغییرات آن‌ها نقشی تعیین کننده ایفا می‌نماید.

شکل ۶ نشان می‌دهد که اراضی کشاورزی آبی حد فاصل این دوره در حوضه دریاچه ارومیه و وان به ترتیب ۳۱/۸٪ و ۱۳/۵٪ رشد داشته است. این افزایش در حوضه ارومیه برابر ۱۳۶۷۰۰ هکتار و در وان برابر ۱۰۲۰۰ هکتار می‌باشد، به عبارتی دیگر در حوضه ارومیه میزان افزایش تغییرات توسعه کشاورزی به لحاظ وسعت حدود ۱۳ برابر حوضه وان بوده است که میزان قابل توجهی می‌باشد. افزایش ۲۳/۳٪ اراضی دیم در حوضه ارومیه و کاهش ۲۳/۵٪ در وان دیگر رخداد قابل توجه می‌باشد.

تغییرات در این کاربری، برروی پوشش مراتع در دو حوضه تأثیر مستقیم گذاشته به نحوی که مراتع با پوشش کم در ارومیه ۸/۵٪ کاهش و در وان ۸/۷٪ افزایش داشته است. نتایج نیز کاهش ۱۵/۱٪

سطح آبی (دریاچه و سدها) در حوضه ارومیه را گویا است، سطوح آبی در حوضه وان نیز به میزان ناچیزی (۰/۲٪) افزایش داشته است.

۴- خلاصه و جمع‌بندی

این تحقیق با هدف مقایسه روش‌های پیکسل‌پایه و شی‌گرا جهت بررسی و ارزیابی تغییرات کاربری اراضی در حوضه وان ترکیه به انجام رسید. اطلاعات میدانی مورد نیاز تحقیق با کارهای میدانی مستقیم در حوضه وان و برخی آمارهای محلی به انجام رسید. در ادامه نیز مقایسه‌ای بین نتایج این مطالعه و تحقیق (Faroukhnia 2014) در تعیین تغییرات کاربری اراضی حوضه ارومیه صورت گرفت. نتایج زیر از این تحقیق قابل ارائه می‌باشد:

۱) کاربری اراضی در حوضه وان با استفاده از سه روش ماهالانویس، حداکثر شباهت و الگوریتم ماشین بردار پشتیبان مبتنی بر رویکرد پیکسل‌مینا، برآورد و سپس با الگوریتم طبقه‌بندی ماشین بردار پشتیبان مبتنی بر رویکرد شی‌گرا در سال ۲۰۰۷ مورد مقایسه قرار گرفت. به‌منظور ارزیابی این چهار روش، از چهار شاخص دقت تولید کننده، دقت کاربری، ضریب کاپا و دقت کلی استفاده شد. نتایج نشان داد که بیشترین دقت به‌ترتیب مربوط به روش‌های شی‌گرا، ماشین بردار پشتیبان، حداکثر شباهت و ماهالانویس می‌باشد.

۲) کارکرد روش شی‌گرا در تعیین کاربری کشاورزی حوضه وان در سال ۲۰۰۷ نشان داد که سطح اراضی دیم و آبی به ترتیب ۱۴۵۷/۰ و ۸۶۱/۹ کیلومتر مربع بوده است.

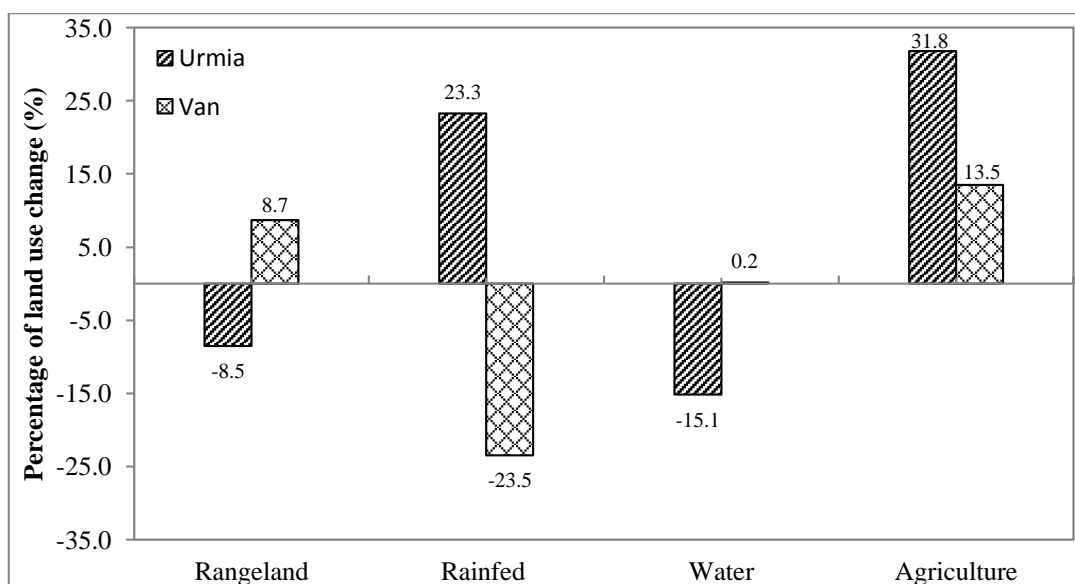


Fig. 6- Diagrammatic illustration of land use/cover change in percent during the last two decades (1987-2007) in Urmia and Van Basins

شکل ۶- مقایسه درصد تغییرات کاربری کاربری‌های مختلف در حوضه‌های ارومیه و وان طی ۲۰ سال (۱۹۸۷ لغایت ۲۰۰۷)

طبقه‌بندی را نسبت به حالتی که یک تصویر کاملاً به صورت تصادفی طبقه‌بندی شود، به دست می‌دهد. برآوردهای کاپا، با استفاده از عناصر ماتریس خطا عبارت است از:

$$\hat{K} = \frac{N \sum_{i=1}^r X_{ii} - \sum_{i=1}^r X_{i+} X_{+i}}{N^2 - \sum_{i=1}^r X_{i+} X_{+i}} \quad (9)$$

که در آن N تعداد کل پیکسل‌های واقعیت زمینی، X_{i+} مجموع عناصر سطر iام و X_{+i} مجموع عناصر ستون iام می‌باشند. به این ترتیب یک کاپا معادل ۷۵ درصد به این معنی است که نتایج طبقه‌بندی ۷۵ درصد بهتر از موقعیت است که پیکسل‌ها به طور تصادفی برچسب‌دهی شوند (Hashemian, 2004).

۵-۱-۳- دقت کاربر و دقت تولید کننده

دقت کاربر بیانگر احتمال طبقه‌بندی یک کلاس خاص مطابق با همان کلاس در نقشه واقعیت زمینی است در واقع دقت کاربر معادل نسبت پیکسل‌های صحیح طبقه‌بندی شده به مجموع پیکسل‌های یک سطر (کلاس) می‌باشد:

$$U.A._i = \frac{X_{ii}}{\sum_{j=1}^r X_{ij}} \quad (10)$$

دقت تولید کننده بیانگر دقت طبقه‌بندی پیکسل‌های مربوط به یک کلاس خاص در نقشه واقعیت زمینی می‌باشد. به بیان دیگر این عدد بیانگر احتمال این است که طبقه‌بندی کننده پیکسلی را به یک کلاس خاص نسبت داده باشد، در صورتی که کلاس واقعی آن مشخص باشد. محاسبه دقت تولید کننده برای هر کلاس به صورت زیر خواهد بود.

$$P.A._j = \frac{X_{jj}}{\sum_{i=1}^r X_{ij}} \quad (11)$$

پی‌نوشت‌ها

- 1- Pixel Based
- 2- Object Oriented
- 3- Mahalanobis Distance (MD)
- 4- Maximum Likelihood (ML)
- 5- Support Vector Machine (SVM)
- 6- Segmentation
- 7- Classification
- 8- Digital Elevation Model (DEM)
- 9- Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)
- 10- Normal Bayes (NB)
- 11- Classification and Regression Tree (CART)
- 12- Nearest Neighbor (KNN)

این مقادیر براساس اطلاعات دریافتی از مؤسسه آمار ترکیه برابر با ۱/۸۴۵ و ۴/۱۵۵۴ کیلومتر مربع بوده که همخوانی قابل قبولی دارند. همچنین نتایج نشان داد که سطوح جنگلی کاهش یافته که با بازدیدهای میدانی و گزارشاتی که مبنی بر حذف آنها به دلیل بحث‌های امنیتی بوده، دارای همخوانی مناسبی است.

(۳) نتایج این مطالعه و مقایسه آن با نتایج تحقیق (Faroukhnia 2014) روی حوضه ارومیه که هم به لحاظ زمانی و هم روش‌شناسی یکسان بودند، موید توسعه گسترده‌تر اراضی کشاورزی در حوضه دریاچه ارومیه می‌باشد. در حالی که در حوضه وان طی سال‌های ۱۹۸۷ و ۲۰۰۷ افزایش سطح زیر کشت آبی حدود ۱۰۰۰۰ هزار هکتار برآورد گردید، در حوضه دریاچه ارومیه این تغییرات حدود ۱۳۰ هزار هکتار بوده است. تفاوت عمده دیگر نیز مربوط به باغات می‌باشد، که با ۲۷۳٪ افزایش از ۳۵۱۳ به ۱۳۱۲۰ هکتار رسیده است، در حالی که این تفاوت در وان بسیار ناچیز بوده است.

۵- پیوست

۵-۱-۱- شاخص‌های ارزیابی

در تحقیق حاضر جهت ارزیابی نتایج روش‌های مختلف کاربری اراضی از چهار آماره استفاده گردید که شامل دقت تولید کننده، دقت کاربر، ضریب کاپا و دقت کلی می‌باشند که در دامه نحوه محاسبه آن‌ها ارائه گردیده است.

۵-۱-۱-۱- دقت کلی

دقت کلی، میانگینی از دقت طبقه‌بندی است که نسبت پیکسل‌های صحیح طبقه‌بندی شده به جمع کل پیکسل‌های معلوم را نشان می‌دهد و به صورت زیر محاسبه می‌گردد:

$$O.A. = \frac{\sum_{i=1}^c E_{ii}}{N} \quad (8)$$

که در آن C تعداد کلاس‌ها، N تعداد کل پیکسل‌های معلوم، E_{ii} اعضای قطر اصلی ماتریس خطا و O.A. دقت کلی طبقه‌بندی می‌باشد. دقت کلی بالا، زمانی با ارزش و قابل اعتماد می‌باشد که دقت هر یک از طبقات نیز حتی‌الامکان بالا باشد (Fateme and Rezaee, 2010).

۵-۱-۲- ضریب کاپا

ضریب کاپا دقت طبقه‌بندی را نسبت به یک طبقه‌بندی کاملاً تصادفی محاسبه می‌کند (Richards, 1995). به این معنی که مقدار کاپا دقت

- information system. *Journal of Remote Sensing and GIS in Natural Resources Science 2* (In Persian)
- Liu D and Xia F (2010) Assessing object-based classification: advantages and limitations. *Remote Sensing Letters 1*:187-194
- Mallinis G, Koutsias N, Tsakiri-Strati M, and Karteris M (2008) Object-based classification using Quickbird imagery for delineating forest vegetation polygons in a Mediterranean test site ISPRS. *Journal of Photogrammetry and Remote Sensing 63*:237-250
- Nazmfar RMRBF (2010) Land use /land cover classification based on Object-oriented technique and satellite image Case study: West Azerbaijan Provinces. *Watershed Management Researches Journal* (In Persian)
- Omidipour R, Moradi H, and Arkhi S (2013) Comparison of pixel base and object-oriented classification methods for land use mapping using satellite data. *Journal of Remote Sensing and GIS 5* (In Persian)
- Paola JD and Schowengerdt RA (1995) A detailed comparison of backpropagation neural network and maximum-likelihood classifiers for urban land use classification. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing 33*:981-996
- Petropoulos GP, Kalaitzidis C, and Prasad Vadrevu K (2012) Support vector machines and object-based classification for obtaining land-use/cover cartography from Hyperion hyperspectral imagery. *Computers & Geosciences 41*:99-107
- Platt RV and Schoennagel T (2009) An object-oriented approach to assessing changes in tree cover in the Colorado Front Range 1938–1999. *Forest Ecology and Management 258*:1342-1349
- Qian Y, Zhou W, Yan J, Li W, and Han L (2015) Comparing machine learning classifiers for object-based land cover classification using very high resolution imagery. *Remote Sensing 7*:153-168
- Rahimpour M (2015) Trends assessment of changes in water budget components and land use of Lake Urmia (Iran) and Lake Van (Turkey) basins using remote sensed data. *Tarbiat Moodares University* (In Persian)
- Ramezani N, Parsley R, and Isanlou A (2011) Study of land use change detection in the Esfarayen area of North Khorasan during the past four decades. *Journal of Remote Sensing and GIS 3* (In Persian)
- Reusing M (2000) Change detection of natural high forests in Ethiopia using remote sensing and GIS techniques. *International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing 33*:1253-1258
- 13- Overall Accuracy
- 14- Kappa Coefficient
- 15- User's Accuracy
- 16- Producer's Accuracy

۶- مراجع

- Agarwal S, Vailshery LS, Jaganmohan M, and Nagendra H (2013) Mapping urban tree species using very high resolution satellite imagery: comparing pixel-based and object-based approaches. *ISPRS International Journal of Geo-Information 2*:220-236
- Chen M, Su W, Li L, Zhang C, Yue A, and Li H (2009) Comparison of pixel-based and object-oriented knowledge-based classification methods using SPOT5 imagery WSEAS. *Transactions on Information Science and Applications 6*:477-489
- Faroukhnia A (2014) Assessment of land use change and trend in climatological variables on Lake Urmia. *Watershed Hydrology* (In Persian)
- Fatemi SB and Rezaei y (2010) Principles of remote sensing. *Azadeh Publications* (In Persian)
- Furey TS, Cristianini N, Duffy N, Bednarski DW, Schummer M, and Haussler D (2000) Support vector machine classification and validation of cancer tissue samples using microarray expression data. *Bioinformatics 16*:906-914
- GHahfarokhi S, Soltani S, KHajeddin SJ, Rayegani B (2009) Investigation of land use changes in Qale Shahrokh Basin using remote sensing. *Journal of Water and Soil Science 13*(47):349-365 (In Persian)
- Geneletti D and Gorte B (2003) A method for object-oriented land cover classification combining Landsat TM data and aerial photographs. *International Journal of Remote Sensing 24*:1273-1286
- Hosseini MH, Hosseini HH, Shayegan M, Vatnefda A, and Najafi A (2013) Study of land use change in Kajki dam of Hirmand basin of Afghanistan using the most similar categorization decision tree and support vector machines. *Journal of Remote Sensing and GIS 5* (In Persian)
- Hussain M, Chen D, Cheng A, Wei H and Stanley D (2013) Change detection from remotely sensed images: From pixel-based to object-based approaches ISPRS. *Journal of Photogrammetry and Remote Sensing 80*:91-106
- Jensen L and Gorte B (2001) Principle of remote sensing. Chapter 12 Digital image classification, ITC Enchede, The Netherlands
- Kazemi M, Mahdavi J, Noahiher A, and Rezaei P (2011) Estimation of land cover and land use change detection using remote sensing and geographic

- Van Coillie FM, Verbeke LP, and De Wulf RR (2007) Feature selection by genetic algorithms in object-based classification of IKONOS imagery for forest mapping in Flanders Belgium. *Remote Sensing of Environment* 110:476-487
- Wang L, Sousa W, and Gong P (2004) Integration of object-based and pixel-based classification for mapping mangroves with IKONOS imagery. *International Journal of Remote Sensing* 25:5655-5668
- Yan G (2003) Pixel based and object oriented image analysis for coal fire research. Enschede Holanda
- Yu Q, Gong P, Clinton N, Biging G, Kelly M, and Schirokauer D (2006) Object-based detailed vegetation classification with airborne high spatial resolution remote sensing imagery. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing* 72:799-811
- Yuan F, Sawaya KE, Loeffelholz BC, and Bauer ME (2005) Land cover classification and change analysis of the Twin Cities (Minnesota) Metropolitan Area by multitemporal Landsat remote sensing. *Remote Sensing of Environment* 98:317-328
- Roy P, Ranganath B, Diwakar P, Vohra T, Bhan S, Singh I, and Pandian V (1991) Tropical forest type mapping and monitoring using remote sensing. *Remote Sensing* 12:2205-2225
- Rozenstein O and Karnieli A (2011) Comparison of methods for land-use classification incorporating remote sensing and GIS inputs. *Applied Geography* 31:533-544
- Sabzghabaei G, Jafarzadeh K, Dashti S, Khanghah SY, and Baleshti MB (2017) Land use change detection using remote sensing and GIS (Case study: Qhaemshahr city). *Journal of Environmental Science and Technology* 19
- Shah NK and Gemperline PJ (1990) Combination of the Mahalanobis distance and residual variance pattern recognition techniques for classification of near-infrared reflectance spectra. *Analytical Chemistry* 62:465-470
- Strahler AH (1980) The use of prior probabilities in maximum likelihood classification of remotely sensed data. *Remote Sensing of Environment* 10:135-163
- Suykens JA and Vandewalle J (1999) Least squares support vector machine classifiers. *Neural Processing Letters* 9:293-300