

کشف و بازیابی تغییرات کاربری و پوشش اراضی شهر اصفهان به کمک سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی

حمیدرضا ربیعی¹، پرویز ضیائیان^{2*}، عباس علیمحمدی³

1- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد سنجش از دور و GIS، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران.

2- استادیار، گروه سنجش از دور، دانشگاه تربیت معلم، تهران، ایران.

3- استادیار، گروه سنجش از دور، دانشگاه صنعتی خواجه نصیر طوسی، تهران، ایران.

پذیرش: 83/6/30

دریافت: 82/11/19

چکیده

آشکار ساختن تغییرات یکی از نیازهای اساسی در مدیریت و ارزیابی منابع طبیعی است. بنابراین نقشه تغییرات کاربری را که نتیجه فرایند آشکار سازی تغییرات می‌باشد، می‌توان براساس تصاویر چند زمانه سنجش از دور تهیه کرد. لازم به ذکر است که روشهای متفاوت و گوناگونی برای آشکار سازی تغییرات و تحولات کاربریها ارائه شده است. در این تحقیق تغییرات، تحولات کاربری و پوشش اراضی منطقه اصفهان با استفاده از تصاویر سنجنده TM ماهواره لندست اخذ شد؛ سپس در سالهای 1998 و 1990 پردازش رقومی تصاویر ماهواره‌ای و سیستم اطلاعات جغرافیایی با بهره‌گیری از روشهای پیشرفته ارزیابی شد. در مرحله اول تصاویر یاد شده با استفاده از الگوریتمهای مناسب از لحاظ هندسی و رادیومتریک تصحیح شدند؛ آنگاه نمونه‌های آموزشی به صورت فازی در ده کلاس کاربری و پوشش به وسیله نرم‌افزار Idrisi ایجاد شدند. سپس هر تصویر به طور جداگانه با استفاده از الگوریتم حداکثر مشابهت طبقه‌بندی شد. در مرحله بعد تصاویر طبقه‌بندی شده به کمک روش مقایسه پس از طبقه‌بندی¹ مقایسه شدند. نتایج به دست آمده نشان‌دهنده تغییر وسیع کاربری اراضی کشاورزی مجاور شهر اصفهان به منطقه مسکونی در طول هشت سال می‌باشد. در این صورت توصیه می‌شود مدیران و برنامه‌ریزان به نظارت هر چه بیشتر بر روند تخریب اراضی کشاورزی در این منطقه توجه کنند.

E-mail: Parviz8@hotmail.com

* نویسنده مسؤول مقاله:

1. post- classification comparison

کلید واژه‌ها: سنجش از دور، آشکارسازی تغییرات، کاربری و پوشش اراضی، لندست، اصفهان.

1- مقدمه

آشکارسازی تغییرات شامل کاربرد مجموعه داده‌های چند زمانه به منظور مشخص کردن مناطقی است که کاربری و پوشش زمینی آنها در تاریخهای مختلف تصویربرداری تغییراتی داشته‌اند. این تغییرات ممکن است ناشی از تغییرات پوشش در کوتاه مدت مانند برف، سیلاب، تغییرات، کاربری چون توسعه شهری و تبدیل اراضی کشاورزی به کاربریهای مسکونی و صنعتی باشد [1].

انتخاب روش و الگوریتم برای بازیابی و کشف این تغییرات به دلیل تأثیر در نتیجه آشکارسازی، اقدامی مهم و اساسی است؛ زیرا که روش انتخاب شده جهت بازیابی و کشف تغییرات با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای در نتایج به دست آمده و تفسیر و تحلیل آنها تأثیر قابل ملاحظه‌ای دارد [2]. مهمترین روشهای بارزسازی تغییرات عبارتند از:

1. تفاضل تصاویر؛ 2. تقسیم تصاویر؛ 3. تحلیل مؤلفه‌های اصلی؛ 4. استفاده از منطق فازی؛ 5. مقایسه پس از طبقه‌بندی و 6. طبقه‌بندی طیفی - زمانی.

استفاده از سیستمهای اطلاعات جغرافیایی GIS و داده‌های حاصل از سنجش از دور می‌تواند در موقعیتهایی که در آنها چشم‌انداز در طول زمان در نتیجه فرایندهایی از قبیل فرسایش، جنگل زدایی، رشد مناطق شهری و ... سریعاً تغییر می‌کنند و دریافتن تنوع الگوهای مکانی، تجزیه و تحلیل علت تغییرات، ارزیابی و پیش‌بینی آثار ناشی از این تغییرات و مدلسازی آنها مؤثر واقع شود. در این زمینه محققان بسیاری با استفاده از روشهای متعدد پردازش تصویر و تجزیه و تحلیل‌های مکانی مناسب در سیستم اطلاعات جغرافیایی به آشکارسازی تغییرات کاربری و پوشش اراضی مناطق مختلف جهان پرداخته‌اند [2,3,4,5,6].

2- مواد و روشها

2-1- داده‌های مورد استفاده

– نقشه‌های توپوگرافی به مقیاس 1:25000 و به شماره‌های (6353SE, 63553NM, 6355NE و 6355SE) سازمان نقشه‌برداری.

- عکسهای هوایی به مقیاس متوسط 1:40000 که به وسیله سازمان نقشه برداری کشور در سال 1370 تهیه شده است.

- تصاویر ماهواره‌ای مربوط به سنجنده TM سالهای 1998 و 1990 که در دو تاریخ (1990/9/17 و 1998/5/18) از مرکز سنجش از دور اخذ شده‌اند.

2-2 نرم افزارها و سخت افزارهای استفاده شده

برای این تحقیق از نرم افزارهای Geomatica نسخه 8/2، Erdas نسخه 8/4، ER- Mapper نسخه 6/2، Idrisi نسخه 3/2 و یک دستگاه رایانه مدل Pentium IV با واحد پردازش مرکزی Hard: 40 Giga، RAM: 256 Mega Byte، CPU: 1/7Giga و همچنین چاپگر برای گرفتن خروجی تصویر و اسکنر سخت افزارهای مورد استفاده قرار گرفتند.

2-3 منطقه مطالعه شده

شهر اصفهان در مرکز استان اصفهان به مختصات $52^{\circ} 01'$ طول جغرافیایی و $39^{\circ} 19'$ عرض جغرافیایی در منطقه جلگه‌ای حاشیه زاینده رود واقع شده است [7]. جمعیت شهرستان اصفهان 1610000 نفر (آمار سال 1377) است. ارتفاع متوسط این شهر از سطح دریا 1500 متر می باشد [7].

استان اصفهان با دارا بودن واحدهای بزرگ صنعتی کشور از قبیل کارخانه ذوب آهن، مجتمع عظیم فولاد مبارکه، پالایشگاه، صنایع پتروشیمی، کارخانه‌های سیمان، نیروگاههای عظیم تولید برق، کارخانه بزرگ پلی‌اکریل، کارخانه‌های نساجی و مناطق و شهرکهای صنعتی متعدد یکی از قطبهای بزرگ صنعتی کشور به شمار می‌رود [8].

در سالهای اخیر این شهر تاریخی دستخوش تغییرات فراوانی شده است و به دلیل وجود مراکز تولیدی و صنعتی متعدد جمعیت آن افزایش یافته است. منطقه مسکونی شهر نیز رشد چشمگیری پیدا کرده است که از نتایج آن تخریب بی‌رویه اراضی کشاورزی و پوشش گیاهی آن است. از دیگر تغییرات بارز در چشم‌انداز این شهر می‌توان به تبدیل باغها و اراضی بایر به منطقه مسکونی و نواحی صنعتی اشاره کرد.

3- روشهای انجام تحقیق (مراحل مطالعه)

- تعیین و تبیین هدف
 - انتخاب و تهیه داده‌های مورد نیاز
 - انتخاب روش آشکارسازی و طبقه‌بندی
 - بازدید اولیه از منطقه
 - تصحیحات رادیومتریکی
 - تصحیحات هندسی
 - شناسایی اولیه تغییرات کاربری
 - ایجاد نمونه‌های فازی به صورت فازی
 - طبقه‌بندی تصاویر
 - بازدید نهایی از منطقه
 - اعمال روش آشکارسازی طبقه‌بندی و تهیه نقشه نهایی تغییرات
- با توجه به هدف تحقیق که آشکارسازی تغییرات بر مبنای داده‌های ماهواره‌ای می‌باشد، روش طبقه‌بندی حداکثر احتمال و مقایسه پس از طبقه‌بندی برای بررسی انتخاب شد.

3-1- نرمال‌سازی رادیومتریکی

با توجه به اختلاف زمان تصویربرداری و زاویه تابش خورشید، ابتدا دو تصویر با استفاده از رابطه 1 نظر رادیومتریکی نرمال شدند.

$$\text{DN}_{\text{norm}} = (\text{DN} \cdot d^2) / (\cos \theta) \quad \text{رابطه 1}$$

DN: DN نرمال شده

d: از رابطه ذیل به دست می‌آید.

$$d = 1 / \{1 - 0.01674 \cos[0.9856(\text{JD} - 4)]\} \quad \text{رابطه 2}$$

JD: تعداد روز از اول ژانویه به بعد تا تاریخ تصویربرداری؛

θ : زاویه Zenith یا زاویه سمت الرأس (دو سرسو)؛

DN: درجه روشنایی داده اولیه.

که برای هر یک از تصاویر، مقدار زاویه θ از فایل راهنمای هر تصویر به شرح زیر استخراج شد:

$$\text{ZenithTm90} = 90 - 48 = 42 \rightarrow \text{Zenith tm90} = 42$$

رابطه 3

$$\text{ZenithTm98} = 90 - 63 = 27 \rightarrow \text{Zenith tm98} = 27$$

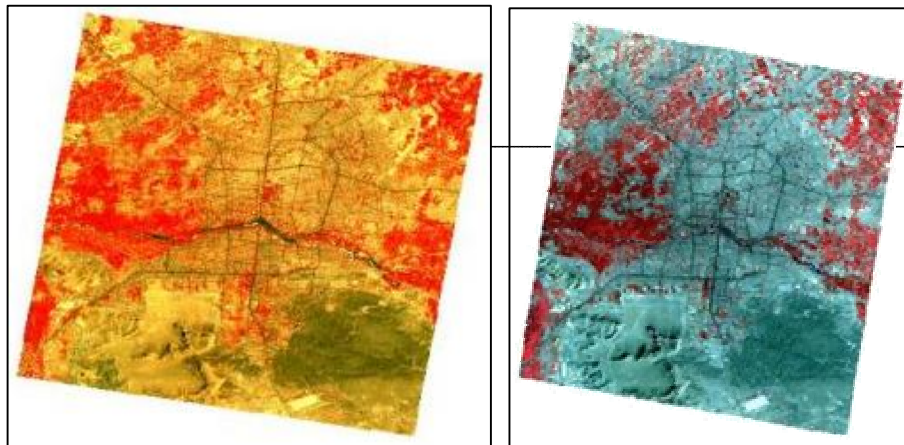
3-2- تصحیح هندسی و هم مختصات سازی تصاویر

برای هم مختصات سازی تصاویر ضروری است تا مغایرت موجود در تصاویر از کیفیت مناسبی برخوردار باشند. بنابراین قبل از انتخاب نقاط کنترل، ابتدا از روش کشیدگی خطی و آشکارسازی لبه¹ برای افزایش وضوح و کیفیت تصویر استفاده شد.

برای انجام عملیات بهبود کنتراست و آشکارسازی لبه و زمین مرجع کردن تصویر 90 TM از نرم افزارهای 1، 3، 8 و Erdas استفاده شد. برای انجام عملیات زمین مرجع کردن، 11 نقطه کنترل در منطقه مطالعه شده در تقاطع جاده خیابانها با پراکندگی مناسب انتخاب شدند. به دلیل اینکه منطقه مطالعه شده از ناهمواری کمی برخوردار است، روش معادلات چند جمله ای درجه اول به کار گرفته شد و روش درونیابی نزدیکترین همسایه برای بازنویسی درجه های روشنایی پیکسلها در تصویر استفاده شد. به دلیل اینکه روش نزدیکترین همسایه در مقایسه با روشهای دیگر، مقادیر پیکسل را کمتر تغییر می دهد و آسیب کمتری به دقت آشکارسازی وارد می کند [8].

در مرحله بعد تصویر TM98 با استفاده از 24 نقطه کنترل با توزیع مناسب و با استفاده از معادلات چند جمله ای درجه اول نسبت به تصویر TM90 تصحیح هندسی شد. روش درونیابی نزدیکترین همسایه برای بازنویسی درجه های روشنایی پیکسلها در تصاویر هم مختصات شده، استفاده شد.

از تصاویر تصحیح شده و هم مختصات حاصل از TM90 (شکل 1) و TM98 (شکل 2)، پنجره هایی به ابعاد 700×700 پیکسل (حدود 21 در 21 کیلومتر) که کل منطقه جغرافیایی مطالعه شده (شهر و محیط پیرامون) را پوشش می دهند، تفکیک و برای مطالعه استفاده شد.

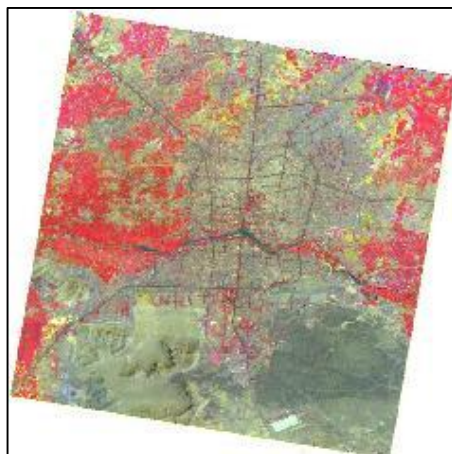


شکل 1 نقشه زمین مرجع منطقه مطالعه شده شکل 2 نقشه هم مختصات شده با ترکیب
با ترکیب بانندی (2-3-4)، 1990م. بانندی (2-3-4)، 1998م.

3-3- شناسایی اولیه تغییرات کاربری

در تولید تصاویر رنگی کاذب از یک تصویر معمولاً هر یک از باندها به یکی از سه رنگ اصلی آبی، سبز و قرمز اختصاص پیدا می‌کنند که از تصویر به دست آمده (که در حقیقت تصویر رنگی مجازی است) می‌توان برای تفسیر بصری استفاده کرد. برای تشخیص چشمی تغییرات در این تحقیق نیز از این روش استفاده شد [5].

در تصاویر مطالعه شده باند دوم از تصویر سال 1990م. به عنوان رنگ آبی و باندهای 3 و 4 از تصویر سال 1998م. به عنوان سطح تصویر سبز و قرمز برای تهیه تصویر رنگی کاذب استفاده شد. در این تصویر رنگهای زرد پر رنگ، گلی و نیلی نشان‌دهنده تغییرات هستند (شکل 3).



شکل 3 شناسایی اولیه تغییرات کاربری

3-4- طبقه بندی

- ساخت ترکیب رنگی مناسب
در نرم افزار Idrisi ابتدا ترکیبهای رنگی کاذب متعددی برای نمایش تصاویر ساخته شد. در نهایت دو ترکیب رنگی $(R=7, G=4, B=2)$ و $(R=4, G=3, B=2)$ به عنوان مناسبترین ترکیبهای رنگی برای نمایش انتخاب شدند.

3-5- انتخاب و جمع آوری نمونه های آموزشی

با استفاده از عکسهای هوایی، تفسیر بصری این عکسها و تصویر ماهواره ای TM90 و TM98 اقدام به انتخاب و جمع آوری نمونه های آموزشی به شکل چند ضلعی (پلیگون) با توزیع و پراکندگی مناسب در حدود 100 پلیگون برای هر تصویر شد که در انتها 10 کلاس آموزشی مشابه برای دو تصویر به صورت مجزا انتخاب و به صورت فازی ایجاد شد. برای انتخاب، کلاسهای منطقه مطالعه شده و تغییرات کاربری و پوشش آنها رعایت شد و تفکیک پذیری کلاسها بررسی شد؛ سپس کلاسهای با قابلیت تفکیک مناسب انتخاب شدند (جدول 1). همچنین از کلیه باندهای تصاویر سنجنده TM برای ساخت نمونه های آموزشی برای هر تصویر استفاده شد.

جدول 1 نمونه های آموزشی

| |
|-------------------------------|
| 1- آب |
| 2- مرتع |
| 3- تأسیسات |
| 4- سایه |
| 5- پوشش گیاهی (مترکم - درختی) |
| 6- مزارع کشاورزی |
| 7- جاده |
| 8- مسکونی |

| |
|------------------------------------|
| 9 - اراضی بایر |
| 10 - اراضی کشاورزی بدون پوشش (آیش) |

3-6 - ایجاد نمونه‌های آموزشی به صورت فازی

احتمال پسین برای هر کلاس در نرم‌افزار Idrisi با استفاده از رابطه 4 محاسبه شد.

$$p(h \setminus e) = \frac{p(e \setminus h) * p(h)}{\sum_i p(e \setminus h_i) * p(h_i)} \quad \text{رابطه 4}$$

که در این رابطه:

$P(h|e)$: احتمال صادق بودن فرضیه به شرط وجود شواهد؛

$P(e|h)$: احتمال وقوع شواهد به شرط صادق بودن فرضیه؛

$P(h)$: احتمال اولیه درستی فرضیه.

لازم به ذکر است که در اینجا احتمال اولیه برای هر پیکسل از نمونه‌های آموزشی به دست می‌آید [8]. ماتریس واریانس و کوواریانس از داده‌های آموزش استخراج می‌شود که در محاسبه احتمال شرطی چند متغیره $P(e|h)$ استفاده می‌شود. این مقدار به وسیله احتمال اولیه برای درستی فرضیه اصلاح می‌شود و سپس به وسیله مجموع این ملاحظات برای تمام کلاسها نرمال می‌شود.

انگیزه اصلی برای استفاده از این طبقه‌بندی وجود پیکسل‌های مخلوط و به عبارت دیگر درون پیکسل (sub - pixel) می‌باشد. به عنوان مثال، برای تعیین کلاسها برای منطقه‌ای که پیکسل‌های مخلوط در آن وجود دارد، اگر یک پیکسل دارای احتمالات پسین از تعلق به درخت کاج و خزان کننده بترتیب 68% و 32% باشد، این پیکسل به کلاس کاج منسوب می‌شود؛ در حالی که احتمال تعلق به کلاس خزان کننده در نظر گرفته نمی‌شود و این مسأله از منابع عدم اطمینان در طبقه‌بندی می‌باشد.

این تفسیر احتیاج به این دارد که فرضیه‌های متعددی درست باشد.

فرضیه اول: مناطق آموزشی برای هر کلاس جامع باشد (به‌عنوان مثال احتمال کلاس دیگری برای آن پیکسل وجود نداشته باشد).

فرضیه دوم: توزیعهای احتمال شرطی P(h|e) در حالت پیکسلهای خالص با هم پوشش نداشته باشند. در واقع برقراری شرایط مذکور ممکن است دشوار باشد.

3-7- ایجاد نمونه‌های آموزشی به صورت فازی

با در نظر گرفتن مثال قبیل (کاج و خزان کننده) مقادیر احتمال را می‌توان به تعبیر دیگر دلیلی بر اینکه پیکسل شامل 68 درصد کاج و 32 درصد درخت خزان کننده استفاده شود (sub-pixel) اما در روش نمونه‌های آموزشی قبلی فرض بر این است که هر پیکسل در نمونه‌های آموزشی فقط متعلق به یک کلاس می‌باشد. به همین منظور با استفاده از تعبیر مذکور نمونه‌های آموزشی به صورت فازی در نرم‌افزار Idrisi ساخته شد که برای نمونه‌های آموزشی فازی تابع عضویت هر پیکسل به کلاسهای مختلف تعیین شد. برای تعیین این تابع عضویت از احتمال پسین نمونه‌های آموزشی برای هر کلاس نمونه‌های آموزشی مورد بررسی در تصاویر 1998 و 1990 با استفاده از رابطه 5 ساخته شد:

$$f = \frac{P_i}{\sum_1^n P_i} \quad \text{رابطه 5}$$

در این رابطه:

P_i : احتمال تعلق به کلاس i ؛

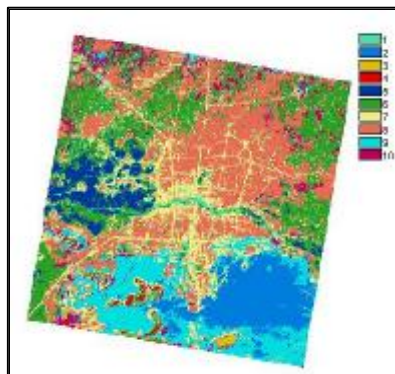
n : تعداد کلاس؛

f : تابع عضویت پیکسل به کلاس i .

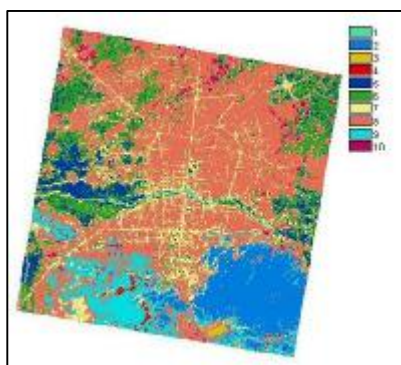
لازم به توضیح است که مجموع مقادیر توابع عضویت هر پیکسل برای تمام کلاسها یک می‌باشد و مقدار این تابع از صفر (عدم تعلق به کلاس مورد نظر) تا یک (تعلق کامل به کلاس مورد نظر) تغییر می‌کند [9].

3-8- طبقه‌بندی و محاسبه احتمال پسین با استفاده از نمونه‌های آموزشی فازی

این بار دو تصویر با استفاده از نمونه‌های آموزشی فازی با استفاده از الگوریتم طبقه‌بندی حداکثر مشابهت طبقه‌بندی شدند و احتمال پسین مربوط به هر کلاس از رابطه 5 محاسبه شد (شکل‌های 4 و 5).



شکل 4 نقشه طبقه‌بندی تصویر سال 1990



شکل 5 نقشه طبقه‌بندی تصویر سال 1998

3-9- ارزیابی دقت طبقه‌بندی

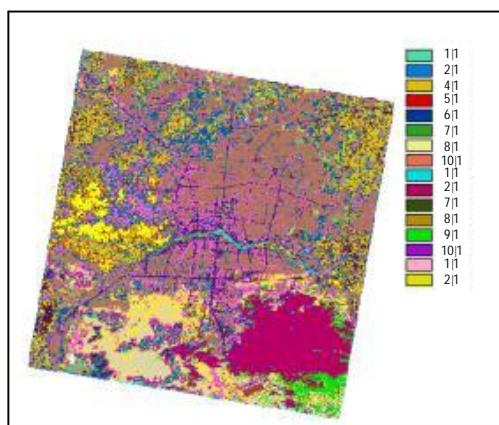
دقت نقشه حاصل از طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای نقش بسیار مهمی دارد. به دلیل اینکه این نقشه ممکن است در برنامه‌ریزی و مدیریت‌های محیطی و منطقه‌ای استفاده شود و باید میزان دقت و قابلیت اعتماد این نقشه‌ها مشخص شود. برای بررسی دقت طبقه‌بندی از ماتریس خطای¹ طبقه‌بندی و شاخص کاپا استفاده شد. برای محاسبه ماتریس خطا از نمونه‌های آموزشی به‌عنوان شواهد زمینی استفاده شد که مقدار کاپا برای تصویر TM90 برابر 0/9919 و برای تصویر TM98 مقدار کاپا برابر 0/9696 به‌دست آمد.

1. error matrix or confusion matrix

10-3- مقایسه پس از طبقه‌بندی¹

با استفاده از CROSSTAB دو تصویر طبقه‌بندی شده با استفاده از الگوریتم حداکثر مشابهت ML مقایسه شدند و نوع تغییرات در کاربری از تصویر TM90 نسبت به TM98 مشخص شد.

شکل 6 نشان‌دهنده نتایج حاصل از مقایسه پس از طبقه‌بندی می‌باشد. در این تصویر نوع تغییرات مشخص شده‌اند. از جمله تغییرات مشهود در این تصویر تغییر کاربری مناطق کشاورزی به مسکونی است. در این تصویر افزایش وسعت منطقه مسکونی در شهر اصفهان و جهت تغییر آن و تغییر منطقه کشاورزی به رنگ آبی و بنفش در حاشیه شهر و مناطق تغییر پوشش گیاهی به رنگ زرد بخوبی قابل مشاهده است.



شکل 6 نقشه حاصل از مقایسه طبقه‌بندیها

جدول 2 تغییرات کلاسهای مختلف با استفاده از مقایسه پس از طبقه‌بندی

| مجموع | اراضی آیش | اراضی بایر | مسکونی | جاده | مزارع کشاورزی | پوشش گیاهی | سایه | تاسیسات | مرتع | آب | |
|-----------|-----------|------------|----------|----------|---------------|------------|----------|----------|----------|----------|---------------|
| ۰/۰۰۰۲۳ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰/۰۰۰۰۲ | ۰/۰۰۰۰۳ | ۰/۰۰۰۰۱ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰/۰۰۰۱۸ | آب |
| ۰/۰۰۰۳۷۱ | ۰/۰۰۰۰۲ | ۰/۰۰۰۱۳۴ | ۰/۰۰۰۰۳ | ۰/۰۰۰۰۹ | ۰/۰۰۰۰۲ | ۰ | ۰ | ۰/۰۰۰۳۲ | ۰ | ۰ | مرتع |
| ۰/۰۰۰۱۲ | ۰/۰۰۰۰۱ | - | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | - | ۰/۰۰۰۰۱ | ۰ | ۰ | تاسیسات |
| ۰/۰۰۰۵۹ | ۰/۰۰۰۰۲ | ۰/۰۰۰۰۲ | ۰/۰۰۰۰۴ | ۰/۰۰۰۱۲ | ۰/۰۰۰۱۶ | ۰/۰۰۰۰۱ | ۰/۰۰۰۱۵ | ۰ | ۰/۰۰۰۰۱ | ۰/۰۰۰۰۵ | سایه |
| ۰/۰۰۰۴۱۴ | ۰/۰۰۰۰۱ | ۰/۰۰۰۰۲ | ۰/۰۰۰۰۵ | ۰/۰۰۰۰۸ | ۰/۰۰۰۱۷۶ | ۰/۰۰۰۱۹۱ | ۰ | ۰ | ۰/۰۰۰۰۶ | ۰/۰۰۰۱۵ | پوشش گیاهی |
| ۰/۰۰۰۳۶ | ۰/۰۰۰۰۷ | ۰/۰۰۰۱۵ | ۰/۰۰۰۴۶ | ۰/۰۰۰۶۲ | ۰/۰۰۰۶۶ | ۰/۰۰۰۱۱۲ | ۰ | ۰ | ۰/۰۰۰۰۱ | ۰/۰۰۰۶۴ | مزارع کشاورزی |
| ۰/۰۰۰۹۶۸ | ۰/۰۰۰۲۲ | ۰/۰۰۰۳۳ | ۰/۰۰۰۱۶ | ۰/۰۰۰۴۱۵ | ۰/۰۰۰۱۶۵ | ۰/۰۰۰۳۸ | ۰/۰۰۰۰۵ | ۰/۰۰۰۰۱ | ۰/۰۰۰۲۸ | ۰/۰۰۰۸۹ | جاده |
| ۰/۰۰۰۳۲۸۸ | ۰/۰۰۰۲۰۷ | ۰/۰۰۰۳۰۸ | ۰/۰۰۰۶۶۸ | ۰/۰۰۰۵۸۸ | ۰/۰۰۰۳۹۵ | ۰/۰۰۰۱۳ | ۰ | ۰/۰۰۰۰۷ | ۰/۰۰۰۲۶ | ۰/۰۰۰۷۶ | مسکونی |
| ۰/۰۰۰۶۰۹ | ۰/۰۰۰۳۵ | ۰/۰۰۰۳۸۱ | ۰/۰۰۰۳۱ | ۰/۰۰۰۶۷ | ۰/۰۰۰۳۶ | ۰/۰۰۰۰۱ | ۰/۰۰۰۰۶ | ۰ | ۰/۰۰۰۳۹ | ۰/۰۰۰۰۵ | اراضی بایر |
| ۰/۰۰۰۱۱۹ | ۰/۰۰۰۴۵ | ۰/۰۰۰۰۲ | ۰/۰۰۰۱۵ | ۰/۰۰۰۰۳ | ۰/۰۰۰۳۲ | ۰/۰۰۰۰۱ | ۰ | ۰ | ۰/۰۰۰۰۲ | ۰/۰۰۰۰۲ | اراضی آیش |
| ۱ | ۰/۰۰۰۳۹۲ | ۰/۰۰۰۹۰۵ | ۰/۰۰۰۹۴۲ | ۰/۰۰۰۱۶۷ | ۰/۰۰۰۴۹۴ | ۰/۰۰۰۳۵۸ | ۰/۰۰۰۰۲۷ | ۰/۰۰۰۰۱۸ | ۰/۰۰۰۳۲۱ | ۰/۰۰۰۲۷۶ | مجموع |

در جدول 2 کلاسهای کاربری و پوشش مربوط به تصویر سال 1990 م. به صورت ستونی و کلاسهای مربوط به تصویر 1998 م. به صورت سطری دیده می‌شود. آرایه‌های این جدول نشان‌دهنده میزان تغییرات کاربری و پوشش در کلاسهای مختلف بر حسب درصد می‌باشند. به عنوان مثال در این جدول 0/0395 درصد از پیکسل‌های متعلق به کلاس کشاورزی تبدیل به کلاس مسکونی شده است [8].

4- نتیجه‌گیری

گسترش شهر و توسعه شهرنشینی یکی از مسائل و مشکلات تمدن بشری به‌شمار می‌رود. تخریب بی‌رویه اراضی کشاورزی، جنگلها، مراتع و تبدیل آن به مناطق مسکونی فقط مختص کشور ایران نمی‌باشد. اما در ایران شدت و وسعت این تغییر بسیار محسوس می‌باشد. در این ارتباط و با توجه به دستاوردهای این تحقیق در مدت هشت سال حدود 2200 هکتار از اراضی کشاورزی اطراف شهر اصفهان به مناطق مسکونی تبدیل شده است. به طور متوسط هر ساله 275 هکتار از این اراضی تخریب شده است که از نظر توسعه پایدار قابل توجه است.

بی‌گمان بدون بهره‌گیری از فناوریهای نوین مطالعات محیطی برآورد دقیق، صحیح، سریع و اقتصادی این تغییرات غیرممکن می‌باشد. در این رابطه سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی نقش بسزایی دارد که توصیه می‌شود مطالعات بیشتری در این زمینه انجام شود. زمان، عامل بسیار مهم و سرنوشت‌سازی در آشکارسازی تغییرات است که اغلب نادیده گرفته می‌شود. این عامل روی تصحیحات اتمسفری، رادیومتریک، انتخاب نمونه‌های آموزشی و عارضه موردنظر چه در مرحله طبقه‌بندی و آشکارسازی همچنین ارزیابی نتایج تأثیرگذار است.

در آشکارسازی تغییرات می‌توان فقط به یک روش طبقه‌بندی اکتفا نکرد و از روشهای دیگر برای بررسی نتیجه به دست آمده استفاده کرد. از روشهایی که به نظر می‌رسد از دقت مناسبی برای آشکارسازی تغییرات برخوردار باشد، می‌توان به الگوریتم Unmixing و SAM اشاره کرد که بخصوص برای طبقه‌بندی مناطقی که دارای پیکسل مخلوط مانند

مسکونی هستند، مناسبتر است. همچنین از دیگر روشهای آشکارسازی مانند طبقه‌بندی طیفی زمانی نیز برای مقایسه استفاده کرد. بهتر است برای بهبود بخشیدن دقت نقشه‌های تولیدی کاربری و پوشش اراضی از الگوریتمهای دیگر طبقه‌بندی مانند شبکه‌های عصبی مصنوعی و داده‌های ماهواره‌ای متفاوت مانند داده‌های ماهواره IRS و مدل رقومی ارتفاعی DEM استفاده شود. همچنین، ارزیابی خطا و عدم اطمینان از مراحل لازم و ضروری آشکارسازی تغییرات بوده‌است که قابلیت اعتماد نقشه تغییرات را نشان می‌دهد و به کاربران در عرصه‌های مختلف مدیریت و برنامه‌ریزی در استفاده صحیح، دقیق و پیش‌بینی نتایج طرحهای مختلف کمک شایانی می‌کند.

5 - منابع

- [1] Ross, S. Lunetta; Remote Sensing Change Detection; 1999.
- [2] Firouzabadi, P; Digital approaches for change detection in urban environment using remote sensing Data.
- [3] Gong; Change detection using principal component analysis and fuzzy set theory; Can, J. Remotesenses.
- [4] Jensen, L. L. F.; Knowledge-Based crop classification of a landsat thematic mapper image; *INT. J. Remote Sensing*, Vol.15, 1992.
- [5] نشاط، عبدالحمید؛ «تجزیه و تحلیل و ارزیابی تغییرات کاربری و پوشش زمین با استفاده از داده‌های سنجنش از دور و سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی در استان گلستان»؛ پایان‌نامه کارشناسی ارشد؛ تهران: دانشگاه تربیت مدرس، 1381.
- [6] سازمان نقشه‌برداری کل کشور؛ نقشه توپوگرافی؛ نقشه 1:25000.
- [7] اصفهان، ناشر: شهرداری اصفهان، 1376.
- [8] Richard, J. A.; "Remote sensing digital image analysis"; Springer, 1999.
- [9] وزارت کشاورزی؛ دستورالعمل تهیه نقشه‌های کاربری اراضی با استفاده از تفسیر اطلاعات ماهواره‌ای؛ چ 1، 1376.