

بهبود روش بدنه محدب هیستوگرام به منظور انتخاب خودکار آستانه برای تشخیص تغییر در تصاویر سنجش از دور

شهره کسایی
دانشیار، دانشکده مهندسی کامپیوتر
دانشگاه صنعتی شریف
skasaei@sharif.edu

روح الله دیانت
دانشجوی دکتری، دانشکده مهندسی کامپیوتر
دانشگاه صنعتی شریف
dianat@ce.sharif.edu

مقاوم باشد. مثلا اگر یک تصویر در روز و دیگری در شب گرفته شده باشد، فقط تغییرات واقعی تشخیص داده شود (و نه تغییرات ناشی از شرایط نوری). روش های متعددی برای تشخیص تغییر ارائه شده اند. از جمله آنها می توان به تفریق تصویر^۱، رگرسیون تصویر^۲، مقایسه بعد از دسته بندی^۳، تصویر تقسیم شده^۴، استفاده از تبدیل PCA، استفاده از تبدیل MAD^۱، تحلیل بردار تغییر (CVA)^۱، تفریق زمینه^{۱۲}، برهم نهی تصاویر^{۱۳} و غیره اشاره کرد. برای آشنایی با این روش ها به [2] و [3] می توان مراجعه کرد.

یکی از روش های مهم در این میان، رگرسیون تصویر می باشد. در این روش فرض می شود که بین دو تصویر یک ارتباط چندجمله ای برقرار است. با استفاده از روش های رگرسیون، ضرایب چندجمله ای محاسبه می شود. سپس خطا، یعنی تفاضل مقدار واقعی تصویر دوم و مقدار تخمین زده شده توسط مدل، محاسبه می شود. در انتها با در نظر گرفتن یک آستانه روی این خطا، در مورد وقوع یا عدم وقوع تغییر در یک پیکسل خاص، تصمیم گیری می شود.

یک مسئله عمده در اینجا انتخاب این آستانه است که نقش مهمی در کارایی روش دارد. به طور کلی برای انتخاب آستانه در بحث پردازش تصویر، روش های متعددی وجود دارد. یکی از روش های عمده در این میان، روش بدنه محدب^{۱۴} هیستوگرام می باشد. در مقاله نشان می دهیم که این روش در انتخاب آستانه رگرسیون قابل استفاده نیست. همان گونه که بعدا به تفصیل توضیح داده خواهد شد، مشکل اصلی در اینجا عدم وجود نقطه اوج های مناسب در هیستوگرام خطا می باشد، حال آنکه این نقاط اوج برای محاسبه آستانه در بدنه محدب ضروری می باشند. برای حل این مشکل در این مقاله، یک طرح تکرار شونده^{۱۵} ارائه شده است. در هر بار تکرار، هیستوگرام مورد نظر با دو توزیع گاوسی با میانگین و واریانس های مناسب، تقریب زده می شود. به این ترتیب، نقطه اوج های لازم برای روش بدنه محدب فراهم می شود و سپس این روش به جای هیستوگرام اصلی بر روی این تقریب گاوسی اعمال می شود. روش ارائه شده از مزایای مهم زیر بهره مند است:

چکیده: روش رگرسیون از روش های عمده تشخیص تغییر در تصاویر سنجش از دور می باشد. یکی از مراحل مهم این روش، انتخاب آستانه مناسب جهت تصمیم گیری در مورد وقوع یا عدم وقوع تغییر در یک نقطه است. از جمله روش های مشهور انتخاب آستانه تصاویر، روش بدنه محدب هیستوگرام می باشد. در این مقاله نشان داده خواهد شد که این روش برای انتخاب آستانه رگرسیون قابل استفاده نیست. سپس روشی برای بهبود کارایی آن ارائه خواهد شد به گونه ای که بدنه محدب را قابل استفاده در رگرسیون نماید. این روش به صورت تکراری عمل می کند و سعی می کند تا در هر مرحله با تقریب هیستوگرام با توابع گاوسی مناسب، نقطه اوج های لازم را برای روش بدنه محدب فراهم نماید. در ادامه نشان داده خواهد شد که روش پیشنهادی کارایی مطلوب در محاسبه آستانه دارد. نقطه قوت دیگر روش پیشنهادی همگرایی آن است به گونه ای که با هر مقدار اولیه در نهایت به سوی جواب مناسب برای آستانه، همگرا خواهد شد.

کلمات کلیدی: تشخیص تغییر، رگرسیون، بدنه محدب هیستوگرام.

۱- مقدمه

یکی از مباحث مهم در پردازش تصاویر سنجش از دور، مسئله تشخیص تغییر^۱ است. در یک حالت ساده، دو تصویر تثبیت شده^۲ از یک صحنه و در دو زمان مختلف در دست است و هدف آن است که مشخص کنیم که چه نقاطی از صحنه در این بازه زمانی تغییر کرده است. به بیان دیگر در اینجا ورودی دو تصویر تثبیت شده و خروجی یک تصویر معمولا دودویی است که مقادیر آن نشان دهنده تغییر یا عدم تغییر می باشند (برای مثال صفر برای عدم تغییر و ۲۵۵ برای تغییر). این تصویر نقشه تغییر^۳ یا تصویر تغییر^۴ خوانده می شود. در تشخیص تغییر تصاویر سنجش از دور باید دقت کرد که روش انتخاب شده به گونه ای باشد که در برابر عواملی چون شرایط نوری^۵

۳- روش بدنه محدب هیستوگرام برای انتخاب

آستانه

بدنه محدب یک شی، کوچکترین ناحیه ای است که شیء را در برگیرد. به نحوی که هر دو نقطه دلخواه از شیء را بتوان با خط مستقیمی که تماما در آن ناحیه باشد به یکدیگر وصل نمود [4].

استفاده از بدنه محدب هیستوگرام برای انتخاب آستانه توسط Rosenfeld ارائه شده است. گونه های مختلفی از روش وجود دارد که در [5] به بعضی مراجع دربردارنده آنها اشاره شده است. آنچه در این مقاله توضیح داده می شود از [6] نقل شده است.

شکل (۱) این روش را توضیح می دهد. فرض می شود که منحنی هیستوگرام دو نقطه اوج عمده دارد که یکی مربوط به ناحیه تغییر و دیگری مربوط به عدم تغییر است. در قدم اول، این دو نقطه محاسبه می شوند. برای محاسبه این دو نقطه می توان به ترتیب زیر عمل کرد:

فرض می کنیم a نقطه شروع و b نقطه انتهایی هیستوگرام باشد.

پارامتر شیب^{۱۶} برای مؤلفه i ام از هیستوگرام، به صورت زیر تعریف می شود. در این رابطه، a نقطه شروع مؤلفه های هیستوگرام می باشد.

$$\text{slope} = \frac{H(i) - H(a)}{i - a} \quad (2)$$

پارامتر شیب با شروع از a+1 تا نقطه b محاسبه می شود. نقطه ای که در آن شیب بیشینه می شود را نقطه اوج اول محسوب می کنیم. مؤلفه i ام متناظر با این نقطه را M می نامیم. در مرحله بعد شیب را این بار از سمت راست محاسبه می کنیم. این محاسبه را برای نقاط b-1 تا a انجام می دهیم.

$$\text{slope} = \frac{H(i) - H(b)}{i - b} \quad (3)$$

به این ترتیب، نقطه اوج دوم را هم پیدا می کنیم و آن را N می نامیم. در این صورت می توان گفت آستانه، نقطه ای در بازه [M, N] است. دو نقطه (M, H(M)) و (N, H(N)) را به یکدیگر متصل می کنیم. در این صورت بدنه محدب نقاط بین M و N را محاسبه کرده ایم. مؤلفه های این خط را L(i) می نامیم. در مرحله آخر، نقطه i که فاصله اش تا خط L بیشینه شود به عنوان نقطه آستانه انتخاب می شود.

• دقت و سادگی محاسبات.

• کارایی مطلوب در محاسبه خودکار آستانه.

• همگرایی (به این معنا که با هر مقدار اولیه انتخابی، بعد از تعداد اندکی تکرار به جواب مناسب دست می یابیم).

ساختار مقاله به شرح زیر می باشد. در بخش ۲ روش تشخیص تغییر مبتنی بر رگرسیون، توضیح داده می شود. در بخش ۳ روش بدنه محدب بیان می شود. در بخش ۴ علت عدم کارایی بدنه محدب در انتخاب آستانه رگرسیون توضیح داده می شود. در بخش ۵، روش پیشنهادی برای رفع مشکل و بهبود عملکرد، بیان می شود. در بخش ۶ نتایج تجربی برای اثبات کارایی روش پیشنهادی ارائه می شود و در نهایت در بخش ۷ نتیجه گیری کلی آورده می شود.

۲- آشنایی با روش رگرسیون

در این بخش، روش رگرسیون تصویر توضیح داده می شوند. این روش به صورت های گوناگون در تشخیص تغییر استفاده شده است. معمول ترین حالت روش این است که بین پیکسل های متناظر در دو تصویر یک مدل چندجمله ای در نظر بگیریم:

(۱)

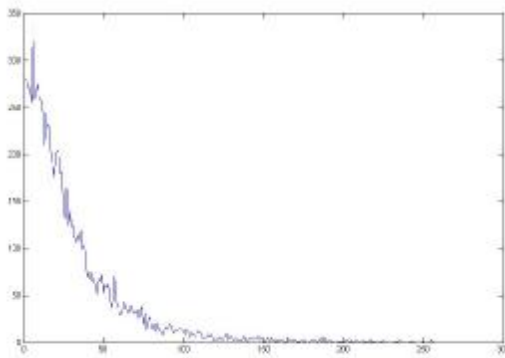
$$\hat{y}_i = a_0 + a_1 x_i^1 + a_2 x_i^2 + a_3 x_i^3 + \dots + a_n x_i^n$$

$$i = 1, 2, \dots, m$$

که در آن x_i و y_i به ترتیب مقدار پیکسل i ام در تصاویر اول و دوم می باشند. همچنین (a_1, a_2, \dots, a_n) ضرایب مدل خطی و m تعداد پیکسل های تصویر می باشند. سپس با توجه به m نقطه موجود، پارامترهای مدل را با استفاده از روش های رگرسیون محاسبه کنیم. سپس هر پیکسل در تصویر دوم، که برای آن تفاوت مقدار تغییر واقعی آن با مقدار تخمین زده شده توسط مدل زیاد باشد، یک پیکسل تغییر یافته محسوب می شود. به عبارت دقیق تر، اگر برای پیکسل زام، z نشان دهنده مقدار واقعی پیکسل در تصویر دوم و z' نشان دهنده مقدار تخمینی توسط مدل چندجمله ای باشد، در این روش آستانه روی $|z - z'|$ اعمال می شود. در [1] به صورت تئوری و همچنین با پیاده سازی، نشان داده شده است که رگرسیون نسبت به عواملی مانند شرایط نوری و بهره حسگر مقاومت بسیار خوبی دارد.

شکل (۲): هیستوگرام دو تصویر مرسوم . الف: Camera man . ب: Lena

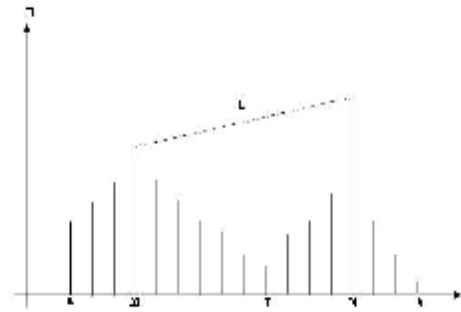
اما نکته حائز اهمیت این است که در روش رگرسیون، با یک تصویر واقعی سروکار نداریم بلکه با $\hat{y} - y$ ، یعنی تفاضل، یا به عبارتی خطای میان مقدار واقعی تصویر دوم و مقدار تخمینی توسط مدل، مواجه هستیم (و آستانه می بایست روی آن اعمال شود). در اینجا دیگر هیستوگرام به صورت چند ناحیه دارای نقطه اوج نیست. بلکه به شکل تقریباً گاوسی است^{۱۷}. در مراجع و کتب مربوط به رگرسیون هم معمولاً این خطا به صورت گاوسی فرض می شود (مثلاً در [7]). به علاوه هیستوگرام بسیار نامنظم است و یافتن دو نقطه اوج مؤثر در آن بسیار دشوار و در اغلب اوقات غیر ممکن است. در شکل (۳) یک نمونه از این نوع هیستوگرام نشان داده شده است. با توجه به نداشتن نقطه اوج های مناسب در این تصاویر می توان نتیجه گرفت که در اینجا روش بدنه محدب در محاسبه آستانه کارایی ندارد و نمی توان از آن استفاده کرد.



شکل (۳): هیستوگرام یک تصویر تفاضلی در روش رگرسیون.

۵- روش پیشنهادی

در این بخش روشی برای قابل استفاده کردن بدنه محدب در روش رگرسیون تصویر، ارائه می شود. ایده اصلی روش این است که هیستوگرام را طوری تغییر دهیم که دارای نقاط اوج مناسب گردد. بدین منظور، ابتدا هیستوگرام را به دو قطعه تجزیه می کنیم. سپس هر بخش را با یک تابع توزیع گاوسی تقریب می زنیم. این تابع باید به طرز مناسبی انتخاب شود. در اینجا تابع گاوسی ای استفاده می کنیم که میانگین و واریانس آن با میانگین و واریانس قطعه ای انتخاب شده یکسان باشد. به این ترتیب اکنون یک منحنی با دو نقطه اوج داریم و می توان روش بدنه محدب را روی آن اعمال کرد. انجام روش، ما را به یک آستانه می رساند. با کمک این آستانه هیستوگرام (اولیه) باز قابل تقسیم به دو بخش است. اکنون مراحل گفته شده در قبل، یعنی محاسبه میانگین و واریانس قطعه و تقریب زدن هیستوگرام با توابع گاوسی را مجدداً اعمال می کنیم. این تکرار را ادامه می دهیم تا مقدار آستانه به دست آمده دیگر تغییر نکند و

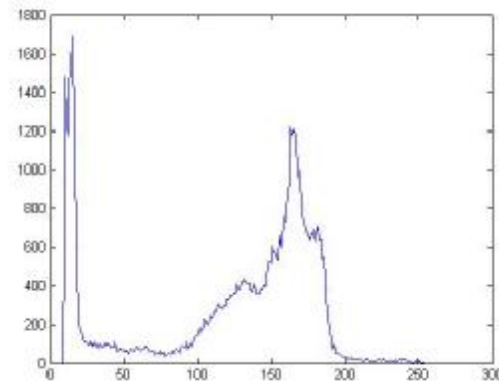


شکل (۱): روش بدنه محدب هیستوگرام

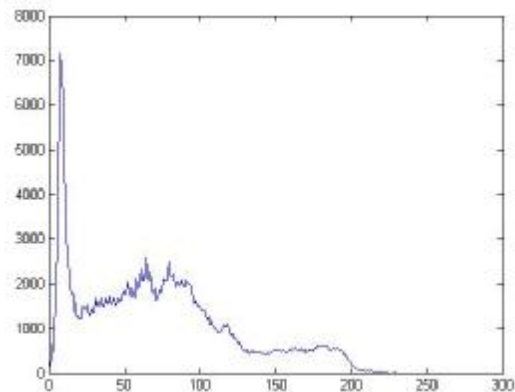
۴- مشکل بدنه محدب در انتخاب آستانه با

روش رگرسیون

بدنه محدب به طور ضمنی این فرض وجود دارد که هیستوگرام تصویر را می توان به نواحی مجزا تقسیم کرد که در هر ناحیه یک نقطه اوج مشخص وجود دارد. معمولاً چنین فرضی در مورد تصاویر واقعی صادق است. در شکل (۲)، هیستوگرام دو نمونه از تصاویر مرسوم نشان داده شده اند.



(الف)

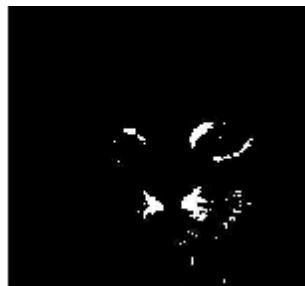


(ب)

در آزمایش روی تصاویر مرسوم متعدد به این نتیجه رسیدیم که در بعضی موارد روش پیشنهادی عملکردی حتی بهتر از بدنه محدب اولیه دارد. در شکل (۶) نتیجه مقایسه دو روش برای داده تصویر Pirate نشان داده شده است. همان گونه که دیده می شود آستانه محاسبه شده در روش پیشنهادی بسیار مناسب تر از روش اولیه می باشد. برای روش اولیه آستانه عدد ۵۴ و برای روش پیشنهادی آستانه ۹۵ به دست آمده است.



(الف)



(ب)



(ت)



(ث)

شکل (۵): الف: تصویر Cat. ب تا ث: اعمال آستانه محاسبه شده توسط روش پیشنهادی به ترتیب با ۱، ۵، و ۱۵ بار تکرار.

روش به این مقدار آستانه همگرا شود. این مقدار نهایی را به عنوان آستانه انتخاب می کنیم. به طور خلاصه می توان مراحل مختلف روش پیشنهادی را به صورت الگوریتم زیر توضیح داد. هیستوگرام اولیه را H بنامید.

یک مقدار دلخواه را به عنوان آستانه اولیه (thr) انتخاب کنید. این آستانه هیستوگرام را به دو بخش تقسیم می کند. میانگین و واریانس هر بخش را حساب کنید.

برای هر بخش یک منحنی گاوسی با میانگین و واریانسی مساوی میانگین و واریانس آن بخش، در نظر بگیرید (به این ترتیب منحنی با دو نقطه اوج به دست می آید). این منحنی را k بنامید. روش بدنه محدب را روی منحنی k اعمال کنید. به تقریب جدیدی برای thr خواهید رسید.

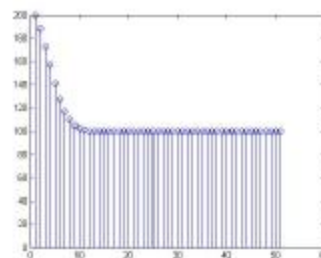
thr جدید، مجدداً منحنی H را به دو ناحیه تقسیم می کند. به مرحله "ت" برگردید.

مراحل "ت" تا "ح" را تا آنجا تکرار کنید که آستانه دیگر تغییر نکند.

۶- نتایج تجربی

در این بخش نتایج تجربی روش پیشنهادی بیان می شود. بدین منظور نتایج دو آزمایش انجام شده توضیح داده می شود.

آزمایش ۱، روش پیشنهادی برای حل مشکل تصاویر تفاضلی رگرسیون: در این آزمایش نشان می دهیم که این روش، روی تصاویر واقعی هم کارایی مطلوب را دارا می باشد. تصویر مورد استفاده در اینجا تصویر cat است. آستانه ابتدایی ۲۰۰ فرض شده است. شکل (۴) نمودار تغییر آستانه و در نهایت همگرا شدن آن را نشان می دهد. چنانچه در این شکل مشاهده می شود مقدار آستانه از عدد ۲۰۰ ابتدایی به عدد ۱۰۰ همگرا شده است. در شکل (۵) نتیجه اعمال آستانه به ازای مقادیر مختلف حاصل از تعداد تکرارهای مختلف روش، نشان داده شده است. همان گونه که اشکال نشان می دهند آستانه نهایی محاسبه شده مقدار مناسبی می باشد.



شکل (۴): نمودار تغییر آستانه (محور افقی تعداد تکرار و محور عمودی آستانه محاسبه شده است).

ملاحظه شد که آستانه محاسبه شده به صورت خودکار در روش پیشنهادی به مقدار دستی مزبور میل کرد که این صحت عملکرد روش پیشنهادی را نشان می دهد.

نکته: یک مزیت مهم دیگر روش پیشنهادی آن است که روش بدنه محدب پیشنهادی، به جای پردازش روی هیستوگرام تصویر روی تقریب گاوسی آن عمل می کند و این امر موجب می شود که نقاط اوج کاملاً مشخص تری به دست آوریم. همچنین محاسبه آنها هم بسیار ساده و بدون نیاز به فرایند به دست آوردن شیب و بیشینه گیری انجام می شود. چون در تقریب گاوسی، تنها دو نقطه اوج وجود دارد که به سادگی و با دقت کامل، قابل تشخیص هستند. حال آنکه در روش عادی، بدنه محدب روی هیستوگرام تصویر اعمال می شد که محاسبه نقاط اوج آن کار مشکلی بوده و در برخی موارد منجر به خطا در محاسبه می شود.

۷- نتیجه

در این مقاله نشان دادیم روش بدنه محدب هیستوگرام، قابل استفاده برای محاسبه آستانه در روش رگرسیون تصویر نمی باشد. سپس به ارائه طرحی برای بهبود آن پرداختیم. نشان دادیم که استفاده از این روش، ما را قادر به استفاده از بدنه محدب در تصاویر تفاضلی مورد استفاده در روش رگرسیون می سازد. به علاوه این روش برای تصاویر واقعی نیز به خوبی بدنه محدب و حتی بهتر از آن عمل می کند

سپاسگزاری

این پژوهش به صورت پاره‌ای از حمایت مالی "مرکز تحقیقات مخابرات ایران" برخوردار بوده است.

مراجع

- [1] Dianat, R., kasaei, S., "Change Detection in Remote Sensing Images Using Modified Polynomial Regression", submitted to IET Image Processing journal.
- [2] Coppin, P., Jonckheere, I., Nackaerts, K., Muys, B., "Digital Change Detection Methods in Ecosystem Monitoring: a Review", International Journal of Remote Sensing, Vol. 25, NO. 2, PP. 1565-1596, May 2004.
- [3] Nielsen, A., Conradsen, K., Simpson, J., "Multivariate Alteration Detection (MAD) and MAF Postprocessing in Multispectral, Bitemporal Image Data: New Approaches to Change Detection Studies", Remote Sensing of Environment, Vol. 64, pp. 1-19, 1998.
- [4] Gonzalez, R.C., Woods, R.E., Digital Image Processing, Prentice Hall, 1992, 2nd ed. 2002.
- [5] Sezgin, M., Sankur, B., "Survey over Image Thresholding Techniques and Quantitative Performance Evaluation", Journal of Electronic Imaging, Vol. 13, No. 1, pp. 146-168, 2004.



(الف)



(ب)

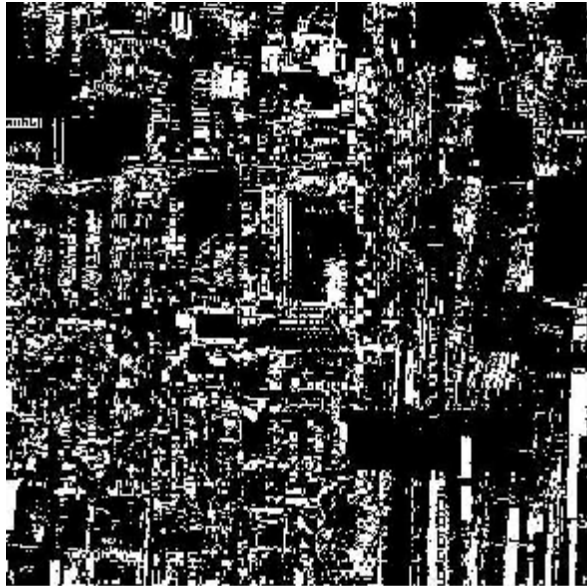


(ت)

شکل (۶): الف: تصویر Pirate. ب: نتیجه بدنه محدب. ت: نتیجه روش پیشنهادی.

آزمایش ۲. اعمال روش پیشنهادی در انتخاب آستانه رگرسیون

تصویر داده‌های سنجش از دور مورد استفاده در این آزمایش دو تصویر از شهر Kyoto ژاپن است که در سال‌های ۱۹۹۵ و ۱۹۹۸ گرفته شده است. برای به دست آوردن نتایج بهتر در روش رگرسیون، تصویر را به بلاک‌های 40×40 تقسیم کرده و رگرسیون را به طور مستقل و مجزا روی هر بلاک اعمال کرده ایم. مقدار آستانه با استفاده از الگوریتم پیشنهادی محاسبه شده است و در نتیجه فرایند محاسبه تشخیص تغییر به صورت کاملاً خودکار انجام شده است. شکل (۷) نتیجه کار را نشان می دهد. نتیجه آزمایش نشان می دهد که آستانه محاسبه شده کاملاً مناسب می باشد. همان گونه که قبلاً گفته شد در اینجا، محاسبه آستانه با روش بدنه محدب عادی اصولاً امکان پذیر نیست و در نتیجه امکان مقایسه با آن وجود ندارد. لذا برای ارزیابی کارایی روش پیشنهادی، آستانه به صورت دستی و با سعی و خطا تغییر داده شد تا به بهترین مقدار آستانه دست یابیم.



(ت)

شکل (۷): تشخیص تغییر با روش رگرسیون با استفاده از روش پیشنهادی برای محاسبه خودکار آستانه.
الف: تصویر سال ۱۹۹۵. ب: تصویر سال ۱۹۹۸. ت: نتیجه تشخیص تغییر.

زیر نویس ها

- 1 Change detection
- 2 Registered
- 3 Change map
- 4 Change image
- 5 Illumination condition
- 6 Image differencing
- 7 Image regression
- 8 Post classification comparison
- 9 Ration image
- 10 Maximum Alteration Detection (MAD)
- 11 Change Vector Analysis (CVA)
- 12 Background subtraction
- 13 Image overlay
- 14 Convex hull
- 15 Iterative
- 16 Slope

۱۷ البته به دلیل مثبت بودن مقادیر فقط نیمه سمت راست را دارا می باشد.

- [6] Lee, C.K., Choy, F.W., Lam, H.C., "Real-time Thresholding Using Histogram Concavity", Industrial Electronics, 1992., Proceedings of the IEEE International Symposium, pp. 500-503, May 1992.
- [7] Rousseeuw, P., Robust Regression and Outlier Detection, John Wiley & Sons, 1987.



(الف)



(ب)