

## طراحی نرم افزار راهنمای توریست به کمک دوربین تلفن همراه و تکنیکهای پردازش تصویر

جواد عباسی آقاملکی<sup>۱</sup>

حمید حسنیپور<sup>۲</sup> علیرضا احمدیفر<sup>۳</sup>

### چکیده

در این مقاله روشی جهت مکان یابی یک گردشگر بر روی نقشه با استفاده از تصویر تهیه شده از نقشه محلی، ارائه شده است. جهت یابی و مکان یابی توسط مسافری و گردشگرانی یکی از مشکلات سفر به حساب می آید، خصوصا اگر گردشگر با زبان محاوره ای محل بازدید آشنا نباشد. در این پژوهش تصویر تهیه شده با تصویر شهر مورد نظر که در حافظه تلفن همراه ذخیره شده، انطباق می یابد. در اینجا با استفاده از الگوریتم قدرتمند و پرکاربرد IFT: Scale Invariant Feature Transform یک سری نقاط کلیدی از تصاویر استخراج شده و فرآیند انطباق میان آنها مورد ارزیابی قرار گرفت و در نهایت روشی جهت راستی آزمایی انطباق ها ارائه شده است. با توجه به کیفیت دوربین تلفن همراه که ممکن است در زمان عکس برداری حاوی نویز باشد، تأثیر نویز تصاویر بر روی نتیجه کار نیز مورد بررسی قرار گرفته است.

### کلید واژه

انطباق تصویر، نقاط کلیدی، مقیاس نامتغییر، دوربین تلفن همراه

۱. دانشجوی دکتری برق، دانشگاه شاهد j.a.ghamaleki@gmail.com

۲. دانشیار دانشکده کامپیوتر، دانشگاه صنعتی شاهرود

۳. استادیار دانشکده برق، دانشگاه صنعتی شاهرود

تاریخ دریافت: ۹۰/۴/۱۱ تاریخ پذیرش: ۹۰/۴/۱۷

## مقدمه

در برخی از شهرهای توریستی نقشه های محلی از منطقه، جهت راهنمایی مسافران و گردشگران بر روی تابلو نصب می گردد. در بسیاری از موارد، گردشگر موقعیت کلی خود را در آن شهر نمی داند و یا علائم و زبان نوشتاری آنها برایش کارایی ندارد، لذا برای راهنمایی بیشتر فرد می توان از روشی که پیشنهاد می شود، استفاده نمود. در این مقاله روشی جهت انطباق تصاویر تهیه شده توسط گردشگر و نقشه شهر ارائه شده است.

بدین صورت که ابتدا یک تصویر از نقشه کلی شهر، با کیفیت و رزولوشن بالا در اختیار گردشگر قرار می گیرد که در طول سیاحت این شهر آن را به همراه دارد. البته چون قرار بر این است که این نقشه توسط یک سیستم الکترونیکی یا کامپیوتری پردازش شود، پس زبان و علائم روی آن اهمیتی ندارد و فرد با هر ملیت و زبانی می تواند از آن استفاده به عمل آورد. از تصویر نقشه نقاطی را به کمک الگوریتم SIFT به عنوان نقاط کلیدی استخراج و این نقاط را به همراه توصیف گرهای محلی ذخیره می نماییم که به چگونگی این کار در فصل سوم اشاره شده است (این کار فقط یک بار انجام می پذیرد).

حال گردشگر به هر منطقه یا محله از شهر که می رسد از روی تابلوی نصب شده از نقشه منطقه توسط دوربین گوشی موبایل یا هر دوربین دیجیتالی دیگر عکسی تهیه می کند که هر چه کیفیت این تصویربرداری بهتر باشد، نتایج بهتری خواهد داشت. غالباً تصاویر تهیه شده با دوربین های موبایل دارای رزولوشنی به مراتب پایین تر از تصویر نقشه اصلی شهر هستند.

از روی عکس برداشته شده توسط گردشگر نیز به کمک الگوریتم SIFT نقاط کلیدی<sup>۱</sup> تصویر را استخراج می نماییم، نقاط کلیدی استخراج شده نسبت به تغییرات مقیاس و چرخش های سطحی و در عمق تصویر پایدارند (Lowe, 2004; Mikolajczyk & Schmid, 2004; Kim et al, 2008) لذا اینکه در چه فاصله و زاویه ای از آنها عکسبرداری شود، خیلی اهمیت ندارد.

بحث مهم پس از استخراج نقاط کلیدی، تطبیق میان نقاط کلیدی تصویر تست و تصویر نقشه شهر میباشد (Hartley & Zisserman, 2004; Bhagavathy & Manjunath, 2006). در این پژوهش جفت نقاط انطباق یافته از روی توصیف گرهایشان انتخاب می شوند، (Wei & Xin, 2007; Moreels & Perona, 2007; Mari et al, 2008). در حقیقت جفت نقاطی در دو تصویر که میزان شباهت توصیف گرهایشان از یک مقدار آستانه بیشتر باشد به عنوان نقاط منطبق

### 1. Key Point

برگزیده می شوند (Huang et al, 2007; Mikolajczyk & Schmid, 2005). سپس با استفاده از مختصات جفت نقاط روی تصویر نقشه شهر، مکان فعلی شخص و یا مکان آن منطقه ای را که در آن حضور دارد، در نقشه اصلی پیدا می شود (Gamba et al, 2007; Katartzis & Sahli, 2008). لذا با استفاده از این روش با داشتن یک دوربین معمولی و ساده توانایی مکان یابی را خواهیم داشت.

آنچه در استفاده از این روش باید بیشتر مورد توجه قرار گیرد، این است که، در این فرآیند الگوریتم SIFT که تغییر ناپذیر با مقیاس است و همچنین در مقابل تغییرات افاین و پروجکتیو تصویر تا حدودی پایدار است (Choi & Kweon, 2009; Mikolajczyk & Schmid, 2004; Mikolajczyk et al, 2005) استفاده شده است. لذا عکس معوجی که با کیفیت پائین و از جهت های مختلف ممکن است توسط یک گردشگر گرفته شود در صحت این روش خدشه وارد نمی سازد.

با این روش، نرم افزاری جهت راهنمایی توریست طراحی شده است که قابلیت نصب و اجرا بر روی هر ناوبر و یا تلفن همراه مجهز به دوربین را داراست.

فصل های بعدی این پژوهش به شرح ذیل تنظیم شده است. در بخش دوم به روشها و ملزومات مورد نیاز نرم افزار راهنمای توریست پرداخته می شود، نتایج تجربی بکار گیری این نرم افزار در بخش سوم آورده شده است. در بخش چهارم نیز روش جدیدی برای انتخاب میزان آستانه ارائه خواهد شد و در نهایت جمع بندی و نتیجه گیری این مقاله در بخش پنجم آورده شده است.

### فرآیند انجام کار

در این نرم افزار، در اختیار داشتن یک تصویر با کیفیت به عنوان تصویر پایه بسیار حائز اهمیت است. در این پژوهش از تصویری که با استفاده از دوربینی با دقت رزولوشن ۷ مگاپیکسل تهیه شده است، به عنوان تصویر مرجع استفاده بعمل آمده است. پس از تهیه تصویر مرجع شروع به فراهم آوری تصاویری از سایر نقشه های محلی شهر به عنوان تصویر تست می کنیم. جهت ایجاد پایگاه داده از تصاویر تست با کیفیتهای متفاوت، از دوربینهایی با رزولوشنهای متفاوت استفاده شده است. برای حفظ عمومیت، تصاویر تست از زوایا و فواصل مختلف از یک ناحیه به کمک دوربینهای دیجیتال با رزولوشنهای ۰/۳، ۰/۸، ۲، ۳/۲ مگاپیکسل تهیه شده است.

پس از فراهم نمودن تصاویر مرجع و تست، گام های زیر برداشته خواهد شد:

- استخراج نقاط ویژگی: نقاط کلیدی از تصاویر تست و مرجع بکمک الگوریتم SIFT استخراج می شود.
- انطباق تصویر: تصاویر با استفاده از نقاط ویژگی خارج شده انطباق می یابند.
- فرایند ارزیابی: کیفیت انطباق دو تصویر مورد ارزیابی قرار می گیرد.
- ثبت<sup>۱</sup> تصویر: در صورت گذراندن مرحله قبل تصویر تست در تصویر مرجع ثبت یا مکان یابی می شود.

هر کدام از گامهای ذکر شده در زیر بخشهای ذیل شرح داده میشود:

### استخراج ویژگی با استفاده از الگوریتم SIFT

گام نخست در استخراج ویژگی مورد نیاز نرم افزار راهنمای توریست، مشخص کردن مقیاس و مکانی است که مکرراً به یک شی که از چشم اندازههای مختلف مشاهده می شود بتوان اختصاص داد. یافتن مکان هایی که نسبت به تغییر مقیاس تصویر ثابت هستند، می تواند با جستجو برای ویژگیهای پایدار میان تمامی مقیاس های ممکن، توسط تابع پیوست های از مقیاس که بنام فضای مقیاس شناخته شده است صورت پذیرد. فضای مقیاس یک تصویر بصورت تابع  $L(x,y,\sigma)$  تعریف می شود که از کانولوشن یک گوسی با مقیاس متغیر با تصویر ورودی  $I_b(x,y)$  مانند زیر ایجاد می شود (Lowe, 2004):

$$L(x, y, \sigma) = 1/(2\pi\sigma^2) \exp(-(x^2 + y^2)/(2\sigma^2)) * I_b(x, y) \quad (1)$$

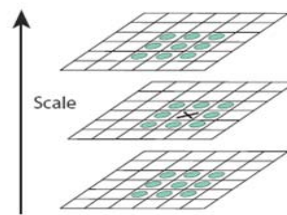
در رابطه (۱)،  $\sigma$  انحراف معیار و یا مقیاس گوسی است و  $x$  و  $y$  نیز مختصات هر نقطه از تصویرند.

جهت یافتن موثر مکان پایدار نقاط کلیدی در فضای مقیاس، استفاده از اکستریم های فضای مقیاس پیشنهاد شده است (Lowe, 2004) که از روی تفاضل تصاویر گوسی که از دو مقیاس مجاور که تنها در یک ضریب ثابت افزایش یافته  $k$  تفاوت دارند، بصورت زیر بدست می آید:

$$D(x,y,\sigma) = L(x,y,k\sigma) - L(x,y,\sigma) \quad (2)$$

جهت یافتن اکستریم های  $D(x,y,\sigma)$  مانند شکل ۱، هر نقطه نمونه با ۸ همسایه تصویر جاری و ۹ همسایه تصویر قبلی و ۹ همسایه تصویر بعدی خود مقایسه می شود. نقطه نمونه تنها در صورتی که از همه این همسایگان بزرگتر یا کوچکتر باشد، انتخاب می شود. زمانی که یک کاندیدا برای نقطه کلیدی با مقایسه این نقطه با نقاط همسایه اش بدست می آید، گام بعدی انجام مرحله است که با استفاده از اطلاعات پیکسل های مجاور مکان، مقیاس و نسبت انحنای اساسی ۱ به پیکسل فوق برچسب زده می شود.

این اطلاعات اجازه رد کردن و نپذیرفتن نقطه کاندیدا به عنوان نقطه کلیدی بدلیل کنتراست پائین (و به طبع حساسیت نسبت به نویز) و یا قرار گرفتن در امتداد لبه ها را می دهد. به نقطه کلیدی با استفاده از مختصات فضائی اش  $(x_i, y_i)$  برچسب زده می شود.



شکل ۱) یافتن اکستریم محلی در تصویر تفاضل گوسی

یک یا دو جهت نیز به هر نقطه کلیدی اختصاص داده می شود که از روی جهت گرادیان تصویر محلی بدست آمده است. با اختصاص دادن جهت پایدار، بر اساس مشخصات محلی تصویر، به هر نقطه کلیدی، توصیف گر نقطه کلیدی می تواند نمایانگری بر اساس این جهت ها باشد. بنابراین نسبت به چرخش تصویر نامتغیر است.

مقیاس نقطه کلیدی برای انتخاب تصویر هموار شده گوسی،  $L$ ، با تقریب به نزدیکترین مقیاس به کار می رود. بنابراین تمامی محاسبات در شرایط مقیاس ثابت اجرا می شوند. برای هر نمونه تصویر،  $L(x,y)$ ، در این مقیاس، اندازه گرادیان،  $m(x,y)$ ، و جهت،  $\theta(x,y)$ ، با استفاده از اختلاف پیکسل ها محاسبه می شود:

## 1. Principal Curvature

$$m(x, y) = \sqrt{\left(L(x+1, y) - L(x-1, y)\right)^2 + \left(L(x, y+1) - L(x, y-1)\right)^2} \quad (3)$$

و

$$\theta(x, y) = \tan^{-1} \left( \frac{L(x, y+1) - L(x, y-1)}{L(x+1, y) - L(x-1, y)} \right) \quad (4)$$

هیستوگرام جهت از روی جهت گرادیان نقاط نمونه ناحیه اطراف نقطه کلیدی ایجاد می گردد. هیستوگرام جهت، ۳۶ انباره که کل ۳۶۰ درجه دایره مثلثاتی را می پوشاند دارد. هر نمونه ای که به هیستوگرام اضافه می شود با دامنه گرادیان و با پنجره دایره ای وزن دار گوسی ۱ با  $\sigma$  ای که ۱/۵ برابر مقیاس نقطه کلیدی است وزن دهی می شود. پیک های هیستوگرام جهت متناظر با راستای غالب در گرادیان محلی تصویر است. بزرگترین پیک و پیک های محلی با بزرگی حداقل ۸۰٪ بزرگترین پیک در هیستوگرام انتخاب می شوند تا جهت نقطه کلیدی تخمین زده شود. بنابراین، برای مکان یابی، چند پیک هم اندازه ممکن است چند نقطه کلیدی در مکان و مقیاس یکسان اما جهت های متفاوت وجود داشته باشند.

توصیف گره های تصویر در الگوریتم SIFT از اطلاعات دامنه و جهت گرادیان تصویر در اطراف نقاط کلیدی ساخته میشوند. توصیف گر یک نقطه کلیدی برداری است شامل مقادیر تمامی ورودی های هیستوگرام جهت،  $\theta(x, y)$ ، و متناسب با طول بردارها در سمت راست شکل ۲، شکل می یابد. شکل ۲ آرایه ای ۲×۲ از هیستوگرام جهت را نشان می دهد، در حالی که آزمایشات نشان می دهد که بهترین نتیجه با آرایه ۴×۴ که ۸ جهت خانه (Bin) در هر کدام موجود است، بدست می آید. در این مقاله بردار ویژگی توصیف گر هر نقطه کلیدی  $4 \times 4 \times 8 = 128$  عضوی در نظر گرفته می شود.

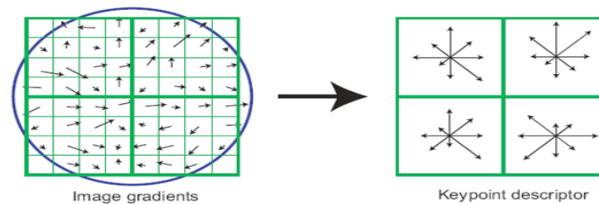
در نهایت، بردار ویژگیها برای کاهش اثر تغییرات روشنایی اصلاح می شوند. در ابتدا بردار به طول واحد نرمالیزه میشود. در مورد تغییر در کنتراست تصویر - که مقدار هر پیکسل در ثابتی ضرب میشود - گرادیان نیز در همان ثابت ضرب میشود. لذا تغییر در کنتراست با نرمالیزه کردن بردار برطرف خواهد شد.

تغییر در روشنایی، که یک ثابت به هر پیکسل تصویر اضافه می شود، تغییری در مقدار گرادیان نخواهد داشت (-به این دلیل که از روی تفاضل پیکسل ها محاسبه می شوند) بنابراین، توصیف گر در مقابل تغییرات افاین و روشنایی مقاوم است. هر چند، تغییرات غیر خطی روشنایی که به سبب اشباع

## 1. Gaussian-weighted

دوربین و یا به سبب تغییر روشنایی سطوح ۳ بعدی با جهت های مختلف و با مقادیر مختلف ایجاد میشوند، حاوی اثراتی هستند که عامل تغییرات زیادی در دامنه گرادینان تصویر می شوند. اما اثر کمتری بر روی جهت گرادینان دارد. بنابراین، برای کاهش تاثیر نامطلوب دامنه های بزرگ گرادینان، آنها را با آستانه گذاری مناسب محدود به  $0/2$  می کنیم و سپس به مقدار واحد تبدیل می نماییم. این بدین معناست که تطبیق دامنه ها برای نقاط با گرادینان های بزرگ اهمیتی ندارند، در حالیکه توزیع جهت ها اهمیت بیشتری دارد. مقدار  $0/2$  نیز بصورت تجربی با استفاده از تصاویری با روشنایی متفاوت برای تصویر یک شی ۳ بعدی به دست آمده است. در نهایت، یک بردار ۱۲۸ عضوی در قالب توصیفگر قرار می گیرد.

در مرحله تشخیص اشیاء، ابتدا نقاط کلیدی تصاویر مبنا و تست (تصاویری که می خواهیم بر هم منطبق کنیم) را استخراج و اقدام به تطبیق زوج نقاط متناظر در دو تصویر می کنیم. به دلیل وجود نویز در ویژگیهای استخراج شده، تطبیق های اولیه نقاط کلیدی ممکن است نادرست باشد.



شکل ۱: یافتن توصیف کننده های محلی در تصویر برای یک نقطه ی کلیدی

بهترین گزینه برای انطباق یک نقطه کلیدی از تصویر مبنا به نقطه ای کلیدی در تصویر تست، نقطه ای است که کمترین فاصله ی اقلیدسی را بین بردارهای توصیف گر متناظر با این دو نقطه ایجاد کند. در این صورت دو نقطه ای که کمترین فاصله را دارند به عنوان جفت نقاط تطبیق یافته انتخاب می شوند. در نهایت مجموع این جفت نقاط تطبیق یافته شرایط تطبیق میان دو تصویر را فراهم می آورد (Lowe 2004, Sırmaçek & Ünsalan, 2009; Sırmaçek & Ünsalan, 2010).

### انطباق

بهترین گزینه ها برای انطباق میان نقاط کلیدی تصویر تست با نقاط کلیدی تصویر مبنا توسط الگوریتم نزدیکترین همسایه انتخاب می شوند. نزدیکترین همسایه بر اساس کمترین فاصله اقلیدسی میان نقاط ویژگی بنا نهاده شده است.

از آنجا که بسیاری از نقاط کلیدی خارج شده از تصاویر بر اثر نویزهای پس زمینه و یا در هم ریختگی تصویر ایجاد می شوند، بسیاری از ویژگیهای استخراج شده از تصویر تست انطباق مناسبی در تصویر مبنا نخواهند یافت. لذا یافتن روشی برای حذف ویژگیهایی که انطباق مناسبی در تصویر مبنا ندارند، حائز اهمیت می باشد.

برخی از توصیف گرها بسیار متمایزتر از سایرین هستند. لذا استفاده از یک سطح آستانه عمومی برای سنجش شباهت توصیف گرها، پاسخ چندان مناسبی در بر نخواهد داشت. یک روش پیشنهاد شده مناسب تر، مقایسه میان فاصله اقلیدسی نزدیکترین همسایه با دومین همسایه نزدیک میباشد. این روش محاسبه انطباق عملکرد خوبی در پی خواهد داشت زیرا در انطباق مناسب، فاصله نزدیکترین همسایه بایستی به مراتب نسبت به دومین همسایه (انطباق نادرست) کمتر باشد.

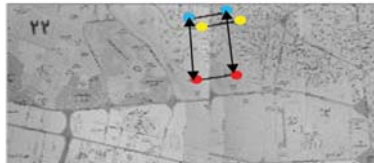
نکته دیگری که بایستی بدان پرداخت، میزان سطح آستانه ای است که برای انتخاب تطبیق ها، لحاظ می گردد، پر واضح است که اگر این سطح بزرگ در نظر گرفته شود، تعداد انطباق ها افزایش خواهد یافت. اما مشکلی که بروز خواهد نمود، ایجاد انطباق های نادرست است. البته با کوچک انتخاب نمودن این سطح دقت انتخاب جفت انطباق ها افزایش خواهد یافت، اما ممکن است این افزایش دقت تا جایی ادامه پیدا کند که دیگر انطباقی میان توصیف گرهای دو تصویر وجود نداشته باشد و یا اینکه تعداد انطباق ها به گونه ای باشد که تشخیص مکان مورد نظر در تصویر مبنا امکان پذیر نباشد. لذا تلاش جهت یافتن مقادیر مناسب آستانه میان جفت نقاط انطباق یافته نیز یکی از پارامترهای تاثیر گذار در این پژوهش به حساب می آید.

### ارزیابی انطباق ها

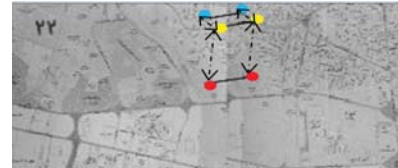
در گام قبل سطح آستانه مناسب جهت مطالعه تشابه میان نقاط ویژگی تصاویر تست و مبنا بصورت تجربی انتخاب شده است. در این بخش روش دیگری بر اساس مشابهت پروفایل تصویر میان جفت نقاط انطباق یافته ارائه خواهد شد.

از آنجایی که فرض بر این است که نقاط انطباق یافته به درستی از میان تمامی ویژگی های استخراج شده انتخاب شده اند، میزان روشنایی پیکسل های محدود به این انطباق ها نیز بسیار به یکدیگر شباهت دارند. بنابراین اگر در انطباق میان دو تصویر، چند نقطه کلیدی به عنوان نقاط کلیدی انطباق یافته انتخاب شده اند، پروفایل تصویر میان نقاط کلیدی انطباق یافته در دو تصویر مشابه خواهند

بود. در شکل ۳، مفهوم نقاط کلیدی و پروفایل به نمایش در آمده است. در این شکل ۳ جفت از میان نقاط کلیدی استخراج شده به عنوان جفت نقاط انطباق یافته انتخاب شده اند که پروفایل تصویر در راستای بردارهای نشان داده شده در تصویر محاسبه می گردد.



ب



الف

شکل ۳) محاسبه پروفایل در دو تصویر (الف) میان خطوط نقطه چین (ب) خط کامل

در صورتی که انطباق صحیح و مناسبی رخ داده باشد، شباهت قابل توجهی میان پروفایل دو تصویر وجود خواهد داشت. محاسبه و مقایسه پروفایل دو تصویر بهتر است همانند شکل ۳ میان تمامی جفت نقاط انطباق یافته انجام گیرد.

در نهایت جهت بررسی دقت انطباق ها، میتوان مقدار همبستگی<sup>۱</sup> میان سیگنال پروفایل ها را در نظر گرفت. اگر مقدار همبستگی دو سیگنال از سطح آستانه ای بیشتر شد، به این معناست که انطباق صحیح و مناسبی صورت پذیرفته است. مقدار همبستگی دو سیگنال که مبین میزان شباهت دو سیگنال است از رابطه (۵) بدست می آید:

$$R(x,y) = \frac{C(x,y)}{\sqrt{C(x,x)C(y,y)}} \quad (5)$$

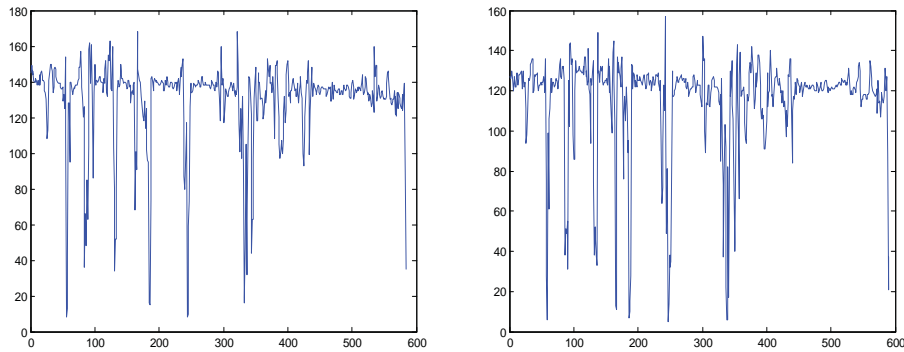
در رابطه (۵) مقدار  $C(x,y)$  بیانگر کوواریانس دو سری داده  $X$  و  $Y$  است که از رابطه (۶) محاسبه می شود:

$$C(x,y) = \text{cov}(x,y) = E[(x - \mu_x)(y - \mu_y)] \quad (6)$$

در رابطه (۶) مقادیر  $\mu_x$  و  $\mu_y$  به ترتیب میانگین داده های  $X$  و  $Y$  هستند.

بنابراین جهت بیان میزان شباهت میان پروفایل تصویر میان نقاط انطباق یافته در دو تصویر، ابتدا مقادیر پروفایل دو تصویر محاسبه می شود و سپس با استفاده از رابطه (۵) شباهت آن دو محاسبه می گردد. شکل ۴ پروفایل بین نقاط کلیدی در تصویر سمت چپ و راست شکل ۳ را نشان می دهد. لازم به ذکر است که سیگنال های نشان داده شده در شکل ۴ شامل پروفایل تصویر میان هر سه نقطه انطباق یافته می باشد. همان طور که در شکل مشاهده میشود، از لحاظ ظاهری این دو پروفایل شباهت زیادی با یکدیگر دارند، اما دو تفاوت در آنها مشاهده می گردد که در مقایسه آنها مهم هستند. تفاوت اول طول پروفایل در دو تصویر است، به این معنی که اگر دو تصویر وضوح<sup>۱</sup> و مقیاس های مختلف داشته باشند، تفاوت بین طول پروفایل ها طبیعی است. حتی این تفاوت به خودی خود می تواند بیانگر اختلاف مقیاس میان دو تصویر باشد. تفاوت دوم اندازه دامنه دو پروفایل است که در صورت تغییر روشنایی در دو تصویر اجتناب ناپذیر است. اگر چه تفاوت در پروفایل های دو تصویر وجود دارد، اما نقاط کلیدی انطباق یافته در شکل ۳ بسیار درست انتخاب شده اند؛ زیرا الگوریتم SIFT در مقابل اختلاف مقیاس و تا حدودی تغییرات روشنایی تغییر ناپذیر است (Mikolajczyk & Schmid, 2005).

از آنجا که در محاسبه مقدار همبستگی بین دو عبارت یا ماتریس برابری اندازه آنها مهم است، این وضعیت باید در محاسبه همبستگی بین پروفایل های دو تصویر ایجاد شود. این تفاوت طول داده ممکن است به هر دلیلی مانند تفاوت در مقیاس تصاویر و یا حتی انتخاب نادرست نقاط انطباق یافته رخ دهد. بنابراین، طولها در این الگوریتم باید برابر شوند. پیشنهاد دیگر، تغییر اندازه یکی از پروفایل ها توسط الگوریتم درون یابی داده هاست که ترجیح داده شده است تا تصویر با طول پروفایل کمتر با طول پروفایل تصویر دیگر هم طول گردد. جهت حذف تغییرات روشنایی نیز می توان تمامی مقادیر پروفایل ها را از مقدار میانگین آنها کم نمود تا داده ها در اطراف صفر پراکنده شوند.



شکل ۳ (۴) پروفایل تصویر الف) سمت چپ ب) سمت راست در تصاویر شکل ۳

با اعمال معادله (۵) به دو پروفایل، مقدار همبستگی  $0.7149$  به دست آمده است که شباهت خوب بین دو پروفایل را نشان میدهد.

### ثبت تصویر

هدف از این نرم افزار ثبت یک مکان در نقشه شهر است. اگر ارزش همبستگی در میان پروفایل های تصویر میان نقاط کلیدی انطباق یافته در دو تصویر بالاتر از یک آستانه از پیش تعریف شده باشد، مراحل ثبت بدرستی انجام پذیرفته است. در غیر این صورت ثبت تصویر مناسبی نخواهیم داشت. روشن است که اگر تصاویر تست توسط دوربین هایی با وضوح بالاتر تهیه شوند، نتایج بهتری حاصل خواهد شد. بخش بعدی شامل نتایج تجربی است که از این نرم افزار به دست آمده است.

### سنجش عملکرد نرم افزار

برای ارزیابی عملکرد این نرم افزار، از تصویری که توسط یک دوربین دیجیتال با وضوح ۷ مگاپیکسل ( $3072 \times 2304$ ) تهیه شده است به عنوان تصویر مینا استفاده میشود. با استفاده از الگوریتم SIFT، تعداد زیادی از نقاط کلیدی از تصویر استخراج شده و به همراه توصیف گرهایشان به عنوان نقاط کلیدی مرجع نگه داشته میشوند. واضح است که هر چه کیفیت تصویر بالاتر باشد، تعداد نقاط کلید افزایش داشته و تکرار پذیری آنها نیز افزایش خواهد یافت. شکل ۵ تصویر مبنایی است که تلاش شده تا با بهترین کیفیت و وضوح از نقشه ترافیکی شهر تهران تهیه شود.

به منظور ایجاد یک بانک تصویر با وضوح مختلف از چند دوربین با توانمندی های متفاوت استفاده

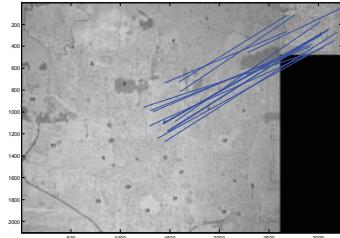
## 1.Registration

شده است. همانطور که قبلاً نیز گفته شد، تصویر گرفته شده توسط دوربین تلفن همراه از نقشه های محلی شهر به عنوان تصویر تست نامیده می شود. در تصاویر زیر، نتایج این مطالعات ارائه شده است.

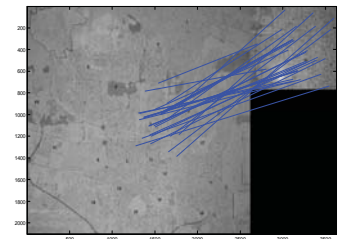
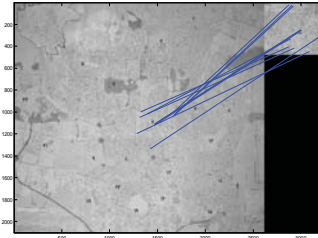


شکل ۵) نقشه ی ترافیکی شهر تهران با وضوح ۷ مگاپیکسل که به عنوان تصویر مبنا مورد استفاده قرار گرفته است.

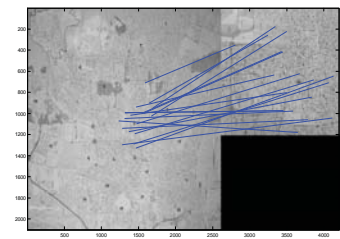
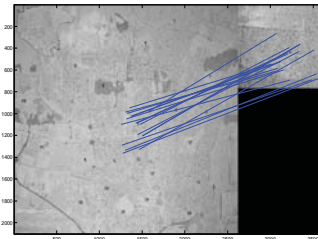
شکل ۶ نتایج استفاده از تصاویر تست با وضوح ۳، ۲، ۰، ۸، ۰، ۳، ۰، ۳، ۲، ۰، ۳، ۲، ۰، ۳ مگاپیکسل را نشان میدهد. اندازه هر یک از این تصاویر به ترتیب بسیار کوچک (۴۸۰ × ۶۴۰)، کوچک (۷۶۸ × ۱۰۲۴)، متوسط (۱۶۰۰ × ۱۲۰۰) و بزرگ (۱۵۳۶ × ۲۰۴۸)، است که در کنار تصویر مبنا با کیفیت هفت مگاپیکسل قرار می گیرند.



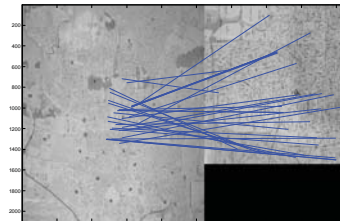
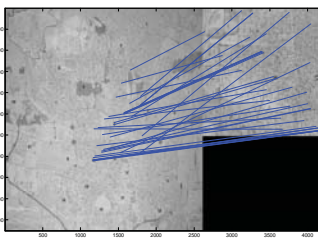
الف



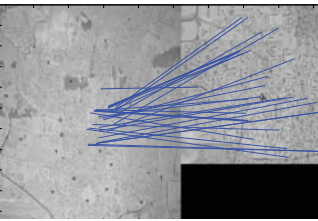
ب



ج



د



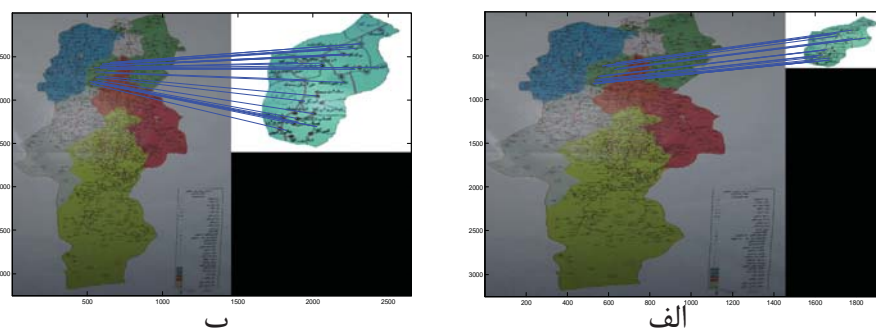
شکل ۶ تصاویر الف) ۰/۳ (ب) ۰/۸ (ج) ۲ (د) ۲/۳ مگاپیکسلی که از یک ناحیه ی مشخص از نقشه شهر تهیه شده اند در کنار

تصویر مبنای شکل ۵ که نقاط منطبق توسط یک ارتباط به یکدیگر متصل شده اند.

در اینجا ، نقاط کلیدی از دو تصویر تست و مینا استخراج گردیده اند. سپس نقاط کلیدی با توصیف گره‌های مشابه (و به بیان دقیق تر شباهت آنها بیشتر از حد آستانه باشد) با استفاده از یک خط به عنوان جفت نقاط تطبیق یافته به یکدیگر متصل شده اند.

همانگونه که در نتایج شکل ۶ مشاهده می‌گردد، با وجود افزایش وضوح تصاویر تست در مراحل مختلف و در نتیجه، افزایش تعداد کل نقاط کلیدی تصاویر تست، تعداد جفت های انطباق یافته افزایش چشم گیری نداشته است. در واقع، وضوح تصویر مینا مهم تر از وضوح تصاویر تست می باشد. با تغییر وضوح تصویر تست از  $0/3$  به  $2/3$  مگاپیکسل، تعداد نقاط کلیدی استخراج شده از ۲۰۰۰ به ۲۲۰۰۰ افزایش یافته است، اما تاثیر قابل توجهی در نتیجه نهایی بابت این افزایش ۱۱ برابری تعداد نقاط کلیدی ایجاد نشده است، زیرا وضوح و در نتیجه تعداد نقاط کلیدی در تصویر مرجع ثابت نگه داشته شده است. بنابراین، داشتن یک تصویر مینا با کیفیت بسیار خوب برای بهبود عملکرد تطبیق مهم است.

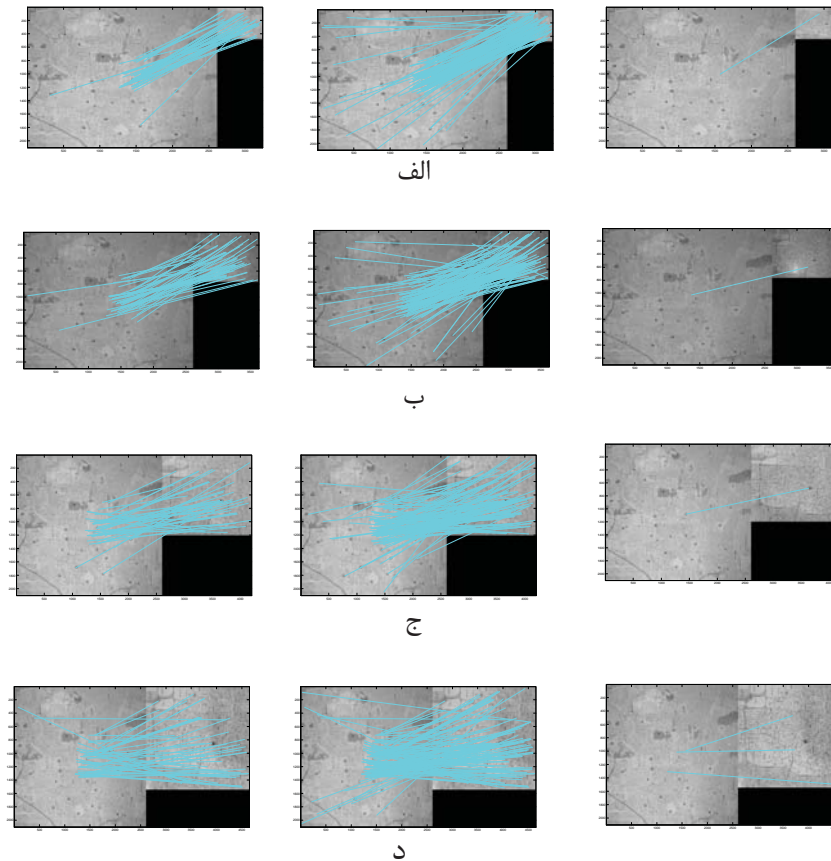
برای بررسی بیشتر عملکرد این دستاورد، نقشه گرفته شده از شهر توریستی بابل در سال ۲۰۱۰ نیز مورد آزمون قرار گرفته است (شکل ۷).



شکل ۷) تصویر با وضوح الف)  $0/3$  مگاپیکسل که از یک ناحیه تهیه شده اند در کنار تصویر مینا

یکی دیگر از پارامترهای مهم و تاثیرگذار در عملکرد این روش، مقدار آستانه است. به عنوان مثال، در شکل ۸، تصاویر شکل ۶ با مقدار آستانه متفاوت نسبت به تست قبلی نشان داده شده است. همانطور که ملاحظه می‌گردد ، برخی از این انطباق ها نادرست هستند. کاهش در مقدار آستانه دقت را افزایش می دهد در شرایطی که ممکن است با افزایش دقت در شرایطی قرار بگیریم که هیچ جفت تطبیق یافته ای موجود نباشد. از این رو، تعداد نقاط انطباق یافته کاهش می یابد (به نحوی که شناسایی صحیح محل داده شده امکان پذیر نخواهد بود). بنابراین، مطالعه بر روی مقدار صحیح

آستانه نیز پارامتری موثر برای دقت نرم افزار است. همان طور که در شکل ۸ دیده می شود، نتیجه تطبیق با کیفیت تصویر و مقدار آستانه تحت تاثیر قرار می گیرد.

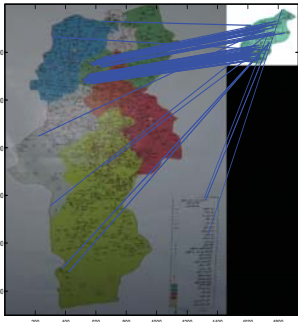
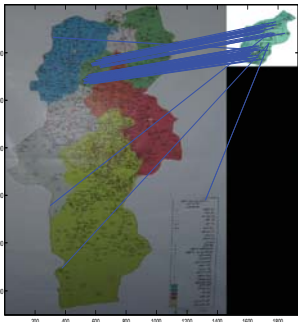

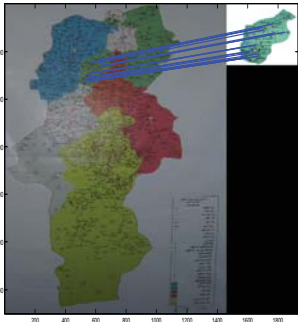


شکل ۸) تصاویر با وضوح الف) ۰.۳ (ب) ۰.۸ (ج) ۲ و د) ۳.۲ مگاپیکسل در کنار تصویر مبنا با خطوطی که نقاط انطباق یافته را به یکدیگر متصل نموده است. (ه) ۲۰٪ افزایش میزان آستانه و (و) ۴۰٪ افزایش میزان آستانه (ز) ۲۰٪ کاهش میزان آستانه

### روشی جدید برای انتخاب مقدار آستانه مناسب

در الگوریتم نرم افزار شرح داده شده، مقدار آستانه به طور تجربی برای اندازه گیری شباهت میان توصیف گرهای تصاویر مبنا و تست انتخاب می شدند. در این بخش روشی دیگر مبتنی بر پروفایل تصویر محدود به نقاط کلیدی همسان معرفی می گردد. همانطور که در مرحله ارزیابی تطبیق بررسی شده بود، پروفایل تصویر میان جفت های متناظر در دو تصویر باید شبیه به یکدیگر باشند. از این رو، با شروع از یک مقدار آستانه از پیش تعریف شده شباهت بین پروفایل تصویر محاسبه شده میان نقاط انطباق یافته دو تصویر اندازه گیری می شود. سپس مقدار آستانه در یک الگوریتم بازگشتی کاهش می یابد تا به میزان شباهت مناسبی میان پروفایل های تصاویر برسیم. جدول ۱ نمونه ای از کاربرد این روش را نشان می دهد که در آن میزان همبستگی بالای  $0/6$  میان پروفایل تصاویر، به عنوان یک تطبیق خوب مورد قبول قرار گرفته است.

جدول (۱) تصحیح مقدار آستانه با استفاده از روش مقایسه پروفایل ها

مرحله	1	2
آستانه	0.6	0.55
نتیجه		
تعداد نقاط انطباق یافته	70	55
میزان همبستگی	-0.046	-0.016
مرحله	3	4
آستانه	0.5	0.45
نتیجه		
تعداد نقاط انطباق یافته	38	20
میزان همبستگی	0.03	0.69

## نتیجه گیری

در این مقاله، نرم افزاری برای راهنمایی مسافران و مکان یابی آنها بر روی نقشه شهر ارائه شده است. دوربین تلفن همراه و نقشه دیجیتالی از شهر برای این نرم افزار مورد نیاز است. الگوریتم SIFT (ویژگیهای تغییر ناپذیر با مقیاس) برای استخراج نقاط برجسته کلیدی تصاویر مورد استفاده قرار گرفت. با تطبیق نقاط کلیدی دو تصویر، تصویر گرفته شده توسط دوربین تلفن همراه در نقشه شهر مکان یابی می شود. برای ارزیابی دقت نرم افزار، محاسبه و مقایسه پروفایل تصویر میان جفت نقاط انطباق یافته پیشنهاد می شود که الگوریتمی هزینه بر از لحاظ زمان محاسبات نیست. دقت تطبیق به مقدار آستانه بستگی دارد. مقدار آستانه در یک الگوریتم بازگشتی با مقایسه پروفایل جفت نقاط انطباق یافته در دو تصویر انتخاب شده است. با توجه به کیفیت تصاویر، با مطالعه ی میان جفت نقاط انطباق یافته، دقت انطباق قابل افزایش و سطح آستانه در یک الگوریتم بازگشتی قابل تصحیح می باشد.

کارایی نرم افزار با آزمایش بر روی نقشه دو شهر توریستی مجزا ارزیابی شده و نتایج بسیار امیدوار کننده ای به دست آمده است.

## مراجع

- [1].Lowe, D. G., (2004). Distinctive Image Features From Scale-Invariant Keypoints. *International Journal of Computer Vision*, Vol. 60, no. 2, p. 91-110. [doi:10.1023/B:VISI.0000029664.99615.94]
- [2].Choi, O., Kweon, I.S., (2009). Robust Feature Point Matching by Preserving Local Geometric Consistency. *Elsevier J. of Computer Vision and Image Understanding*, Vol.113, Issue 6, p. 726-742. [doi:10.1016/j.cviu.2008.12.002]
- [3].Mikolajczyk, K., Schmid, C., (2005). A Performance Evaluation of Local Descriptors. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol. 27, Issue. 10, 1615 – 1630. [doi: 10.1109/TPAMI.2005.188]
- [4].Sırmaçek, B., Ünsalan, C., (2009). Urban-Area and Building Detection Using SIFT Keypoints and Graph Theory. *IEEE Trans. Geosci. Remote Sens.*, vol. 47, no. 4, p. 1156-1167. [doi:10.1109/TGRS.2009.2017423]

- [5].Hartley, R.I., & Zisserman, A., (2004). Multiple View Geometry in Computer Vision. Cambridge University Press, UK, London, Second Edition, p.172-314. [ISBN 0-521-62304-9]
- [6].Mikolajczyk, K. & Schmid, C., (2004). Scale & Affine Invariant Interest Point Detectors. International Journal of Computer Vision, Vol. 60, no. 1, p.63–86. [doi:10.1023/B:VISI.0000027790.02288.f2]
- [7].Sırmaçek, B., Ünsalan, C., 2010. Using Local Features to Measure Land Development in Urban Regions. Elsevier J. of Pattern Recognition in Remote Sensing, Vol.31, Issue 10, p. 1155-1159. [doi:10.1016/j.patrec.2009.09.018]
- [8].Bhagavathy, S. and Manjunath, B.S., (2006). Modeling and Detection of Geospatial Objects Using Texture Motifs. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, vol. 44, no. 12, 3706–3715. [doi: 10.1109/TGRS.2006.881741]
- [9].Gamba, P., Acqua, F.D., Lisini, G., and Trianni, G., (2007). Improved VHR Urban Area Mapping Exploiting Object Boundaries. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, Vol. 45, no. 8, 2676–2682. [doi: 10.1109/TGRS.2007.899811]
- [10].Huang, X., Zhang, L. and Li, P., (2007). An Adaptive Multiscale Information Fusion Approach for Feature Extraction and Classification of Ikonos Multispectral Imagery Over Urban Areas. IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters, Vol. 4, no. 4, 654–658. [doi: 10.1109/LGRS.2007.905121]
- [11].Katartzis, A., and Sahli, H., (2008). A Stochastic Framework for the Identification of Building Rooftops Using a Single Remote Sensing Image. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, Vol. 46, no. 1, 259–271. [doi: 10.1109/TGRS.2007.904953]