



بررسی و پیشنهاد سامانه تعیین موقعیت مبتنی بر عکس مناسب در GIS هر جای گاه

حسین نریمانی‌راد*^۱، علی منصوریان^۲، علی محمدزاده^۳

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد سیستم اطلاعات مکانی، دانشکده مهندسی نقشه‌برداری، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی
۲. استادیار گروه سیستم اطلاعات مکانی، دانشکده مهندسی نقشه‌برداری، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی
۳. استادیار گروه فتوگرامتری و سنجش از دور، دانشکده مهندسی نقشه‌برداری، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۱/۱/۲۹

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۸۹/۱۰/۲۵

چکیده

با گذشت زمان روزبه‌روز ابزارهای تهیه اطلاعات بصری از قبیل دوربین‌های عکس‌برداری، در میان عموم مردم فراگیر شده است. به طوری که در هر زمانی برای اکثر افراد، امکان ثبت اطلاعات بصری محیط اطراف فراهم آمده است. با توجه به سطح وسیعی دسترسی افراد به این ابزارها می‌توان آنها را بستر مناسبی برای ارائه سرویس‌های مکانی هر جای گاه دانست. در مقاله حاضر، یک سامانه تعیین موقعیت همراه مبتنی بر عکس، ارائه و بررسی خواهد شد. در سامانه پیشنهادی، هر کاربر با ارسال یک عکس از یک ساختمان شاخص در نزدیکی خود، می‌تواند به نقشه منطقه دسترسی پیدا کند. برای این منظور ابتدا پایگاه داده‌ای از عکس ساختمان‌های منطقه تهیه می‌شود. سپس با دریافت هر عکس از کاربران، عکس دریافتی با عکس‌های موجود در پایگاه داده مقایسه می‌گردد و در صورت یافتن عکس مشابه آن در پایگاه داده، نقشه منطقه آن ساختمان برای کاربر ارسال می‌شود. برای مقایسه عکس‌ها از الگوریتم استخراج خودکار عوارض متناظر، بین عکس‌های مشابه به نام SIFT استفاده شده است. با مقایسه نقاط اصلی استخراج‌شده از این الگوریتم می‌توان عکس‌های مشابه را شناسایی کرد. در تحقیق حاضر با انجام تغییرات جزئی بر روی این الگوریتم ضمن کاهش زمان اجرا، میزان توانایی الگوریتم در تعیین ساختمان مشابه نشان داده خواهد شد. در پایان، نتیجه انجام پردازش‌های حالت استاندارد این الگوریتم با حالت اصلاح‌شده آن برای تعدادی عکس ارائه می‌گردد و همچنین نشان داده خواهد شد که با استفاده از الگوریتم دوم، تغییر زیادی در صحت عملکرد سامانه رخ نمی‌دهد.

کلیدواژه‌ها: سامانه اطلاعات مکانی هر جای گاه، الگوریتم SIFT، تعیین موقعیت، سرویس‌های مکان آگاه.

* نویسنده مکاتبه‌کننده: تهران، خ. ولی عصر، تقاطع میرداماد، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی، دانشکده نقشه‌برداری و ژئوماتیک.

۱- مقدمه

در این روش‌ها از روش‌های مبتنی بر GPS پایین‌تر است و از نظر پوشش نیز نمی‌توان از آنها به‌سادگی برای فضاهای وسیع استفاده کرد.

افزون بر روش‌های گفته‌شده، روش‌هایی که اطلاعات موقعیتی را از روی اطلاعات بصری به‌دست می‌آورند، در زمینه‌هایی نظیر رباتیک (Kosaka et al., 2003; Daavidson, 1995)، هدایت وسایل نقلیه خودمختار و هدایت هواپیماهای بی‌سرنشین کاربرد فراوان دارند (LaMarca et al., 2008). با توجه به اینکه بینایی اصلی‌ترین وسیله ادراکی برای انسان در توجیه خود نسبت به مکان‌های مختلف است، عکس‌های به‌دست‌آمده از دوربین‌ها نیز قابلیت فراوانی برای اهداف تعیین موقعیتی دارند.

گسترش و بهبود روش‌های تعیین موقعیت با استفاده از اطلاعات تصاویر رقومی، مستلزم انجام عملیات پردازش تصویری مناسب است. در مقاله حاضر یک سرویس تعیین موقعیت همراه پیشنهاد شده است و با اعمال تغییراتی بر روی الگوریتم مورد استفاده، تغییرات کارایی آن نیز بررسی می‌شود. در سامانه پیشنهادی مذکور، پایگاه داده‌ای از عکس ساختمان‌های شاخص شهر و مختصات آنها ایجاد می‌شود. کاربران در سطح شهر، از یک ساختمان شاخص نزدیک‌شان عکس‌برداری می‌کنند و تصویر آن را به همراه موقعیت تقریبی منطقه برای سرور ارسال می‌کنند. با دریافت عکس و موقعیت تقریبی کاربر، عکس دریافتی با تمام عکس‌های موجود در پایگاه داده برای آن منطقه، مقایسه می‌شود. این مقایسه می‌تواند به وسیله هر الگوریتم پردازش تصویری‌ای که قابلیت تناظرابی بین عکس‌ها را داشته باشد، انجام شود. یکی از این الگوریتم‌ها، الگوریتم SIFT است (Lowe, 1999). نتیجه این مرحله، یافتن تعدادی نقطه متناظر بین عکس

توسعه فناوری تعیین موقعیت الکترونیکی^۱ و ظهور محاسبات موبایل^۲ به کمک دستگاه‌هایی کوچک و ارزان‌قیمت، بستر مناسبی را برای طرح مسائل کاربردی مکان‌آگاه^۳ به‌وجود آورده است. منظور از مسائل کاربردی مکان‌آگاه، موضوعاتی است که در آنها، پردازش‌ها، بصری‌سازی‌ها، روش‌های حل مسئله و به‌طور کلی نحوه برخورد با مسئله به نوعی به موقعیت بستگی دارد. روند رشد این نوع برنامه‌های کاربردی نیز تأثیری روزافزون بر زندگی روزمره انسان‌ها دارد. از این رو مردم هر روزه با برنامه‌هایی روبه‌رو می‌شوند که جواب‌های آنها بستگی به موقعیت کاربران دارد و با زندگی روزمره‌شان پیوند خورده است.

روش‌های متعددی برای دریافت اطلاعات موقعیت افراد در شرایط مختلف پیشنهاد شده است. از جمله این روش‌ها می‌توان به روش‌های (Djuknic, et al., 2001) AGPS^۴، روش‌های مبتنی بر شبکه‌های ۸۰۲/۱۱ و روش‌های مبتنی بر امواج فراصوتی اشاره کرد. در روش‌های AGPS به‌رغم دقت و پوشش مناسبی که دارند، کاربران می‌بایست از سخت‌افزارهای ویژه‌ای برای دریافت سیگنال‌های GPS استفاده کنند. از این رو روش‌های مذکور بین مردم کمتر فراگیر شده است. از روش‌های مبتنی بر امواج فراصوتی بیشتر در تعیین موقعیت داخل اتاق استفاده می‌شود. دقت این روش‌ها چندان مناسب نیست و نیازمند سخت‌افزارهای خاصی است. نخستین سیستم از این نوع Active Badge نام دارد که در سال ۱۹۹۰ ارائه شده است (Ward, 1998). روش Cricket نیز از همین دسته از روش‌ها به شمار می‌آید (Priyantha, et al., 2000). با فراگیر شدن دستگاه پشتیبانی‌کننده شبکه‌های ۸۰۲/۱۱، روش‌های تعیین موقعیت مبتنی بر آنها، در آینده به‌راحتی می‌توانند در دسترس افراد مختلف قرار گیرند. برای نمونه از این روش‌ها برای انجام تعیین موقعیت در مناطق شهری (Rekimoto, et al., 2007) و محدوده دانشگاه‌ها (Griswold, et al., 2004) استفاده شده است. این در حالی است که دقت تعیین موقعیت

1. Electronic Location Technology
2. Mobile Computing
3. Location-aware
4. Assisted GPS

می‌گردد. همچنین در این پایگاه داده موقعیت ساختمان‌ها نیز ذخیره می‌شود. سپس کاربر در محیط شهری با عکس برداری از یک ساختمان، عکس را به همراه موقعیت تقریبی خود به شکلی از طریق شبکه (برای مثال سرویس پیام چندرسانه‌ای مخابرات)، به سرور ارسال و موقعیت خود را درخواست می‌کند. در سرور ابتدا ساختمان‌های منطقه مورد نظر انتخاب می‌شوند، سپس برای عکس دریافتی از کاربر نیز بردارهای توصیف‌کننده عکس تهیه می‌شود. پس از انجام مقایسه بین توصیف‌کننده‌های عکس دریافتی و توصیف‌کننده‌های عکس‌های انتخاب‌شده در پایگاه داده، شبیه‌ترین عکس به عکس دریافتی، تعیین می‌شود. معیار شباهت نیز از روی تعداد بردارهای متناظر به دست آمده بین عکس دریافتی و عکس‌های موجود در پایگاه داده، تعیین می‌شود. شناسایی شبیه‌ترین عکس، به معنای شناسایی ساختمانی است که کاربر در نزدیکی آن قرار دارد. از طرفی موقعیت ساختمان‌ها نیز در پایگاه داده ذخیره شده است، در نتیجه موقعیت کاربر با شناسایی ساختمان نزدیک به آن، مشخص می‌گردد. با مشخص شدن موقعیت کاربر می‌توان نقشه محدوده‌ای را که کاربر در آن قرار دارد برای او ارسال کرد. برای تهیه نقشه می‌توان از هر یک از گزینه‌های Static Map Publishing یا WMS¹ استفاده کرد. نمودار فرآیندی عملکرد سیستم در شکل ۲ نشان داده شده است. در بخش‌های بعدی عملکرد هر یک از قسمت‌های این نمودار شرح داده شده است.

دریافتی از کاربر و عکس‌های موجود در پایگاه داده است. با احتمال بالایی می‌توان بیان داشت که عکس از پایگاه داده که بیشترین نقطه متناظر را با عکس دریافتی داشته باشد، عکس ساختمانی است که کاربر در نزدیکی آن قرار دارد. در پایان نیز با اطلاع از موقعیت آن عکس در پایگاه داده، نقشه منطقه عکس در قالب تصویر برای کاربر ارسال می‌شود. مقاله حاضر با اعمال تغییراتی بر روی الگوریتم SIFT به دنبال کاهش حجم محاسباتی و افزایش سرعت این الگوریتم است. از طرف دیگر تغییرات به وجود آمده در دقت شناسایی عکس‌های متناظر نیز بررسی خواهد شد.

۲- سامانه پیشنهادی

در این سامانه با به کارگیری الگوریتم پیچیده پردازش تصویری، می‌توان روش تعیین موقعیت همراه را فراهم ساخت. در این روش کاربران بدون نیاز به تجهیزات ویژه و تنها با در دست داشتن یک گوشی تلفن همراه مجهز به دوربین عکاسی، می‌توانند موقعیت‌شان را در هر منطقه شهری بیابند و به نقشه منطقه دسترسی پیدا کنند (شکل ۱). با حذف برخی از مراحل الگوریتم مورد بررسی، سرعت پاسخ‌گویی سامانه افزایش می‌یابد. گسترش این سامانه نیازمند در اختیار داشتن پایگاه داده‌ای از توصیف‌کننده‌های عکس برای ساختمان‌های شهر است. برای این منظور ابتدا با عکس برداری از ساختمان‌های شاخص شهر، و تهیه بردارهای توصیف‌کننده این عکس‌ها پایگاه داده مورد نظر تکمیل



شکل ۱. سازوکار سامانه پیشنهادی

1. Web Mapping Services



شکل ۲. نمودار فرایندی عملکرد سامانه پیشنهادی

۱-۲- دریافت تصویر و ارسال آن - ۲-۲- مقایسه عکس ها به وسیله الگوریتم SIFT و

مراحل آن

از میان عکس های منطقه، شبیه ترین عکس به عکس دریافتی از سوی کاربر تعیین می شود. برای این کار از الگوریتم SIFT استفاده شده است. در واقع این الگوریتم در قسمت «جزو نرم افزاری مقایسه کننده عکس ها» قرار می گیرد، و نوعی الگوریتم پردازش تصویری است که لوو آن را در اواخر دهه ۱۹۹۰ ارائه کرده است (Lowe, 1999). از این الگوریتم به منظور انجام تناظریابی بین عکس ها و استخراج عوارض استفاده می شود. در این گام به وسیله این الگوریتم

دریافت تصویر به وسیله دوربین گوشی تلفن همراه کاربران صورت می گیرد و کاربران عکس مورد نظر را از طریق از جمله سرویس پیام چند رسانه ای شبکه مخابرات) برای یک سرور ارسال می کنند. همچنین کاربر می تواند منطقه تقریبی اش را نیز در این مرحله برای سرور ارسال کند. در سرور نیز با اطلاع از موقعیت تقریبی کاربر، عکس ساختمان های منطقه از پایگاه داده فراخوانی می شود و آماده مقایسه با عکس ارسالی از سوی کاربر می گردد.

همین دلیل در این گام عکس‌های تفاضلی را نیز محاسبه می‌کنیم.

رابطه (۳)

$$D(x, y, \sigma) = (G(x, y, k\sigma) - G(x, y, \sigma)) \times I(x, y) \\ = L(x, y, k\sigma) - L(x, y, \sigma).$$

در (شکل ۳) عکس ورودی به وسیله تابع گوسین در چند گام کانولو می‌شود. در این گام فضای مقیاس به دسته‌هایی تقسیم می‌شود. برحسب اینکه در گام‌های بعدی ناگزیر به استخراج نقاط کلیدی از روی چه تعداد عکس باشیم، تعداد عکس‌های هر دسته را می‌توان محاسبه کرد.

نخستین عکس از دسته یکم نتیجه کانولوشن عکس ورودی با تابع گوسین با سیگمای اولیه (σ_0) عکس دوم از دسته یکم نیز از کانولوشن عکس ورودی با تابع گوسین، با سیگمایی برابر $K\sigma_0$ به دست می‌آید. مقدار ثابت k نیز از رابطه $k = 2^{1/s}$ به دست می‌آید. در این رابطه نیز s همان تعداد عکس‌های مورد نیاز در گام استخراج نقاط کلیدی است. با جمع‌بندی این مراحل می‌توان نتیجه گرفت که عکس i ام از دسته یکم، نتیجه کانولوشن عکس ورودی با یک تابع گوسین با سیگمایی برابر با $\sigma_0 \cdot k^{(i-1)}$ ، i از ۱ تا s است. در این دسته عکسی که حاصل کانولوشن با تابع گوسین با سیگمایی برابر با $2\sigma_0$ باشد انتخاب می‌گردد و ابعاد آن به نصف کاهش داده می‌شود. این عکس به عنوان عکس ورودی برای دسته دوم استفاده می‌شود. در شکل ۳ این عکس با مرز گسسته زرد رنگ نمایش داده شده است.

با کمی دقت مشخص می‌شود که همیشه در هر دسته سومین عکس از بالا برای ایجاد دسته بعدی مورد استفاده قرار می‌گیرد. با کاهش ابعاد این عکس به نصف و کانولو کردن آن به وسیله تابع گوسین با سیگمایی برابر با σ_0 ، نخستین عکس دسته دوم نیز ایجاد می‌شود. عکس‌های دسته‌های بعدی هم به همین روش

عکس دریافتی به مجموعه‌ای از بردارهای ۱۲۸ تایی، تبدیل می‌شود. منظور از مقایسه بین عکس‌ها نیز مقایسه مجموعه بردارهای ۱۲۸ تایی آنهاست.

ویژگی مهم الگوریتم SIFT استخراج بردارهای پایدار توصیف‌کننده عکس است. به هنگام اعمال این الگوریتم بر روی عکس سیاه و سفید، تعداد زیادی عارضه بر روی عکس انتخاب می‌شود و به هر یک از این عوارض یک بردار ۱۲۸ تایی نسبت داده می‌شود. این عوارض نقاط کلیدی SIFT نامیده می‌شوند. منظور از پایداری بردارها این است که الگوریتم SIFT برای نقاط کلیدی متناظر در عکس‌های مشابه، بردارهای مشابهی تولید می‌کند. از این رو با اعمال این الگوریتم بر روی عکس‌های مشابه، تعداد زیادی نقطه متناظر برای این عکس‌ها می‌توان استخراج کرد. به همین دلیل می‌توان با بررسی تعداد نقطه‌های متناظر بین دو عکس به میزان شباهت‌شان پی برد. گام‌های اجرای الگوریتم SIFT در ادامه شرح داده می‌شوند.

۲-۲-۱- گام اول. ایجاد فضای مقیاس^۲

به منظور استخراج نقاط کلیدی پایداری که نسبت به تغییرات مقیاس مستقل اند، پردازش‌ها روی مقیاس‌های مختلفی از عکس صورت می‌پذیرد (Witkin, 1983). برای این منظور می‌بایست از عکس ورودی چندین عکس دیگر ساخته شود. فضای مقیاس برای عکس ورودی $I(x, y)$ به صورت رابطه (۱) تعریف می‌شود.

$$L(x, y, \sigma) = G(x, y, \sigma) \times I(x, y) \quad (۱) \text{ رابطه}$$

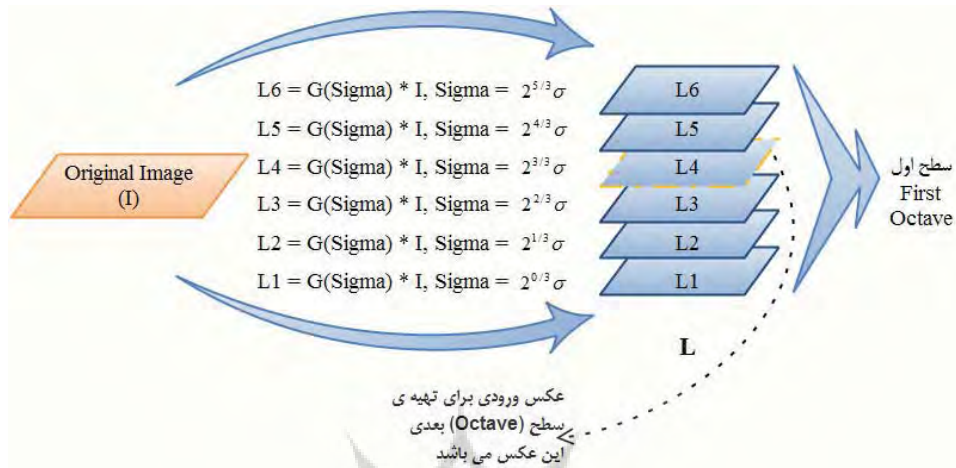
$$G(x, y, \sigma) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} e^{-(x^2+y^2)/2\sigma^2} \quad (۲) \text{ رابطه}$$

در رابطه (۱) اپراتور* همان اپراتور کانولوشن است. مطالعات انجام شده نشان داده‌اند که مناسب‌ترین تابع برای G ، تابع گوسین است (Lindeberg, 1994; Koenderink, 1984). با انجام این عملیات برای مقادیر مختلف σ می‌توان فضای مقیاس عکس I را به دست آورد. عملیات تعیین نقاط کلیدی، بر روی عکس‌های حاصل از تفاضل L ها انجام می‌شود، به

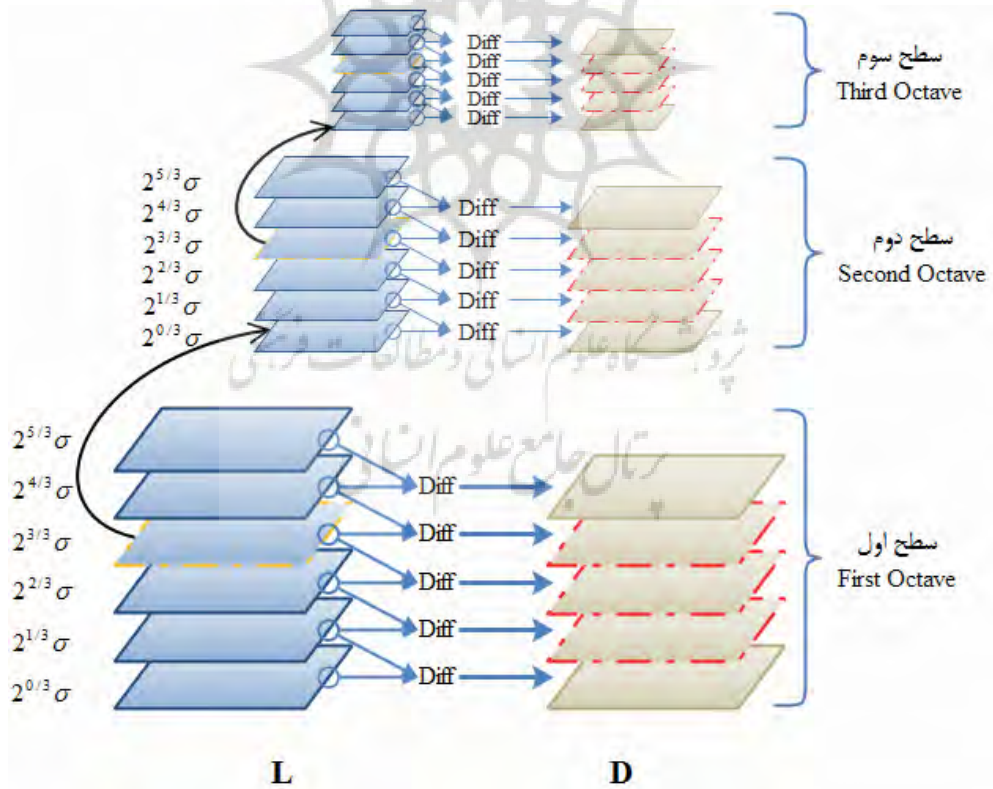
1. SIFT Key Points

2. Scale Space Construction

ایجاد می‌شوند و فضای مقیاس تکمیل می‌گردد. در پایان برای هر دسته، تفاضل عکس‌های مجاور محاسبه می‌شود و به عنوان عکس تفاضلی برای آن دو عکس مجاور ذخیره می‌گردد (شکل ۴).



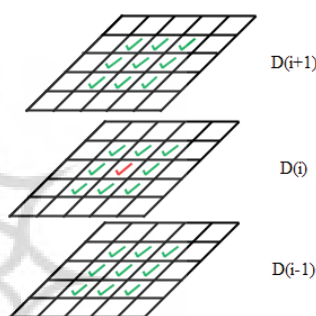
شکل ۳. نحوه استفاده از عکس نخست برای تولید دسته (سطح) یکم فضای مقیاس عکس



شکل ۴. نحوه تشکیل فضای مقیاس عکسی

۲-۲-۲- گام دوم. استخراج اکستریم‌های محلی

در این گام برای عکس‌های تفاضلی هر دسته (سطح)، پیکسل‌های یک عکس با ۸ پیکسل مجاور خود در همان عکس و ۹ پیکسل مجاور در عکس‌های بعدی و قبلی مقایسه می‌شود (شکل ۵) - بدیهی است که این عملیات را نمی‌توان برای عکس‌های یکم و آخر هر دسته انجام داد. در شکل ۴، عکس‌هایی که این عملیات روی آنها انجام می‌شود، با مرز گسسته قرمز رنگ نمایش داده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود، تعداد این عکس‌ها برابر عدد s است.



شکل ۵. پیکسل‌های شرکت‌کننده در فرایند تعیین نقطه اکستریم در صورتی که مقدار پیکسل مرکزی از پیکسل‌های دیگر بیشتر یا کم‌تر باشد، آن پیکسل به عنوان اکستریم شناخته می‌شود و در مرحله بعدی به تعیین موقعیت و مقیاس دقیق‌تر این اکستریم‌ها پرداخته می‌شود. در سال ۲۰۰۲ روشی برای برآزش تابع درجه دوم سه بعدی به اکستریم‌های محلی ابداع شده است (Brown, et al., 2002). در این روش از بسط سری تیلور تابع فضای مقیاس، $D(x,y,\sigma)$ ، تا جمله دوم استفاده می‌شود. همچنین این تابع به شکلی انتقال داده شد که مرکز آن همان نقطه اندازه‌گیری باشد.

رابطه (۴)

$$D(x) = D + \frac{\partial D}{\partial x} x + \frac{1}{2} x^T \frac{\partial^2 D}{\partial x^2} x$$

در رابطه (۴) مقدار D و مشتقات آن برای نقطه مورد اندازه‌گیری بوده و $x = (x, y, \sigma)^T$ بردار انتقال^۱ تا

آن نقطه است. موقعیت اکستریم نیز با \hat{x} نمایش داده می‌شود، که از برابر صفر قرار دادن مشتق رابطه (۴) نسبت به x به دست می‌آید. این مقدار همان مقدار انتقالی است که باید به x قبلی اضافه شود.

رابطه (۵)

$$\hat{x} = -\frac{\partial^T D^{-1}}{\partial x^T} \frac{\partial D}{\partial x}$$

مقادیر هسین و مشتق اولیه برای D به وسیله تفاضل‌گیری از همسایه‌ها تخمین زده می‌شود. در صورتی که قدر مطلق هر یک از مقادیر انتقال \hat{x} از ۰/۵ بیشتر باشد، به این معناست که اکستریم محلی به نقطه‌ای دیگر نزدیک‌تر است. در این حالت، نقطه مورد اندازه‌گیری تغییر داده می‌شود و درون‌یابی حول آن نقطه انجام می‌پذیرد. در نهایت مقدار به دست آمده برای \hat{x} بایستی به نقطه مورد اندازه‌گیری اضافه شود. به این ترتیب موقعیت درون‌یابی شده اکستریم محلی تخمین زده می‌شود (Lowe, 2004).

۲-۲-۳- گام سوم. حذف اکستریم‌ها با کنتراست

پایین و اکستریم‌های لبه‌ای

از مقدار تابع D در نقطه \hat{x} ، برای حذف اکستریم‌هایی که کنتراست پایینی دارند استفاده می‌شود. با جایگزینی رابطه (۵) در رابطه (۴) چنین به دست می‌آید:

رابطه (۶)

$$D(\hat{x}) = D + \frac{1}{2} \frac{\partial^2 D}{\partial x^2} \hat{x}$$

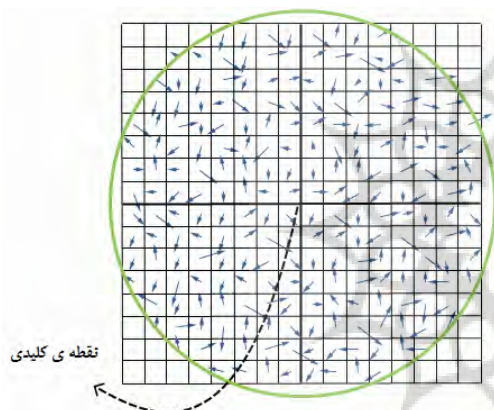
به صورت تجربی تمام اکستریم‌هایی که مقدار $|D(\hat{x})|$ ، برای آنها کمتر از ۰/۰۳ است، حذف می‌شوند. برای حذف نقاط لبه‌ای نیز از رابطه (۷) استفاده می‌شود.

رابطه (۷)

$$\frac{[\text{Tr}(H)]^r}{\text{Det}(H)} < \frac{(r+1)^r}{r}$$

1. Offset

یک همسایگی از نقطه کلیدی در نظر گرفته می‌شود. به وسیله این مقادیر یک هیستوگرام جهتی ۳۶ تایی می‌بایست تشکیل شود. برای تشکیل چنین هیستوگرامی از یک تابع گوسین با پارامتر σ ای برابر با $1/5 \times \sigma_{\text{keypoint}}$ نیز استفاده می‌شود. در اینجا مرکز تابع گوسین مورد استفاده، منطبق بر مختصات نقطه کلیدی است. در نتیجه با دور شدن همسایه‌ها از نقطه کلیدی، مقدار این تابع نیز کمتر می‌شود و وزن بردارهای خارج این محدوده نیز صفر در نظر گرفته می‌شود. مقدار عددی σ_{keypoint} هم برابر با σ نقطه کلیدی است (شکل ۶).



شکل ۶ وضعیت بردارهای همسایه نقطه کلیدی و تابع گوسین مورد استفاده

با در نظر داشتن موارد مطرح‌شده، تأثیر بردار هر همسایه بر روی هیستوگرام جهتی بررسی می‌شود. هر همسایه با توجه به جهت بردار آن عددی را به نزدیک‌ترین جهت موجود روی هیستوگرام، اضافه می‌کند. اثر هر همسایه نیز حاصل ضرب مقدار تابع گوسین برای آن همسایه در بزرگی بردار آن همسایه است. به این شکل برای هر نقطه کلیدی، یک هیستوگرام جهتی ۳۶ میله‌ای تهیه می‌شود (شکل ۷).

در رابطه (۷) $H = \begin{bmatrix} D_{xx} & D_{xy} \\ D_{xy} & D_{yy} \end{bmatrix}$ (ماتریس هسین)،

$$\text{Det}(H) = D_{xx} \cdot D_{yy} - (D_{xy})^2 \quad \text{و} \quad \text{Tr}(H) = D_{xx} + D_{yy}$$

است. در صورتی رابطه (۷) برای اکسترممی برقرار باشد، آن اکسترمم پذیرفته می‌شود و اگر برقرار نباشد، آن اکسترمم حذف خواهد شد. مقدار t پارامتری تجربی است و لوو در پیاده‌سازی‌ای که انجام داد از عدد ۱۰ برای این مقدار استفاده کرد (Lowe, 2004).

۲-۲-۴- گام چهارم. تخصیص راستا

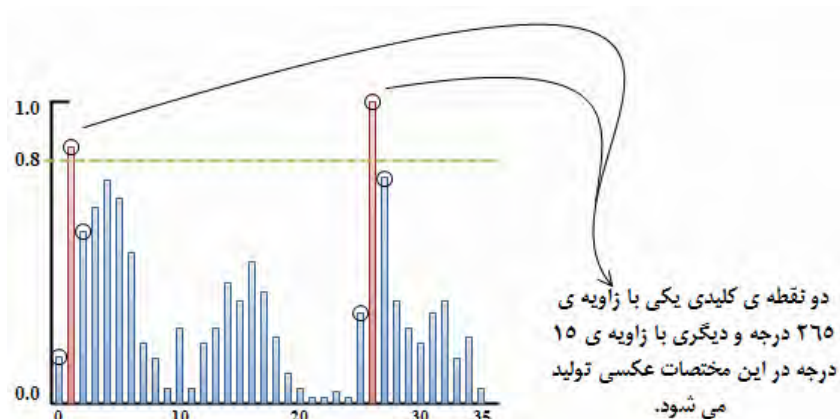
از این گام به بعد اکسترمم‌های باقی‌مانده از گام‌های پیشین، نقاط کلیدی خوانده می‌شوند. در واقع منظور از نقاط کلیدی، مختصات نقاط در عکس‌های مختلف فضای مقیاس است. تا این مرحله، هر نقطه کلیدی دارای یک مختصات عکسی و یک مقیاس بوده است. مقیاس تعیین می‌کند که نقطه کلیدی متعلق به کدام عکس در فضای مقیاس است. اما در این گام برای هر یک از این نقاط کلیدی بایستی یک بردار دوبعدی اختصاص داده شود. با تخصیص یک راستای پایدار به هر نقطه کلیدی، در گام‌های بعد می‌توان بردار توصیف‌کننده را نسبت به این بردار تعریف کرد و توصیف‌گرهایی مستقل از دوران عکس به‌دست آورد. مقدار و جهت بردار برای هر پیکسل از عکس‌های L موجود در فضای مقیاس از رابطه‌های (۸) و (۹) محاسبه می‌شود.

رابطه (۸)

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

$$\theta(x, y) = \tan^{-1}\{(L(x, y+1) - L(x, y-1)) / (L(x+1, y) - L(x-1, y))\}$$

سپس برای هر نقطه کلیدی، عکس L ، متناسب با مقیاس آن نقطه کلیدی از فضای مقیاس انتخاب می‌شود. به عبارت دیگر این عکس دارای نزدیک‌ترین مقدار σ ، به σ نقطه کلیدی است. سپس بردارهای



شکل ۷. هیستوگرام جهتی ۳۳۶ میله‌ای

هستند)، تا حدی نقاط کلیدی نسبت به روشنایی تصویر^۲ و زاویه دید، مستقل خواهند شد. در اینجا نیز مشابه گام قبل از یک همسایگی از نقطه کلیدی برای ایجاد هیستوگرام جهتی استفاده می‌شود؛ با این تفاوت که در این گام، این همسایگی با توجه به راستای نقطه کلیدی تعیین می‌شود (شکل ۸).

سپس چند هیستوگرام جهتی برای ۱۶ ناحیه مختلف محاسبه می‌شوند. در این گام هیستوگرام‌ها دارای ۸ جهت هستند (شکل ۹) و به طور کلی $۴ \times ۴ \times ۸$ می‌شود مقدار توصیف‌کننده برای هر نقطه کلیدی به دست می‌آید. افزون بر این، زوایای به دست آمده برای همسایه‌ها از راستای نقطه کلیدی کم می‌شود و مقدار M همسایه‌ها قبل از جمع شدن با مقادیر هیستوگرام در مقدار تابع گوسین با σ ای برابر با نصف عرض پنجره همسایه‌ها ضرب می‌شود.

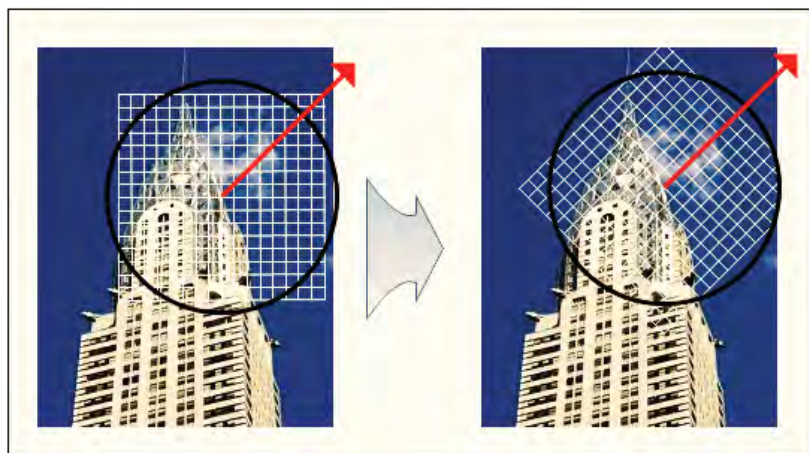
بردار توصیف‌کننده برای نقطه کلیدی در شکل ۹ از مقادیر موجود در شکل سمت چپ به دست می‌آید. در این مرحله برای هر نقطه کلیدی یک بردار 128×1 توصیف‌کننده به دست می‌آید (Lowe, 2004).

پس از ایجاد هیستوگرام، بیشینه آن تعیین می‌گردد و تمام بیشینه‌های محلی‌ای که مقدارشان تا ۸۰ درصد بیشینه اصلی این هیستوگرام است، انتخاب می‌شوند و با هر یک از آنها نقطه کلیدی مجزایی ساخته می‌شود. به عبارت دیگر، پس از این گام ممکن است نقاط کلیدی‌ای به دست آید که سه پارامتر σ ، γ ، x برای آنها، برابر و فقط در زاویه راستای اختصاص داده شده به آنها متفاوت باشند. آزمایش نشان داده است که تقریباً ۱۵ درصد نقاط کلیدی دارای چند جهت خواهند شد. در پایان نیز برای هر یک از بیشینه‌های انتخاب‌شده روی هیستوگرام یک تابع درجه دوم از آن بیشینه و همسایه‌های آن (روی هیستوگرام) برازش داده می‌شود و موقعیت دقیق‌تر بیشینه تعیین می‌گردد (شکل ۷) (Lowe, 2004).

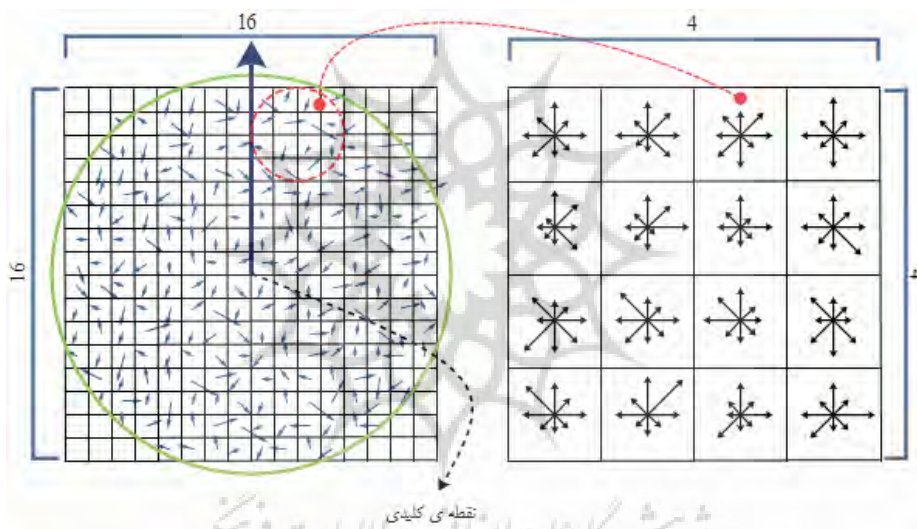
۲-۵- گام پنجم. تهیه توصیف‌کننده محلی عکس^۱

در این گام برای هر یک از نقاط کلیدی به دست آمده از گام پیش، یک بردار توصیف‌کننده 128×1 تایی اختصاص می‌یابد. تا پیش از این مرحله نقاط کلیدی به دست آمده تقریباً نسبت به مختصات عکسی، دوران و مقیاس عکس، مستقل هستند. در این گام با معرفی توصیف‌کننده‌های محلی (که همان بردارهای 128×1 تایی

1. Local Image Descriptor
2. Illumination



شکل ۸. تعیین همسایه برای تولید بردار توصیف‌کننده



شکل ۹. هیستوگرام‌های ۸ میله‌ای نواحی اطراف نقطه کلیدی

گرفته شده است. خروجی این الگوریتم تعداد زیادی نقطه متناظر کشف شده بین دو عکس است. با مطالعه مراحل مختلف الگوریتم SIFT و بررسی برنامه متن باز موجود و اعمال تغییراتی جزئی بر روی آن، قابلیت تعیین میزان شباهت بین دو عکس بر اساس تعداد بردارهای متناظر کشف شده بین آنها فراهم آمده است. در پایان، الگوریتم به دست آمده به عنوان نسخه اول الگوریتم SIFT در این سیستم شناخته می‌شود. نسخه دوم این الگوریتم نیز با حذف برخی از مراحل الگوریتم

۲-۳- ارسال نقشه منطقه برای کاربر

پس از یافتن شبیه‌ترین عکس ساختمان به عکس ساختمان ارسالی به وسیله کاربر، نقشه منطقه اطراف آن ساختمان برای کاربر ارسال می‌شود.

۳- پیاده‌سازی و اجرا

برای تست این سیستم برنامه تحت ویندوزی به زبان C# تهیه شده است (شکل ۱۰). در این برنامه الگوریتم متن باز siftlib، متعلق به دانشگاه بریتیش کلمبیا به کار

بررسی و پیشنهاد سامانه تعیین موقعیت مبتنی بر عکس مناسب در GIS هر جای گاه

الگوریتم با نسخه یکم آن، در استفاده کردن از عکس‌های سطح‌های بعدی فضای مقیاس است. به این ترتیب نسخه دوم این الگوریتم تنها سطح یکم از هرم عکسی را ایجاد می‌کند و بردارها نیز تنها برای این سطح تولید می‌شوند. این امر موجب می‌شود که سرعت نسخه دوم الگوریتم نسبت به نسخه یکم (استاندارد) آن افزایش یابد و البته تا حدی نیز از دقت آن کاسته شود. در مواردی که سرعت پاسخ‌گویی سیستم بسیار مهم باشد می‌توان با قبول کاهش دقت، از نسخه دوم الگوریتم که در این مقاله مطرح شده است، استفاده کرد. در شبیه‌سازی بخش موبایل نیز عکس ساختمان مورد نظر از روی حافظه جانبی رایانه خوانده می‌شود و به عنوان ورودی به برنامه تحت ویندوز معرفی می‌شود. در زمان حاضر این برنامه با دریافت عکس یک ساختمان شاخص و مقایسه آن عکس و پایگاه داده تهیه‌شده، نقشه منطقه آن ساختمان را در اختیار قرار می‌دهد (شکل ۱۰).

بخشی از نتیجه مقایسه بردارهای عکس‌های مورد استفاده برای دو نسخه الگوریتم در جدول ۲ و جدول ۳ نشان داده شده است. در این جدول‌ها هر عدد معرف تعداد نقطه‌های متناظر کشف‌شده برای دو عکس مربوط به آن است.

استاندارد (نسخه نخست)، به دست آمده است و نتایج عملکرد این دو نسخه الگوریتم در تغییرات سرعت و دقت به کار گرفته خواهد شد. این قسمت از برنامه بخش «تعیین شبیه‌ترین عکس» را تشکیل می‌دهد. در صورت نیاز به پیاده‌سازی سیستم تشریح‌شده در گام قبل، می‌توان این برنامه را با اعمال تغییراتی (از قبیل اضافه کردن برنامه تحت سرور) به عنوان برنامه سمت سرور، مورد استفاده قرار داد.

پایگاه داده‌ها شامل ۲۶ عکس از ساختمان‌های مختلف شهر تهران (محدوده میدان ونک تا میرداماد) است. با اعمال الگوریتم SIFT بر روی این عکس‌ها بردارهای توصیف‌کننده آنها به دست آمده و اطلاعات این بردارها به همراه مختصات هر عکس در پایگاه داده ذخیره شده است. در این پایگاه داده به طور تقریبی برای هر ساختمان از دو زاویه عکس وجود دارد. در (جدول ۱) عکس برخی از این ساختمان‌ها آورده شده است. به منظور ساده‌سازی، پایگاه داده به شکل فایل مبنا در نظر گرفته شده است. به منظور ارتقا و گسترش این سیستم می‌توان از نرم‌افزارهای مدیریت پایگاه داده نیز استفاده کرد. برای بخش «تعیین شبیه‌ترین عکس» یک مرتبه از نسخه یکم (استاندارد) الگوریتم SIFT و در مرتبه بعدی از نسخه دوم (اصلاح‌شده) الگوریتم SIFT استفاده شده است. در واقع تفاوت نسخه دوم



شکل ۱۰. تصویری از پنجره برنامه تحت ویندوز تهیه‌شده

حسین نریمانی راد و همکاران

جدول ۱. تصاویر برخی از ساختمان‌های مورد استفاده در تست الگوریتم SIFT



بررسی و پیشنهاد سامانه تعیین موقعیت مبتنی بر عکس مناسب در GIS هر جای گاه

جدول ۲. تعداد نقطه‌های مشترک کشف شده در حالت سریع (الگوریتم اصلاح شده)

d2	d1	c2	c1	b2	b1	a4	a1	
17	17	23	27	31	38	33	*	a1
14	15	25	20	11	16	*	40	a4
10	17	24	32	56	*	21	47	b1
12	15	33	27	*	35	27	50	b2
11	17	47	*	28	22	17	27	c1
11	10	*	60	27	25	20	33	c2
38	*	26	26	30	19	25	33	d1
*	26	24	33	12	14	31	25	d2

جدول ۳. تعداد نقطه‌های مشترک کشف شده در حالت معمولی (الگوریتم استاندارد)

d2	d1	c2	c1	b2	b1	a4	a1	
24	25	31	36	31	35	52	*	a1
28	19	33	28	19	26	*	58	a4
17	26	31	40	68	*	31	64	b1
24	26	38	33	*	50	25	55	b2
15	18	88	*	32	34	18	38	c1
28	22	*	94	38	38	31	42	c2
65	*	40	30	39	33	34	40	d1
*	54	36	43	23	22	38	39	d2

می‌شود. در مواردی که این عمل موجب کشف عکس متناظر واقعی شده است با رنگ سبز، و زمانی که این عمل موجب کشف عکس متناظر نشده است با رنگ قرمز مشخص شده است. بدیهی است که نتیجه مقایسه هر عکس با خودش منجر به شناسایی تعداد زیادی نقطه متناظر می‌شود و مقادیر مرتبط، مقادیر بزرگی

نکته جالب توجه این است که این جدول‌های ماتریسی شکل، متقارن نیستند. دلیل این امر آن است که در روش‌های تناظریابی به کار رفته (برای مقایسه بردارهای عکس‌ها)، ترتیب عکس‌های ورودی مؤثرند. از این رو، عکس موجود در هر سطر با عکس ستونی که بیشترین مقدار را در آن سطر دارد، متناظر گرفته

کرد و عملیات جست‌وجو را در میان عکس‌های ساختمان‌های شاخص منطقه کوچک‌تری صورت داد. در این موارد با اطمینان بیش‌تری می‌توان از ایده مقاله حاضر استفاده کرد. در هر حال مشاهده می‌شود که کارایی سیستم در این حالت افت شدیدی نمی‌یابد.

برای انجام کارهای بیش‌تر در این زمینه می‌توان از دیگر نسخه‌های ارائه شده الگوریتم SIFT نیز استفاده کرد. در برخی از تلاش‌ها نسخه‌های رنگی این الگوریتم معرفی شده (Abdel Hakim et al., 2006) و برخی از تلفیق تبدیل PCA و الگوریتم SIFT استفاده کرده‌اند (Ke et al., 2004). برخی دیگر نیز به دنبال افزایش سرعت این الگوریتم بوده‌اند (Bay et al., 2008). در تازه‌ترین فعالیت‌ها نیز الگوریتم¹ ASIFT معرفی شده است (Morel et al., 2009). عملکرد این الگوریتم نسبت به تغییر زاویه دید بسیار مستقل است. با به‌کارگیری هر یک از این الگوریتم‌ها می‌توان کارایی آنها را نیز در ارائه چنین سرویس‌هایی بررسی کرد.

۵- منابع

Abdel Hakim, A. & Frag, A., 2006, **Colored Local Invariant Features for Object Description**, ICGST International Journal on Graphics, Vision and Image Processing , 73-80.

Bay, H., Ess, A., Tuytelaars, T. & Van Gool, L., 2008, **Speeded-Up Robust Features (SURF)**, Computer Vision and Image Understanding (CVIU), 110 (3), 346-359.

Brown, M. & Lowe, D., 2002, **Invariant Features from Interest Point Groups**, British Machine Vision Conference, (pp. 656-665).

1. Affine SIFT

خواهند بود. به همین دلیل این مقادیر در بررسی صحت عملکرد سیستم مورد توجه قرار نگرفتند و تنها از نتیجه مقایسه هر عکس با سایر عکس‌ها استفاده شده است.

در جدول ۲، بخشی از نتایج حاصل از تناظرابی بین نقاط کلیدی با استفاده از نسخه دوم (اصلاح‌شده) الگوریتم SIFT نمایش داده شده است. در جدول ۳ بخشی از نتایج حاصل از تناظرابی بین نقاط کلیدی با استفاده از نسخه یکم (استاندارد) الگوریتم نمایش داده شده است.

نتیجه محاسبات برای ۲۶ عکس نشان داد که با به‌کارگیری الگوریتم پیشنهادی این تحقیق، سیستم در ۸۴ درصد موارد می‌تواند موقعیت کاربر را به‌درستی تشخیص دهد. همچنین در مقایسه این الگوریتم با الگوریتم استاندارد SIFT، برای این ۲۶ عکس، الگوریتم پیشنهادی تحقیق ۱۸۵ درصد سریع‌تر از الگوریتم اصلی عمل کرده است. میزان کاهش دقت پاسخ‌گویی نیز در این حالت در مقایسه با حالت اصلی تنها ۸ درصد بوده است. از این رو در مواردی که سرعت عملکرد سیستم در اولویت باشد، می‌توان از الگوریتم اصلاح‌شده (نسخه دوم) به عنوان جایگزین الگوریتم استاندارد (نسخه یکم) استفاده کرد.

۴- بحث و نتیجه‌گیری

همان‌طور که نشان داده شد، با به‌کارگیری داده‌های تمام سطح‌های فضای مقیاس عکسی، سیستم به شکل دقیق‌تری عمل می‌کند. اما در برخی موارد می‌توان از تفاوت نتایج حاصل از دو روش مطرح‌شده نسبت به بهبود سرعت سیستم چشم‌پوشی کرد. به‌ویژه زمانی که چند کاربر به طور همزمان در حال استفاده از چنین سرویسی هستند، زمان بر بودن الگوریتم SIFT می‌تواند مشکل‌ساز باشد. به همین دلیل از این ایده می‌توان در ازای احتمال کاهش کیفیت نه چندان زیاد سیستم بهره برد. البته با ترکیب این روش و روش‌های تعیین موقعیت تقریبی می‌توان مکان تقریبی کاربر را تعیین

- Daavidson, A., 2003, **Real-time Simultaneous Localisation and Mapping with a Single Camera**, Ninth IEEE International Conference on Computer Vision (ICCV'03), 2, pp. 1403-1410. Nice.
- Djuknic, G. & Richton, R., 2001, **Geolocation and Assisted GPS**. IEEE Computer, 34 (2), 123-125.
- Griswold, W., Shanahan, P., Brown, S., Boyer, R., Ratto, M., Shapiro, R. et al., 2004, **ActiveCampus: Experiments in Community-oriented Ubiquitous Computing**, IEEE Computer, 37 (10), 73-81.
- Ke, Y. & Sukthankar, R., 2004, **PCA-SIFT: A More Distinctive Representation for Local Image Descriptors**, Computer Vision and Pattern Recognition, Procs of IEEE Computer Society Conference, 2, 506-513.
- Koenderink, J., 1984, **The Structure of Images**, Biological Cybernetics , 50:363-396.
- Kosaka, A. & Pan, J., 1995, **Purdue Experiments in Model-based Vision for Hallway Navigation**, IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS), 87-96.
- LaMarca, A. & Lara, E. d., 2008, **Location Systems: An Introduction to the Technology Behind Location Awareness**, (M. Satyanarayanan, Ed.) Morgan & Claypool.
- Lindeberg, T., 1994, **Scale-space Theory: A Basic Tool for Analysing Structures at Different Scales**, Journal of Applied Statistics , 21(2):224-270.
- Lowe, D. G., 2004, **Distinctive Image Features from Scale-Invariant Keypoints**, International Journal of Computer Vision (IJCV), 60 (2), 91-110.
- Lowe, D. G., 1999, **Object Recognition From Local Scale-Invariant Features**, Seventh International Conference on Computer Vision (ICCV'99), 2.
- Morel, J.M. & Yu, G., 2009, **ASIFT: A New Framework for Fully Affine Invariant Image Comparison**, SIAM Journal on Imaging Sciences, 2 (2), 438-469.
- Priyantha, N., Chakraborty, A. & Balakrishnan, H., 2000, **The Cricket Location-support System**, The Proceedings of the 6th annual international conference on Mobile computing and networking, 32-43, Boston.
- Rekimoto, J., Miyaki, T. & Ishizawa, T., 2007, **LifeTag: WiFi-based Continuous Location Logging for Life Pattern Analysis**, Proceedings of 3rd International Symposium on Location and Context-Awareness (LoCA), 4718, pp. 35-49.
- Ward, N., 1998, **The Status, Development and Future Role of Radio Beacom Differential GNSS**, Journal of Navigation, 51 (2), 152-158.
- Witkin, A., 1983, **Scale-Space Filtering**, International Joint Conference on Artificial Intelligence, 2, 1019-1022, Karlsruhe.