

# استخراج و تطابق قطعه خط ها در تصاویر استریو، به منظور تولید نقشه موانع برای ربات سیار

عبدالرسول قاسمی

دانشگاه صنعتی امیر کبیر  
g8023206@aut.ac.ir

ابوالقاسم راعی

دانشگاه صنعتی امیرکبیر  
Raie@aut.ac.ir

## چکیده

در این مقاله، اهم روشها و الگوریتم های بکار رفته در پیاده سازی عملی یک سیستم بینایی استریو، مورد بررسی قرار می گیرد. این سیستم مبتنی بر تطابق قطعه خط ها عمل نموده و برای استفاده در هدایت ربات های سیار طراحی شده است. سیستم شامل پنج مولفه می باشد که عبارتند از: یافتن لبه ها، تقطیع به قطعه خط ها، استخراج بردار ویژگی برای هر قطعه خط، تطابق و بازسازی نقشه موانع. کالیبراسیون سیستم یکبار و به صورت مستقل صورت می پذیرد. نو آوریهای این مقاله در زمینه های استخراج بردار ویژگی و بازسازی می باشد. پارامتر پیشنهادی و نحوه محاسبه آن برای بردار ویژگی باعث پیشگیری از برخی تطابق های غلط شده و پیش پردازش های پیشنهادی برای بازسازی، تصویر دقیق تری از نقشه زمین را به دست می داده اند. علاوه بر این نتیجه ارزیابی برخی از الگوریتمها در لبه یابی و تقطیع مورد بحث قرار گرفته اند. عملکرد سیستم و بهبود آن به ازاء روش های پیشنهادی، با ارائه نمونه هایی از نقشه زمین، برای تصاویر واقعی از محیط های داخلی، نشان داده شده است.

واژه های کلیدی: بینایی استریو، تقطیع، قطعه خط، نقشه زمین

## ۱- مقدمه

بینایی استریو شامل استخراج اطلاعات سه بعدی اجسام موجود در محیط با پردازش دو یا چند تصویر گرفته شده از محیط می باشد. اطلاعات مورد نیاز که می بایست از تصاویر استخراج گردد، به کاربرد بستگی دارد. در ناوبری ربات سیار، بینایی استریو به منظور تعیین موقعیت موانع پیش روی ربات به کار می رود. در [1]، با استفاده از سه دوربین که در یک آرایش خاص چیده شده اند، نقشه های عمق با فرکانس ۲ هرتز به دست آمده است. برای پردازش تصاویر از الگوریتم های مبتنی بر ناحیه و پرسوسورهای پردازش سیگنال استفاده شده است. در [2] از روش های مبتنی بر ویژگی برای به دست آوردن نقشه عمق تصاویر محیط های داخلی استفاده شده است. ابتدا قطعه خط های موجود در دو تصویر به دست آمده و سپس تناظر یابی بین خطوط انجام شده است. نتایج ارائه شده در حد یافتن مناظر هر قطعه خط است و اطلاعاتی از نقشه زمین ارائه نشده است. در [3] دو تصویر لازم برای پردازش استریو توسط یک دوربین در دو مکان مختلف ناشی از حرکت ربات به دست آمده اند. الگوریتم استفاده شده برای تطابق بر مبنای ویژگی و استفاده از قطعه خط ها می باشد و نمونه هایی از نقشه های زمین نشان داده شده است. در این مقاله یک سیستم استریو مبتنی بر ویژگی، برای ساخت نقشه زمین موانع ارائه شده است. در بخش ۲، ضمن بیان دلایل

روش انتخابی، مروری بر تعاریف لازم جهت پیوستگی مطالب ارائه شده است. بخش های ۳ و ۵ به بیان مؤلفه های سیستم و الگوریتم های مربوطه یعنی لبه یابی، تقطیع، استخراج بردار ویژگی، تطبیق و بازسازی می پردازد. ارزیابی های عملی و نوآوریهای مقاله در ۳-۱، ۴-۱، ۵-۳ و تاثیر آنها در نتایج عملی ارائه شده در بخش ۶ آمده است.

## ۲- مروری بر تعاریف لازم و بیان روش انتخابی

### ۱-۲- هندسه تصویر برداری

شکل ۱ هندسه تصویر برداری استریو با دو دوربین موازی را نشان می دهد. در این شکل، یافتن مختصات  $(X, Y, Z)$  برای نقطه  $W$  نسبت به دوربین سمت چپ، با فرض داشتن مقادیر مختصات تصاویر آنها در دو دوربین، یعنی  $(x_1, y_1)$  و  $(x_2, y_2)$  مورد نظر می باشد. فرض می شود که دوربین ها کاملا مشابه می باشند و دستگاههای مختصات آنها تنها با یک جابجایی در امتداد محور  $X$  بر هم منطبق می شوند. با توجه به رابطه پرسپکتیو و وضعت هندسی دوربین ها داریم: [4]

$$Z = f - \frac{fB}{x_2 - x_1} \quad (1)$$

$$X = \frac{x_1}{f}(f - Z), Y = \frac{y_1}{f}(f - Z)$$

بر اساس روابط ۱ مشخص است که اگر نقاط متناظر مربوط به یک نقطه واقعی در دو تصویر مشخص شوند، استخراج هر سه بعد نقطه امکان پذیر می گردد. بنابراین بازسازی صحنه از دو تصویر گرفته شده منوط به دانستن تناظر پیکسل های مختلف در دو تصویر می باشد.

### ۲-۲- مسائل اصلی الگوریتم استریو

با توجه به هندسه تصویر برداری، مسائل اصلی هر الگوریتم استریو عبارتند از [5]:

۱- انتخاب و استخراج اجزای تصویر: در این مرحله اجزای مهم و مورد نظر مثل لبه ها، پاره خط ها و کانتورها استخراج می شوند.

۲- تطبیق و یافتن اجزای متناظر: در این مرحله لیست اجزای انتخاب شده و استخراج شده از دو تصویر، با استفاده از توابع

معیار مناسب تطبیق داده شده و اجزای متناظر در دو تصویر مشخص می شوند.

۳- بازسازی: در این مرحله با داشتن اجزای متناظر در دو تصویر چپ و راست و اطلاعات مربوط به دوربین ها و هندسه سیستم تصویربرداری، یعنی وضعیت دوربین ها نسبت به هم، موقعیت 3D اجزا به دست می آید.

### ۳-۲- انتخاب و استخراج اجزای تصویر

همان طور که گفته شد اولین مرحله هر الگوریتم استریو، انتخاب و استخراج اجزا یا عناصر دو تصویر برای انطباق و تعیین اجزای متناظر می باشد. بر این اساس الگوریتم های استریو به دو دسته کلی تقسیم می شوند [5]:

۱- الگوریتم های مبتنی بر ناحیه<sup>۱</sup>: در این الگوریتم ها اجزای انتخاب شده خود پیکسل ها می باشند و از شدت روشنایی پیکسل ها و همسایه های اطراف آنها برای تطابق استفاده می شود.

۲- الگوریتم های مبتنی بر ویژگی<sup>۲</sup>: در این الگوریتم ها یک سری اجزای مهم و یا معنی در دو تصویر استخراج شده و سپس سعی می شود با انتخاب یک تابع معیار مناسب تناظر یابی در سطح این اجزا صورت پذیرد. هر جزء انتخاب شده در این روش ها با یک بردار ویژگی قابل نمایش است و این بردار با پردازش تصویر، تولید می شود.

روش های مبتنی بر ویژگی در جاهایی که اطلاعات قبلی از صحنه تصویر موجود است مناسب می باشند چرا که می توان اجزای مهم و بهترین ویژگی را انتخاب نمود. مثلا در مورد صحنه های داخلی که معمولا دارای تعداد زیادی خط مستقیم هستند و سطوح بافتی در آن کم است می توان پاره خط ها را به عنوان اجزای اصلی انتخاب نمود. نقشه عمق پراکنده که از روش های مبتنی بر ویژگی به دست می آید، نقطه ضعف این روش ها محسوب می گردد اما در برخی از کاربردها مثل ناوبری ربات، همین نقشه عمق پراکنده کافی می باشد.

<sup>1</sup>Area Based Algorithms

<sup>2</sup>Feature Based Algorithms

## ۲-۴- انتخاب قطعه خط ها به عنوان اجزاء تصویر

در این مقاله از یک الگوریتم استریوی مبتنی بر ویژگی استفاده شده است. ویژگی استفاده شده، قطعه خط های موجود در دو تصویر می باشد. دلیل مناسب بودن قطعه خط ها، برای کاربرد ربات سیار این است که قطعه خط ها، یک توصیف کلی از تصویر ارائه می دهند و چنانچه تطبیق و بازسازی آنها به درستی صورت گیرد موقعیت های خالی و اشغال بر روی نقشه زمین مشخص می شود و این اطلاعات برای کاربرد ربات سیار کفایت می کند. امکان بازسازی لبه های افقی و کاهش تعدا عناصر اولیه تطبیق دلایل دیگر این انتخاب است.

## ۳- یافتن لبه ها و تقطیع به قطعه خط ها

استخراج قطعه خط های موجود در تصویر می تواند به شکل مستقیم و با اعمال یک سری کلیشه های ثابت در جهت های مختلف صورت گیرد. در این حالت با کانونلوشن تصویر در هر نقطه با این مجموعه کلیشه و اخذ بزرگترین پاسخ، قطعه خط ها جدا می شوند. مشکل این روش نیاز به تعداد زیادی کلیشه برای تعیین موقعیت خط به شکل دقیق است. روش دیگر که در این مقاله استفاده شده است این است که ابتدا پیکسل هایی که جز نقاط لبه محسوب می شوند استخراج گردند، سپس این پیکسل ها به طریق مناسب به هم وصل شده و خطوط مرزی را تشکیل دهند و نهایتا پاره خط های شکل از این خطوط مرزی استخراج گردند. در ادامه به بررسی این موارد می پردازیم.

## ۳-۱- استخراج نقاط لبه و بخش های متصل

الگوریتم های مختلفی برای استخراج نقاط لبه وجود دارد. از جمله این الگوریتم ها می توان به الگوریتم های "سوبل"، "کنی" و "تعیین نقاط عبور از صفر تصویر فیلتر شده با گاسین" اشاره کرد. پیاده سازی برای دو الگوریتم "سوبل" و "کنی" صورت گرفت و نتایج برای تعداد زیادی از تصاویر مقایسه گردید. از نظر مقایسه می توان به موارد زیر اشاره کرد:

۱- الگوریتم سوبل دارای زمان اجرای به مراتب کمتر است اما پیوستگی های لازم، حتی با آستانه یابی هیسترزیسی، در لبه

های به دست آمده وجود ندارد و قطعه خط های بزرگتر به تعدادی قطعه خط کوچکتر شکسته می شوند.

۲- الگوریتم "کنی" دارای زمان اجرای بیشتر است ولی پیوستگی های لازم در مرز ها را به خوبی حفظ می کند.

از آنجا که در الگوریتم استریو پیوستگی قطعه خط ها در هر دو تصویر به یک صورت لازم است، چنانچه از الگوریتم سوبل استفاده شود عملیات های پردازش بعدی برای اتصال قطعه خط های منفصل متعلق به یک سگمنت، که در اثر عملکرد پایین الگوریتم لبه یابی به دست آمده اند، لازم است که خود می تواند وقت گیر باشد. بنابر این الگوریتم "کنی" [6] برای لبه یابی انتخاب گردید.

پس از یافتن نقاط لبه می بایست نقاط لبه متصل به هم که همان مرز اجسام است پیدا شود. این کار با جمع کردن نقاط دارای اتصال - ۸ به یکدیگر در یک لیست صورت می گیرد.

## ۳-۲- یافتن قطعه خط ها روی نقاط متصل

در این مرحله هر کدام از لیست های نقاط متصل، به تعدادی پاره خط مستقیم شکسته می شوند. برای انجام این کار از الگوریتم Devide-and-conquer استفاده شده است [6]. در انتهای این مرحله هر لیست به تعدادی لیست جدید که عناصر آنها معرف نقاط روی یک پاره خط مستقیم است تجزیه می گردد.

## ۴- استخراج بردار ویژگی و تطبیق آنها

برای توصیف هر قطعه خط به شکل یک بردار که قابل مقایسه با بردار قطعه خط های دیگر باشد، می بایست یک سری خصوصیات از هر خط که معرف آن باشد استخراج گردد، به نحوی که خط با این بردار ویژگی شناخته شود. برای تطبیق خطوط از این بردارها استفاده می شود. بردار ویژگی هر قطعه خط می بایست شامل دو سری پارامتر باشد:

۱- پارامترهایی که وضعیت هندسی خط را تعیین می کنند مثل مختصات میانه، طول و جهت خط.

۲- پارامترهایی که اطلاعاتی از سطح خاکستری محلی که خط در آن قرار دارد ارائه می دهند مثل کنتراست در امتداد خط یا متوسط گرادپان در امتداد خط.

#### ۴-۱- انتخاب بردار ویژگی

بردار ویژگی انتخاب شده برای هر خط یک بردار ۵ عنصری است که عناصر آن عبارتند از: طول خط، جهت خط، مختصات افقی نقطه میانی خط، مختصات عمودی نقطه میانی خط و کنتراست متوسط در امتداد خط.

برای استخراج بردار فوق برای هر قطعه خط ابتدا بر روی پیکسل های هر لیست معرف یک خط، یک خط برآزش می شود به قسمی که دارای کمترین میانگین مربع خطا باشد. سپس تصویر نقاط ابتدا و انتهای لیست بر روی این خط پیدا می شود و به عنوان نقاط ابتدا و انتهای خط در نظر گرفته می

شود. به این ترتیب هر خط با  $\begin{bmatrix} x_1 \\ y_1 \end{bmatrix}$  مختصات نقطه ابتدایی و

$\begin{bmatrix} x_2 \\ y_2 \end{bmatrix}$  مختصات نقطه انتهایی بیان می گردد. با این توصیف

دسته اول عناصر بردار ویژگی محاسبه می گردند.

برای محاسبه کنتراست در طول خط دو روش ارزیابی شده است. در روش اول متوسط کنتراست پیکسل های تشکیل دهنده خط محاسبه می گردد. به منظور محاسبه کنتراست برای هر پیکسل عضو قطعه خط، پنجره ای در اطراف آن در نظر گرفته می شود و متوسط مربع تفاضل سطح خاکستری پیکسل های این پنجره با مقدار متوسط پنجره محاسبه می گردد و به عنوان کنتراست در اطراف آن پیکسل به کار می رود. پیاده سازی نشان داد که این معیار اطلاعات مفیدی از سطح خاکستری اطراف خط ارائه می کند. در روش دوم برای محاسبه کنتراست متوسط در امتداد خط از این واقعیت استفاده شده است که این پارامتر به گونه ای محاسبه شود که علاوه بر اینکه اطلاعاتی از سطح خاکستری محلی که خط در آن قرار دارد ارائه دهد، گذر از دو سطحی هم که خط بین آنها قرار دارد لحاظ شود. این مساله در تفکیک خطوط موازی نزدیک به هم که دارای مشخصات هندسی مشابه هستند موثر است. به این منظور برای هر قطعه خط یک جهت کوانتیزه

شده ۰، ۴۵، ۹۰ یا ۱۳۵ در نظر گرفته می شود و تفاضل متوسط سطح خاکستری دو طرف خط در یک جهت قرار دادی، محاسبه می شود. نمونه ای از برتری روش دوم در تفکیک خطوط موازی نزدیک به هم در بخش ۶ آمده است.

#### ۴-۲ - تطبیق ویژگی ها

برای تطابق از چهار مولفه بردار ویژگی استفاده می شود. تابع معیار که برای سنجش میزان شباهت قطعه خط ها استفاده شده است مطابق رابطه ۱۳ است:

$$D(l_i, l_j) = w_l \left( \frac{L_i - L_j}{L_i} \right)^2 + w_\theta (\theta_i - \theta_j)^2 \quad (13)$$

$$+ w_{My} (Midy_i - Midy_j)^2 + w_c (C_i - C_j)^2$$

در رابطه ۱۳  $l_j, l_i$  دو خطی است که می خواهیم فاصله (عدم تشابه) آنها یعنی  $D(l_i, l_j)$  را بر حسب بردارهای ویژگی آنها پیدا کنیم و  $C, Midy, \theta, L$  به ترتیب بیانگر طول، جهت، مختصات میانه افقی و کنتراست هر قطعه خط هستند. ضرایب  $w$  وزن فاصله هر کدام از مولفه ها را نشان می دهد. قابل ذکر است که علت قرار دادن مولفه آخر، لحاظ کردن شرط epipolar برای سیستم استریو با دوربین های موازی است. ضرائب وزن در این مقاله به شکل تجربی تعیین شده است. الگوریتم به کار رفته برای تطابق بردارهای ویژگی در تصویر چپ و بردارهای ویژگی در تصویر راست در دو مرحله و به صورت زیر است:

۱- بدست آوردن کاندیداهای ممکن برای تطابق: برای هر قطعه خط در تصویر چپ کاندیداهای ممکن با توجه به شرط epipolar و حداقل فاصله ممکن به دست می آید. در این مرحله تعداد کاندیداها با توجه به محدودیت epipolar و حداکثر میزان تمایز قابل انتظار که با توجه به حداقل عمق مجاز تعیین می شود، محدود می گردد.

۲- یافتن بهترین کاندید: پس از تعیین کاندیداهای ممکن برای هر خط در تصویر چپ، فاصله خط تا هر کدام از کاندیداها با توجه به رابطه ۱۳ به دست می آید و سپس کوچکترین فاصله پیدا می شود. اگر این فاصله از یک حد آستانه ای کوچکتر باشد این تطابق پذیرفته می شود و این دو خط برچسب خورده در مراحل بعدی شرکت نمی کنند.

## ۵- بازسازی

تمایز<sup>۱</sup> به میزان چند پیکسل خواهد شد که در کاربردهای رباتیک با رنج تمایز کم می تواند باعث خطای قابل توجه شود. برای رفع این مشکل، قبل از بازسازی قطعه خط های متناظر، پیش پردازش های زیر انجام شده است.

### ۵-۳- پیش پردازش ها برای بازسازی

ابتدا خطوط به دو دسته افقی و غیر افقی تقسیم می شوند و بر روی هر دسته پردازش جداگانه ای انجام می شود. الف) بهبود بازسازی خطوط غیر افقی: بنابر شرط epipolar، نقاط ابتدا و انتهای هر خط غیر افقی می بایست هم افق باشند. بنابراین برای این خطوط تنها بخشی از دو خط که دارای همپوشانی در جهت عمود هستند به عنوان بخش قابل بازسازی استخراج می گردند. شکل ۲ این عملیات را نشان می دهد. که از دو قطعه خط متناظر، بازسازی تنها برای قسمت های AB,CD صورت می گیرد.

ب) بهبود بازسازی خطوط افقی: در بازسازی خطوط افقی دیگر نمی توان از محدودیت epipolar استفاده کرد. برای بهبود بازسازی این خطوط از این نکته استفاده شده است که یک خط افقی می بایست همواره بین گوشه قرار داشته باشد چرا که نمی تواند در تصویر رها باشد. بنابر این خطوطی که بین دو گوشه قرار ندارند مثل خطوط استخراج شده از مناطقی از تصویر چپ که در تصویر راست دیده نمی شود و بالعکس و یا خطوطی که نادرست به دست آمده اند می بایست از مجموعه حذف گردند.

برای یافتن گوشه ها در یک تصویر روش های مختلفی وجود دارد که یا از اطلاعات سطح خاکستری تصویر به طور مستقیم و یا از تصویر لبه به دست آمده از تصویر اصلی برای استخراج گوشه ها استفاده می کنند. در مساله مد نظر برای هر نقطه انتهایی قطعه خط افقی انتظار داریم که در اطراف یک گوشه باشیم بنابر این می توانیم در اطراف هر نقطه انتهایی در یک همسایگی به دنبال یک گوشه بگردیم. برای این منظور از واقعیت زیر استفاده شده است:

برای هر نقطه مثل  $p$  در یک همسایگی گوشه  $q$  دو حالت

پس از یافتن خطوط متناظر با هم، می بایست بازسازی برای این خطوط انجام شود. بازسازی با توجه به معادلات ۱ برای دو نقطه متناظر انجام می شود. در این معادلات بازسازی هر نقطه نسبت به دوربین سمت چپ انجام می شود. اگر بخواهیم نقشه زمین موانع را داشته باشیم می بایست ارتباط بین دستگاه مختصات متصل به دوربین سمت چپ و یک دستگاه مختصات متصل به پایه ربات را هم به دست آوریم. این اطلاعات از پروسه کالیبراسیون حاصل می شود.

### ۵-۱- کالیبراسیون

"کالیبراسیون" پروسه تعیین پارامترهای داخلی و پارامترهای خارجی سیستم تصویر برداری است. پارامترهای داخلی، مشخصات نوری و هندسه داخلی دوربین را بیان می کند و شامل فاصله کانونی مؤثر، ضرایب اعوجاج لنزها و پارامترهای اسکن تصویر مانند مرکز تصویر می باشد و پارامترهای خارجی، موقعیت و جهت سه بعدی دوربین را نسبت به دستگاه مختصات مرجع مشخص می کند. برای انجام کالیبراسیون از روش کالیبراسیون Tsai استفاده شده است [7].

### ۵-۲- بازسازی خط

با توجه به اینکه تصویر هر خط مستقیم بر روی صفحه زمین یک خط مستقیم و یا یک نقطه، در حالتی که خط عمود بر سطح زمین باشد، خواهد بود برای بازسازی خط در روی صفحه زمین کافی است که بازسازی برای نقاط ابتدا و انتها انجام شود یعنی نقاط ابتدا و انتها هر دو قطعه خط متناظر، متناظر در نظر گرفته شود و بازسازی برای این دو نقطه انجام شود و سپس این دو نقطه توسط یک پاره خط به یکدیگر وصل می گردند.

به خاطر نویز ناشی از دیجیتال کردن تصویر، تفاوت زاویه دید و الگوریتم تقطیع، قطعه خط های متناظر به دست آمده از تصاویر ممکن است چندین پیکسل کوچکتر یا بزرگتر از تصویر دیگر استخراج شده باشند. این مساله باعث تغییر میزان

<sup>1</sup>disparity

وجود دارد (به شکل ۳ توجه شود):

## ۶- بستر آزمایشگاهی و نتایج عملی

در این تحقیق، دوربین استریوی به کار رفته دوربین MEGA-D است که بر روی یک ربات سیار در ارتفاع حدود ۱/۲ متر نصب شده است. ابعاد CCD های دوربین ۹/۶×۷/۶ میلی متر است که در بالاترین رزولوشن، تصویری با ۹۶۰×۱۲۸۰ پیکسل در اختیار می گذارد. تصویر، به وسیله نرم افزار همراه دوربین، پس از یک مرحله کاهش نمونه ها و سپس متوسط گیری یعنی تبدیل ۴ پیکسل به ۱ پیکسل، به تصویر ۲۴۰×۳۲۰ تبدیل می گردد. فاصله کانونی عدسی دوربین ها ۷/۵ میلی متر است. پروسور استفاده شده برای اجرای الگوریتم ها یک پتیموم III با فرکانس ۹۳۳ مگاهرتز است. با توجه به محدوده دید دوربین ها، نقشه زمین در مستطیلی به ابعاد ۲×۳ متر به دست می آید که ربات در وسط ضلع پایین آن قرار دارد. الگوریتم ها با زبان برنامه نویسی VC6 پیاده سازی شده و تحت سیستم عامل win98 مورد ارزیابی قرار گرفته اند.

شکل های ۴ عملکرد بخش های مختلف الگوریتم را برای زوج تصویر اول انتخاب شده، نشان می دهد. در شکل های ۴-الف در بالا در سمت چپ "تصویر چپ" و در سمت راست "تصویر راست" و در زیر آن سه "نقشه زمین" آورده شده است که به ترتیب از چپ به راست نتیجه استفاده از الگوریتم "سوبل" در مرحله لبه یابی، استفاده از الگوریتم "کنی" بدون پیش پردازش خطوط افقی قبل از بازسازی و استفاده از الگوریتم "کنی" همراه پیش پردازش فوق را نشان می دهد. شکل ۴-ب خطوط تطبیق شده را، که با رنگ سیاه بر روی لبه های استخراج شده مشخص شده اند، نشان می دهد. در این شکل همچنین محل گوشه ها با علامت بعلاوه مشخص شده اند و تناظر قطعه خط ها در دو تصویر با شماره یکسان نشان داده شده است. در سایر زوج تصاویر مورد بحث تنها تصویر چپ نشان داده شده است. شکل ۵ مؤثر بودن روش دوم در محاسبه بردار ویژگی را در مقایسه دو نقشه زمین به دست آمده نشان می دهد. شکل ۶ عملکرد الگوریتم برای یک صحنه پیچیده را با در نظر گرفتن همه اصلاحات نشان می دهد. زمان اجرای الگوریتم در مورد کلیه

۱- نقطه  $p$  متعلق به یک ناحیه همگن است. در این صورت گرادیان تصویر در این نقطه صفر است پس داریم  $\vec{\nabla}p \cdot (\vec{q} - \vec{p}) = 0$  که علامت ضرب داخلی است. و  $\vec{\nabla}$  بردار گرادیان در نقطه  $p$  است و هر نقطه با بردار مربوطه نشان داده شده است.

۲- نقطه  $p$  متعلق به یکی از دو مجموعه لبه ای است که این گوشه را می سازد. در این صورت بردار گرادیان بر بردار  $(\vec{p} - \vec{q})$  عمود است و باز هم داریم:  $\vec{\nabla}p \cdot (\vec{q} - \vec{p}) = 0$ . بنابر این رابطه برای هر نقطه در همسایگی گوشه برقرار می باشد. حال اگر در همسایگی گوشه  $m$  نقطه قرار داشته باشد  $m$  معادله حاصل می شود که می توان با روش کمترین مربع میانگین خطا بهترین جواب را برای  $q$  پیدا کرد. قبول کردن یا عدم قبول جواب می تواند با محاسبه خطا و مقایسه با یک آستانه صورت گیرد.

بنابر این برای هر قطعه خط افقی مراحل زیر انجام می شود.

۱- نقاط ابتدا و انتهای خط جدا می شوند و برای هر کدام از این نقاط مراحل ۲ الی ۵ که در ادامه آمده است، انجام می شود.

۲- برای هر نقطه در یک همسایگی از نقطه مد نظر معادله فوق الذکر نوشته می شود.

۳- دستگاه معادلات حاصل حل می گردد.

۴- اگر به حداکثر تکرار نرسیده باشیم جواب مرحله ۳ به عنوان نقطه جدید که به گوشه نزدیکتر شده است به کار می رود و مراحل ۲ تا ۴ تکرار می گردد.

۵- اگر میزان خطای حاصل با نقطه به دست آمده قابل قبول بود آن نقطه به عنوان گوشه نقطه انتهایی پذیرفته می شود.

۶- اگر هم برای نقطه ابتدا و هم برای نقطه انتها گوشه ای یافت شود مختصات نقاط پایانی اصلاح می گردد و در غیر این صورت این قطعه خط افقی از لیست حذف می گردد.

اعمال این پیش پردازش در تصاویری که تعداد خط افقی در آن زیاد است نقشه زمین را بهبود قابل توجهی داده است.

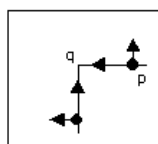
تصاویر حداکثر برابر ۳۲۰ میلی ثانیه بوده است که امکان اجرای الگوریتم به صورت زمان واقعی را نشان می دهد.

## ۸- مراجع

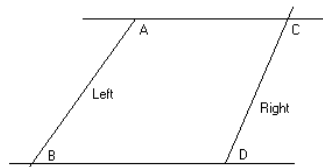
- [1] D. Murray, C. Jennings, "Stereo Vision based Mapping and Navigation for Mobil Robots", IEEE Int. Conf. on Robotics and Automation, 1997.
- [2] K. Warwick, Robotics: Applied Mathematics Computational Aspects, Clarendon Press, 1993.
- [3] Z. Zhang, "Estimating motion and structure from Correspondences of line segments between two Perspective images" IEEE, Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol 17, pp 1129-1139, Dec. 1995
- [4] R. C. Gonzalez, R. E. Woods, Digital image Processing, Addison Wesley, 1992.
- [5] E. Trucco, A. Verri, Introductory Techniques For 3D Computer Vision, Prentice Hall, 1998.
- [6] M. Sonka and V. Hlavac and R. Boyle, Image Processing, Analysis and Machine Vision, Chapman & Hall, 1993
- [7] R. Y. Tsai, "A Versatile Camera Calibration Technique for High-Accuracy 3D Machine Vision Metrology Using Off-the Shelf TV Cameras and Lenses", IEEE Journal of Robotic And Automation, 1987.

## ۷- جمع بندی و نتیجه گیری

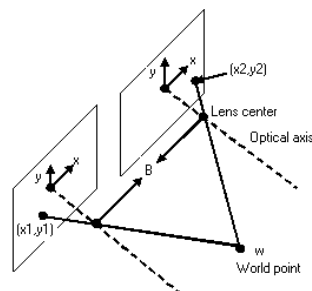
در این مقاله، بخش های مختلف سیستمی برای تولید نقشه موانع بر روی زمین با استفاده از بینایی استریو و به منظور ناوبری ربات سیار، ارائه شده است. الگوریتم استریو به کار رفته مبتنی بر ویژگی و از قطعه خط ها به عنوان اجزاء تطبیق استفاده کرده است. قطعه خط ها با لبه یابی به روش "کنی" و تقطیع خطوط به دست آمده اند. برای کاهش خطای تطبیق و بازسازی دقیق تر نقشه موانع، در زمینه پارامترهای بردار ویژگی و پیش پردازش خطوط قبل از بازسازی پیشنهاداتی ارائه شده و اثر مثبت آنها با نمونه های عملی از تصاویر واقعی نشان داده شده است.



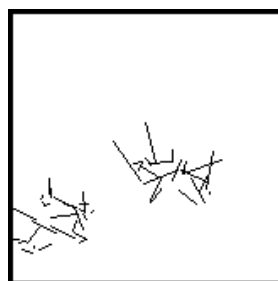
شکل ۳: همسایگی یک گوشه



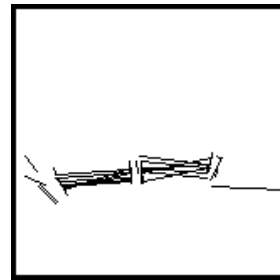
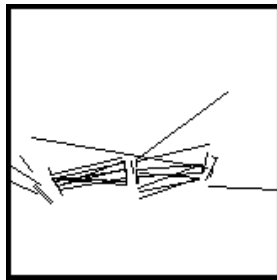
شکل ۲: بهبود بازسازی خطوط غیر افقی



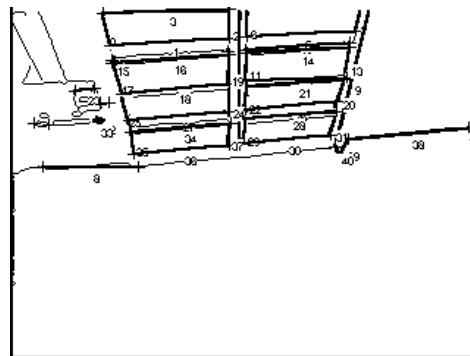
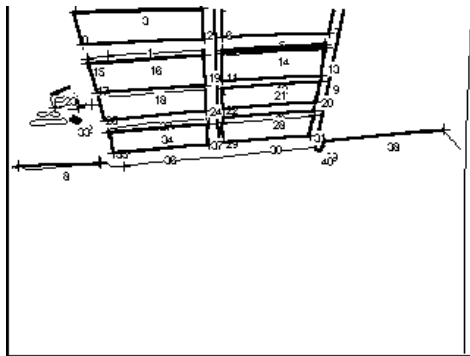
شکل ۱: هندسه تصویر برداری استریو



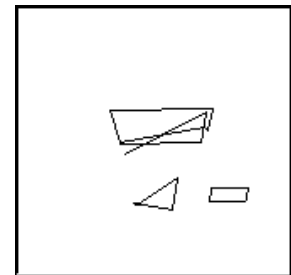
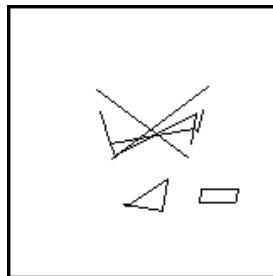
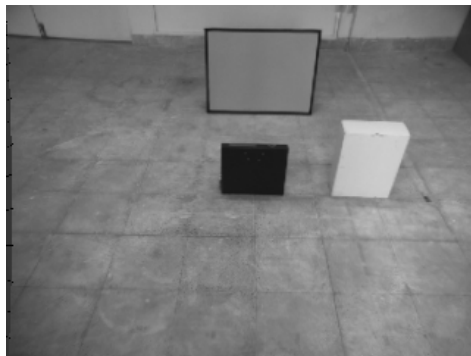
شکل ۶: نتیجه اجرای الگوریتم برای یک تصویر پیچیده با پیش پردازش های بازسازی



شکل ۴-الف: نقشه زمین به دست آمده در سه حالت، به ترتیب از چپ به راست با استفاده از الگوریتم سوپل در مرحله لبه یابی، استفاده از الگوریتم کنی و بدون انجام پیش پردازش خطوط افقی قبل از بازسازی و استفاده از الگوریتم کنی و انجام پیش پردازش خطوط افقی



شکل ۴-ب: خطوط تطبیق شده و محل گوشه ها



شکل ۵: تصویر چپ و دو نقشه زمین، به ترتیب از چپ به راست با استفاده از روش اول در محاسبه کنتراست و با استفاده از روش دوم