



آشکارسازی رگ‌های زیرپوستی با استفاده از مدلسازی سه بعدی با کمک دوربین میکرولنز مادون قرمز

نگین اکبری فراهانی^{۱*}، حمید عبادی^۲، فرید اسماعیلی^۳

- ۱- دانشجو یا استاد با مقطع و رتبه رشته، دانشکده علوم دانشگاه
- ۲- دانشجو یا استاد با مقطع و رتبه رشته، دانشکده علوم دانشگاه، دانشگاه علوم دانشگاه
- ۳- دانشجو یا استاد با مقطع و رتبه رشته، دانشکده علوم دانشگاه، دانشگاه علوم دانشگاه

چکیده :

فتوگرامتری بردکوتاه در دهه های اخیر در حوزه های مختلفی از علوم همچون صنعت، میراث فرهنگی، پژوهشی و عمران، در کاربرد های متنوعی مورد استفاده قرار گرفته است. این روش به عنوان تکنیکی جهت اندازه گیری های پژوهشی از روی انواع تصاویر، مزیت های بسیاری همچون قابلیت اندازه گیری بلادرنگ، سهولت در انجام مشاهدات، اندازه گیری بدون نیاز به تماس مستقیم، قابلیت دستیابی به دقتهای بالا و ایجاد آرشیوی از مشاهدات جهت پردازشها آتی را دارا می باشد. در این تحقیق از فتوگرامتری بردکوتاه برای اندازه گیری رگ مج دست انسان جهت تغییرات اندازه رگ ها در طول زمان به منظور به روز رسانی سیستم های تشخیص هویت، استفاده شده است. برای این کار یک سیستم اندازه گیری در قالب اجزاء اصلی طراحی شبکه، فیلم برداری از عارضه در تاریکی مطلق تحت نور NIR، مدلسازی سه بعدی و استخراج و تطبیق رگ ها طراحی و پیاده سازی گردیده است. نتایج نشان دهنده قابلیت این روش در دستیابی به مدلسازی رگ های دست بوسیله تصاویر NIR و استخراج رگ ها و اندازه گیری آن ها می باشد.

واژه های کلیدی : دوربین میکرولنز، فتوگرامتری پژوهشی، آشکارسازی رگ های زیر پوستی، تصاویر مادون قرمز نزدیک.

۱- مقدمه

استفاده از فتوگرامتری برداشت انسان از رگ های بیماری ها، وروند بیهود یا پیشرفت بیماری متداول می باشد^{[۱] و [۲]}. حالت هندسی رگ های انسان ها نیز مانند اثر انگشت و عنیبه کاملاً منحصر به فرد است. حتی شکل هندسی رگ های دوقلوها با یکدیگر متفاوت است. شاید بهترین راه تشخیص هویت اندازه گیری کمی حالت رگ های دست باشد؛ زیرا در هر انسان دست چپ و راست نیز حالتی متفاوت دارد. بسیاری از رگ ها قابل رویت نیستند، به همین دلیل شناسایی و عکسبرداری از آن ها بسیار سخت است. البته حالت آن ها در طول سالیان دراز دچار تغییرات هرچند اندک می گردد. تکنیک های فتوگرامتری برداشت انسان را توجه به پتانسیل های بالا در اندازه گیری دقیق عوارض و ویژگی های منحصر به فرد این روش، میتواند در اندازه گیری کمی و کیفی رگهای زیر پوستی به عنوان بک روش کارآمد مطرح باشند.

فانگ و همکاران در سال ۲۰۱۶^[۳] در تحقیقی جهت شناسایی هویت انسان از رگ انگشت سبابه دست استفاده کرده اند. در این تحقیق از هر انگشت دست یک زوج عکس گرفته شده است که تصویربرداری در یک محیط تاریک در حضور مادون قرمز انجام شده و کالیبراسیون دوربین و ترمیم عکس ها انجام شده است. در مرحله بعد کیفیت عکس ها بیهود داده شده و رگ ها استخراج گردیده اند. سپس ابر نقطه موردنظر از رگ انگشتان دست ایجاد شده و برای تمایز و تطابق رگ انگشت دست افراد مختلف جهت شناسایی هویت از الگوریتم ICP استفاده شده است. در پژوهش دیگری صنیعی و همکاران^[۱] در تحقیقی از رگ پشت دست جهت شناسایی هویت انسان با کمک شبکه های عصبی استفاده کرده اند. در این تحقیق در حضور لامپ های کوچک^۲ LED که طول موج های نزدیک به طول موج مادون قرمز دارند، از رگ های پشت دست تصویربرداری انجام شده است. در مرحله ی بعد وضوح تصویر افزایش پیدا کرده و تصویر بخش بندی شده و رگ های دست به عنوان لبه های تصویری استخراج شده است. سپس داده ها طبقه بندی شده اند و نتایج طبقه بندی شده به عنوان ورودی وارد شبکه ی عصبی شده است.

با توجه به قابلیت فتوگرامتری برداشت انسان از دقت های بالا، اندازه گیری های دقیق پزشکی همواره یکی از کاربردهای اصلی این روش بوده است. در کاربردهای تشخیص هویت از هندسه رگ ها استفاده شده است اما تنها مشخصه رگ ها که در گذر زمان دچار تغییر می شود اندازه آنها است^{[۴] و [۵]}. از این رو اندازه گیری رگ ها جهت به روزرسانی سیستم های تشخیص هویت اهمیت دارد.

در این مقاله در یک رویکردی جدید از فتوگرامتری برداشت انسان مبتنی بر تصاویر NIR جهت اندازه گیری رگ دست انسان استفاده شده است. در ادامه ابتدا ساختار سیستم فتوگرامتری برداشت انسان^[۶] پیاده سازی شده معرفی می گردد. سپس پیاده سازی ها بر روی عارضه مج دست جهت اندازه گیری کمی رگها توضیح داده شده و نتایج مورد بررسی و ارزیابی قرار می گیرند.

۲- معرفی سیستم فتوگرامتری برداشت انسان در این تحقیق

در بسیاری از کاربردهای پزشکی جهت تشخیص یک بیماری و بررسی روند پیشرفت آن نیاز به تصویربرداری مادون قرمز می باشد. در حالت تصویربرداری دو بعدی دو روش^۳ FIR و^۴ NIR برای ثبت تصاویر رگ های دست

^۱ کالبد شکافی اعضای بدن

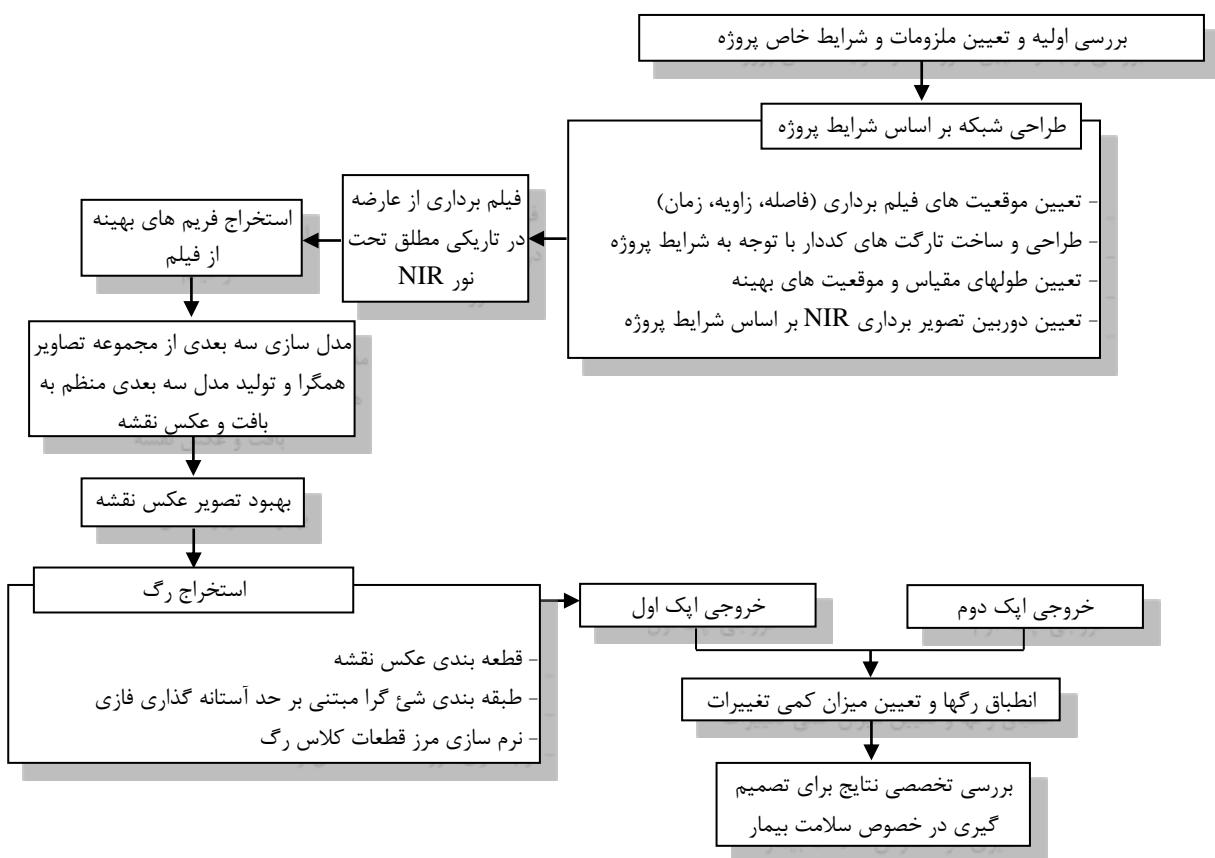
² Light Emitting Diodes

³ Far Infra Red

⁴ Near Infra Red

استفاده می گردد. در روش FIR از تابش حرارتی رگ ها که در محدوده امواج مادون قرمز می باشد استفاده می گردد [۶] و در روش NIR لامپ های کوچکی به نام LED که طول موج هایی نزدیک به طول موج مادون قرمز دارند بکار گرفته می شود. از آنجا که هموگلوبین های موجود در خون بر این طول موج بسیار حساس بوده و آن را بیشتر از محیط اطراف جذب می کنند، بنابراین در تصویر تیره تر از محیط اطراف دیده می شوند [۷ و ۸].

در حالت اندازه گیری کمی سه بعدی، برای اندازه گیری میزان تغییر رگ دست انسان در شرایط مختلف با روش فتوگرامتری بردکوتاه، می توان یک سیستم گام بندی شده را مطابق شکل ۱) طراحی کرد. این سیستم همانند هر سیستم فتوگرامتری بردکوتاه دیگر می باشد مراحل کلی انجام یک پروژه فتوگرامتری بردکوتاه که شامل آماده سازی، نشانه گذاری، تعیین مختصات کنترل، طراحی شبکه، تصویربرداری و آنالیز و نمایش می باشد را دربر بگیرد.



شکل ۱: روند پیاده سازی سیستم فتوگرامتری پیشنهادی برای پایش کمی رگهای زیر پوستی

۲- بررسی اولیه و تعیین ملزمات انجام تحقیق

مطابق شکل (۱) در مرحله اول ابتدا باید شرایط خاص عارضه مورد اندازه گیری بررسی و پارامترهای خاص مربوط به آن تعیین گردد. منظور از این پارامترها شرایط غیر قابل تغییری از پروژه است که بر آن اساس باید طراحی های مورد نظر در مرحله ساختار فنی سیستم (شکل ۱) مشخص گردد. سپس ساختار فنی سیستم طراحی و پیاده سازی می گردد.

۲-۲- طراحی شبکه

طراحی شبکه با مفهوم تعیین تکلیف قیود، تجهیزات و شرایط مختلف اجزاء شبکه، یکی از مراحل مهم و کلیدی در انجام همه‌ی پروژه‌های فتوگرامتری بود کوتاه می‌باشد. در این مرحله می‌بایست موقعیت‌های فیلمبرداری از نظر فاصله تا عارضه موردنظر، زاویه تصاویر با یکدیگر و زمان فیلمبرداری تعیین شود. همچنین با توجه به شرایط هر پروژه می‌بایست تارگت‌های مناسب را طراحی و فواصل بین تارگت‌ها جهت حل مسئله مقیاس تعیین شوند.

۲-۳- تعیین دوربین تصویربرداری و تنظیمات آن

به تازگی و با پیشرفت تکنولوژی، دوربین‌های بسیار کوچک فیلمبرداری وارد بازار شده‌اند که کاربردهای حرفه‌ای، تجاری، صنعتی و ورزشی دارند. دسته‌ای از این دوربین‌ها که اصطلاحاً Mini camera نامیده می‌شوند، به تازگی طرفداران بسیاری در کاربرد های خاص پیدا کرده‌اند. مزیت این دوربین‌ها در اندازه بسیار کوچک، کیفیت بسیار بالا، قابلیت نصب و استفاده در شرایط مختلف و نهایتاً مقاومت آن‌ها در برابر ضربه و تغییر لیتاز و رطوبت می‌باشد. در این پژوهش به منظور تصویر برداری و اندازه گیری دقیق با اهداف پژوهشی از این دوربین‌ها که حاوی منبع مادون قرمز نزدیک است و قابلیت فیلمبرداری در تاریکی (بدون نور مرئی) را دارد، استفاده شده است (شکل ۲-۲). تصاویر NIR جهت آشکارسازی رگ‌های تیره در پوست دست مناسب هستند. به منظور افزایش دید در شب و یکسان‌سازی شرایط رادیومتریک برای کل تصویر می‌بایست از یک منبع خارجی مادون قرمز که در شکل ۲-الف) نشان داده شده است، استفاده کرد.



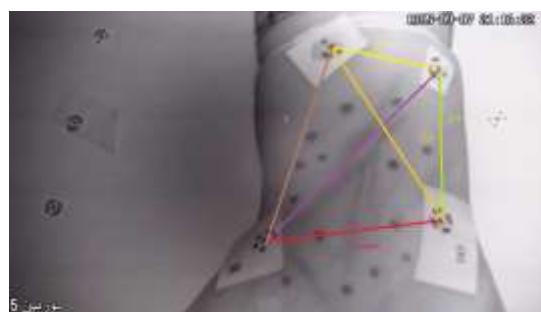
شکل ۲: مشخصات اصلی فنی دوربین مورد استفاده در این پروژه

۴-۲- فیلمبرداری از عارضه در تاریکی مطلق تحت نور NIR

جهت آشکارسازی رگ‌ها فیلمبرداری می‌بایست در تاریکی مطلق و در حضور نور NIR انجام شود. از آن جا که هموگلوبین‌های موجود در خون بر این طول موج بسیار حساس بوده و آن را بیشتر از محیط اطراف جذب می‌کنند، بنابراین در فیلم تیره تر از محیط اطراف دیده می‌شوند و از این طریق می‌توان رگ‌ها را شناسایی کرد.

۴-۳- استخراج فریم‌های بهینه از فیلم و تعیین فواصل اندازه گیری شده

دوربین‌های میکرولنز تنها قابلیت فیلمبرداری از عارضه موردنظر را دارند؛ بنابراین جهت انجام پردازش‌های بعدی نیاز به تصویر از عارضه موردنظر می‌باشد. به این منظور می‌بایست از فیلم گرفته شده فریم‌های مناسب که شرایط ذکر شده در مرحله طراحی شبکه را دارند استخراج شوند. فواصل بین تارگت‌های استفاده شده بهمنظور حل مسئله مقیاس و کنترل شبکه به طور دقیق ($\sigma=0.5 \text{ mm}$) اندازه گیری می‌شوند (شکل ۳).



شکل ۳: فواصل اندازه گیری شده جهت حل مقیاس و کنترل شبکه

۶-۲- مدل سازی سه بعدی از مجموعه تصاویر همگرا و تهیه عکس-نقشه

با استخراج تصاویر همگرای بهینه از عارضه، در گام بعدی مدل سازی سه بعدی بر اساس این تصاویر صورت می‌گیرد. برای این کار گام اول توجیه داخلی و خارجی اولیه برای تصاویر است. این مرحله شامل استخراج و تناظر یابی نقاط کلیدی اولیه با ماهیت اطلاعاتی بالا از تصاویر می‌باشد. با کمک این نقاط اولیه یا نقاط بذر، ترفع و تقاطع همزمان برای تصاویر و مدل اولیه انجام شده و پارامترهای توجیه داخلی و خارجی اولیه تعیین می‌گردد. در گام بعدی با کمک نتایج معادلات به دست آمده از مرحله اول، تناظر یابی متراکم نقاط از تصاویر و ساخت ابر نقاط متراکم انجام می‌گیرد. همزمان با افزایش مشاهدات، پارامترهای توجیه داخلی و خارجی نیز بهبود می‌یابند. گام بعدی ساخت مش در قالب مثلث بنده بین ابر نقاط و ساخت سطح بین آنها می‌باشد. در گام نهایی برای ایجاد مدل سه بعدی واقعی، بافت از تصاویر بر روی سطوح منطبق می‌گردد. با داشتن DSM تولید شده از عارضه، عکس-نقشه با ابعاد واقعی یکی از محصولات مهم و هدف در این پژوهش پیشنهادی می‌باشد که تولید می‌گردد.

۷-۲- بهبود تصویر عکس-نقشه و استخراج رگ

جهت گرفتن نتیجه بهتر در پردازش های بعدی، عکس نقشه تهیه شده در مرحله قبل با هدف بارز سازی عارضه هدف (رگهای زیر پوستی) بهبود رادیومتریکی داده می‌شود [9]. سپس روی این عکس-نقشه قطعه بنده انجام می‌شود و کلاس رگ از سایر قسمت های دست با روش حد آستانه گذاری فازی مجزا می‌شود. در نهایت مرز قطعات به وجود آمده از کلاس هدف، جهت اندازه گیری بهتر رگ ها نرم سازی شده و خطوط نهایی مشخص کننده رگها به مرز قطعات طبقه بنده شده، برازش داده می‌شوند.

۸-۲- تعیین اندازه کمی رگ

با قطعه بنده و استخراج رگ های دست از روی عکس-نقشه تهیه شده و همچنین وارد کردن طول های مقیاس به شبکه، نتایج برداری طبقه بنده در مقیاس واقعی و منطبق بر عکس-نقشه می‌باشند. در این مرحله می‌توان طول و عرض محدوده رگ ها را اندازه گیری کرد. همچنین در مدل سه بعدی میزان برجستگی رگها از پوست قابل اندازه گیری است.

۳- پیاده سازی و نتایج

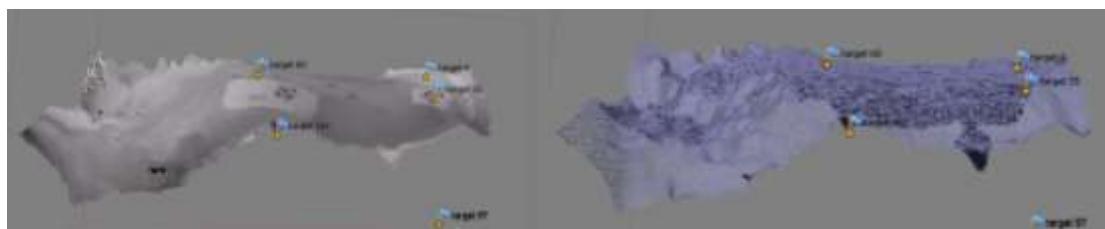
در این پژوهش برای پیاده سازی سیستم فتوگرامتری معرفی شده در بخش ۲ از مج دست یک خانم ۵۲ ساله که ساعد دست وی با یک کش جهت مشخص شدن رگ ها بسته شده بود، بوسیله دوربین های میکرولنز مادون قرمز در قالب یک شبکه ی همگرا فیلمبرداری شده است. سپس از فیلم گرفته شده فریم های متناسب با شرایط طراحی شبکه پروژه

استخراج شده است. نمونه ای از تصاویر همگرای استخراج شده از این فیلم که با دوربین میکرولنز مادون قرمز گرفته شده است در شکل ۴ مشاهده می شود.



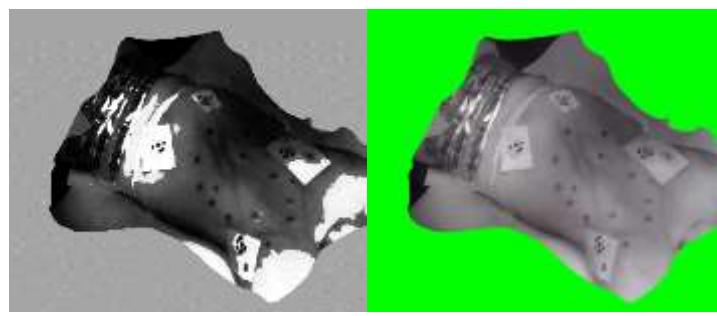
شکل ۴: نمونه تصاویر همگرای استخراج شده از فیلم که با سنجنده NIR از عارضه اخذ شده اند

از تصاویر بهینه انتخاب شده در مرحله قبل مدل سه بعدی از مج دست تهیه و فواصل اندازه گیری شده به منظور حل مسئله مقیاس به شبکه معرفی می شود(شکل ۵)).



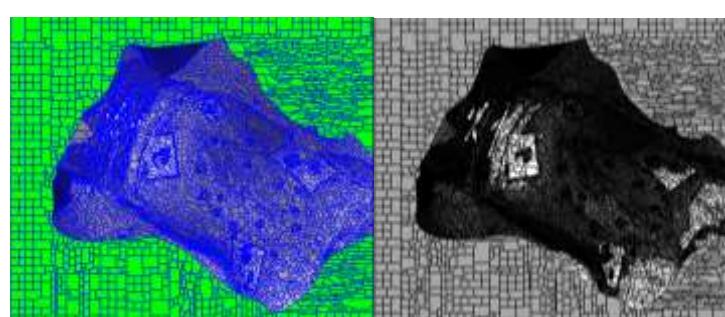
شکل ۵: مدل سه بعدی تولید شده با استفاده از تصاویر NIR

پس از تهیه مدل از مج دست از این مدل خروجی عکس- نقشه گرفته و جهت انجام پردازش های بعدی این عکس- نقشه به روش برابر سازی هیستوگرام بهبود رادیومتریکی داده می شود(شکل ۶)).



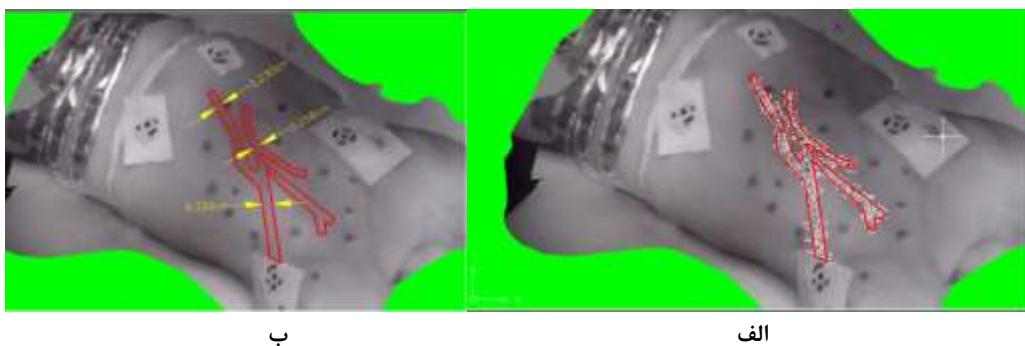
شکل ۶: (الف) عکس- نقشه استخراج شده؛ (ب) عکس- نقشه بهبود رادیومتریکی یافته به روش برابر سازی هیستوگرام

در گام بعدی در نرم افزار ecognition عکس- نقشه بهبود یافته، قطعه بندی گردیده و رگ ها به روش طبقه بندی فازی کلاسه بندی می شود(شکل ۷)).



شکل ۷: قطعه بندی عکس- نقشه اصلی و عکس- نقشه تصحیح رادیومتریکی شده

با توجه به کلاس رگ و قطعه بندی های انجام شده خطوط مربوط به رگ ها استخراج و اندازه گیری می شوند (شکل ۸).



شکل ۸: (الف) برآش خطوط به قطعات طبقه‌بندی شده روی عکس-نقشه؛ (ب) اندازه گیری کمی روی رگهای استخراجی

آشکارسازی کمی رگها از طریق تصویربرداری به کمک دوربین میکرولنز مادون قرمز با مشکلاتی روبرو می باشد. هموگلوبین موجود در خون بخش هایی از طیف نور را جذب می کند که طول موج آنها حدود 670nm است. بنابراین از یک منبع نور خارجی NIR که طول موج هایی نزدیک به مادون قرمز نزدیک دارد استفاده می شود. این منبع نور خارجی از بالا به روی دست تابانده می شود. به این ترتیب رگ ها خطوطی تیره رنگ می شوند و وضعیت رگهایی که در زیر پوست قرار دارند به دست می آید. به دلیل فیلمبرداری در تاریکی مطلق فریم های استخراج شده در این مقاله دارای سه باند می باشند و تصویر دارای عوارض تیره یا روشن خواهد بود که این مساله مدلسازی را با مشکل مواجه می کند. با استفاده از تارگت های کد دار و گذاشتن چند علامت با هدف ایجاد بافت روی دست می توان این مشکل را تقریباً بر طرف نمود. در روند قطعه بندی نیز می باشد قطعه هایی انتخاب شوند که در روند کلاسه بندی کلاس رگ ها از سایر قسمت ها متمایز باشد و این موضوع با آزمون و خطای پارامترهای موثر در قطعه بندی شی گرا قابل حصول است. یکی از برتری های روش شناسایی و اندازه گیری رگ ها به کمک فتوگرامتری بردکوتاه آن است که نیازی به تماس فیزیکی ندارد. همچنین میزان دقต آن تا حد قابل قبولی بالاست. به عارت دیگر درصد خطای آن حدود 0.8% درصد می باشد. همچنین این روش به عنوان یک جایگزین مستقیم و سریع برای انگشت نگاری، باصره و دقیق است.

۴- نتیجه گیری

در این پژوهش جهت اندازه گیری کمی رگ های دست انسان، یک سیستم فتوگرامتری بردکوتاه معرفی گردید. با توجه به رنگ تیره تر رگ ها در حضور اشعه مادون قرمز نسبت به پوست یک روش اندازه گیری رگ ها مبتنی بر مدلسازی رگ ها و دست طراحی و پیاده سازی گردید و اندازه رگ های مج دست و هندسه ای آن ها به این روش که روشی کم هزینه می باشد، به دست آمد. همچنین نتایج پیاده سازی ها نشان دهنده دقت بالای مدل سه بعدی و عکس-نقشه تهیه شده از آن و استخراج رگ ها و در نهایت اندازه گیری آن ها با دقیقی برابر مقیاس شبکه می باشد. نتایج این پژوهش می تواند در بروزرسانی سیستم های تشخیص هویت که مشکل تغییر اندازه رگ در اثر افزایش سن را دارند استفاده نمود. به عنوان برای پژوهش های آینده پیشنهاد می گردد که یک سیستم فتوگرامتری جهت اندازه گیری برجستگی های رگ دست در افراد مسن طراحی شود تا سیستم های تشخیص هویت در مواجهه با این موارد نیز پاسخگو باشند و دچار مشکل نشوند.

مراجع

- [۱] ا. صنیعی، س. ستایشی، پ. شیرمردی " تشخیص هویت از طریق الگوی رگ های پشت دست " ، اولین کنفرانس ملی مهندسی نرم افزار ایران.
- [۲] H.a.I.N.Mitchell“ ,Medical photogrammetric measurement:overview and prospects ”,ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing ,pp. pp.56(5):286-294, 2002 .
- [۳] L. Fang, “Personal Identification Based on Finger Vein and Contour Point Clouds Matching ”, International Conference on Mechatronics and Automation ,Harbin,China, 2016 .
- [۴] A. K. P. F. a. A. A. R. Jain, Handbook of Biometrics, Springer, 2008.
- [۵] Y. D. Z. a. K. W. Ding, “A Study of Hand Vein Recognition Method ”,Proceedings of IEEE International Conference on Mechatronics and Automation ,2005.
- [۶] C.L.Lin, “Biometric verification using thermal images of palm-dorsa vein patterns ”,IEEE Trans. Circuits Syst. Video Technol ,2004.
- [۷] A. M.Badawi, “Hand Vein Biometric Verification Prototype:A Testing Performance and Patterns Similarity ”,Biomedical Engineering Department University of Tennessee, Knoxville,TN, USA .
- [۸] C. S. J.M.Cross, “ Thermographic imaging of subcutaneous vascular network of the back of the hand for biometric identification ”,IEEE 29th International Carnahan Conference on Security Technology , Sanderstead,Surrey,UK, October1995 .
- [۹] A. Yuksel, L. Akarun, B. Sankur “Hand Vein Biometry Based on Geometry and Appearance Methods ”.



The quantitative detection of subcutaneous veins using three-dimensional modeling with an infrared micro-lens camera

Negin Akbari Farahani ^{*1}, Hamid Ebadi ², Farid Esmaeili ³

1- Master Student of photogrammetry, K.N.Toosi University of Technology, Tehran, Iran

2- Associate professor of Geodesy and Geomatics Eng. Faculty, K.N.Toosi University of Technology, Tehran, Iran

3- Ph.D. Student of photogrammetry, K.N.Toosi University of Technology, Tehran, Iran

Abstract

In recent decades, close-range photogrammetry has been successfully used in various fields including industry, cultural heritage, medical, health and civil. This method as a tool for measuring objects in medical applications, has many advantages such as capability of real-time measurement, ease of observation, the ability to achieve high accuracy and also capability of creating an archiving observations for future processing. In this paper, close-range photogrammetry is applied to measure human wrist vessels. The aim of this observation is to determine the vessel changes over time in order to update authentication systems. For this purpose, a measuring system is designed based on the core components of network and technical structure, taking observations under the NIR light, adjustment and calculation for modeling, and extraction and matching vessels. The results revealed the ability of this method to achieve an accuracy of less than 1 mm in measuring the vessels structures.

Keywords: Micro-lens camera, Medical photogrammetry, Detection of skin vessels , NIR images.

Correspondence Address: No. 1346, Vali-Asr Street, Mirdamad Crossing, Remote Sensing Dept, Geomatics Eng. Faculty, K.N.Toosi University of Tech. , Tehran ,Iran, Postal Code: 1996715433.

Email: akbari5134@gmail.com