

تشخیص زودرس زخم پای دیابتی از طریق تصاویر حرارتی کف پا با استفاده از الگوریتم نزدیک‌ترین همسایگی

تاریخ دریافت: ۹۹/۰۵/۱۹ - تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۲/۰۵

خلاصه

مقدمه

دیابت بیماری است، که بر اثر قطع تولید انسولین و یا عدم کارکرد مناسب در بدن به وجود می‌آید. تشخیص زودرس زخم پای دیابتی از تصاویر حرارتی کف پا، از روش‌های جدید تشخیص زخم پای دیابتی است.

روش کار

در این مقاله با بهینه‌سازی الگوریتم نزدیک‌ترین همسایگی، تشخیص زودرس زخم پای دیابتی، با مقایسه تشابه تصویر حرارتی کف پای چپ و راست، انجام می‌گیرد. و وضعیت احتمال زخم کف پا تشخیص داده می‌شود. در راهکار پیشنهادی با حذف نواحی اضافه و ساخت تصویر دمایی از تصاویر کف پاها، با استفاده از تکنیک‌های انطباق تصویر بر روی هم و سپس استخراج ویژگی‌های آماری نظیر توزیع استاندارد، درصد پیکسل‌های نامشابه و میانگین حرارتی کف پاها سعی در تشخیص زودرس وضعیت زخم فرد می‌شود.

نتایج

الگوریتم مورد نظر بر روی داده‌های انتخاب شده، بررسی و ارزیابی گردید و نتایج نشان از دقت بالا و کارایی آن دارد. برای ارزیابی روش پیشنهادی از تصاویر حرارتی به روش اعتبارسنجی متقابل استفاده نموده‌ایم که در مجموع به دقت ۸۵٫۱۴٪ دست یافته‌ایم.

نتیجه‌گیری

تحقیقات زیادی در سال‌های اخیر که اکثر به صورت کیفی و بررسی کیفیت تصاویر حرارتی بوده اند انجام پذیرفته است. در این پژوهش روشی مبتنی بر استفاده از الگوریتم بهینه‌سازی با استفاده از نرم افزار متلب و کد نویسی کامپیوتر و تشخیص‌های کامپیوتری انجام پذیرفته است. بر اساس توابع هدف طراحی شده و فیود در نظر گرفته شده در طراحی تشخیصی توانستیم جهت تشخیص زودرس زخم گامی برداریم. همانطور که گاهی در مواقع زیادی بیمار دیابتی که ممکن است؛ دچار التهاب و تغییر دمای بافتی شود و نتواند تشخیص این تغییر دما را بدهد، می‌توان از روشهای پیشنهادی برای رفع این عدم تشخیص کمک گرفت. در این پژوهش نشان داده‌شده از بین تصاویری که الگوریتم قابلیت اجرا بر روی آن‌ها را داشته است، علائم التهاب و حرارت زیر پوستی و بالا رفتن دمای بافت به درستی و با دقت مناسب جهت پیشگیری و پیگیری تشخیص زودرس این چنین زخم‌هایی بدست آمده است.

کلمات کلیدی

تصویر حرارتی کف پا، انطباق تصویر، نزدیک‌ترین همسایه، اعتبارسنجی متقابل، تشخیص زودرس زخم دیابتی

پی‌نوشت: این مطالعه فاقد تضاد منافع می‌باشد.

پویا درخشان بر جوئی^{*۱}

مژده بهادرزاده^۲

افسانه عرب زاده^۳

^۱استادیار دانشکده مهندسی برق، واحد نائین، دانشگاه

آزاد اسلامی، نائین، ایران

^۲استادیار گروه جراحی عمومی، دانشگاه علوم پزشکی

قم، قم، ایران

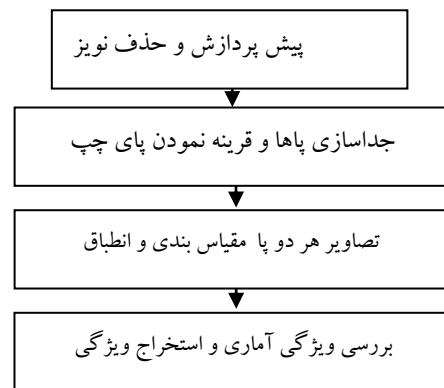
^۳کارشناس ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد نجف آباد،

اصفهان، ایران

Email: pooyaderakhshan@gmail.com

مقدمه

در روش ارائه شده، هدف درستی تشخیص زودرس زخم و وضعیت فرد دیابتی با توجه به تصویرهای حرارتی و دمایی کف پا است. در این روش ابتدا تصاویر حرارتی با استفاده از ابزار مناسب این تصویر برداری گرفته شده و بخش اصلی تصویر جهت پردازش انتخاب می گردد. با توجه به شرایط محیطی، کمترین و بیشترین دما یا حرارت در هنگام عکس برداری ثبت می گردد. تصاویر کف هر دو پا را با توجه به انطباقی که می خواهیم بررسی و تصویر پای چپ را قرینه می کنیم. در صورتیکه انطباق دو تصویر را به درستی انجام دهیم، در مرحله استخراج و تشخیص ویژگی و مشخصات تصویر به حالت بهینه دست می یابیم. با مقیاس بندی و دوران و چرخش تصاویر انطباق می یابند. همچنین برای طبقه بندی و دسته بندی سازی، ویژگیهای آماری تصاویر مد نظر قرار می گیرد.



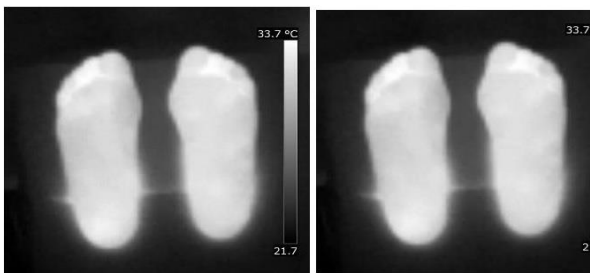
شکل ۱. مراحل کلی روش پیشنهادی

در این پژوهش، روشی مبتنی بر استفاده از الگوریتم بهینه سازی با استفاده از نرم افزار متلب و کد نویسی کامپیوتر و تشخیص های کامپیوتری که از روی تصاویر خاکستری کف پا، تصاویر حرارتی را ایجاد می کند و در نهایت با استفاده از روشهای مبتنی بر بکارگیری کامپیوتر بر مبنای الگوریتم های تشخیصی، زودرسی زخم پای دیابتی از روی این تصاویر تشخیص داده می شود.

در تصاویر مورد استفاده، علاوه بر حذف نویز و تصحیح روشنایی، گاهی تصاویر دارای بخشها و نوار اضافه ای بودند، که قبل از پردازش مجزا گردیدند. به منظور آماده سازی و دسته بندی تصاویر نرمال سازی جهت دما و حرارت پیکسل های تصاویر انجام می گیرد که با رابطه ۱ ارضا گردید. به انضمام تصاویر موجود یک فایل اطلاعات ثبت شده وجود دارد که برای هر تصویر، کلاس، حداقل و حداکثر دمای ثبت شده در تصویر را داراست. با توجه به این اطلاعات تصاویر حرارتی دسته بندی و آماده می گردد.

$$p_thermal(i,j) = t_min + (t_max - t_min) \cdot ((p(i,j) - \min(P)) / (\max(P) - \min(P))) \quad (1)$$

در (1) مقدار پیکسل در تصویر حرارتی می باشد و همچنین t_max و t_min حداقل و حداکثر دمای موجود در هنگام تصویر برداری است. $p(i,j)$ مقدار پیکسل با مختصات i,j می باشد و P ماتریس تصویر شامل همه پیکسل ها می باشد. شکل ۲، ورودی و حاصل اعمال پیش پردازش را نشان می دهد. شایان ذکر است تصویر خروجی تغییر مقیاس داده شده است چراکه تصویر دمایی دارای مقادیر ۲۱ تا ۳۴ می باشد. در این مطالعه از ۷۰ نفر از شرکت کنندگان در آزمایشگاه پردازش تصویر در شرایط استاندارد تصویر برداری شده است، که ضمن تشکر و اجازه از نتایج آزمایشگاهی و عکس برداری ها در (۱) توسط لوئیس، پردازش ها و ارزیابی ها انجام گرفت و تصاویر حرارتی با روش پیشنهادی مورد پردازش قرار گرفت. با روش پیشنهادی پردازش، نتایج بدست آمده سرعت و دقت مناسب را در تشخیص زودرس زخم دیابتی نشان داد.



شکل ۲. سمت چپ تصویر ورودی - سمت راست اعمال

پیش پردازش (۱)

پس از اعمال پیش پردازش لازم است تا با بدست آوردن خط ستونی وسط تصاویر، تصویر قرینه پاها از یکدیگر جدا شده و پای چپ جهت تطابق با پای راست قرینه افقی



شکل ۵. از چپ به راست: ماسک باینری پای راست، ماسک باینری پای چپ

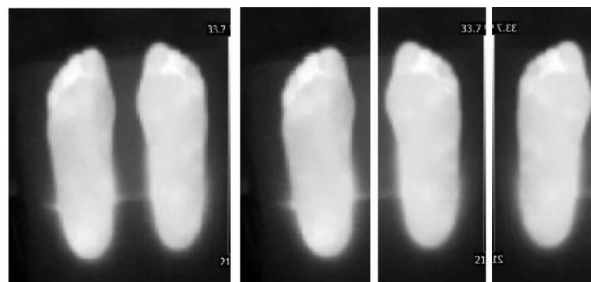
در این میان یکی از ویژگیهای تصاویر، مقدار میانگین مطلق اختلاف پیکسل به پیکسل تصاویر حرارتی پاها می باشد، که بر اساس رابطه (۲) محاسبه می شود.

$$MAD = \frac{\sum |PT_r - PT_l|}{0.5 * (\sum Pmask_r + \sum Pmask_l)} \quad (2)$$

جاییکه PT_r تصویر دمایی پای راست و PT_l تصویر دمایی پای چپ است. همچنین $Pmask$ تصاویر ماسک های باینری می باشند. سپس به منظور محاسبه ویژگی بعدی که نسبت پیکسل هایی می باشد، که بیش از دو درجه اختلاف با میانگین داشته اند. با به دست آوردن تفاضل پیکسل به پیکسل تصاویر دمایی دو کف پا تعداد پیکسل هایی که در دو تصویر بیش از دو درجه اختلاف نسبت به میانگین داشته اند، بدست می آوریم. فرمول ۳ نحوه محاسبه ویژگی دوم را نشان می دهد.

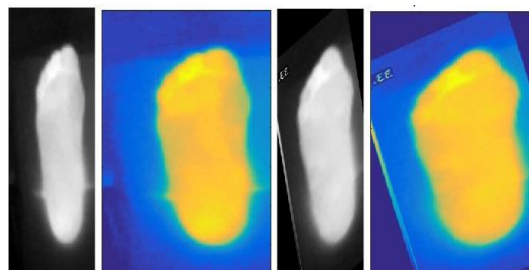
$$f2 = \frac{\sum |PT_r - PT_l > 2|}{0.5 * (\sum Pmask_r + \sum Pmask_l)}$$

شود. در ادامه، با چیدمان معکوس ستون های تصویر، پا چپ را منطبق به پای راست می کنیم.



شکل ۳. از چپ به راست - تصویر دمایی، تصویر پای راست، تصویر پای چپ، تصویر پای چپ قرینه شده

پس از استخراج و جدا نمودن تصاویر پاها نیاز است تا تصاویر برای مقایسه و استخراج ویژگی آماده شوند، از این رو از تکنیک انطباق تصویر استفاده می کنیم (۲). برای انطباق دو تصویر با توجه به اینکه تصاویر توسط یک دستگاه در شرایط یکسان گرفته شده اند، با مدل مناسب، انطباق تصاویر با مقیاس بندی و چرخش مطابق قاعده افاین انجام می گیرد.



شکل ۴. از چپ به راست: تصویر پای راست، تصویر دمایی پای راست، تصویر پای چپ تطبیق داده شده، تصویر دمایی پای چپ تطبیق داده شده

برای شروع مرحله استخراج ویژگی، ابتدا ماسک باینری برای تصویر هر یک از پاها را بدست می آوریم. و با استفاده از روشهای آستانه گیری مناسب، که ما در اینجا، با توجه به هیستوگرام تصاویر، روش آستانه گیری اوتسو را بکار می گیریم. در شکل ۵، ماسک باینری هر یک از پاها قابل ملاحظه می باشد.

شده اند، و در هر کلاس تصاویر متفاوتی آزمایش می شوند به همین دلیل مقادیر ذکر شده برای هر پارامتر در هر کلاس متفاوت است.

جدول ۲. تعداد تصاویر مثبت و منفی که صحیح و اشتباه طبقه‌بندی شده‌اند.

شرح	مثبت صحیح	مثبت اشتباه	منفی صحیح	منفی اشتباه
	TP	FP	TN	FN
کلاس ۱	۴۰	۶	۶	۳
کلاس ۲	۴	۲	۴۴	۵
کلاس ۳	۲	۱	۵۱	۱

معیار دیگر برای سنجش، دقت می‌باشد. دقت برای هر کلاس شامل تعداد نمونه‌هایی است، که درست طبقه‌بندی شده‌اند؛ یا به عبارت دیگر تعداد حاصل جمع مثبت‌های صحیح و منفی‌های صحیح برای هر کلاس نسبت به کل تصاویر می‌باشد که در جدول دقت آمده است.

جدول ۳. درصد دقت برای هر کلاس

درصد دقت	کلاس ۱	کلاس ۲	کلاس ۳
	۸۳,۶۴	۸۷,۲۷	۹۶,۳۶

در جدول ۴ دقت برای مجموعه تست و آموزش و برای کل مجموعه بیان شده است.

جدول ۴. درصد دقت مجموعه‌های آموزش و تست

درصد دقت	مجموعه آموزش	مجموعه تست	مجموع
	۸۹,۰۹	۷۳,۶۸	۸۵,۱۴

در نهایت روش پیشنهادی برای تصاویر مورد آزمایش قرار رفته به دقت ۸۵,۱۴٪ دست‌یافته است.

(3)

در نهایت ویژگی‌های بعدی، میانگین دمای پیکسل هر تصویر و انحراف معیار بدست می‌آید. در مرحله نهایی، به منظور تشخیص کلاس تصاویر و تشخیص مثبت یا منفی بودن دیابت نیاز به یک طبقه‌بندی کننده می‌باشد. طبقه‌بندی کننده مورد استفاده در روش پیشنهادی، نزدیک‌ترین همسایگی K می‌باشد که با دقت بالایی طبقه‌بندی را انجام می‌دهد. تعداد نزدیک‌ترین همسایگی مورد نظر ۳ در نظر گرفته شده است که این مقدار با آزمایش به دست آمده تا مناسبترین دقت و سرعت پاسخ فراهم می‌نماید. در الگوریتم طبقه‌بندی جهت یافتن بهترین گزینه برای طبقه‌بندی پیکسل‌ها، پارامتری به نام K قرار دارد که با تنظیم آن پیکسل‌های تصویر حرارتی در نمونه تصاویر آشکار و بیماری دیابت ۸۵,۱۴٪ درست تشخیص داده می‌شود. با توجه به استفاده از طبقه‌بندی کننده KNN نیاز است که ابتدا طبقه‌بندی کننده را آموزش دهیم از این رو داده‌ها را به دو مجموعه ۷۵٪ برای آموزش و ۲۵٪ برای تست تقسیم می‌کنیم، که این تقسیم‌بندی به صورت تصادفی بین کلیه داده‌های موجود صورت می‌پذیرد تا در نهایت طبقه‌بندی کننده کلاس هر تصویر را مشخص نموده و بتوان دقت راهکار پیشنهادی را بررسی نمود.

نتایج

برای ارزیابی روش پیشنهادی از ۷۴ تصویر سطوح خاکستری استفاده شده است، که تصویر کف پای چپ و راست در تصویر مشخص است و به همراه تصاویر یک فایل قرار دارد که کلاس هر تصویر در آن مشخص شده است. در فایل اطلاعات همچنین حداقل و حداکثر دمای در تصویر برای ساخت تصویر حرارتی موجود است. بنابراین، مسئله فوق یک مسئله طبقه‌بندی ۳ کلاسه می‌باشد که ۷۵٪ تصاویر برای آموزش و ۲۵٪ برای تست استفاده شده‌اند.

جدول ۱. تعداد تصاویر دیتاست و مجموعه‌های آموزشی و تست

کل تصاویر	مجموعه دیتاست	مجموعه آموزشی	مجموعه تست
	۷۴	۵۵	۱۹

پس از آموزش و دسته‌بندی تصاویر، برای هر کلاس چهار حالت، مثبت صحیح TP، منفی صحیح TN، مثبت اشتباه FP و منفی اشتباه FN در جدول ۲ ملاحظه می‌شود. کل تصاویر ما به ۳ کلاس تقسیم

بحث و نتیجه گیری

بیماری دیابت بر اثر قطع تولید انسولین و یا عدم کارکرد مناسب آن در بدن به وجود می آید. انسولین هورمونی است که مواد غذایی قندی و نشاسته را در بدن به انرژی تبدیل می نماید. گمان می رود که زمینه مساعد ژنتیکی و عوامل محیطی همچون چاقی و بی تحرکی در ابتلا به این بیماری نقش موثری داشته باشد. در کشورما، افراد زیادی از کودک و بزرگسال به انواع دیابت مبتلا هستند، ولی متأسفانه تعداد اندکی از این افراد از شرایط خود آگاهاند و یا به کنترل صحیح و دقیق قند خون می پردازند. در دیابت، سرعت و توانایی بدن در استفاده و سوخت و ساز کامل گلوکز کاهش می یابد از این رو میزان قند خون افزایش یافته که به آن هیپرگلیسمی می گویند. وقتی این افزایش قند در دراز مدت در بدن وجود داشته باشد، سبب تخریب رگ های بسیار ریز در بدن می شود که می تواند اعضای مختلف بدن همچون کلیه، چشم و اعصاب را درگیر کند. همچنین دیابت با افزایش ریسک بیماری های قلبی عروقی ارتباط مستقیمی دارد؛ لذا غربالگری و تشخیص زودرس این بیماری در افراد دارای بیماری های زمینه ای می تواند در پیشگیری از این عوارض مؤثر باشد. تشخیص و همچنین غربالگری دیابت با انجام آزمایش قند خون میسر است. دیابت نوع یک در این دسته از مبتلایان، تولید انسولین در بدن به طور کامل قطع می شود، در نتیجه قند موجود نمی تواند وارد سلولها شده انرژی بدن را تامین نماید و همین مسئله افزایش شدید قند خون را سبب می شود. حدود ۵٪ تا ۱۰٪ کل دیابتی ها، مبتلایان نوع ۱ تشکیل می دهند. دیابت نوع دو در این دسته از مبتلایان، بدن نسبت به انسولین مقاوم می شود در این حالت انسولین ترشح شده تاثیری بر روی جذب قند ندارد و یا ترشح آن به میزان کافی صورت نمی گیرد. دیابت بارداری : حدود ۴٪ از کل بانوان در طول زمان بارداری موقتاً به این نوع دیابت مبتلا می شوند. دیابت پنهان: در این دسته از افراد میزان قند خون بالاتر از نرمال است ولی نه تا حدی که بتوان آن ها را در گروه مبتلایان دیابت نوع ۲ قرار داد.

استفاده از تصاویر حرارتی در تشخیص زودرس محل زخم دیابتی در افراد دیابتی یکی از روش های نوین تشخیصی بوده است. (۴-۷). این نوع تشخیص با توجه به روشهای مختلف بررسی تصاویر حرارتی با آستانه بندی و دسته بندی های مختلف، مورد بررسی و تحقیق محققان و پژوهشگران این زمینه قرار گرفته است. (۸-۱۰). در ۲۰۱۲، نویسنده مقاله و همکاران چگونگی تغییرات دمایی ناحیه در حال زخم شدن در پای دیابتی را توسط دوربین های حرارتی مورد آزمایش و بررسی قراردادند (۱۱). این پژوهش همچنین نشان داد که افزایش غیرعادی دما در قسمتی از کف پا می تواند به عنوان یک نشانه ی اولیه از زخم دیابتی مورد توجه باشد. توزیع غیر همگن دما یکی از علامت های اولیه ایجاد زخم در پای دیابتی است و می تواند در تشخیص زودرس زخم های دیابتی مؤثر باشد. این نتیجه در سایر مطالعات نیز به اثبات رسیده است (۱۳-۱۲). همچنین تشخیص های مبتنی بر روشهای کامپیوتری و الگوریتمی نیز در مقالات مختلف نظیر الگوریتم های نمونه ای، ژنتیک الگوریتم های فازی نیز بررسی شده است (۱۶-۱۲). این الگوریتم ها مقایسه دقیق نحوه توزیع دما در نواحی مختلف بدن و آشکار کردن نشانه های جزئی برای تشخیص زودرس بافت های زخم های دیابتی را بیان می کنند. همچنین در مقالات مختلف، مقایسه چگونگی توزیع دما در دو پای مربوط به یک بیمار با یکدیگر یکی از مؤثرترین روش های تشخیصی نشان داده شد (۱۳-۹). مقایسه توزیع دمایی نقطه به نقطه درد و پا بر اساس شدت روشنایی پیکسل های تصویر و ناهماهنگی های موجود در توزیع حرارتی با استفاده از یک آستانه گذاری و بررسی تحلیل داده های بیماران دیابتی در راستای خوشه بندی و تجویز دارو براساس الگوریتم پیشنهادی نیز از روشهای دیگر تشخیص و پیشگیری است (۲۱-۱۷).

یکی از بهترین روش ها، استفاده از دستگاهی است که دمای پا را اندازه گیری می کند. در بیشتر تحقیقات انجام شده برای مقایسه نواحی پرحرارت در کف پای راست و چپ بیماران دیابتی معمولاً از روش های کیفی بر روی تصاویر حرارتی استفاده شده است. این مطالعه به مقایسه کمی نظیر به نظیر نقاط کف پای چپ و راست در ماتریس دمایی به نتایج نشان می دهد که الگوریتم نزدیک ترین همسایگی نتیجه بسیار

دقیقی ارائه می‌دهند و براساس شدت بیماری در بیماران، پزشکان تجویز بهتری خواهند داشت. این مطالعه به صورت مستقل و بدون حمایت مالی هیچ سازمانی انجام گرفته است.

تشکر و قدردانی

References

- [1] Luis A. Vilcahuaman C. Early diagnostic of diabetic foot using thermal images. Université d'Orléans, 2013. English. ffnnt : 2013ORLE2061ff. fftel-01022921
- [2] Hossein Nejad Zahra, Nasri Mehdi. An overview of image matching methods, concepts and applications. Machine vision and image processing [Persian]. 2017;5(2):39-67. Available from: <https://sid.ir/paper/393933/fa>
- [3] Kashefi A, Haddadnia J. Provide an automated method for quantitative comparison of peer at the feet of diabetic foot ulcers in order to predict the thermal images and computer vision techniques. *ijdd*. 2015; 14 (5) :325-336
- [4] Inlow Sh, Orsted H, Sibbald RG. Best practices for the prevention, diagnosis and treatment of diabetic foot ulcers. *Ostomy/Wound Management* 2000; ٤٦: 55-68.
- [5] Fryberg RG, et al. Diabetic foot disorders, a clinical practice guideline. American College of Foot and Ankle Surgeons and the American College of Foot and Ankle Orthopedics and Medicine 2000: 1-48.
- [6] Boyko EJ, Ahroni JH, Stensel VL. Skin temperature in the neuropathic diabetic foot. *J. Diabetes Complications* 15, 2001, pp. 260–264.
- [7] Armstrong DG, Lavery LA, Liswood PJ, Todd WF, and Tredwell J. Infrared dermal thermometry of the high-risk diabetic foot. *Phys Ther*, vol. 77, pp. 169–177, 1997.
- [8] Lavery LA, Armstrong DG, Vela S, and Fleishli JG. Practical criteria to screen patients at risk for diabetic foot ulceration. *Arch. Int. Med.*, vol. 158, pp. 157–162, 1998.
- [9] Chen Y, Kaabouch N, Anderson J, Forrest Ames F. Static and dynamic skin thermal distributions for early detection/prediction of foot ulcers. 2008 North Dakota EPSCoR State Conference, Grand Forks, September 19, 2008.
- [10] Pi-Chang Sun, Hong-Da Lin, Shyh-Hua Eric Jao, Yan-Chiou Ku, Rai-Chi Chan, Cheng-Kung Cheng. Relationship of skin temperature to sympathetic dysfunction in diabetic at-risk feet. 2006 Elsevier Ireland Ltd.
- [11] Oe M, Yotsu RR, Sanada H, Nagase T, Tamaki T. Thermographic findings in a case of type 2 diabetes with foot ulcer and osteomyelitis. *J Wound Care*. 2012;21(6):274, 276-8.
- [12] Sumpio BE. Foot ulcers. *New England Journal of Med*. 2000; (343): 787–793.
- [13] Sun PC, Jao SH, Cheng CK. Assessing foot temperature using infrared thermography. *Foot Ankle Int.*, 2005; (26): 847–853.
- [14] Liu C, van der Heijden F, and van Netten JJ. Towards surface analysis on diabetic feet soles to predict ulcerations using photometric stereo, SPIE, 2012.
- [15] Kaabouch N, Chen Y, Anderson J, Ames F, and Paulson R. Asymmetry Analysis Based on Genetic Algorithms for the Prediction of Foot Ulcers. *Visualization and Data Analysis 2009*, SPIE Vol. 7243.
- [16] Derakhshan Borjui, Pooya and Bahadurzadeh, Mojdeh, 2017, early detection of response to diabetes wound treatment by genetic algorithm, National Conference of Innovative and Applied Innovation in Electrical and Computer Engineering with Knowledge-Based Approach, Nain
- [17] Yadon A. Beyond the Monofilament for the Insensate Diabetic Foot A systematic review of randomized trials to prevent the occurrence of plantar foot ulcers in patients with diabetes. *Diabetes Care* 2011; 34:4 1041-1046.
- [18] Ng EYK. A review of thermography as promising noninvasive detection modality for breast tumor. *International Journal of Thermal Sciences* 2009, 48 (5): 849-859.
- [19] Ring EFJ, Ammer K. The technique of infrared imaging in medicine. *Thermology International* 2000; 7: 7–14.
- [20] Roback K. An overview of temperature monitoring devices for early detection of diabetic foot disorders. *Expert Rev Med Devices* 2010; 7(5):711-718.
- [21] Heydari, S., Radfar, R., Alborzi, M., Afshar Kazemi, M., Rajabzadeh Ghatari, A. Analysis of Diabetic Patients' Data for Clustering and Prescription Drug Based on Proposed Algorithm. *medical journal of mashhad university of medical sciences*, 2020; 63(2): 2358-2368

*Original Article***Early Detection of Diabetic Foot Ulcers by Thermal Images of Foot Soles Using Nearest Neighbor Algorithm**

Received: 09/08/2022 - Accepted: 25/04/2022

Pouya Derakhshan Barjoei^{1*}
 Mojdeh Bahadorzadeh²
 Afsaneh Arabzadeh³

¹Assistant Professor, Department of
 Electrical Engineering, Nain Branch,
 Islamic Azad University, Nain, Iran

²Assistant Professor, Department of
 General Surgery, Qom University of
 Medical Sciences, Qom, Iran

³M.Sc., Islamic Azad University,
 Najafabad Branch, Isfahan, Iran

Email: pooyaderakhshan@gmail.com

Abstract

Introduction: Diabetes is a disease, which is caused by the cessation of insulin production or the dysfunction of the body. Early detection of diabetic foot ulcers thermal images of the sole of the foot is one of the new methods of diagnosing diabetic foot ulcers.

Method: In this paper, by optimizing the nearest neighbor algorithm, early detection of diabetic foot ulcers is performed by comparing the thermal similarity of the left and right soles of the feet. And the condition of the possibility of foot ulcer is diagnosed. In the proposed solution, by removing additional areas and creating a temperature image of the soles of the feet, using image matching techniques and then extracting statistical features such as standard distribution, percentage of dissimilar pixels and average temperature of the soles of the feet, early diagnosis of the wound condition is attempted.

Results: To evaluate the proposed method, 74 images of gray surfaces were used, in which the image of the left and right soles of the feet is specified in the image, and along with the images, there is a file in which the class of each image is specified. The information file also contains the minimum and maximum temperatures in the image to create a thermal image. Therefore, the above problem is a 3-class classification problem in which 75% of the images are used for training and 25% for testing. We have used thermal images by cross-validation method, which we have achieved with a total accuracy of 85.14%.

Conclusion: Many researches have been done in recent years, most of which have been qualitatively examining the quality of thermal images. In this research, a method based on the use of optimization algorithm using MATLAB software and computer aided diagnostics has been performed. Based on the designed objective functions and the constraints considered in the diagnostic design, we were able to take a step, towards early diagnosis of the ulcer. As sometimes a diabetic patient as possible; Inflammation and change in tissue temperature and cannot diagnose this change in temperature, can be used the proposed methods to eliminate this lack of diagnosis In this study, it has been shown that among the images that the algorithm has been able to run on, the symptoms of inflammation and subcutaneous heat and rising tissue temperature have been obtained correctly and accurately to prevent and follow the early diagnosis of such ulcers.

Keywords: Foot temperature image, Image adaptation, Nearest neighbor, Cross validation, Early Diabetic ulcer detection.

conflict of interest: There is no conflict of interest.