

كشف الأوعية الدموية تحت الجلد باستخدام كاميرا حرارية تعمل ضمن (Negative mode) ومعالجة الصورة الحرارية الناتجة باستخدام لغة البرمجة (python)

عماد الدين سنوبر¹

¹ماجستير علوم وهندسة بصريات - المعهد العالي للعلوم التطبيقية والتكنولوجيا
Emad.snoubr@damascusuniversity.edu.sy

الملخص

ركز هذا البحث على كشف الأوعية الدموية تحت الجلد بهدف إظهارها عند الأشخاص الذين يعانون من بعض الأمراض مثل السمنة الزائدة، وحديثي الولادة والعديد من الحالات الطبية الأخرى، وذلك بالاعتماد على الفروقات الحرارية بين الوريد الدموي الذي يجري به الدم والنسيج الذي يحيط به. ولهذا الغرض استعملت كاميرا حرارية تعمل بالنمط السلبي وتلتقط الأشعة تحت الحمراء طويلة الموجة وتركزها على الحساس المصنوعي الذي بدوره يحول الأشعة الحرارية إلى إشارة إلكترونية ويظهرها على الحاسب الموصول بالكاميرا الحرارية ضمن برنامج حاسوبي مخصص للكاميرا، يشوب الصورة الناتجة ضجيج ناتج عن الوسط المحيط بها والعديد من العوامل الأخرى، ولهذا أخضعت الصورة للمعالجة لزيادة التباين في الصورة من خلال كتابة كود برمجي بلغة البرمجة (python) لتصبح الأوعية الدموية متميزة عن النسيج المحيطة بها. جرى تطبيق هذا البحث على سواعد مجموعة من الأشخاص تم انتقاء خمس حالات منها تعود لخمسة أشخاص وسجل توزع درجات الحرارة الموضعية على السواعد وتبين تجريبيا أن درجة حرارة الساعد بشكل وسطي (31.98°C) ومجال درجة حرارة الأنسجة يتراوح ضمن المجال $^{\circ}\text{C}(24.3-32.0)$ ، ومجال درجة حرارة الأوردة الدموية يتراوح ضمن المجال $^{\circ}\text{C}(30.6-34.5)$.

تاريخ الإيداع: 2023/10/10
تاريخ الموافقة: 2024/01/21



حقوق النشر: جامعة دمشق -
سورية، يحتفظ المؤلفون بحقوق
النشر بموجب الترخيص
CC BY-NC-SA 04

الكلمات المفتاحية: الأوعية الدموية تحت الجلد - الفروقات الحرارية- الكاميرا الحرارية - النمط السلبي -الجسمية الحرارية-كود برمجي

Detection of blood vessels under the skin by using a thermal camera operating within (Negative mode) and processing the resulting thermal image using the Python programming language

Emad Aldin Snoubr¹

¹ Master's in optical Science and Engineering - Higher Institute of Applied Sciences and Technology (HIAST). Emad.snoubr@damascusuniversity.edu.sy

Abstract

This research focused on detecting blood vessels under the skin with the aim of showing them in people who suffer from some diseases such as obesity, newborns and many other medical conditions, by relying on the thermal differences between the blood vein in which blood flows and the tissue that surrounds it. For this purpose, I used a thermal camera that works in negative mode and captures long-wave infrared rays and focuses them on the matrix sensor, which in turn converts the thermal rays into an electronic signal and displays it on the computer connected to the thermal camera within a computer program dedicated to the camera. The resulting image is marred by noise resulting from the surrounding environment and many factors. The other is why the image was subjected to processing to increase the contrast in the image by writing software code in the programming language (Python) so that the blood vessels become distinct from the surrounding tissues.

This research was applied to the forearms of a group of people. Five cases were selected, including five people. The distribution of local temperatures on the forearms was recorded. It was experimentally found that the temperature of the forearm was on average (31.98°C) and the range of tissue temperature ranged within the range (24.3-32.0) °C, The temperature range of blood veins ranges within the range (30.6-34.5) °C.

Keywords: Blood vessels under the skin, Thermal differences, Thermal camera, Negative mode, thermal objective, Software code.

Received :2023/10/10

Accepted:2024/01/21



Copyright: Damascus University- Syria, The authors retain the copyright under a CC BY-NC-SA

1. مقدمة:

يعد كشف الأوعية الدموية من الأمور الطبية المهمة والأساسية للأطباء والمرضى ومسؤولي الرعاية الصحية لأهميتها عند إجراء سحب دم وريدي أو قسطرة (فتح وريد) أو تعليق وصل أو حقن إبرة للمريض [3]–[1]، بالإضافة إلى ذلك تعطي التحاليل الطبية بالاعتماد عليها معلومات عن صحة الجسم وحركته ولكن هناك بعض الحالات الطبية التي لا يمكن أن تظهر فيها الأوعية الدموية بسهولة نتيجة الإصابة بمرض معين أو حادثة معينة، مثلاً مرضى السمنة الزائدة والأطفال حديثي الولادة والمسنين في العمر والمرضى الذين تعرضوا لحروق جلدية سابقة وكذلك مرضى الأورام الذين يخضعون للعلاج الكيميائي ومتعاطي المخدرات والعديد من الحالات المرضية الأخرى، حيث من الصعب إظهار الأوعية الدموية لديهم.

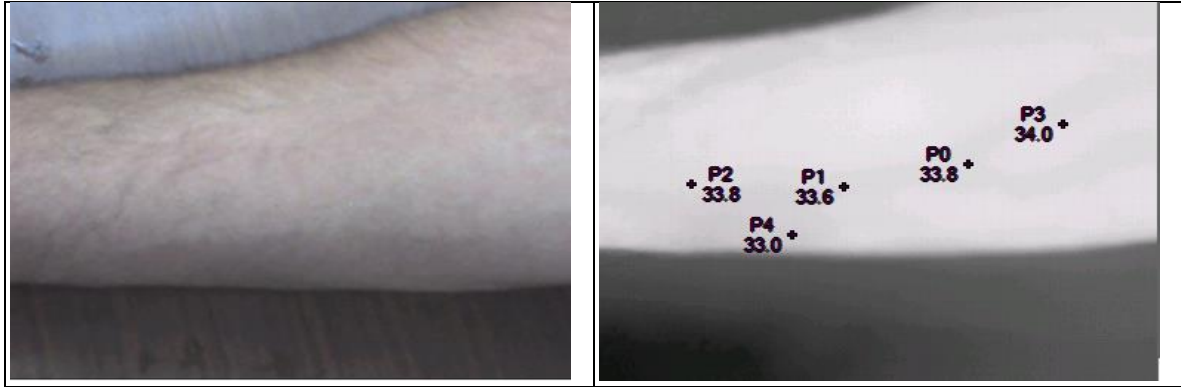
إن التعامل مع هذه المجموعات من المرضى يشكل تحدياً بالغ للأطباء والمرضى عند استخدام العين المجردة لإجراء عدة محاولات للعثور على الوريد التي تسبب ألم كبير للمرضى، لذلك لا بد من اللجوء إلى طرائق أخرى تمكن من إظهار الأوعية الدموية تحت الجلد للعثور على الوريد المنشود بسهولة مع تقليل الزمن اللازم لذلك.

هناك العديد من الطرق الشائعة المستخدمة للكشف عن الأوعية الدموية ومنها حقن الصبغات الطبية المناسبة للمريض والتي يحدد مقدارها ونوعها الطبيب المسؤول عن كشف الأوردة المطلوبة وإظهارها مباشرةً بلون مميز أو يستخدم جهاز مخصص لكشف هذه الأوردة لتكون واضحة بالنسبة للطبيب المختص [4].

هناك أيضاً طريقة أخرى حديثة الاستخدام تعتمد على توجيه أشعة كهترطيسية في المجال تحت الأحمر القريب (NIR) نحو المنطقة الجلدية المستهدفة للمريض، وذلك من خلال جهاز خاص (LED) يبعث أطوال موجية تتراوح بين $0.75-1.4 \mu\text{m}$ ومنه الطول الموجي المناسب لذلك هو (850nm) الذي يتصف بنفوذيته في النسيج لبضعة مليمترات [1]، [5]، [6]. وتعتمد هذه الطريقة بشكل رئيسي على نسبة الهيموغلوبين (خضاب الدم) المؤكسج وغير المؤكسج الموجود في الأوردة والشرايين حيث باختلاف نسبته تختلف امتصاصية الأوردة والشرايين للأشعة تحت الحمراء الواردة عليها، ثم يُسلط ضوء خارجي ضمن المجال المرئي لإظهار هذه الأوردة والشرايين التي تظهر متدرجة الشدة (اللون) تبعاً لامتناسها للضوء، تعتبر هذه الطرق من الطرق الشائعة المستخدمة التي تتعامل مباشرة مع الجسم دون أن يؤذي خلايا الجسم، لذلك سنتعمد في هذا البحث على طريقة لإظهار الأوعية الدموية دون التفاعل المباشر مع الجسم.

2. غرض البحث:

إن الجوهر الأساسي من استخدام الأشعة الكهترطيسية في المجال تحت الأحمر الطويل (LWIR) هو كشف الأوعية الدموية دون حقن الجسم بأي صبغات طبية أو إرسال أي إشعاع كهترطيسي يتفاعل معه [10–12]، [4]، [2]، وذلك باعتبار أن كل جسم درجة حرارته أعلى من الصفر المطلق هو جسم مصدر للأشعة تحت الحمراء، ووفقاً لذلك تبلغ درجة حرارة جلد الإنسان السطحية وسطياً ($t \approx 33^\circ\text{C}$) أي ما يعادل ($T \approx 306\text{K}$) وبالتالي طيف الإصدار الحراري لسطح جسم الإنسان يملك قيمة أعظمية عند طول الموجة ($\lambda \approx 9.47 \mu\text{m}$) وفقاً لقانون Wien [3]، [7]، يصنف هذا الطول الموجي من الأشعة تحت الحمراء الطويلة (long wave infrared) ولكن درجة حرارة الأوعية الدموية تختلف بشكل ضئيل عن درجة حرارة الأنسجة المحيطة بها [16 – 13]، هذا يعني أن الأطوال الموجية الصادرة من الأوردة تختلف أيضاً بفارق صغير عن الأنسجة المحيطة بها، ومن ثم يمكن اعتماد هذا الفارق لكشف الأوعية الدموية بواسطة كاميرا حرارية خاصة ذات حساسية حرارية مناسبة وقادرة على استقبال هذه الفروقات الحرارية الصادرة من الجسم وإظهارها بشكل رقمي مرئي، وكمثال يوضح الشكل (1) درجات الحرارة في مناطق مختلفة من الساعد والتي أعظمها 34°C وأصغرها 33°C أي بفارق درجة مئوية واحد سنتعمد على هذا الفارق لكشف الأوعية الدموية وتمييزها عن النسيج المحيطة.



الشكل 1- يوضح الفروقات الحرارية الصغيرة الموجودة في الساعد.

3. المواد والطرائق

3-1- الأجهزة والأدوات المستخدمة:

• كاميرا حرارية:

من نوع (FLUKE) نموذج (TI55FT-1010009) كما هو موضح بالشكل (2) متوفرة في المعهد العالي لعلوم الليزر وتطبيقاته في جامعة دمشق، تتصف هذه الكاميرا بالمواصفات التالية:



الشكل 2- الكاميرا الحرارية FLUKE نموذج TI55FT-1010009 المستعملة في هذا البحث

- (a) تتكون من مجموعة من العدسات الحرارية (الجسمية الحرارية) ذات بعد محراقي $F=20 \text{ mm}$ ، وعدد محراقي (Focal number) $F\# = 0.8$ مصنوعة من الجرمانيوم وتلتقط الأشعة تحت الحمراء الطويلة (LWIR) الصادرة من المنطقة المدروسة والممتدة ضمن المجال $(8-12)\mu\text{m}$.
- (b) حساس حراري مصنوع من مادة أكسيد الفناديوم غير مبرد وأبعاده (320×240) وخطوة البكسل فيه $(\text{pitch}=25\mu\text{m})$ ، وحساسيته الحرارية (أقل فرق حراري مكافئ للضجيج $\text{NETD} \leq 0.05^\circ\text{C}$) مناسبة لإجراء عملية القياس مع تمييز الأوعية الدموية عن النسيج المحيطة [12].

• برنامج حاسوبي مخصص للكاميرا (smart view):

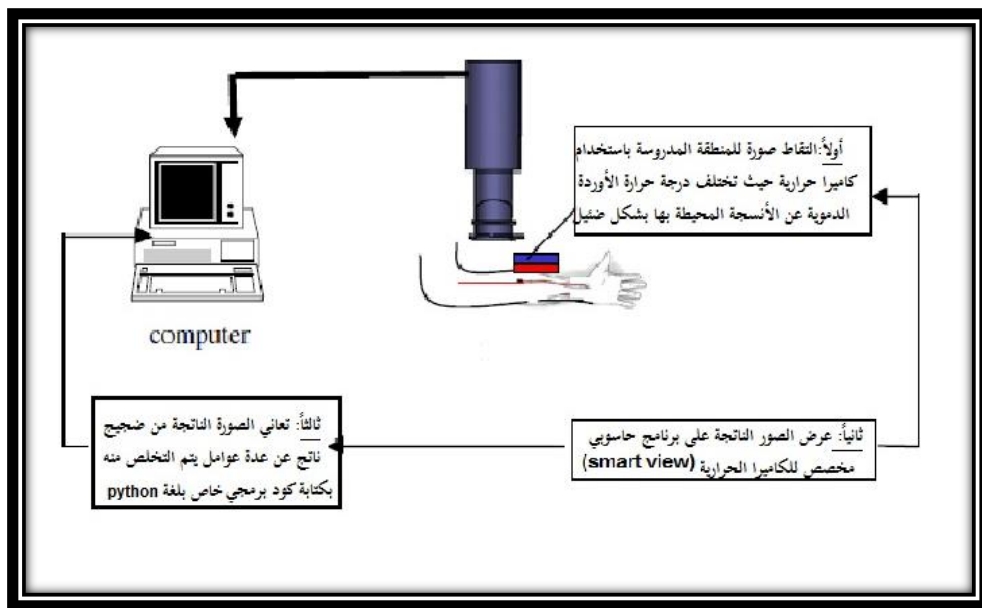
- (a) برنامج حاسوبي مخصص للكاميرا (smart view) لعرض الصور الحرارية الملتقطة بواسطتها، حيث يعرض البرنامج الصورة ويعطي درجة حرارة موافقة لكل بيكسل من المنطقة المستهدفة ويضيف أيضاً للصورة مقياس لقياس درجة الحرارة، كما ويوجد عدة مقاييس لإظهار الصورة الحرارية وفقاً لتدرجات (رمادي- ملون) سنختار منها الرمادي.
- (b) باعتبار أن درجة حرارة الأوردة الدموية مختلفة عن درجة حرارة الأنسجة المحيطة بها وباعتبار أنه يوجد العديد من النقاط المختلفة بدرجة الحرارة لذلك لابد من استخدام منحنى (Histogram) وهو مخطط بياني يستخدم لتمثيل توزيع البيانات في مجموعات معينة على شكل أعمدة ، ويتمثل الهدف الرئيسي في استخدامه إظهار كيفية توزيع القيم في مجموعة البيانات وتحليلها كما ويستخدم في تحديد أين تتركز القيم وما إذا كانت متوزعة بشكل متساو أو غير ذلك، ويستخدم في التصوير الرقمي لتقديم معلومات حول توزيع السطوح في الصورة مما يساعد في ضبط التباين، في هذه المقالة يمثل (Histogram) توزيع درجات الحرارة في الصورة بمعنى كيفية توزيع درجات الحرارة في المشهد الملتقط كما يتكون من مجموعة من الأعمدة الرأسية حيث يمثل كل عمود نطاقاً معيناً من درجات الحرارة وارتفاع كل عمود يمثل تردد حدوث درجة حرارة معينة داخل نطاق معين كما يساعد في فهم توزيع درجات الحرارة في المشهد الملتقط وتحديد أين تتركز القيم وما إذا كانت ساخنة أو باردة [17].

• لغة البرمجة (python):

يشوب الصور الملتقطة ضجيج مصدره عدة عوامل منها الضجيج الناتج عن الحساس الحراري الموجود في الكاميرا والعدسات المستخدمة فيها وأيضاً الوسط المحيط بالكاميرا لذلك لابد من التخلص من الضجيج دون التأثير على التفاصيل الموجودة داخل الصورة وأيضاً لزيادة تباين الصورة بحيث تبدو الأوعية الدموية متميزة عن النسيج المحيطة بها.

يوجد العديد من الطرق منها برامج حاسوبية مخصصة مثل (OpenCv demonstrator) وأيضاً (Adobe photoshop) ولكن يؤدي استخدامها الى فقدان تفاصيل في الصورة بالإضافة الى ذلك لا يمكن التحكم بتباين الصورة وسطوعها لذلك لابد من كتابة كود برمجي مخصص بحيث لا يؤثر على تفاصيل الصورة ولزيادة التباين والسطوع وسوف يتم ذلك باستخدام لغة البرمجة (python) وهي لغة برمجة تستخدم على نطاق واسع في معالجة الصورة وزيادة التباين.

3-2 - مراحل العمل: يوضح الشكل (3) مراحل الحصول على الصورة ومعالجتها:



الشكل 3- مخطط توضيحي لمراحل الحصول على الصورة ومعالجتها

وضعت الكاميرا على بعد مناسب من المنطقة المدروسة (المنطقة المراد كشف أوردتها)، وأخذت القياسات لمجموعة من الأشخاص في المختبر الذي يتميز بدرجة حرارة معتدلة ($t=25^{\circ}\text{C}$) باعتبار أن اصدارية جسم الإنسان ($\epsilon = 0.98$) عند الطول الموجي ($\lambda \approx 9.47\mu\text{m}$)، ومنه تم الحصول على مجموعة من الصور الحرارية.

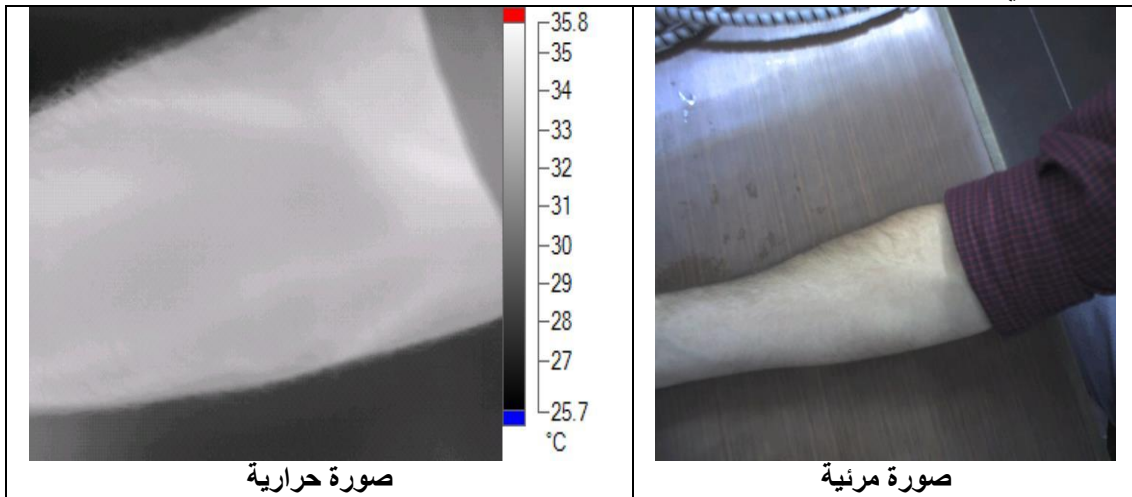
عُرِضت الصور باستخدام برنامج حاسوبي خاص بالكاميرا (smart view) مع اختيار المقياس الرمادي (Gray scale) لعرض الصور، جرى اختيار مجموعة من الصور الحرارية لتحليلها ومعالجتها باعتبار أن درجة حرارة الخلفية تساوي ($t = 27^{\circ}\text{C}$) وأن درجات الحرارة الملتقطة بواسطة الكاميرا تقع في المجال $t = [-20, 100]^{\circ}\text{C}$.

4. النتائج والمناقشة:

4-1- الحالة الأولى: تخص رجل بعمر خمسة وعشرون عاماً ووزنه سبعة وستون كيلو غرام ولون بشرته بيضاء.

يوضح الشكل (4) صورة مرئية وصورة حرارية لساعد الشخص المدروس، يوضح الشكل (4) صورة حرارية لليد في منطقة الساعد تتراوح درجة الحرارة الملتقطة بواسطة الكاميرا الحرارية في المجال $^{\circ}\text{C} (25.7 - 35.8)$ ، وباعتبار أن درجة الحرارة الوسطية للساعد هي 31.7°C فقد عرضت الصورة ضمن المقياس الرمادي.

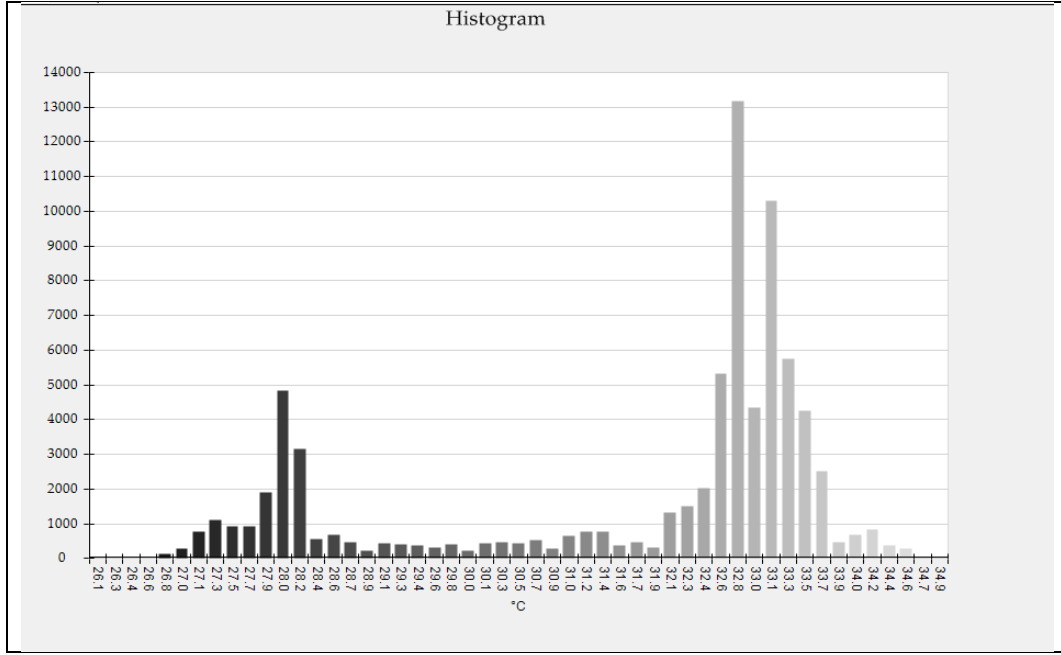
يلاحظ من الشكل (4) أن مقياس درجة الحرارة يحتوي على لونين مختلفين حيث تزداد درجة الحرارة بالاقتراب من اللون الأبيض، حينما تكون درجة حرارة الأوردة مرتفعة مقارنة بدرجة حرارة الأنسجة المحيطة بها أي تظهر بلون مختلف عما هو عليه للأنسجة المحيطة، ولكن تعاني الصورة من بعض الضجيج.



الشكل 4 - صورة مرئية وأخرى حرارية لساعد الشخص المدروس في الحالة الأولى

وللحصول على درجات الحرارة للأنسجة وللأوردة رُسمت تحولات توزع درجات الحرارة من خلال تمثيل السطوح مقدراً بالبيكسل كتابع لدرجة الحرارة الصادرة عن نقاط مختلفة من الساعد مقدرة بالدرجات المئوية، حيث أن المخطط التدريجي لتوزع درجات الحرارة (Histogram) يوضح درجات حرارة الأنسجة (اللون الأسود على المخطط) ودرجات حرارة الأوردة (اللون الرمادي على المخطط) كما هو موضح في الشكل (5).

يُوضح الشكل (5) أن أعلى درجة حرارة للأوردة الدموية عند الدرجة 32.8°C وأعلى درجة حرارة للأنسجة هي 28.0°C .

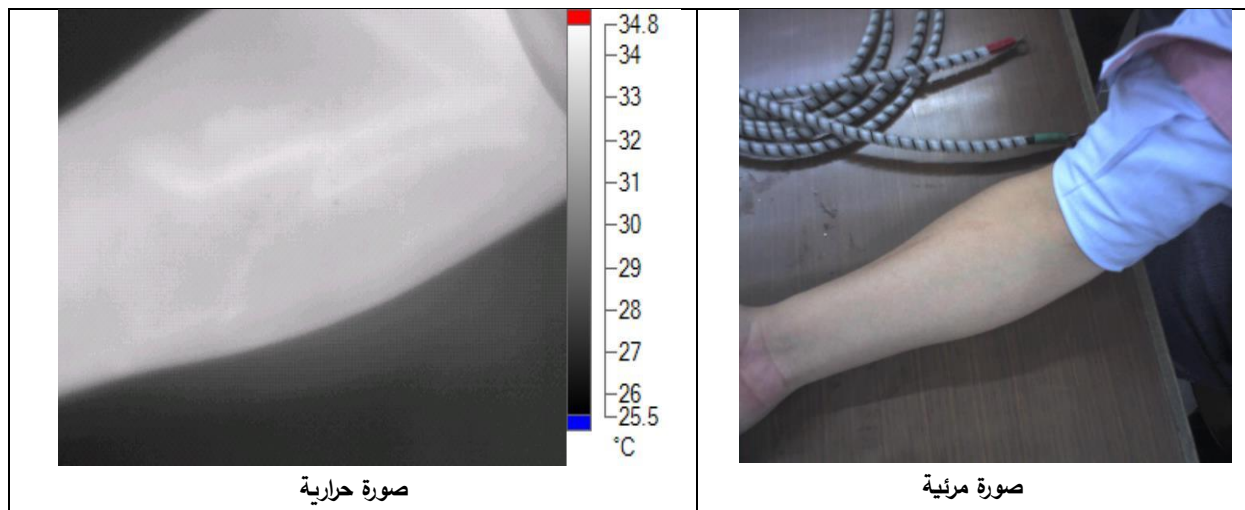


الشكل 5- المخطط التدرجي الحراري للحالة المدروسة الأولى

4-2- الحالة الثانية: تخص رجل بعمر ثلاثة وعشرون عاماً ووزنه خمسة وسبعون كيلو غرام ولون بشرته بيضاء .

يوضح الشكل (6) صورة مرئية وأخرى حرارية لساعد الشخص المدروس. يوضح الشكل (6) صورة حرارية لليد في منطقة الساعد تتراوح درجة الحرارة الملتقطة بواسطة الكاميرا الحرارية في المجال $^{0}C (26.5 - 34.8)$ ، وباعتبار أن درجة الحرارة الوسطية للساعد هي $30.8^{0}C$ فقد عرضت الصورة ضمن المقياس الرمادي.

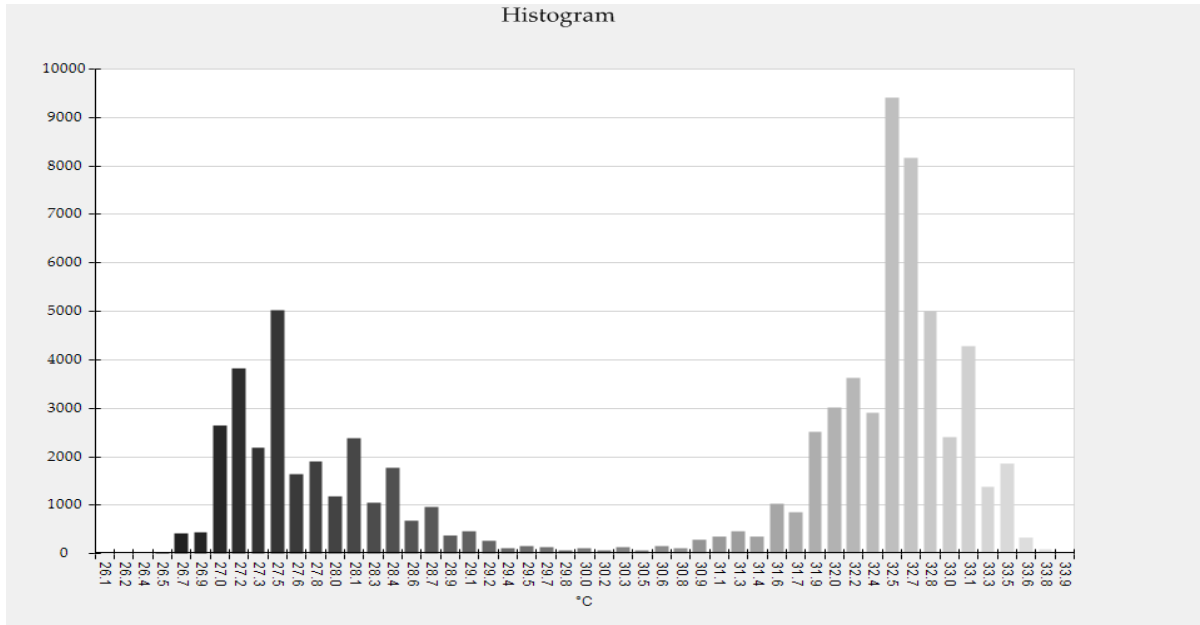
يلاحظ من الشكل (6) أن مقياس درجة الحرارة يحتوي على لونين مختلفين حيث تزداد درجة الحرارة بالاقتراب من اللون الأبيض، حينما تكون درجة حرارة الأوردة مرتفعة مقارنة بدرجة حرارة الأنسجة المحيطة بها أي تظهر بلون مختلف عما هو عليه للأنسجة المحيطة، ولكن تعاني الصورة من بعض الضجيج.



الشكل 6-صورة مرئية وأخرى حرارية لساعد الشخص المدروس في الحالة الثانية

وللحصول على درجات الحرارة للأنسجة وللأوردة رُسمت تحولات توزع درجات الحرارة من خلال تمثيل السطوح مقدراً بالبيكسل كتابع لدرجة الحرارة الصادرة عن نقاط مختلفة من الساعد مقدرة بالدرجات المئوية، كما هو موضح في الشكل (7).

يُوضح الشكل (7) أن أعلى درجة حرارة للأوردة الدموية تلاحظ لهذه الحالة تكون عند الدرجة 32.5°C وأعلى درجة حرارة للأنسجة هي 27.5°C .

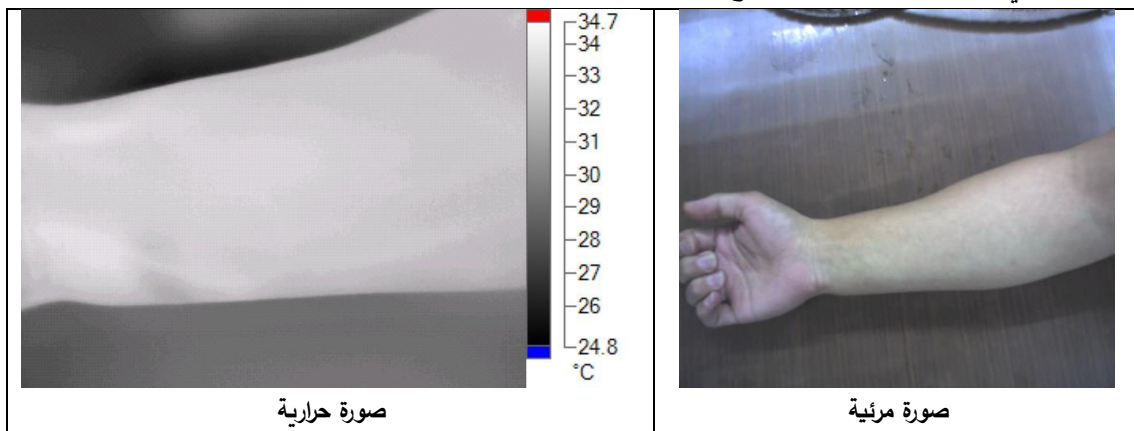


الشكل 7- المخطط التدرجي الحراري للحالة المدروسة الثانية

3-4- الحالة الثالثة: تخص الحالة الثالثة أنثى عمرها أربع وعشرون عاماً ووزنها خمس وخمسون كيلو غرام ولون بشرتها بيضاء.

يوضح الشكل (8) صورة مرئية وأخرى حرارية لساعد الأنثى المدروسة، حيث يلاحظ على هذا الشكل الصورة الحرارية لليد في منطقة الساعد مع درجات الحرارة الملتقطة بواسطة الكاميرا الحرارية في المجال $(25.8 - 33.7)^{\circ}\text{C}$ ، وباعتبار أن درجة الحرارة الوسطية للساعد هي 31.0°C فقد عرضت الصورة ضمن المقياس الرمادي.

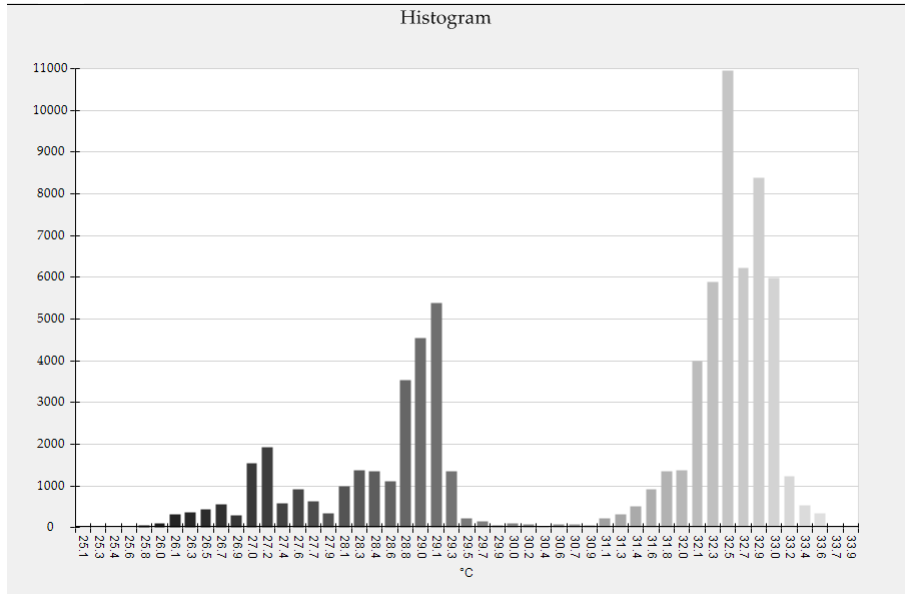
يلاحظ من الشكل (8) أن مقياس درجة الحرارة يحتوي على لونين مختلفين حيث تزداد درجة الحرارة بالاقتراب من اللون الأبيض، حينما تكون درجة حرارة الأوردة مرتفعة مقارنة بدرجة حرارة الأنسجة المحيطة بها أي تظهر بلون مختلف عما هو عليه للأنسجة المحيطة، ولكن تعاني الصورة من بعض الضجيج.



الشكل 8- صورة مرئية وأخرى حرارية لساعد الشخص المدروس في الحالة الثالثة

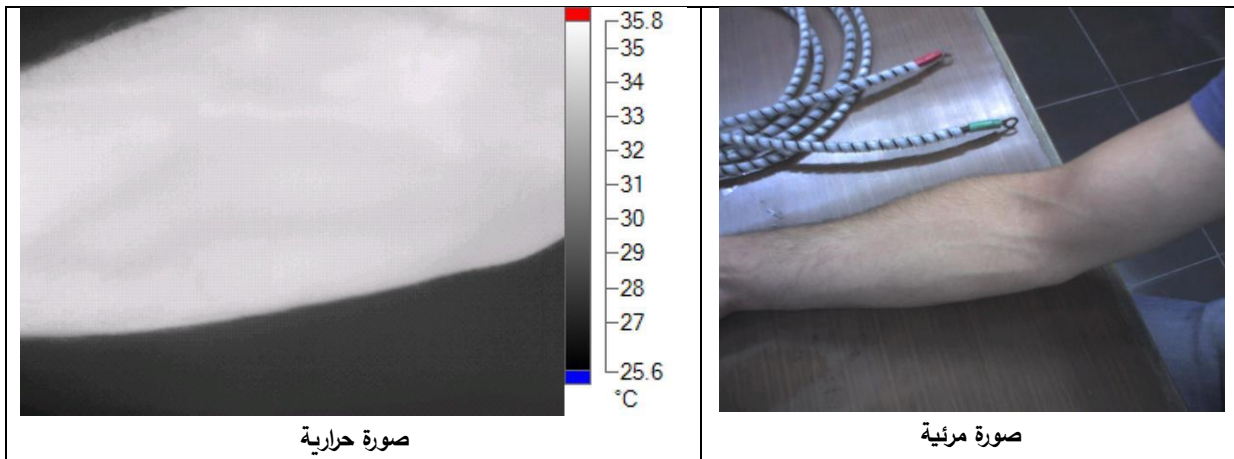
وللحصول على درجات الحرارة للأنسجة وللأوردة رُسمت تحولات توزع درجات الحرارة من خلال تمثيل السطوح مقدراً بالبيكسل كتابع لدرجة الحرارة الصادرة عن نقاط مختلفة من الساعد مقدرة بالدرجات المئوية، كما هو موضح في الشكل (10).

يُوضح الشكل (9) أن أعلى درجة حرارة للأوردة الدموية تلاحظ لهذه الحالة تكون عند الدرجة 32.5°C وأعلى درجة حرارة للأنسجة هي 29.1°C .



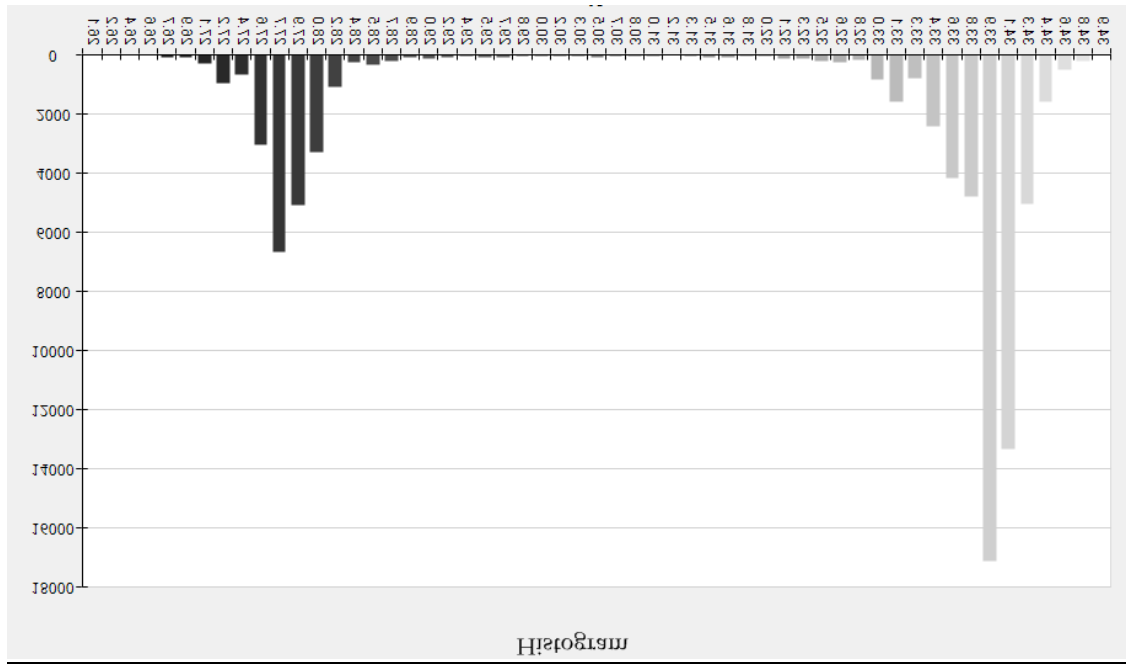
الشكل 9- المخطط التدرجي الحراري للحالة المدروسة الثالثة

4-4- الحالة الرابعة: تخص الحالة الرابعة ساعد رجل عمره ثلاثون عاماً ووزنه سبعون كيلو غرام ولون بشرته سمراء. يوضح الشكل (10) صورة مرئية وأخرى حرارية لساعد الرجل المدروس، حيث يلاحظ على هذا الشكل الصورة الحرارية لليد في منطقة الساعد مع درجات الحرارة الملتقطة بواسطة الكاميرا الحرارية في المجال $(24.8 - 34.7)^{\circ}\text{C}$ ، وباعتبار أن درجة الحرارة الوسطية للساعد هي 32.1°C



الشكل 10- صورة مرئية وأخرى حرارية لساعد الشخص المدروس في الحالة الرابعة

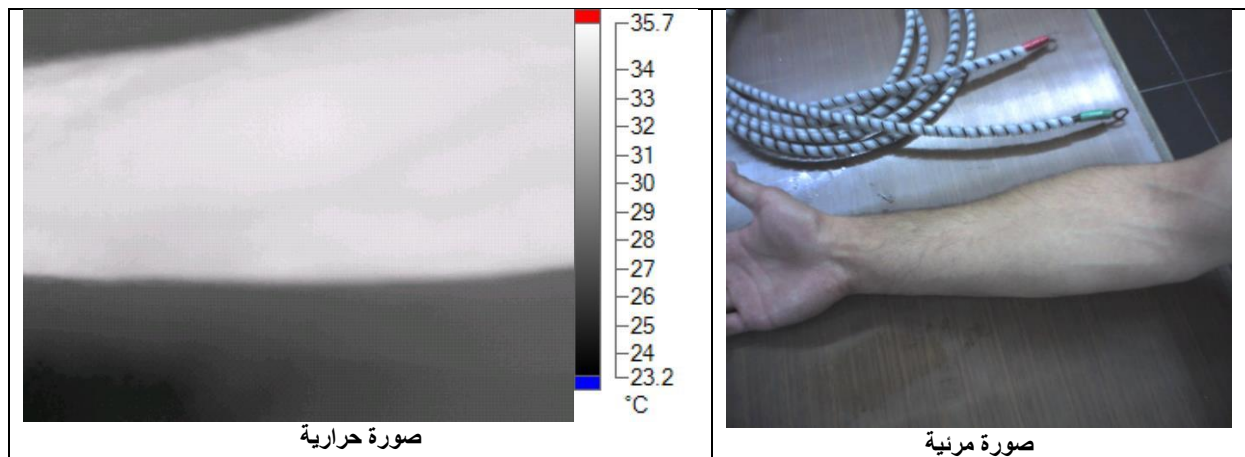
وللحصول على درجات الحرارة للأنسجة وللأوردة رُسمت تحولات توزع درجات الحرارة من خلال تمثيل السطوح مقدراً بالبيكسل كتابع لدرجة الحرارة الصادرة عن نقاط مختلفة من الساعد مقدرة بالدرجات المئوية، كما هو موضح في الشكل (11). يُوضح الشكل (11) أن أعلى درجة حرارة تلاحظ لهذه الحالة تكون عند الدرجة 33.9°C وأعلى درجة حرارة للأنسجة المحيطة هي 27.7°C .



الشكل 11- المخطط التدرجي الحراري للحالة المدروسة الرابعة

4-5- الحالة الخامسة: تخص الحالة الخامسة ساعد رجل عمره اثنان وثلاثون عاماً ووزنه خمسة وثمانون كيلو غرام ولون بشرته سمراء.

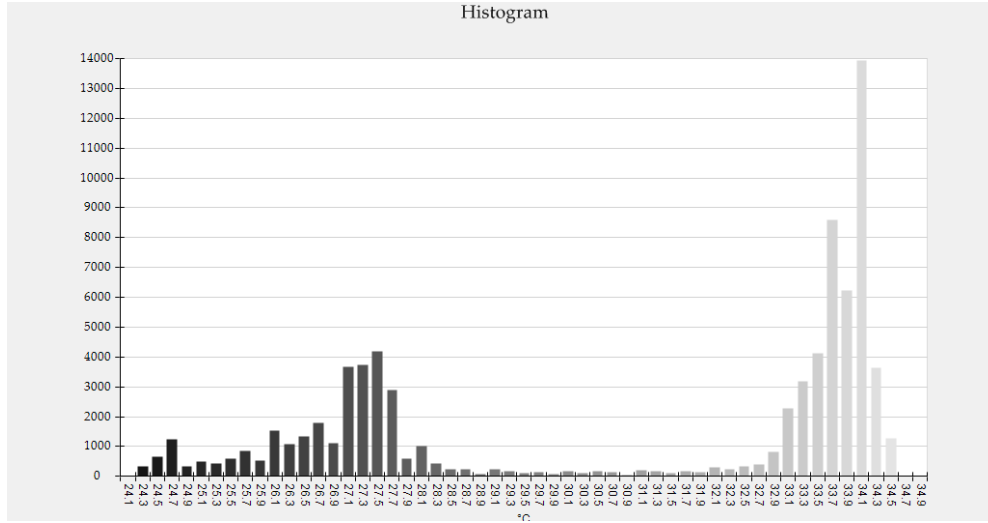
يوضح الشكل (12) صورة مرئية وأخرى حرارية لساعد الرجل المدروس، حيث يلاحظ على هذا الشكل الصورة الحرارية لليد في منطقة الساعد مع درجات الحرارة الملتقطة بواسطة الكاميرا الحرارية في المجال $^{0}C (23.2 - 35.7)$ ، وباعتبار أن درجة الحرارة الوسطية للساعد هي $^{0}C 31.0$.



الشكل 12- صورة مرئية وأخرى حرارية لساعد الشخص المدروس في الحالة الخامسة

وللحصول على درجات الحرارة للأنسجة وللأوردة رُسمت تحولات توزع درجات الحرارة من خلال تمثيل السطوح مقدراً بالبيكسل كتابع لدرجة الحرارة الصادرة عن نقاط مختلفة من الساعد مقدرة بالدرجات المئوية، كما هو موضح في الشكل (13).

يوضح الشكل (13) أن أعلى درجة حرارة للأوردة الدموية تلاحظ لهذه الحالة تكون عند الدرجة $^{0}C 34.1$ وأعلى درجة حرارة للأنسجة المحيطة هي $^{0}C 27.5$.



الشكل 13- المخطط التدرجي الحراري للحالة المدروسة الخامسة

5- مرحلة معالجة الصورة

جرى في هذا البحث كتابة كود برمجي مخصص بلغة (python) لمعالجة الصورة الناتجة بحيث تبدو الأوردة الدموية متميزة وأكثر تبايناً وسطوعاً من النسيج المحيطة بها وأيضاً لا يؤثر على تفاصيل الصورة وذلك بإتباع الألية التالية في كتابة الكود:

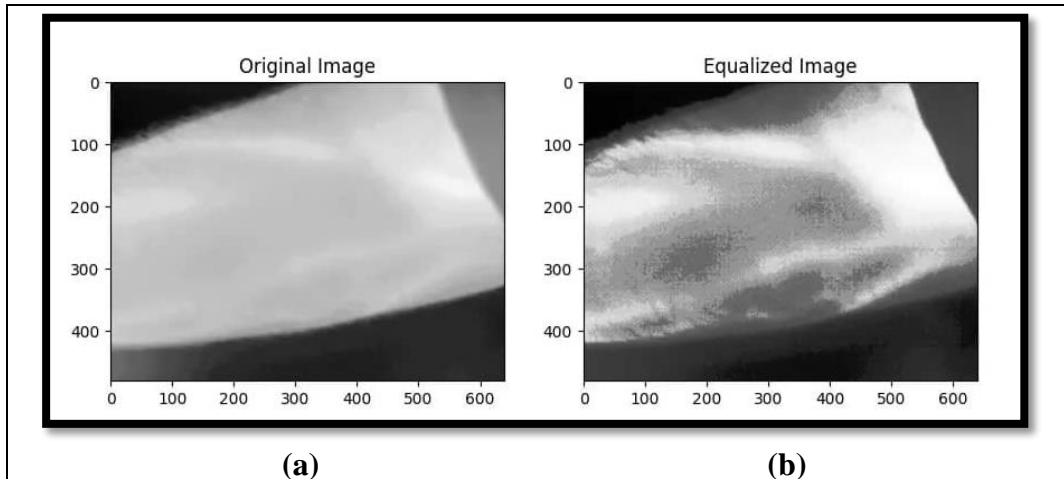
أولاً: تثبت المكتبة (OpenCV) وتحميل الصور الناتجة من برنامج الكاميرا الحرارية (smart view) باستخدام الدالة (imread) **ثانياً:** زيادة تباين الصورة من خلال معامل خاص يدعى (alpha) وزيادة السطوع من خلال المعامل (beta).

ثالثاً: تعديل الصورة بحيث يتم توزيع القيم السطوعية بشكل متساو مما يؤدي الى زيادة التباين بشكل مناسب دون التأثير على تفاصيل الصورة وذلك باستخدام الدالة (equalize Hist).

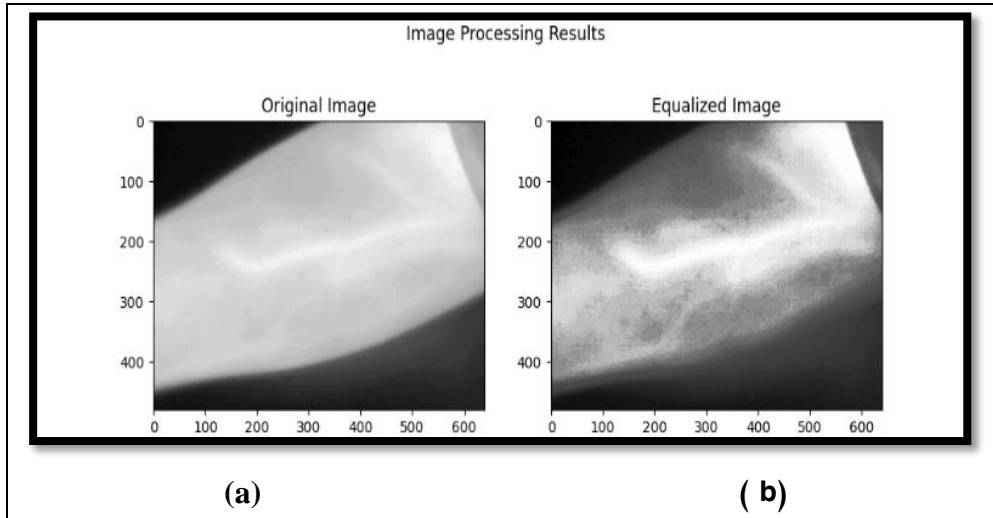
رابعاً: ضبط التباين بحيث تكون الأوردة واضحة ومتميزة عن النسيج المحيطة وذلك باستخدام الدالة (convert scale Abs) **خامساً:** بعد تطبيق الدوال السابقة لابد من التخلص من التفاصيل غير المهمة والضجيج بحيث تكون الصورة أكثر وضوحاً وذلك من خلال تطبيق الدالة (Gaussian blur) وهو فلتر غاوسي يساعد على إزالة الضجيج.

سادساً: يتم إنشاء أربعة أقسام فرعية لعرض الصورة باستخدام الدالة (matplotlib.pyplot) أخيراً سنختار الصورة الأكثر تبايناً وضوحاً بحيث تكون الاوردة الدموية والنسيج المحيطة متميزة.

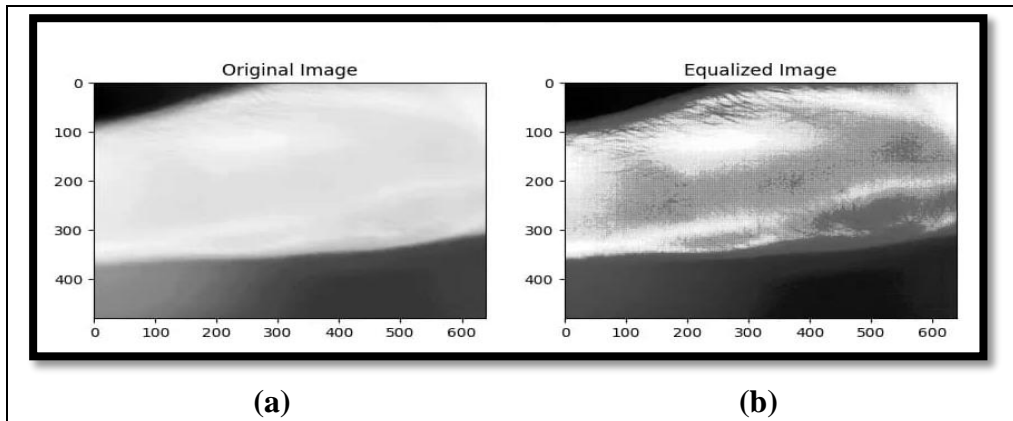
الحالة الأولى:



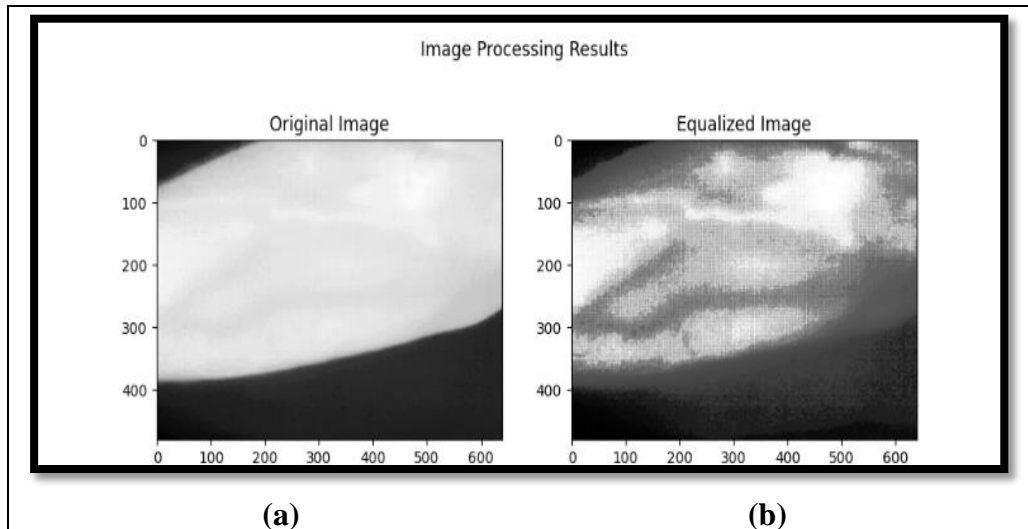
الشكل 14- يوضح الصورة قبل المعالجة (a) وبعد المعالجة (b) للحالة المدروسة الأولى

الحالة الثانية:

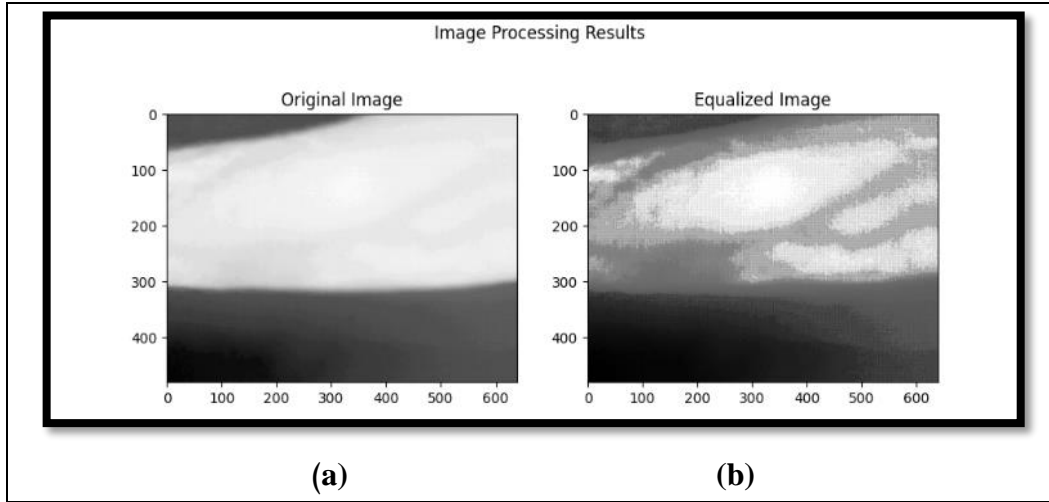
الشكل 15- يوضح الصورة قبل المعالجة (a) وبعد المعالجة (b) للحالة المدروسة الثانية

الحالة الثالثة:

الشكل 16- يوضح الصورة قبل المعالجة (a) وبعد المعالجة (b) للحالة المدروسة الثالثة

الحالة الرابعة:

الشكل 17- يوضح الصورة قبل المعالجة (a) وبعد المعالجة (b) للحالة المدروسة الرابعة



الشكل 18- يوضح الصورة قبل المعالجة (a) وبعد المعالجة (b) للحالة المدروسة الخامسة

بعد تطبيق الكود البرمجي:

- زاد مقدار التباين (contrast control) بمقدار (100 %) وقد زادت نسبة الإضاءة (Brightness control) بمقدار (50 %) وذلك بالاعتماد على الكود البرمجي المخصص لذلك.
- تم التخلص من الضجيج بالاعتماد على الكود المطبق وذلك باستخدام الفلتر الغاوسي (Gaussian blur).

6. مناقشة النتائج التجريبية:

الجدول (1) درجات الحرارة المقاسة تجريبياً

الحالات المدروسة	مجال درجات الحرارة	درجة الحرارة الوسطية للمساعد	مجال درجات حرارة الأنسجة من منحنى histogram	مجال درجات حرارة الأوردة من منحنى histogram
الحالة المدروسة الأولى	$(25.7 - 35.8)^{\circ}C$	$31.7^{\circ}C$	$(26.3-31)^{\circ}C$	$(31.8-33.5)^{\circ}C$
الحالة المدروسة الثانية	$(26.5 - 34.8)^{\circ}C$	$30.8^{\circ}C$	$(26.9-29.6)^{\circ}C$	$(30.6-33.5)^{\circ}C$
الحالة المدروسة الثالثة	$(25.8 - 33.7)^{\circ}C$	$32.5^{\circ}C$	$(25.6-30.5)^{\circ}C$	$(30.8-33.4)^{\circ}C$
الحالة المدروسة الرابعة	$(24.8 - 34.7)^{\circ}C$	$33.9^{\circ}C$	$(26.7-32)^{\circ}C$	$(32.1-43.8)^{\circ}C$
الحالة المدروسة الخامسة	$(23.2 - 35.7)^{\circ}C$	$31.0^{\circ}C$	$(24.3-30.9)^{\circ}C$	$(31.1-34.5)^{\circ}C$

من النتائج السابقة نجد:

- متوسط درجة حرارة المساعد الوسطية ($\Delta t_{avg} = 31.98^{\circ}C$).
- بالنسبة للأنسجة المحيطة أن أخفض درجة حرارة أنسجة مقاسة هي ($t_{tissue_{min}} = 24.3^{\circ}C$) وأعلى درجة حرارة مقاسة هي ($t_{tissue_{max}} = 32.0^{\circ}C$) ومنه تتراوح درجة حرارة الأنسجة ضمن المجال $(24.3-32.0)^{\circ}C$.
- بالنسبة للأوردة الدموية نلاحظ أن أخفض درجة حرارة مقاسة هي ($t_{vein_{min}} = 30.6^{\circ}C$) وأعلى درجة حرارة مقاسة هي ($t_{vein_{max}} = 34.5^{\circ}C$) ومنه تتراوح درجة حرارة الأوردة الدموية ضمن المجال $(30.6-34.5)^{\circ}C$.

7. الاستنتاجات:

- (a) جرى في هذا البحث تسجيل عدة صور حرارية وتوزيع درجات الحرارة باستخدام كاميرا حرارية (متوفرة في المعهد العالي لبحوث الليزر وتطبيقاته) لعدة أشخاص في مخبر درجة حرارته مناسبة، ومن ثم كشف الأوعية الدموية لهؤلاء الأشخاص، وتم اختيار خمس صور منها لإجراءات الدراسة.
- (b) استعملت كاميرا حرارية ذات حساسية حرارية مناسبة لتمييز فروقات درجات الحرارة بين الأوردة التي يجري بها الدم والأنسجة المحيطة بها، وتم عرض الصور الملتقطة بواسطة برنامج حاسوبي مخصص لها (smart view) الذي يعرض هذه الصور بعدة مقاييس وجرى اختيار المقياس الرمادي (Gray scale).
- (c) للحصول على درجات الحرارة للأنسجة وللأوردة رُسمت تحويلات توزع درجات الحرارة من خلال تمثيل السطوح مقدراً بالبيكسل كتابع لدرجة الحرارة الصادرة عن نقاط مختلفة من الساعد مقدرة بالدرجات المئوية، حيث أن المخطط التدريجي لتوزيع درجات الحرارة (Histogram) يوضح درجات حرارة الأنسجة (اللون الأسود) ودرجات حرارة الأوردة (اللون الرمادي).
- (d) إن الصور الملتقطة بواسطة الكاميرا الحرارية تعاني من عدة أمور منها الضجيج الناتج عن الكاميرا نفسها وعن الوسط المحيط بالكاميرا الذي يجري فيه التقاط هذه الصور، لذلك لابد من زيادة التباين لهذه الصور لتصبح الأوردة والأنسجة المحيطة متميزة ومتباينة نوعاً ما.
- (e) كُتب كود برمجي بلغة (python) الغرض منه زيادة التباين في الصور الملتقطة والتخلص من الضجيج الذي يشوب الصورة بحيث توضح تمايز الأوردة عن الأنسجة المحيطة بها.
- (f) جرى تطبيق هذا البحث على سواعد مجموعة من الأشخاص تم انتقاء خمس حالات منها تعود لخمسة أشخاص وسجل توزع درجات الحرارة الموضعية على السواعد وتبين تجريبياً أن درجة حرارة الساعد بشكل وسطي (31.98°C) ومجال درجة حرارة الأنسجة يتراوح ضمن المجال $^{\circ}\text{C}(24.3-32.0)$ ، ومجال درجة حرارة الأوردة الدموية يتراوح ضمن المجال $^{\circ}\text{C}(30.6-34.5)$.

.8 .المراجع:

1. S. Crisan, J. G. Tarnovan, and T. E. Crisan, 'A Low-Cost Vein Detection System Using Near Infrared Radiation', in *2007 IEEE Sensors Applications Symposium*, San Diego, CA, USA: IEEE, Feb. 2007, pp. 1–6. doi: 10.1109/SAS.2007.374359.
2. ELECTRONICS AND ELECTRICAL ENGINEERING'. Infrared Imaging System for Analysis of Blood Vessel Structure.
3. C.-L. Lin and K.-C. Fan, 'Biometric Verification Using Thermal Images of Palm-Dorsa Vein Patterns', *IEEE Trans. Circuits Syst. Video Technol.*, vol. 14, no. 2, pp. 199–213, Feb. 2004, doi: 10.1109/TCSVT.2003.821975.
4. [H. M. Jung, S. Isogai, M. Kamei, D. Castranova, A. V. Gore, and B. M. Weinstein, 'Imaging blood vessels and lymphatic vessels in the zebrafish', in *Methods in Cell Biology*, vol. 133, Elsevier, 2016, pp. 69–103. doi: 10.1016/bs.mcb.2016.03.023.
5. S. Ganesh, 'Depth and Size Limits for the Visibility of Veins Using the VeinViewer Imaging System', Master of Science, University of Tennessee Health Science Center, Memphis, TN, 2007. doi: 10.21007/etd.cghs.2007.0103.
6. D. Tordera *et al.*, 'Vein detection with near-infrared organic photodetectors for biometric authentication', *J. Soc. Inf. Disp.*, vol. 28, no. 5, pp. 381–391, May 2020, doi: 10.1002/jsid.891.
7. E. Y. Ng and M. Etehadavakol, Eds., *Application of Infrared to Biomedical Sciences*. in Series in BioEngineering. Singapore: Springer Singapore, 2017. doi: 10.1007/978-981-10-3147-2.
8. C. Boué, F. Cassagne, C. Massoud, and D. Fournier, 'Thermal imaging of a vein of the forearm: Analysis and thermal modelling', *Infrared Phys. Technol.*, vol. 51, no. 1, pp. 13–20, Jul. 2007, doi: 10.1016/j.infrared.2007.05.002.
9. K. H. W. Lange, T. Jansen, S. Asghar, P. L. Kristensen, M. Skjønnemand, and P. Nørgaard, 'Skin temperature measured by infrared thermography after specific ultrasound-guided blocking of the musculocutaneous, radial, ulnar, and median nerves in the upper extremity', *Br. J. Anaesth.*, vol. 106, no. 6, pp. 887–895, Jun. 2011, doi: 10.1093/bja/aer085.
10. N. S. Gnee, 'A study of hand vein, neck vein and arm vein extraction for authentication', in *2009 7th International Conference on Information, Communications and Signal Processing (ICICS)*, Macau, China: IEEE, Dec. 2009, pp. 1–4. doi: 10.1109/ICICS.2009.5397752.
11. K.-P. Möllmann and M. Vollmer, 'Infrared thermal imaging as a tool in university physics education', *Eur. J. Phys.*, vol. 28, no. 3, pp. S37–S50, May 2007, doi: 10.1088/0143-0807/28/3/S04.
12. A. Rogalski, 'Infrared detectors: an overview', *Infrared Phys.*, 2002.
13. S. R. Patel, A. Kulkarni, "Infrared imaging for the assessment of venous malformations," *Journal of Vascular and Interventional Radiology*, 2015.
14. T. H. Nguyen, H. T. Le, "Infrared thermal imaging for the evaluation of deep vein thrombosis," *European Journal of Vascular and Endovascular Surgery*, 2018.
15. Y.-C. Chou, C.-H. Chang, "Infrared thermal imaging for the assessment of lower extremity venous disease," *International Journal of Medical Informatics*, 2016.
16. Z.-L Zhang and G.-W Zhang, "Infrared thermal imaging for the assessment of venous disorders in lower extremities," *Chinese Journal of Medical Imaging Technology*, 2017.
17. Marla, A., Di Donato, L., Romani, G.L., & Rossini, P.M. (2004). Thermal imaging of cutaneous temperature modifications in runners during graded exercise. *Annals of Biomedical Engineering*, 32(3), 464-472.