

# **Escola Universitària Politécnica de Mataró**

Centre adscrit a:



**UNIVERSITAT POLITÈCNICA  
DE CATALUNYA**

**Enginyeria Tècnica de Telecomunicació. Especialitat en Telemàtica**

## **RECONeixEMENT BIOMÈTRIC MITJANÇANT IMATGES TÈRMiques I VISIBLES DE LA MÀ**

**Memòria**

**RUBÉN HERNÁNDEZ MINGORANCE  
PONENT: MARCOS FAÚNDEZ ZANUY**

PRIMAVERA 2011



**TecnoCampus  
Mataró-Maresme**



## **Dedicatòria**

Als meus pares i amics per haver cregut en mi i haver-me fomentat el desig de superació i  
l'anhel de triomf a la vida



## **Agraïments**

Vull agrair aquest projecte a totes les persones que voluntàriament han col·laborat amb la creació de la base de dades, sense ells aquest projecte no s'hagués dut a terme. Per últim agrair l'esforç i dedicació del meu ponent Marcos Faúndez i l'ajuda rebuda per part d'en Carlos Torres.



## **Resum**

L'objectiu d'aquest projecte és intentar determinar un sistema de reconeixement i identificació biomètrica mitjançant imatges termogràfiques i visibles del dors de la mà. Creant un base de dades de 100 persones per després analitzar-la, fent una comparació amb imatges visibles i tèrmiques de la mateixa zona de la mà i trobar una solució eficient al problema plantejat.

## **Resumen**

El objetivo del proyecto es intentar determinar un sistema de reconocimiento e identificación biométrica a través de imágenes termográficas y visibles del dorso de la mano. Creando una base de datos de 100 personas para después ser analizada, haciendo una comparación entre imágenes visibles y térmicas de la misma región de la mano y dar solución al problema planteado.

## **Abstract**

The goal of this project is to try to determinate a verification and identification system through thermographic and visible back hand's images. Creating a database of 100 people and then be analyzed, making a comparison between thermal and visible images from the same region of the hand and try to solve the problem.





# Índex.

<b>Índex.</b> .....	<b>I</b>
<b>Índex de figures.</b> .....	<b>III</b>
<b>1. Objectius</b> .....	<b>1</b>
1.1. Propòsit. ....	1
1.2. Finalitat. ....	1
1.3. Objecte. ....	1
1.4. Abast. ....	1
<b>2. Que és la biometria</b> .....	<b>3</b>
2.1. Definicions .....	3
<b>3. Història de la biometria</b> .....	<b>7</b>
<b>4. Espectre electromagnètic</b> .....	<b>25</b>
4.1. Rang freqüencial de l'espectre.....	25
4.2. La radiació infraroja.....	25
4.3. Història.....	26
4.4. Característiques de la radiació infraroja. ....	27
4.5. Emissió, reflexió, transmissió .....	28
4.6. Utilització dels rajos infrarojos. ....	29
4.7. Espectre visible .....	30
4.8. Història.....	30
4.9. Colors de l'espectre .....	31
4.10. Índex de refracció .....	32
<b>5. Escenari</b> .....	<b>33</b>
<b>6. Estructura de la mà</b> .....	<b>37</b>
6.1. Anatomia de la mà .....	37

6.2.Morfologia.....	38
<b>7. Identificació i verificació .....</b>	<b>41</b>
7.1.Identificació.....	41
7.2.Verificació .....	42
7.3.Avantatges i inconvenients de la verificació sobre la identificació.....	43
<b>8. Base de dades.....</b>	<b>45</b>
8.1.Tractament i organització de la base de dades .....	46
8.2.Base de dades tèrmica.....	51
8.3.Identificació .....	51
8.4.Verificació ordenació de variàncies .....	52
8.5.Historigrames de distància.....	53
8.6.Variabilitat de la base de dades del camp tèrmic.....	55
8.7.Base de dades visible.....	58
8.8.Identificació .....	58
8.9.Verificació ordenació de variàncies .....	59
8.10.Historigrames de distància.....	60
8.11.Variabilitat de la base de dades del camp visible .....	62
<b>9. Conclusions.....</b>	<b>65</b>
<b>10. Referències.....</b>	<b>67</b>

## Índex de figures.

Fig. 3.1 Article de Henry Faulds 1880. ....	8
Fig. 3.2 Portada llibre “Finger Prints”. ....	9
Fig. 3.3 empremta polze dret de Francisca Rojas. ....	9
Fig. 3.4 Fotografia de William y Will West a la penitenciària de Leavenworth. ....	10
Fig. 3.5 Patent N° 2530758. ....	11
Fig. 3.6 Patent N° 3480911. ....	13
Fig. 3.7 Full 2 de la patent N° 3959769. ....	14
Fig. 3.8 Full 1 de la patent N° 3959769. ....	14
Fig. 3.9 Primer full de la patent N° US4032711. ....	15
Fig. 3.10 Pàgina principal de la patent N° 4109237. ....	15
Fig. 3.11 Primera pàgina de la patent N° US4641349. ....	16
Fig. 3.12 Primera pàgina de la patent N° CH661428A5. ....	17
Fig. 3.13 Pàgina principal de la patent N° 4805222. ....	18
Fig. 3.14 Estació de treball d'ingrés de dades del sistema RECOdermTM. ....	19
Fig. 3.15 Primera pàgina de la patent N° 5291560. ....	20
Fig. 3.16 Pàgina principal de la patent N° 5787185. ....	21
Fig. 3.17 Pàgina principal de la patent N° WO2006132689A2. ....	23
Fig. 4.1 Imatge tèrmica. ....	26
Fig. 4.2 Captació de la radiació infraroja amb una càmera Testo. ....	29
Fig. 4.3 Franja de l'espectre visible. ....	31
Fig. 5.1 Càmeres emprades per a l'adquisició de la base de dades. ....	33
Fig. 5.2 Procés de captura. ....	34
Fig. 6.1 Estructura de la mà esquerra. ....	38
Fig. 8.1 Posició correcta de la mà amb la plantilla de cartró. ....	45
Fig. 8.2 Retirada de la plantilla de cartró. ....	45
Fig. 8.3 Exemples d'imatges de la base de dades (a l'esquerra les visibles, al mig les NIR i a la dreta les tèrmiques). Tant del palmell com del dors. ....	47
Fig. 8.4 Imatges del camp tèrmic(esquerra) i visible (dreta) segmentades i a escala de grisos. ....	47
Fig. 8.5 Perfil de la mà. ....	48
Fig. 8.6 Zona analitzada. ....	48

Fig. 8.7 Selecció de freqüències de la base de dades tèrmica. ....	49
Fig. 8.8 Selecció de freqüències de la base de dades visible. ....	50
Fig. 8.9 Regió tèrmica analitzada. ....	51
Fig. 8.10 Identificació al camp tèrmic. ....	51
Fig. 8.11 Verificació al camp tèrmic. ....	52
Fig. 8.12 Historiograma Inter pel camp tèrmic. ....	53
Fig. 8.13 Historiograma Intra pel camp tèrmic. ....	53
Fig. 8.14 Historiograma Inter-Intra pel camp tèrmic. ....	54
Fig. 8.15 Historiograma Inter-Intra pel camp tèrmic normalitzat. ....	54
Fig. 8.16 Representació en 3D de la matriu de distàncies. ....	55
Fig. 8.17 Verificació usuari 37 primera sessió sense normalitzar. ....	56
Fig. 8.18 Verificació usuari 37 cinquena sessió sense normalitzar. ....	56
Fig. 8.19 Verificació usuari 37 primera sessió normalitzada. ....	57
Fig. 8.20 Verificació usuari 37 cinquena sessió normalitzada. ....	57
Fig. 8.21 Imatge de la regió visible analitzada. ....	58
Fig. 8.22 Identificació al camp tèrmic. ....	58
Fig. 8.23 Verificació al camp visible. ....	59
Fig. 8.24 Historiograma Inter pel camp visible. ....	60
Fig. 8.25 Historiograma Intra pel camp visible. ....	60
Fig. 8.26 Historiograma Inter-Intra pel camp visible. ....	61
Fig. 8.27 Historiograma Inter-Intra pel camp visible normalitzat. ....	61
Fig. 8.28 Representació en 3D de la matriu de distàncies. ....	62
Fig. 8.29 Verificació Usuari 43 primera sessió sense normalitzar. ....	63
Fig. 8.30 Verificació usuari 43 cinquena sessió sense normalitzar. ....	63
Fig. 8.31 Verificació usuari 43 primera sessió normalitzada. ....	64
Fig. 8.32 Verificació usuari 43 cinquena sessió normalitzada. ....	64

# **1. Objectius.**

## **1.1. Propòsit.**

Realització d'una base de dades biomètrica de les mans, amb imatges tèrmiques, visibles i infrarojes. Per després ser analitzada i trobar un sistema orientat seguretat.

## **1.2. Finalitat.**

Trobar un mètode d'identificació i verificació del dors de la mà. Comparar les diferents bases de dades creades per avaluar quin és el millor mètode per ser aplicat en posteriors sistemes de seguretat.

## **1.3. Objecte.**

Creació de sis bases de dades de la mà dreta tant del palmell com del dors amb imatges al camp visible, tèrmic i infraroig proper. Una memòria de la realització del projecte amb el conjunt de resultats obtinguts a partir de l'anàlisi de les bases de dades generades anteriorment.

## **1.4. Abast.**

Analitzar dues bases de dades del dors de la mà (tèrmica i visible). Per determinar si la termografia és un bon mètode per identificar/verificar envers el camp visible.



## 2. Que és la biometria

El terme es deriva de les paraules gregues “bio” (vida) i “metria” (mesura). La biometria és una tecnologia de seguretat basada en el reconeixement d’una característica de seguretat i en el reconeixement d’una característica física i intransferible de les persones. Tots els éssers humans tenim característiques morfològiques úniques que ens diferencien. La forma de la cara, la geometria de les parts del nostre cos com les mans, els ulls i l’empremta digital, són unes característiques que ens diferencien de la resta d’éssers humans.

### 2.1. Definicions

Depenent de les característiques utilitzades per a la identificació, es poden establir dos grans grups: identificació per aspectes físics o per la conducta. En el grup dels aspectes físics trobem:

- empremta dactilar.
- Característiques del ull: retina i iris.
- Línies de la mà.
- Geometria de la mà.
- Porus de la pell.
- Característiques estàtiques de la cara.
- Composició química de l’olor corporal.
- Emissions tèrmiques.
- Venes dels canells i mans.

En l’apartat de la biometria dinàmica trobem les següents característiques:

- Escriptura manuscrita.
- Veu.
- Tecleig.
- Gestos i moviment corporal.

Per a que les característiques anteriors siguin utilitzades com a element d’identificació han de complir certs requisits bàsics:

- Universalitat: totes les persones han de presentar la característica.
- Singularitat: dues persones qualsevol han de ser distingides.
- Estabilitat: la característica ha de ser suficientment estable al llarg del temps i en diferents condicions ambientals.
- Quantificable: la característica ha de ser mesurable quantitativament.
- Acceptabilitat: el nivell d'acceptació de la característica per part de les persones ha de ser suficient com per ha ser considerada part d'un sistema d'identificació biomètric.
- Rendiment: el nivell d'exactitud requerit ha de ser elevat per a que la característica sigui considerada com acceptable.
- Usurpació: permet establir el nivell el qual el sistema es capaç de resistir a tècniques fraudulentas.

L'objectiu de les característiques esmentades anteriorment són per poder establir un conjunt d'eines per assolir la identificació, verificació de la identitat d'una persona.

Amb l' identificació, el sistema biomètric tracta de respondre a la pregunta: Qui és la persona X?. Tenim una informació sobre la persona de la qual desconeixem la seva identitat. Per això es precis tenint un sistema que contingui els següents elements:

- Una base de dades on emmagatzemi les característiques biomètriques d'un ampli número de persones.
- Un mecanisme per capturar i processar les característiques biomètriques de la persona a identificar.
- Un procediment per a comparar les característiques de la persona a identificar amb les emmagatzemades a la base de dades i que ens permeten prendre la decisió de respondre la pregunta anterior.

Aquest tipus de comparació és d'un a molts (1:N), ja que al voler identificar a una persona s'han de comparar les característiques biomètriques de la mateixa amb totes les persones que estan a la base de dades.

Amb la verificació el sistema biomètric tracta de respondre a la pregunta: És aquesta persona X?, és a dir, una persona diu que és una determinada identitat i el sistema ha de verificar que és cert. Per poder fer aquesta verificació cal tenir un sistema amb els següents elements:



- Un sistema d'identificació tipus usuari més password al que se li pot afegir un sistema tipus token o carnet d'identitat.
- Un mecanisme per capturar i processar les característiques biomètriques de la persona a identificar.
- Un procediment per comparar les característiques de la persona i que permeti prendre la decisió de contestar la pregunta anterior.

Aquest tipus de comparació és d'un a un (1:1) ja que únicament es comparen les característiques biomètriques d'una persona amb la de la persona que diu ser.



### 3. Història de la biometria

La biometria no es va posar en pràctica a les cultures occidentals fins als finals del segle XIX, però ja era utilitzada a la China des del segle XIV.

Un explorador i escriptor anomenat João de Barros va escriure que els comerciants xinesos preniem empremtes de la palma de la mà i dels peus dels nens a un paper amb tinta. Els comerciant feien servir aquesta tècnica per distingir entre els diferents nens.

Al 1686 l'italià Marcello Malpighi, va ser el primer que va identificar els patrons de la pell dels dits eren diferents.

Al 1823 Jan Evangelista Purkine, metge i científic txec, va identificar la naturalesa única de les empremtes digitals dels individus, va identificar les espirals, el·lipses i triangles de les empremtes digitals.

Al 1858 Sir William Herschel, treballador del servei civil de l'Índia, va imprimir l'empremta de la mà al revers del contracte de cada treballador per distingir els diferents empleats i evitar la suplantació els dies de pagament.

El 28 d'octubre de 1880 Henry Faulds, un metge escocès que treballava a Tokio, va publicar un article a la revista Nature, tal i com es veu a la Fig. 3.1, en el que suggeria que les empremtes digitals trobades en l'escena d'un crim podien identificar al culpable. Faulds va tenir l'ocasió d'utilitzar aquesta tècnica per eliminar la inculpació d'un innocent i trobar al culpable d'un robatori a Tokio.

A Occident, la identificació es feia a través de la memòria fotogràfica fins que Alphonse Bertillon, cap del departament fotogràfic de la policia de París, va desenvolupar el sistema antropomètric (Bertillonage) al 1883. Aquest era el primer sistema precís, àmpliament utilitzat científicament per identificar criminals, aquest fet va convertir la biometria en un camp d'estudi. Funcionava mesurant de forma precisa certes longituds i amplades del cap i de cos, també es registraven característiques individuals com els tatuatges i cicatrius.



Fig. 3.1 Article de Henry Faulds 1880.

El sistema de Bertillon va ser adoptat extensament a occident fins que van aparèixer defectes al sistema (1890), principalment problemes amb els sistemes mètrics i les seves conversions. Després d'això, les forces policials occidentals van començar a utilitzar l'empremta dactilar, el mateix sistema emprat a la China.

Al 1883 Mark Twain va publicar un llibre "life on the Mississippi", on un assassí es identificat utilitzant les empremtes digitals.

L'u de setembre de 1891 es començar a utilitzar-se oficialment el mètode Juan Vucetich en el servei d'identificació per mitjà d'impressions digitals a Argentina basat en la idea de Francis Galton. Vucetich va inventar els elements per captar el més perfecte possible els dibuixos dactilars dels dits d'ambdues mans i va posar a la pràctica tots els mètodes possibles per sistematitzar el mètode. Vucetich va simplificar el mètode de Galton basant-lo en quatre trets principals: arcs, bagues internes, bagues externes i verticils.

Sir Francis Galton va publicar al 1882 un llibre anomenat "Finger Prints, tal i com es veu a la Fig. 3.2, detallant el seu estudi d'empremtes digitals on va presentar un nou sistema de classificació utilitzant les empremtes digitals dels deu dits de les mans. El mètode Galtoneano o Icnofalangometria.

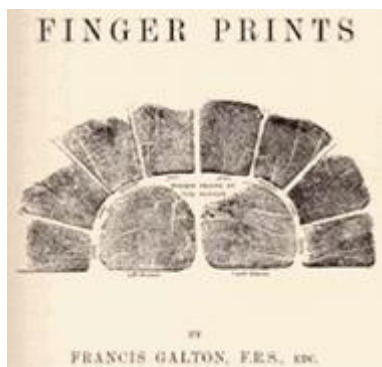


Fig. 3.2 Portada llibre “Finger Prints”.

El 29 de juny de 1892 a la ciutat de Necochea, Argentina, Francisca Rojas va assassinar als seus dos fills i va ser condemnada al deixar les seves empremtes ensangonades a l'escena del crim, tal i com es veu a la Fig. 3.3. Al 1894 Mark Twain va publicar un llibre anomenat “The Tragedy of Pudd'nhead Wilson”, que és una novel·la que parla sobre l'ús de les empremtes digitals en un judici a les corts.

Sir Edward Henry, Inspector General de la Policia de Bengal al 1896 va implementar un sistema d'empremtes digitals, Azizul Haque, un treballador de Henry, va desenvolupar un mètode de classificació i emmagatzematge d'informació, fent més senzill i eficient el procés de recerca. Més endavant Sir Henry va establir el primer arxiu d'empremtes digitals a Londres. El sistema de classificació de Henry, va ser el precursor dels sistemes de classificació utilitzats durant molts anys per organitzacions de justícia criminal.



Fig. 3.3 Empremta polze dret de Francisca Rojas.

Al 1900 Scotland Yard adopta el sistema d'empremtes digitals de Henry.

Al 1902 en el cas de Denmark Hill al Regne Unit, s'utilitza per primera vegada l'empremta digital per connectar al acusat amb l'escena del crim.

Al 1903 el departament de policia de New York comença a crear els arxius d'empremtes digitals de les persones arrestades. Al mateix any el sistema Bertillon col·lapsa al ser sentenciats dos homes, posteriorment determinats bessons idèntics, a la presó nord-americana de Leavenworth, Kansas. Els noms dels acusats eren: Eran Will i William West, tal i com es veu a la Fig. 3.4.

Entre els anys 1905 i 1908 s'implementa l'ús de sistemes d'empremtes digitals a la Força Àrea, Exèrcit i Armada d'Estats Units.



Fig. 3.4 Fotografia de William y Will West a la penitenciària de Leavenworth.

El 4 d'agost de 1915 l'Inspector Harry H. Cadwell del departament de policia d'Oakland (Califòrnia, USA) va sol·licitar a "Criminal Identification Operators" realitzar una reunió en Oakland amb el propòsit de crear una organització per dur a terme els ideals de la professió d'identificació. Un grup de vint-i-dues homes es van reunir i com a resultat al octubre de 1915 es va fundar l'associació internacional per la identificació criminal (IAI).

Al 1918 Edmon Locard va afirmar que si 12 punts o detalls de Galton coincideixen en una comparació de dues empremtes digitals, es suficient per a una identificació positiva. Alguns països tenen els seus propis estàndards al respecte.

Els oftalmòlegs Carleton Simon i Isodore Goldstein van escriure una article pel New York State Journal of Medicine que va ser publicat al Setembre del 1935 i es va titular "A new Scientific Method of Identification", en aquest article plantejaven que els patrons vasculars de la retina són únics a cada individu. L'oftalmòleg Frank Bruch proposa el concepte d'utilitzar els patrons de l'iris com a mètode de reconeixement individual al 1936.

Al 1941 Murray Hill dels Laboratoris Bell va iniciar un estudi sobre la identificació a través de la veu, els seus treballs van ser redefinits per L.G. Kersta. El 21 de novembre de 1950 es registra la primera patent sobre el ús de les empremtes digitals aquesta patent obté el N° 2530758, va ser inscrita als Estats Units, es tractava d'una càmera d'identificació i d'empremtes digitals desenvolupada per William T. Cirone, tal i com es veu a la Fig. 3.5.

Patented Nov. 21, 1950

2,530,758

## UNITED STATES PATENT OFFICE

2,530,758

## IDENTIFICATION AND FINGERPRINT CAMERA

William T. Cirone, Yuma, Ariz., assignor of seventy-five per cent to Photocheck Company, Yuma, Ariz.

Application January 24, 1949, Serial No. 72,368

14 Claims. (Cl. 95-11)

**1** This invention relates to improvements in photographic apparatus of the dual type and has for its primary object to simultaneously record data along with the picture and fingerprints of an individual on a single photo-sensitized surface.

Thus the primary aim and purpose of this invention is to provide a device by which the image of a person may be reproduced and the fingers of the person may be reproduced to make the fingerprints of record, along with a copy of a data sheet containing information concerning the person or any other type of written matter on a single strip of photo-sensitized material without resetting or focusing the camera for each of the subjects.

Another object of this invention is to construct a camera which will simultaneously record or enable simultaneous photographs to be taken through different lens structures, the action of each lens being unobstructed by the other and both lens being used to photograph directly on the film.

A meritorious feature of this invention resides in the provision of a camera box having a pair of lenses, one of which is focused on a part of the film to impose on the adjacent portion of the sensitized film a photographic imprint of a person's face, the other lens being focused on an adjacent portion of the film for imposing on the film a photographic imprint of objects inserted into the box, namely, written matter and the fingers of the person, the images being imposed on the film by simultaneous action of both lenses on different parts of the film.

Another meritorious feature of this invention resides in the provision of a plurality of finger slots adapted to receive the fingers of an individual, switches being disposed in each of the slots and actuated by the fingertips of the individual when the fingers are entirely placed within the slots, the switches completing an operating circuit for the shutters for the camera so that the camera will not operate until all of the finger switches are closed.

These and ancillary objects and other structural features of merit are attained by this invention, a preferred embodiment of which is set forth in the following description and illustrated in the accompanying drawings, wherein:

Figure 1 is a view in perspective of a camera constructed in accordance with the principles of the instant invention;

Figure 2 is a vertical sectional view taken on a transverse plane line 2-2 of Figure 1;

**2** Figure 3 is a longitudinal vertical sectional view taken on line 3-3 of Figure 2;

Figure 4 is a bottom plan view, with the base plate removed;

Figure 5 is a longitudinal sectional view taken on line 5-5 of Figure 2;

Figure 6 is an enlarged detail view of the dual lenses, shown generally in Figures 2 and 3;

Figure 7 is an enlarged detail view of one of the circuit switches disposed in each of the finger slots;

Figure 8 is a diagrammatic wiring view;

Figure 9 is an enlarged detail view taken on line 9-9 of Figure 4, and,

Figure 10 is a transverse sectional view taken on line 10-10 of Figure 9.

In many instances, it is desirable to have a single permanent record of an individual together with written matter. Thus, an individual can be positively identified by having his fingerprints and facial characteristics and certain legal documents recorded on a single strip of film or on a single photo-sensitized surface.

One of the uses of the instant invention is to record bank transactions so that the camera would be positioned on the shelf of a teller's cage and a customer of the bank having a check cashed would drop the check into a slot formed in the casing and would position his fingers in the finger slots in the casing. The customer would be standing directly in front of the casing and the teller would then throw a master switch, whereupon, the finger switches being closed by contact with the fingertips, a light bulb would be illuminated in the casing and the dual lenses would impose the image of the individual's face, the fingertips and the check on adjacent sections of the single photo-sensitized surface. It can be appreciated that such a picture would enable the bank to have the facial impression, fingerprints and photograph of the check, constituting the transaction for reference in case of default or in the event of other reference purposes.

The primary aim and purpose of this invention is to discourage forgery and a passing of bogus checks and also, to reduce the amount of space needed for storing reference matter. In the latter respect, banks conventionally photograph checks during bookkeeping operations and also maintain a file for reference in case of defaults. However, with a camera constructed in accordance with this invention more information of a more positive nature or positive identifying nature would be available and could be filed in a more convenient manner and would

Fig. 3.5 Patent N° 2530758.

Al 1955 Paul Tower publica un article en Archives of Ophthalmology titulat "The fundus Oculi in monozygotic twins: Report of six pairs of identical twins", en aquest article ell afirma que el que menys s'assembla en dos bessons són els patrons vasculars de la retina. Gunnar Fant, professor suís, va publicar al 1960 un model descrivint els components fisiològics de la producció del discurs acústic. El 9 de març de 1963 el "Nature Publishing

Group” publica un article de Mitchell Tauring titulat “Automatic Comparison of Finger-Ridge Patterns”. Durant els anys 1964 i 1965 Woodrow Wilson Beldsoe, Helen Chan Wolf i Charles Bisson van treballar en la implementació de l’ordinador per poder fer reconeixements facials. Van desenvolupar el primer sistema semiautomàtic de reconeixement.

La aviació Nord-americana va desenvolupar el primer sistema de reconeixement de signatura al 1965 . El 14 de maig de 1968 Claus Helmut Claassen i Louis Dell Green van patentar un sistema de seguretat personal que contenia una targeta personal portable amb identificació de l’empremta digital, assignat a International Business Machines Corporation (IBM) amb patent a Estats Units N° 3383657. Al 1969 l’ FBI impulsa a automatitzar el procés de reconeixement de l’empremta digital, fent contacte amb El National Institute of Standards and Technology (NIST), per a que fessin un estudi sobre el procés d’automatització de la identificació de les empremtes digitals. Es van identificar dos reptes principals a assolir.

- L’escanejat de les targetes que contenen les empremtes i identificar les minúcies.
- Comparar i coincidir la llista de minúcies.

John Pierce de Bell Telephone Laboratories va publicar al “The Journal of the Acoustical Society of America” al octubre de 1969 un article titulat “Whither Speech Recognition?”, que tractava sobre la investigació en el reconeixement del discurs. El 25 de novembre de 1969 Salvatore R. Danna va patentar a Estats Units un instrument per identificar la signatura amb la patent N° 3480911, assignada a Conetta Manufacturing Company i presentada el 20 d’octubre de 1965, tal i com es veu a la Fig. 3.6.

A la dècada dels anys setanta Goldstein, A.J. , Harmon ,L.D. i Lesk, A.B. van utilitzar 22 marques específiques subjectives com el color del cabell i el gruix dels llavis per automatitzar el reconeixement facial. El problema amb aquestes solucions es que les mesures i localitzacions eren digitalitzades manualment. Al maig de 1971 van publicar al Proceedings of the IEEE un article sobre el tema, titulat "Identification of human faces".

Al 1970 els components de la conducta del discurs són modelats per primera vegada pel Dr. Joseph Perkell, que utilitza raig X de moviment on s’inclou la llengua i la mandíbula.



El 25 de maig de 1971 Norman G. Altman patenta als Estats Units un sistema d'identificació del palmell de la mà amb la patent N° 3581282.

Al 1975 l' FBI consolida el desenvolupament d'escàners i la tecnologia que extreu minúcies, això va arribar a crear nou prototip de lector. Només s'emmagatzema les minúcies de l'empremta digital, els lectors emprats tenien tècniques capacitives per a la recollida de les característiques de les empremtes. El 25 de maig de 1976 Jacob Sternberg i Robert W. Freund van patentar als Estats Units un mètode i aparell per a la captació de la signatura digital amb la patent N° 3959769, tal i com es veu a les Fig. 3.7 i 3.8.

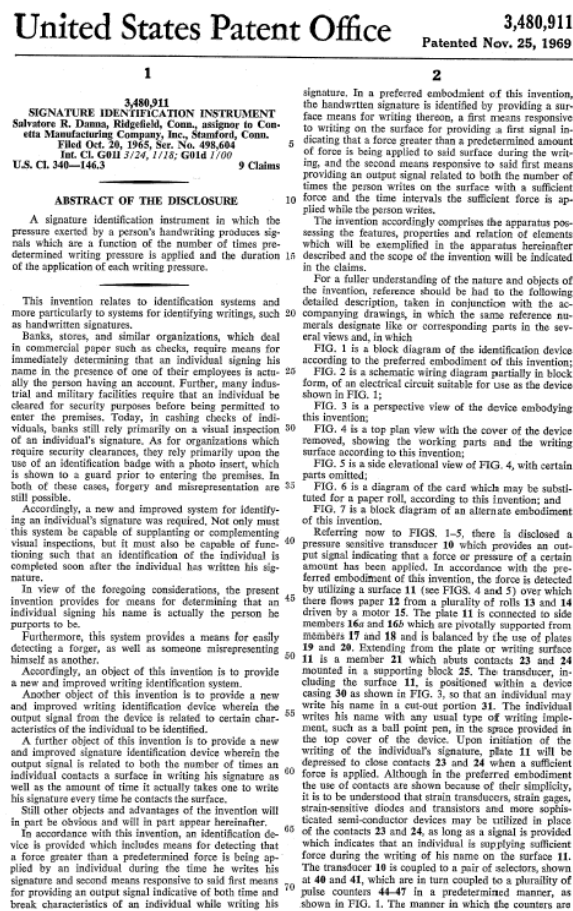


Fig. 3.6 Patent N° 3480911.

El 28 de juny de 1977 es va patentar una millora del reconeixement per veu de Marvin Robert Sambur i signat per Bell Telephone Laboratories amb la patent N° 4032711 dels Estats Units, tal i com es veu a la Fig. 3.9.

El 12 de juliol del 1977 va ser patentat als Estats Units un aparell per a la identificació personal per part d'Austin G. Boldridge i Robert W. Freund, assignat a Veripen Inc. i patent N° 4035768, aquesta patent està considerada com a la primera patent d'adquisició d'informació dinàmica de la signatura.

El 22 d'agost del 1978 es va patentar un aparell i mètode per identificar individus a través dels seus patrons vasculars de la retina, va ser patentat per Robert Hill B. als Estats Units N° 4109237, Japó N° 53105090, Anglaterra N° 1593001 i a Alemanya N° 2801927, tal i com es veu a la Fig. 3.10.

**United States Patent** [19] [11] **3,959,769**  
**Sternberg et al.** [45] **May 25, 1976**

[54] **METHOD AND APPARATUS FOR RECORDING A SIGNATURE** 3,349,391 10/1967 Kimura ..... 340/347 AD  
 3,579,186 5/1971 Johnson et al. .... 340/146.3 SY  
 3,618,019 11/1971 Nemirovsky et al. .... 340/146.3 SY  
 3,781,869 12/1973 Sudnick et al. .... 340/347 CC  
 3,824,588 7/1974 Vermillion ..... 340/347 CC

[75] **Inventors:** Jacob Sternberg, New York; Robert W. Freund, Brooklyn, both of N.Y.

[73] **Assignee:** Veripen, Inc., New York, N.Y.

[22] **Filed:** June 20, 1974

[21] **Appl. No.:** 481,138

[52] **U.S. Cl.:** 340/146.3 SY; 340/347 AD

[51] **Int. Cl.:** G06K 9/00

[58] **Field of Search:** 340/146.3 SY; 347 AD; 340/146.3 SG; 73/432 A, 432 AD

[56] **References Cited**  
**UNITED STATES PATENTS**  
 3,007,149 10/1961 Brown ..... 340/347 AD  
 3,133,266 5/1964 Friskopf ..... 340/146.3 SG

**OTHER PUBLICATIONS**  
 Analog-Digital Conversion Handbook, Analog Devices, Inc., 1972, pp. 1-87-1-88.

**Primary Examiner**—Leo H. Boutreau  
**Attorney, Agent, or Firm**—Hane, Baxley & Spieccens

[57] **ABSTRACT**  
 The pressure exerted while writing a signature is transduced to an electrical analog signal which is periodically converted to a binary coded number representing the average amplitude of the pressure between periodic samplings.

**11 Claims, 2 Drawing Figures**

**U.S. Patent** May 25, 1976 Sheet 2 of 2 **3,959,769**

**FIG. 2**

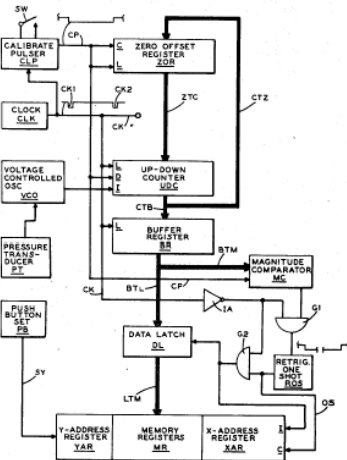
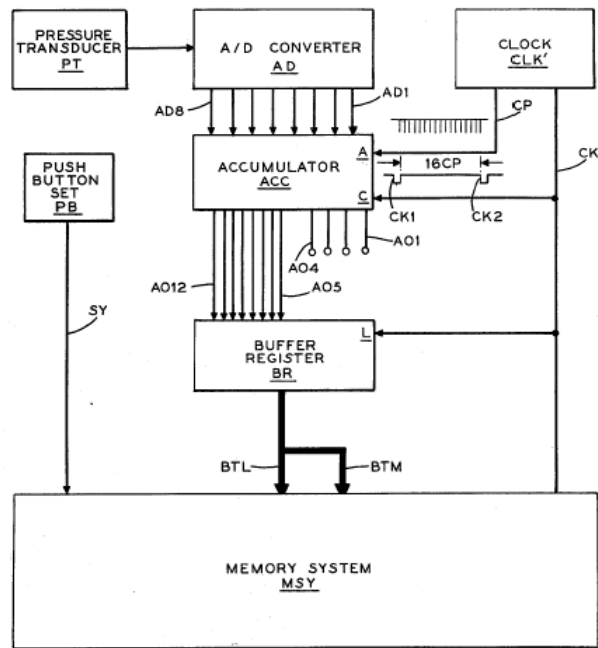


Fig. 3.7 Full 2 de la patent N° 3959769

Fig. 3.8 Full 1 de la patent N° 3959769.

A la dècada dels 80 l' Institut nacional d'estàndards i tecnologia (NIST) va crear el Grup de Discurs de NIST per estudiar i promoure l'ús de tècniques del processament del discurs.

Al 1983 en una pel·lícula de James Bond "Never Say Never Again", ja s'utilitza la tecnologia de reconeixement de l'iris per a l'accés a un arsenal nuclear dels Estats Units, aquest sistema treballa amb el reconeixement de l'iris dret del president dels Estats Units.

**United States Patent** [91] **4,109,237**  
**Hill** [45] **Aug. 22, 1978**

[54] **APPARATUS AND METHOD FOR IDENTIFYING INDIVIDUALS THROUGH THEIR RETINAL VASCULATURE PATTERNS**

[74] **Inventor:** Robert B. Hill, P.O. Box 2006, Longview, Wash. 98512

[21] **Appl. No.:** 780,961

[22] **Filed:** Jan. 17, 1977

[31] **Int. Cl.:** G06K 9/00; A61B 3/10

[32] **U.S. Cl.:** 340/146.3 R; 340/146.3 P; 351/9

[33] **Field of Search:** 351/9; 340/146.3 E; 340/146.3 F; 146.3 AC; 146.3 R

[56] **References Cited**

**U.S. PATENT DOCUMENTS**

3,050,711 5/1962 Harnes 340/146.3 P

3,812,280 10/1975 Lord et al. 340/146.3 E

3,933,394 10/1975 Utter 351/9

**OTHER PUBLICATIONS**

Yokozeki et al., "Panda Pattern Recognition", *Computer & Control Systems*, vol. 10, No. 104, Mar. 1975, p. 278, Abstract #320.

Rausch & Lomb Optical Company, "Photography of the Human Retina", 1912.

Simon et al., "A New Scientific Method of Identification", *New York State Journal of Medicine*, vol. 35, No. 18, Sep. 1935, pp. 903-906.

Yamanoto et al., "Image Processing and Automatic

Diagnosis of Color Fundus Photographs," *2nd Int. Joint Conf. on Pattern Rec. Copenhagen*, pp. 248-269.

**Primary Examiner**—Leo H. Bradburn  
**Attorney, Agent, or Firm**—Eugene D. Farley

[57] **ABSTRACT**

Method for identifying a person comprises obtaining his retinal vasculature intercept pattern by causing the person's eye to become fixated, scanning the fixated eye with a light source arranged in a selected pattern, and detecting that portion of the light source pattern which is reflected off of the person's retina, thereby locating each intercept of the light source pattern with a blood vessel. The intercept pattern thus obtained is stored for future recall and comparison with a subsequently obtained pattern for verifying identification of the person. The apparatus comprises a fixation light source for fixating the person's eye, a flying spot light source having 360 individual light-emitting diodes arranged in a dual concentric circular pattern and having a light source driver arranged for illuminating and then darkening each of the light-emitting diodes in a rapid sequential manner for scanning the eye, and a photodetector for detecting the reflected portion of the light source pattern. A digital computer activates the flying spot light source and the photodetector in synchronization, records and stores the intercept pattern thus obtained, and then compares the intercept pattern with a subsequently obtained pattern.

14 Claims, 4 Drawing Figures

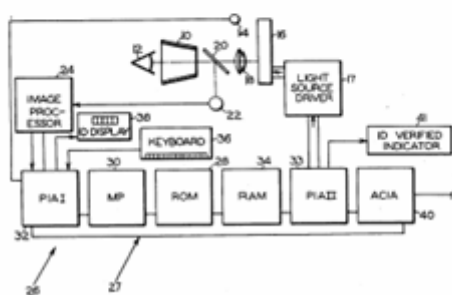


Fig. 3.9 Primer full de la patent N° US4032711.

**United States Patent** [111] **4,032,711**  
**Sambur** [45] **June 28, 1977**

[54] **SPEAKER RECOGNITION ARRANGEMENT**

[75] **Inventor:** Marvin Robert Sambur, Randolph Township, Morris County, N.J.

[73] **Assignee:** Bell Telephone Laboratories, Incorporated, Murray Hill, N.J.

[22] **Filed:** Dec. 31, 1975

[21] **Appl. No.:** 645,520

[52] **U.S. Cl.:** 179/1.5 B

[51] **Int. Cl.:** G10L 1/00

[58] **Field of Search:** 179/1.5 B; 1.5 A

[56] **References Cited**

**UNITED STATES PATENTS**

3,466,394 8/1969 French 179/1

3,509,280 4/1970 Jones 179/1

3,700,815 10/1972 Doodgington 179/1

**OTHER PUBLICATIONS**

Atal, B., "Effectiveness of Linear Prediction . . . for

Automatic . . . Verification," *J. of Ac. Soc. Am.*, June 74.

Furui et al., "Talker Recognition, etc.," *Elec. and Comm. in Japan*, vol. 56-A, No. 11, 1973.

Pruzanski et al., "Talker Recognition etc.," *J. of Ac. Soc. Am.* vol. 36, No. 11, Nov. '64.

**Primary Examiner**—William C. Cooper  
**Assistant Examiner**—E. S. Kemeny

[57] **ABSTRACT**

This speaker recognition system offers improved recognition by comparing the mean and variance of an unknown (test) speaker's Orthogonal Parameter signals versus those of previously-stored known (reference) speakers. The unknown speaker's Orthogonal Parameters represent his hypothesized identity because his original speech linear prediction coefficients are transformed into his set of Orthogonal Parameters using the stored (reference) transformation coefficients of each of the previously-recorded known speakers.

31 Claims, 9 Drawing Figures

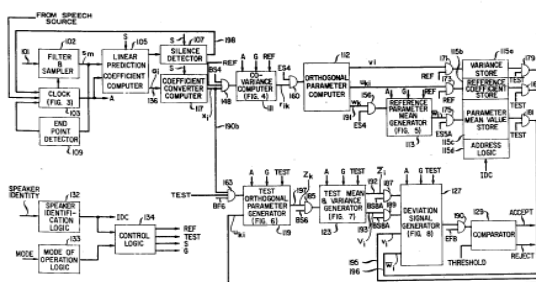


Fig. 3.10 Pàgina principal de la patent N° 4109237.

Al 1986 Sir Alec Jeffreys va utilitzar per primera vegada l'ADN per identificar al autor d'uns assassinats a Anglaterra. Al 1987 Leonard Flom i Aran Safir van patentar als Estats Units amb la patent N° 4641349 un sistema de reconeixement de l'iris, tal i com es veu a la Fig. 3.11.

El 31 de juliol del mateix any Eduard Menoud va patentar a la Confederació Suïssa un mètode per a la identificació d'una persona a través de la geometria de la mà, amb la patent N° CH661428A5, tal i com es veu a la Fig. 3.12.

Al 1988, la divisió Lakewood del departament del Sheriff del comtat de Los Angeles va començar a utilitzar dibuixos compostos o imatges de vídeo per a realitzar cerques a les bases de dades de fotografies de criminals, aquest sistema es considerat com el primer sistema semiautomàtic de reconeixement facial.

<b>United States Patent</b> [19]		[11] <b>Patent Number:</b> <b>4,641,349</b>
<b>Flom et al.</b>		[45] <b>Date of Patent:</b> <b>Feb. 3, 1987</b>
<p>[54] <b>IRIS RECOGNITION SYSTEM</b></p> <p>[76] Inventors: <b>Leonard Flom</b>, 1903 Post Rd., Fairfield, Conn. 10403; <b>Aran Saffir</b>, 3 Ellsworth Ave., Cambridge, Mass. 02130</p> <p>[21] Appl. No.: <b>703,312</b></p> <p>[22] Filed: <b>Feb. 20, 1985</b></p> <p>[51] Int. Cl.<sup>4</sup> ..... <b>G06K 9/00</b></p> <p>[52] U.S. Cl. .... <b>382/2; 351/205; 351/206; 354/62; 382/6</b></p> <p>[58] <b>Field of Search</b> ..... <b>382/2, 6; 351/206, 221, 351/208, 205; 354/62; 362/227, 231</b></p> <p>[56] <b>References Cited</b></p> <p><b>U.S. PATENT DOCUMENTS</b></p> <p>1,192,512 7/1916 Fitz ..... 351/211</p> <p>1,887,115 11/1932 Braun ..... 351/221</p> <p>2,434,890 1/1948 Saunders ..... 356/214</p> <p>3,136,839 6/1964 Saffir ..... 351/211</p> <p>3,366,786 1/1968 Delano ..... 362/231</p> <p>3,473,868 10/1969 Young ..... 351/210</p> <p>3,482,904 12/1969 Volk ..... 351/205</p> <p>3,533,683 10/1970 Stark ..... 351/206</p> <p>3,533,684 10/1970 Stark et al. .... 351/206</p> <p>3,598,107 8/1971 Ishikawa ..... 351/205</p> <p>3,600,098 8/1971 Mohrman ..... 356/153</p> <p>3,778,135 12/1973 Dianetti ..... 351/221</p> <p>3,915,564 10/1975 Urban ..... 351/206</p> <p>3,936,844 2/1976 Matsumura ..... 354/62</p> <p>3,966,310 6/1976 Larson ..... 351/221</p> <p>4,007,980 2/1977 Bracher ..... 351/219</p> <p>4,008,606 2/1977 Talkington ..... 354/64</p> <p>4,023,037 5/1977 Weiss ..... 250/313</p> <p>4,109,237 8/1978 Hill ..... 382/2</p> <p>4,138,714 2/1979 Tsuchihashi ..... 362/231</p> <p>4,172,632 10/1979 Holmes, Jr. .... 350/132</p> <p>4,189,215 2/1980 Humphrey ..... 351/39</p> <p>4,233,654 11/1980 Tsuchihashi ..... 362/231</p> <p>4,233,743 3/1981 Matsumura ..... 354/62</p> <p>4,257,687 3/1981 Kohayakawa ..... 354/62</p> <p>4,266,861 5/1981 Sawa ..... 351/206</p> <p>4,309,085 1/1982 Morrison ..... 351/39</p> <p>4,375,320 3/1983 Smirmaul ..... 351/212</p> <p>4,393,366 7/1983 Hill ..... 382/2</p>		
<p><i>The Uveal Tract and its Endogenous Inflammations</i>, Hans Remy, editor, vol. 5, No. 3, Sep. 1965, pp. 630-633.</p> <p><i>Ocular Signs in Slit-Lamp Microscopy</i>, James H. Doggart, p. 27, (London: 1949).</p> <p>"Diseases of the Uveal Tract," Duke-Elder and Perkins, in <i>System of Ophthalmology</i>, Duke-Elder, Sir Stewart, p. 5 (St. Louis: 1966).</p> <p>J. Hecht, "Light Modulators Help Crunch Image Data", <i>High Technology</i>, (Jan. 1985), pp. 69-72.</p> <p>C. Simon &amp; I. Goldstein, "A New Scientific Method of Identification", vol. 35, No. 18, <i>State Journal</i>, (Sep. 1935), pp. 901-906.</p> <p><i>Primary Examiner</i>—Leo H. Boudreau  <i>Assistant Examiner</i>—Joseph Mancuso  <i>Attorney, Agent, or Firm</i>—Ostrolenk, Faber, Gerb &amp; Soffen</p>		
<p>[57] <b>ABSTRACT</b></p> <p>Methods and apparatus are disclosed for identifying an eye, especially a human eye, on the basis of the visible features of the iris and pupil. The eye is first illuminated until the pupil reaches a predetermined size, at which an image of the iris and pupil is obtained. This image is then compared with stored image information for identification. The stored image information is previously obtained from an eye, the pupil of which was similarly brought to the same predetermined size. The illumination of the iris may include oblique illumination from several positions around the circumference of the iris. The illumination from each position may be relatively monochromatic, so that the resulting shadow will lack the color of the light source at that position, providing better contrast for elevation-dependent features. A system for performing iris recognition may include a processor which controls an illumination control circuit and a camera to obtain images at several predetermined sizes of the pupil.</p>		
<p><b>32 Claims, 12 Drawing Figures</b></p>		

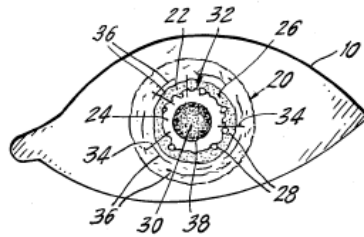



Fig. 3.11 Primera pàgina de la patent N° US4641349.

James R. Young i Robert W. Hammon van patentar el 14 de febrer de 1989 un mètode i aparell per verificar la identitat d'un individu, la patent va ser assignada a Int. Bioaccess system corp. als Estats Units amb el N° 4805222. Aquest invent està basat en la dinàmica de les pulsacions d'una tecla per a la identificació de l'individu, tal i com es veu a la Fig. 3.13.

Al gener de 1990 M.Kirby i L.Sirovich van publicar "Application of the Karhunen-loeve procedure for the characterization of human faces", un article que tracta sobre l'ús de simetries naturals (imatges mirall) a una família de patrons ben definida (rostres humans). Anteriorment al 1987 ja havien publicat un altre article "A Low-Dimensional Procedure for the Characterization of Human Faces" i també tractava el tema del reconeixement facial.

Al 1991 Matther Turk i Alex Pentland publiquen un paper anomenat "Eigenfaces for recognition" al "Journal Cognitive Neuroscience", on es planteja que el reconeixement facial en temps real era possible.

**CH 661 428 A5**



**CONFÉDÉRATION SUISSE**  
OFFICE FÉDÉRAL DE LA PROPRIÉTÉ INTELLECTUELLE

**CH 661 428 A5**

Int. Cl.: A 61 B 5/10  
G 06 K 9/62

**Brevet d'invention délivré pour la Suisse et le Liechtenstein**  
Traité sur les brevets, du 22 décembre 1978, entre la Suisse et le Liechtenstein

**FASCICULE DU BREVET A5**

<p>21 Numéro de la demande: 5374/84</p> <p>22 Date de dépôt: 08.11.1984</p> <p>24 Brevet délivré le: 31.07.1987</p> <p>40 Fascicule du brevet publié le: 31.07.1987</p>	<p>73 Titulaire(s): Edouard Menoud, Plan-les-Ouates</p> <p>72 Inventeur(s): Menoud, Edouard, Plan-les-Ouates</p>
---	--

54 Procédé d'identification d'une personne d'après la géométrie de la main.

57 Ce procédé consiste à introduire dans la mémoire d'un calculateur organisée sous forme matricielle (512 x 512 bits) le contour d'une main vue en plan par une caméra. A partir de l'image en mémoire, le calculateur détermine une signature sous forme alphanumérique représentant les longueurs, largeurs et déviations des doigts ainsi que la largeur de la main.

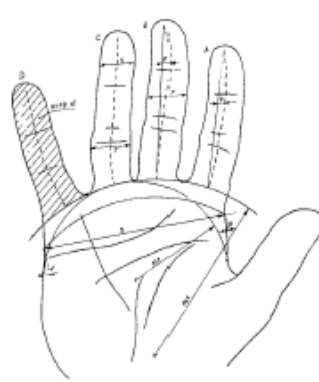


Fig. 3.12 Primera pàgina de la patent N° CH661428A5.

A l'octubre de 1992 va ser la primera reunió de Biometric Consortium una organització establerta per l'Agència de Seguretat Nacional (NSA) dels Estats Units. Aquests consorci inicialment estava compost per agències governamentals, membres de la indústria privada i de les acadèmies.

Entre el 1993 fins al 1997 va funcionar el programa FERET (Face REcognition Technology) patrocinat pel departament de defensa, la seva missió principal va ser el desenvolupament de capacitats de reconeixement facial de manera automàtica i que pogués ser utilitzat pel personal de seguretat, intel·ligència i justícia.

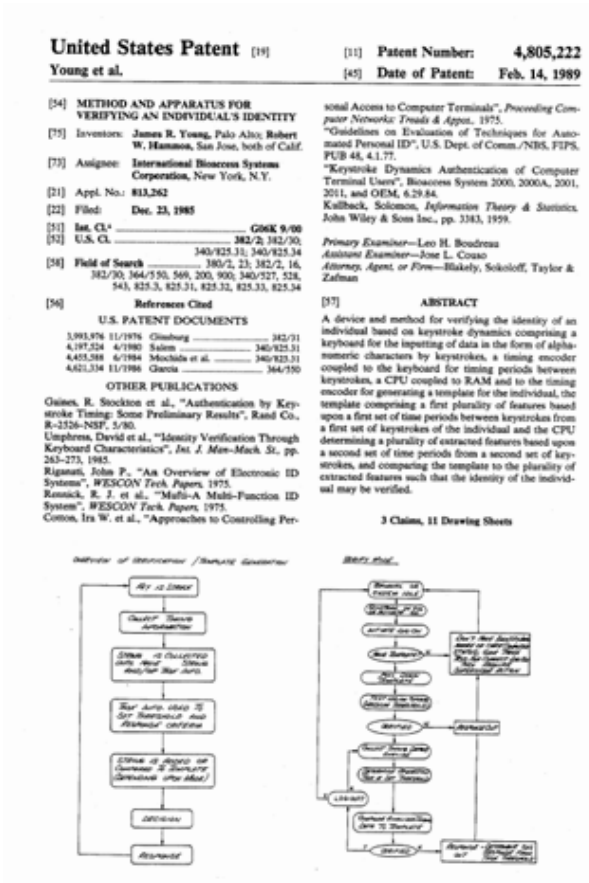


Fig. 3.13 Pàgina principal de la patent N° 4805222.

Al 1993 l'Agència Nuclear de Defensa va començar a treballar amb IriScan, Inc. (empresa creada per Leonard Flom y Aran Safir) per desenvolupar un prototip de reconeixement de l'iris, 18 mesos més tard el primer prototip es va completar i va estar disponible per a la seva comercialització.

Al 1994 es va crear un sistema d'identificació d'empremtes digitals integrat i automatitzat (IAFIS), on s'investigava i s'identificava tres grans reptes:

- Adquisició de l'empremta digital.
- Extracció local de les característiques de les ondulacions.
- Comparació de patrons de les característiques de les ondulacions.

Lockheed Martin Inc. va ser seleccionat per construir el IAFIS de l' FBI. El primer sistema AFIS conegut es va construir i que suporta empremtes del palmell de la mà es creu que va ser desenvolupat al 1994 per una companyia d'Hongria coneguda com RECOWARE, el sistema es conegut amb el nom RECOdermTM, tal i com es veu a la Fig. 3.14.




Fig. 3.14 Estació de treball d'ingrés de dades del sistema RECOdermTM.

L'u de març de 1994 John Daugman va patentar als Estats Units un sistema biomètric d'identificació personal basat en l'anàlisi de l'iris, patent signada a IriScan Inc. amb N° 5291560, també va ser patentat davant l'organització mundial de la propietat intel·lectual amb el N° 9409446 el 28 d'abril de 1994. Els algorismes presentats en aquesta patent són la base de tots els algorismes actuals de sistemes de reconeixement de l'iris, tal i com es veu a la Fig. 3.15.

Oki Electric Industry Ltd. un dels líders mundials en subministres de caixers automàtics (ATM) al 1995 ofereix la tecnologia de reconeixement de l'iris als bancs dels clients al Japó. Al 1997 es presenta el projecte HA-API (Human Authentication API), un estàndard de interoperabilitat biomètric genèric i centrat en facilitar la integració o permetre l'intercanvi i independència del venedor. Al 1998 l' FBI llença el CODIS (Combined DNA Index System) per l'emmagatzemament digital, cerca i recuperació dels marcadors de l'ADN amb el propòsit de l'entrada en vigor de la llei forense als Estats Units.

El 28 de juliol del 1998 Clayden David Oswald va patentar una identificació biomètrica d'individus utilitzant els patrons de les venes subcutànies, aquesta patent va ser assignada a British Tech Group i patentada als Estats Units N° 5787185, Anglaterra N° GB2276749, Organització Mundial de patents N° 9422370 i European Patent Office N° 691822. El nou d'octubre de 2001 es va patentar la segona invenció, aquesta vegada per part de Hwan-Soo

Choi, assignada a BK Systems i titulada Aparell i mètode per identificar individus a través dels seus patrons de venes subcutànies i sistema integrat utilitzant aquest aparell i mètode, es va patentar als Estats Units N° 6301375 i al Japó N° 10295674, tal i com es veu a la Fig. 3.16.



US005291560A

**United States Patent** [19] [11] **Patent Number:** **5,291,560**  
**Daugman** [45] **Date of Patent:** **Mar. 1, 1994**

[54] **BIOMETRIC PERSONAL IDENTIFICATION SYSTEM BASED ON IRIS ANALYSIS**

[75] **Inventor:** John G. Daugman, Huntington, England

[73] **Assignee:** Iri Scan Incorporated, Mt. Laurel, N.J.

[21] **Appl. No.:** 729,638

[22] **Filed:** Jul. 15, 1991

[51] **Int. Cl.:** G06K 9/00

[52] **U.S. Cl.:** 382/2; 351/206; 354/62; 382/6; 382/30

[58] **Field of Search:** 382/2, 6, 30, 9; 351/206, 221, 208, 205; 354/62; 364/413.01; 340/825.34

[56] **References Cited**

U.S. PATENT DOCUMENTS

4,109,237	8/1978	Hill	382/2
4,620,318	10/1986	Hill	382/2
4,641,349	2/1987	Flom et al.	382/2
5,016,282	5/1991	Tomono et al.	382/2

*Primary Examiner*—Joseph Mancuso  
*Attorney, Agent, or Firm*—John P. McGonagle

[57] **ABSTRACT**

A system for rapid and automatic identification of persons, with very high reliability and confidence levels.

21 Claims, 12 Drawing Sheets

The iris of the eye is used as an optical fingerprint, having a highly detailed pattern that is unique for each individual and stable over many years. Image analysis algorithms find the iris in a live video image of a person's face, and encode its texture into a compact signature, or "iris code." Iris texture is extracted from the image at multiple scales of analysis by a self-similar set of quadrature (2-D Gabor) bandpass filters defined in a dimensionless polar coordinate system. The sign of the projection of many different parts of the iris onto these multi-scale quadrature filters, determines each bit in an abstract (256-byte) iris code. The degrees-of-freedom in this code are based on the principle forms of variation in a population of irises studied. Because of the universal mathematical format and constant length of the iris codes, comparisons between them are readily implemented by the Exclusive-OR (XOR) logical operation. Pattern recognition is achieved by combining special signal processing methods with statistical decision theory, leading to a statistical test of independence based on a similarity metric (the Hamming distance) that is computed from the XOR of any two iris codes. This measure positively establishes, confirms, or disconfirms, the identity of any individual. It also generates an objective confidence level associated with any such identification decision.

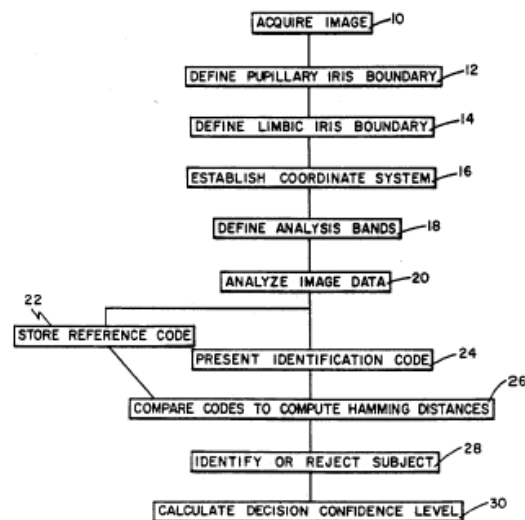


Fig. 3.15 Primera pàgina de la patent N° 5291560.

Al 199 l'Organització Internacional de la Aviació Civil (ICAO) va iniciar un estudi sobre l'aplicació de la tecnologia actual disponible a la biometria amb l'emissió i processos d'inspecció pertinents a la Màquina lectora de documents de viatge (MRTD), com a resultat es va establir que abans de l'abril del 2010, els països que formen part de ICAO han d'implementar el e-passport amb les recomanacions que figuren al MRTD.



Al 2000 es va començar a fer proves amb el reconeixement de cares de FRVT que proporciona avaluacions governamentals independents de tecnologies i prototips de reconeixement facial. Aquestes avaluacions es dissenyen per proporcionar la informació al govern dels Estats Units i agències de la llei amb informació que els ajudi a determinar a on es pot millorar aquesta tecnologia, que es considera el successor del programa FERET.



Fig. 3.16 Pàgina principal de la patent N° 5787185.

La gener de 2001 es va utilitzar el sistema de reconeixement facial a la Super Bowl a Tampa Florida, per identificar individus buscats per les autoritats que entressin al estadi. La demostració no va trobar a cap sospitós però va tenir errors a la identificació en dotze ocasions. A causa d'aquests error la premsa i el congres van presentar preocupació sobre la implantació de sistemes biomètrics i la privacitat.

Al març del 2001 el "Journal of the Korean Physical Society" publica un article de Sang-Kyun Im, Hyung-Man Park, Young-Woo Kim, Sang-Chan Han, Soo-won Kim y Chul-Hee Kang titulat "An Biometric identification system by extracting hand vein patterns", que explica l'ús dels patrons de les venes a les mans per la identificació de les persones.

L'organització Internacional d'Estàndards (ISO) al 37 Comitè de Junta Tècnica (JTC) al 2002 va aprovar la estandardització de les tecnologies biomètriques genèriques.

L'11 de febrer de 2002 es va crear el programa FEARID (Forensic ear identification) amb una duració de 40 mesos, un programa de la Unió Europea i que era gestionat per CORDIS (Community Research & Development Information Service) en el qual s'estudiaven propostes per un coneixement estandarditzat per a la recollida d'impressions de la orella i un procediment per a la classificació i comparació. El 10 de febrer del 2004 va publicar un article a *Forensic Science International* titulat "Exploratory study on classification and individualisation of earprints", escrit per Lynn Meijerman, Sarah Sholl, Francesca De Conti, Marta Giacomoni, Cor van der Light, Andrea Drusini, Meter Vanezis, y George Maat.

El 30 de maig de 2002 es publica la concessió d'una patent a Colòmbia a Jean François Mainguet amb propietat de Thomsom CSF, la patent es titula "Sistema de lectura d'empremtes dactilars".

Al 2003 s'estableix el Fòrum Europeu Biomètric (European Biometrics Forum) una organització europea independent amb suport de la comissió europea amb la idea d'establir a la Unió Europea com a líder mundial en l'excel·lència biomètrica.

A Colòmbia Trek 2000 International Ltd. sol·licita la patent per a un "dispositiu portàtil que té capacitat d'autenticació basada en la biometria", inventat per Poo Teng Pin i Lim Lay Chuan van publicar el 30 de gener del 2004. Al maig d'aquest any va començar "El gran repte de reconeixement facial (The Face Recognition Grand Challenge FRGC), consisteix en una sèrie de problemes reptes que cada vegada incrementa el grau de dificultat, l'objectiu principal del FRGC és millorar la qualitat dels sistemes de reconeixement facial (The Face Recognition Vendor Test FRVT).

Al 2005 Sarnoff Corporation va demostrar a la conferència del 2005 de Biometrics Consortium, la finalització de la investigació d'un sistema prototip capaç de captar imatges de l'iris d'individus caminant a través d'un portal. El sistema anomenat "Iris on the Move™", pot identificar a 20 persones per minut caminant a un pas normal a través d'un portal de reconeixement. El sistema va ser patentat el 14 de desembre de 2006 davant la Organització Mundial de la Propietat Intel·lectual amb el nom de Mètode i aparell per a l'obtenció d'informació biomètrica de l'iris d'un subjecte en moviment, els seus inventors van ser Dominick Loiacono i James R. Matey, es va patentar amb el N° WO2006132686A2 i WO2006132689A2, tal i com es veu a la Fig. 3.17.

Aquests últims anys la biometria ha crescut en no només en l'ús de l'empremta dactilar a utilitzar altres mètodes d'identificació tenint en compte diferents mesures físiques i de comportament. Les aplicacions de la biometria també han augmentat, des de la identificació fins als sistemes de seguretat.

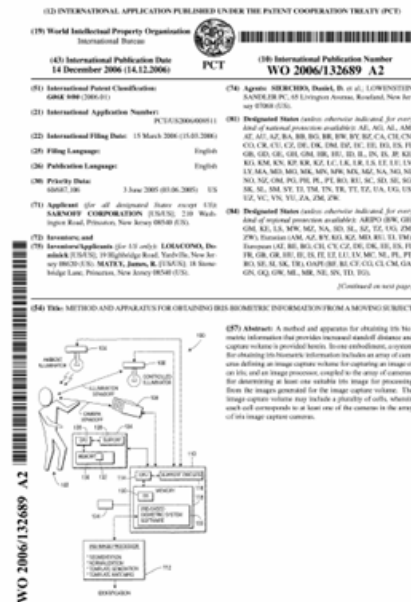


Fig. 3.17 Pàgina principal de la patent N° WO2006132689A2.



## 4. Espectre electromagnètic

S'anomena espectre electromagnètic a la distribució energètica del conjunt de les ones electromagnètiques. L'espectre electromagnètic va des de la radiació de menys longitud d'ona, com els rajos gamma i els rajos X, passant per la llum ultraviolada, la llum visible els rajos infrarojos, fins arribar a les ones electromagnètiques de major longitud d'ona, com les ones de radio.

### 4.1. Rang freqüencial de l'espectre

L'espectre electromagnètic té longituds d'ona molt variades. L'energia electromagnètica té una longitud d'ona, una freqüència associada i una energia. Per tant l'espectre l'electromagnètic pot expressar-se com:

$$\lambda = \frac{c}{f} \quad E = \frac{hc}{\lambda} \quad (4.1)$$

On  $c$  = velocitat de la llum,  $h$  = constant de Planck.

Per tant, les ones electromagnètiques d'alta freqüència tenen una longitud d'ona petita i molta energia, mentre que les ones de baixa freqüència tenen longituds d'ona més grans i poca energia. Les radiacions electromagnètiques es classifiquen segons la seva longitud d'ona, ones de radio, microones, infrarojos, visible, ultraviolat, rajos X i rajos gamma.

D'aquest tipus de radiacions electromagnètiques només destacarem dos tipus, ja que són les que ens ajudaran a fer els posteriors anàlisis de les captures utilitzades.

### 4.2. La radiació infraroja.

La radiació infraroja, radiació tèrmica o radiació IR és un tipus de radiació electromagnètica amb una longitud d'ona més gran que la llum visible, però menor que la microones. La seva longitud d'ona va des de els 0,7 fins als 300 micròmetres. La llum infraroja dóna informació especial que no podem obtenir a través del camp visible. Ens mostra quant calor té un objecte. La radiació infraroja es emesa per qualsevol cos que tingui una temperatura superior als 0° Kelvin (zero absolut), és a dir, -273,15° Celsius. A temperatura normal de cos, la majoria de la població irradien més intensament al infraroig, amb una longitud d'ona de 10  $\mu\text{m}$ .

A la Fig. 4.1 es pot veure la imatge d'una persona, aquesta imatge ha estat capturada a la banda infraroja. Les zones de color vermell són les zones més calents, i les zones blaves són les més fredes. Amb aquesta imatge podem extreure més informació que en el cas d'una imatge en el cap visible.

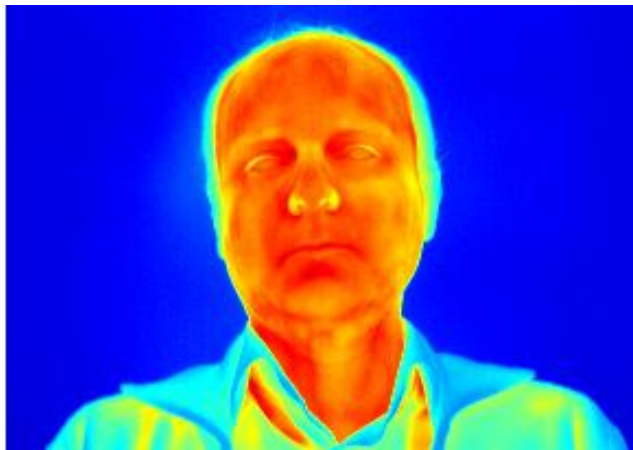


Fig. 4.1 Imatge tèrmica.

### 4.3. Història

Els infrarojos van ser descoberts al 1800 per William Herschel, un astrònom anglès d'origen alemany. Herschel va fer passar la llum del sol a través d'un prisma de cristall per generar un espectre (arc de Sant Martí), el qual es forma quan el feix de llum es divideix en els colors que la componen. Després va mesurar la temperatura de cada color utilitzant tres termòmetres enfosquits per absorbir millor el calor. Va col·locar el termòmetre en cada color, mentre que els altres dos estaven col·locats fora del espectre, com a mostres de control. Al mesurar els diferents colors va veure que tenien diferents temperatures respecte a les dels termòmetres de control, i que la temperatura augmentava al passar del violeta al vermell. Llavors va decidir mesurar la temperatura a una zona una mica més enllà de la llum vermella del espectre. Per a la seva sorpresa va descobrir que aquella zona era la més calenta de totes. Herschel va anomenar a aquesta radiació "rajos calòrics", denominació bastant popular durant el segle XIX. Va trobar que aquells rajos eren reflexats, refractats, absorbits i transmesos igual que la llum visible. Aquest experiment va demostrar que hi ha formes de llum impossible de percebre amb els ulls.

Al any 1900 el físic Max Planck va descobrir una correlació entre la temperatura d'un cos i la intensitat de la radiació infraroja que emet.

Els primers instruments de mesura infraroja eren els bolòmetres, instruments que mesura la radiació electromagnètica que irradia un objecte en totes les longituds d'ona. La mesura es fa a través d'una mesura de temperatura d'un detector il·luminat per la font a estudiar.

El bolòmetre va ser inventat per l'astrònom americà Samuel P. Langley al 1880. Aquest aparell de mesura consisteix en un cos absorbent de calor connectat a un embornal de calor (objecte mantingut a temperatura constant) a través d'un material aïllant. El resultat és que qualsevol radiació absorbida pel detector augmenta la seva temperatura per sobre del embornal de calor que actua com a referència. La radiació absorbida es mesura a partir del contrast de temperatura entre el detector i la referència. La temperatura és mesurada per la variació de la resistència del absorbent (metàl·lic) en funció de la seva temperatura.

A dia d'avui s'utilitzen càmeres termogràfiques per a mesurar temperatures. Aquestes càmeres el que fa és mesurar l'ona llarga de la radiació infraroja rebuda en el camp de visió, i a partir d'aquesta mesura calcula la temperatura del objecte. Cada píxel del detector representa una marca tèrmica que es mostra al visualitzador com una imatge de color simulada.

La termografia és un mètode de mesura passiu i sense contacte. La imatge termogràfica mostra la distribució de la temperatura en la superfície del objecte.

#### **4.4. Característiques de la radiació infraroja.**

El nom d'infraroja vol dir per sota del vermell, ja que el seu començament es troba al costat del vermell al espectre visible.

Segons la Comissió Internacional d'Il·luminació (CIE) estableix una divisió en tres bandes de la radiació infraroja:

- IR-A: 700 nm–1400 nm (0.7  $\mu\text{m}$  – 1.4  $\mu\text{m}$ )
- IR-B: 1400 nm–3000 nm (1.4  $\mu\text{m}$  – 3  $\mu\text{m}$ )
- IR-C: 3000 nm–1 mm (3  $\mu\text{m}$  – 1000  $\mu\text{m}$ )

I un esquema d'ús amb la següent subdivisió:

- **Near-infrared** (NIR, IR-A-DIN): longitud d'ona entre 0,75 – 1,4  $\mu\text{m}$  definit per l'absorció de l'aigua. L'ús més comú és a la fibra òptica.

- **Short-wavelength infrared** (SWIR, IR-B DIN): longitud d'ona entre 1,4 – 3  $\mu\text{m}$ , l'absorció de l'aigua augmenta significativament a 1.450 nm.
- **Mid-wavelength infrared** (MWIR, IR-C DIN) o també anomenada infraroig intermig (IIR): longitud d'ona entre 3 – 8  $\mu\text{m}$ .
- **Long-wavelength infrared** (LWIR, IR-C DIN): longitud d'ona entre 8 – 15  $\mu\text{m}$ . Aquesta és la regió de la imatge tèrmica, on els sensors podem adquirir imatges de les emissions tèrmiques sense cap tipus de llum externa.
- **Far infrared** (FIR): longitud d'ona entre 15 – 1000  $\mu\text{m}$ .

La matèria per la seva composició energètica emet radiació. En general, la longitud d'ona d'un cos que emet el màxim de radiació és inversament proporcional a la temperatura d'aquest. Tal com especifica la llei de Wien (4.2).

$$\lambda_{\max} = \frac{0,0028976m \cdot K}{T} \quad (4.2)$$

On  $T$  és la temperatura del cos negre en Kelvin i  $\lambda_{\max}$  és la longitud d'ona del pic d'emissió en metres.

D'aquesta forma la majoria dels objectes a temperatures quotidianes tenen el seu màxim d'emissió al infraroig. Els éssers vius, concretament els mamífers, emeten una gran quantitat de radiació a la part de l'espectre infraroig, degut al seu calor corporal.

#### 4.5. Emissió, reflexió, transmissió

- Emissivitat ( $\epsilon$ ) és la mesura de la capacitat d'un material d'emetre (propagar) radiació infraroja.

La  $\epsilon$  varia depenent de les propietats de la superfície, el material i segons la temperatura del objecte mesurat.

- Reflexió ( $\rho$ ) és la capacitat d'un objecte per reflexar la radiació infraroja.

La  $\rho$  depèn de les propietats de la superfície, la temperatura i el tipus de material.

L'angle de reflexió de la radiació infraroja reflexada és sempre el mateix que l'angle d'incidència.



- Transmissió ( $\tau$ ) és la mesura de la capacitat d'un material per transmetre (deixar passar) la radiació infraroja.

La  $\tau$  depèn del tipus i del gruix del material. Molts materials són no transmissors, és a dir, impermeables a la radiació infraroja d'ona llarga.

Per calcular la temperatura es té en compte la emisivilitat ( $\epsilon$ ) de la superfície del objecte mesurat així com la compensació de la temperatura reflexada (RTC).

Així és com funciona la càmera termogràfica. Tal i com es veu a la Fig. 4.2.

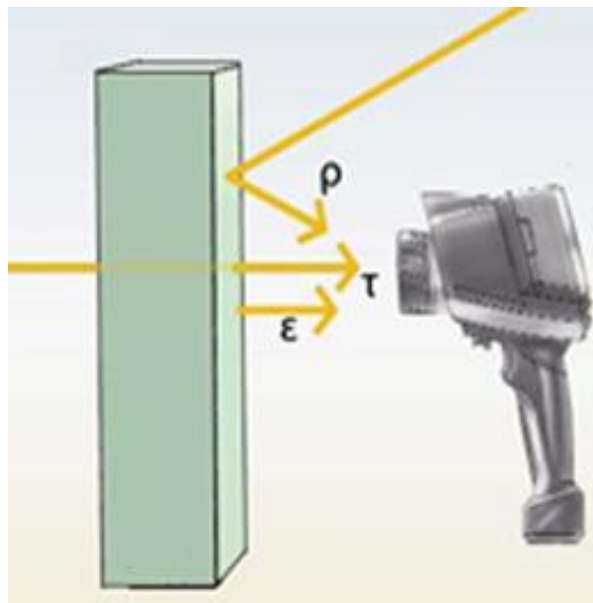


Fig. 4.2 Captació de la radiació infraroja amb una càmera Testo.

#### 4.6. Utilització dels rajos infrarojos.

Els infrarojos s'utilitzen en els equips de visió nocturna quan la quantitat de llum visible es insuficient per a veure els objectes. La radiació es rep i després es reflexa a una pantalla. Els objectes més calents es converteixen en els més lluminosos.

Cada dia sentim els efectes de la radiació infraroja. El calor del sol, el foc, un radiador de calefacció,... aquest calor prové dels infrarojos. Encara que no podem veure aquesta radiació, els nervis de la nostra pell poden sentir-la com a calor. Les terminacions nervioses de la pell són sensibles a la temperatura i poden detectar la diferència entre la temperatura interior del cos i la temperatura exterior de la pell.

## 4.7. Espectre visible

Es denomina espectre visible a la regió del espectre electromagnètic que l'ull humà es capaç de percebre. La radiació electromagnètica en aquest rang de longituds d'ona s'anomena llum visible (llum), és un tipus de radiació electromagnètica que té una longitud d'ona entre els 0,4 i els 0,8  $\mu\text{m}$ . Les unitats de mesura que s'utilitzen per mesurar les longituds d'ona són els Angstrom. Els intervals van des de el 8.000 Å (vermell) fins als 4.000 Å (violeta), que és la ona més petita.

## 4.8. Història

Dues de les primeres explicacions del espectre són fruit de les observacions d'Isaac Newton i de Goethe. Però les primeres observacions de les que es té coneixement va ser fetes per Roger Bacon, que va reconèixer l'espectre visible en un got d'aigua, quatre segles abans dels descobriments de Newton amb prismes. Amb els prismes de vidre triangular va observar que si un feix de llum entra amb un cert angle, una part de la llum es reflexa i una altre passa a través del vidre, mostrant un arc de Sant Martí. La hipòtesi de Newton era que la llum estava feta de partícules de diferents colors i que la diferencia de colors venia donada per la diferencia de velocitats de cadascun d'ells, de manera que en un medi transparent, la llum vermella era més ràpida que la violeta. El resultat és que la llum vermella es refractava menys que la violeta quan passa a través del prisma, creant l'espectre de colors.

Newton va fer una divisió del espectre en set colors: vermell, taronja, groc, verd, blau, anil i violeta. Va imaginar que eren set colors per una creença procedent de l'antiga Grècia que relacionava els colors amb les notes musicals, els dies de la setmana i els objectes coneguts del sistema solar. L'ull humà es insensible a les freqüències indi i algunes no poden distingir entre l'anil i el violeta.

Johan Wolfgang von Goethe va afirmar que l'espectre continu era un fenomen compost. Mentre que Newton va reduir els feixos de llum per aïllar el fenomen, Goethe observava que amb una obertura més ampla no havia vores grogues ni del blau-cian amb blanc entre ells, i l'espectre només apareixia quan aquestes vores eren molt a prop del solapament.

Ara s'accepta que la llum està formada per fotons i que tota llum viatja a la mateixa velocitat al buit. La velocitat de la llum a un material es menor que al buit i la proporció de

velocitat s'anomena índex de refracció d'un material. En alguns materials anomenats dispersius, la velocitat de diferents freqüències no varia i l'índex refractari es constant. Tanmateix, en altres materials dispersius, l'índex de refracció, i per tant la seva velocitat, depèn de la freqüència que concorda amb una relació de dispersió.

## 4.9. Colors de l'espectre

Els colors de l'arc de Sant Martí a l'espectre visible inclouen tots els colors que poden ser produïts per la llum visible d'una simple longitud d'ona, tal i com es veu a la Fig. 4.3. Encara que l'espectre és continu i per tant no hi han quantitats buides entre un color i el següent, els rangs anteriors podien ser utilitzats com una aproximació.

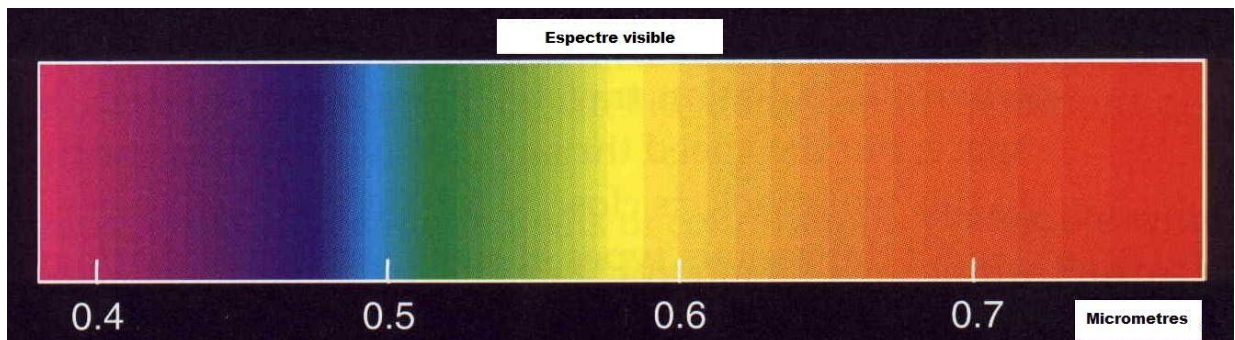


Fig. 4.3 Franja de l'espectre visible.

Violeta	380 – 450 nm
Blau	450 – 495 nm
Verd	495 – 570 nm
Groc	570 – 590 nm
Taronja	590 – 620 nm
Vermell	620 – 750 nm

Taula 4.1 Rang del espectre visible per colors.

## **4.10. Índex de refracció**

La corresponent longitud d'ona en l'aigua i en altres medis es veu reduïda per un factor igual a l'índex de refracció. En termes de freqüència, aquesta correspon a una banda en el camp de valors entre 450 i 750 THz. Un ull adaptat a la llum generalment té com a màxima sensibilitat un valor de 555 nm, a la regió verda de l'espectre visible. L'espectre tanmateix no conté tots els colors que els ulls humans i el cervell poden distingir. Cafè, rosat i magenta estan absents, per exemple, perquè es necessita la barreja de múltiples longituds d'ona, preferiblement vermells foscos.

La longitud d'ona visible a l'ull també passa a través d'una finestra òptica, la regió de l'espectre electromagnètic que passa molt atenuada a través de l'atmosfera terrestre, malgrat que la llum blava és més dispersa que la llum vermella, que és la causa del color del cel. La resposta de l'ull humà està definit per una prova subjectiva, però les finestres atmosfèriques estan definides per mesures físiques. La finestra visible s'anomena així perquè aquesta superposa la resposta humana visible a l'espectre; la finestra infraroja està lligada a la finestra de resposta humana i la longitud d'ona mitja infraroja, la longitud d'ona infraroja llunyana estan molt lluny de la regió de resposta humana.

## 5. Escenari

Per realitzar la base de dades s'han muntat dues càmeres per captar les diferents fotografies, una càmera recull la informació infraroja i l'altre la termogràfica i la visible, com es pot observar a la Fig. 5.1.

La càmera infraroja que s'ha utilitzat és una web cam model Quickcam de la marca Logitech, se li han adaptat led's infrarojos per a la il·luminació de les mans, la lent ha sigut modificada incorporant-li un filtre que només deixa passar els infrarojos. Per controlar aquesta càmera el software utilitzat és una aplicació programada amb Matlab que permet controlar la resolució, els paràmetres d'ajust com la brillantor, contrast i la gamma, a més a més també controla la il·luminació dels led's. Aquest mateix programa també permet escollir l'extensió de la imatge capturada. Que en el cas que ens ocupa s'utilitzà el .bmp que té menys compressió d'imatge i per poder extreure més informació, aquestes imatges queden emmagatzemades al disc dur del ordinador.

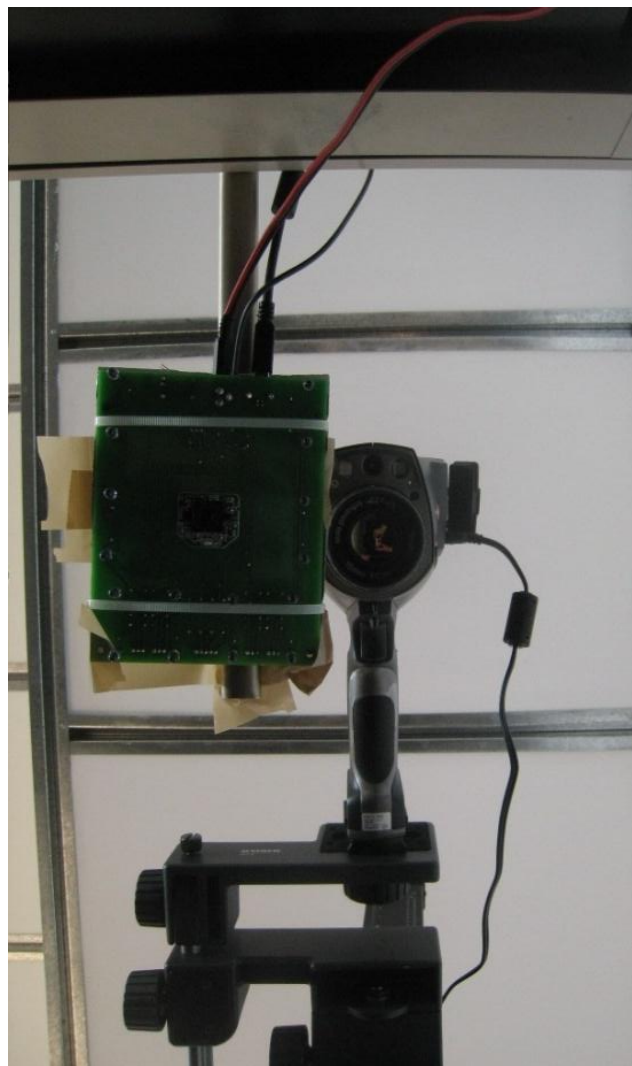


Fig. 5.1 Càmeres emprades per a l'adquisició de la base de dades.

La càmera tèrmica utilitzada és una Testo 882. Aquesta càmera té dos sensors un tèrmic i un altre visible. Per a fer les diferents captures només s'ha de seleccionar el tipus de sensor a utilitzar. Les imatges capturades són desades a una targeta SD incorporada a la càmera. Com que la càmera disposa de dos sensors cadascun guarda la captura en diferents formats en el cas de la tèrmica el format és el .bmt i per la visible en .bmp.

Totes les imatges captades per les càmeres seràn posteriorment processades a través de Matlab.

Les càmeres estan fixades amb un trípode per garantir que sempre estaran a la mateixa posició i evitar els moviments que poder ser causats per la persona que està utilitzant la càmera.

La zona de captura està composta per les càmeres amb els seus respectius trípodos i una base de neoprè on l'usuari col·loca la mà, com es pot veure a la Fig. 4.2. Per evitar les possibles males postures o el desenquadrament de la mà, s'utilitza una plantilla de cartró que assegura una posició idònia per a la correcta captació de la imatge.

El protocol a seguir és el següent:

1. L'usuari col·loca la mà dreta sobre la plantilla de forma que la càmera pugi captar el palmell de la mà.
2. Després torna a col·locar la mateixa mà dreta sobre la plantilla però amb la mà de l'altre costat.
3. Es fa un descans d'uns segons i mentre l'usuari mou la mà xafant un objecte de goma a fi i a efecte de estimular el reg sanguini de la mà.
4. Es torna a fer els passos 1 i 2.

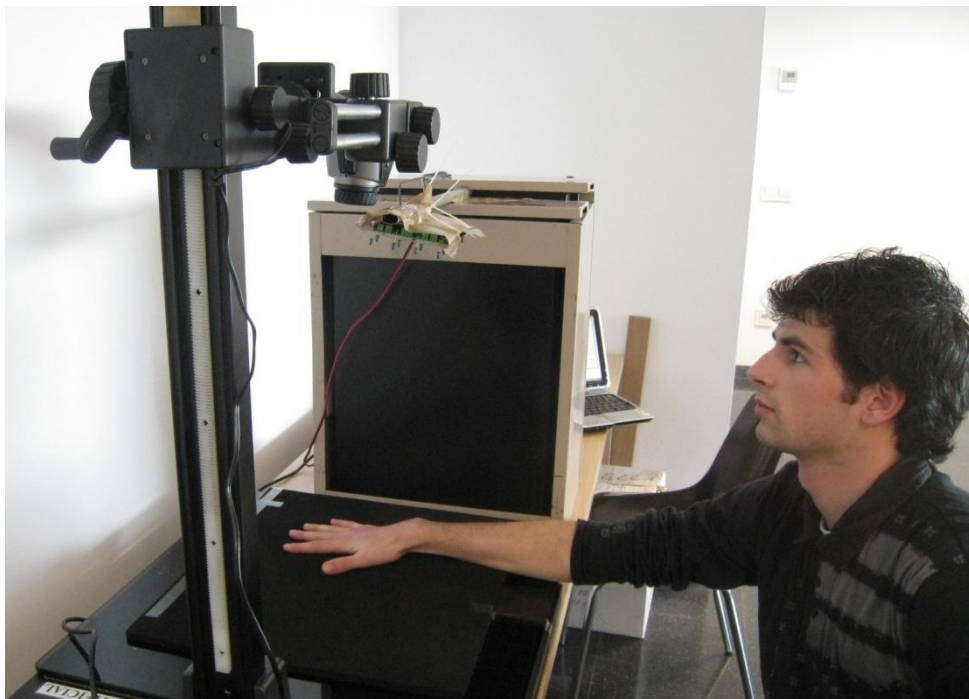


Fig. 5.2 Procés de captura.

Per a realitzar tot el procés només calen 2 minuts per usuari. És un procés no invasiu per tant no es corre cap risc.

S'estableixen cinc sessions en total les quatre primeres estan espaciades una setmana i l'última un mes. Amb això es pretén fer un seguiment de la variabilitat sobre tot en el cas termogràfic que és el que es veu més afectat als canvis de temperatura.





## 6. Estructura de la mà

La mà forma part de les extremitats del cos humà, estan localitzades als extrems dels braços i tenen cinc dits cadascuna. Compren des del canell fins a la punta dels dits. La punta dels dits contenen algunes de les zones amb més terminacions nervioses de cos humà, són la principal font d'informació tàctil, per això el sentit del tacte s'associa a les mans. Com també passa a altres òrgans del cos parells (ulls, oïdes, cames), cada mà està controlada pel hemisferi del costat contrari del cos. Sempre hi ha una dominat sobre l'altre, que és la que s'encarrega de les activitats com l'escriptura manual.

### 6.1. Anatomia de la mà

La mà humana consisteix en tres grups d'ossos: carp, metacarp i dits. El carp és la part més pròxima de la mà, proper al canell i consta de vuit ossos disposats en dues files, quatre en cada una. El segon grup està format pels cinc metacarpians i formen la part més distal del esquelet del palmell. El tercer grup són els dits que estan formats pels ossos dels dits, les falanges, petites i grans, de les quals hi ha tres a cada dit exceptuant el polze que en té dos, tal i com es veu a la Fig.6.1. A més a més, la mà està composta per varis músculs i lligaments diferents que permeten una gran quantitat de moviment. Existeixen dos tipus de músculs: flexors (situats al palmell) i extensors (al dors). També hi ha els múscul propis de la mà, disposats en tres regions: eminència tènar o del polze, eminència hipotènar o vora cubital i regió palmar. Els músculs de la mà són: quatre de la eminència tènar, quatre de la eminència hipotènar i onze de la palma, quatre lumbricals, quatre lumbricals, quatre interossis dorsals i tres interossis ventrals. En total, dinou músculs propis, més altres quinze músculs del avantbraç i els tendons que acaben a la mà.

Els diversos detalls que conformen la mà són molt importants a la identificació biomètrica. Per exemple:

- Les unions de les falanges, aquí hi ha una articulació que fa que sigui més prominent que les àrees que l'envolten.
- Les articulacions de les falanges no estan sempre alineades sinó que tenen desviacions.
- Els punts d'unió entre els dits i el palmell poden estar més a prop o més lluny del canell.

- El gruix de cada falange així com la seva massa muscular.

En aquest cas el que tractarem serà a partir de l'energia que genera la nostra mà.

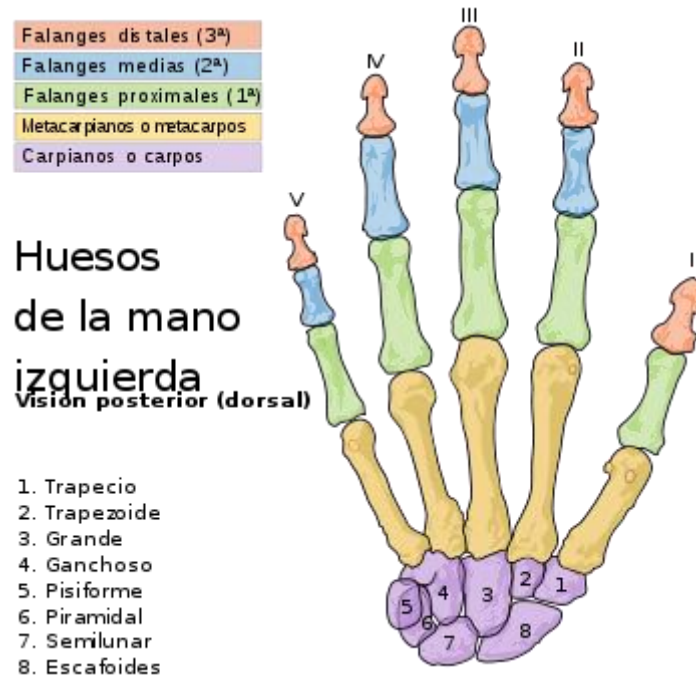


Fig. 6.1 Estructura de la mà esquerra.

## 6.2. Morfologia

Depenent de la forma que tenen les mans es poden classificar en set tipus:

- Mà de gran palmell: també anomenada mà elemental. Les seves característiques són el seu gruix i el tamany reduït dels seus dits. El seu dit polze és curt, ample i amb tendència a corbar-se cap enrere.
- Mà espatulada: els seus dits solen ser plans i les articulacions no són molt visibles. Pot ser considerada com la contrària a la mà elemental.
- Mà cònica: també anomenada mà artística. Aquesta mà sol ser llarga i esqueletitzada. Es divideix en tres tipus: palmell ample, gruixuda i dits en harmonia; palmell de dimensions mitjanes, dit polze molt fi i generalment flexible; i palmell estret, dits proporcionats i de poc gruix.
- Mà quadrada: mà normal, amb proporcions mitjanes.
- Mà nudosa: també anomenada filosòfica. El seu distintiu és el dit polze ample. Les articulacions dels dits són notòries, nodoses i el palmell és ampli.

- Mà punxeguda: els dits no tenen protuberàncies en les articulacions, cadascun sembla dotat d'una particularitat que dona lloc a l'encant del conjunt. El palmell és de dimensions mitjanes.
- Mà mixta: és la mà més comuna, ja que és una barreja de les sis anteriors.



## 7. Identificació i verificació

### 7.1. Identificació

La identificació és un procés de combinació d'un a molts (1:N). L'usuari no ha de dir qui és. Se li pren una mostra biomètrica i es compara amb tota la base de dades emmagatzemada de tots els usuaris. Quan es troba una combinació l'usuari és identificat com a usuari existent al sistema i sap qui és. Es quantifica amb taxes d'identificació (%).

Hi han dos tipus d'identificació la positiva i la negativa.

- Identificació positiva: són sistemes dissenyats amb el propòsit de confirmar que un usuari és membre del sistema. La resposta del sistema pot ser l'acceptació, informant de la identitat de l'usuari, o el rebuig. Normalment s'utilitzen per confirmar que l'usuari pot accedir a un recinte o servei.
- Identificació negativa: el propòsit és confirmar que l'usuari no està dins del sistema. La resposta del sistema normalment és una llista, quan més curta sigui aquesta llista millor. S'utilitzen per assegurar-se de que un usuari no entri dues vegades a un sistema (múltiples identitats) o en sistemes de seguretat, comparant amb un registre de persones més buscades.

També podem dividir la identificació en dos sistemes.

- Open world: pot ser que l'usuari que accedeix al sistema no estigui dins la base de dades. Tipus de resposta al sistema és: N+1.
- Closed world: segur que l'usuari que accedeix al sistema està dins la base de dades d'usuaris. Tipus de resposta al sistema és N.

La taxa d'identificació ve donada per:

$$\frac{\text{Usuaris correctament identificats}}{\text{Total de proves realitzades}} \% \quad (6.1)$$

## 7.2. Verificació

La verificació és un procés de combinació de un a un (1:1). L'usuari diu qui és, se li pren una mostra biomètrica i es compara amb les existents a la base de dades del mateix usuari. Si coincideix l'usuari és verificat, sent qui diu ser. Es quantifica amb errors de FAR, FRR, EER.

- FAR (False Acceptance Rate o TFA Taxa de Falsa Acceptació):

$$\frac{\text{Número d'impostors acceptats pel sistema}}{\text{Número d'impostors que intenten accedir al sistema}} \% \quad (6.2)$$

- FRR (False Rejection Rate o TFR Taxa de Fals Rebuig):

$$\frac{\text{Número d'usuaris genuïns rebutjats pel sistema}}{\text{Número d'usuaris genuïns que intenten accedir}} \% \quad (6.3)$$

- EER (Equal Error Rate): ajust del sistema pel qual TFA=TFR.

Normalment els sistemes s'ajusten de dues maneres.

TFA↓=>TFR↑: és un sistema molt segur.

TFR↓=>TFA↑: és un sistema comode pel usuari.

- FTA (Faliure To Acquire): representa la probabilitat de que una mostra no s'hagi adquirit amb qualitat suficient i s'ha de repetir la captura.
- FTE (Faliure To Enroll): representa la probabilitat de que un usuari no sigui capaç d'entrenar-se al sistema biometric.
- Això succeïx quan l'usuari no pot suministrar mostres biomètriques de qualitat suficient.
- Aquests usuaris han de ser reconeguts per altres sistemes.

### **7.3. Avantatges i inconvenients de la verificació sobre la identificació**

La verificació és molt més ràpida que la identificació quan el número d'usuaris emmagatzemats o característiques són molt grans. A més a més la verificació aporta més seguretat que la identificació, sobre tot quan el número d'usuaris o característiques és gran.

Amb la verificació l'usuari ha de donar a conèixer la seva identitat al sistema biomètric.





## 8. Base de dades

La realització base de dades biomètrica d'imatges termogràfica, visible i infraroja s'ha realitzat durant els mesos de febrer a maig, les captures s'han realitzat en un escenari controlat, les adquisicions han sigut de la mà dreta tant el palmell com el dors. S'han adquirit 10 mostres de cada tipus amb un total de 106 persones, de les quals només s'han utilitzat 97. Les càmeres utilitzades han sigut Testo 882 amb una resolució tèrmica de 320x240 i visible de 640x480 amb 16 bits de profunditat i una webcam Logitech Quickcam adaptada amb un filtre per deixar passar els infrarojos, aquesta càmera té una resolució de 640x480 amb 8 bits de profunditat. L'usuari posava la mà en una superfície plana de neoprè fent-la coincidir amb una plantilla de cartró que assegurava sempre la mateixa posició de la mà, com es pot veure a les Fig. 8.1 i 8.2

Els usuaris de la base de dades han sigut estudiants, professors i membres del PAS de la Universitat Politècnica de Mataró. El rang d'edat està comprès entre els 19 als 62 anys.

El percentatge d'usuaris que han col·laborat ha sigut un 68% d'homes i un 32% de dones.



Fig. 8.1 Posició correcta de la mà amb la plantilla de cartró.



Fig. 8.2 Retirada de la plantilla de cartró.

## 8.1. Tractament i organització de la base de dades

Quan un usuari venia per primera vegada se li prenién les dades com el nom, cognoms, data de naixement i el seu correu electrònic per poder avisa-lor per a que vingués a les següents sessions. A la mateixa vegada se li assignava un número d'usuari que s'utilitzava per organitzar posteriorment la base de dades i així protegir la seva identitat. També se li feia signar un document un consentiment per a la pressa de dades, el qual explica que només s'utilitzaran les seves dades biomètriques i que les seves dades personals són totalment confidencials. Es van establir un total de 5 sessions, les quatre primeres es feien setmanalment i l'última s'espaiava un mes per veure la variabilitat.

Sessió 1	1 setmana	Sessió 2	1 setmana	Sessió 3	1 setmana	Sessió 4	1 mes	Sessió 5
----------	-----------	----------	-----------	----------	-----------	----------	-------	----------

Taula 8.1 Interval de temps entre sessions.

A cada sessió es prenién un total de 12 captures amb les tres càmeres. Entre captures per introduir canvis es feia moure la mà al usuari esclafant un dau de goma.

El número total d'imatges enregistrades és de 6360 imatges (3180 palmell i 3180 dors):

$$106 \text{ persones} \times 5 \text{ sessions} \times 2 \text{ imatges per sessió} \times 3 \text{ tipus d'espectre} = 3180 \text{ imatges}$$

Per organitzar la base de dades s'ha procedit a separar entre palmell i dors i dins d'aquest dos apartats s'han diferenciat el tipus d'imatge (infraroja, tèrmica o visible).

A la Fig. 8.3 es pot veure un recull d'imatges (camp visible, NIR i tèrmic) que formen la base de dades.

Per aquest projecte només han sigut utilitzades les imatges del dors del camp visible i tèrmic.

Alhora de fer el tractament de la base de dades s'ha fet una segmentació de la mà dels fons per eliminar informació innecessària, després s'ha procedit a normalitzar, centrar, retallar les imatges i passar-les a escala de grisos. A la Fig.8.4 es veuen dues imatges corresponent al camp tèrmic i visible ja segmentades i a escala de grisos. A la següent imatges Fig. 8.5 es mostra el perfil de la mà una vegada ha sigut normalitzada.

Després de diferents càlculs s'ha arribat a la conclusió de que la millor zona per analitzar és el dors de la mà sense dits, com es pot apreciar a la Fig.8.6. Aquesta zona és la que ens

aporta més informació al tenir una bona visibilitat de les venes de la mà. Els càlculs es poden veure als apartats següents.

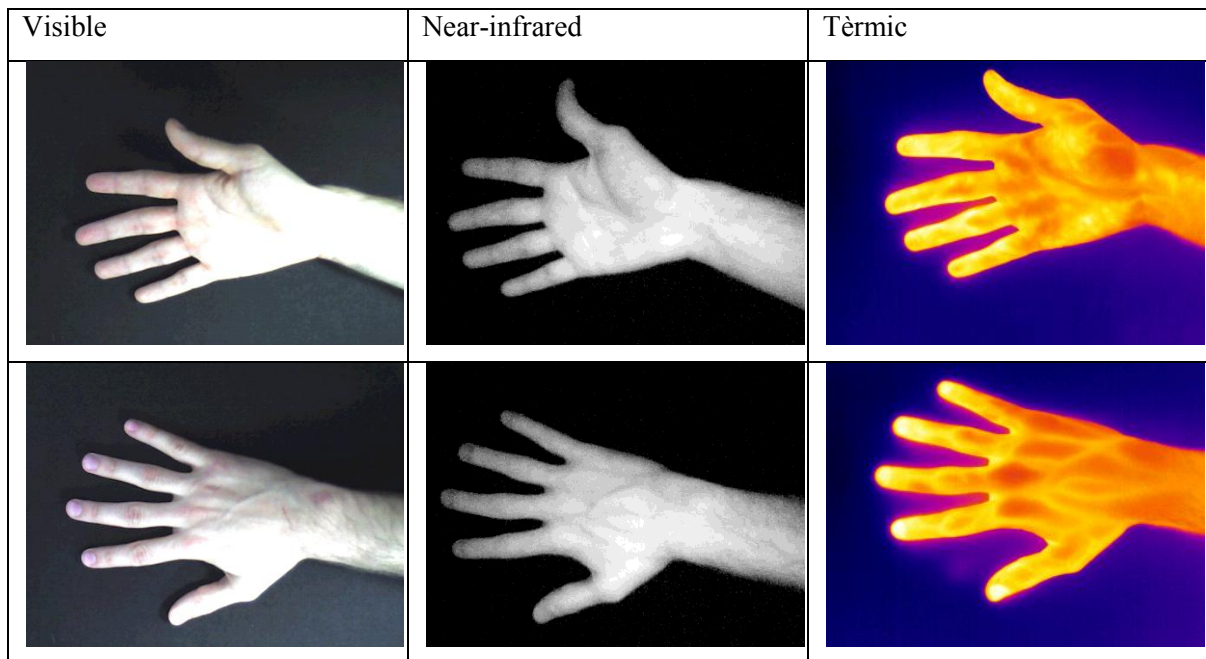


Fig. 8.3 Exemples d'imatges de la base de dades (a l'esquerra les visibles, al mig les NIR i a la dreta les tèrmiques). Tant del palmell com del dors.

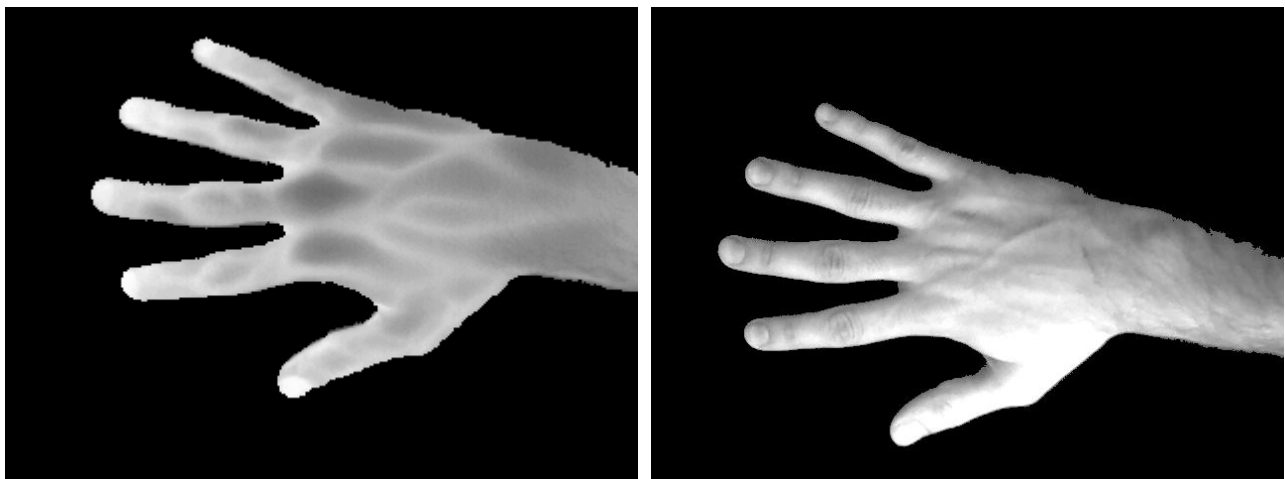


Fig. 8.4 Imatges del camp tèrmic(esquerra) i visible (dreta) segmentades i a escala de grisos.

Per dur a terme el processat de les imatges s'ha utilitzat la DCT com es veu (8.1).

La Transformada discreta del cosinus (DCT) expressa una seqüència finita de varis punts com a resultat de la suma de diferents senyals sinusoidals (amb diferents freqüències i amplituds). La Transformada Discreta de Fourier (DFT) treballa amb una sèrie de nombres finits, mentre que la DCT només treballa amb cosinus i la DFT treballa amb exponencials complexes.



Fig. 8.5 Perfil de la mà.

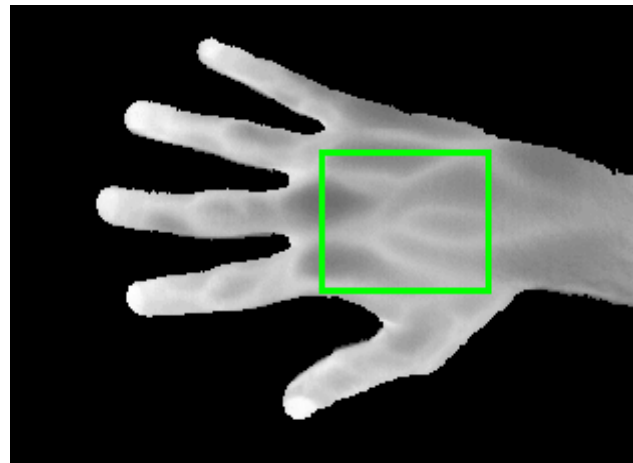


Fig. 8.6 Zona analitzada.

Formalment la transformada del cosinus discreta és una funció lineal i invertible del domini real al domini real.

$$X[k, l] = \frac{2}{N} c_k c_l \sum_{m=0}^{a-1} \sum_{n=0}^{b-1} x[m, n] \cos \left[ \frac{(2m+1)k\pi}{2N} \right] \cos \left[ \frac{(2n+1)l\pi}{2N} \right] \quad (8.1)$$

Una de les característiques de la DCT és la bona capacitat de compactació de l'energia al domini transformat, és a dir, aconseguix compactar la major part de la informació (energia) en pocs coeficients transformats, reduint la dimensió i el temps de càlcul.

Per millorar el sistema de selecció de freqüències basades en l'energia, s'ha procedit a fer una ordenació de les freqüències inter/intra per obtenir les components més significants. Aquests valors es defineixen amb la següent equació (8.2):

$$M_1(f_1, f_2) = \frac{\sigma_{inter}^2(f_1, f_2)}{\sigma_{intra}^2(f_1, f_2)} \quad (8.2)$$

A les següents imatges Fig. 8.7 i 8.8, es pot veure l'exemple de la selecció de freqüències de les bases de dades tèrmica i visible, respectivament. D'aquestes freqüències s'escullen les que tenen una baixa variació amb la classe i una alta variació entre les classes

Com més gran sigui el valor de  $M_1(f_1, f_2)$  més gran és la discriminació. Per això s'agafen les freqüències amb els valors més grans de  $M_1(f_1, f_2)$ .

El càlcul de  $M_2(f_1, f_2)$ , com es veu (8.3) és molt semblant al de  $M_1(f_1, f_2)$ . Cal destacar que estem utilitzant un criteri de discriminació en comptes de representativitat, basat en l'energia (com més elevat sigui el valor de l'energia més important).

$$M_2(f_1, f_2) = \frac{|m_{intra}(f_1, f_2) - m_{inter}(f_1, f_2)|}{\sqrt{\sigma_{intra}^2(f_1, f_2) + \sigma_{inter}^2(f_1, f_2)}} \quad (8.3)$$

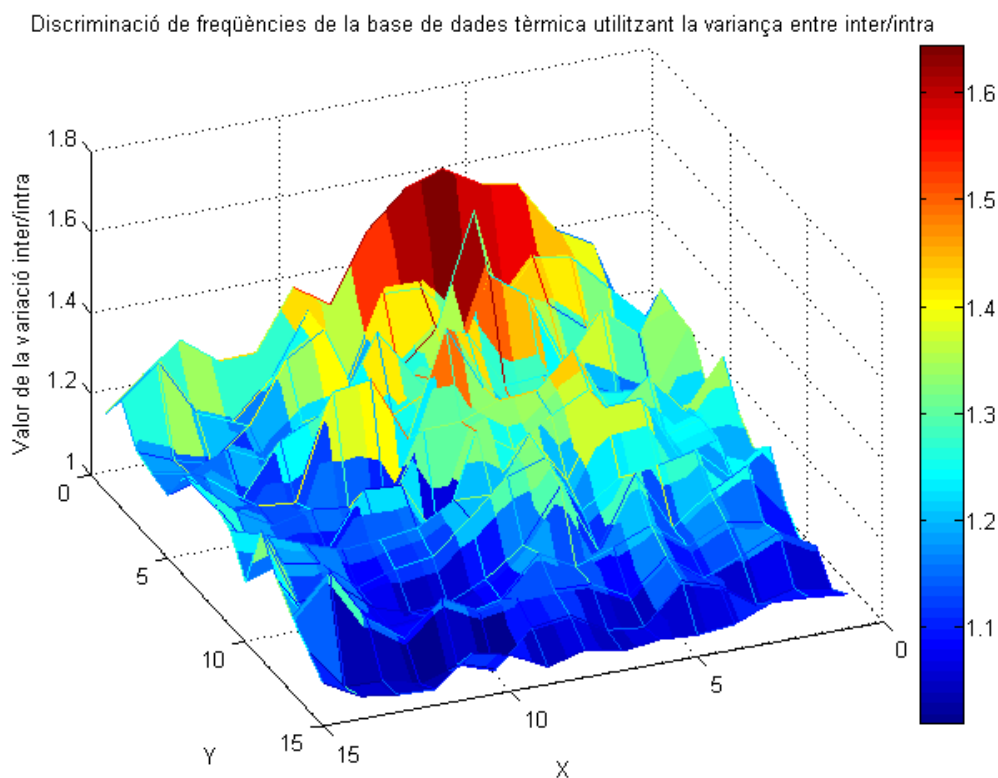


Fig. 8.7 Selecció de freqüències de la base de dades tèrmica.

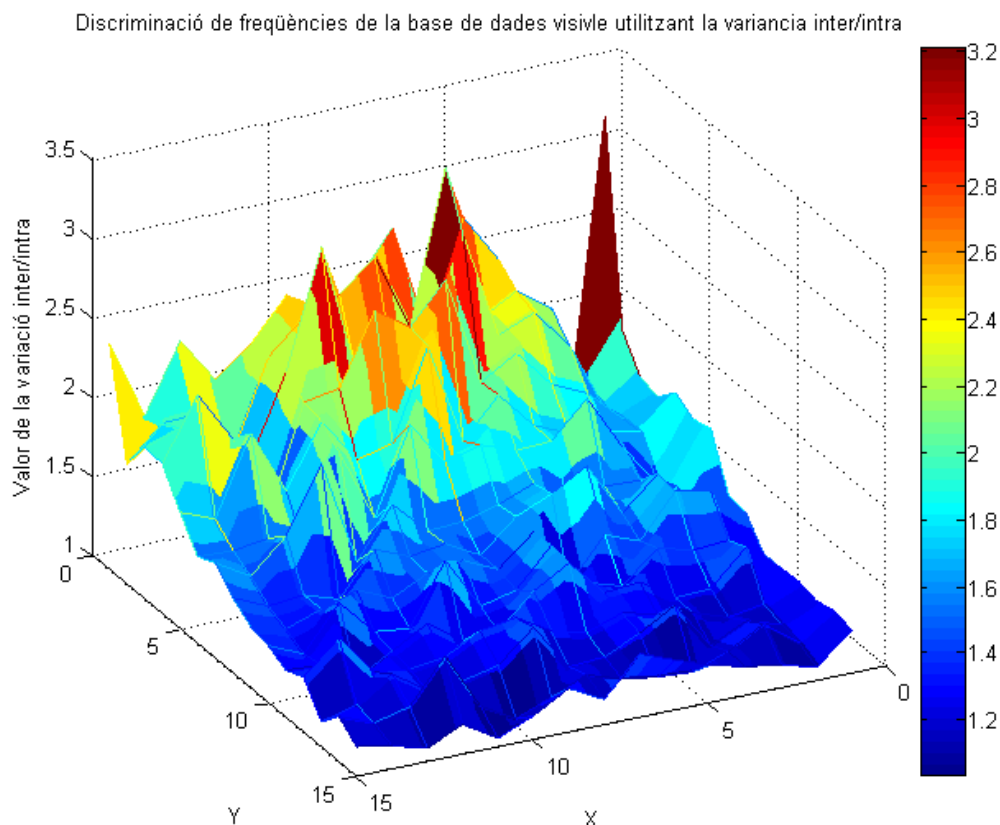


Fig. 8.8 Selecció de freqüències de la base de dades visible.

Les matrius de distàncies han sigut normalitzades per reduir el solapament entre les diferents distribucions. Per millorar la normalització i els resultats es va implementar dues funcions *mean* (8.4) i *median*.

$$mean = \frac{\sum_i^n X_i}{n} \quad (8.4)$$

El *median* és una mesura estadística que resumeix un conjunt de nombres ordenats  $x_1 < x_2 < \dots < x_n$  en un únic nombre  $m$  amb un valor del paràmetre mesurat sobre el conjunt d'elements, tal que el nombre de dades que queda per sota de  $m$  és igual al nombre de dades que queda per sobre de  $m$ .

Aquestes dues funcions es realitzen sobre la matriu de distància, calculant la mitjana total per després ser restada. Una vegada fets els càlculs per a verificació, els resultats obtinguts van ser de 10.26 % amb la funció *median* i d'un 9.84% amb la funció *mean*. Per tant va ser escollit la funció que dóna el valor més petit, ja que afavoreix als resultats. Tots els resultats obtinguts i mostrats anteriorment han sigut realitzats amb la funció *mean*.

## 8.2. Base de dades tèrmica

Com anteriorment s'ha esmentat s'escull una zona de la mà que aporta més informació, la regió examinada és una imatge de 100x100 del palmell central de la mà, com es pot veure a la Fig. 8.9.



Fig. 8.9 Regió tèrmica analitzada.

## 8.3. Identificació

Per a establir un coeficient òptim d'identificació s'ha dut a terme els càlculs des del coeficient 1 fins a 18 obtenint com a millor resultat els coeficients 7 i 8. Tal i com es veu a la següent Fig. 8.10. Dóna un percentatge de reconeixement del 80.83% per als dos casos, per tant s'utilitzarà el valor de 7 per reduir costos computacionals

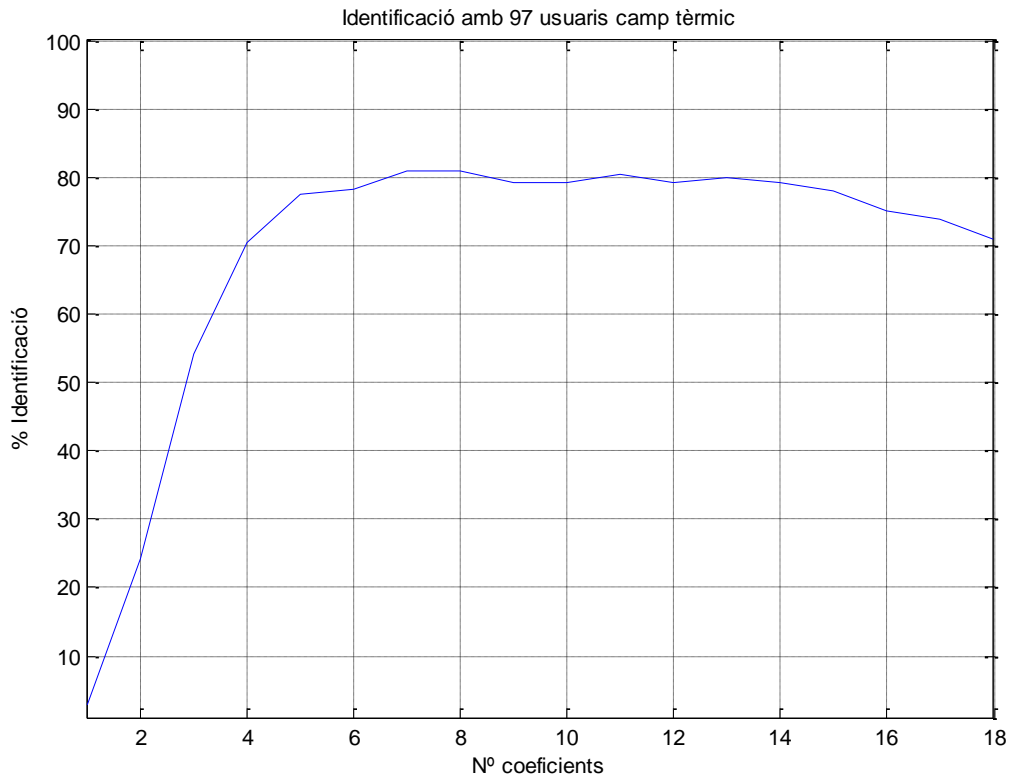


Fig. 8.10 Identificació al camp tèrmic.

## 8.4. Verificació ordenació de variàncies

Alhora de fer la verificació en el camp tèrmic el percentatge és del 9.1130% i la identificació del 75.2577 (Gràfica 4). Si ens fixem en les Fig. 8.12, 8.13 i 8.14 es veure que la distinció entre els usuaris genuïns i els impostor és difícil de determinar fixant un llindar de decisió. Per això s'ha procedit a aplicar una normalització restant la mitjana de les distàncies. Una vegada feta la normalització Fig. 8.15, es veu com el solapament entre les distribucions queda desplaçat, encara que continua existint, dificultant un llindar de decisió.

També podem veure la matriu de distàncies Fig. 8.16, en la qual es veu una diagonal definida indicant els usuaris genuïns.

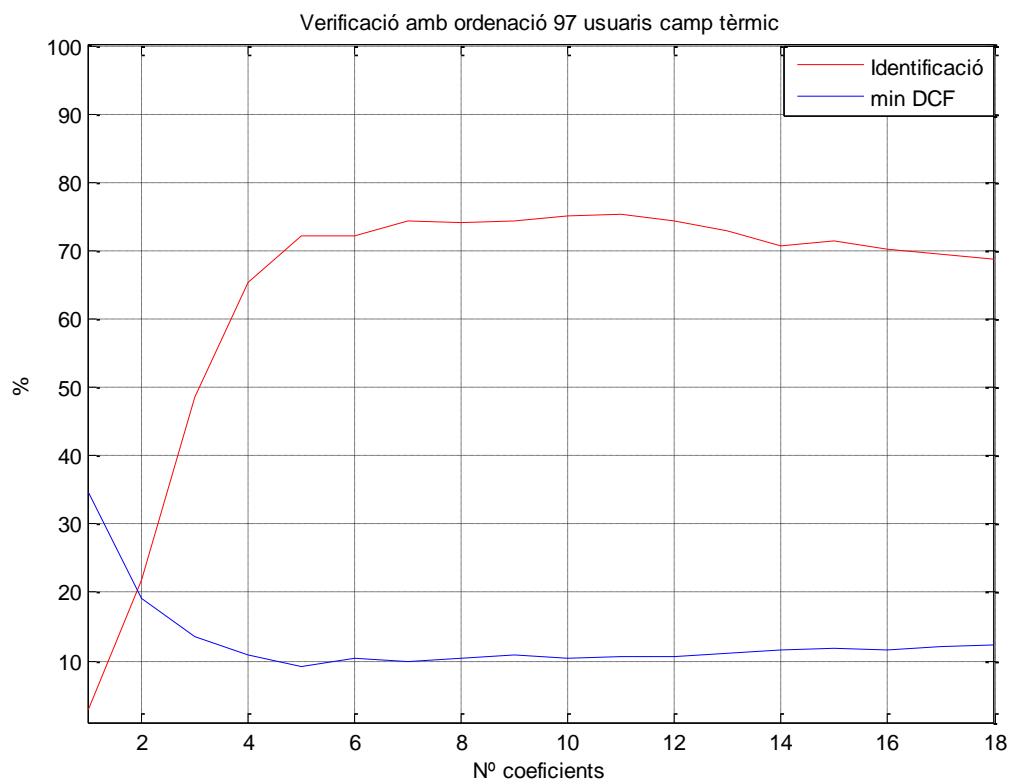


Fig. 8.11 Verificació al camp tèrmic.



## 8.5. Historiogrames de distància

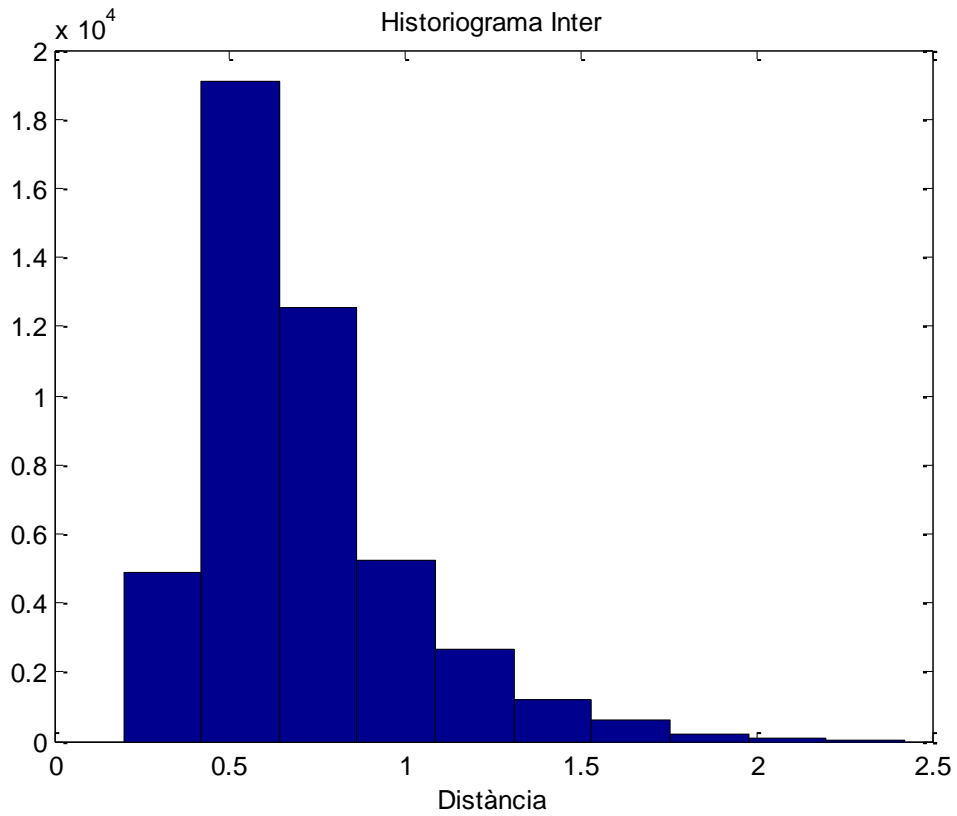


Fig. 8.12 Historiograma Inter pel camp tèrmic.

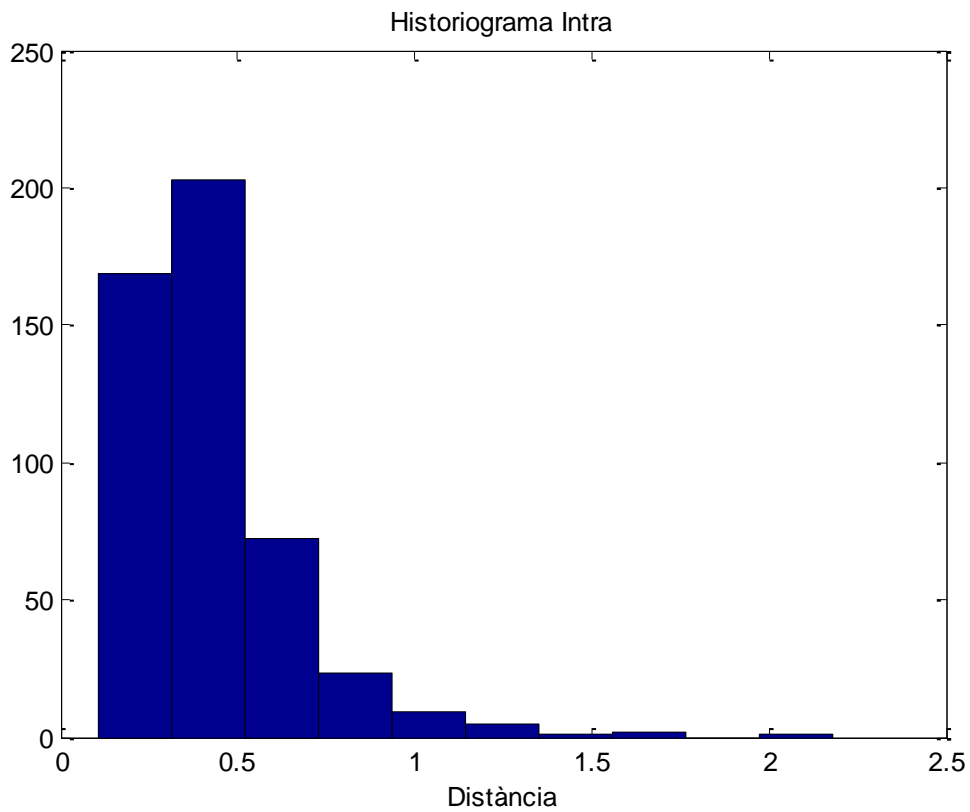


Fig. 8.13 Historiograma Intra pel camp tèrmic.

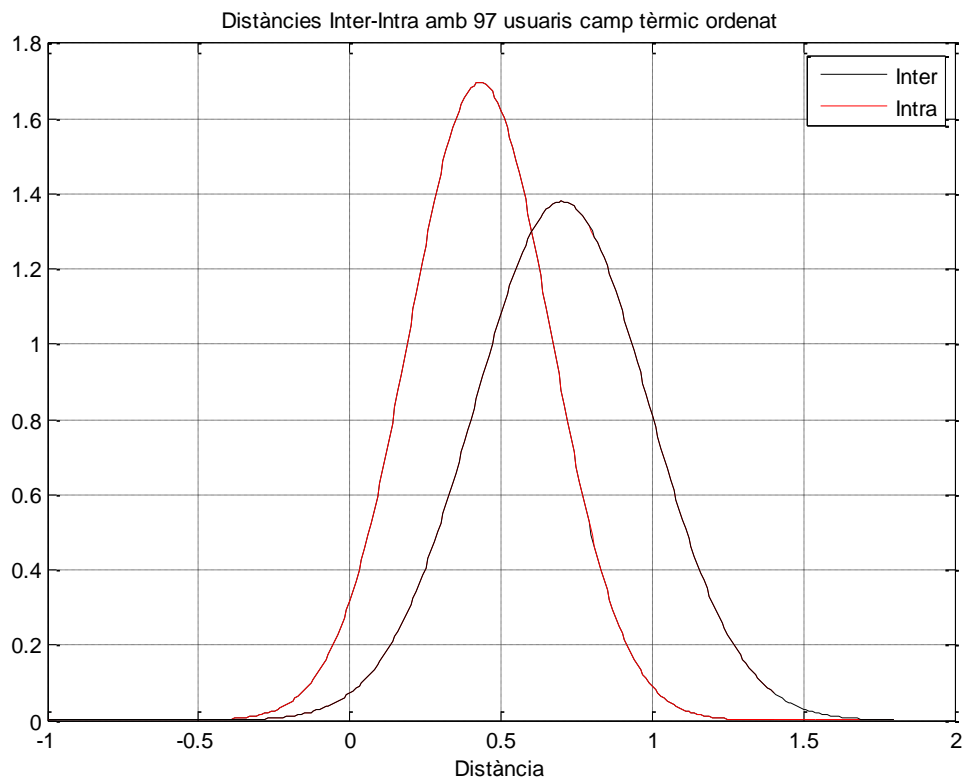


Fig. 8.14 Historiograma Inter-Intra pel camp tèrmic.

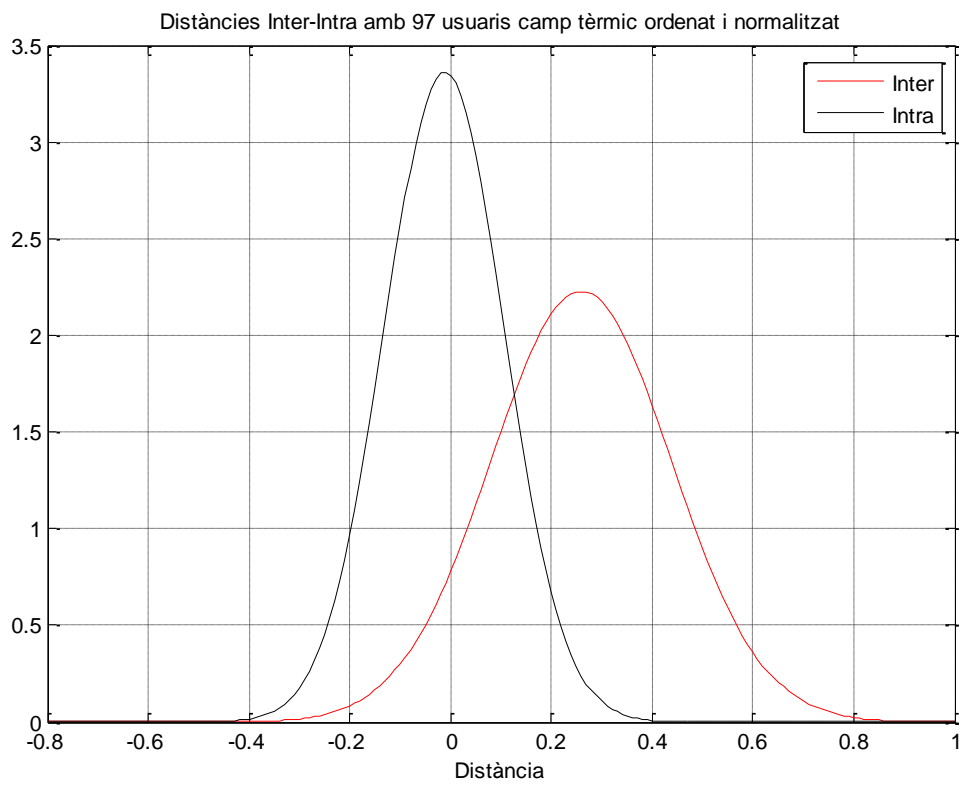


Fig. 8.15 Historiograma Inter-Intra pel camp tèrmic normalitzat.

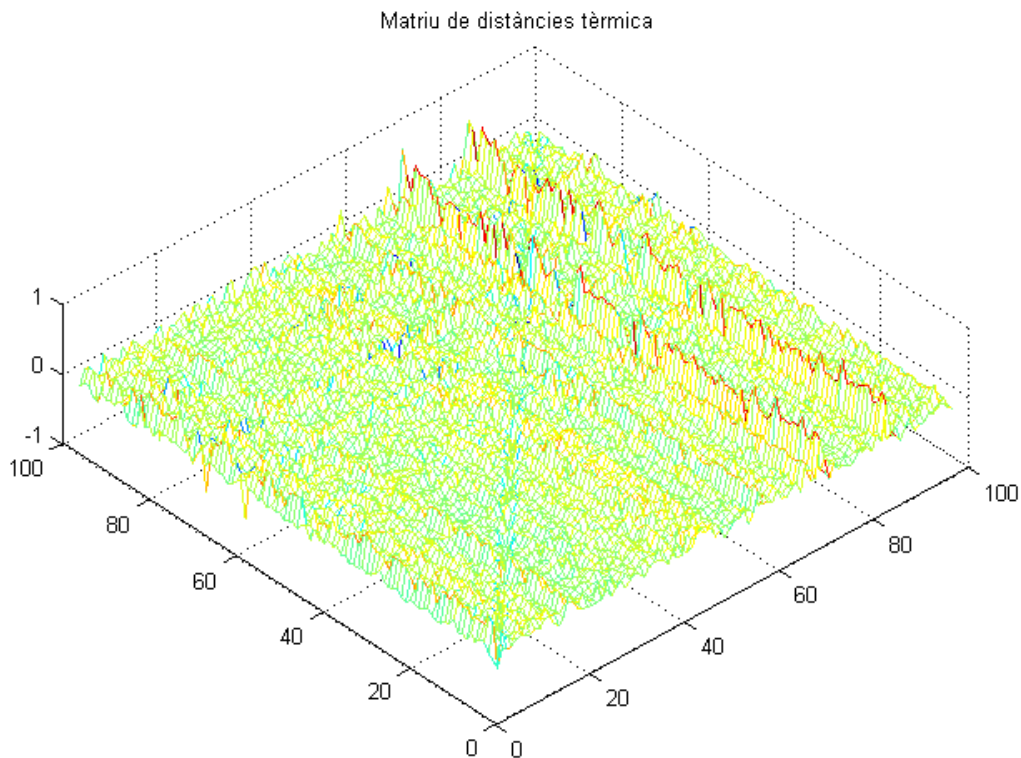


Fig. 8.16 Representació en 3D de la matriu de distàncies.

## 8.6. Variabilitat de la base de dades del camp tèrmic

S'ha escollit un usuari al atzar i s'ha procedit a analitzar la distància de la primera sessió amb els altres usuaris i també s'ha fet una comparació entre la primera sessió i l'última per veure la variació en funció del temps. Com es pot veure a les figures Fig.8.17, 8.18, 8.19 i 8.20, l'usuari identificat és el número 37. Entre la primera i l'última sessió es pot apreciar un canvi considerable alhora de fer la verificació passem de tenir valors de verificació normalitzats del -0.4 a un -0.25 escurçant distància. En aquest cas el llindar de decisió és molt clar no donant lloc a errors de verificació ni a possibles cohorts.

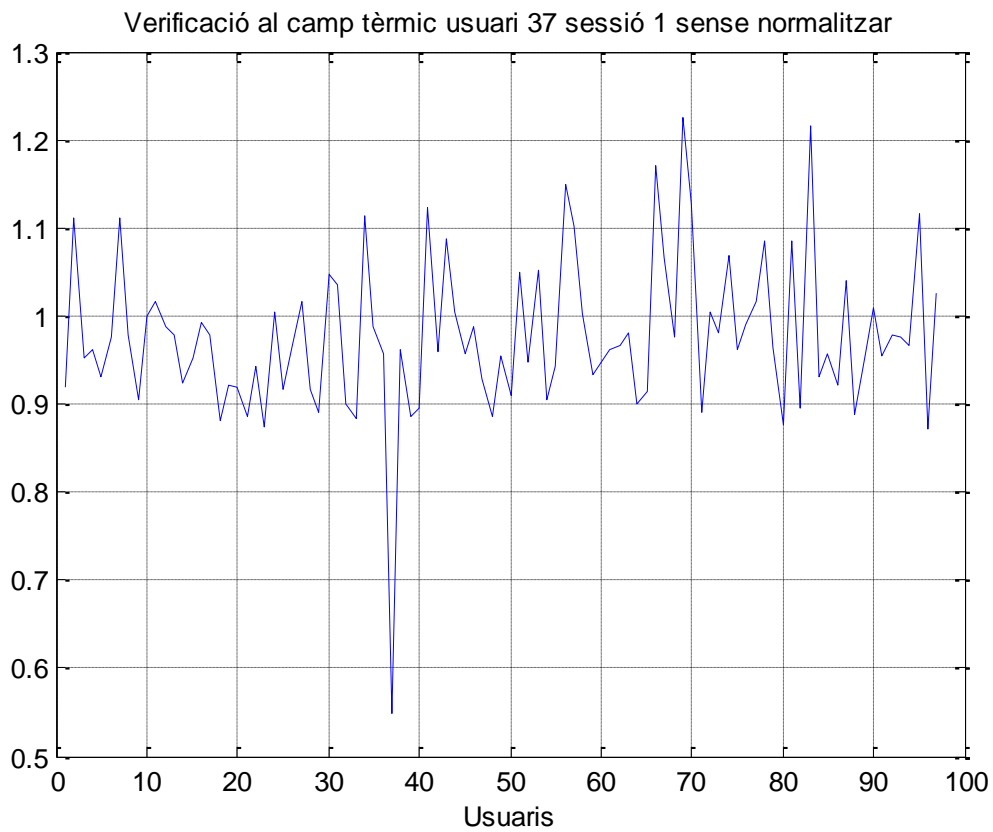


Fig. 8.17 Verificació usuari 37 primera sessió sense normalitzar.

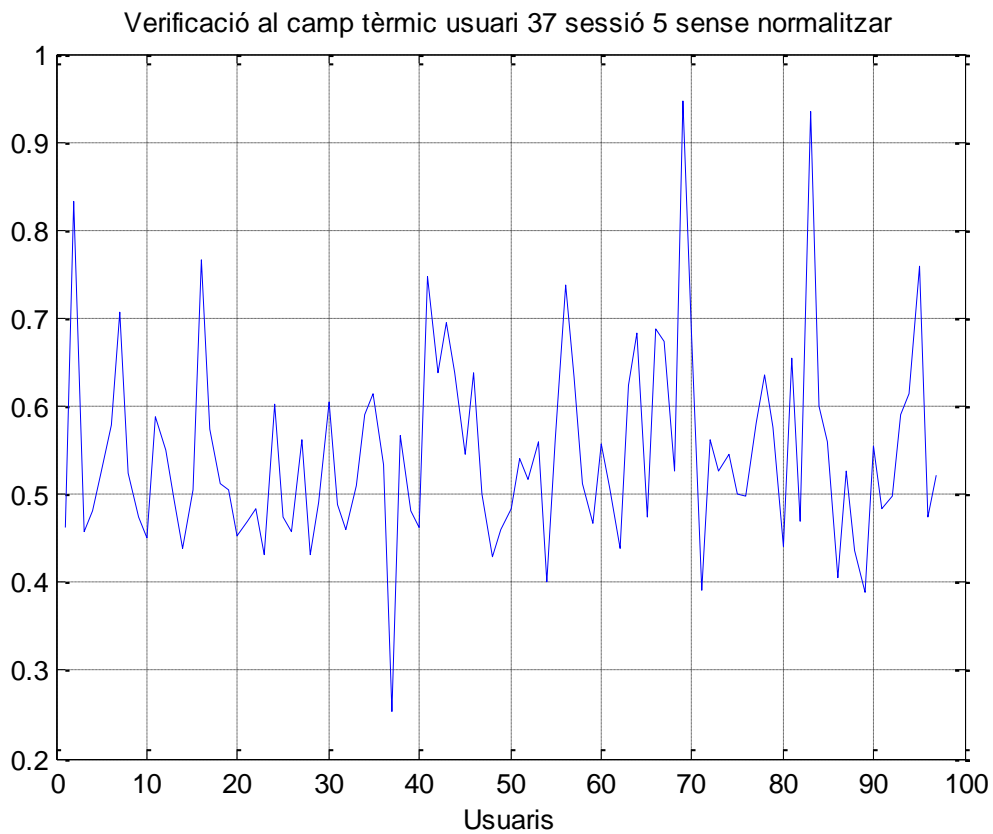


Fig. 8.18 Verificació usuari 37 cinquena sessió sense normalitzar.

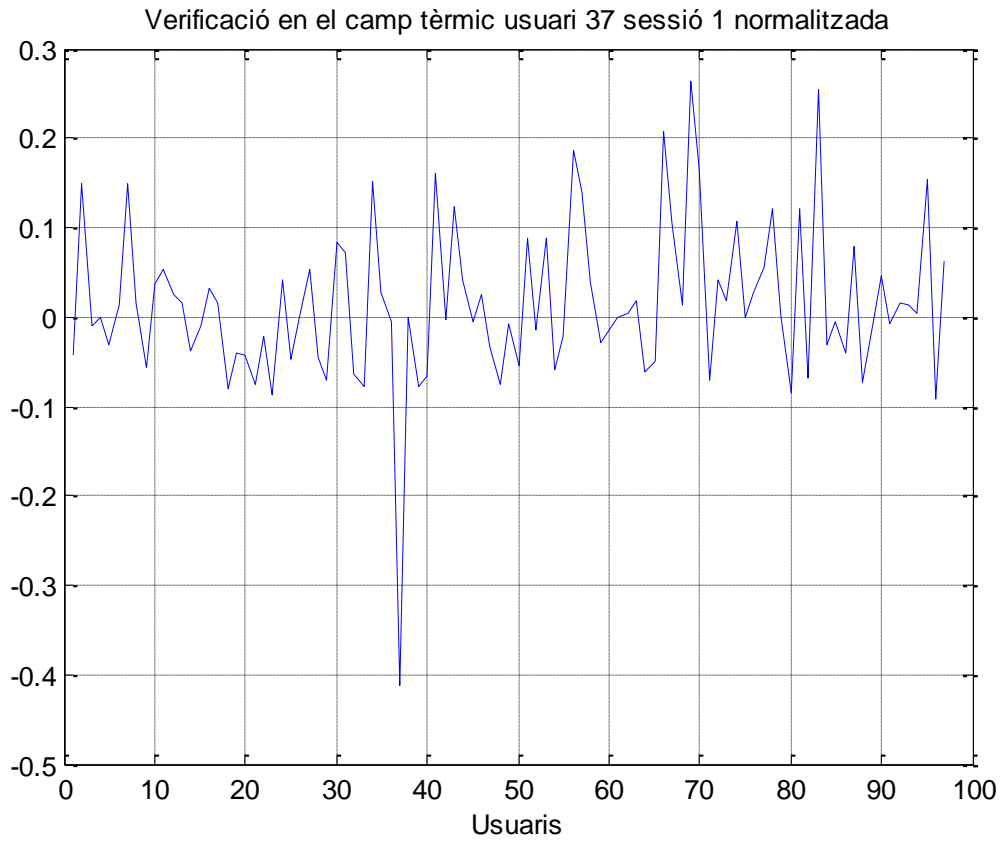


Fig. 8.19 Verificació usuari 37 primera sessió normalitzada.

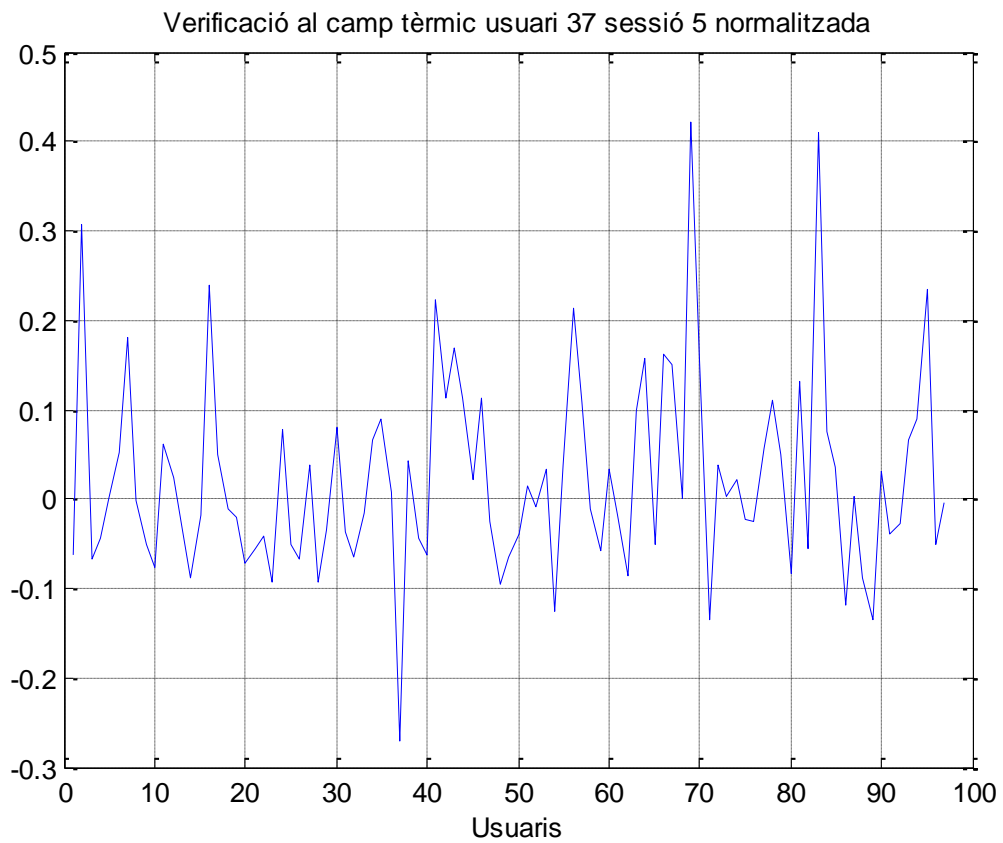


Fig. 8.20 Verificació usuari 37 cinquena sessió normalitzada.

## 8.7. Base de dades visible

Com anteriorment s'ha aplicat altre base de dades, s'escull una zona de la mà que aporta més informació, la regió examinada és una imatge de 100x100 del palmell central de la mà, com es pot veure a la Fig. 8.21.

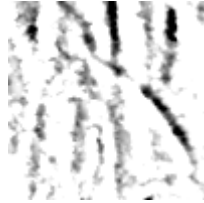


Fig. 8.21 Imatge de la regió visible analitzada.

## 8.8. Identificació

Per a establir un coeficient òptim d'identificació s'ha dut a terme els càlculs des del coeficient 1 fins a 18 obtenint com a millor resultat els coeficients 10 i 11. Tal i com es veu a la figura següent Fig. 8.22. Dóna un percentatge de reconeixement del 95.833% pels dos casos. A efectes d'eficiència amb els càlcul s'escull el coeficient més petit.

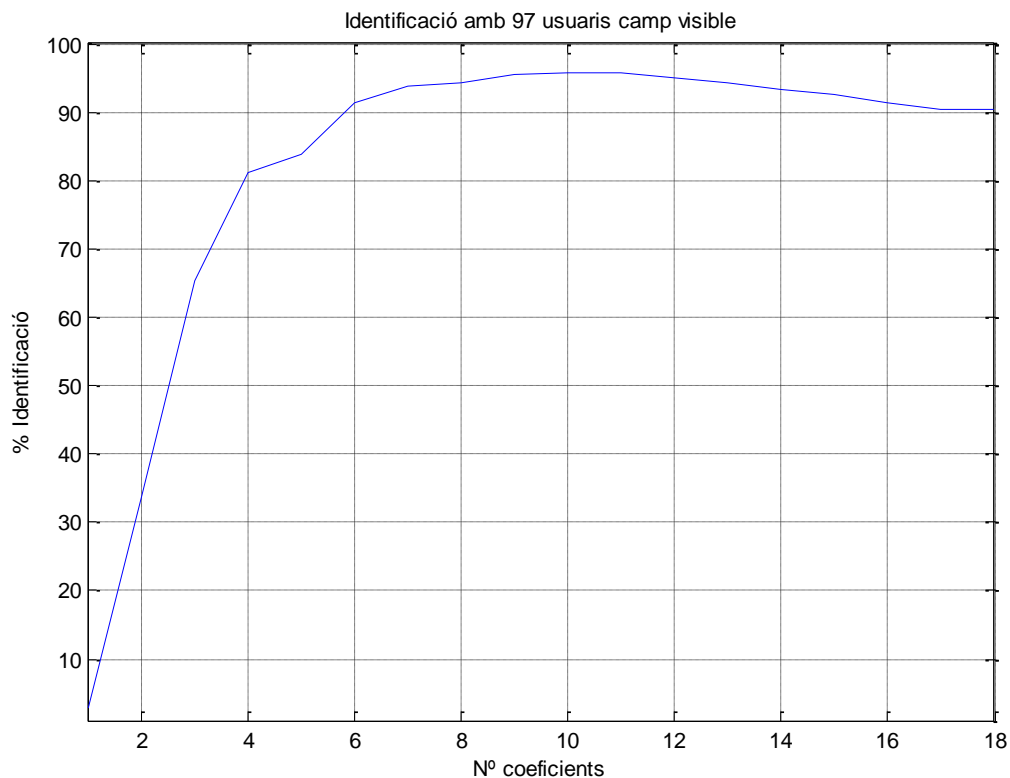


Fig. 8.22 Identificació al camp visible.

## 8.9. Verificació ordenació de variàncies

En el cas de la verificació amb ordenació de variàncies la taxa d'identificació és d'un 3.0423% i amb una identificació del 92.9897% amb finestres de 6 i 10 respectivament, tal i com es mostra a la figura Fig.8. 23. Les imatges del camp visible aporten més informació que les tèrmiques, és per això que tenim un increment a les taxes de reconeixement. Aquest fet també es veu reflectit a les distribucions inter-intra Fig 8.24, 8.25 i 8.26, es pot veure que el solapament ha disminuït. Com es pot veure a la distribució normalitzada Fig. 8.27, es pot establir un llindar entre els usuaris inter-intra entre  $0.3 \pm 0.3$ .

Amb la representació de la matriu de distàncies Fig. 8.28, a la diagonal principal que és on es troba la informació dels usuaris genuïns és molt pronunciada, facilitant la discriminació entre genuïns i impostors.

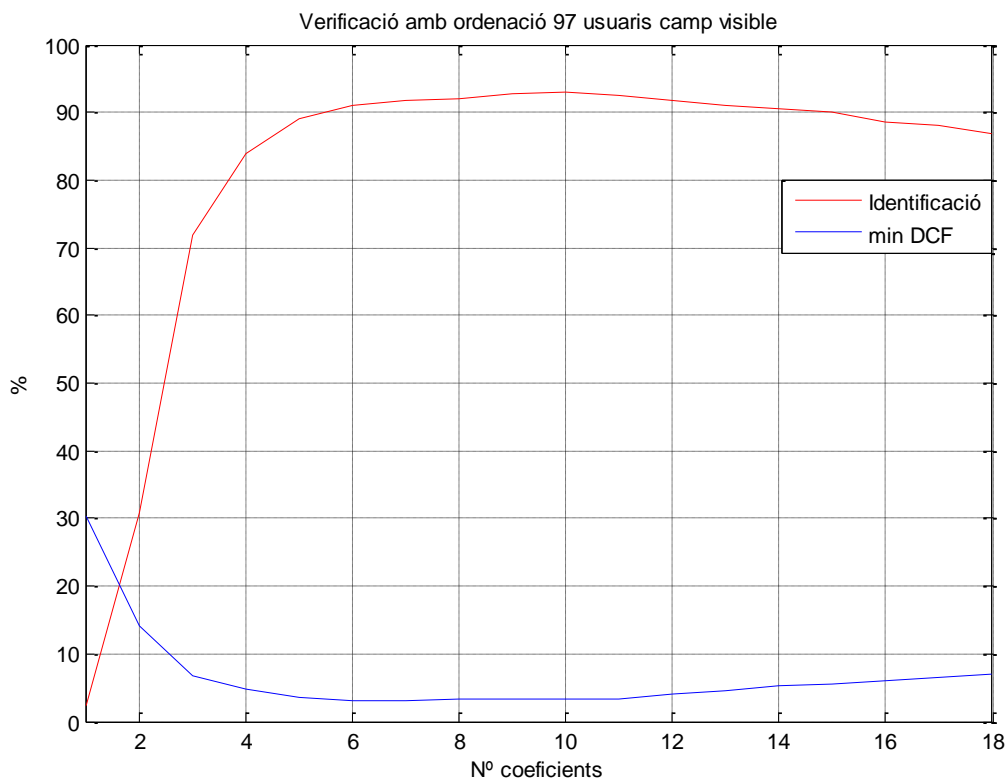


Fig. 8.23 Verificació al camp visible.

## 8.10. Historiogrames de distància

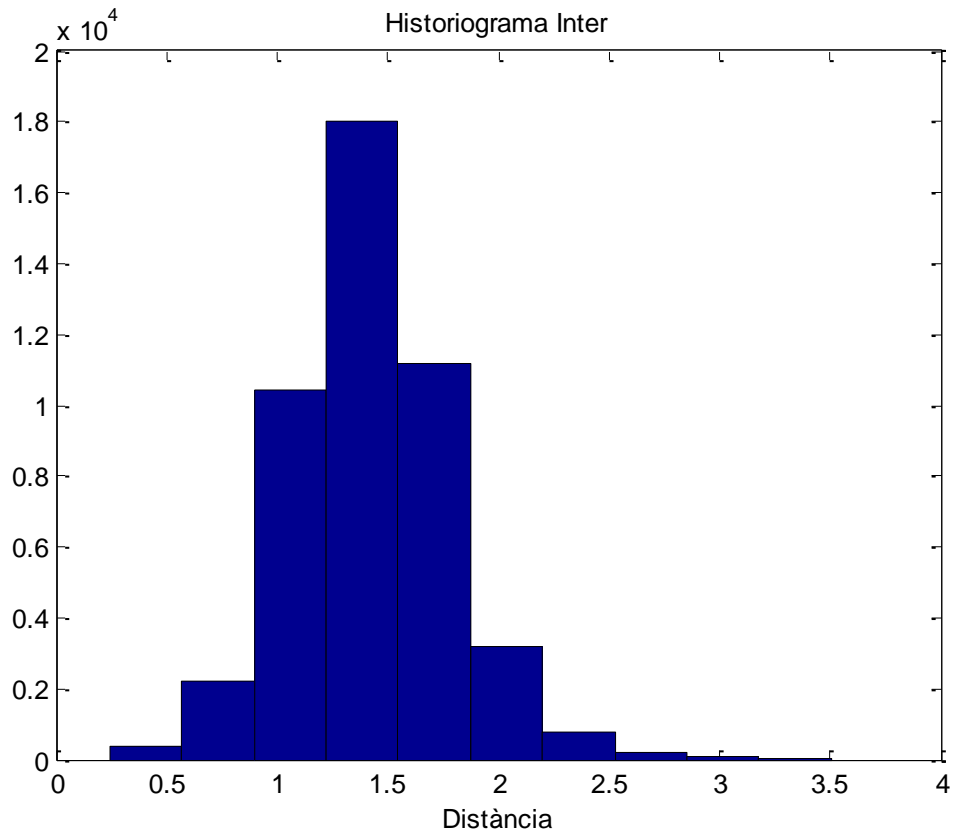


Fig. 8.24 Historiograma Inter pel camp visible.

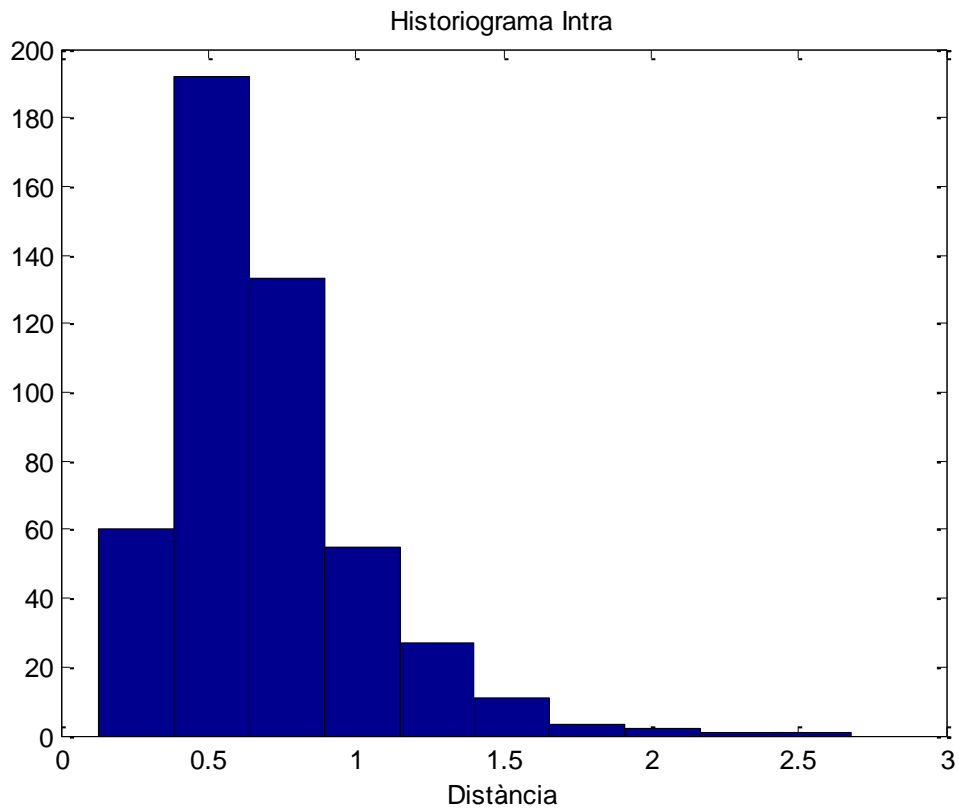


Fig. 8.25 Historiograma Intra pel camp visible.



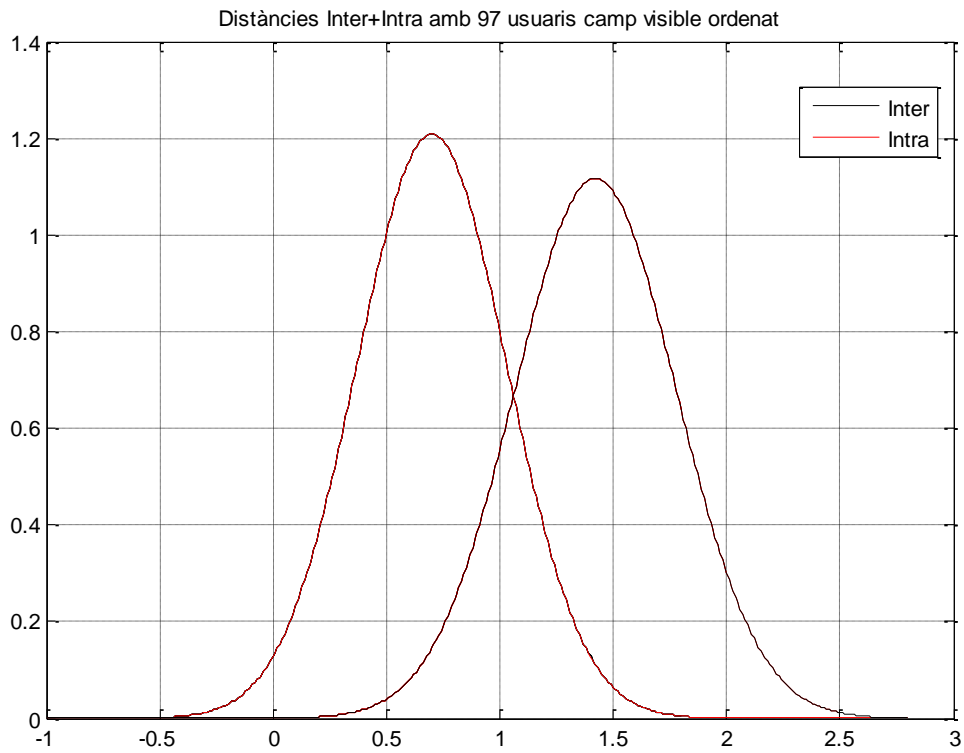


Fig. 8.26 Historiograma Inter-Intra pel camp visible.

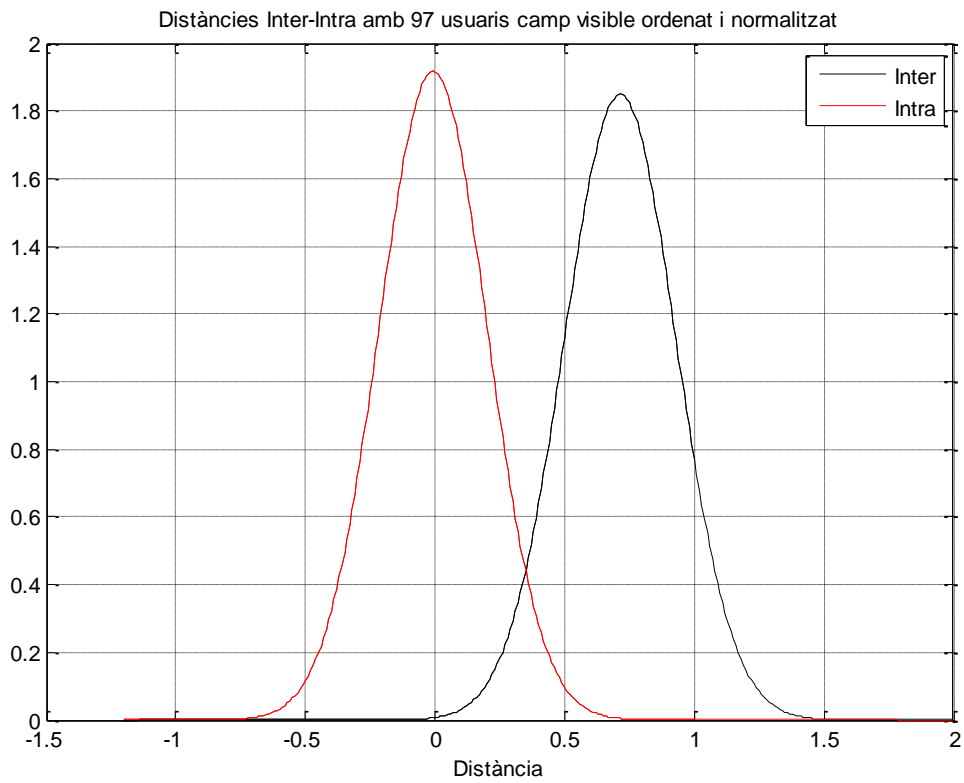


Fig. 8.27 Historiograma Inter-Intra pel camp visible normalitzat.

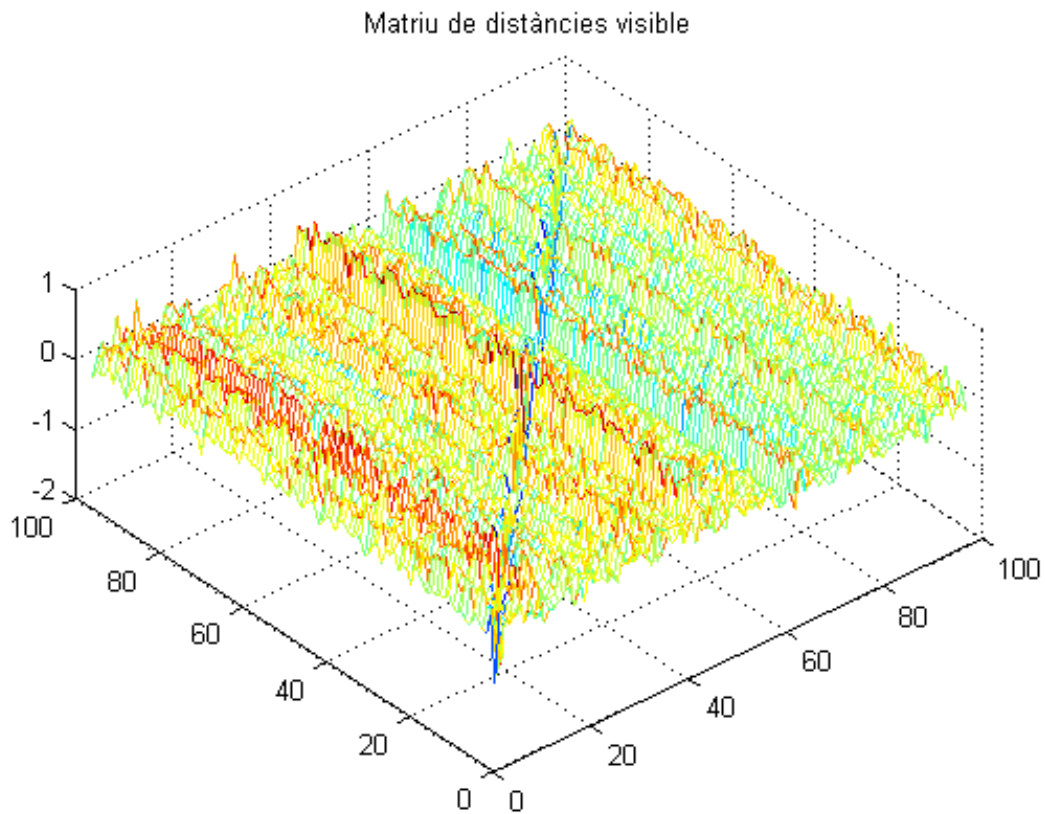


Fig. 8.28 Representació en 3D de la matriu de distàncies.

### 8.11. Variabilitat de la base de dades del camp visible

Com es pot veure a les figures Fig.8.29, 8.30, 8.31 i 8.32, l'usuari verificat és el número 43, al igual que en el cas tèrmic s'identifica clarament l'usuari genuí . Cal destacar que amb el pas del temps els valors de verificació són molt estables. Tant en la primera sessió com en l'última els valors de la distància està molt marcat, fet que afavoreix al bon funcionament del sistema i a l'eliminació de possibles cohorts, al no haver cap altre usuari que es pugui passar per genuí.

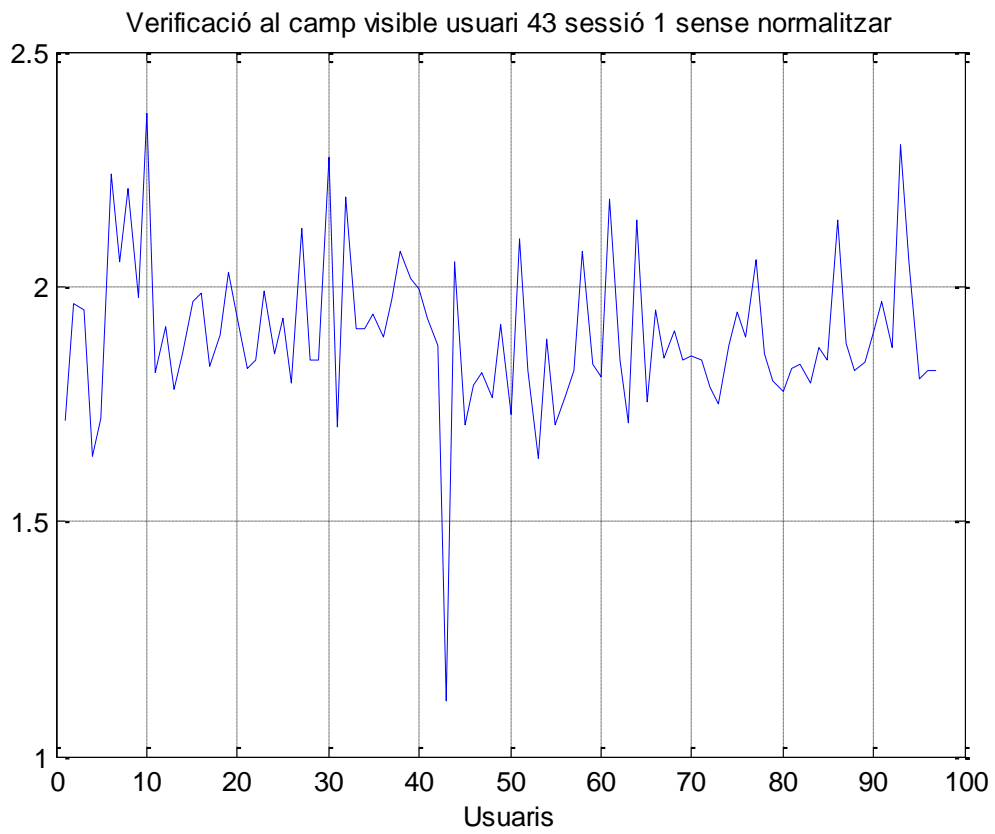


Fig. 8.29 Verificació Usuari 43 primera sessió sense normalitzar.

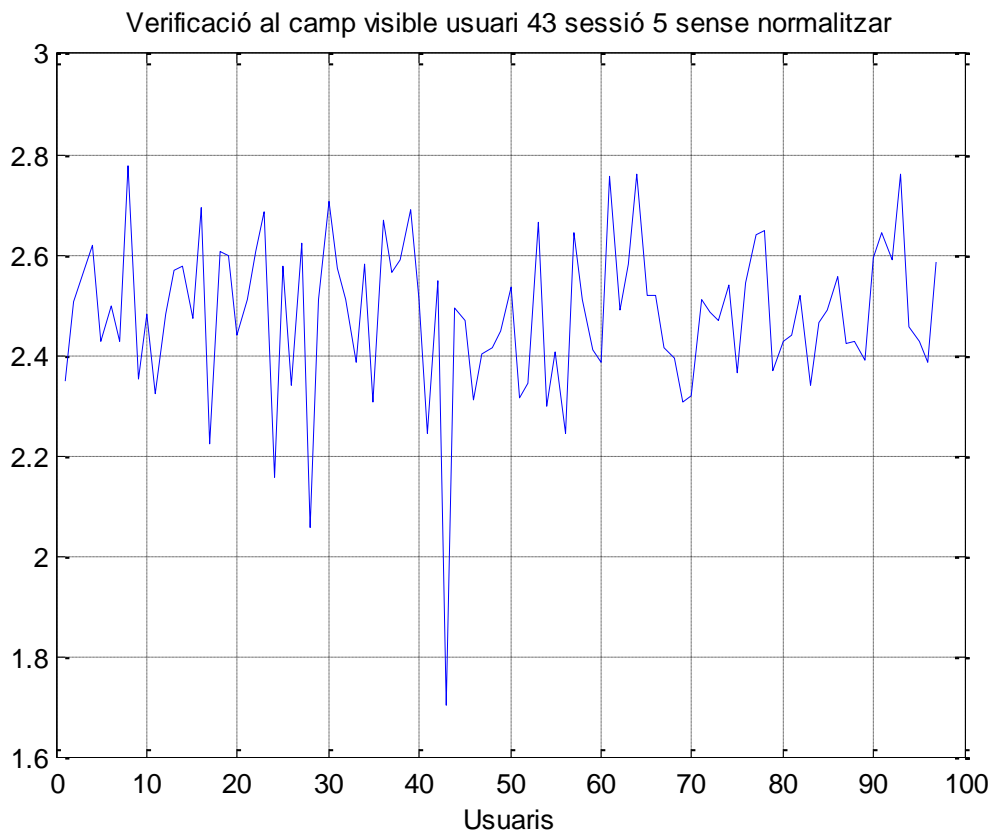


Fig. 8.30 Verificació usuari 43 cinquena sessió sense normalitzar.

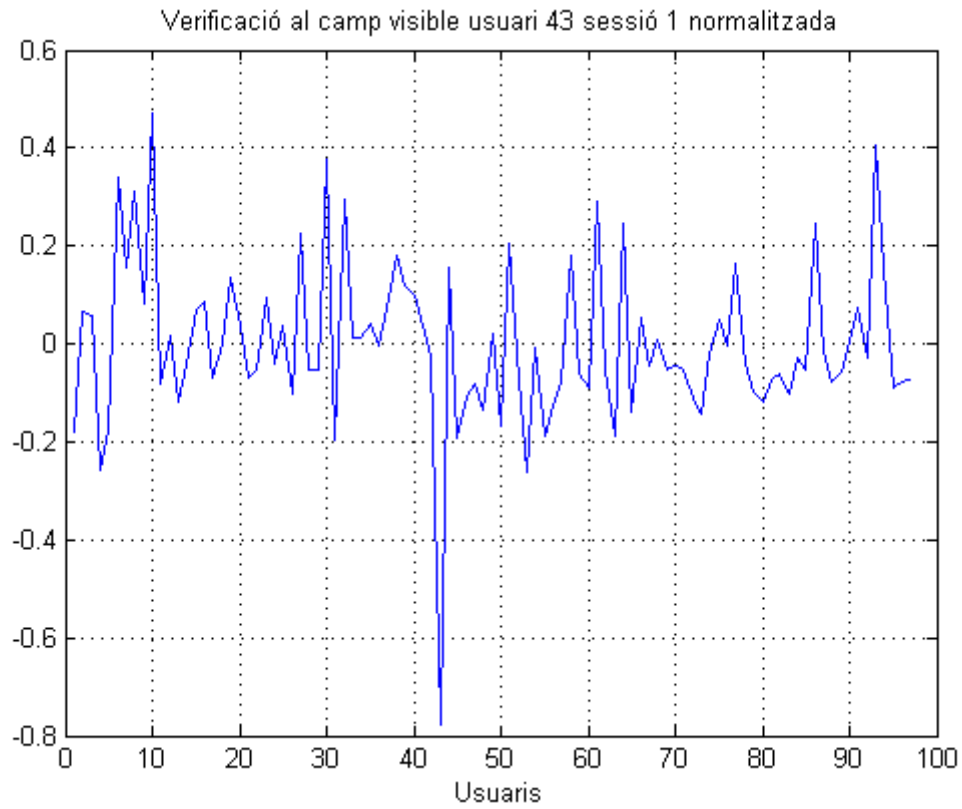


Fig. 8.31 Verificació usuari 43 primera sessió normalitzada.

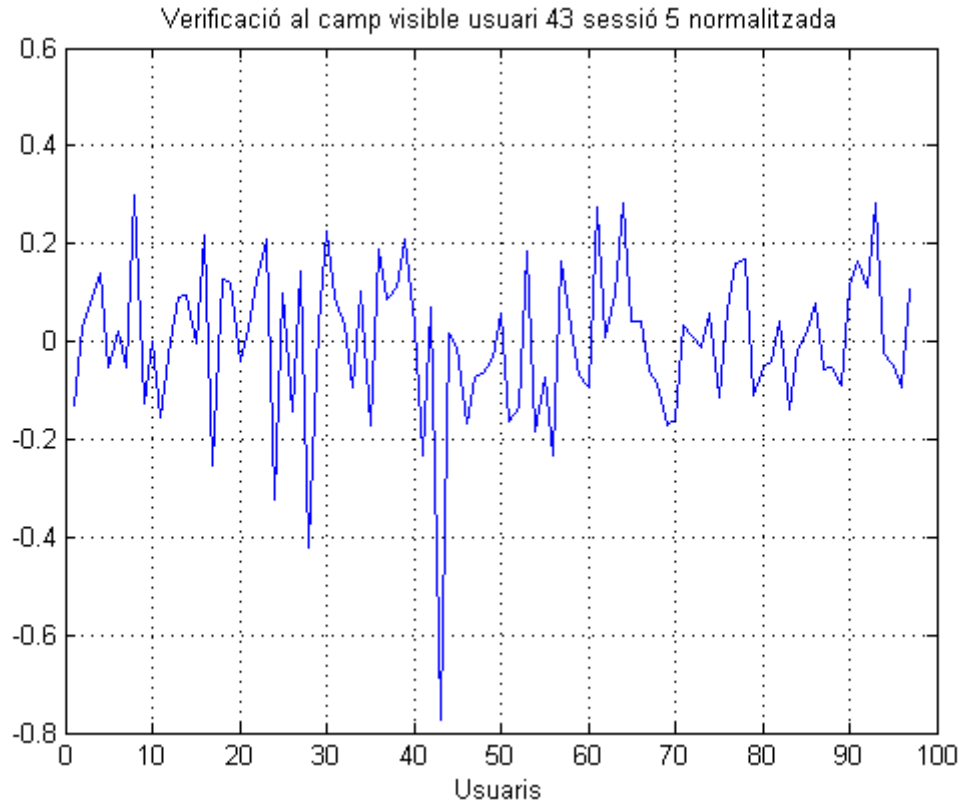


Fig. 8.32 Verificació usuari 43 cinquena sessió normalitzada

## 9. Conclusions

Després d'haver analitzat i comparat les dues bases de dades es pot determinar que el sistema més eficient és el visible en vers el tèrmic. No obstant, com a mètode de seguretat innovador el sistema tèrmic és el més eficient, ja que es podria detectar mans amputades, falsificacions, etc. Tot i que la taxa del tèrmic és menor com a sistema de seguretat és més òptim.

També caldria fer un incís en la variabilitat que experimenta amb el llarg del temps les imatges tèrmiques, ja que a les visibles no es veuen tant afectades. Al haver creat la base de dades durant els mesos de febrer fins al maig, els increments de temperatura en aquest període han inclòs variacions notables entre la primera i la última sessió. Cosa que provoca una baixada en el percentatges de reconeixement.



## 10. Referències.

Chris Roberts “Biometrics Technologies – Palm and Hand” May 2006.

Dr. Bülent Sankur. “Shape-Based Hand Recognition” IEEE vol 15 N°7 July 2006.

Marco Grassi, Marcos Faúndez – “A protection scheme for enhancing biometric template security and discriminability”, Jornadas de reconocimiento biométrico de personas , Huesca 2-3 Septiembre 2010, páginas 9-16

*[http://www.homini.com/new\\_page\\_5.htm](http://www.homini.com/new_page_5.htm)*

*<http://www.biometrics.gov/Documents/handgeometry.pdf>*

*<http://es.wikipedia.org/wiki/Biometr%C3%ADa>*

*<http://www.monografias.com/trabajos43/biometria/biometria.shtml>*

*[http://es.wikipedia.org/wiki/Radiaci%C3%B3n\\_infrarroja](http://es.wikipedia.org/wiki/Radiaci%C3%B3n_infrarroja)*

*<http://legacy.spitzer.caltech.edu/espanol//edu/ir/infrared.html>*

*<http://en.wikipedia.org/wiki/Infrared>*

*[http://es.wikipedia.org/wiki/Espectro\\_visible](http://es.wikipedia.org/wiki/Espectro_visible)*

Tecnologías biométricas aplicadas a la Seguridad. Rapiador, M. Y Siguenza, J.A. editorial Ra-Ma Marzo 2005.





# Escola Universitària Politécnica de Mataró

Centre adscrit a:



UNIVERSITAT POLITÈCNICA  
DE CATALUNYA

**Enginyeria Tècnica de Telecomunicació, Especialitat en Telemàtica**

**TÍTOL DEL PROJECTE/TREBALL**

**Annexos**

**RUBÉN HERNÁNDEZ MINGORANCE  
PONENT: MARCOS FAÚNDEZ ZANUY**

PRIMAVERA 2011



**TecnoCampus  
Mataró-Maresme**



# Índex.

<b>Annex I. Enfocament d'imatges tèrmiques.....</b>	<b>3</b>
1.1. Resum .....	3
1.2. Mesures focals .....	3
1.2.1. Variància.....	3
1.2.2. Energia del gradient de la imatge.....	3
1.2.3. Tenengrad .....	4
1.2.4. Energia de Laplace de la imatge.....	4
1.2.5. Suma modificada de Laplace.....	4
1.2.6. Crete et al.....	4
1.3. Dades experimentals .....	6
1.4. Descripció de la base de dades .....	7
1.5. Resultat del experiment .....	7
<b>Annex II. Image registration.....</b>	<b>10</b>
<b>Annex III. Contingut del CD-ROM.....</b>	<b>19</b>



## Annex I. Enfocament d'imatges tèrmiques

### 1.1. Resum

En aquest apartat s'explica com es va crear la base de dades amb dues càmeres termogràfiques per fer un anàlisi i comparació del enfocament automàtic. La base de dades que es generarà consisteix en dos escenaris, on cada escenari contindrà 96 fotografies amb diferents posicions focals. El que es pretén amb aquest experiment volem comprovar la detecció òptima del enfocament de les càmeres.

### 1.2. Mesures focals

Amb aquest experiment es vol avaluar l'enfocament automàtic en fotografies tèrmiques. Les imatges termogràfiques plantegen una sèrie d'inconvenients:

- La dificultat d'enfocament manual és més difícil que en una imatge en el camp visible, ja que no estem habituats a fer captures amb aquest mode.
- El visor que incorporen les càmeres són de baixa resolució, cosa que fa que qui està fent la captura es pensi que la imatge està enfocada i realment no és així.

Per tal de poder fer un bon estudi de les imatges, s'han capturat diferents imatges amb diferents distàncies focals. Les mesures focals són molt similars a les mesures captades per les càmeres que capten el camp visible, per tant utilitzarem els mateixos mètodes per analitzar les imatges. Aquests mètodes principalment afecten a la nitidesa.

#### 1.2.1. Variància.

Una mesura bastant simple és la variància de la imatge. Les imatges borroses tenen una petita variància respecte a les enfocades.

#### 1.2.2. Energia del gradient de la imatge.

L'energia del gradient de la imatge (EOG) està basada en els gradient horitzontals i verticals de les imatges, i s'obté amb:

$$EOG = \sum_{x=1}^{M-1} \sum_{y=1}^{N-1} (f_x^2 + f_y^2)$$

### 1.2.3. Tenengrad

Aquesta mesura es basa en la magnitud del gradient de l'operador Sobel:

$$Tenengrad = \sum_{x=2}^{M-1} \sum_{y=2}^{N-1} (\nabla S(x, y))^2 \text{ per } \nabla S(x, y) > T,$$

on  $T$  és el valor llindar, i  $\nabla S(x, y)$  és el valor del gradient en magnitud de Sobel.

### 1.2.4. Energia de Laplace de la imatge.

L'energia de Laplace es calcula de la següent manera:

$$EOL = \sum_{x=2}^{M-1} \sum_{y=2}^{N-1} (f_{xx} + f_{yy})^2,$$

on

$$f_{xx} + f_{yy} = -I(x-1, y-1) - 4I(x-1, y) - I(x-1, y+1) - 4I(x, y-1) + 20I(x, y) - 4I(x, y+1) - I(x+1, y-1) - 4I(x+1, y) - I(x+1, y+1).$$

### 1.2.5. Suma modificada de Laplace.

Nayar i Nakagawa van fer una notació a la segona derivada de Laplace, on la direcció de la  $x$  i la  $y$  tenen signes oposats i tendeixen a cancel·lar-se. Per tant van proposar una variació de la suma de Laplace (SML), que s'obté de la següent manera:

$$SML = \sum_{i=x-W}^{x+W} \sum_{j=y-W}^{y+W} \nabla_{ML}^2 f(i, j) \text{ per } \nabla_{ML}^2 f(i, j) \geq T,$$

on  $T$  és la discriminació del valor del llindar i:

$$\nabla_{ML}^2 f(x, y) = |2I(x, y) - I(x - step, y) - I(x + step, y)| + |2I(x, y) - I(x, y - step) - I(x, y + step)|.$$

Per tal d'adaptar-se a les possibles variacions en la grandària dels elements, Nayar utilitza la variable espacial ( $step$ ) entre píxels per calcular la ML. El paràmetre  $W$  determina el tamany de la finestra utilitzada pel càlcul del focus.

### 1.2.6. Crete et al.

Per a ser independent de qualsevol detector de fons i ser capaç de controlar l'enfocament, Crete et al. emprà una aproximació, al fer una discriminació entre els

diferents nivells d'enfocament perceptible a la mateixa imatge. L'algorisme per a la no-referència del desenfocament pot ser descrit amb les següents fórmules:

$$h_v = \frac{1}{9} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \end{bmatrix},$$

$$h_h = \frac{1}{9} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}^T,$$

$$b_v = h_v * I(x, y),$$

$$b_h = h_h * I(x, y),$$

On  $h_v$  i  $h_h$  són la resposta al impuls horitzontal i vertical del filtre passa-baixes utilitzat per fer la versió borrosa de la imatge  $I(x, y)$ . En el següent pas les imatges en valor absolut

$Di_v(x, y), Di_h(x, y), Db_v(x, y)$  i  $Db_h(x, y)$ :

$$Di_v(x, y) = \text{abs}(I(x, y) - I(x-1, y)) \quad \text{for } x=1, 2, \dots, M-1, y=0, 1, \dots, N-1,$$

$$Di_h(x, y) = \text{abs}(I(x, y) - I(x, y-1)) \quad \text{for } x=1, 2, \dots, N-1, y=0, 1, \dots, M-1,$$

$$Db_v(x, y) = \text{abs}(b_v(x, y) - b_v(x-1, y)) \quad \text{for } x=1, 2, \dots, M-1, y=0, 1, \dots, N-1,$$

$$Db_h(x, y) = \text{abs}(b_h(x, y) - b_h(x, y-1)) \quad \text{for } x=1, 2, \dots, N-1, y=0, 1, \dots, M-1.$$

La variació  $V_v$  i  $V_h$  són els píxel veïns que s'analitzen:

$$V_v = \max(0, Di_v(x, y) - Db_v(x, y)) \quad \text{for } x=1, 2, \dots, M-1, y=0, 1, \dots, N-1,$$

$$V_h = \max(0, Di_h(x, y) - Db_h(x, y)) \quad \text{for } x=1, 2, \dots, M-1, y=0, 1, \dots, N-1.$$

Si la variació és alta, llavors la imatge inicial és bona i sinó  $I(x, y)$  està desenfocada.

Aquest algorisme està dissenyat per calcular el grau d'enfocament, però al nostre cas el valor ens dona és la nitidesa que ens és més útil. El valor  $S$  es pot obtenir senzillament amb aquesta fórmula:

$$S = 1 - \max(Bi_v, Bi_h).$$

Això vol dir que les imatges nítides tenen un valor S proper a 1 i que les imatges borroses tenen valors propers a 0.

### **1.3. Dades experimentals**

Per analitzar l'enfocament de les càmeres s'han adquirit diferents fotografies tèrmiques amb les dues càmeres i així generar la base de dades. Utilitzant les bases de dades generades per ambdues càmeres, s'han avaluat la distància focal per a cada imatge, obtenint així un conjunt de gràfiques que ens mostren quina és la fotografia que està més ben enfocada.

Per a l'adquisició de les imatges, s'han utilitzat dues càmeres termogràfiques TESTO models 880 i 882. La TESTO 880 està equipada per un sensor de temperatura i espectral amb sensibilitat de 8 a 14  $\mu\text{m}$ . Amb lent intercanviable, les seves característiques principals són:

- Resolució: 160x120 píxels.
- Camp visual/ distància mínima d'enfocament: 32°x24° /0,1m.
- Sensibilitat tèrmica (NETD) <0,1 °C fins 30 °C.
- Resolució geomètrica: 3,5 mrad.
- Sensor: FPA 160x120 píxels, a.Si, temperature-stabilized.

La TESTO 882 està equipada amb un sensor de temperatura i espectral amb sensibilitat de 8 a 14  $\mu\text{m}$ . Amb lent intercanviable, les seves característiques principals són:

- Resolució: 320x240 píxels.
- Camp visual/ distància mínima d'enfocament: 33°x25° /0,4m.
- Sensibilitat tèrmica (NETD) <60 mK °C fins 30 °C.
- Resolució geomètrica: 1,7 mrad.
- Sensor: FPA 320x240 píxels, a.Si, temperature-stabilized.

La base de dades consisteix en un conjunt d'imatges, cada imatge capturada per la càmera correspon a un posició diferent del objectiu. En aquest cas que ens correspon s'ha mogut la lent de forma manual de mil·límetre en mil·límetre que dona un total de 96 posicions. Cada base de dades inclou 96 fotografies de la mà com de la cara. Per controlar el moviment



mil·limètric hem utilitzat una cinta mil·limetrada enganxada al objectiu de la càmera, també s'ha utilitzat un trípode per poder tenir sempre la mateixa posició. Per a la captura de les instantànies hem utilitzat un programa desenvolupat en Matlab, aquest ens permet tenir el control de les càmeres des del portàtil. Aquest programa capta la distància focal de cada imatge per facilitar l'adquisició de les imatges i el seu posterior processat. Les imatges captades són emmagatzemades en format .bmp. Les càmeres ens permeten captar les imatges amb diferents paletes, la més òptima alhora de detectar les transicions és la de ferro, ja que mostra les transicions de forma més brusca i permet separar amb més facilitat l'objecte del fons.

#### **1.4. Descripció de la base de dades**

S'han pres diferents tipus d'imatges tant de la cara com de les mans, en el cas de les mans s'han obtingut fotografies del anvers i del revers. En total s'han recopilat sis bases de dades.

1. Cares amb TESTO 880.
2. Cares amb TESTO 882.
3. Part superior de la mà amb TESTO 880.
4. Part superior de la mà amb TESTO 882.
5. Part inferior de la mà amb TESTO 880.
6. Part inferior de la mà amb TESTO 882.

La nova base de dades està formada per  $6 \times 96 = 576$  imatges.

#### **1.5. Resultat del experiment**

A la base de dades del revers de la mà com es pot veure a les Figures 1 i 2 totes les corbes dels diferents mètodes d'enfocament utilitzats acaben en el mateix punt determinant quin és el punt més enfocat de tots, exceptuant Tenengrand que no determina cap punt en concret de màxima precisió. A la Figura 3, tenim la comparativa entre les dues càmeres, es pot veure com tenen diferents punts d'enfocament, ja que la òptica és diferent<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> Cal destacar que la càmera TESTO 882 ens dóna una imatge de 320x240 i la TESTO 880 160x120.

En el cas de la base de dades del anvers de la mà, les captures de la TESTO 880 es pot diferenciar més fàcilment quina és la imatge més enfocada (Figura 4), però amb la 882 (Figura 5) els valors que pertanyen a les imatges més borroses són més elevats i el punt òptim no queda tant diferenciat com en el cas de l'altre càmera. Com es veu a la Figura 6 amb la funció Tenengrad torna a fallar, ja que no és un bon mètode per a calcular l'enfocament.

---

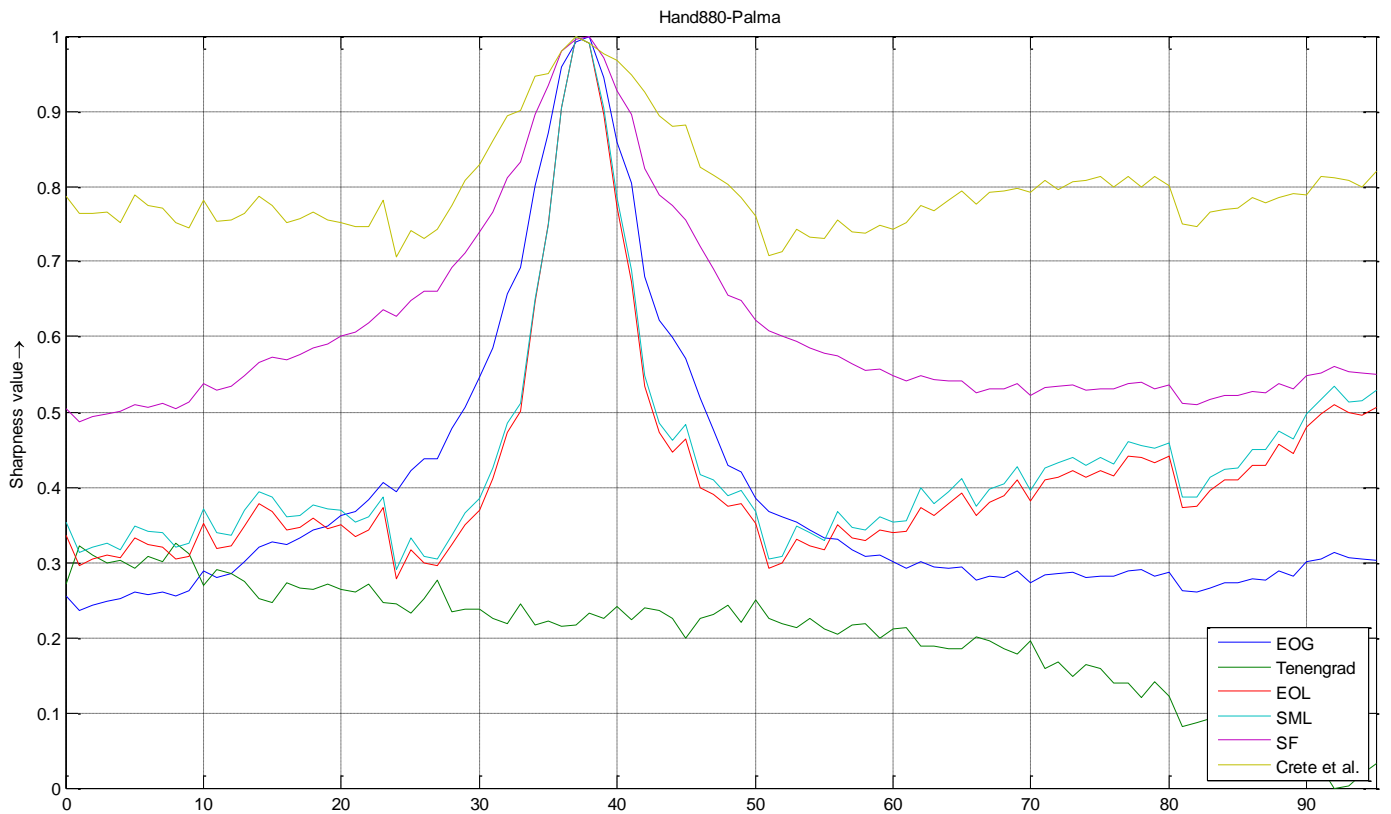


Fig. I. 1 Revers de la mà capturada amb la Testo 880.

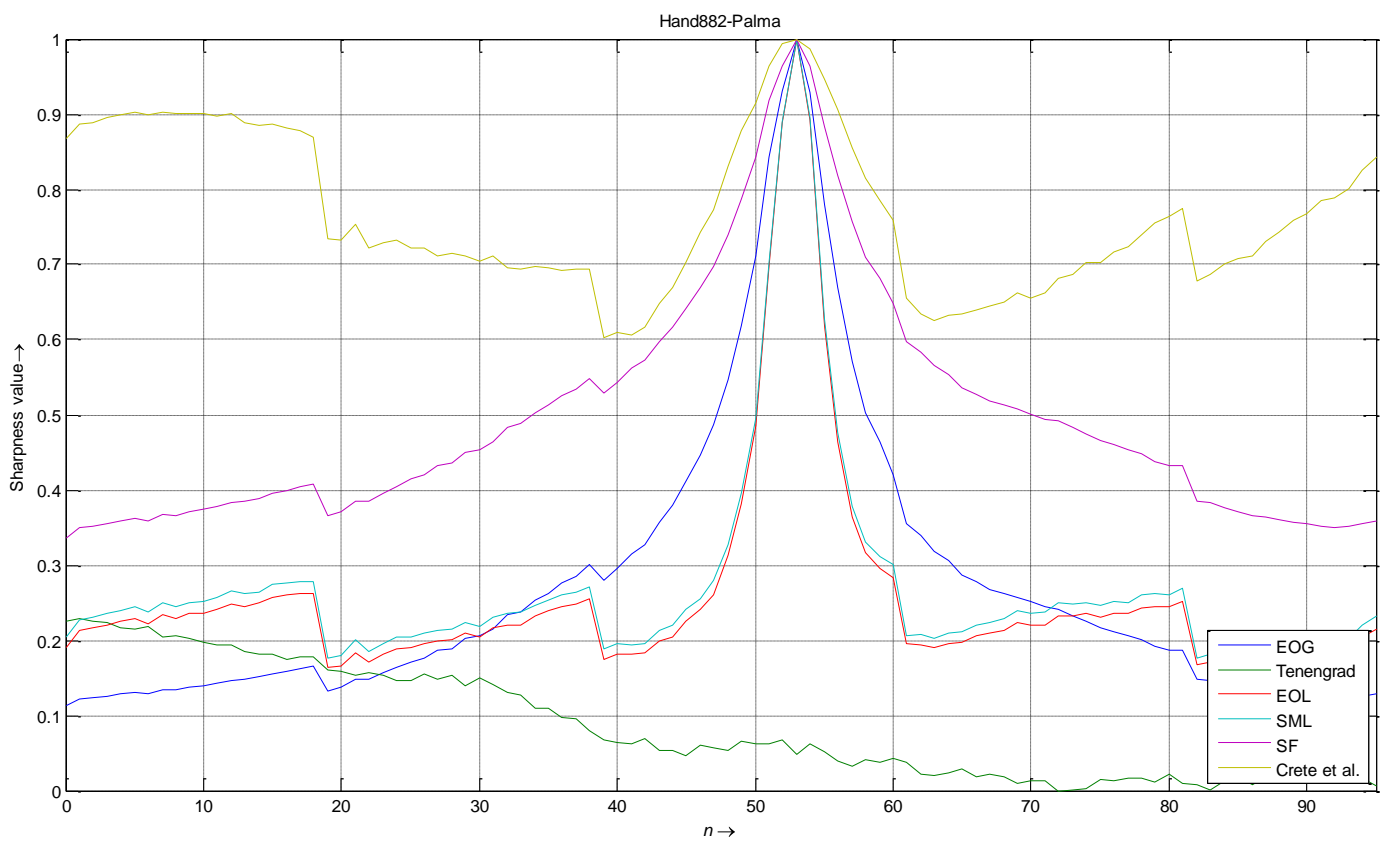


Fig. I. 2 Revers de la mà capturada amb la Testo 882.

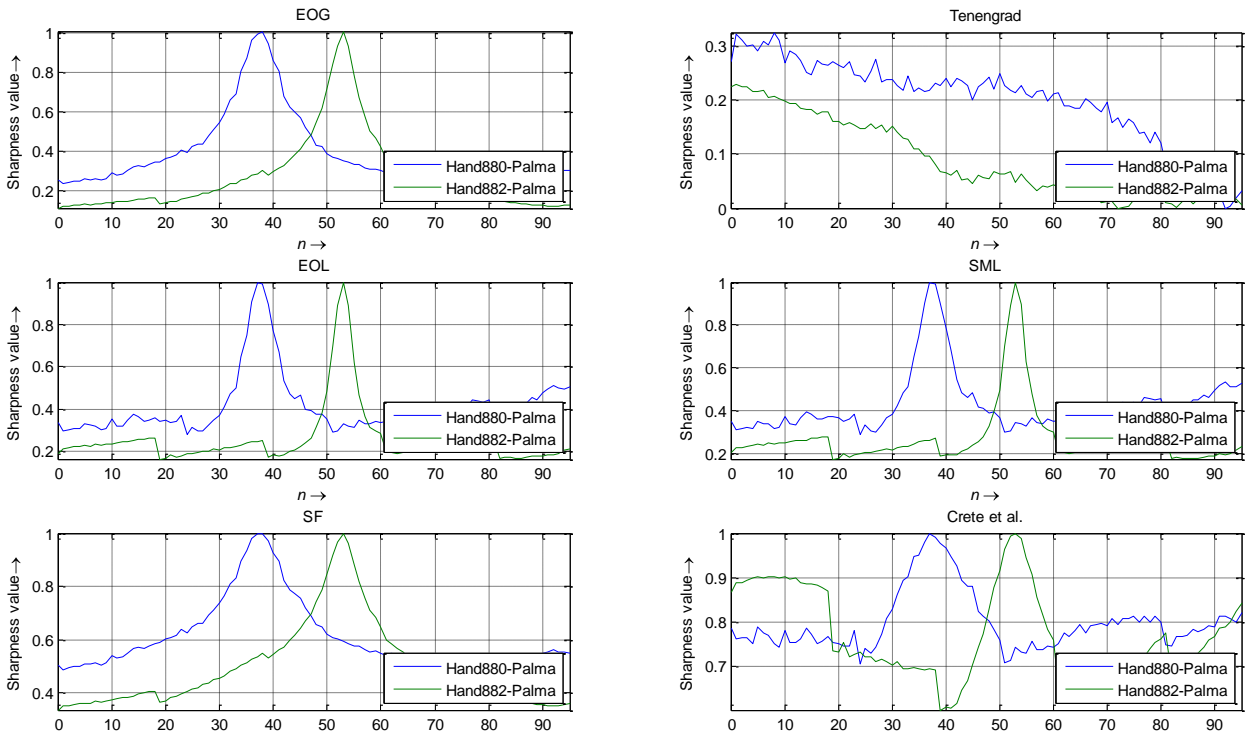


Fig. I. 3 Comparació de les dues càmeres, amb les diferents funcions utilitzades.

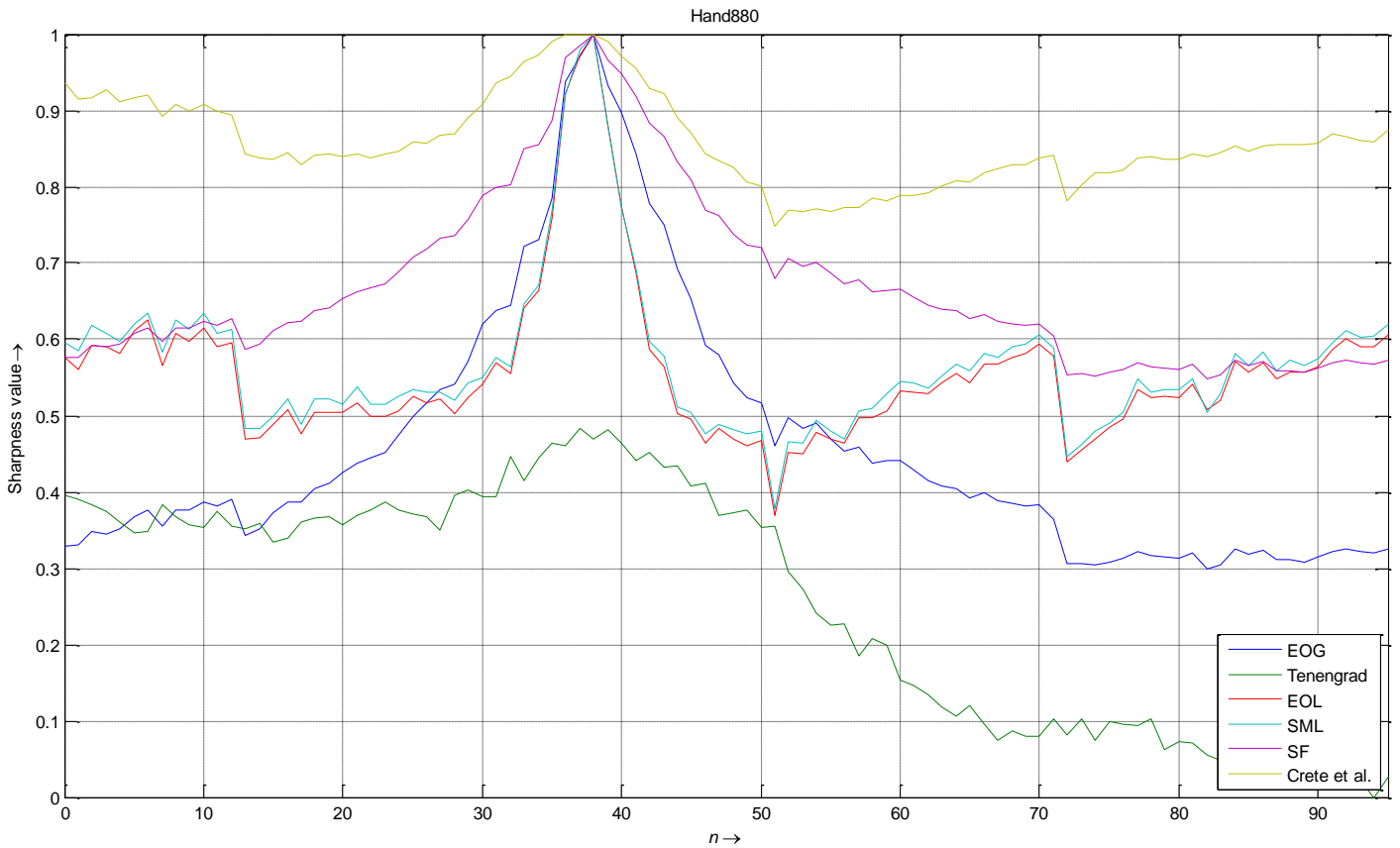


Fig. I. 4 Anvers de la mà capturada amb la Testo 880.

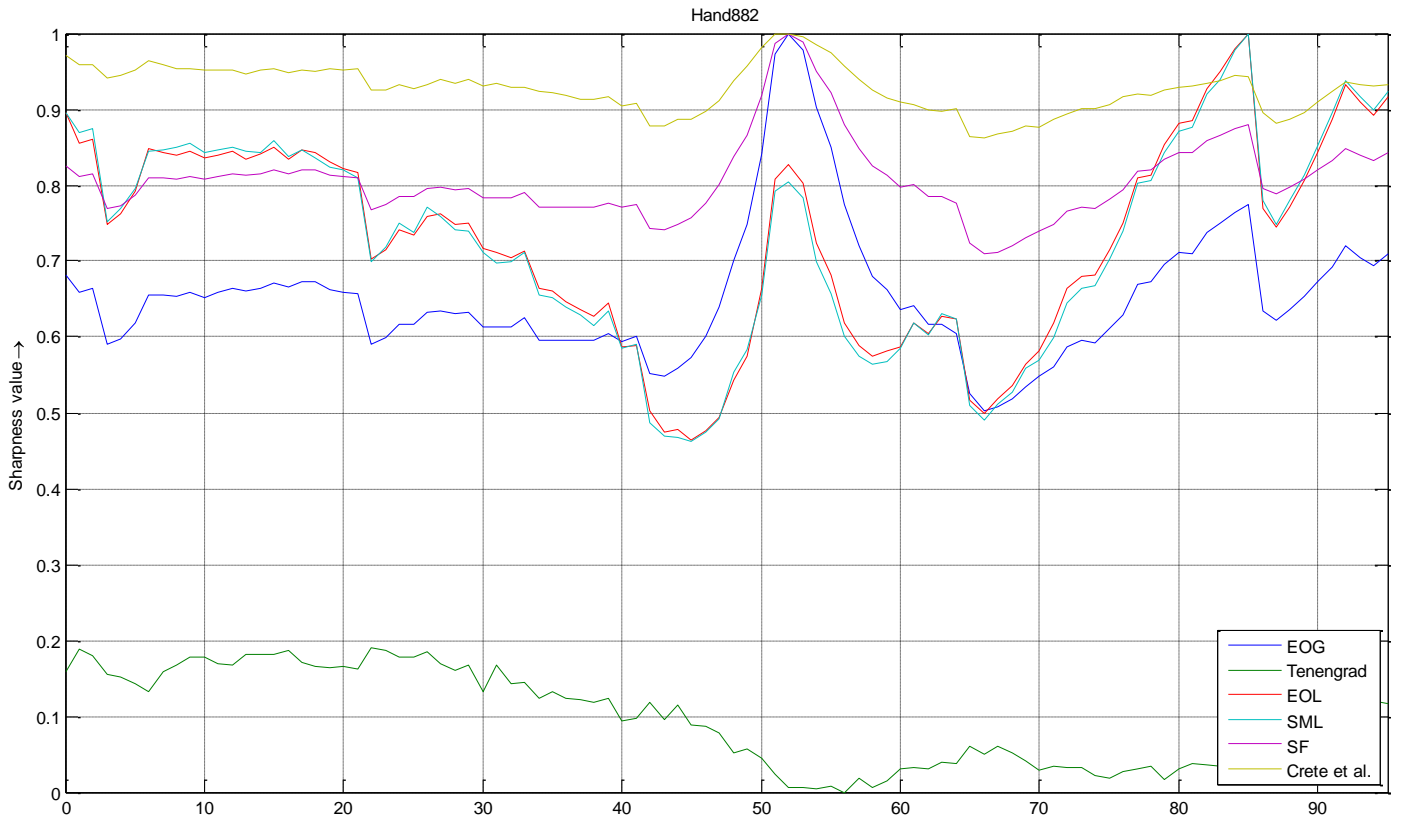


Fig. I. 5 Anvers de la mà capturada amb la Testa 882.

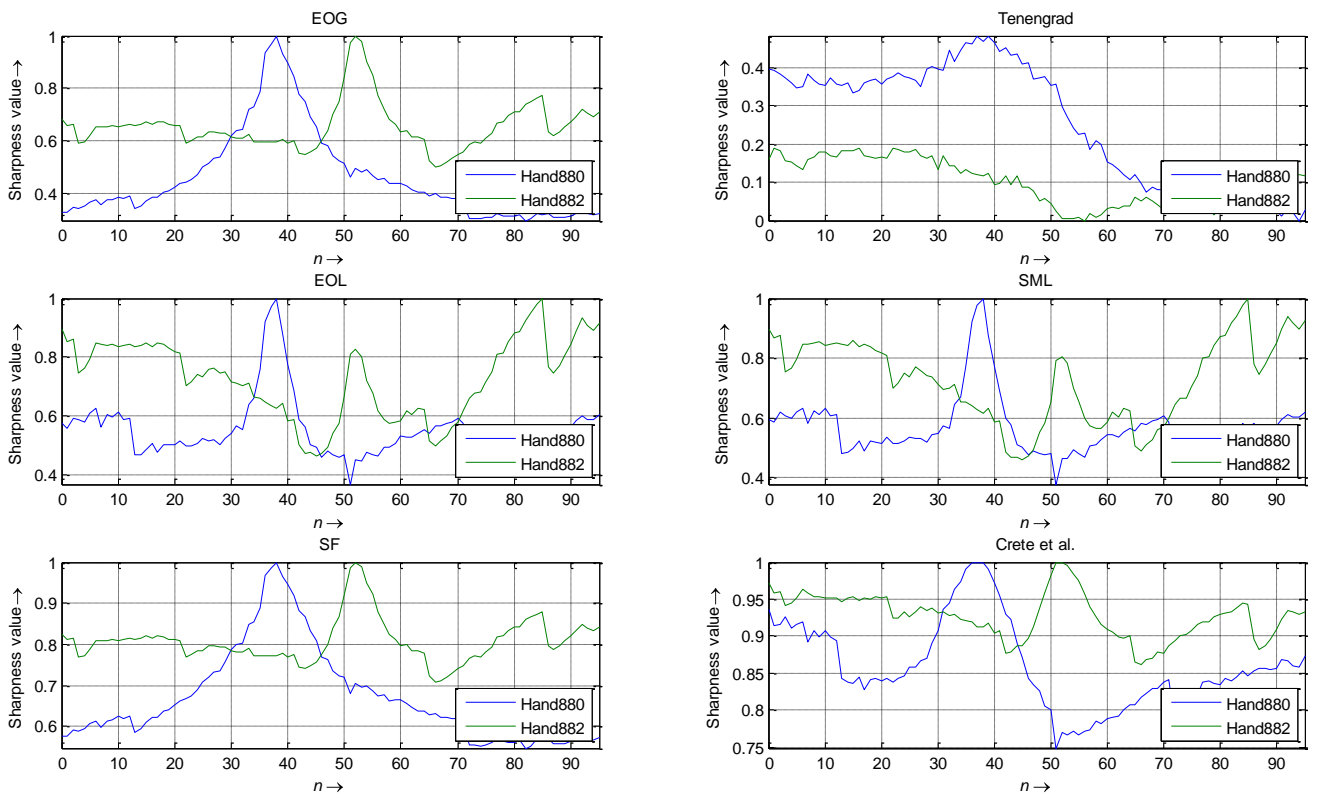


Fig. I. 6 Comparació de les dues càmeres, amb les diferents funcions utilitzades.

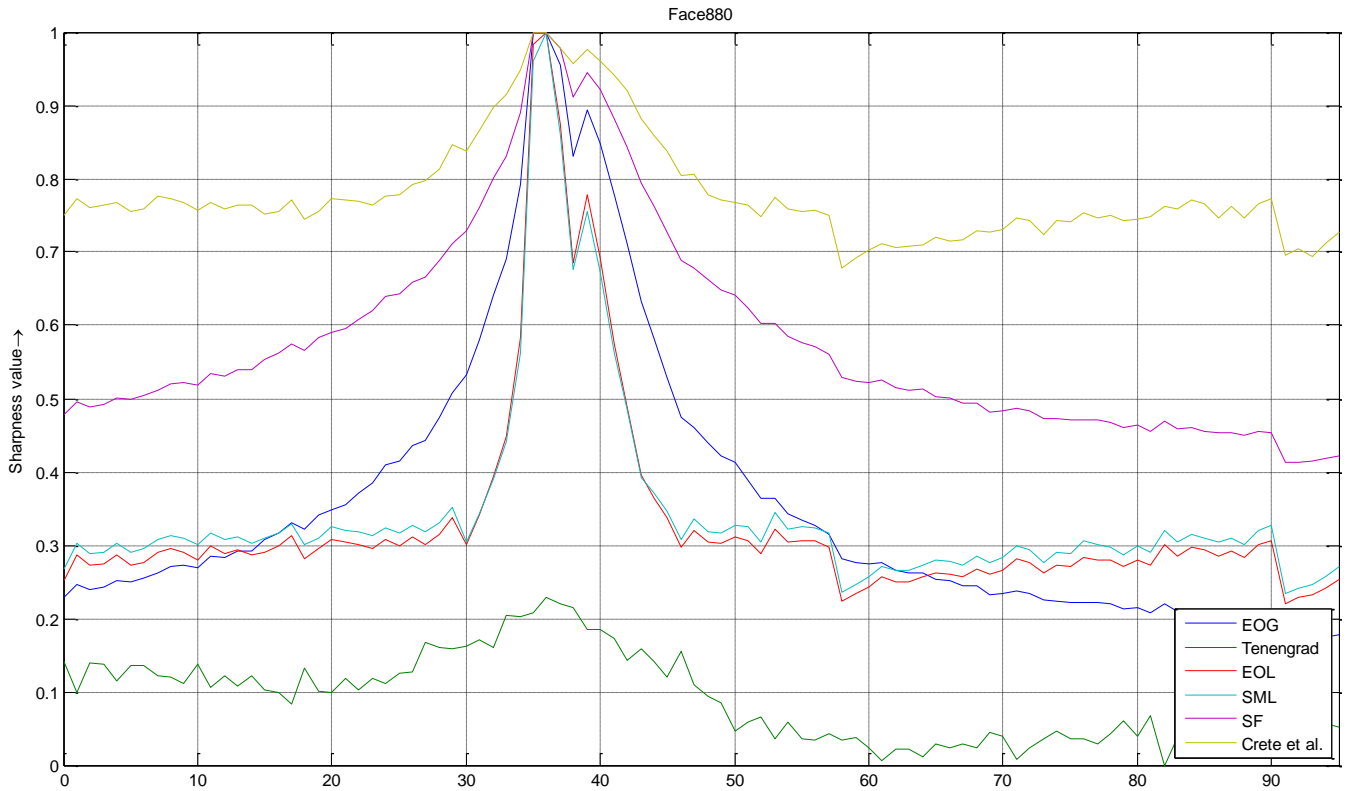


Fig. I. 7 Cares capturades amb la Testo 880.

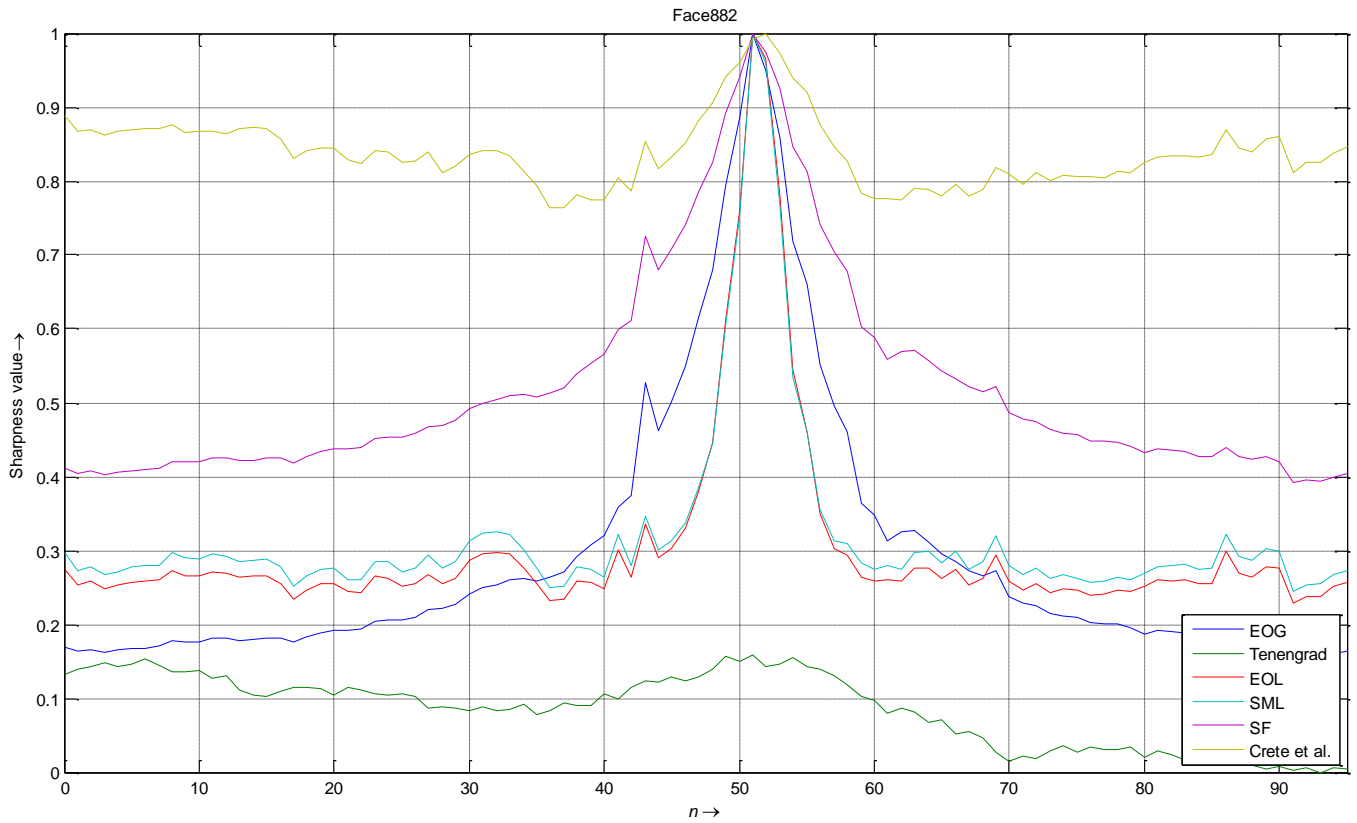


Fig. I. 8 Cares capturades amb la Testo 882.

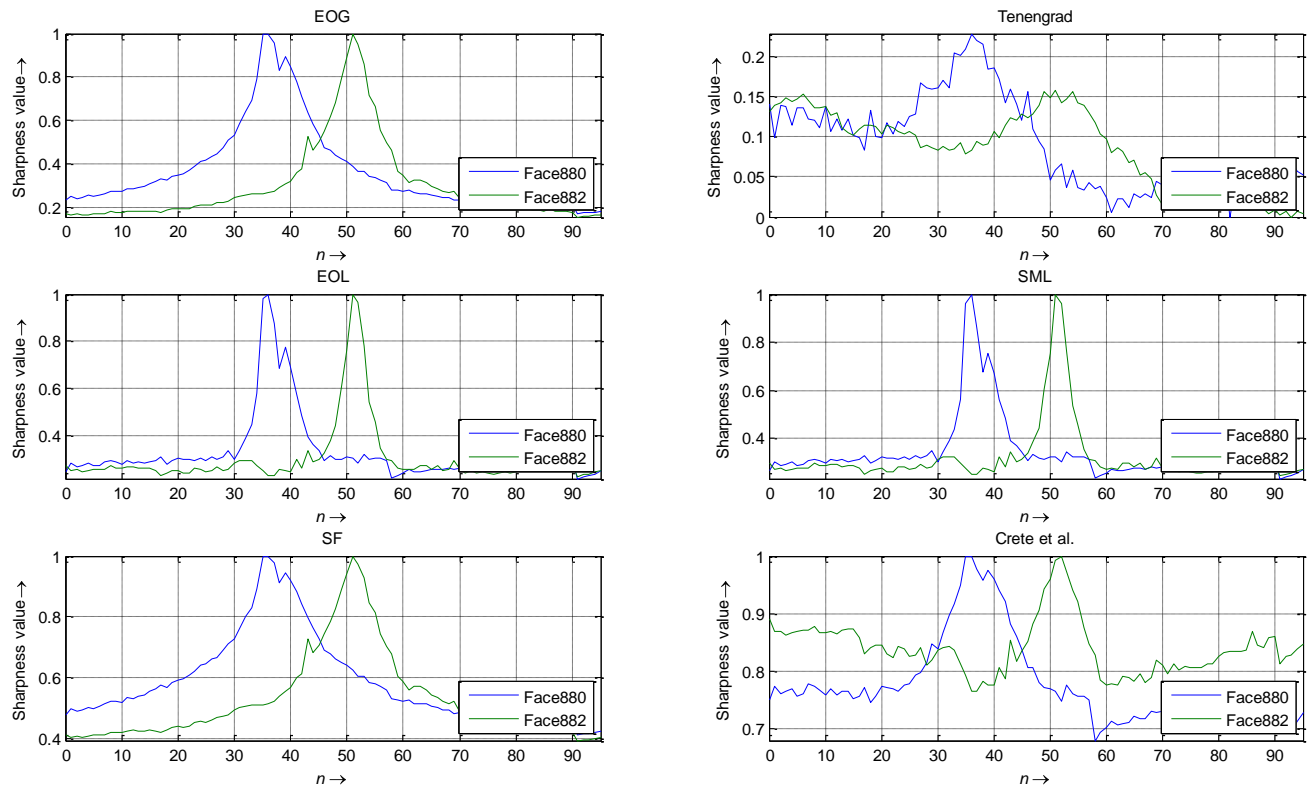


Fig. I. 9 Comparació de les dues càmeres, amb les diferents funcions utilitzades.

Si comparem les imatges de les cares de les bases de dades (Figures 7 i 8), podem veure que amb la Testo 882 al tenir més resolució genera un pic més estret que en la TESTO 880. Com hem vist en el cas de les mans Tenengrad no ens dona cap informació rellevant, però en el cas de les cares (Figura 9), sí que dóna una mica més d'informació sobretot amb la 880, on ens marca un valor més elevat al mateix punt que les altres funcions.

A la imatge següent (Figura 10) s'ha fet un recull de les millors imatges que segons les funcions són les millor enfocades. Si comparem manualment les bases de dades veiem com les funcions encerten la millor imatge.

## 1.6. Conclusions.

Com s'ha pogut comprovar amb la càmera TESTO 882 les gràfiques de les funcions utilitzades surten més definides, ja que el sensor que incorpora aquesta té el doble de resolució (recordem que és el doble) i per tant és més sensible als canvis de transicions i als detalls. De les bases de dades registrades dues d'elles presenten un millor enfocament (cares i revers de la mà), això és degut a que aquestes fotografies tenen molt més detalls. En el cas de la mà es poden veure millor per on circulen les venes cosa que fa que tinguem molta més informació, ja que no queda una mà de forma uniforme com en el cas de l'altre

base de dades de les mans. També s'ha de destacar que al tenir la palma de la mà cap dalt la calor que genera la mà és dissipa més ràpidament i no provoca una aura entre els dits, cosa que succeeix en el cas de la mà al revés.

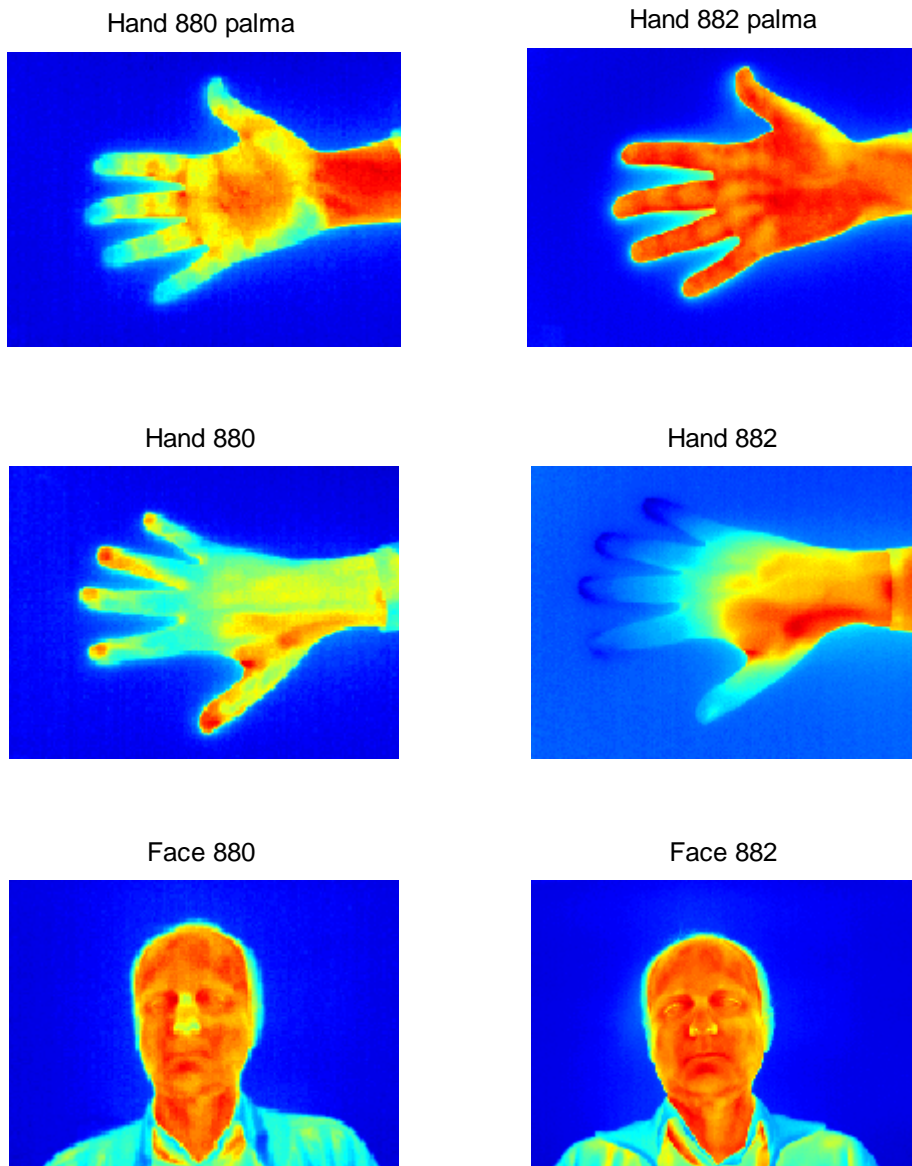


Fig. I. 10 Millors fotografies de la base de dades.

La base de dades de les cares els resultats obtinguts són molt bons, això es degut a que la cara presenta molts més detalls que les mans.

## 1.7. Referències

Marcos Faundez-Zanuy, JiriMekyska, Virginia Espinosa-Duró "On the focus of thermalimages".



## Annex II. Image registration

La càmera termogràfica Testo 882 genera una arxiu .bmt on guarda les imatges tèrmiques i visibles. Aquestes dues imatges són captades per dos sensors diferents que estan integrats al mateix cos de la càmera, aquestes dues càmeres tenen orientacions diferents i per tant capten els objectes des de diferents punts de vista. Amb aquest mètode el que es vol és aconseguir una fusió de les dues imatges en una sola de mateixa fent que tots els punts coincideixin, per poder sobre posar una sobre l'altre.

Per fer coincidir els punts de manera exacte es munta un escenari compost per una graella de metall de 30x23 cm refredada a la nevera per que faci contrast amb l'escalfor de la mà, tal com es veu a la il·lustració 11. El procediment a seguir és posar la mà a la superfície d'adquisició de les dades i col·locar la graella damunt la mà per a que els punts de creuament de la mateixa es puguin veure millor. Una vegada aconseguida la imatge, es passa a utilitzar el toolbox de Matlab (RegisteringanImage ).



Fig. II. 1 Escenari de la pressa de dades amb graella.

Abans d'utilitzar el toolbox s'han de carregar les imatges a tractar per facilitar la feina les imatges tindran el mateix tamany (240x320). Utilitzant la comanda `cpslect` i passant-li com a paràmetre les dues imatges (tèrmica i visible), se'ns mostra una finestra en la qual hem de seleccionar com a mínim 4 punts per a fer la superposició de la imatge (il·lustració 12).

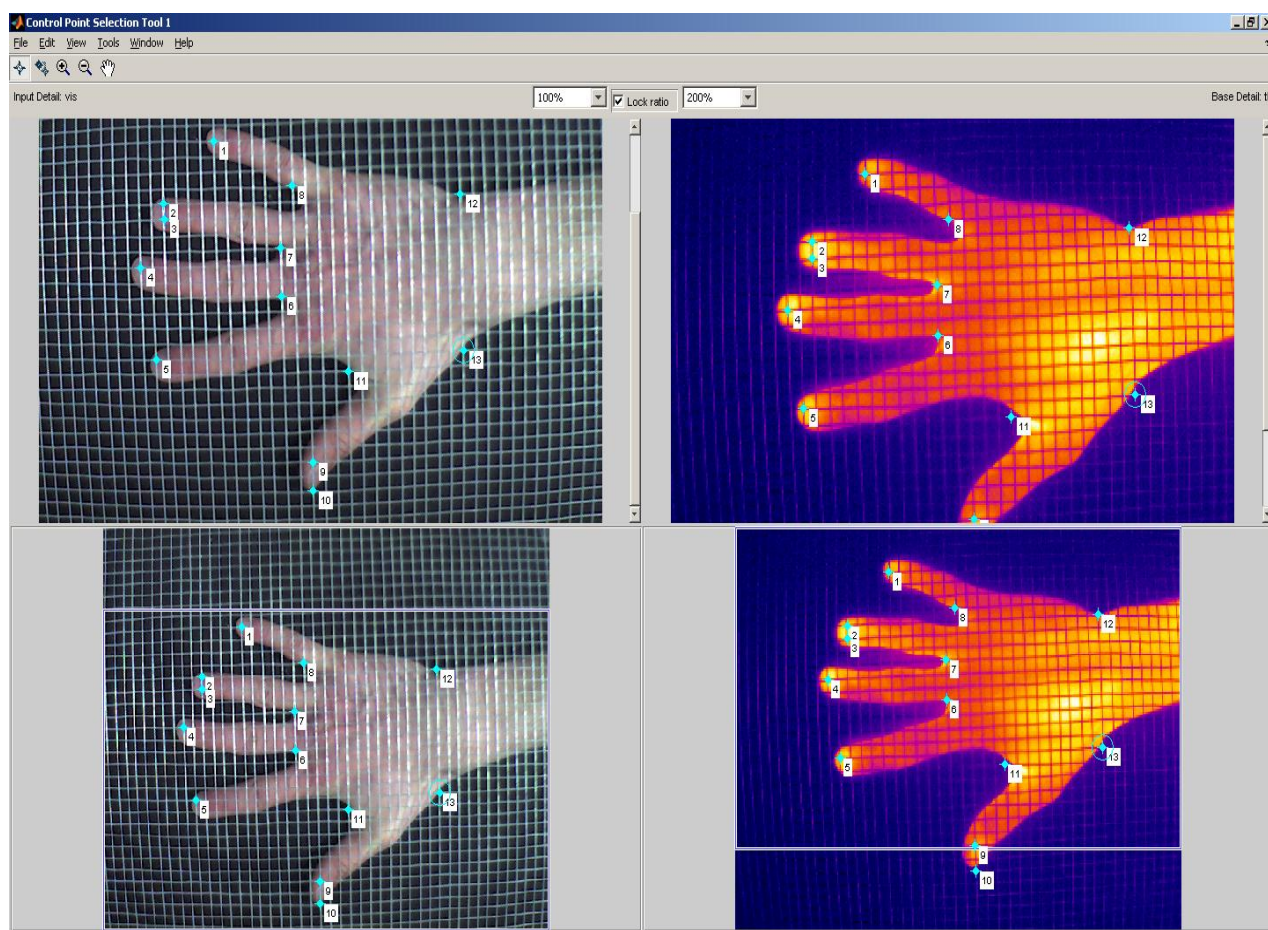


Fig. II. 2 Captura de la comanda `cpslect`.

En el nostre cas al tenir la graella podem escollir més punts amb més facilitat, per a aquest cas s'han utilitzat 13 parells punts. Un cop seleccionats aquest punts s'ha de fer coincidir amb el seu respectiu parell. Per fer la correlació de punts s'ha tingut que utilitzar una transformació de similitud, que és la que millor resultat ha donat. Com es pot comprovar a la il·lustració 13.

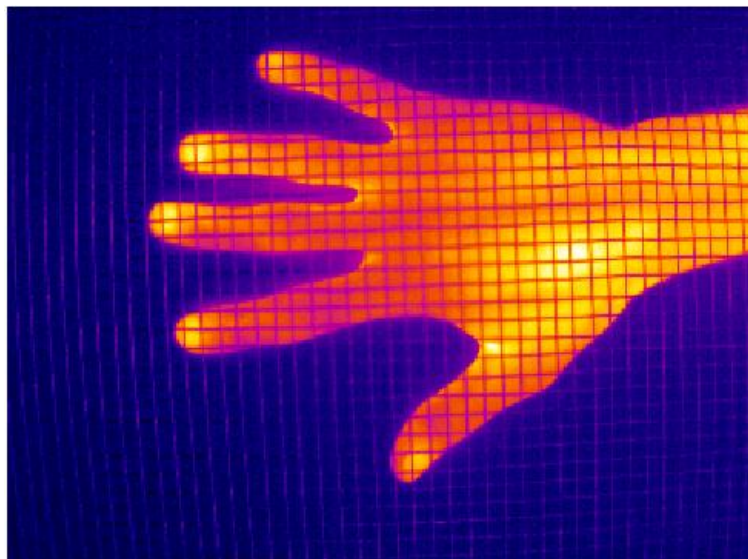


Fig. II. 3 Sobre posició de les imatges tèrmiques i visibles.

Com es pot observar les dues imatges han sigut sobreposades formant una de sola. Ara que s'ha pogut comprovar que aquest mètode funciona amb qualsevol imatge de la nostra base de dades, ja que els punts sempre seran els mateixos. Podem automatitzar el procés incloent una rutina al programa. Aquests mateixos punts extrets amb aquesta funció també serviran per ajudar-nos a centrar i normalitzar les imatges.



## **Annex III. Contingut del CD-ROM.**

- Documentació del projecte (memòria i annexos).
- Programa per analitzar la base de dades.