

# Desenvolupament d'una llibreria multi-plataforma per la detecció automàtica de cares i del centre dels ulls en imatges estàtiques

Marc Oliu Simón

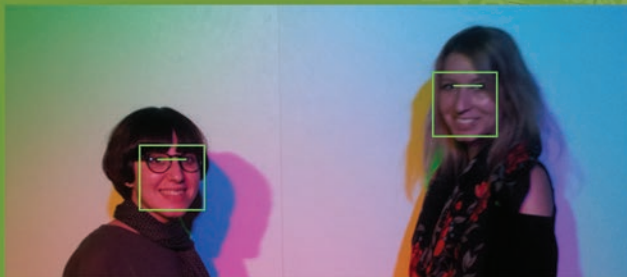
**Director:** Sergio Escalera Guerrero

**Ponent:** Cecilio Angulo Bahón



# Descripció del projecte

Localització del requadre contenidor de les cares i els ulls en imatges estàtiques, així com de la posició del centre de la pupila.



Càlcul de les probabilitats per la detecció de la cara i la posició dels centres dels ulls.

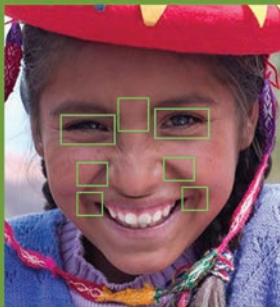
# Motivacions



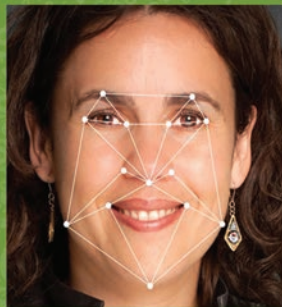
## Múltiples camps d'aplicació



Direcció de la mirada



Expressions facials



Reconeixement facial





## Objectiu: Anàlisi de la qualitat d'imatges

Aquesta llibreria s'entén com un pas previ a l'anàlisi de la qualitat d'una imatge en entorns controlats. Les imatges han de complir un conjunt de criteris, entre ells:

- Ulls oberts
- Mirada frontal
- Cara vertical (sense inclinar)
- Només una cara present a la imatge
- Fons homogeni

L'objectiu és determinar que la imatge satisfà els requisits necessaris per ser utilitzada en un document d'identificació.



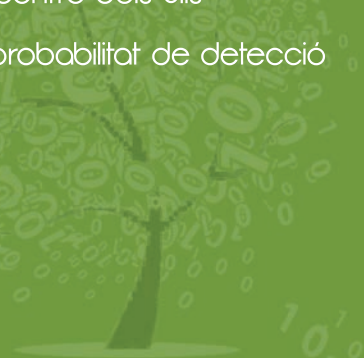
# Desenvolupament



## Metodologia - Visió de conjunt

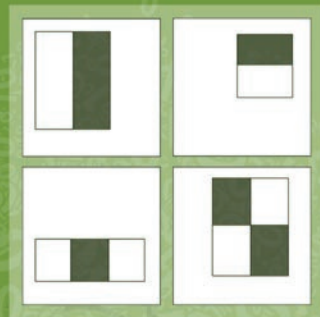


- Detecció de cares mitjançant Viola & Jones
- Detecció dels ulls mitjançant Viola & Jones
- Seleccionar el millor parell d'ulls trobat
- Localitzar el centre dels ulls
- Calcular probabilitat de detecció



## Metodologia - Els detectors Viola & Jones

Mètode de detecció d'objectes desenvolupat per Paul Viola i Michael Jones, basat en la classificació del contingut d'una finestra lliscant de mida variable que recorre la imatge.

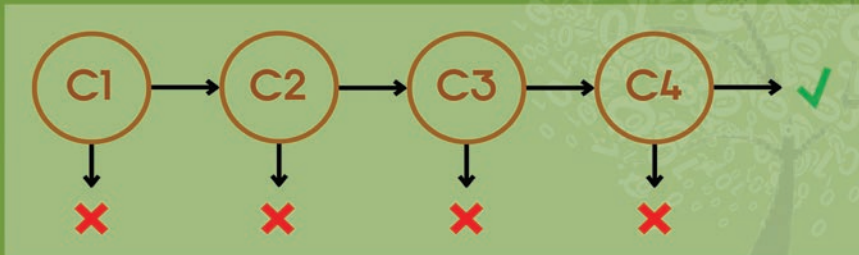


- Cascada de classificadors AdaBoost
- Característiques de tipus Haar a cada classificador
- Ús de l'imatge integral
- Múltiples classificacions properes determinen una detecció

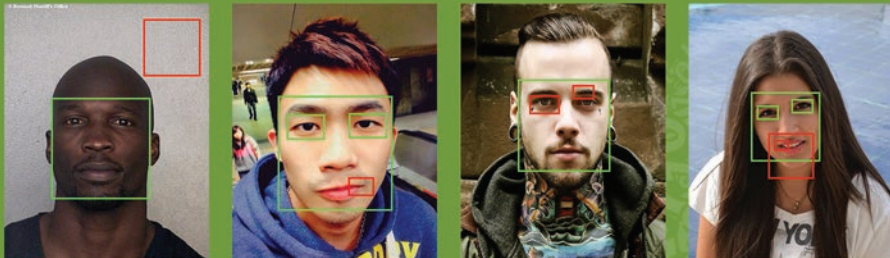


## Metodologia - Cascada de classificadors AdaBoost

- Es descarten candidats a cada nivell de la cascada
- Relaxar la cascada eliminant els nivells inferiors
- Major nombre d'errors, però també d'encerts
- Els errors es poden filtrar posteriorment



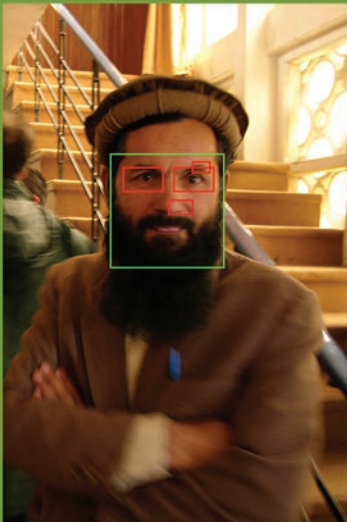
## Metodologia - Descartat de falsos positius



Es descarten els candidats a cara i ulls detectats segons els següents criteris:

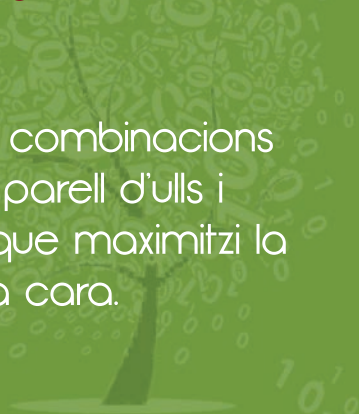
- Candidats a cara amb heterogeneïtat baixa
- Candidat a ull a la meitat inferior de la cara
- Parell de candidats a ull amb una correlació creuada baixa
- Candidats a cara sense un parell d'ulls vàlid

## Metodologia - Maximització de la probabilitat

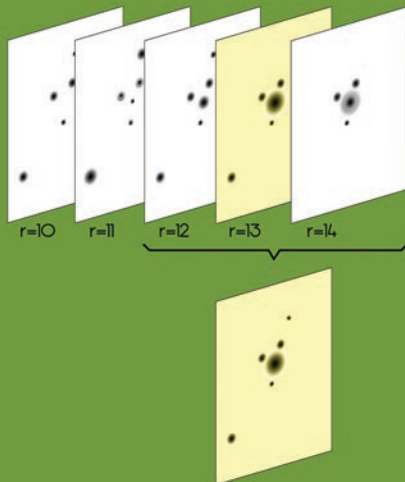


Múltiples configuracions vàlides donada una cara.

Avaluar totes les combinacions possibles per al parell d'ulls i seleccionar la que maximitzi la probabilitat de la cara.



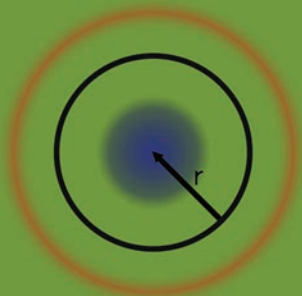
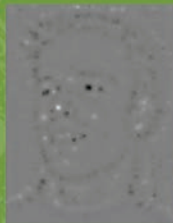
## Metodologia - Detecció del centre dels ulls



1. Aplicar simetria radial per un rang donat de radis de prova.
2. Seleccionar el mapa de simetries que contingui el valor de simetria més alt.
3. Fusionar el mapa seleccionat amb els seus veïns.
4. La posició en el mapa fusionat amb el valor de simetria més alt es considera el centre de l'ull.

## Metodologia - La transformació ràpida de simetria radial

Mètode desenvolupat per Gareth Loy i Alexander Zelinsky que genera un mapa de simetries radials donada una imatge.

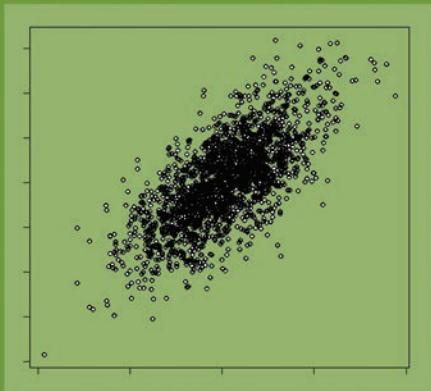


- Mapes d'intensitat del gradient
- Mapes de direcció del gradient
- Cada píxel vota una posició a distància  $r$

$$p_+(p) = p + \text{round} \left( \frac{g(p)}{\|g(p)\|} r \right)$$

$$M(p_+(p)) = M(p_+(p)) + \|g(p)\|$$

## Càlcul de probabilitats - Les distribucions normals multivariades

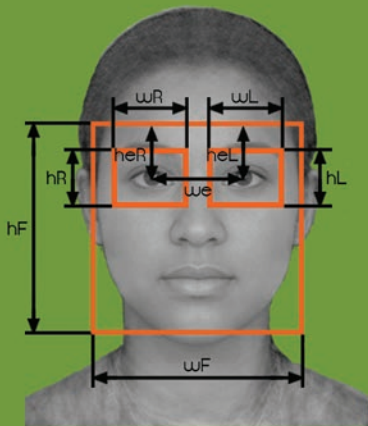


Es tracta d'una distribució normal de múltiples dimensions. La variança no necessàriament segueix la direcció dels eixos.

Útil per aconseguir la probabilitat acumulativa d'un conjunt de paràmetres normalment distribuïts

- Càlcul de la probabilitat d'una cara detectada
- Càlcul de la probabilitat del centre d'un parell d'ulls

## Càlcul de probabilitats - Distribució normal multivariada per les cares



Utilitza tres variables normalment distribuïdes per calcular la probabilitat:

- Superfície mitja dels ulls:

$$\frac{wL \cdot hL + wR \cdot hR}{wF \cdot hF}$$

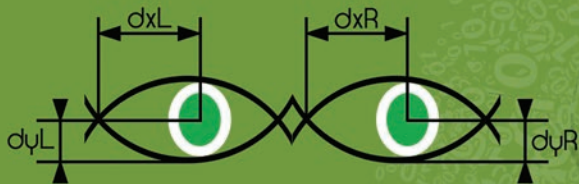
- Distància entre ulls:

$$\frac{\sqrt{we^2 + (heL - heR)^2}}{wF}$$

- Diferència d'àrees:

$$\frac{|wL \cdot hL - wR \cdot hR|}{wL \cdot hL + wR \cdot hR}$$

## Càlcul de probabilitats - Distribució normal multivariada per els ulls



Els atributs de la distribució normal multivariada són la variació en  $X$  i  $Y$  de la posició dels ulls dret i esquerre:

- $dx = dx_R - dx_L$
- $dy = dy_R - dy_L$



## Implementació - Característiques tècniques

- Estàndard C++98
- Compilació dual g++/Visual Studio 2012
- Llibreria OpenCV per Viola & Jones
- Compatibilitat amb Linux/Windows XP - 8.0



# Experiments



## Configuració experimental - Conjunt de dades utilitzat

- 1.000 imatges de persones
- Balancejat per ètnia i gènere
- Cares frontals a la càmera

Balancejant el conjunt de dades s'evita sobreajustar els paràmetres de l'algorisme.

Europea



Asiàtica



Orient mitjà



Africana



Sud-americana



## Configuració experimental - Validació creuada

- Conjunt de dades dividit en 10 parts.
- 10 rondes, una part diferent de validació a cada una, les altres 9 entrenen el model.



Durant l'entrenament es seleccionen els paràmetres del model, durant la validació es comprova la precisió del model amb els paràmetres seleccionats.

## Configuració experimental - Amazon Elastic Computing Cloud

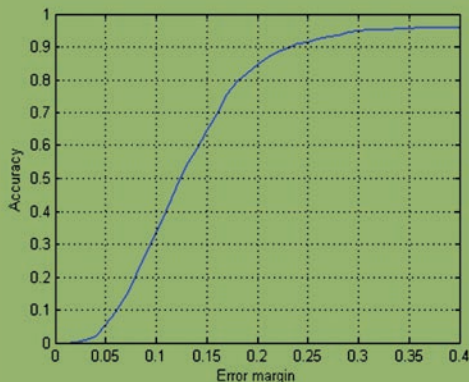
- Ús del servei EC2 d'Amazon per realitzar els tests.
- Major potència de còmput sense processos executant-se de rerafons
- 14 processos simultànis

Windows Server 2012  
2 x Intel(R) Xeon(R) E5-2670  
2.6 GHz  
8 cores/cpu  
hyperthreading  
60 GB DDR3

Els experiments han trigat 60 hores en executar-se utilitzant aquesta configuració.



## Resultats - Precisió en la detecció de cares



96.10% de precisió general

Índex de Jaccard per calcular l'error:

$$E = 1 - J(A, B) = 1 - \frac{|A \cap B|}{|A \cup B|}$$

El 80% de les cares es detecten amb un error inferior al 18%, el 95% amb un error inferior al 30%.

## Resultats - Precisió en la detecció de cares

98%  100%

97%  99%

94%  97%

88%  92%

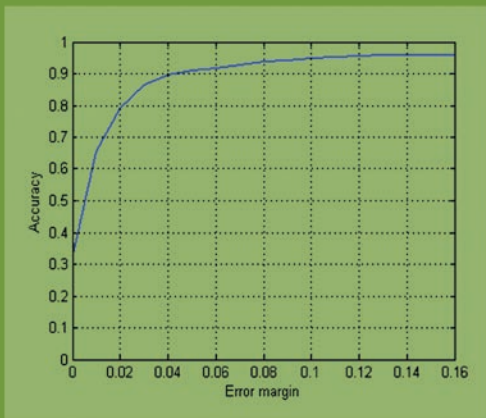
99%  97%

Tot i tenir una precisió del 96.1% ...

Aquesta varia en funció de l'ètnia i el sexe, amb una precisió molt elevada en el cas d'europaus, asiàtics i sud-americans, i bastant baixa per als africans.

**Culpable:** La poca variació en la intensitat, obstruccions.

## Resultats - Precisió en la detecció del centre dels ulls



Distància euclidiana dividida per l'ample de la cara com a mesura d'error.

- Gran precisió (<5%) en el 90% dels casos.
- Petit percentatge de casos (~5%) amb un error elevat.



## Resultats - Relevancia de la probabilitat per les cares

- Rati d'encerts en relació al rati d'errors
- Probabilitat de les deteccions com a criteri de filtrat
- Mostra la relevancia de la probabilitat assignada



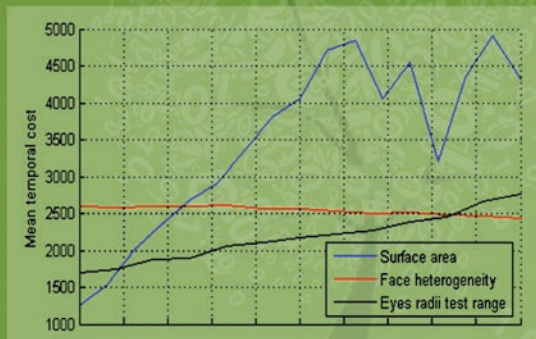
## Resultats - Cost temporal

El temps d'execució depèn de tres paràmetres, un d'entrada i dos de l'algorisme:

- Superfície de l'imatge
- L'indar mínim de l'heterogeneïtat de la cara
- Rang de radis a provar per la simetria radial

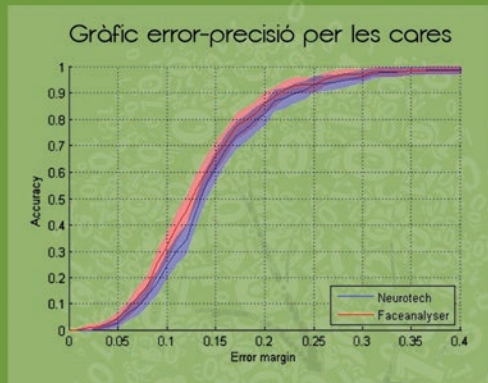
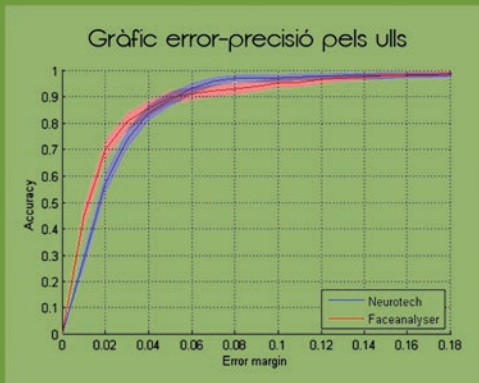
La superfície és el factor més influent, seguit del rang de radis a provar per la simetria radial.

El temps de processat en el cas pitjor és de 5 segons per imatge.



## Resultats - Comparativa amb Neurotechnologies

Major precisió per al centre dels ulls amb un 95% d'IC per marges d'error inferiors al 3%.

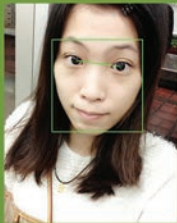


Major precisió per les cares, però no és estadísticament significativa al 95% d'IC.

# Exemples



## Exemples - Imatges processades



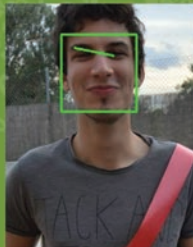
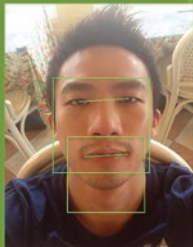
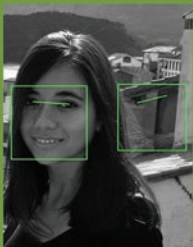
Gran precisió al  
localitzar el centre  
dels ulls

Les cares  
s'enquadren bé sempre  
que siguin frontals  
a la càmera.



## Exemples - Principals causes d'error

- Fals negatiu
- Fals positiu (regió aleatòria)
- Fals positiu (boca detectada com a ulls)
- Cella com a centre de l'ull
- Cara inclinada

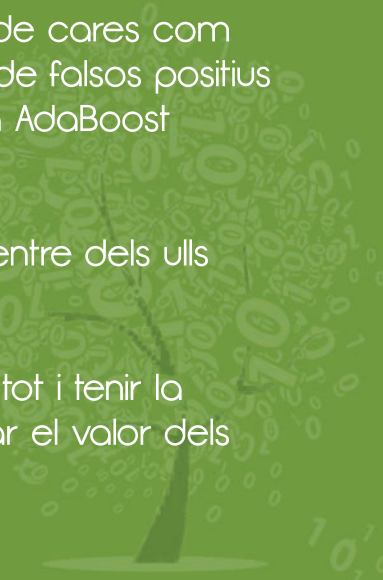


# Conclusions

Precisió alta en les deteccions tant de cares com del centre dels ulls, amb una taxa de falsos positius molt baixa tot i utilitzar una cascada AdaBoost relaxada.

Millora notable en la detecció del centre dels ulls comparant amb Faceanalyser.

La precisió varia entre ètnies i sexe tot i tenir la variabilitat en compte al seleccionar el valor dels paràmetres.



# Treball futur



Anàlisi de seqüències d'imatges per tal d'incrementar la precisió de les deteccions utilitzant informació de les imatges adjacents..

- Filtres de Kalman
- Cadenes de Markov





Gràcies

