Estegoanàlisi d'imatges en el domini espacial

Daniel Lerch

22 de Novembre del 2011

Introducció a la esteganografia i l'estegoanàlisi d'imatges

Esteganografia i Estegoanàlisi

- **Esteganografia:** Del grec ***στεγανός*** (**steganos**, encobert). Ciència que estudia la comunicació de missatges de manera que la seva existència **no sigui detectada**.


+
1001101001011101
1101010011101010
0101001001110010
=


- Cal diferenciar-la de la criptografia, del grec ***κρυπτός*** (**krypto**, ocult, secret). Mentre que la **criptografia** tracta d'ocultar el contingut d'un missatge, la **esteganografia** tracta d'ocultar-ne la seva existència.

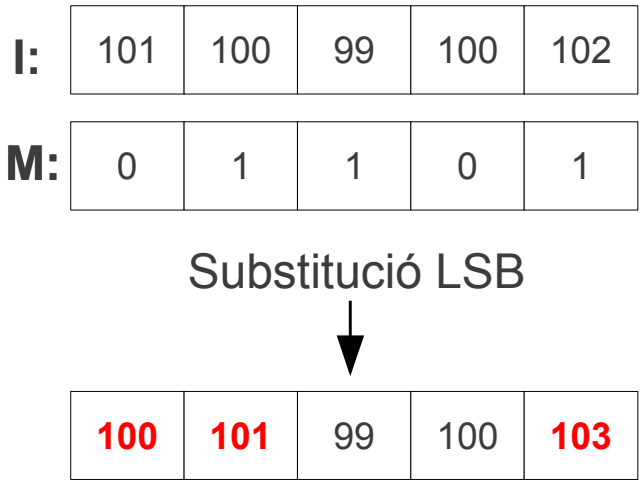
Encrypt
$$\begin{pmatrix} 1001101001011101 \\ 1101010011101010 \\ 0101001001110010 \end{pmatrix} = \begin{matrix} 0101111101010001 \\ 1011000100100011 \\ 0111011101110100 \end{matrix}$$

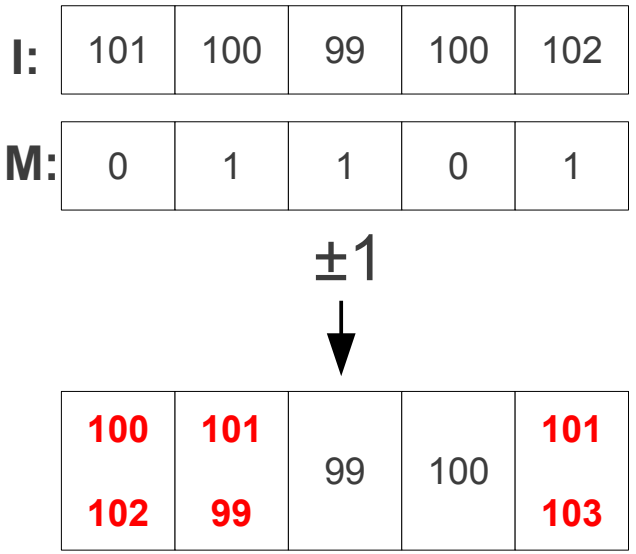
- **Estegoanàlisi:** Ciència que estudia la **detecció de missatges ocults** fent servir esteganografia.

Formes d'esteganografia en Imatges

Hi ha dues maneres habituals d'inserir informació a una imatge:

- Inserció amb **substitució del LSB**.
- Inserció amb **increment/decrement del valor del píxel** (±1).

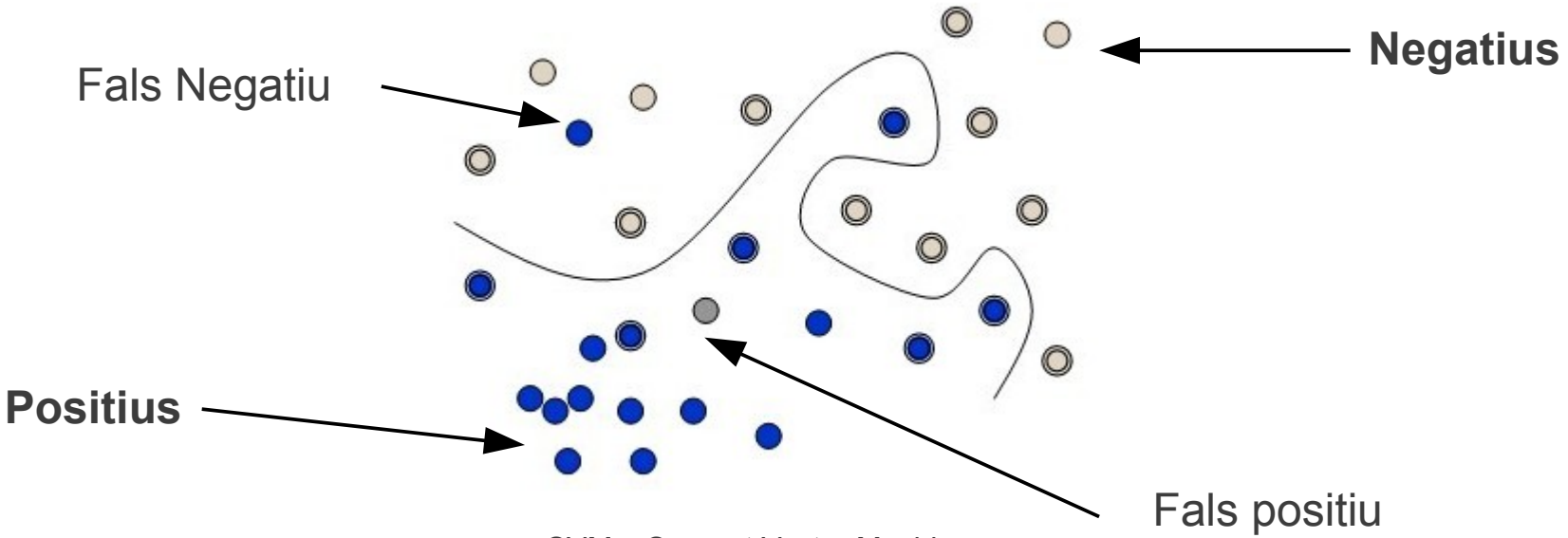




Procediment d'estegoanàlisi en l'estat de l'art

Procediment d'estegoanàlisi en l'estat de l'art:

1)Extracció de característiques d'una BD d'imatges.
2)Entrenament d'un classificador.
3)Avaluació del mètode amb un conjunt de test.

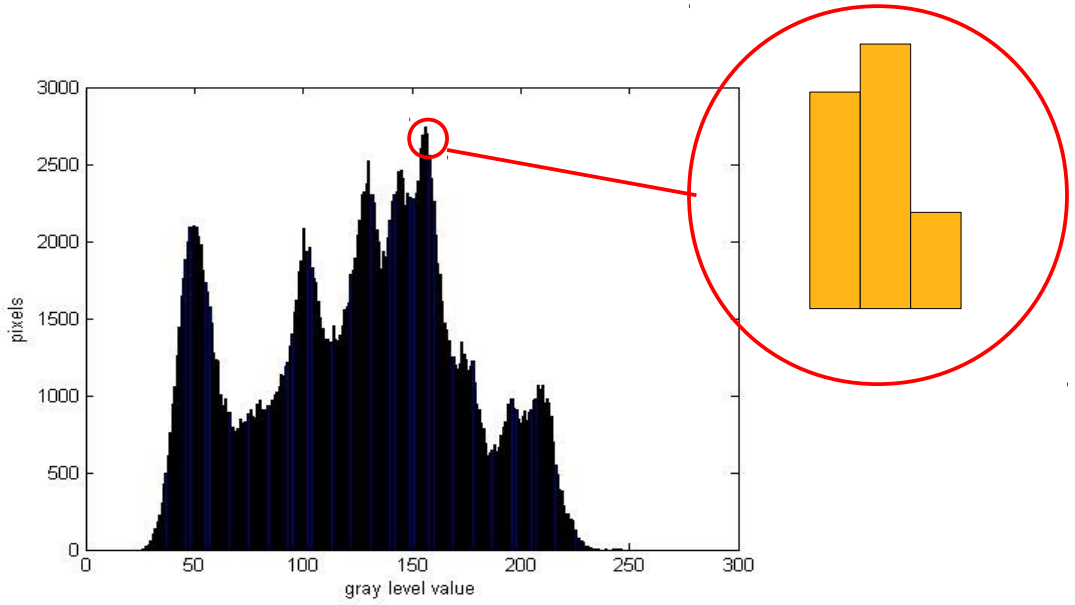


SVM – Support Vector Machine

Anàlisi de l'histograma d'una imatge

Anàlisis d'imatges mitjançant l'histograma

- **Histograma**: Representació gràfica d'una variable en forma de barres. L'alçada de cada barra és proporcional a la freqüència dels valors representats.



- Cada barra representa la intensitat del píxel corresponent.
- L'anàlisi de l'histograma és una eina fonamental per a la detecció d'alteracions a la imatge.

Substitució del LSB (LSB Replacement)

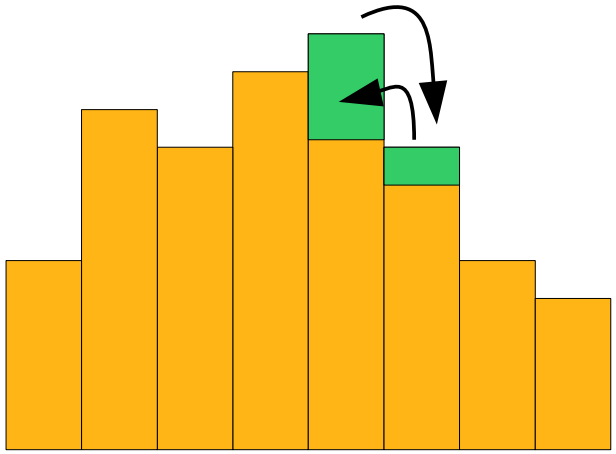
101	100	99	100	102
0	1	1	0	1

Substitució LSB

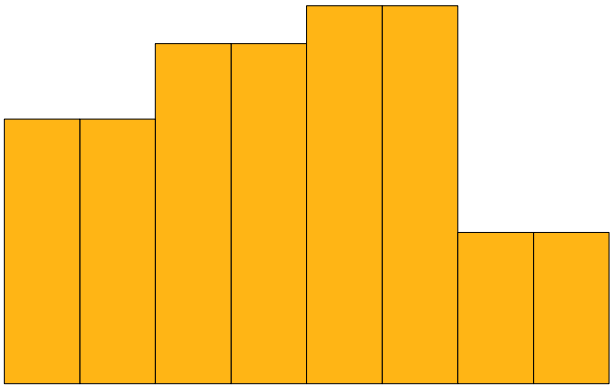
100	**101**	99	100	**103**

- Els nombres **parells** només **incrementen** el seu valor.
- Els nombres **senars** només **decrementen** el seu valor.
- No es fa servir en mètodes de l'estat de l'art degut a l'**atac RS** [Fridrich 2001], que detecta insercions del **3%**.

Les insercions fan que les parelles de barres consecutives tendeixin a tenir la mateixa alçada



Histograma original



Histograma amb missatge ocult

Increment/Decrement del valor del píxel (±1 / LSB Matching)

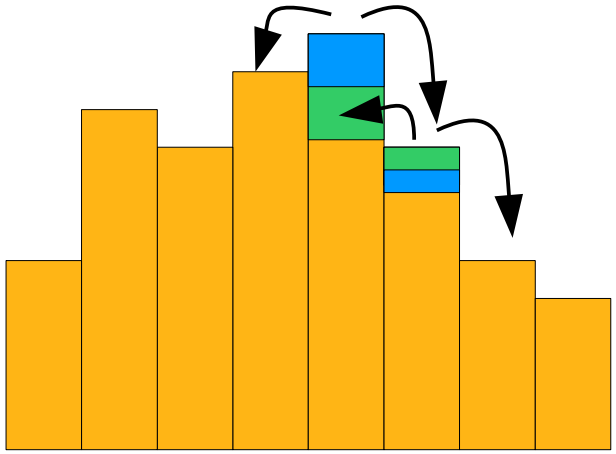
101	100	99	100	102
0	1	1	0	1

±1

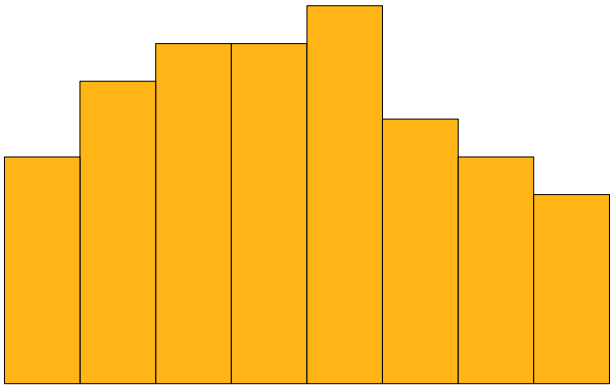
100 **102**	**101** **99**	99	100	**101** **103**

- Quan s'ha de modificar un píxel es tria aleatòriament si fer-ho amb +1 o amb -1.
- Utilitzat en els mètodes de l'estat de l'art.

Les insercions fan que l'histograma es torni més suau, però aquesta suavització la provoca també el soroll, cosa que la fa difícil de detectar.



Histograma original



Histograma amb missatge ocult

Sistemes d'esteganografia basats en el desplaçament de l'histograma

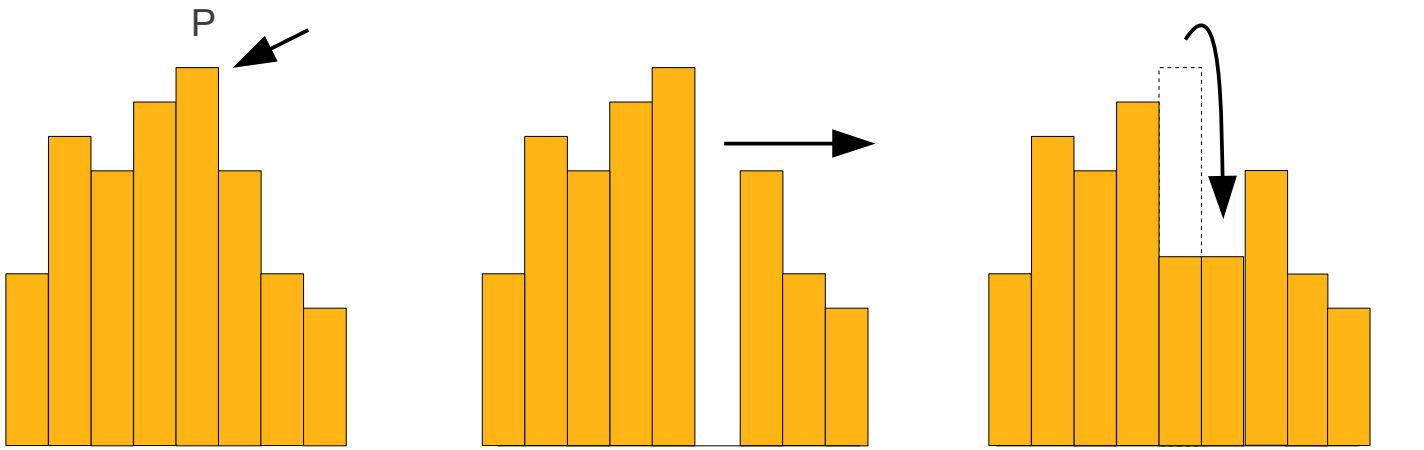
Desplaçament de l'Histograma: [Ni 2003]

- **Procediment d'inserció:**

1)Localització d'una barra de l'histograma prou alta (píxel P).

2)Desplaçament de l'histograma (sumant 1 a tots els píxels amb valor més gran que P).

3)Inserir informació als píxels amb valor P. Es deixarà P per a emmagatzemar un 0 i P+1 per emmagatzemar un 1.



Histograma original Histograma desplaçat Histograma amb missatge ocult

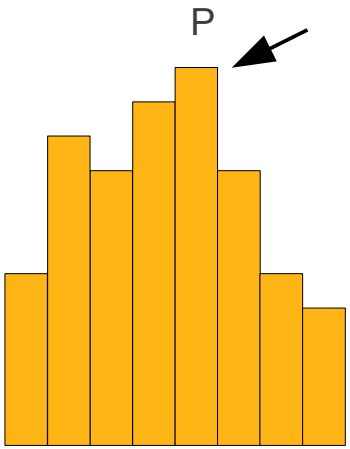
Desplaçament de l'Histograma: [Mohsenzadeh 2009]

- **Procediment d'inserció:**

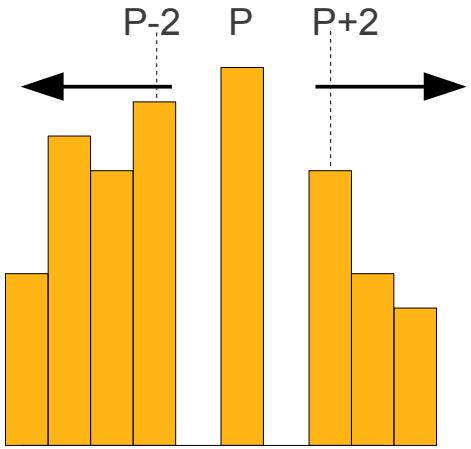
1) Localització d'una barra de l'histograma prou alta (píxel P).

2) Desplaçament de l'histograma cap a la dreta (sumant 1 a tots els píxels amb valor més gran que P) i cap a l'esquerra (restant 1 a tots els píxels amb valor més gran que P).

3) Recórrer la imatge cercant píxels amb valor P+2 i P-2. Per inserir un zero substituir un dels seus veïns per P-1, per a inserir un 1, per P+1. El veí a triar dependrà d'una clau compartida entre emissor i receptor.



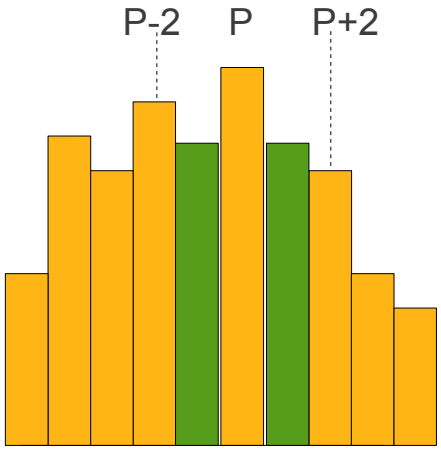
Histograma original



Histograma desplaçat

a	b	c
d	**P±2**	e
f	g	h

Veïns de P±2



Histograma amb missatge ocult

Desplaçament de l'Histograma: HSPE I

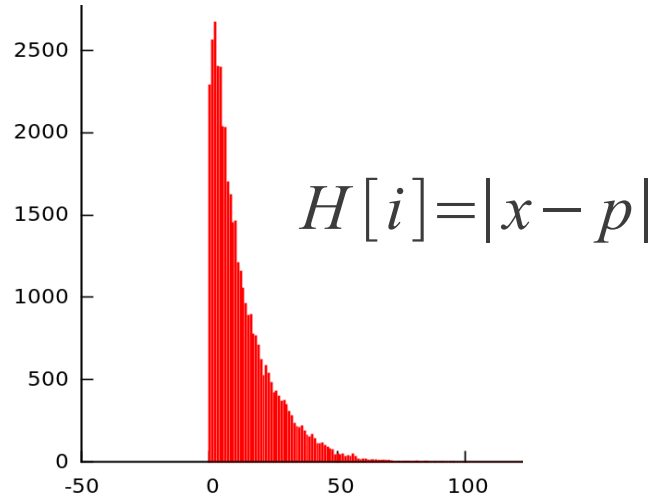
- **Mètode HSPE:** Desplaçament de l'histograma de predicció d'errors (*Histogram Shifting of Prediction Errors*).

- Es poden fer servir una gran quantitat de fórmules per a predir el valor d'un píxel veí.

Predicció

a	b
c	

$$p = \left\| \frac{a+b+c}{3} \right\|$$



99	**101**	101	100	101
98	**100**	100	103	100
96	98	101	102	105
97	99	102	104	103
95	96	99	101	103

Matriu de píxels

Predicció →

	99	101	100	102
	98	99	101	102
	97	99	102	104
	97	99	102	103

Matriu de prediccions

Diferència →

	1	1	3	2
	0	2	1	3
	2	3	2	1
	1	0	1	0

Matriu d'errors de predicció

Desplaçament de l'Histograma: HSPE II

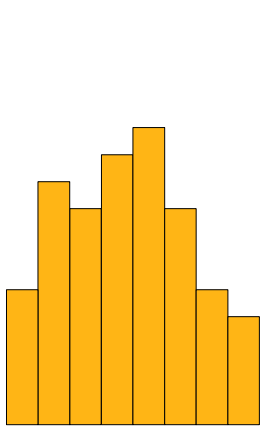
- **Procediment d'inserció:**

1) Necessitem una fórmula que ens permeti realitzar una predicció del valor d'un píxel partint dels seus píxels veïns.

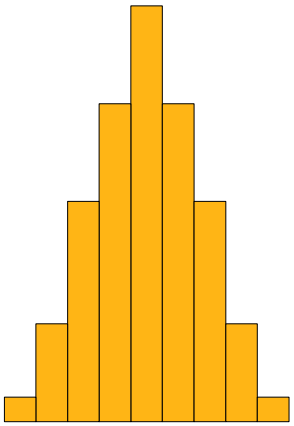
2) Generem una matriu formada per la diferència entre el valor del píxel i la seva predicció.

3) Generem l'histograma HSPE fent servir aquesta matriu.

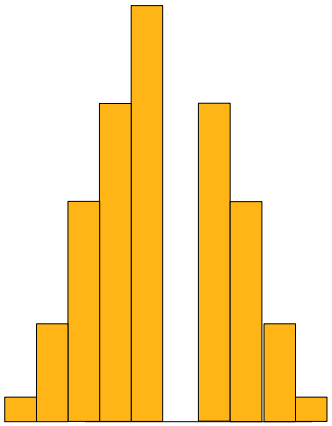
4) A continuació se segueix el mateix procediment que al mètode anterior [Ni 2003].



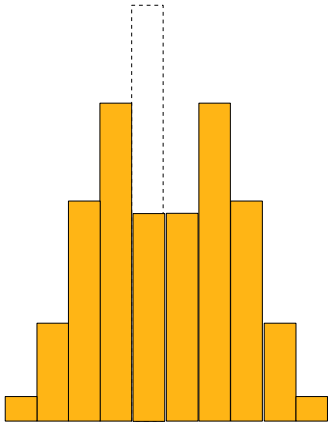
Histograma original



Histograma HSPE



Histograma desplaçat



Histograma amb missatge ocult

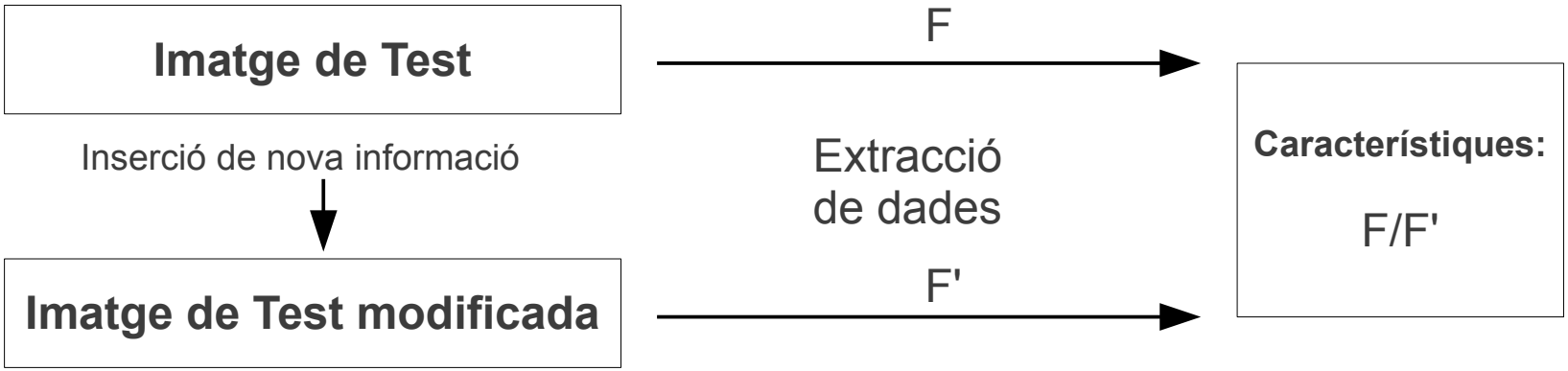
Mètodes d'estegoanàlisi

Mètodes Proposats

- **Mètode I:** La volatilitat com a característica
- **Mètode II:** Patrons de píxels veïns.

- Basats en sistemes de classificació:
  - Extracció de característiques
  - Entrenament
  - Test

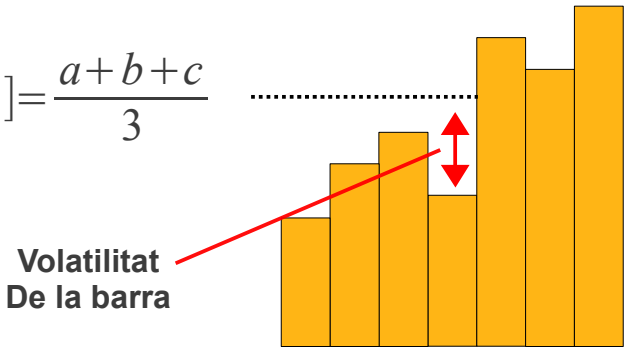
- Procediment per a generar característiques:
  - Els mètodes actuals obtenen les característiques de la imatge analitzada.
  - Els mètodes presentats obtenen les característiques com a relacions entre les dades abans i després d'inserir informació.



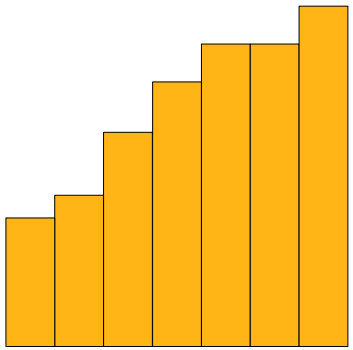
Mètode I: Volatilitat de l'histograma

- La volatilitat mesura quant diferents son les barres dels histogrames respecte dels seus veïns.

$$V[i]=\frac{a+b+c}{3}$$



Histograma original



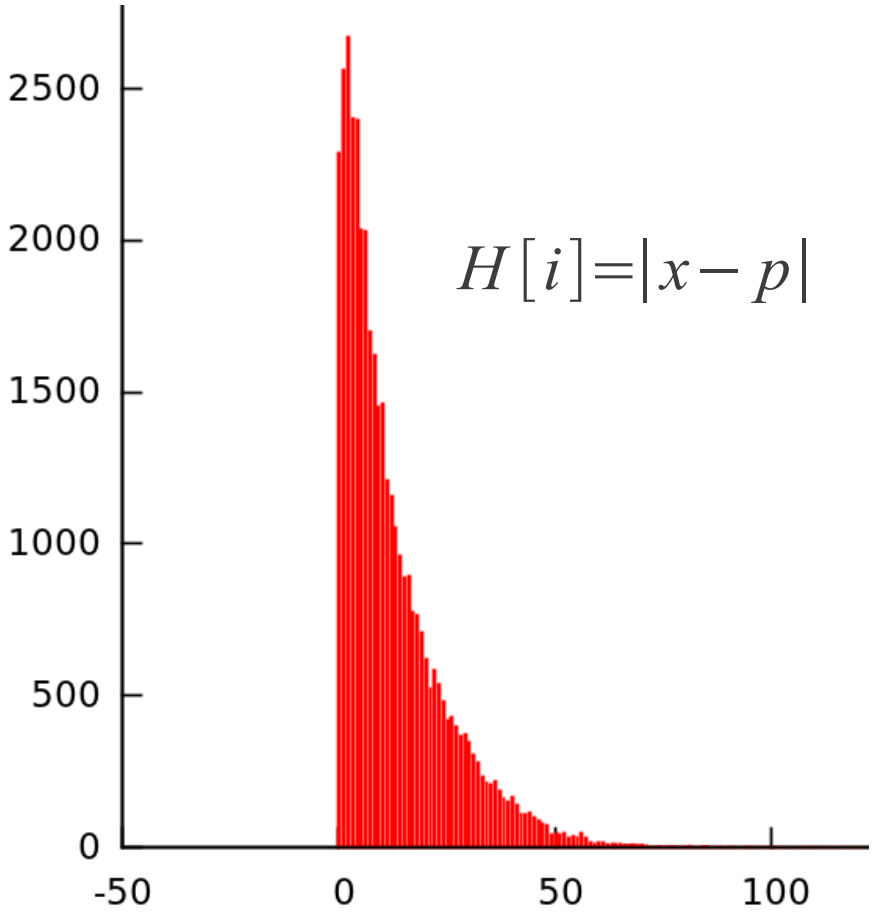
Histograma modificat.
La volatilitat disminueix.

- **Volatilitat:** Suma de diferencies entre una barra i la mitja d'ella amb els seus veïns.

$$V=\sum_{i=1}^{255}\left|\frac{H[i-1]-2H[i]+H[i+1]}{3}\right|$$

Mètode I: Volatilitat de l'histograma de predicció d'errors

- Algunes mètodes com [Mohsenzadeh 2009] estan dissenyats per a no modificar l'Histograma. Altres com [Ni 2003] no el modifiquen suficient perquè el càlcul de volatilitat sigui fiable.



$$H[i]=|x-p|$$

a	b
c	

$$p=\|\frac{a+b+c}{3}\|$$

Una alternativa es fer servir l'**histograma de predicció**.

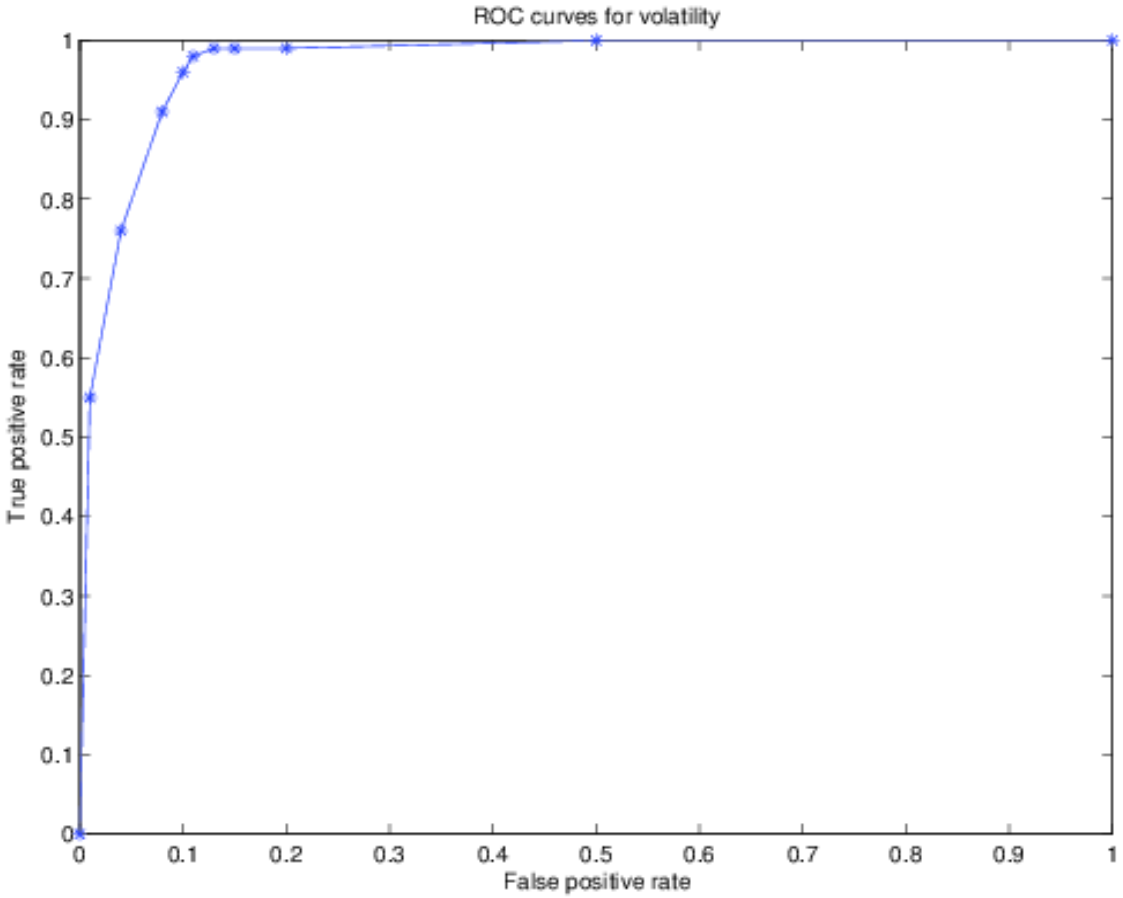
L'histograma de predicció és poc volàtil. La seva modificació en inserir dades, **augmenta la seva volatilitat**.

Mètode I: Experiments i Resultats

Per a les proves es fan servir imatges de la NRCS (Natural Resources Conservation Service), àmpliament utilitzades en esteganografia i estegoanàlisi.

Resultats:

TOTAL	**86.05%**
Positius	46.15%
Negatius	39.90%
Falsos Positius	10.10%
Falsos Negatius	03.85%



Mètode II: Patrons de píxels veïns

- Generar tots els possibles patrons amb tots els píxels veïns no és viable, doncs es generarien massa patrons.

- Si fem servir diferencies de píxels podem reduir la potència en una unitat.

- Els píxels veïns solen ser similars, per la qual cosa es pot establir un límit L per a les diferencies sense perdre patrons importants.

- La simetria de les imatges fa que certes dades es puguin considerar redundants.

L=[-2,2]

100	101	99
103	**100**	101
105	101	102

256^9 patrons

0	-1	1
-3	**0**	-1
-5	-1	-2

256^8 patrons

0	-1	1
-2	**0**	-1
-2	-1	-2

5^8 patrons

	-1	1
	0	-1
		-2

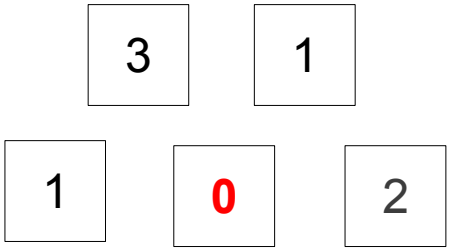
5^4 patrons

Mètode II: Referència a màxims i mínims

Referència al mínim:

	101	**99**
	100	101
		102

	2	**0**
	1	1
		3

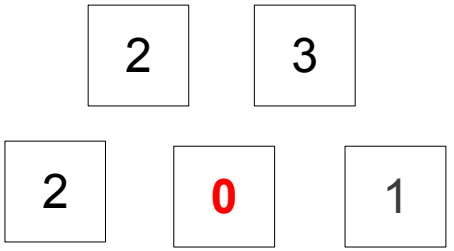


Patró al mínim

Referència al màxim:

	101	99
	100	101
		102

	2	3
	2	1
		0



Patró al màxim

Permet reduir el nombre de patrons optimitzant L i aprofita la informació dels màxims, no utilitzada pel model anterior.

Mètode II: Generació de característiques

Imatge de test

Imatge amb noves dades inserides

Recompte de patrons

P[i]

Inserció de Noves dades

Recompte de patrons

P'[i]

F[i]=P[i]/P'[i]

Característiques

Mètode II: Experiments i Resultats

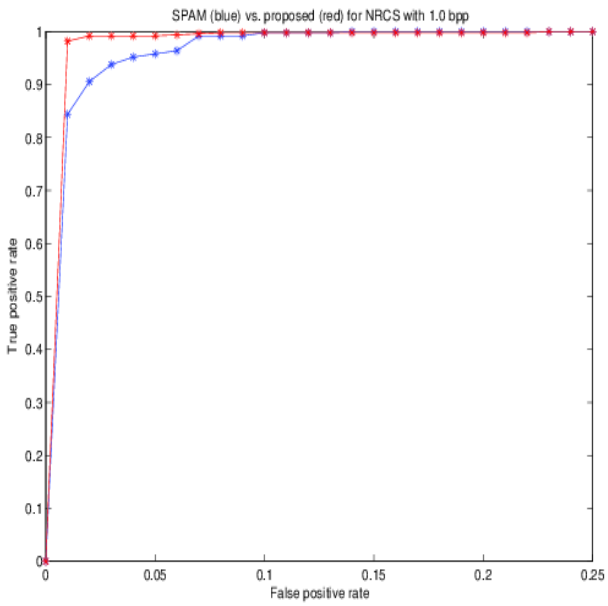
- Es fan servir dues bases de dades d'imatges, la del NRCS (Natural Resources Conservation Service) y la del BOSS (Break Our Steganographic System).
- Es compara amb SPAM el mètode de l'estat de l'art amb millors resultats.

	MÈTODE PROPOSAT 256 característiques					SPAM 687 característiques				
	%	P	FP	N	FN	%	P	FP	N	FN
NRCS 100%	**99.00%**	496	6	494	4	**95.80%**	495	37	463	4
NCRS 50%	**90.90%**	460	51	449	40	**83.10%**	444	113	387	55
NRCS 25%	**79.10%**	393	102	398	107	**67.90%**	387	208	292	112
BOSS 100%	**100.0%**	500	0	500	0	**99.60%**	499	3	497	1
BOSS 50%	**99.90%**	500	1	499	0	**98.80%**	498	10	490	2
BOSS 25%	**98.90%**	495	6	494	5	**96.90%**	500	31	469	0

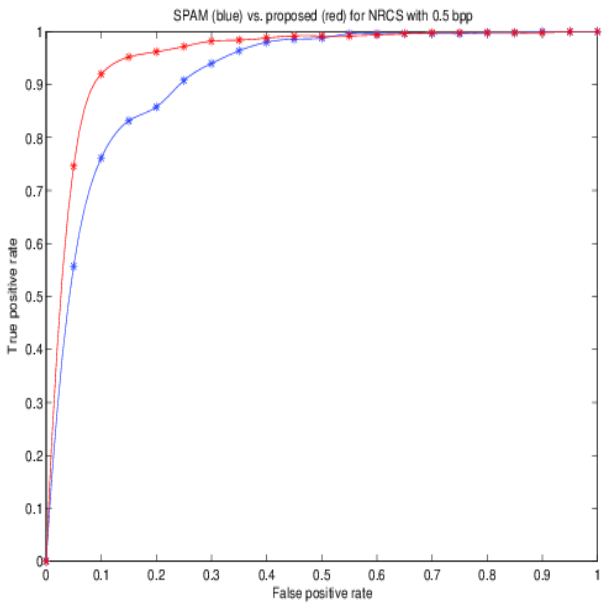
Mètode II: Experiments i Resultats II

Comparació amb corbes ROC per a la base de dades NCRS

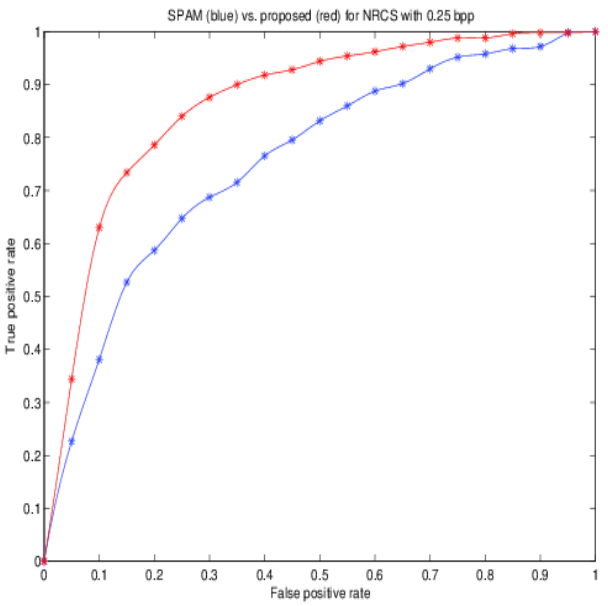
Bitrate 100%



Bitrate 50%



Bitrate 25%



Mètode proposat

SPAM

Estegoanàlisi d'imatges en el domini espacial

Gràcies per la seva atenció.

Preguntes?