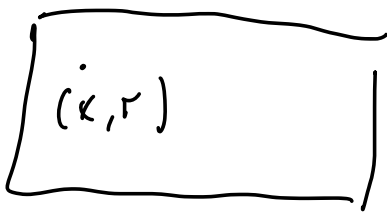


## LE IMMAGINI DIGITALI

APPLICARE LA NOZIONE DI IMMAGINE  
AL CAMPIONAMENTO

### DEFINIRE IMMAGINE

È UNA FUNZIONE BIDIREZIONALE  
SU VARIABILI  $(x, y)$



IL VALORE DEFINISCE IL RISULTATO  
DEL PUNTO O LIVELLO DI GRIGIO

PUO' AVERE VALORI IN  $\mathbb{R}^3$

PERCHÉ' IL SCALA DI CMC

$$f: \mathbb{R}^2 \rightarrow \mathbb{R}$$

$$f: \mathbb{R}^2 \rightarrow \mathbb{R}^3$$

$$f = (f + f \cdot f)$$

NUM I COLOR POSSONO ESSERE

SCOMPON I/ RGB

$$\begin{array}{ccc} R & G & B \\ \downarrow & \downarrow & \downarrow \\ F_1 & F_2 & F_3 \end{array}$$

SI DEFINISCONO MEDIANTE VETTORI  
E QUALUNQUE COORDINATE PUO' ESSERE  
SCOMPOTO IN **RGB**

→ PUO' ESSERE DEFINITA IN  
 $\mathbb{R}^3$  PERCHE' LA 3 FUNZIONE  
DEFINISCE LA SCENA (PERSONE)

$f(R, G, B) \rightarrow \mathbb{R}$  GRUPO  
 $\searrow$   
 $\mathbb{R}^3$  TEMPO

IMMAGINI ANCHE

CONOSCO L'INTENSITA' DI OGNI  
NIVELLO DI GRIGIO IN OGNI PUNTO

→ IMMAGINI AL CALCOLATORE

( ) DISCRETIZZARE!

IL DONNIO DELL'INNAGNE E'  
UN'INSIEME CONTINUO E ABBASTA

$f: [0,1] \rightarrow \mathbb{R}$

CONTINUO NEL TEMPO NEL

DONNIO SPAZIALE

→ POSIZIONE DOVE  
CALCOLO IL LIVELLO  
DI CUMULO

→ QUESTO VA FATTO PER AVERE  
L'INNAGNE AL CALCOLO!

# PROCESSO DI DISCRETIZZAZIONE

E'

UN'ALTRA A DUE CAMPIONAMENTO!

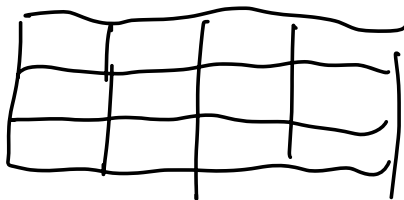
MA ABBIAMO 2 VARIABILI.

-> DISCRETIZZARE 1 VARIABILE

DEL CODICE (QUANTIZZAZIONE!)

CAMPIONAMENTO -> RIFERIMENTO AL DOMINIO

PASSO QUINDI AD UNA IMMAGINE CON  
COORDINATE SPAZIALI DISCRETE!



DISCRETIZZAZIONE CODONATO  $\rightarrow$  QUANTIZZAZIONE

QUINDI

$\rightarrow$  QUANTIZZAZIONE + CAMPIONAMENTO

CI PENSIAMO DI PASSARE DA  
ANALOGICO A DIGITALE

$\rightarrow$  CAMPIONARE

SIGNIFICA PRENDERE UNA FUNZIONE  
SOLO IN DETERMINATI ISTANTI  
TEMPORALI!

ARRIVERE MANI A UNA FUNZIONE DI  
CAMPIONAMENTO PERIODICA

$(\delta(\frac{1}{w})) \quad w \in \mathbb{Z}^+ ? \quad \rightarrow \text{discontinua}$

$\rightarrow$  CAMPIONAMENTO NEIPONACE

OVVERO VLI DI RESIDUACE

### CAMPIONAMENTO NELLO SPAZIO

OTTENGO UNA NATRICE DI 3 DIMENSIONI

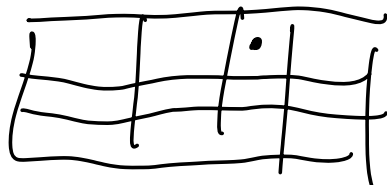
2 SPAZIALI E UNA NEIPONACE

$$A\left(\frac{u}{w}, \frac{n}{w}\right)$$

$\downarrow$   
CIVILIA CIVILIA

$$\left(\frac{h}{w}, \frac{n}{w}\right)$$

$\downarrow$   
POSIZIONE



IL CAMPIONAMENTO DEVE ESSERE SEMPRE  
UNIFORME  $\rightarrow \frac{h}{w}$

MA PUO' ESSERE ANCHE NON UNIFORME  
QUINDI A INTERVALLI

$\Delta x, \Delta y, \Delta t$

LA DISTANZA TRA 2 CAMPIONI SUCCESSIVI,  
LUNGO LE COORDINATE  $x, y, t$

LA FUNZIONE CAMPIONATA

$$\rightarrow \gamma_c(x, y, t) = \sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^K \sum_{h=1}^T b(x - \tau \Delta x, y - h \Delta y, t - h \Delta t)$$

SI LEGGE IL SEGNALE SOLO QUANDO  
 $x$  CADDE NEL NODO AUMENTANDO  
NON LO LEGGE!



LEGGE IL SEGNALE SOLAMENTE  
IN  $\frac{T}{N}$

LA FUNZIONE CAMPIONANTE PRELEVA  
APPUNTO I CAMPIONI

L'IMMAGINE CAMPIONANTE

$$x_c(x, y, t) = x(x, y, t) s_T(x, y, t)$$

E CI PRELEVA IL SEGNALE NEGLI  
ISTANTI DISCRETI!

ABBIAMO VISTO CAMPIONAMENTO DEL  
SIGNALO!

## QUANTIZZAZIONE

SIGNIFICA ANDARE A DESCRIVERE  
I VALORI DELLA FUNZIONE.

PASSO QUINTO DA VALORI CONTINUI  
A VALORI DISCRETI.

FARE LA DISCRETIZZAZIONE DEL CODIFICATO  
SIGNIFICA FARE ONEY LEVEL QUANTIZATION

→ USUALE SI LAVORA CON  
IMMAGINI A 8 BIT

QUINDI  $2^8 = 256$  LIVELLI DI  
GRIGIO

IMMAGINI MEDICATE A 16 BIT

11/11/2011 10:01 AM FOMAT (DAICOR)

12 bit + 4 bit per insertion

בעי דאן.

DAI CON  $\rightarrow$  4 bit di informazioni

SESI 314

• תפוזים ופירות

SENDO QVINDI PEL DANE CUA SENE DI  
DAN CUE COMAND UE INNA GNI  
PRESENT NEL FIVE

INSTRUMENT A 16 BIT  $\rightarrow$  MOD 6

FACCIANO NUOVA!

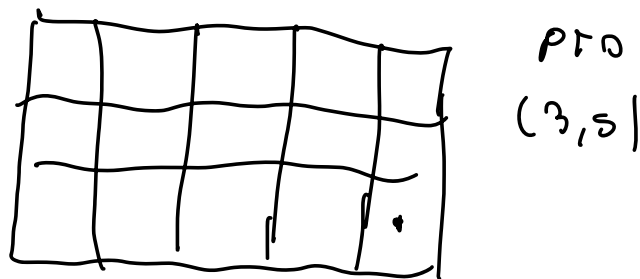
A NEO CHE NO SI HANNO NOTIZIE  
CHE SENGUCCIATO INNAZZINI A LE BITE

## IMMAGINE DIGITALE

LI AMMUTANO MEDIANTE PROCESSO  
DI QUANTIZZAZIONE E CAMPIONAMENTO.

L'IMMAGINE DIGITALE E' UNA RAPPRESENTAZIONE  
DI PIXEL

PIXEL  $\rightarrow$  COMPONENTE ELEMENTARE DI UNA  
IMMAGINE



VALORE  $x_{3,5}$  CHIAMATO LUMINANZA

E' UNO DEI VALORI DEL PIXEL

## NOVA CAMPIONAMENTO BIDIREZIONALE

LA TRASFORMATA DI FOURIER BIDIREZIONALE  
SI ANNULLA FUORI DELL'INSIEME

$$|w_k| > \bar{w}_k \quad \text{E} \quad |w_r| > \bar{w}_r$$

$$\rightarrow \bar{x}(w_k, w_r) = 0$$

PER COSTRUIRE ESATTAMENTE IL

SEGNALE CAMPIONATO LA FREQ. DI

CAMPIONAMENTO NON DEVE ESSERE

INFERIORE AD UNA FREQ. MINIMA

(SAMPLING!)

$\rightarrow$  RIMUOVIAMO IL DOPIO DELLA BANDA

MASSIMA DEL SEGNALE!

$\hookrightarrow$  NON POSSO PERDERE FREQ. PIU' ALTE

$$\rightarrow \frac{\text{BANDA}}{2}$$

## CORRELAZIONE

LA TRASFORMATA DI FOURIER SI  
ANNUA FUORI DALLA BANDA

## → CAMPIONARE

ORDINE DI CAMPIONAMENTO DELL'UNITÀ  
DI TEMPO DEVE ESSERE IL DOPIO  
DELLA BANDA DEL SEGNALE  
(NOI PIÙ DI 2 IN RISPETTO ALL'ANGO  
FREQUENZA)

→ SE DISTINTE MA  $D_X$  E  $D_Y$   
SONO VICINI MA NON, PREDO PIÙ  
CAMPIONI DI QUELLI NECESSARI

## → OVERSAMPLING

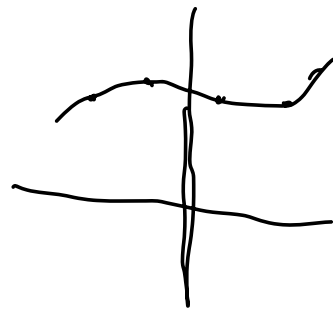
NEL CASO IN CUI L'IMMAGINE NON  
PUO' ESSERE RICOSTRUITA ESATTAMENTE  
E' CHIAMATO

→ UNDERAMPLING

TEOREMA CAMPIONAMENTO PER IMMAGINI

DEF

VEDERE LE SLIDE



$$\Delta x = \Delta y = \frac{1}{N}$$

$\left( \frac{5}{N}, \frac{K}{N} \right) \rightarrow$  PRELEVO LA  $k$  IN  
QUESTO MODO!

VEDERE FUNZIONE SYNC PER  
ESTENSIONE AL CASO BI-DIMENSIONALE

$$Dk = \text{DISTANZA} \frac{1}{w}$$

$$R = \frac{1}{Dk} = w \rightarrow \text{ORDINE DI CAMPIONAMENTO}$$

↪ E' UNA FREQ. DI CAMPIONAMENTO

QUINDI RISULTA IL N° DI CAMPIONI  
IN UNITA' DI TEMPO !

SE  $\frac{1}{Dk}$  E' GRANDE PIU' DISTANTI

SONO I CAMPIONI

$$\rightarrow R \geq \frac{w}{2}$$

PER RICOSTRUIRE BENE L'IMMAGINE AVEVO  
IL DOPIO NUM. UNITA' DI TEMPO

PIU' CAMPIONI PRENDI NUM. UNITA' DI TEMPO  
PIU' RICOSTRUIRO BENE L'IMMAGINE



CHIAMATO ANCHE ONDINE DI

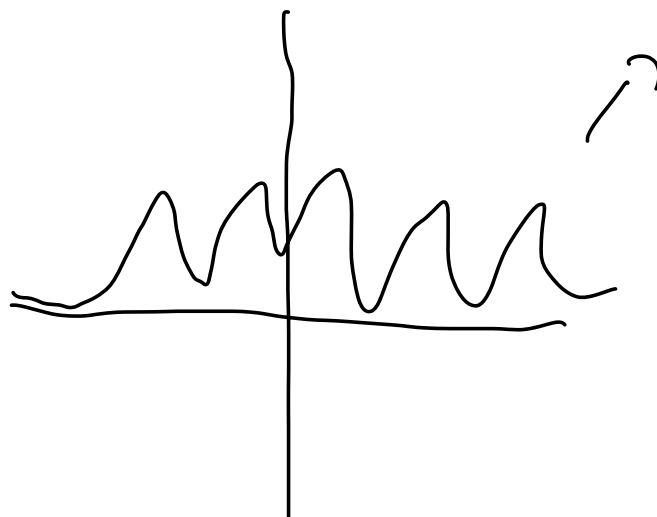
NTWIST

DE D<sub>t</sub> È CHIAMATO QUINDI HO

POCHI CAMPIONI

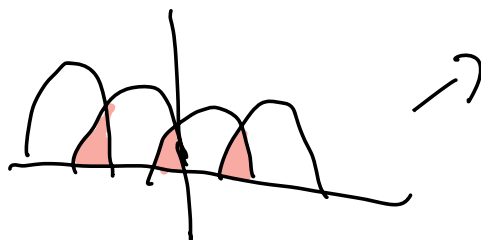
→ SOTTO - CAMPIONANDO

A VIVERE ALIASING



TRASFORMATA  
CLASSICA

QUANDO SOTTO - CAMPIONANDO LA TRASFORMATA  
DIVERGE

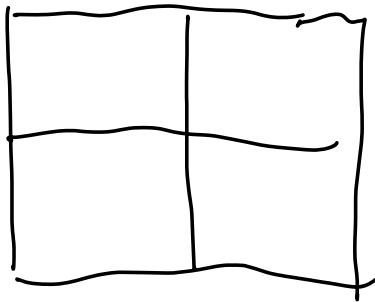
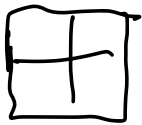


ALIASING

NEL DONDO DUE VARIABILI L'ALIASING  
FA EFFETTO "SOMMATO"

→ ESEMPIO

VADO AD INGRANDIRE UN'IMMAGINE  
CON SE AFFIDO LE INFORMAZIONI  
AD UN PIXEL DI DIMENSIONE  
DOPPIA



MA VENGONO UTILIZZATI DEGLI ALGORITMI  
PER INTERPOLARE L'IMMAGINE!

- RESCALING
- RESIZING

ANCHE CON QUESTI ALGORITMI PERDIO INFORMAZIONI  
(EFFETTO SCAULTIANE)

PER PREVENIRE L'AGASIMO SI VANNO  
A RIMUOVERE I COMPONENTI **SPUME**

MA ANDIAMO A PERDERE LA  
RISOLUZIONE DELL'IMMAGINE, MA  
C'È COMUNQUE L'ATTENUAZIONE  
DELL'AGASIMO

EFFETTO POISSON  $\rightarrow$  FOMA DI AGASIMO

$f_s =$  FREQUENZA DI CAMPIONAMENTO

CIO È DI CAMPIONAMENTO

$f_n =$  FREQUENZA PIÙ ALTA

DEL SEGNALE

TUTTI GLI STRUMENTI PER LE IMMAGINI,  
CREANO ERRORI

→ quindi

NON POSSIAMO AI CAMPIONATE  
AL MINIMO MEGLIO!

ESEMPIO

- LETTONE COMPACT DISK
- TELEFONO A TRASMISSIONE DIGITALE

---

VEDERE MISURE TEORIA DEL CAMPIONAMENTO

SUDE

---

LA FREQUENZA PIU' ALTA DEL SEGNALE  
DEVE ESSERE UGUALE  $f\left(\frac{\omega}{2}\right)$