



Università degli Studi di Milano Bicocca

**Scuola di Scienze**

**Dipartimento di Informatica, Sistemistica e  
Comunicazione**

**Corso di laurea triennale in Informatica**

# Elaborazione di immagini subacquee

**Relatore:** Francesca Gasparini

**Co-relatore:** Silvia Elena Corchs

Relazione della prova finale di:

Federico Raiti

Matricola 781180

# Miglioramento immagini subacquee



➤ Analisi di algoritmi per l'elaborazione di immagini subacquee



➤ Valutazione della qualità delle immagini

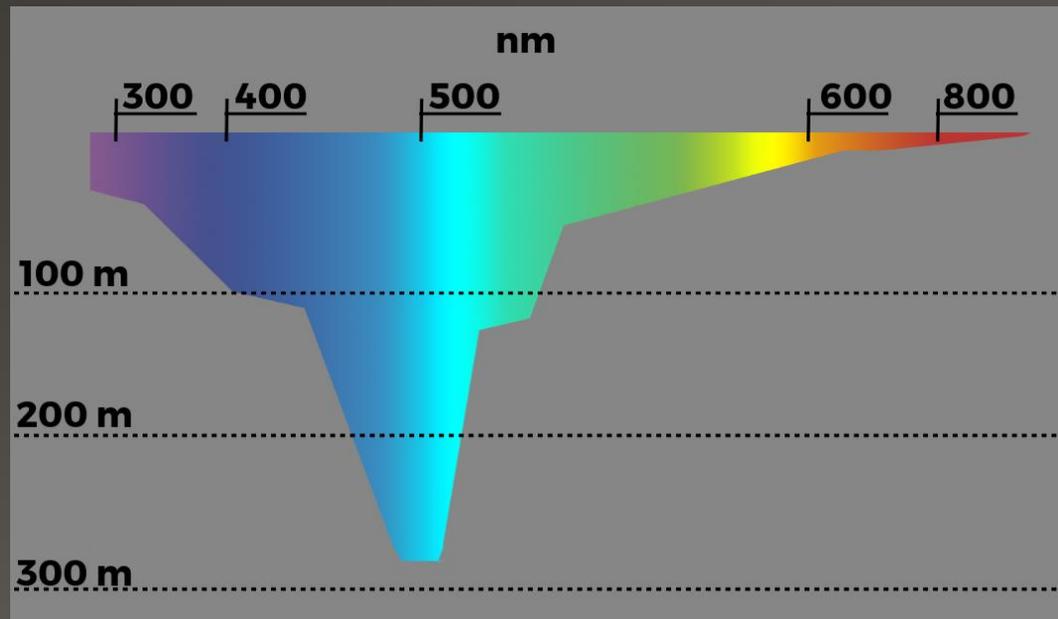


➤ Analisi dei risultati tramite test statistici

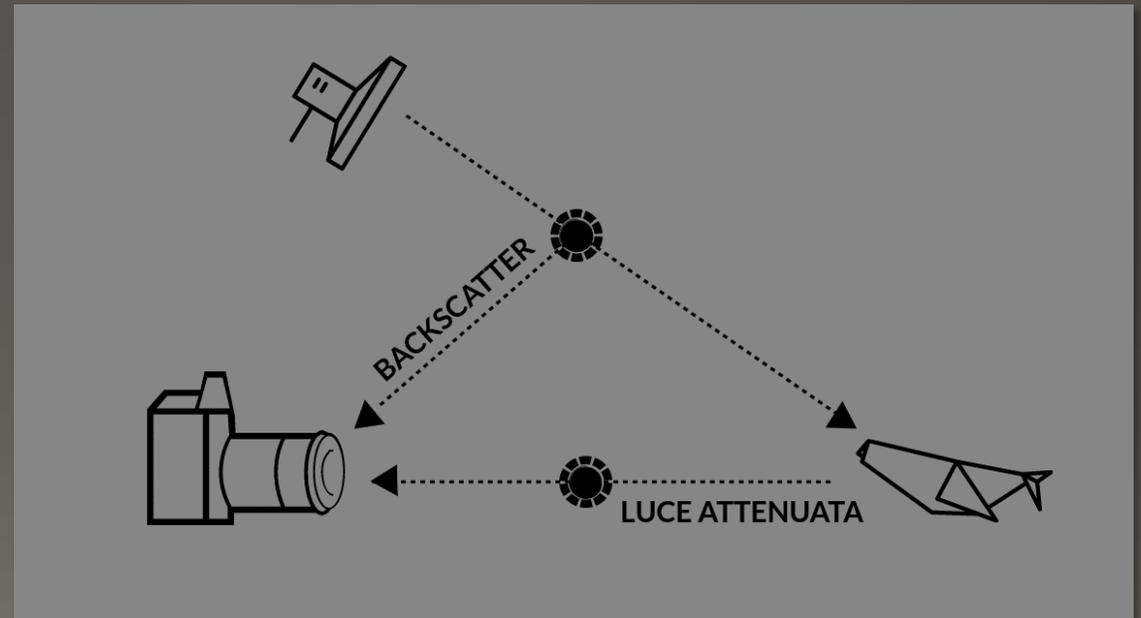


# FENOMENI FISICI

- Assorbimento
  - Color cast



- Diffusione (scattering)
  - Basso contrasto
  - Rumore



# DATABASE DI IMMAGINI

- High Quality (HQ)

- 48 immagini
- Di fotografi professionisti

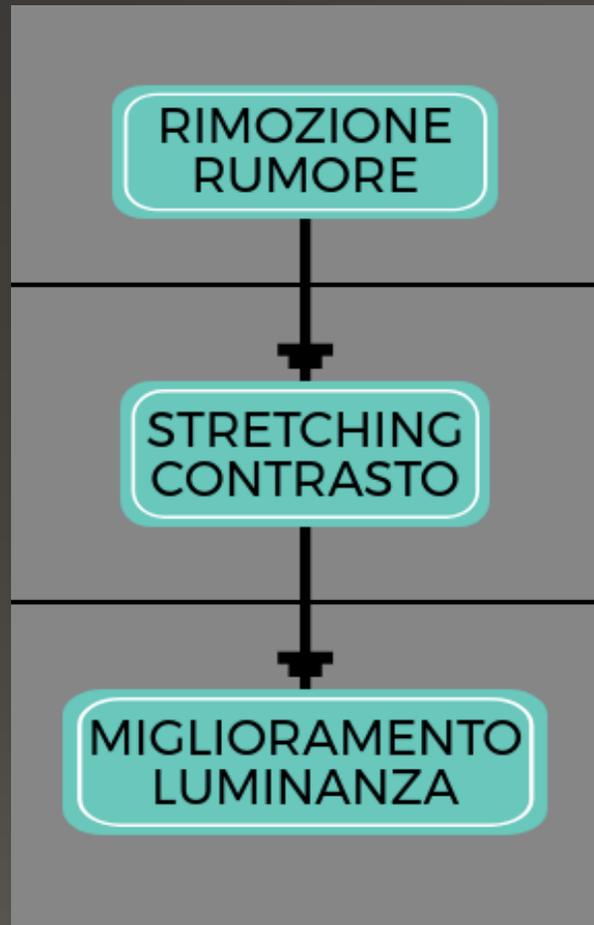


- Low Quality (LQ)

- 131 immagini
- Amatoriali



# METODO RYPRO\* (RGB YCbCr processing)



- Filtro mediano
- Filtro Gaussiano
- Stretching del canale rosso
- Equalizzazione adattiva dell'istogramma (CLAHE)
- Passaggio dallo spazio RGB a YCbCr
- Stretching componente luminanza Y

# METODO RETINEX\* per immagini subacquee



- Stretching dei canali R, G e B

$$S_{CR}^c = \frac{S^c - S_{MIN}^c}{S_{MAX}^c - S_{MIN}^c} * 255$$

- Formula del retinex:

$$S(x, y) = R(x, y) \cdot I(x, y)$$

- Equalizzazione adattiva della Riflettanza
- Stretching dell'Illuminazione

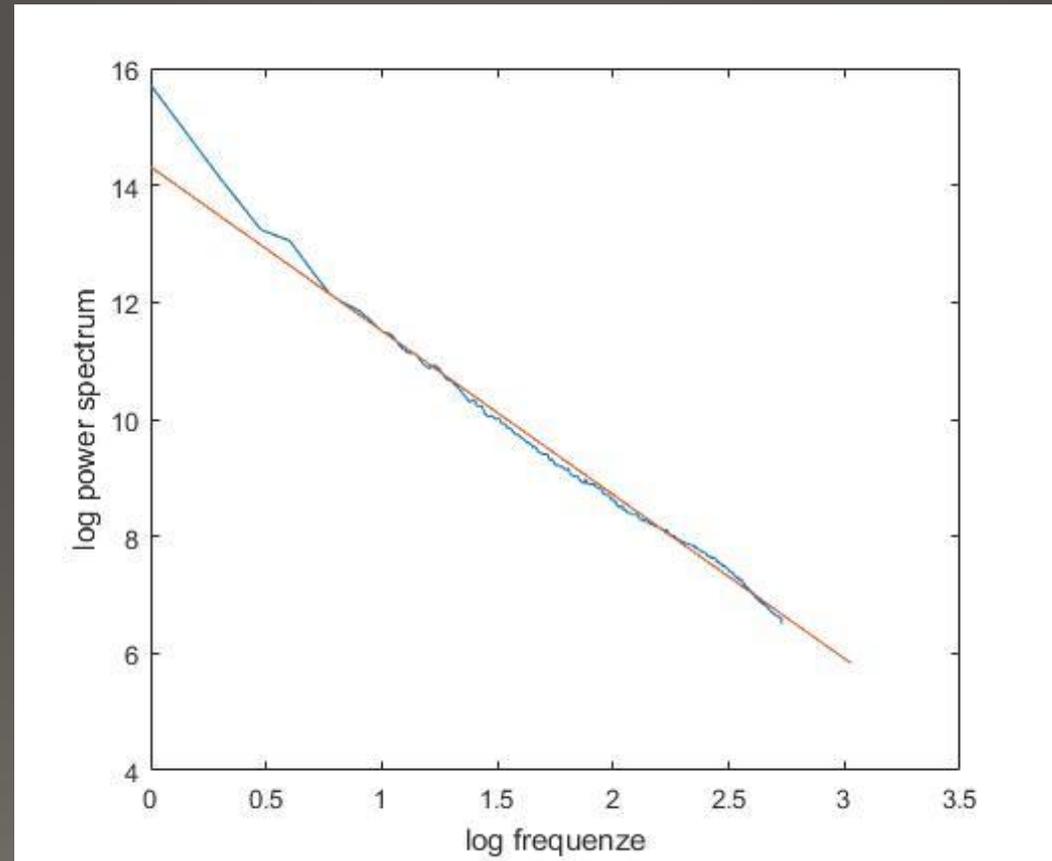
# METRICHE

<b>Relative contrast enhancement factor (RCEF)</b> <sup>REF</sup>	<b>Measure of enhancement (EME)</b>
Calcola il rapporto tra indice di qualità dell'immagine processata e immagine originale.	Misura il miglioramento del contrasto dell'immagine considerando il canale Intensità.
<b>Color enhancement factor (CEF)</b> <sup>REF</sup>	<b>Oriented gradient (OG)</b> *
Misura il miglioramento del colore dell'immagine considerando ciascun canale R,G e B.	Utilizza come riferimento il gradiente dell'immagine, utile per valutare il livello di dettaglio.
<b>Measure of entropy (MOE)</b>	
Misura l'entropia dell'immagine che indica la randomicità dei valori di intensità dei pixel.	

# METRICHE

## Discriminatore dell'ambiente subacqueo \*

Misura il livello di limpidezza dell'acqua considerando la pendenza del power spectrum dell'immagine.



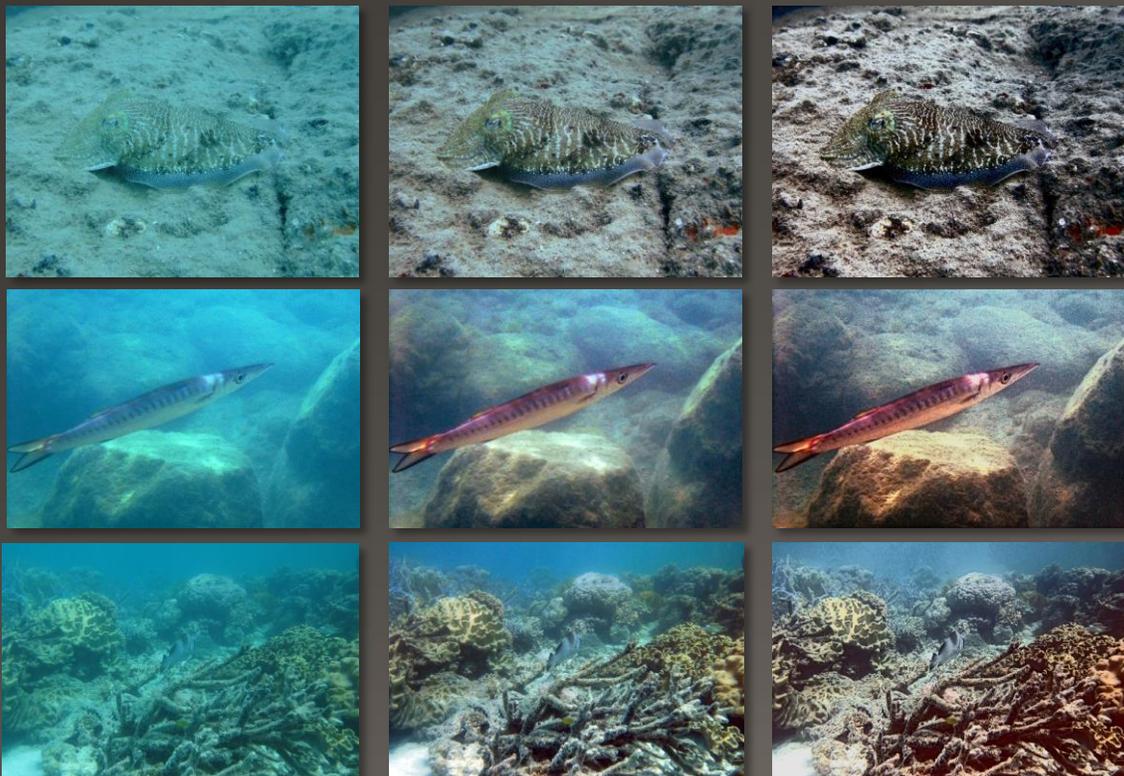
# ANALISI DEI RISULTATI

## IMMAGINI MIGLIORATE

ORIGINALI

RYPRO

RETINEX



## IMMAGINI CON ARTEFATTI

ORIGINALI

RYPRO

RETINEX



# ANALISI DEI RISULTATI

## METRICHE RCEF e CEF

RYPRO

RETINEX

Im.	RCEF	CEF	RCEF	CEF
A	2,1915	1,1507	10,2696	1,3507
B	2,6918	48,0694	3,2991	96,7007
C	2,3700	3,7599	4,0038	4,6246
D	2,5337	7,4785	3,0423	8,6507
E	2,2946	20,5099	4,0999	28,0697
F	2,7339	4,0990	8,5715	4,8407

Immagini migliorate

RYPRO

RETINEX

Im.	RCEF	CEF	RCEF	CEF
G	3,4769	5,2439 e <sup>08</sup>	14,7695	3,0266 e <sup>09</sup>
H	1,3258	1,8390 e <sup>03</sup>	3,8853	1,6441 e <sup>03</sup>
I	2,8531	1,4296 e <sup>03</sup>	14,7278	1,5349 e <sup>04</sup>
J	6,1418	7,2252 e <sup>08</sup>	35,3645	3,5707 e <sup>09</sup>
K	2,4144	112,9383	20,4065	1,0808 e <sup>03</sup>
L	3,5994	9,8448 e <sup>06</sup>	224,6518	2,9077 e <sup>09</sup>

Immagini con artefatti

# ANALISI DEI RISULTATI

## METRICHE MOE e EME

ORIGINALE

RYPRO

RETINEX

### Immagini migliorate



Im.	MOE	EME	MOE	EME	MOE	EME
A	6,1096	22,2774	6,5125	41,2040	7,6585	52,9301
B	6,5718	20,4887	7,1630	54,5455	7,6523	39,7376
C	6,7715	29,1395	7,3418	61,5599	7,6650	51,1536
D	6,8518	22,1411	7,3450	49,2580	7,5530	43,6705
E	6,7720	24,7116	7,2634	50,2037	7,6741	53,7915
F	6,4852	37,5516	7,1291	55,8265	7,7884	745,7473

### Immagini con artefatti



G	5,9434	15,6512	6,7230	49,5842	7,6771	60,1197
H	6,5425	19,5012	6,6841	37,2720	7,4932	36,7478
I	5,8068	14,0664	6,4805	41,0038	7,6648	51,0914
J	5,5040	16,5731	6,4374	35,5658	7,5754	57,1391
K	6,7311	26,0826	7,2363	59,5622	7,5922	51,0267
L	3,8702	6,3299	4,6120	22,4040	7,5638	46,4307

# ANALISI DEI RISULTATI

## METRICA OG

Valori bassi  
corrispondono a  
alta qualità.

### Immagini migliorate

Im.	Originale	RYPro	Retinex
A	-0,4154	-0,3883	-0,3990
B	0,1614	-0,3315	-0,4784
C	-0,3838	-0,2245	-0,2811
D	-0,1951	-0,3165	-0,2924
E	-0,3048	-0,0343	-0,7368
F	-0,7294	-0,2477	-0,4244



### Immagini con artefatti

Im.	Originale	RYPro	Retinex
G	-0,0424	-0,3600	-0,3617
H	0,0617	-0,5759	-0,7055
I	-0,0989	-0,2424	0,2086
J	0,1892	-0,2318	-0,8110
K	-0,5682	-0,3776	-0,6913
L	0,3194	-0,1755	-0,8016



# ANALISI DEI RISULTATI

## DISCRIMINATORE DELL'AMBIENTE SUBACQUEO

### Immagini migliorate

Im.	Originale	RYPro	Retinex
A	0,4009	0,4065	0,4210
B	0,4148	0,4222	0,4270
C	0,4235	0,4286	0,4352
D	0,4165	0,4267	0,4300
<b>E</b>	<b>0,4282</b>	<b>0,4178</b>	<b>0,4339</b>
F	0,4298	0,4356	0,4469



### Immagini con artefatti

Im.	Originale	RYPro	Retinex
G	0,4084	0,4239	0.4417
H	0,4372	0,4185	0.4476
<b>I</b>	<b>0,4104</b>	<b>0,4240</b>	<b>0.4400</b>
J	0,4454	0,4306	0.4594
K	0,4404	0.4267	0.4683
L	0,4064	0,4257	0.4630



# STYLE TRANSFER<sup>\*</sup>

CONTENUTO



STILE



RISULTATO



MIGLIORATA

NON SODDISFACENTE



# CONCLUSIONI

- Sviluppare metriche specifiche per immagini subacquee
- Perfezionamento metodi RYPro e Retinex per prevenire artefatti
- Approfondimento della tecnica Style Transfer

# Grazie per l'attenzione

Grazie per l'attenzione





# FORMULE METRICHE

<p>Relative contrast enhancement factor (RCEF) <sup>REF</sup></p>	<p>Measure of enhancement (EME)</p>
$\frac{Q_p}{Q_o} \quad \text{dove } Q = \frac{\sigma^2}{\mu}$	$X(i, j) = 20 \ln \left( \frac{I_{max}}{I_{min}} \right)$
<p>Color enhancement factor (CEF) <sup>REF</sup></p>	<p>Discriminatore ambiente subacqueo</p>
$CM = \sqrt{\sigma_\alpha^2 + \sigma_\beta^2} + 0,3 \sqrt{\mu_\alpha^2 + \mu_\beta^2}$	$C = u_1 \times \left( 1 - \frac{\alpha}{\frac{\pi}{2}} \right) + u_2 \times P_0$
<p>Measure of entropy (MOE)</p>	

# ARTEFATTI

G



H



I



J



K



L

