

Ciao amici di ELIVA! Ho deciso di fare questo file perché sinceramente mi sono trovata un po' sperduta a non avere nessun esempio di domanda quindi spero possa aiutare quelli come me che si impanicano credendo che gli chiederanno anche di che colore aveva le mutande Giulio Cesare quando varcò il Rubicone. Allora un paio di cosette:

- sono domande di un solo appello (luglio 2021), una quindicina di persone, quindi sicuro non c'è tutto, e ci sono delle risposte ma le ho messe per ripassare prima dell'esame quindi di sicuro non sono complete!
- In presenza a quanto pare giravano tra i banchi chiedendo cose simultaneamente, un alunno a testa, per fare prima. Online hanno fatto uno alla volta, ha interrogato 90% Grangetto, Cavagnino solo qualcosina, Balossino solo se obbligato.
- Sono abbastanza pignoli e Grangetto quando sbagli qualcosa o non la sai, invece di cambiare argomento insiste finché non ne esce una risposta, che può metter paura perché ti tiene mezz'ora (letteralmente) su una cosa che non sai e vai nel panico, però nel complesso queste allegre discussioni non pesano troppo nella valutazione
- Di voti mi sono sembrati abbastanza larghi
- PARLATE PARLATE PARLATE. Preparatevi un bel discorso sugli argomenti a scelta, supercazzolate (no scherzo), dite le premesse, non andate a infilarvi da soli in discorsi di cui non siete sicuri
- Tutti noi eravamo con l'esame da 6 crediti, non so di nessuno da 9 quindi non so dire cosa cambia

Bene allora spero che possa aiutarvi, buona fortuna a tutti e, mi raccomando, aggiornate il file per i posteri!

Debora

1. Segmentazione

La segmentazione suddivide un'immagine nelle regioni o negli oggetti che la compongono.

Il dettaglio della segmentazione dipende da ciò che si vuole ottenere dall'immagine, cioè il processo deve terminare quando gli oggetti o le regioni di interesse sono stati individuati.

Ci sono due possibili situazioni:

- si conoscono a priori le condizioni di contorno, quindi si conosce a priori la struttura dell'immagine;
- non si conosce nulla a priori e si utilizzano dei metodi specifici per individuare le regioni di interesse.

Ci sono due approcci alla segmentazione:

- Discontinuità (segmentazione dipendente dagli edge): si partiziona un'immagine basandosi sui bruschi cambiamenti di intensità locali (ad esempio gli edge), quindi i bordi delle regioni devono essere sufficientemente diversi l'uno dall'altro e dallo sfondo.
- Similarità (segmentazione dipendente dalle regioni): ci si basa sulle similarità tra regioni. Si utilizzano le tecniche di thresholding e region growing.

Se R indica l'intera regione occupata da un'immagine, la segmentazione è quel processo che partiziona R in n sottoregioni, R_1, R_2, \dots, R_n rispettando le seguenti proprietà:

- a) la segmentazione deve essere completa, ogni pixel deve appartenere a una qualche regione
- b) R_i è un insieme connesso, cioè i punti di una regione devono essere 4 o 8 connessi
- c) le regioni devono essere disgiunte
- d) $Q(R_i = \text{VERO})$ indica le proprietà che devono essere soddisfatte dai pixel in una regione segmentata
- e) per ogni coppia di regioni adiacenti R_i e R_j due regioni adiacenti R_i e R_j devono essere diverse nel senso del predicato Q . Ricordiamo che due regioni sono adiacenti se la loro unione forma un insieme connesso.

Le tre caratteristiche dell'immagine a cui siamo interessati sono:

- Edge: sono insiemi di pixel di edge connessi, dove i pixel di edge sono pixel in cui l'intensità dell'immagine cambia all'improvviso. I pixel di edge vengono individuati tramite dei metodi di elaborazione locali chiamati individuatori di edge (edge detector)
- Linee: segmento di edge in cui l'intensità dello sfondo su entrambi i lati della linea è maggiore o minore dell'intensità dei pixel della linea.
- Punti: linea con lunghezza e larghezza pari a 1 pixel.

Gli strumenti che permettono di individuare le brusche variazioni locali di intensità sono le derivate prima e seconda.

Le caratteristiche matematiche della derivata prima sono:

- nulla nelle aree di intensità costante
- non nulla all'inizio di una rampa o di un gradino di intensità.
- non nulla nei punti lungo una rampa di intensità.

La derivata prima produce edge spessi e mette in rilievo i dettagli fini meno rispetto alla derivata seconda.

Le caratteristiche matematiche della derivata seconda invece sono:

- nulla in aree ad intensità costante.

- non nulla all'inizio e alla fine di una rampa o di un gradino di intensità.
- nulla lungo le rampe di intensità.

La derivata seconda evidenzia meglio i cambiamenti bruschi e quindi mette in rilievo i dettagli sottili (incluso il rumore). Produce una risposta doppia lungo le transizioni di intensità a rampa e a gradino, questo avviene perché abbiamo visto che è diversa da zero sia all'inizio che alla fine del gradino, mentre la derivata prima è diversa da zero solo all'inizio. Il segno della derivata seconda può essere utilizzato per determinare il tipo di transizione di un edge, cioè se c'è una transizione da chiaro a scuro (derivata seconda negativa) o da scuro a chiaro (derivata seconda positiva) dove il segno si mantiene mentre si attraversa l'edge.

2. Istogramma delle frequenze

L'equalizzazione di istogrammi serve per produrre un'immagine con un istogramma uniforme dei valori di intensità.

L'istogramma di un'immagine digitale con livelli di intensità nella gamma $[0, L-1]$ è una funzione discreta $h(r_k) = n_k$ dove r_k è il valore d'intensità k -esimo ed n_k è il numero di pixel dell'immagine con intensità r_k .

La normalizzazione di un istogramma avviene dividendo ogni componente per il numero totale dei pixel dell'immagine, quindi tramite la seguente espressione, può essere visto come una stima della probabilità dell'occorrenza del livello di intensità r_k in un'immagine.

La somma delle componenti di un istogramma normalizzato deve dare 1.

L'istogramma ci interessa perché quando i pixel di un'immagine occupano l'intera gamma dei livelli di intensità possibili e si distribuiscono uniformemente l'immagine avrà un aspetto ad alto contrasto e mostrerà un'ampia varietà di tonalità di grigio, quindi avremo un'immagine con un'ampia gamma dinamica ed una grande quantità di dettagli.

Per poter migliorare l'immagine ed ottenere un istogramma uniforme dobbiamo utilizzare l'equalizzazione (o linearizzazione) dell'istogramma, quindi un'immagine equalizzata si ottiene trasformando ogni pixel dell'immagine di input di intensità r_k in un pixel con intensità s_k . Siccome abbiamo a che fare con valori interi, dobbiamo arrotondare tutti i risultati delle probabilità al valore intero più vicino.

È raro trovare istogrammi perfettamente piatti nella realizzazione pratica dell'equalizzazione di istogrammi. Quindi non può essere provato che l'equalizzazione di un istogramma discreto generi un istogramma uniforme. Solitamente si ottiene un istogramma più plasmato con i livelli di intensità dell'immagine su una gamma più vasta, ottenendo come risultato finale un miglioramento del contrasto.

A volte serve migliorare non tutta l'immagine, ma solo una porzione, quindi risulta necessario utilizzare una elaborazione locale degli istogrammi, tramite funzioni di

trasformazione basate sulla distribuzione dell'intensità nell'intorno di ogni pixel dell'immagine.

In pratica utilizziamo le tecniche viste definendo una zona di prossimità e spostando il suo centro di pixel in pixel. Ad ogni posizione si calcola l'istogramma dei punti nell'intorno per poi applicare una tecnica di manipolazione dell'istogramma (equalizzazione e matching) per trasformare l'intensità del pixel al centro della zona interessata. Tale centro viene poi spostato verso un pixel adiacente e la procedura viene ripetuta. L'elaborazione locale degli istogrammi serve quando ad esempio abbiamo delle zone dell'immagine che vogliamo migliorare, ma non hanno un contributo significativo da poter influenzare l'equalizzazione globale. Per migliorare un'immagine abbiamo utilizzato le statistiche dell'istogramma, come la probabilità dei valori di intensità dei pixel. Ora vediamo la media e la varianza:

- media: corrisponde all'intensità media dei pixel nell'immagine e si ottiene con la seguente espressione.
- varianza: è una misura del contrasto di un'immagine

Media e varianza vengono utilizzati per il miglioramento locale dell'immagine, perché provocano dei cambiamenti su ogni singolo pixel della zona. Quando abbiamo un'immagine che ha delle caratteristiche nascoste, che vogliamo far risaltare, conviene utilizzare il miglioramento locale tramite la manipolazione del contrasto. Quindi ad esempio quando vogliamo lasciar stare le zone chiare di un'immagine e migliorare le zone scure. Per fare ciò utilizziamo il valore della deviazione standard locale per fare in modo che le zone chiare non vengano modificate mentre le zone scure sì. I pixel che soddisfano le condizioni vengono moltiplicati per una costante che aumenta o diminuisce il valore dell'intensità rispetto al resto dell'immagine. Visto che dobbiamo migliorare le zone scure utilizziamo un valore di E relativamente basso in modo tale che le zone scure modificate tendano ancora verso l'estremità scura della scala, preservando l'aspetto generale dell'immagine. In generale la sottoimmagine deve essere il più piccola possibile in modo tale da mantenere i dettagli e ridurre il costo computazionale.

Sogliatura dell'intensità: questo metodo ci permette, tramite l'istogramma di un'immagine, di estrarre gli oggetti che ci interessano dallo sfondo. Se ad esempio abbiamo un istogramma dell'intensità di un'immagine composta di oggetti chiari su uno sfondo scuro (quindi i valori di intensità sono raggruppati in due mode), possiamo estrarre gli oggetti dallo sfondo scegliendo una determinata soglia T che separa le due mode presenti nell'istogramma. Viene definito punto dell'oggetto ogni punto (x, y) nell'immagine in cui $f(x, y) > T$; al contrario viene definito punto dello sfondo ogni punto (x, y) nell'immagine in cui $f(x, y) < T$;

La sogliatura è globale quando la soglia T è una costante applicabile all'intera immagine. Questo tipo di sogliatura possiamo applicarla quando le distribuzioni di intensità dei pixel dello sfondo e degli oggetti dell'immagine sono sufficientemente distinti. Risulta quindi evidente che per ogni immagine è necessario stimare

automaticamente il valore della soglia, per farlo si utilizza il seguente procedimento (algoritmo di bisezione con media):

Per effettuare la sogliatura globale è possibile utilizzare il metodo di Otsu, in quanto risulta essere un metodo ottimale perché massimizza la varianza interclasse e si basa su calcoli eseguiti sull'istogramma dell'immagine. Il principio su cui si basa è che classi ben sogliate possono essere distinte rispetto ai valori di intensità dei loro pixel, e viceversa, che una soglia riuscendo ad ottenere la migliore separazione tra le classi rispetto ai valori di intensità risulterà la migliore. L'algoritmo di Otsu può essere riassunto nei seguenti passi:

- 1) Calcolare l'istogramma normalizzato dell'immagine. Le componenti dell'istogramma vengono denotate con p_i , $i = 0, 1, 2, \dots, L-1$
- 2) Calcolare le somme cumulative, $P1(k)$, per $k = 0, 1, 2, \dots, L-1$
- 3) Calcolare le medie cumulative, $m(k)$, per $k = 0, 1, 2, \dots, L-1$
- 4) Calcolare l'intensità globale media, mG
- 5) Calcolare la varianza interclasse $\sigma^2 B(k)$, per $k = 0, 1, 2, \dots, L-1$
- 6) Calcolare la soglia di Otsu, k^* , cioè il valore di k per il quale $\sigma^2 B(k)$ è massimo. Se il massimo non è unico, ottenere la soglia facendo la media dei valori di k corrispondenti ai differenti massimi calcolati
- 7) Ottenere la misura di separabilità η^*

3. Quadtree

Region splitting e merging, procedura che suddivide un'immagine in un insieme di regioni arbitrarie, ma disgiunte e successivamente le fonde e/o le separa in regioni che possano soddisfare le cinque condizioni di segmentazione. In dettaglio considerando R la regione intera dell'immagine si sceglie un predicato Q . Si può segmentare R in regioni sempre più piccole in modo che per ogni regione R_i , $Q(R_i) = \text{VERO}$. Quindi partendo dalla regione intera, se $Q(R) = \text{FALSO}$ si divide l'immagine in quadranti; se Q è falso per i quadranti che si ottengono questi a loro volta vengono suddivisi in ulteriori sottoquadranti e così via. Per questo motivo la tecnica di scissione che si utilizza viene rappresentata in forma di quadtree, cioè di alberi nei quali ogni nodo ha esattamente quattro ramificazioni. La radice dell'albero è l'immagine intera, mentre ciascun nodo corrisponde alla suddivisione di un nodo precedente. Se viene utilizzato soltanto il processo di splitting (scissione), la partizione finale conterrà soltanto regioni adiacenti con proprietà identiche. Per risolvere questo problema si utilizza il processo di merging (fusione) che unisce le regioni adiacenti i cui pixel soddisfano il predicato Q .

L'algoritmo, quindi, è composto dei seguenti passi:

- 1) scindere in quattro quadranti disgiunti ogni regione R_i per la quale $Q(R_i) = \text{FALSO}$
- 2) quando non è più possibile separarle, applicare il processo di merging alle regioni adiacenti R_j e R_k per le quali $Q(R_j \text{ unione } R_k) = \text{VERO}$
- 3) fermarsi quando il processo di merging non è più realizzabile

4. codifiche RGB

Nel modello RGB ogni colore è rappresentato dalle sue componenti primarie spettrali di rosso, verde e blu, infatti le immagini rappresentate nel modello RGB sono formate da tre immagini, una per ogni colore primario.

Si basa su un sistema di coordinate cartesiane, mentre il suo sottospazio è il seguente cubo:

- i valori primari RGB si trovano su tre spigoli;
- i colori secondari (ciano, magenta e giallo) sono in altri tre spigoli;
- il nero è all'origine e il bianco si trova sullo spigolo più distante dall'origine.
- I toni di grigio (che hanno uguale valore RGB) vanno dal nero al bianco lungo la linea che unisce i due punti.
- I diversi colori invece sono punti all'interno o sulla superficie del cubo e vengono definiti in modo vettoriale.

La profondità del pixel (pixel depth) è il numero di bit utilizzato per rappresentare ogni pixel nello spazio RGB.

I colori RGB sicuri sono un sottoinsieme di colori dei quali la riproduzione fedele è indipendente dalle capacità dell'hardware. Il numero minimo di colori che possono essere riprodotti fedelmente da qualsiasi sistema è 256, ma 40 di questi vengono processati in modo diverso dai vari sistemi operativi, mentre i rimanenti 216 sono comuni alla maggior parte dei sistemi, quindi sono diventati gli standard di fatto dei colori sicuri. Vengono utilizzati quando si vuole che i colori visti dalla maggior parte delle persone siano gli stessi. Ognuno di questi 216 colori sicuri è formato da tre valori RGB, ma ogni valore può essere solo 0, 51, 102, 153, 204, 255. Le facce del cubo che rappresenta i colori sicuri sono le seguenti: Nel cubo corrispondente i colori sicuri sono solo nei piani in superficie (infatti sono le facce). Ogni piano ha 36 colori e l'intera superficie del cubo è coperta da 216 diversi colori. Concludendo quindi questo modello è utile per la creazione di immagini a colori, ma non per la descrizione del colore.

5. YUV

La rappresentazione dei colori RGB è ridondante, di solito anche separando i colori è infatti possibile riconoscere l'immagine in ciascuno.

La codifica YUV permette invece di rappresentare con Y tutta (o quasi) l'intensità in scala di grigi.

Y è la matrice di luminanza mentre U e V sono crominanze: U è la differenza tra il blu e l'Y mentre V è la differenza tra rosso e Y.

Posso passare dalla rappresentazione YUV alla RGB e viceversa.

Lo YUV down-sampling indica il fattore di sottocampionamento delle crominanze, la luminanza non è mai sottocampionata.

Ci sono 4 combinazioni possibili:

- YUV 4:4:4 significa avere tutti i pixel di tutte e 3 le componenti. Gli altri formati determinano un sottocampionamento di alcune componenti, ciò determina delle immagini a dimensione minore.
- YUV 4:2:2 indica che le crominanze sono campionate sia per righe che per colonne un pixel sì e uno no.
- YUV 4:2:0 è il più popolare e indica che delle immagini native salva solo per righe con fattore 4:2 (ovvero un pixel sì e uno no) e una riga sì e una no elimina tutta una riga.

Per poter visualizzare un'immagine essa deve essere passata nuovamente a RGB.

6. Come funziona l'occhio

L'occhio umano ha una forma pressoché sferica con un diametro di circa 20 mm. E' circondato da tre membrane:

- cornea e sclera (membrane esterne);
- coroide;
- retina (membrana interna).

La coroide ha uno strato di colore scuro che riduce la quantità di luce che penetra nel bulbo oculare e nella parte anteriore si divide in corona ciliare e iride.

Quest'ultima si contrae e dilata (con un diametro da 2 a 8 mm) controllando la quantità di luce che entra nell'occhio. La retina è una membrana interna sulla quale viene impressa la luce che proviene da un oggetto. Sulla retina sono disposte due classi di recettori di luce e la loro distribuzione determina la visione vera e propria.

Nella retina è presente anche un punto cieco dovuto all'assenza di recettori. Le due classi di recettori sono:

- Coni: sono posizionati nella parte centrale della retina chiamata fovea e sono molto sensibili ai colori. Sono circa 7 milioni. I dettagli fini colti dagli esseri umani sono dovuti ai coni ed al fatto che ognuno di essi è collegato al proprio terminale nervoso. La visione legata ai coni viene chiamata fotopica, alta luminosità.
- Bastoncelli: sono distribuiti in tutta la superficie della retina; variano da 75 a 150 milioni. I dettagli percepiti dai bastoncelli sono meno dettagliati in quanto sono tutti collegati ad un solo terminale nervoso. Inoltre, sono sensibili fino a bassi livelli d'illuminazione e non sono coinvolti nella percezione dei colori. La visione legata ai bastoncelli viene chiamata scotopica, bassa luminosità.

Legato alla corona ciliare grazie a delle fibre c'è il cristallino formato per il 70% da acqua. Il cristallino è importante perché la lunghezza focale necessaria è raggiunta variando la forma proprio del cristallino, in quanto la distanza tra cristallino e retina (cioè la nostra regione di imaging) è fissa a circa 17 mm. Le fibre della corona ciliare ispessiscono o assottigliano il cristallino, rispettivamente per oggetti vicini e lontani.

L'immagine della retina è focalizzata principalmente nella regione della fovea. La percezione poi utilizza la sollecitazione dei recettori luminosi, che trasformano l'energia radiante in impulsi elettrici, che infine vengono decodificati dal cervello.

La luminosità soggettiva (intensità percepita dal sistema visivo umano) è una funzione logaritmica dell'intensità della luce incidente sull'occhio. La linea curva rappresenta le intensità a cui la vista può adattarsi. Il sistema visivo umano non riesce a interessare simultaneamente tutti i valori del range, ma risolve il problema variando la propria sensibilità; questa variazione viene definita adattamento alla luminosità.

7. filtri nel dominio dello spazio

Il filtraggio spaziale, che opera nel dominio spaziale descritto precedentemente, può essere lineare e non lineare;

nel caso lineare c'è una corrispondenza a uno a uno con il filtraggio nel dominio della frequenza, mentre nel caso non lineare non abbiamo una corrispondenza nel dominio della frequenza.

Il vantaggio del filtraggio spaziale sta nella sua maggiore versatilità proprio perché permette di utilizzare filtri non lineari. Quando si utilizza un filtro non lineare è necessario specificare le dimensioni dell'intorno sui cui si applicheranno determinate operazioni. Un filtro spaziale consiste in una regione di prossimità (solitamente un rettangolo) e un'operazione predefinita che viene applicata ai pixel dell'immagine appartenenti alla regione. Il filtraggio crea un nuovo pixel con le stesse coordinate del centro dell'intorno, il cui valore è il risultato dell'operazione di filtraggio (solitamente è meglio lavorare con filtri di dimensioni dispari in quanto i centri sono valori interi).

I due concetti principali legati al filtraggio spaziale sono la correlazione e la convoluzione:

- correlazione: processo che consiste nel progressivo scorrimento di una maschera filtro sull'immagine e nel calcolo della somma dei prodotti in ogni posizione. Note:
 - è una funzione di spostamento del filtro, quindi il primo valore di correlazione corrisponde allo spostamento zero del filtro, il secondo corrisponde allo spostamento di una unità e così via.
 - correlare un filtro w a una funzione che contiene tutti i valori 0 e un solo valore 1 (chiamata impulso unitario discreto) porta a un risultato che è la copia di w ruotata di 180° . Quindi la correlazione di una

funzione con un impulso unitario discreto porta a una versione ruotata della funzione nella posizione dell'impulso.

- se l'immagine contiene una regione identicamente uguale a w , il valore della funzione di correlazione è massimo quando w è centrato su quella regione di f .
- convoluzione: opera come la correlazione, ma il filtro viene prima ruotato di 180° . In pratica ruotiamo una funzione di 180° e poi applichiamo le stesse operazioni della correlazione, quindi se la maschera filtro è simmetrica il risultato è sempre lo stesso. Note:
 - la convoluzione di una funzione con l'impulso unitario porta a una copia della funzione nella posizione dell'impulso.

I filtri spaziali di smoothing vengono utilizzati per ridurre il rumore e produrre immagini sfocate. Il risultato si può ottenere sia con un filtro lineare sia con un filtro non lineare.

Filtri lineari di smoothing (o filtri di media, filtri low pass): Questi filtri sostituiscono il valore di ogni pixel dell'immagine con la media dei livelli di intensità nella regione definita dalla maschera del filtro. Applicando questo tipo di filtro i risultati ottenuti sono:

- ridurre le transizioni di intensità brusche, spesso dovute alla presenza di rumore.
- sfocare l'immagine, per far emergere oggetti di interesse, però magari perdendo caratteristiche visive importanti.
- eliminare i falsi contorni dovuti all'utilizzo di un numero insufficiente di livelli d'intensità.
- ridurre i dettagli irrilevanti, cioè le regioni di pixel che sono piccole rispetto alle dimensioni della maschera del filtro. Infatti le intensità degli oggetti piccoli tendono a essere inglobate nello sfondo, mentre gli oggetti più grandi diventano macchie facili da individuare.
- introduce dei bordi neri quando si utilizzano delle maschere di grandi dimensioni. In generale ci sono due tipi di filtri media:
 - filtro box: filtro di media spaziale in cui tutti i coefficienti sono uguali.
 - filtro di media ponderata: filtro che fa in modo che i pixel vengano moltiplicati per coefficienti diversi, dando maggiore peso ad alcuni pixel piuttosto che ad altri.

Filtri di smoothing non lineari basati sulle statistiche d'ordine: La risposta di questi filtri consiste nell'ordinare i pixel contenuti in una zona dell'immagine incorporata dal filtro e poi nella sostituzione del valore del pixel centrale con il valore indotto dalla posizione nell'insieme ordinato.

Il principale filtro di questo tipo è il filtro mediano che sostituisce il valore di un pixel con il valore mediano delle intensità della regione in cui si trova il pixel.

I filtri mediani sono molto potenti nel caso sia presente del rumore casuale, in quanto oltre che ridurre molto il rumore introducono una minor sfocatura rispetto ai filtri lineari.

Il principale rumore di tipo casuale che viene ridotto dal filtro mediano è il rumore a impulsi o sale e pepe, per via della presenza di puntini bianchi e neri nell'immagine. Il filtro mediano è efficace contro questo tipo di rumore perché si forzano i pixel a mantenere il proprio livello di intensità simile a quello dell'intorno; quindi, gruppi isolati di pixel chiari o scuri rispetto ai loro vicini e la cui area è minore della metà dell'area del filtro vengono completamente eliminati.

I filtri spaziali di sharpening rendono più nitida l'immagine mettendo in evidenza le transizioni di intensità e le zone sfocate. Per poter effettuare lo sharpening si sfruttano le caratteristiche delle derivate spaziali di primo e secondo ordine; infatti la risposta di un operatore derivativo è proporzionale al grado di discontinuità dell'intensità dell'immagine nel punto in cui si applica l'operatore, andando quindi ad evidenziare gli edge ed il rumore e mettere in secondo piano le zone con intensità poco variabile o costante.

Il laplaciano è l'operatore derivativo di secondo ordine isotropico più semplice da utilizzare. Isotropico significa che è invariante per rotazione, cioè ruotare l'immagine e poi applicare il filtro dà lo stesso risultato di applicare prima il filtro e poi ruotare il risultato. Quindi la risposta di un filtro isotropico è indipendente dalla direzione delle discontinuità dell'immagine a cui è applicato il filtro.

Ciò produce immagini con linee grigiastre e altre discontinuità, su uno sfondo scuro ed anonimo. Lo sfondo può essere recuperato sommando (o sottraendo) l'immagine originale all'immagine laplaciana. Quando si ottiene un'immagine laplaciana troppo scura con molto nero è dovuto al fatto che nell'equazione ci sono sia valori positivi sia negativi e tutti i valori negativi sono ridotti a 0 dal display. Per rientrare nella gamma $[0, L-1]$ si somma all'immagine laplaciana il suo valore minimo in modo da riportare il minimo a zero. Lo sfondo quindi da nero dovrebbe diventare grigio, per via della riscaturatura delle intensità.

Un'altra tecnica di sharpening dell'immagine è l'unsharp masking, cioè quel processo che consiste nel sottrarre una versione sfocata dell'immagine dall'originale. I passi da seguire sono i seguenti:

1. sfocare l'immagine originale
2. sottrarre l'immagine sfocata dall'originale (la differenza ottenuta si chiama maschera)
3. aggiungere la maschera all'originale

Le caratteristiche delle derivate prime vengono sfruttate tramite l'utilizzo del gradiente, che permette di effettuare lo sharpening non lineare delle immagini. Il gradiente di f alle coordinate (x, y) è definito come un vettore colonna

bidimensionale ed ha l'importante proprietà geometrica di puntare verso la direzione dove è concentrata la più alta percentuale di variazione di f rispetto al punto (x, y) .

Negli operatori di Sobel si utilizza il coefficiente 2 per ottenere dello smoothing che permette di dare maggiore importanza al punto centrale.

Le maschere di dimensione pari sono scomode da usare perché non hanno un centro di simmetria; in tutte le maschere di questo tipo la somma dei coefficienti deve essere 0, perché il nostro scopo è che queste maschere restituiscano 0 nelle zone ad intensità costante. Riassumendo il gradiente permette di:

- effettuare dello sharpening
- facilitare l'individuazione dei difetti
- facilitare lo sforzo computazionale per eventuali ispezioni automatiche
- evidenziare piccole caratteristiche non facilmente visibili in un'immagine in scala di grigio
- evidenziare piccole discontinuità in aree pressoché piate

8. Equalizzazione

Per poter migliorare l'immagine ed ottenere un istogramma uniforme dobbiamo utilizzare l'equalizzazione (o linearizzazione) dell'istogramma, quindi un'immagine equalizzata si ottiene trasformando ogni pixel dell'immagine di input di intensità rK in un pixel con intensità sK . Siccome abbiamo a che fare con valori interi, dobbiamo arrotondare tutti i risultati delle probabilità al valore intero più vicino.

È raro trovare istogrammi perfettamente piatti nella realizzazione pratica dell'equalizzazione di istogrammi. Quindi non può essere provato che l'equalizzazione di un istogramma discreto generi un istogramma uniforme. Solitamente si ottiene un istogramma più plasmato con i livelli di intensità dell'immagine su una gamma più vasta, ottenendo come risultato finale un miglioramento del contrasto.

9. Discorso sui filtri nel dominio delle frequenze

Il filtraggio nel dominio della frequenza è possibile grazie alle caratteristiche della serie di Fourier e della trasformata di Fourier, che permette di lavorare su una funzione nel dominio di Fourier e, successivamente, ritornare al dominio originale della funzione senza perdere nessuna informazione. Nel nostro caso utilizziamo solamente la trasformata di Fourier, però facciamo anche qualche accenno alla serie.

Le operazioni di filtraggio (sia enhancement che smoothing) sono più semplici se fatte nel dominio delle frequenze. L'idea del filtro deriva proprio dal concetto di frequenza: si sceglie di lasciar passare solo/non lasciar passare le frequenze maggiori che si hanno in occorrenza di repentini cambi nell'immagine, ovvero nei bordi.

Ci sono due tipi di filtro principali: lowpass (ovvero che lascia passare le basse frequenze e frena le alte) che è adatto a fare smoothing, e highpass (ovvero che lascia passare le alte frequenze) che è adatto a fare enhancement dei bordi.

Faccio prima una trasformazione per passare dall'immagine $f(u,v)$ a $F(u,v)$, a cui applicare le operazioni di filtering.

1. Data un'immagine di input $f(x, y)$ di dimensioni , si ricavano i parametri di padding P e Q , solitamente $P = 2M$ e $Q = 2N$.
2. Si forma un'immagine padded di dimensioni , estendendo $f(x, y)$ con il necessario numero di zeri
3. Si moltiplica per centrare la trasformata
4. Si calcola la DFT $F(u, v)$ dell'immagine del punto 3
5. Si genera una funzione filtro simmetrica e reale $H(u, v)$, di dimensioni con il centro nelle coordinate $(P/2, Q/2)$
6. Si ottiene l'immagine $gp(x)$
7. Il risultato finale $g(x, y)$ è ottenuto attraverso l'estrazione della regione dal quadrante in alto a sinistra di $gp(x)$

10. Analisi del rumore

Il rumore nelle immagini è una sorta di "disturbo" che peggiora la qualità dell'immagine, cioè ne diminuisce il contenuto informativo e visuale. Il rumore ha origine durante le fasi di acquisizione e/o trasmissione. Durante l'acquisizione, ad esempio, i fattori che determinano la presenza di rumore possono essere: la qualità dell'illuminazione in una scena, la qualità del sensore, oppure la temperatura del sensore, ecc. Il rumore può essere introdotto durante la trasmissione a causa della presenza di alcune interferenze sul canale, cosa che può avvenire ad esempio se le immagini vengono trasmesse tramite wireless.

I principali tipi di rumore additivo, nel dominio spaziale, che ci interessano sono i seguenti:

- rumore gaussiano (o normale): viene molto utilizzato nella pratica.
- rumore uniforme
- rumore impulsivo (sale e pepe): nell'immagine in cui è presente questo tipo di rumore si possono notare dei puntini neri e dei puntini bianchi oppure solo uno dei due tipi. Solitamente il rumore ad impulsi è presente quando si verificano transizioni veloci durante il processo di imaging. Se $b > a$ apparirà come un punto chiaro nell'immagine, mentre se $a > b$ allora comparirà come un punto scuro. Nel caso in cui P_a o P_b sono nulli allora il rumore viene definito Unipolare, cioè o solo Sale o solo Pepe per via della presenza di soli puntini bianchi o soli puntini neri. I puntini bianchi e neri sono puri, quindi avranno il valore di intensità minore (0 nero) e maggiore (255 bianco) dell'immagine

(non saranno gli unici pixel ad avere valore minore o maggiore, dipende da che tipo di immagine abbiamo), quindi nell'istogramma alle estremità avremo o dei picchi o comunque dei valori aggiuntivi (dipende sempre dal tipo di immagine che abbiamo). Solitamente il filtro più efficace con il rumore Sale e Pepe è il filtro mediano, che nel caso di rumori casuali è più efficace rispetto ai filtri di smoothing perché sfoca di meno l'immagine. Questo filtro è efficace sia col rumore Bipolare sia Unipolare. Il filtro mediano sostituisce il valore di un pixel con il mediano dei livelli di intensità nel suo intorno.

- Un tipo particolare di rumore è quello periodico che deriva solitamente da interferenze elettriche o elettromeccaniche presenti durante l'acquisizione. Questo tipo di rumore è ridotto in modo efficace utilizzando il filtraggio nel dominio della frequenza. La trasformata di Fourier di una sinusoide pura è una coppia di impulsi coniugati localizzati alle frequenze coniugate dell'onda del seno, quindi se l'ampiezza dell'onda sinusoidale nel dominio spaziale è abbastanza pronunciata nello spettro dell'immagine troviamo una coppia di impulsi per ciascuna onda presente nell'immagine. In parole povere il rumore periodico si presenta come picchi concentrati di energia nel dominio di Fourier, nelle posizioni corrispondenti alle frequenze dell'interferenza periodica. Ci sono tre modi per stimare i parametri del rumore periodico: ispezionando lo spettro di Fourier dell'immagine, analizzando i picchi visivamente agire sulle periodicità delle componenti del rumore direttamente dall'immagine analisi automatica quando i picchi di rumore sono molto pronunciati o si conosce a priori la posizione delle componenti in frequenza dell'interferenza

11. qualche formula all'eliminazione del degrado e il perché

La stima della funzione di degrado serve per restaurare un'immagine, questo processo viene chiamato deconvoluzione cieca, a causa del fatto che la vera funzione di degrado è raramente nota.

È possibile stimare la funzione di degrado citata prima in tre modi:

1. stima mediante osservazione diretta: partendo dall'ipotesi che l'immagine sia stata degradata da un processo lineare invariante per posizione, si può cercare di calcolare H raccogliendo informazioni dall'immagine stessa.
2. stima mediante sperimentazione: lo scopo è quello di ottenere la risposta all'impulso del degrado acquisendo un impulso utilizzando gli stessi sistemi; poiché, come già visto in precedenza, un sistema lineare invariante spazialmente è completamente caratterizzato dalla sua risposta all'impulso. L'impulso è simulato da un punto di luce, più luminoso possibile per ridurre gli effetti del rumore a valori trascurabili.
3. stima tramite modelli: lo scopo è quello di derivare un modello matematico che parte da principi di base. Ad esempio, si può tenere conto delle condizioni ambientali

che provocano i vari tipi di degrado, tenendo conto delle caratteristiche fisiche della turbolenza atmosferica.

Una volta stimata la funzione di degrado possiamo restaurare l'immagine degradata tramite il filtraggio inverso diretto. Questo metodo calcola una stima della trasformata dell'immagine originale dividendo la trasformata dell'immagine degradata per la funzione di degrado.

Wiener

Questo tipo di filtraggio ingloba la funzione di degrado e le caratteristiche statistiche del rumore nel processo di restauro. Il metodo considera le immagini ed il rumore come variabili casuali e cerca di trovare un valore dell'immagine non corrotta f tale che l'errore quadratico medio tra di essi sia minimo. Si assume che il rumore e l'immagine non siano correlate, che l'uno o l'altro abbia media nulla e che i livelli di intensità nella stima siano una funzione lineare dei livelli nell'immagine degradata. Il filtro di Wiener non presenta lo stesso problema del filtro inverso con degli zeri nella funzione di degrado, a meno che l'intero denominatore sia zero per gli stessi valori di u e v . L'immagine restaurata nel dominio spaziale è data dalla trasformata di Fourier inversa del valore nel dominio della frequenza. Se il rumore è zero, allora lo spettro di potenza del rumore si annulla e il filtro di Wiener si riduce al filtro inverso.

Filtraggio ai minimi quadrati vincolati

Il problema del filtro di Wiener è che $H(u, v)$ e lo spettro dell'immagine non degradata e del rumore devono essere noti, mentre il filtraggio ai minimi quadrati vincolati richiede soltanto di conoscere, oltre ad $H(u, v)$, la media e la varianza del rumore e permette di ottenere un risultato ottimale per ogni immagine a cui è applicato. La caratteristica centrale di questo metodo è la sensibilità di H al rumore; un modo per ridurre questa sensibilità è rendere il restauro ottimale tramite una misura della sfocatura, come ad esempio la derivata seconda di un'immagine cioè il laplaciano.

12. binarizzazione e relativa segmentazione per istogramma

13. segmentazione per accrescimento

è una procedura che raggruppa i pixel o le sottoregioni in regioni via via più grandi basandosi su criteri predefiniti di similarità e connettività. I pixel da cui si parte vengono chiamati seed (seme), e man mano si aggiunge a questi semi quei pixel dell'intorno che hanno delle proprietà predefinite simili a quelle del seme stesso. Un problema di questo metodo è che bisogna stabilire una regola d'arresto, in quanto la crescita della regione dovrebbe cessare quando non ci sono più pixel che soddisfano i criteri per l'inserimento nella regione stessa.

Un algoritmo di region growing può essere il seguente:

$f(x, y)$ matrice dell'immagine di input;

$S(x,y)$ matrice seme che assegna il valore 1 a tutte le posizioni dei punti seme e 0 nelle posizioni rimanenti; Q predicato da applicare ad ogni posizione (x, y)

1) trovare tutte le componenti connesse in $S(x,y)$ e assegnare quindi il valore 1 a tutti i pixel di questo tipo e ai rimanenti 0

2) formare un'immagine fQ in modo che, nel punto (x,y) , se l'immagine di input soddisfa il predicato Q si abbia $fQ(x,y) = 1$, altrimenti $fQ(x,y) = 0$

3) sia g l'immagine che si è formata dall'aggiunta a ogni punto seed in S di tutti i punti di valore 1 in fQ che sono 8-connessi al dato seed

4) marcare ogni componente connessa in g con un'etichetta diversa per ogni regione

14. Spazi colori

- definizioni in generale

Un modello di colore è la descrizione formale attraverso un sistema di coordinate ed un spazio vettoriale individuato da esso. Differenti modelli sono stati creati nel corso degli anni per differenti scopi, di seguito riportiamo le 3 famiglie principali:

- RGB: modello di colore basato su sintesi additiva e orientato alla riproduzione hardware. Il sistema di coordinate utilizzate è uno sistema di riferimento cartesiano a 3 dimensioni, ognuna associata ai 3 colori primari Red, Green, Blue. Un colore è individuato da un vettore dove il range di valori delle componenti dipende dal numero di bit utilizzati (pixel depth).
- CYM/K: modello di colore basato su sintesi sottrattiva e orientato alla stampa. Un colore viene rappresentato da un vettore, le cui componenti corrispondono ai colori secondari. Per ottenere un "true black" è stato aggiunto una componente esclusiva per il nero.
- HSI: modello di colore orientato alla descrizione ed interpretazione umana. Un colore viene rappresentato da un vettore corrispondente ad Hue, Saturation e Intensity. In questo modo, a differenza dei modelli precedenti, viene decomposta la componente cromatica (H,S) da quella d'intensità (I).

- perché la famiglia HS^*

+ intuitivo per l'essere umano

- come si ottengono dal cubo rgb

HSV: tiro tutti gli angoli a livello del bianco (piramide)

HSL: tiro tutti gli angoli sul piano centrale (doppia piramide)

HSI: proietto il cubo sul piano del vertice del nero

15. in generale del morphological image processing (dagli structured element a esempi di applicazioni)

16. color segmentation nel dettaglio con cubo RGB

La segmentazione, il processo che divide l'immagine in regioni, può essere applicata in due spazi colore:

Spazio a colori HSI: si utilizza questo spazio quando si desidera segmentare un'immagine basandosi sul colore e si vuole portare avanti l'elaborazione su singoli piani. In questo spazio:

- la tonalità rappresenta bene il colore, quindi i suoi valori possono essere utilizzati per segmentare l'immagine
- la saturazione è usata come immagine maschera per isolare ulteriori regioni di interesse rispetto alla tonalità
- l'intensità è utilizzata di meno per la segmentazione in quanto non contiene informazioni riguardanti i colori

Spazio colori RGB: spazio nel quale si ottengono i risultati migliori. Dato un insieme di punti campione rappresentativo dei colori di interesse è possibile ottenere una stima del colore medio che si vuole segmentare; quindi, l'obiettivo della segmentazione è quello di classificare ogni pixel RGB in una data immagine come un colore appartenente alla gamma specificata o al di fuori di essa; per poter fare questo confronto è necessario avere una misura di similarità, in questo caso si utilizza la distanza euclidea

17. dominio delle frequenze in generale + impulsi e formula (da scrivere) della trasformata di Fourier (versione 1-D)

18. elaborazione nel dominio spaziale (filtri laplaciano, gaussiano, convoluzione...)

19. Descrittori di Fourier e codici a catena (numero di forma, first difference)

20. piramidi gaussiana e laplaciana

Una piramide (image pyramid) è un insieme di immagini a risoluzione decrescente, normalmente l'immagine originale (base) è una immagine quadrata di dimensione potenza di 2, I vari livelli della piramide (approssimazioni successive) sono versioni di dimensione (lineare) dimezzata, il numero di livelli dipende dalla potenza di 2, Il

livello superiore della piramide (apice) è di dimensione 2^0 (ma spesso la piramide è troncata prima)

La memoria necessaria per memorizzare una piramide differisce di poco rispetto alla immagine di partenza

I livelli sono ottenuti attraverso un sottocampionamento (viene mantenuto un pixel ogni due) normalmente preceduto da un filtro passa-basso (filtro gaussiano)

- In questo caso si parla di piramide gaussiana
- Normalmente i filtri utilizzati hanno le proprietà:
 - sono scomponibili (si esegue prima un filtraggio monodimensionale per righe e poi per colonne)
 - la somma dei pesi pari è uguale a quella dei pesi dispari (uguale a $\frac{1}{2}$)
 - la dimensione è dispari

Piramide laplaciana

- Ogni livello è ottenuto dalla differenza fra l'immagine di livello j di una piramide gaussiana e la sua approssimazione ottenuta dal livello $j+1$
- In linea teorica è possibile la ricostruzione dell'immagine originale (non memorizzata)

21. Filtri in frequenza ideali, butterworth e gaussiano (niente formule)

22. Filtro notch e optimum notch filter (sempre niente formule)

Si tratta di filtri che non sono né low-pass né high-pass, permettono di selezionare un range preciso di frequenze. Si possono chiamare anche filtri band-pass o band-reject, nel primo caso fanno passare solo una certa gamma di frequenze mentre nel secondo fanno passare tutto tranne una gamma di frequenze.

I filtri Notch sono un caso particolare di band-pass.

Il filtro di Notch è conosciuto anche come filtro band-reject.

23. operatori morfologici

24. riflessione e traslazione

25. cosa sono gli structured element

26. erosione e dilatazione

27. apertura e chiusura

28. data un'imm con dei pallini 2x2 ed una figura che operazione applico per rilevare solo la figura? (apertura o chiusura?)

29. come si rileva il rumore (con l'istogramma)

30. tipi di rumore

- rumore gaussiano (o normale): viene molto utilizzato nella pratica.
- rumore uniforme
- rumore impulsivo (sale e pepe): nell'immagine in cui è presente questo tipo di rumore si possono notare dei puntini neri e dei puntini bianchi oppure solo uno dei due tipi. Solitamente il rumore ad impulsi è presente quando si verificano transizioni veloci durante il processo di imaging. Se $b > a$ apparirà come un punto chiaro nell'immagine, mentre se $a > b$ allora comparirà come un punto scuro. Nel caso in cui P_a o P_b sono nulli allora il rumore viene definito Unipolare, cioè o solo Sale o solo Pepe per via della presenza di soli puntini bianchi o soli puntini neri. I puntini bianchi e neri sono puri, quindi avranno il valore di intensità minore (0 nero) e maggiore (255 bianco) dell'immagine (non saranno gli unici pixel ad avere valore minore o maggiore, dipende da che tipo di immagine abbiamo), quindi nell'istogramma alle estremità avremo o dei picchi o comunque dei valori aggiuntivi (dipende sempre dal tipo di immagine che abbiamo). Solitamente il filtro più efficace con il rumore Sale e Pepe è il filtro mediano, che nel caso di rumori casuali è più efficace rispetto ai filtri di smoothing perché sfoca di meno l'immagine. Questo filtro è efficace sia col rumore Bipolare sia Unipolare. Il filtro mediano sostituisce il valore di un pixel con il mediano dei livelli di intensità nel suo intorno.
- Un tipo particolare di rumore è quello periodico che deriva solitamente da interferenze elettriche o elettromeccaniche presenti durante l'acquisizione. Questo tipo di rumore è ridotto in modo efficace utilizzando il filtraggio nel dominio della frequenza. La trasformata di Fourier di una senoide pura è una coppia di impulsi coniugati localizzati alle frequenze coniugate dell'onda del seno, quindi se l'ampiezza dell'onda sinusoidale nel dominio spaziale è abbastanza pronunciata nello spettro dell'immagine troviamo una coppia di impulsi per ciascuna onda presente nell'immagine. In parole povere il rumore periodico si presenta come picchi concentrati di energia nel dominio di Fourier, nelle posizioni corrispondenti alle frequenze dell'interferenza periodica.
- Ci sono tre modi per stimare i parametri del rumore periodico: ispezionando lo spettro di Fourier dell'immagine, analizzando i picchi visivamente agire sulle

periodicità delle componenti del rumore direttamente dall'immagine analisi automatica quando i picchi di rumore sono molto pronunciati o si conosce a priori la posizione delle componenti in frequenza dell'interferenza

31. quali filtri sono adatti ai vari rumori (dato un tipo di rumore quale filtro uso?)

Sale e pepe -> mediano e massimo e minimo

Uniforme e Gaussiano-> alpha trimmed

Rumore periodico -> band reject se so la posizione nel dom frequenza, band pass se è concentrato in una specifica banda

32. problema del ringing, quale filtro applico per evitarlo?

33. rumore periodico e come rimuoverlo

34. Come fare Edge detection

I tre passi fondamentali per individuare gli edge sono:

1. applicare lo smoothing all'immagine per ridurre il rumore presente
2. individuare i potenziali punti di edge
3. localizzare gli edge, cioè selezionare tra i punti candidati quelli che lo sono veramente

Le tecniche utilizzate per questo scopo sono:

- operatori gradiente (utilizza la derivata prima) combinazione del gradiente con il thresholding (utilizza la derivata prima)
- individuatore di Marr-Hildreth (utilizza la derivata seconda)

Operatori gradiente

Il gradiente viene utilizzato per definire l'intensità e la direzione di un edge in un certo punto (x,y) . Tutto ciò è possibile perché il gradiente è un vettore bidimensionale che ha la proprietà geometrica di puntare nella direzione di massima variazione di f nel punto (x,y) .

La direzione di un edge in un punto qualsiasi (x, y) è ortogonale alla direzione di $\alpha(x,y)$ del vettore gradiente in quel punto.

Per ottenere le componenti del gradiente serve calcolare le derivate parziali e per ogni pixel dell'immagine e queste possono essere implementate utilizzando le maschere (o operatori) di Roberts, di Prewitt e di Sobel.

Operatore di Roberts: è l'operatore a croce più semplice che serve per individuare la direzione diagonale di un edge. È un operatore 2×2 semplice da implementare, ma

scomodo (per calcolare la direzione) per via del fatto che non è simmetrico rispetto al punto centrale.

Operatore di Prewitt: è un operatore 3X3 che approssima le derivate nella direzione x e y e permette anche di individuare gli edge diagonali.

Operatore di Sobel: è un operatore 3X3 che approssima le derivate nella direzione x e y e permette anche di individuare gli edge diagonali. Viene preferito a Prewitt perché è più performante nella rimozione del rumore e nelle prestazioni.

L'individuatore di edge di Marr-Hildreth

Una tecnica avanzata per l'individuazione degli edge che tiene conto (a differenza dei metodi visti sopra) della presenza di rumore e della natura degli edge

Le ipotesi di partenza sono:

- le variazioni di intensità sono dipendenti dalla scala dell'immagine e quindi la loro individuazione richiede l'uso di operatori di dimensioni diverse.
- un cambiamento di intensità improvviso dà origine a un picco o lungo la derivata prima o a uno zero crossing nella derivata seconda.

Quindi le caratteristiche principali di un operatore utilizzato per l'individuazione degli edge dovrebbero essere:

- essere un operatore differenziale capace di calcolare un'approssimazione delle derivate prima e seconda in ogni punto dell'immagine poter essere regolato per agire a ogni scala selezionata, in modo tale che gli operatori più grandi possano essere utilizzati per individuare gli edge sfocati, mentre gli operatori più piccoli per individuare i dettagli più piccoli scarsamente visibili.

L'operatore che ha le seguenti caratteristiche è il LoG, il Laplaciano del Gaussiano o per via della sua forma operatore a sombrero. Questo operatore ha due aspetti fondamentali:

- la parte gaussiana dell'operatore sfoca l'immagine, quindi riduce il rumore sia nel dominio spaziale che in quello della frequenza ed è quindi meno probabile che vengano introdotti artefatti non presenti nell'immagine originale.
- il laplaciano ha il vantaggio di essere isotropico, cioè invariante per rotazione, e quindi ha le caratteristiche del sistema visivo umano e risponde in egual modo alle variazioni di intensità in ogni direzione della maschera, senza quindi la necessità di dover utilizzare maschere multiple per calcolare la risposta più forte.

Per concludere l'algoritmo di Marr-Hildreth può essere riassunto nei seguenti passi:

- 1) filtrare l'immagine di input con un filtro passa basso gaussiano
- 2) calcolare il laplaciano dell'immagine ottenuta nel passo precedente

3) trovare gli zero crossing dell'immagine del passo precedente per determinare le posizioni degli edge.

Gli zero crossing, in ogni pixel p dell'immagine filtrata, vengono individuati utilizzando un intorno 3×3 centrato in p ; uno zero crossing in p implica che i segni di almeno dei due suoi pixel vicini opposti sono diversi.

35. reti convoluzionali

36. Introduzione color image processing,

37. segmentazione con colori image processing,

38. inverse filtering in image restoration,

39. limite degli approcci visti per modellare la funzione di degrado H con operatori lineari e translation invariant,

40. se metodi di statistical learning (portavo la computer vision) possono aiutare o meno a modellare H con funz/distribuzioni più complesse

41. tutto su operatori morfologici

42. equalizzazione dell'istogramma

43. trasformazioni di intensità

44. come ridurre le due immagine g_x, g_y ottenute dal calcolo del gradiente ad un'unica immagine

45. image color processing (tutto quello che mi andava di dire è che ricordavo)

46. modelli discriminativi vs generativi

47. esempio pratico di modello generativi

48. discorso segmentazione

49. Otsu

50. Sogliatura locale e globale

51. Image sharpening

52. filtro notch

53. ringing

54.algoritmo di estrazione delle componenti connesse