Φίλτρα Τονισμού (αυξάνουν την οξύτητα μιας εικόνας)

Χωρικά φίλτρα τονισμού

Χρησιμοποιούνται για να

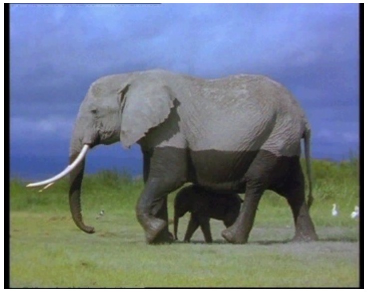
- τονίζουν τη λεπτομέρεια μιας εικόνας
- ενισχύουν/αποκαθιστούν λεπτομέρεια που είχε εξομαλυνθεί είτε από λάθος είτε λόγω της μεθόδου απόκτησης της εικόνας.

Σχέση τονισμού και εξομάλυνσης

- όπως είναι γνωστό, η εξομάλυνση αντιστοιχεί στον μέσο όρο των τιμών γκρίζου μιας χωρικής γειτονιάς εικονοστοιχείων
- δεδομένου ότι ο μέσος όρος είναι ανάλογος της ολοκλήρωσης, μπορούμε να μαντέψουμε ότι ο τονισμός θα είναι ανάλογος της *χωρικής παραγώγισης*

Ακμές

- Οι ακμές αντιστοιχούν σε απότομες αλλαγές φωτεινότητας μιας εικόνας
- Είδη ακμών:
  – από περιγράμματα αντικειμένων
  – από μοτίβα
  – από σκιές
- Ορισμένες ακμές διευκολύνουν την αναγνώριση των αντικειμένων ενώ άλλες τη δυσχεραίνουν
- Οι ακμές χρησιμοποιούνται για τον καθορισμό περιγραμμάτων και την κατάτμηση της εικόνας



Ανίνευση ακμών

- Οι ακμές χαρακτηρίζουν τα περιγράμματα και συνεπώς η ανίχνευσή τους είναι πρωταρχικής σημασίας στην επεξεργασία εικόνας
- Η ανίχνευση των ακμών ελαττώνει σημαντικά τον όγκο των δεδομένων και απαλείφει άχρηστη πληροφορία διατηρώντας σημαντικές δομικές ιδιότητες της εικόνας

Τελεστής παραγώγισης

- Η ένταση της απόκρισης ενός τελεστή παραγώγισης είναι ανάλογη του βαθμού της ασυνέχειας της εικόνας στο σημείο που εφαρμόζεται ο τελεστής
- συνεπώς, η παραγώγιση της εικόνας
  - τονίζει τις ακμές και άλλες ασυνέχειες (όπως θόρυβο)
  - υποβαθμίζει περιοχές με ελαφρά μεταβαλλόμενες τιμές γκρίζου

Παράγωγος πρώτης τάξης

- ορισμός της παραγώγου πρώτης τάξης μιας μονοδιάστατης συνάρτησης f(x):

$$\frac{\partial f}{\partial x} = f(x+1) - f(x)$$

Κλίση εικόνας (image gradient)

Η κλίση $\nabla f(x, y)$ μιας εικόνας στο (x, y) είναι το διάνυσμα

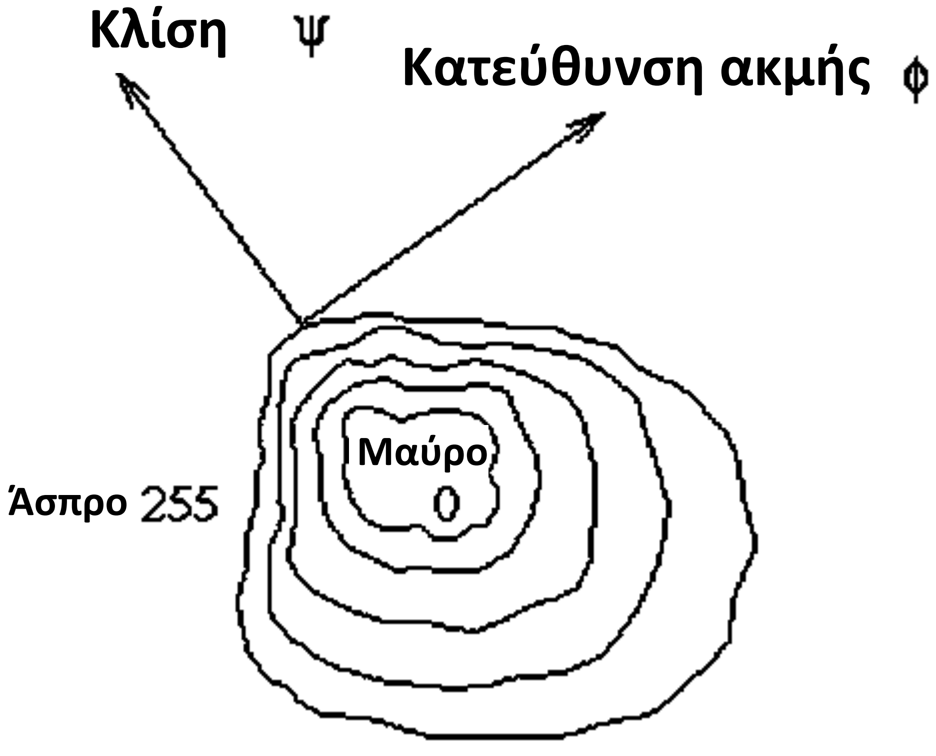
$$\nabla f(x, y) = (\partial f/\partial x\ ,\ \partial f/\partial y)^T = (f_x\ ,\ f_y)^T$$

- Η κατεύθυνση της κλίσης (κατεύθυνση μέγιστης μεταβολής φωτεινότητας) δίνεται από την $\psi = \tan^{-1}(f_y / f_x)$
- Το μέτρο της κλίσης δίνεται από την

$$|\nabla f(x, y)| = [(\partial f/\partial x)^2 + (\partial f/\partial y)^2]^{1/2}$$

- Η κλίση είναι κάθετη στην κατεύθυνση της ακμής

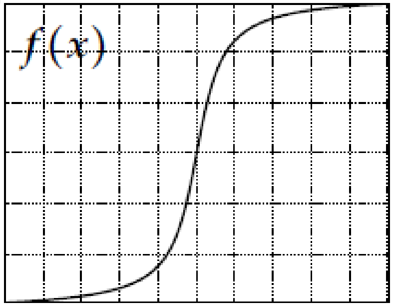
Κλίση

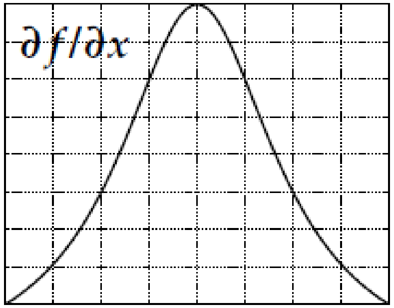


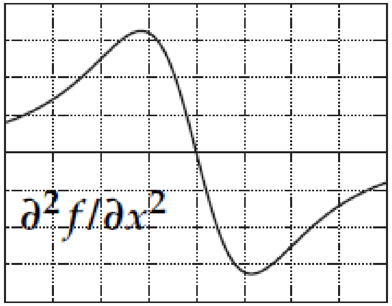
$$\varphi = \psi - \pi / 2$$

Παράγωγοι δεύτερης τάξης

- Η ∇f έχει ακρότατο στην ακμή
- Η $\nabla^2 f$ είναι μηδέν στην ακμή,
- είναι πιο εύκολη και ακριβής μέθοδος
- αλλά πολύ ευαίσθητη στο θόρυβο
- $\Rightarrow$ καλύτερα να προηγείται εξομάλυνση εικόνας πριν τον υπολογισμό της β’-παραγώγου







Παράγωγος β′ - τάξης

- Η δεύτερη παράγωγος της μονοδιάστατης συνάρτησης f(x) ορίζεται ως εξής:

$$\frac{\partial^2 f}{\partial x^2} = f(x+1) + f(x-1) - 2f(x)$$

Οι παράγωγοι α΄- και β΄-τάξης της f(x,y)

- στην περίπτωση 2Δ-συναρτήσεων f(x,y) όπως είναι οι εικόνες, χρησιμοποιούμε τις μερικές παραγώγους ως προς τους δύο χωρικούς άξονες συντεταγμένων:

Τελεστής κλίσης

$$\nabla \mathrm{f} = \left[\frac{\partial f(x,y)}{\partial x}, \frac{\partial f(x,y)}{\partial y} \right]^T$$

(γραμμικοί τελεστές)

Τελεστής Λαπλασιανής

$$\nabla^2 f = \frac{\partial^2 f(x,y)}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 f(x,y)}{\partial y^2}$$

Η διακριτή μορφή της Λαπλασιανής

από

$$\frac{\partial^2 f}{\partial x^2} = f(x+1,y) + f(x-1,y) - 2f(x,y)$$

$$\frac{\partial^2 f}{\partial y^2} = f(x,y+1) + f(x,y-1) - 2f(x,y)$$

παίρνουμε,

$$\nabla^2 f = [f(x+1,y) + f(x-1,y) \\ + f(x,y+1) + f(x,y-1) - 4f(x,y)]$$

Η μάσκα της Λαπλασιανής

$$\nabla^2 f = [f(x+1,y) + f(x-1,y) + f(x,y+1) + f(x,y-1) - 4f(x,y)]$$

0	1	0
1	−4	1
0	1	0

Άλλες υλοποιήσεις της Λαπλασιανής

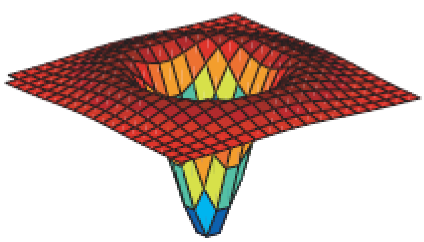
1	1	1
1	−8	1
1	1	1

0	−1	0
−1	4	−1
0	−1	0

−1	−1	−1
−1	8	−1
−1	−1	−1

Η Λαπλασιανή της Γκαουσιανής - LoG

- Απαλειφή θορύβου μέσω Γκαουσιανής εξομάλυνσης
- Συνέλιξη του αποτελέσματος με τη Λαπλασιανή μάσκα
- Από μεταθετική & μεταβατική ιδιότητες συνέλιξης $\nabla^2(G * I) = (\nabla^2 G) * I$
- Συνέλιξη μασκών $\Rightarrow$ Τελεστής LoG: $\nabla^2 G = -\left[\frac{r^2-\sigma^2}{\sigma^4}\right] e^{-\frac{r^2}{2\sigma^2}}$ $, r^2 = x^2 + y^2$




Επιπτώσεις Λαπλασιανού τελεστή

- καθώς είναι τελεστής παραγώγισης,
  - τονίζει τις ασυνέχειες (απότομες αλλαγές) φωτεινότητας σε μια εικόνα
  - υποβαθμίζει περιοχές με ελαφρά μεταβαλλόμενες τιμές γκρίζου
- έχει την τάση να παράγει εικόνες που έχουν
  - γκρίζες ακμές και άλλες ασυνέχεις πάνω από ένα σκοτεινό υποβαθμισμένο υπόβαθρο.

Διόρθωση της υποβάθμισης υπόβαθρου

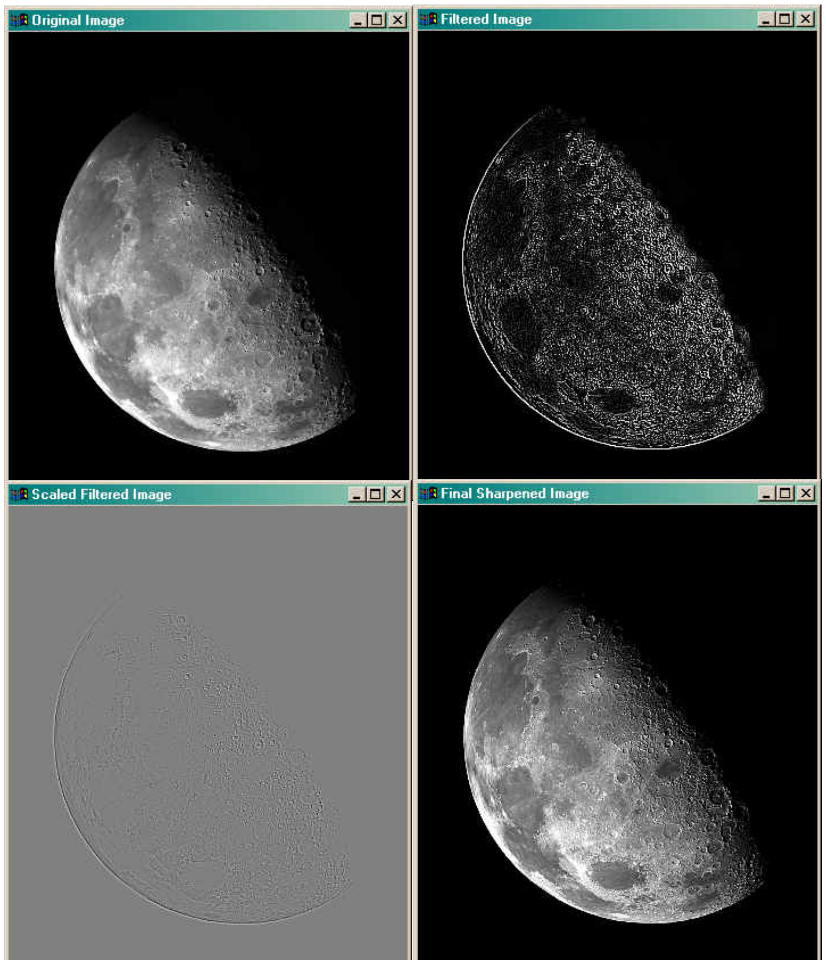
- γίνεται εύκολα με πρόσθεση της αρχικής εικόνας πάνω στη Λαπλασιανή εικόνα
- προσοχή στη Λαπλασιανή μάσκα

$$g(x,y)=\begin{cases} f(x,y)-\nabla^2 f(x,y) \\ f(x,y)+\nabla^2 f(x,y) \end{cases}$$

αν ο κεντρικός συντελεστής της Λαπλασιανής μάσκας είναι αρνητικός

αν ο κεντρικός συντελεστής της Λαπλασιανής μάσκας είναι θετικός

Παράδειγμα



- a) εικόνα του βόρειου πόλου της Σελήνης
- b) Το αποτέλεσμα της Λαπλα-σιανής με τη μάσκα

1	1	1
1	-8	1
1	1	1

- c) Επανακλιμάκωση Λαπλασιανής για λόγους οπτικοποίησης
- d) Τονισμός με πρόσθεση πάνω στην αρχική εικόνα

Μάσκα Λαπλασιανής + πρόσθεσης

- μπορούμε να απλοποιήσουμε τους υπολογισμούς δημιουργώντας μια μάσκα για να κάνει και τις δύο λειτουργίες: Λαπλασιανό φιλτράρισμα και πρόσθεση της αρχικής εικόνας.

Μάσκα Λαπλασιανής + πρόσθεσης

$$g(x, y) = f(x, y) + [4\, f(x, y) - f(x+1, y) - f(x-1, y) - f(x, y+1) - f(x, y-1)]$$

$$= 5\, f(x, y) - f(x+1, y) - f(x-1, y) - f(x, y+1) - f(x, y-1)$$

0	-1	0
-1	5	-1
0	-1	0

Σημείωση

$$g(x,y)=\begin{cases} f(x,y)-\nabla^2 f(x,y) \\ f(x,y)+\nabla^2 f(x,y) \end{cases}$$

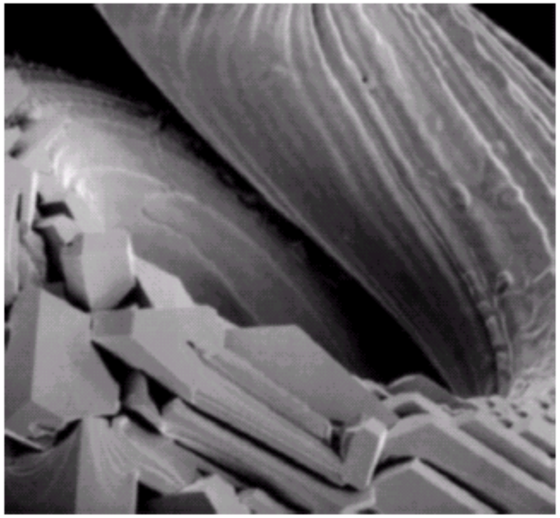
$$\begin{bmatrix} 0 & -1 & 0 \\ -1 & 5 & -1 \\ 0 & -1 & 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 & -1 & 0 \\ -1 & 4 & -1 \\ 0 & -1 & 0 \end{bmatrix}$$

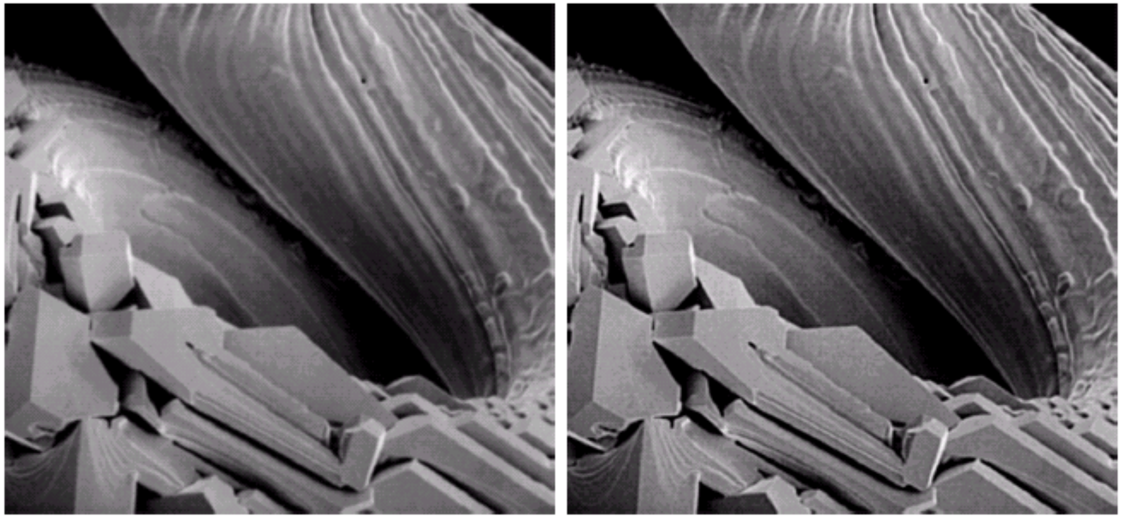
$$\begin{bmatrix} -1 & -1 & -1 \\ -1 & 9 & -1 \\ -1 & -1 & -1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} -1 & -1 & -1 \\ -1 & 8 & -1 \\ -1 & -1 & -1 \end{bmatrix}$$

Παράδειγμα

0	−1	0
−1	5	−1
0	−1	0

−1	−1	−1
−1	9	−1
−1	−1	−1





a b c
d e

FIGURE 3.41 (a) Composite Laplacian mask. (b) A second composite mask. (c) Scanning electron microscope image. (d) and (e) Results of filtering with the masks in (a) and (b), respectively. Note how much sharper (e) is than (d). (Original image courtesy of Mr. Michael Shaffer, Department of Geological Sciences, University of Oregon, Eugene.)

Βιβλιογραφία

Οι παρούσες διαφάνειες έχουν δημιουργηθεί από τον Καθηγητή κ. Ν. Βασιλά για το μάθημα «Επεξεργασία Εικόνας», ακαδημαϊκό έτος 2017-2018.