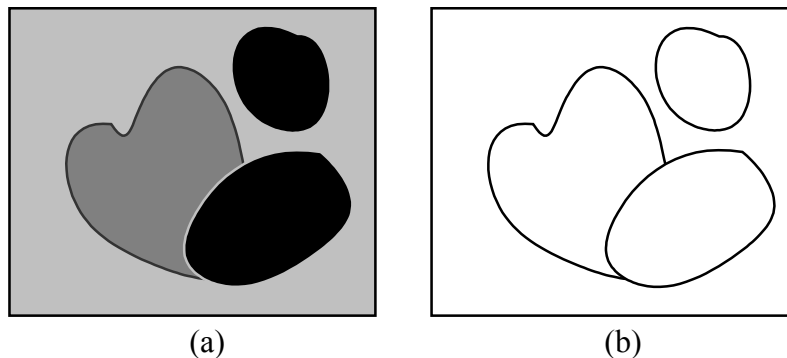


SEGMENTACIJA SLIKE

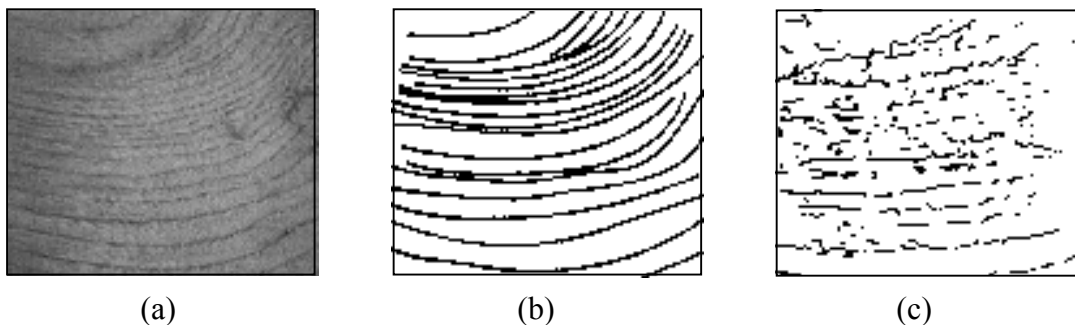
Pri analizi objekata na slici neophodno je razgraničiti “objekte od interesa” od ostatka slike. Tehnika koja izdvaja objekte od interesa se naziva *segmentacija*. Dvije najčešće korištene tehnike segmentacije su *pronalaženje ivica* - izdvajanje samo onih piksela koji pripadaju rubovima objekata i *trešholding* – izdvajanje cijelog objekta od pozadine pridružujući piksele čija je svjetlina ispod nekog praga pozadini a ostale objektu (ili obrnuto). Ne postoji univerzalna tehnika segmentacije koja će raditi na svim slikama niti je i jedna tehnika segmentacije savršena.

ODREĐIVANJE IVICA OBJEKATA

Osnovni zadatak tehnika za pronalaženje ivica regiona je da odrede (zatvorene) konture oko objekata od interesa. Postoje slike koje su jednostavne za segmentaciju, kao što npr. Slika 89, kao i druge gdje je automatska segmentacija veoma težak zadatak, kao Slika 90.



Slika 89. (a) Originalna slika. (b) Automatski izdvojene ivice slike.



Slika 90. [4] (a) Originalna slika. (b) Ručno izdvojene ivice slike.
(c) Automatski izdvojene ivice slike.

Za objekte sa velikim *SNR* određivanje ivica regiona se može postići računajući gradijent, a zatim thresholding. Tehnika je dobra pri velikom odnosu signal/šum, te je poželjno koristiti glačanje za suzbijanje šuma prije primjene gradijenta.

Procedure zasnovane na gradijentu

Određivanje ivica ovom metom se svodi na traženje maksimuma amplituda gradijenta, Slika 52. Umjesto derivacije slike koriste se njene aproksimacije.

Roberts-ov gradijentni filter

Najjednostavnija aproksimacija derivacije daje:

$$\begin{aligned}\nabla_x &= a[m, n] - a[m+1, n], \\ \nabla_y &= a[m, n] - a[m, n+1],\end{aligned}$$

ili

$$\mathbf{h}_x = \mathbf{h}_y^t = \begin{bmatrix} 1 & -1 \end{bmatrix}.$$

U matricnoj formi Roberts-ov gradijentni filter ima oblik:

$$\mathbf{h}_x = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad \mathbf{h}_y = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \end{bmatrix}.$$

Pri tome smo uveli pretpostavku da se nivo sivila linearno mijenja između piksela. Filter daje prilično lošu lokalizaciju ivica i osjetljiv je na šum.

Problem vezan uz prethodnu aproksimaciju je što na dati način ne računamo gradijent u tački $[m, n]$ već u tački $[m-1/2, n-1/2]$. Lokacije ivica će, prema tome, biti pomjerene za pola piksela po horizontali i vertikalni. Zbog toga je bolje izabrati aproksimacioni operator u obliku:

$$\begin{aligned}\nabla_x &= a[m+1, n] - a[m-1, n], \\ \nabla_y &= a[m, n+1] - a[m, n-1],\end{aligned}$$

ili

$$\mathbf{h}_x = \mathbf{h}_y^t = \begin{bmatrix} 1 & 0 & -1 \end{bmatrix}.$$

U matricnoj formi ovaj Roberts-ov gradijentni filter ima oblik:

$$\mathbf{h}_x = \begin{bmatrix} 0 & 0 & -1 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad \mathbf{h}_y = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}.$$

Filtar daje nešto bolju lokalizaciju ivica i manje je osjetljiv na šum od prethodnog.

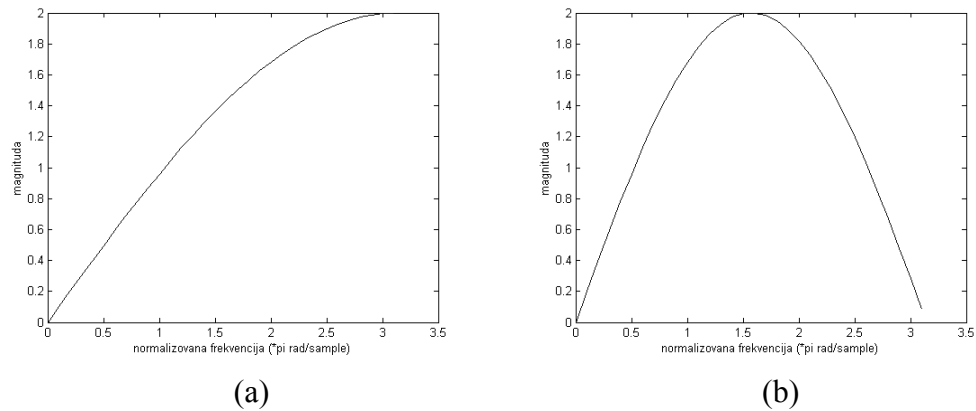
Ovaj operator je simetričan u odnosu na piksel $[m, n]$, iako ne uzima u obzir vrijednost piksela $[m, n]$. Koji god od operatora se koristi kao gradijent, rezultujući vektor sadrži informaciju koliko je ivica “jaka” u datoj tački i koji je njen smjer. Magnituda gradijenta daje jačinu ivice u svakoj tački, dok faza gradijenta određuje smjer ivice.

Dva navedena gradijentna filtra se znatno razlikuju po svojim karakteristikama u domenu Furijeove transformacije. Za frekvencijski opseg $0 \leq \Omega \leq \pi$ magnituda i faza ova dva filtra su respektivno date sa:

$$[1 \quad -1] \xleftrightarrow{\mathcal{F}} |H(\Omega)| = 2|\sin(\Omega/2); \quad \varphi(\Omega) = (\pi - \Omega)/2,$$

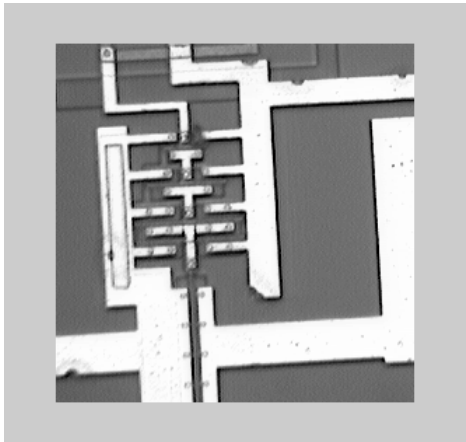
$$[1 \quad 0 \quad -1] \xleftrightarrow{\mathcal{F}} |H(\Omega)| = 2|\sin(\Omega); \quad \varphi(\Omega) = \pi/2.$$

Odgovarajuće amplitudne karakteristike prikazane su na Slici 91. Osnovne razlike ogledaju se u tome da drugi filter suzbija visoke frekvencije, dok prvi ne, i prvi filter unosi fazni pomak, a drugi ne.



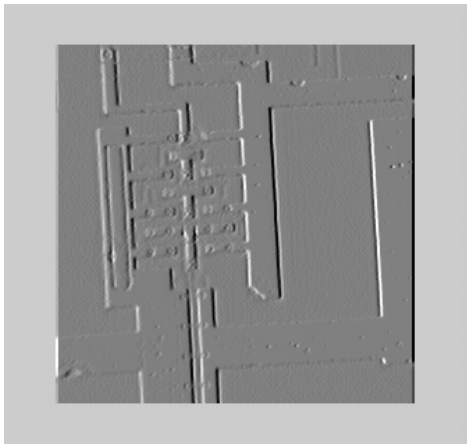
Slika 91. Amplitudna karakteristika osnovnog (a) nesimetričnog i (b) simetričnog gradijentnog filtra

Slika 92 prikazuje rezultate primjene osnovnih gradijentnih filtara. Na sivim slikama diferencije po x i y osi su skalirane tako da bijela boja odgovara maksimalnoj, a crna minimalnoj vrijednosti izvoda. Dakle, na oštrim prelazima po horizontali od tamne ka svjetlijoj oblasti dobijemo veliku pozitivnu vrijednost izvoda što odgovara bijeloj boji, dok na oštrim prelazima sa svjetle na tamniju oblast dobijemo veliku negativnu vrijednost izvoda što odgovara crnoj boji. U jednolično sivom području vrijednost izvoda je jednaka nuli. Na crno-bijelim slikama prikazane su apsolutne vrijednosti izvoda. Vrijednosti jednake nuli su prikazane crnom, a maksimalne vrijednosti bijelom bojom.

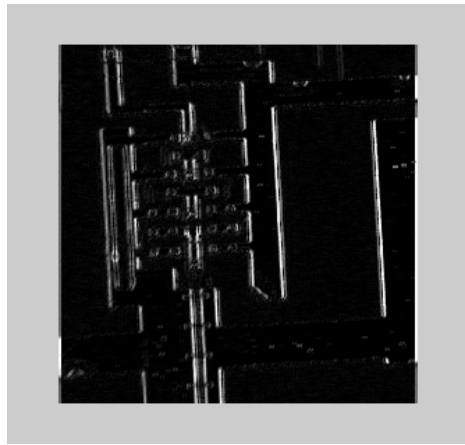


(a)

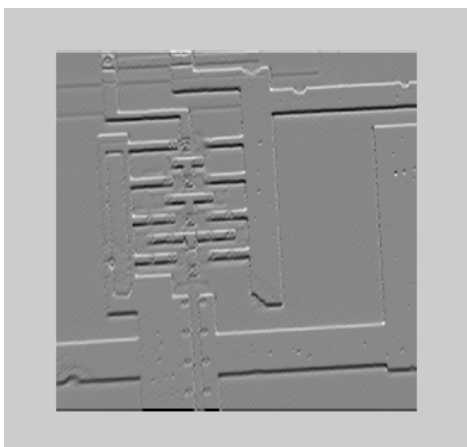
Slika 92. Roberts-ov gradijentni filter:
(a) originalna slika, (b) gradijent u smjeru x ose, (c) apsolutna vrijednost gradijenta u smjeru x ose, (d) gradijent u smjeru y ose, (e) apsolutna vrijednost gradijenta u smjeru y ose



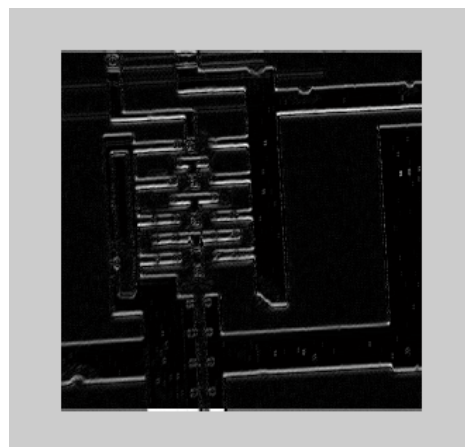
(b)



(c)



(d)



(e)

Prewitt-ov gradijentni filter

Ovaj filter je specificiran sa:

$$\mathbf{h}_x = \frac{1}{3} \begin{bmatrix} 1 & 0 & -1 \\ 1 & 0 & -1 \\ 1 & 0 & -1 \end{bmatrix} = \frac{1}{3} \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix} \cdot [1 \ 0 \ -1]$$

$$\mathbf{h}_y = \frac{1}{3} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ -1 & -1 & -1 \end{bmatrix} = \frac{1}{3} \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ -1 \end{bmatrix} \cdot [1 \ 1 \ 1]$$

Oba derivacijska filtra su separabilna. Svaki od filtera vrši deriviranje u jednom i glačanje u ortogonalnom pravcu, na osnovu jednodimenzionalne verzije uniformnog pravougaonog filtra.

Na Slici 93 prikazani su rezultati Prewitt-ovih derivacijskih filtera. Slike u gornjem redu odgovaraju Prewitt-ovom derivacijskom filteru u smjeru x -ose, a u srednjem redu Prewitt-ovom derivacijskom filteru u smjeru y -ose. Na slici u donjem desnom uglu su

bijelom bojom prikazani pikseli gdje je amplituda gradijenta $\sqrt{\left(\frac{\partial a}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial a}{\partial y}\right)^2}$ maksimalna, što odgovara poziciji ivica.

Sobelov gradijentni filter

Ovaj filter je specificiran sa:

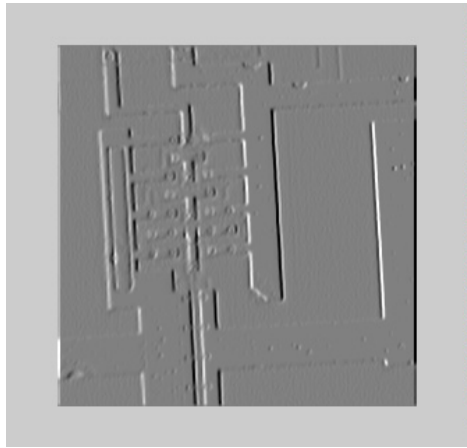
$$\mathbf{h}_x = \frac{1}{4} \begin{bmatrix} 1 & 0 & -1 \\ 2 & 0 & -2 \\ 1 & 0 & -1 \end{bmatrix} = \frac{1}{4} \begin{bmatrix} 1 \\ 2 \\ 1 \end{bmatrix} \cdot [1 \ 0 \ -1]$$

$$\mathbf{h}_y = \frac{1}{4} \begin{bmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ -1 & -2 & -1 \end{bmatrix} = \frac{1}{4} \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ -1 \end{bmatrix} \cdot [1 \ 2 \ 1]$$

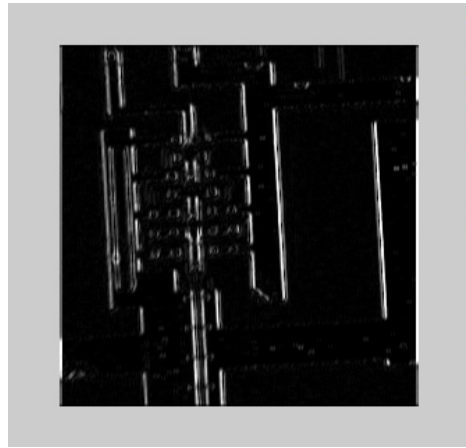
Opet su oba derivacijska filtra separabilna. Svaki od filtera radi deriviranje u jednom i glačanje u ortogonalnom smjeru, na osnovu jednodimenzionalne verzije trougaonog filtra.

Na Slici 94 prikazani su rezultati Sobelovih derivacijskih filtera. Slike u gornjem redu odgovaraju Sobelovom derivacijskom filteru u smjeru x -ose, a u srednjem redu Sobelovom derivacijskom filteru u smjeru y -ose. Na slici u donjem desnom uglu bijeli pikseli prikazuju

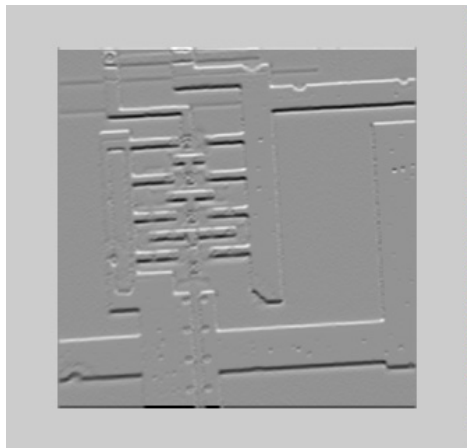
meksimume amplitude gradijenta $\sqrt{\left(\frac{\partial a}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial a}{\partial y}\right)^2}$, što odgovara poziciji ivica.



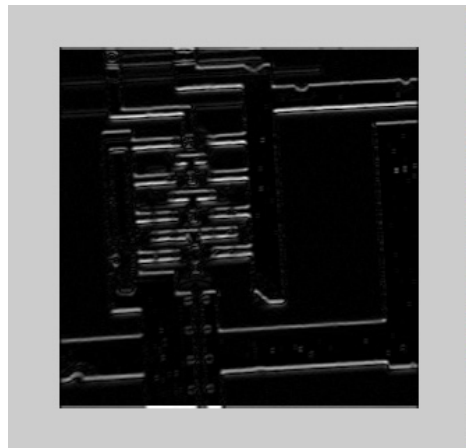
(a)



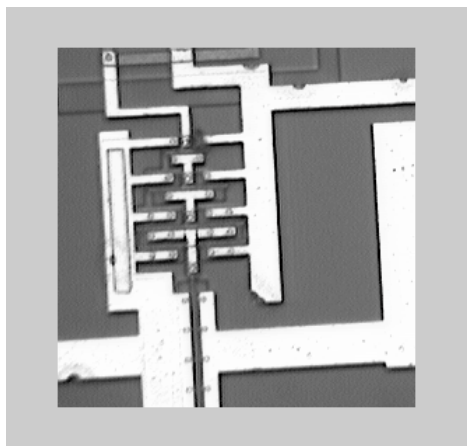
(b)



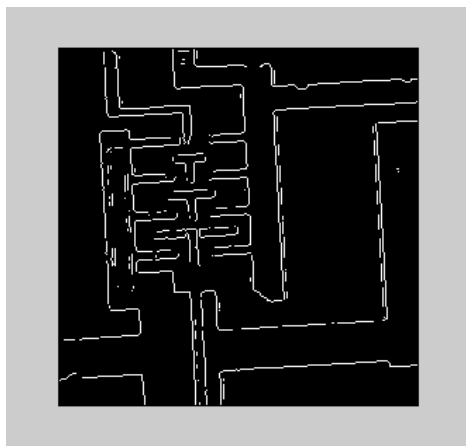
(c)



(d)

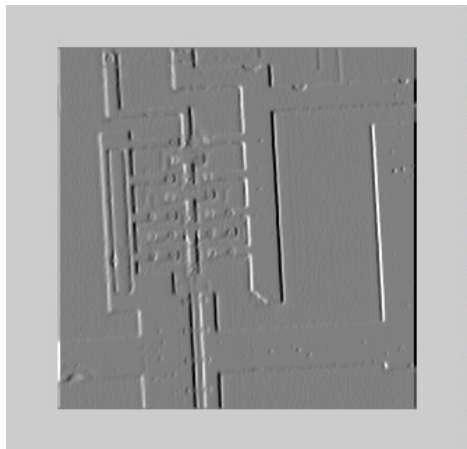


(e)

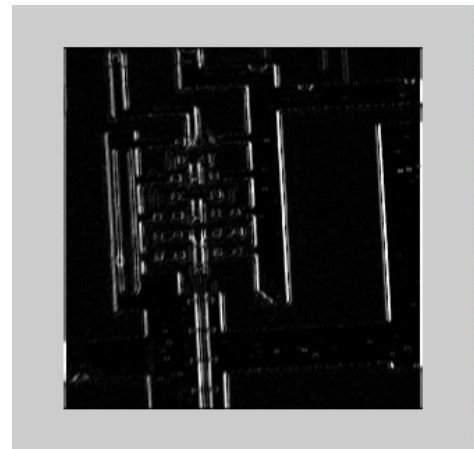


(f)

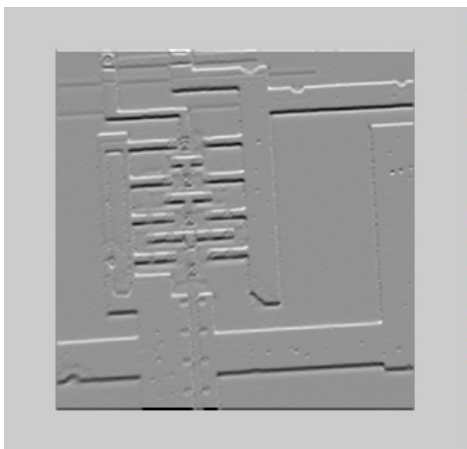
Slika 93. Prewitt-ov gradijentni filtar: (a) gradijent i (c) njegova apsolutna vrijednost u smjeru x ose, (c) gradijent i (d) njegova apsolutna vrijednost u smjeru y ose, (e) originalna slika, (f) amplituda gradijenta



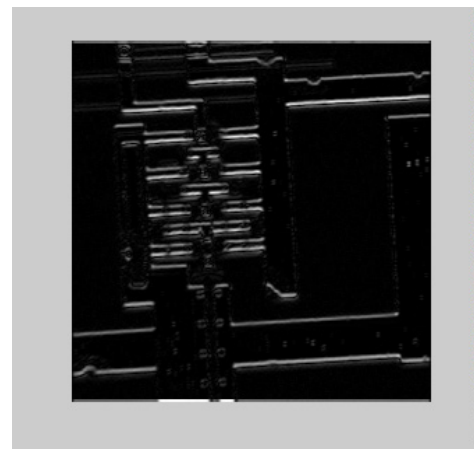
(a)



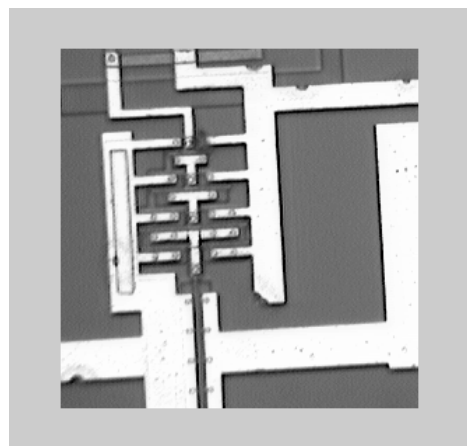
(b)



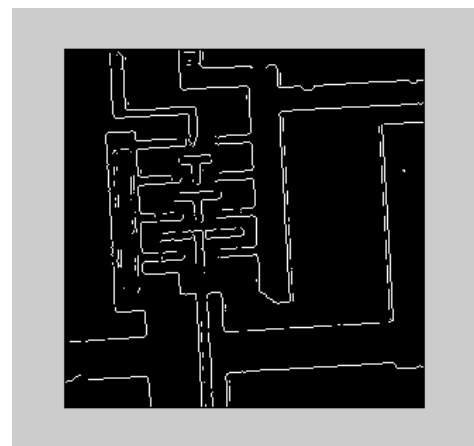
(c)



(d)



(e)

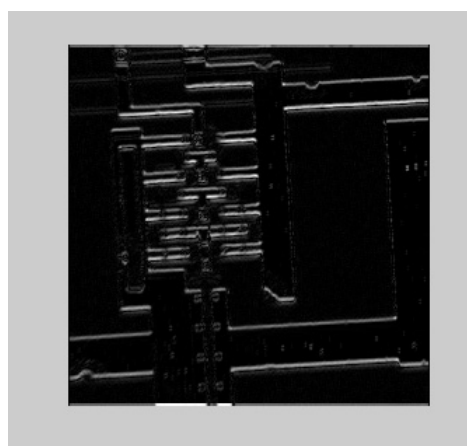
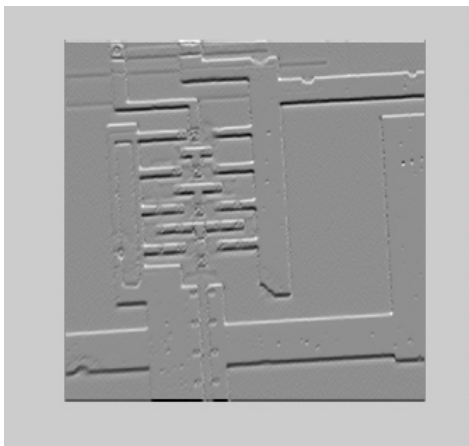
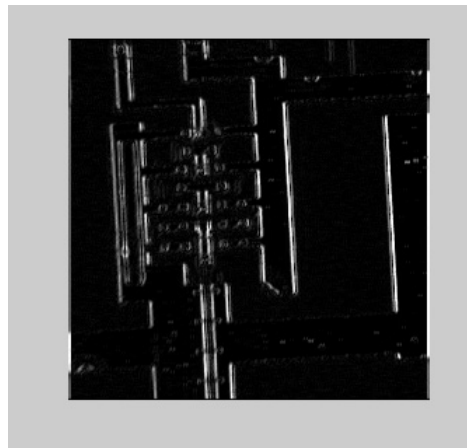
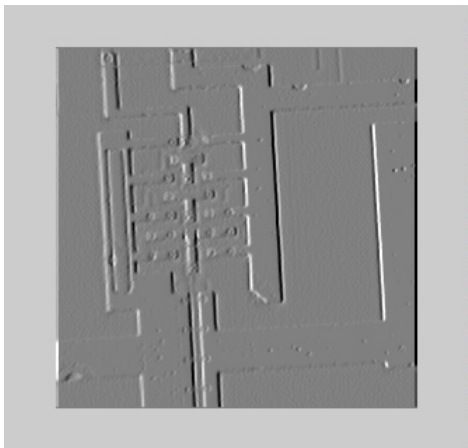


(f)

Slika 94. Sobelov gradijentni filtar: (a) gradijent i (c) njegova apsolutna vrijednost u smjeru x ose, (c) gradijent i (d) njegova apsolutna vrijednost u smjeru y ose, (e) originalna slika, (f) amplituda gradijenta

Gausov gradijentni filtar

Gausov gradijentni filtar koristi Gausov filtar za glačanje operaciju i jedan od navedenih osnovnih derivacijskih filtara. Umjesto da se prvo primijeni konvolucija sa Gausovim filtrom, a zatim gradijent, moguće je isti rezultat postići ako se konvolucioni kernel formira kao odmjereni gradijent Gausove funkcije. Pimjer primjene Gausovog gradijentnog filtra prikazan je na Slici 95.



Slika 95. Gausov gradijentni filtar: (a) gradijent i (c) njegova apsolutna vrijednost u smjeru x ose, (c) gradijent i (d) njegova apsolutna vrijednost u smjeru y ose

Bokskar operatori

Proširivanjem lokalnog susjedstva na kome se izračunava aproksimacija gradijenta postiže se još bolje potiskivanje šuma pri izdvajanju ivica. Tako dobijeni operatori nazivaju se *bokskar (boxcar) operatori*.

Previtovi operatori 7x7:

$$\mathbf{h}_x = \frac{1}{21} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 0 & -1 & -1 & -1 \\ 1 & 1 & 1 & 0 & -1 & -1 & -1 \\ 1 & 1 & 1 & 0 & -1 & -1 & -1 \\ 1 & 1 & 1 & 0 & -1 & -1 & -1 \\ 1 & 1 & 1 & 0 & -1 & -1 & -1 \\ 1 & 1 & 1 & 0 & -1 & -1 & -1 \\ 1 & 1 & 1 & 0 & -1 & -1 & -1 \end{bmatrix} \quad \mathbf{h}_y = \frac{1}{21} \begin{bmatrix} -1 & -1 & -1 & -1 & -1 & -1 & -1 \\ -1 & -1 & -1 & -1 & -1 & -1 & -1 \\ -1 & -1 & -1 & -1 & -1 & -1 & -1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

Piramidalni operator Abdu (Abdou):

$$\mathbf{h}_x = \frac{1}{34} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 0 & -1 & -1 & -1 \\ 1 & 2 & 2 & 0 & -2 & -2 & -1 \\ 1 & 2 & 3 & 0 & -3 & -2 & -1 \\ 1 & 2 & 3 & 0 & -3 & -2 & -1 \\ 1 & 2 & 3 & 0 & -3 & -2 & -1 \\ 1 & 2 & 2 & 0 & -2 & -2 & -1 \\ 1 & 1 & 1 & 0 & -1 & -1 & -1 \end{bmatrix} \quad \mathbf{h}_y = \frac{1}{34} \begin{bmatrix} -1 & -1 & -1 & -1 & -1 & -1 & -1 \\ -1 & -2 & -2 & -2 & -2 & -2 & -1 \\ -1 & -2 & -3 & -3 & -3 & -2 & -1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 2 & 3 & 3 & 3 & 2 & 1 \\ 1 & 2 & 2 & 2 & 2 & 2 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$