

# UNIVERZITET U BEOGRADU ELEKTROTEHNIČKI FAKULTET

*Katedra za elektroniku*

*Predmet: Digitalna obrada slike*



## **Izveštaj: 4. domaći zadatak**

Rok za predaju: 28.11.2015.

Student:

Ime	Prezime	broj indeksa
Predrag	Kuzmanović	49/2012

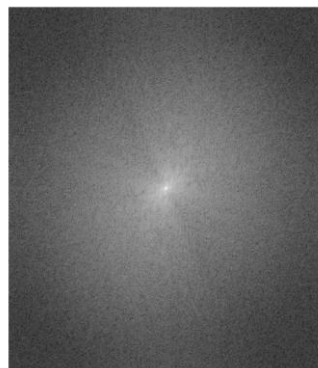
## Tačka 1

Na slici 1.1. prikazana je ulazna slika koju treba izoštriti, **blurry\_moon.tif**.



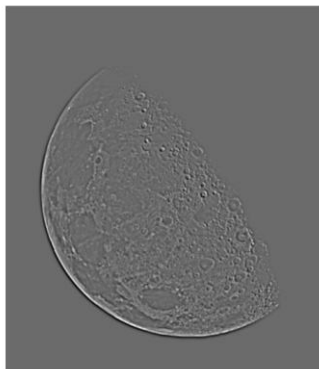
*Slika 1.1. Ulazna slika, blurry\_moon.tif*

Postupak izoštravanja u frekvencijskom domenu izvršen je tako što se VF filtrom “izvuče” visokofrekventni sadržaj slike i taj sadržaj doda na originalnu sliku. Spektar ulazne slike se računa uz proširenje nulama jer slika nije inherentno periodična. Na slici 1.2. prikazan je centrirani spektar ulazne slike u logaritamskoj razmeri.



*Slika 1.2. Centrirani spektar ulazne slike u logaritamskoj razmeri*

Ulazni spektar treba propustiti kroz VF filter određenog radijusa. Radijus je određen pomoću funkcije **energy\_radius** iz tačke 4, specificiranjem procenta energije komponenti na niskim učestanostima koje treba odbaciti VF filtriranjem. Krajnja slika najprijetnija za oko dobijena je za procenat odbacivanja **99**, odnosno radijus **76**. Visokofrekventni sadržaj slike (izdvojene ivice) i izlazna izoštrena slika prikazane su na slikama 1.3. i 1.4, redom. Pokušano je sa više tipova VF filtera, od kojih najbolje rezultate daje Gausov filter. Ako se koristi idealni filter, u izlaznoj slici se javljaju neprijatne varijacije nivoa osvetljenosti u okolini ivica. Sa druge strane, Batervortov filter se za male vrednosti reda ponaša slično Gausovom, a za velike slično idealnom filteru.



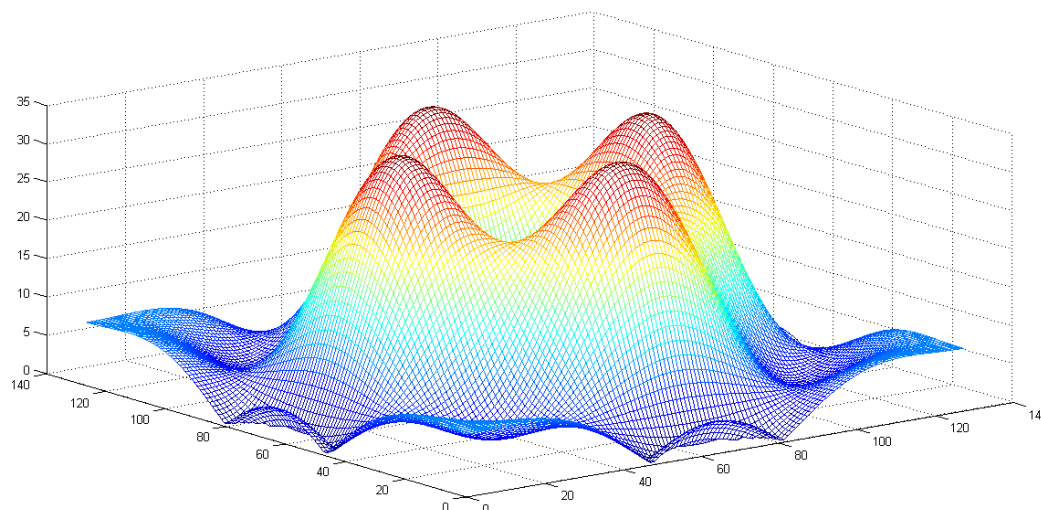
*Slika 1.3. Centrirani spektar ulazne slike u logaritamskoj razmeri*



*Slika 1.4. Izlazna slika, moon\_sharp99\_gaussian.tif*

## Tačka 2

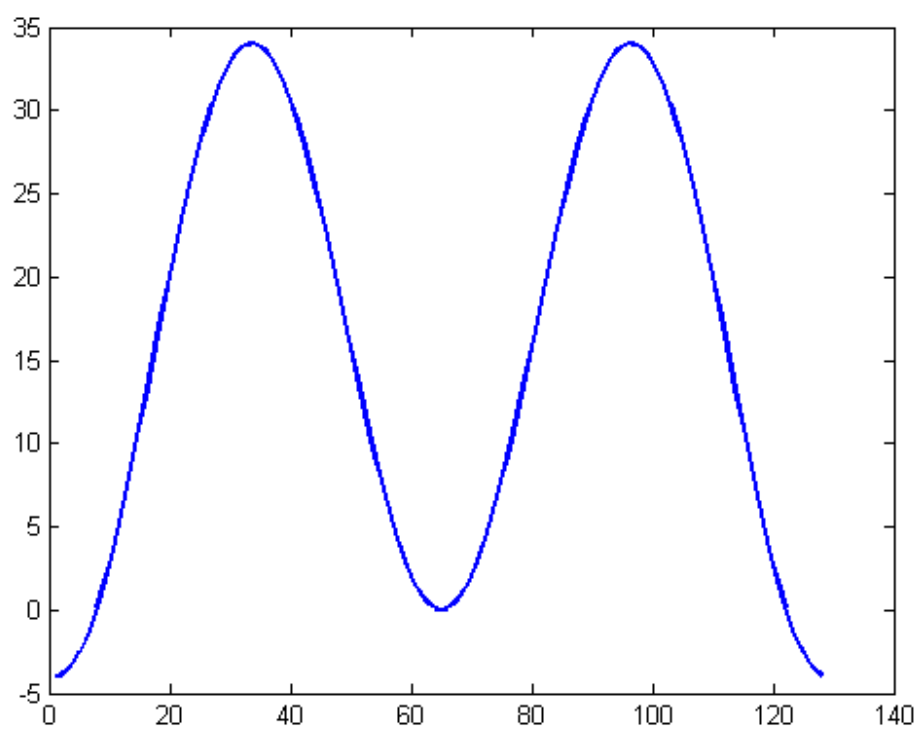
Na osnovu zadate prostorne maske izračunat je odgovarajući frekvencijski odziv. Na slici 2.1. prikazana je amplitudska karakteristika ovog filtra, iscrtana pomoću funkcije **mesh**.



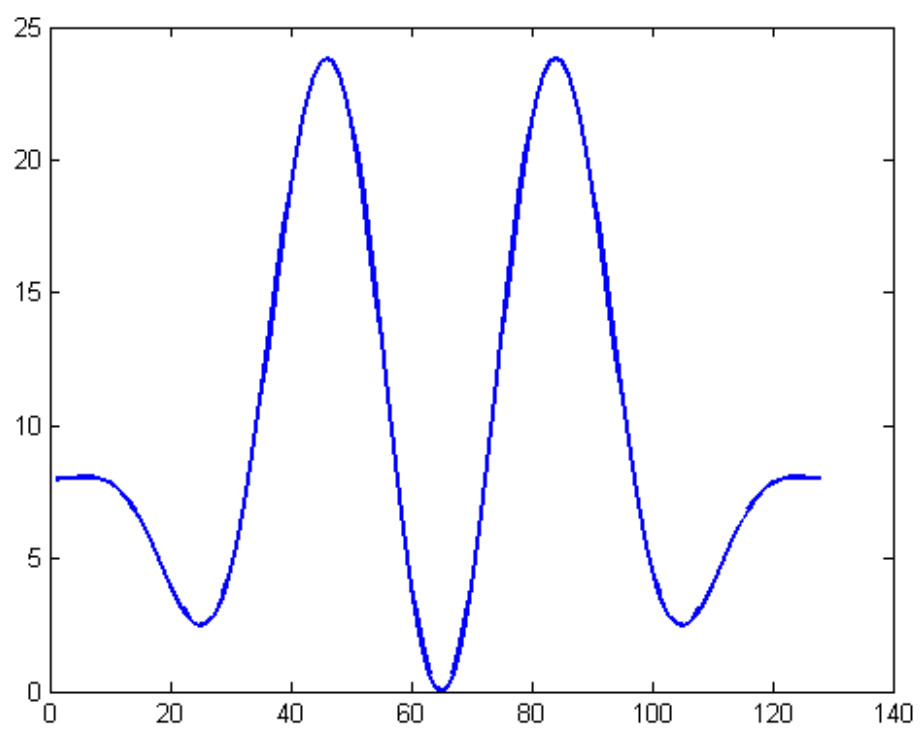
*Slika 2.1. Amplitudska karakteristika filtra*

Sa slike 2.1. se vidi da je u pitanju filtar propusnik opsega učestanosti (**bandpass** filtar). Ovaj filtar potiskuje srednju vrednost slike koja se filtrira, zato što je koeficijent u filtru koji odgovara DC komponenti jednak nuli. Ovo se bolje može videti na slikama 2.2. i 2.3. Na ovim slikama redom su prikazani linearni preseki amplitudske karakteristike paralelno sa **m** odnosno **n** osom (preseki su identični), kao i presek po dijagonali.

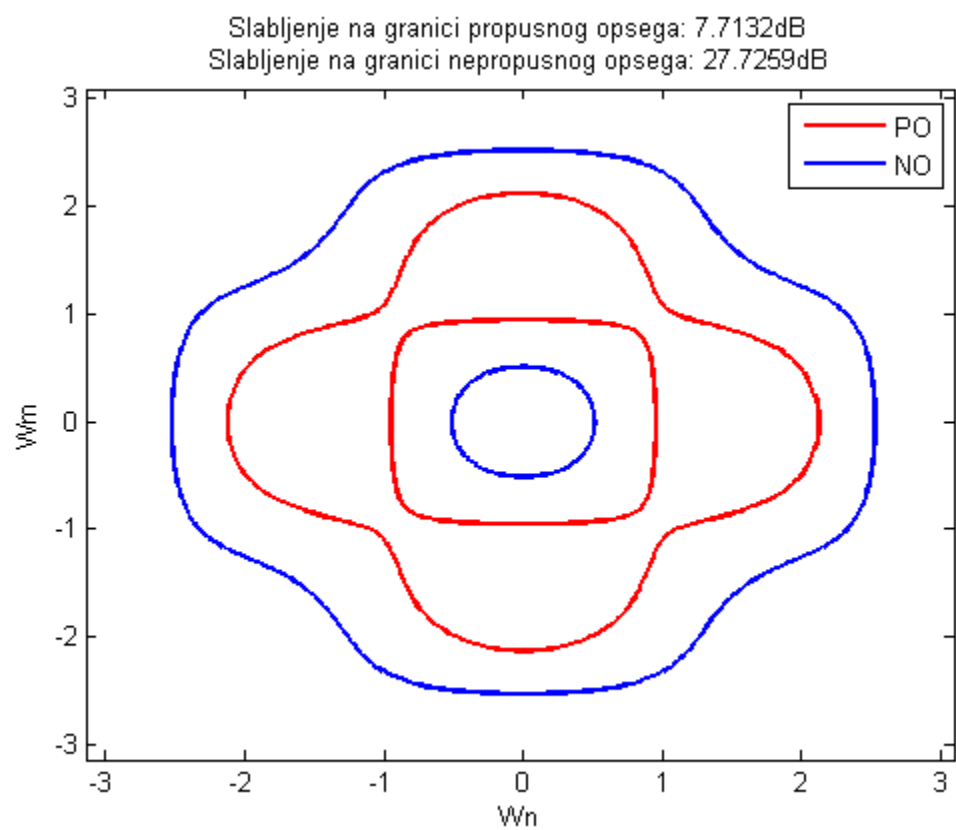
Sa ovih slika vidi se da filtar ima prilično velike oscilacije u amplitudskoj karakteristici, kako u propusnom tako i u nepropusnom opsegu. Još bolja ilustracija karakteristika filtra data je pomoću slike 2.4. Na njoj su prikazane granice propusnog i nepropusnog opsega za zadate gabarite, na osnovnom opsegu učestanosti od  $-\pi$  do  $\pi$ . Za crtanje ovih granica poslužila je ugrađena MATLAB funkcija **contour**. Prostor između 2 crvene krive predstavlja propusni opseg. Prostor koji obuhvata unutrašnja plava kriva i prostor izvan spoljašnje plave krive predstavlja nepropusni opseg. Prelazna zona je prostor između crvenih i plavih krivih. Gabariti koji odgovaraju slici predstavljaju zadato maksimalno slabljenje u propusnom opsegu i zadato minimalno slabljenje u nepropusnom opsegu.



*Slika 2.2. Presek amplitudske karakteristike filtra paralelno sa  $m$ , odnosno  $n$  osom*



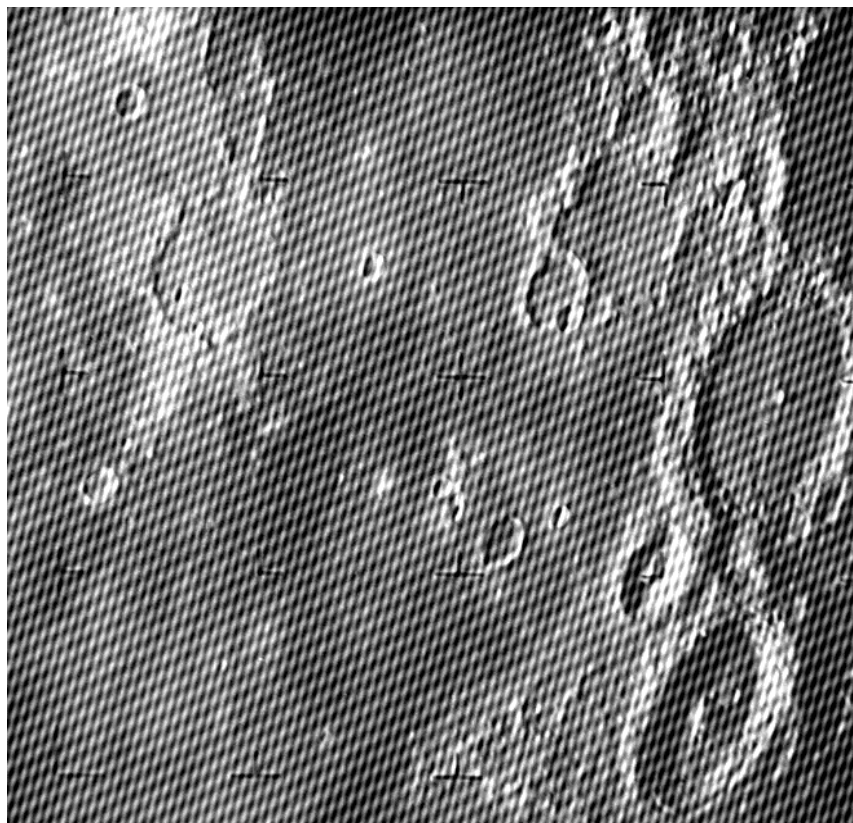
*Slika 2.3. Presek amplitudske karakteristike filtra po dijagonali*



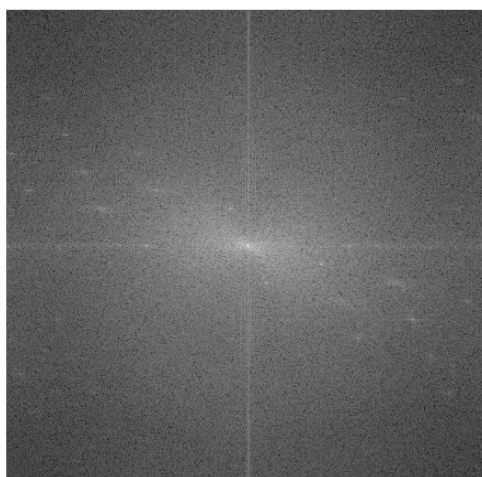
*Slika 2.4. Gabariti filtra*

### Tačka 3

Na slici 3.1. prikazana je ulazna slika koju treba očistiti od smetnji, **moon\_corrupted.tif**.  
Odgovarajući spektar ulazne slike, računat bez proširivanja slike, prikazan je na slici 3.2.



*Slika 3.1. Ulazna slika, moon\_corrupted.tif*



*Slika 3.2. Centrirani spektar ulazne slike u logaritamskoj razmeri*

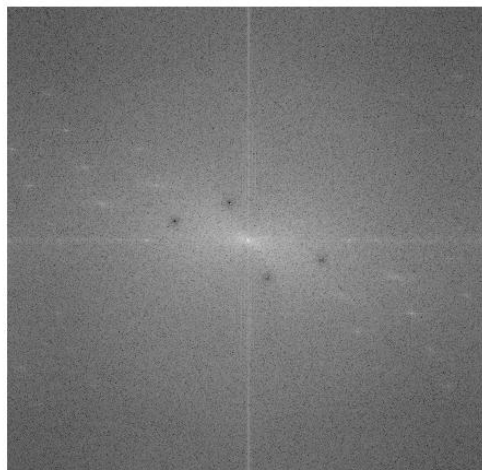
Na osnovu ulaznog spektra jasno se vide koje su neželjene komponente koje su posledica interferencije sa nekim signalima smetnji u prenosu ulazne slike. To su izolovani beli pikseli na slici 3.2. Koordinate komponenti ovih smetnji su određene iz slike centriranog spektra pomoću **Data Cursor**-a.

Neželjene komponente su uklonjene pomoću funkcije **cnotch** koja je korišćena na času vežbi. Dobijeni filter prikazan je na slici 3.3. Filter je Gausovog tipa, sa potiskujućim delovima sa radijusom **7** oko neželjenih komponenti. Odabran je najmanji radijus takav da se uklone smetnje. Takođe, sa povećavanjem radijusa, nepropusni opsezi se sve više i više približavaju DC komponenti slike, tako da slika postaje tamnija ukoliko se previše približe.

Rezultujući spektar koji se dobija nakon filtriranja prikazan je na slici 3.4, a odgovarajuća slika očišćena od smetnji je prikazana na slici 3.5.

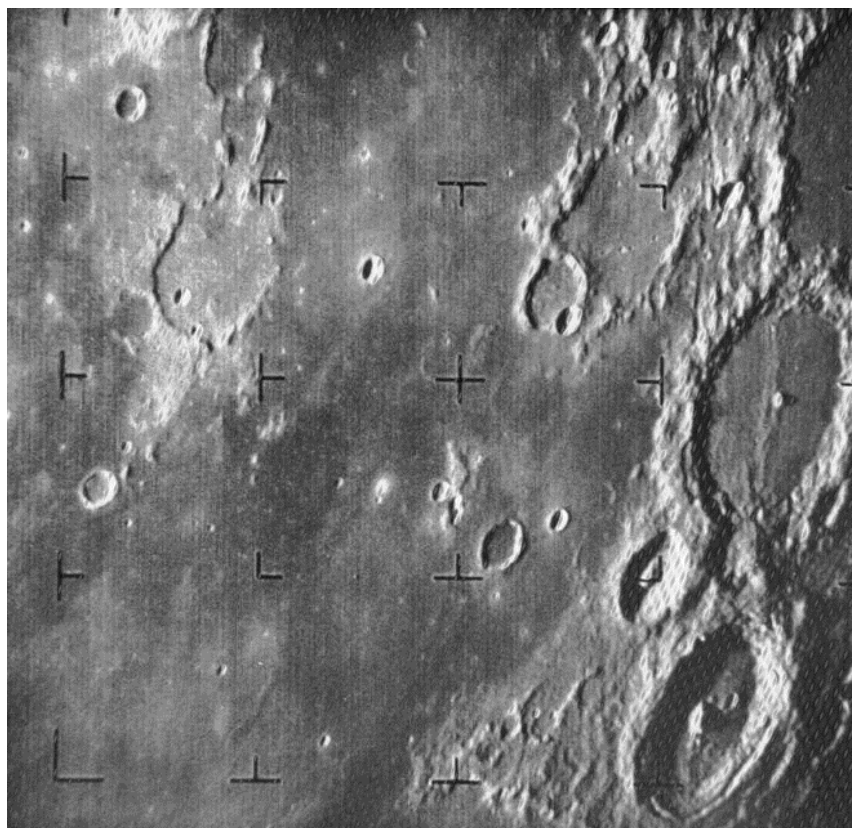


*Slika 3.3. Izgled notch filtra kojim uklanjamo neželjene smetnje*



*Slika 3.4. Centrirani spektar izlazne slike u logaritamskoj razmeri*





*Slika 3.5. Izlazna slika, moon\_clean.tif*

Visokofrekventne komponente u ulaznom spektru koje su “razlivene” (imaju blaži pad, tj. širu okolinu značajnih komponenti oko njih) nisu posledica ovih smetnji, nego predstavljaju detalje na originalnoj slici.

Dobijena slika je očišćena od smetnji, bez gubljenja detalja na slici. Na slici su i dalje prisutni krstići, ali oni su produkt optičkog instrumenta kojim je fotografija napravljena. Pokušano je eventualno odstranjivanje ovih krstića pomoću nelinearnog filtra (**medfilt2**, **ordfilt2**), ali rezultati nisu zadovoljavajući. Zbog velikih dimenzija krstića, potreban je veliki red ovog nelinearnog filtra, a rezultujuće zamućenje slike je nedopustivo.

## Tačka 4

Funkcija **energy\_radius** računa minimalni celebrojni radijus takav da se unutar tog radijusa oko DC komponente u centriranom spektru ulazne slike **I** nalazi bar **p** procenata energije ulazne slike. Energija unutar nekog kruga predstavlja sumu kvadrata amplitudskog spektra svih komponenti unutar tog kruga.

Na samom početku algoritma se pomoću funkcije **DC\_distance** pravi matrica **dist** koja je istih dimenzija kao i ulazna slika. Elementi ove matrice predstavljaju udaljenosti od DC komponente za odgovarajuće dvodimenzionalne DFT komponente filtra dimenzija ulazne slike. Za implementaciju ove funkcije je iskorišćena funkcija **meshgrid**. Primer upotrebe ove funkcije u komandnom prozoru MATLAB-a je prikazan ispod:

```
>> DC_distance(3, 3)
```

```
ans =
```

```
      0  1.0000  1.0000
  1.0000  1.4142  1.4142
  1.0000  1.4142  1.4142
```

Nakon toga, izračunava se spektar ulazne slike **I\_spectre** pomoću funkcije **fft2**, kao i odgovarajuća matrica energije, **I\_energy**, čiji su elementi kvadrati amplituda odgovarajućih komponenti u izračunatom spektru. Zatim se izračunava energija **E1** koju želimo da obuhvatimo radijusom **r**, kao odgovarajući procenat ukupne energije slike. Dalje, metodom polovljenja intervala (binarna pretraga) tražimo najmanju vrednost radijusa koja zadovoljava postavljene uslove. Vrednost za radijus tražimo u opsegu od **0** do **r\_max** (polovina manje dimenzije ulazne slike).

U svakoj iteraciji najpre računamo logičku matricu **chunk\_logic** na osnovu matrice **dist**, tako da jedinice budu na mestima na kojima je rastojanje od DC komponente manje od trenutnog radijusa. Zatim ovu logičku matricu koristimo za indeksiranje matrice energije, i računamo sumu indeksiranih elemenata kao trenutno obuhvaćenu energiju **E**. Poređenjem ove energije sa pragom **E1** polovimo interval na jedan od 2 moguća načina, odnosno odbacujemo gornju ili donju polovinu opsega za radijus.

Pored ovakvog binarnog pretraživanja, pokušano je i linearno pretraživanje radijusa, počev od vrednosti **0** i uvećevanjem za **1** sve dok se ne pređe prag za energiju. Mada ovakav algoritam ima prednosti u posebnim slučajevima kada je gotovo sva energija skoncentrisana u DC vrednosti, algoritam sa polovljenjem intervala daje bolje rezultate (brže se izvršava) u opštem slučaju.

Drugi način na koji je zadatak mogao da se reši je funkcija **fspecial**, sa parametrom **'disk'**. Na ovaj način se dobijaju nešto drugačije (zapravo, po pravilu manje) vrednosti za **r**, i to upravo zbog načina na koji se formira maska pomoću ove ugrađene funkcije. Na primeru ispod se vidi razlika u generisanju logičke maske dimenzija **5x5** pomoću ugrađene funkcije **fspecial** i pomoću funkcije **DC\_distance**:

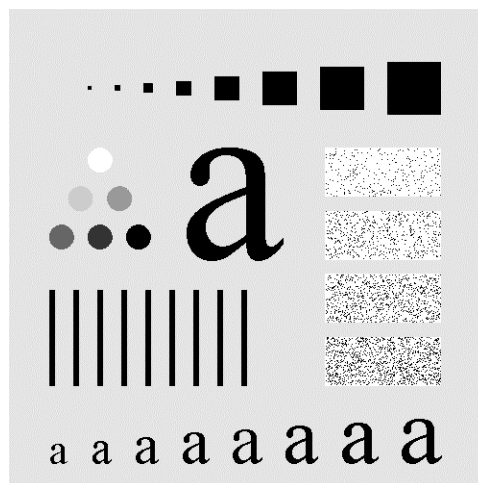
```
>> fspecial('disk', 2) > 0
ans =
```

```
0 1 1 1 0
1 1 1 1 1
1 1 1 1 1
1 1 1 1 1
0 1 1 1 0
```

```
>> fftshift(DC_distance(5, 5) <= 2)
ans =
```

```
0 0 1 0 0
0 1 1 1 0
1 1 1 1 1
0 1 1 1 0
0 0 1 0 0
```

Funkcija **energy\_radius** testirana je na ulaznoj slici **test\_pattern.tif**, koja je prikazana na slici 4.1.



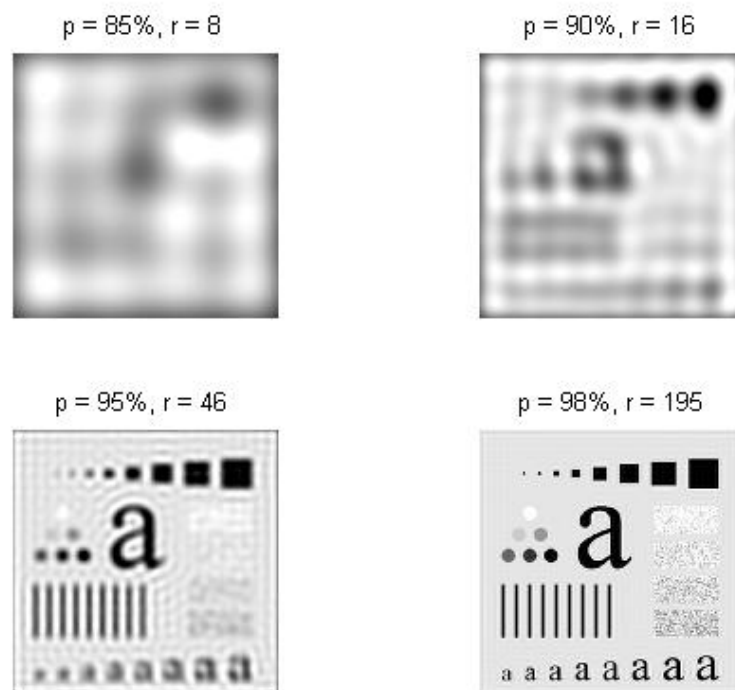
*Slika 4.1. Ulazna slika, test\_pattern.tif*

Nad ulaznom slikom, sa i bez proširivanja, pozivana je funkcija **energy\_radius** za vrednosti procenata: **85, 90, 95 i 98**. Zatim je ulazna slika isfiltrirana niskofrekvenčnim idealnim i Gausovim filtrima, čiji su parametri dobijeni radijusi. Rezultati su prikazani na slikama 4.2, 4.3, 4.4. i 4.5, redom.

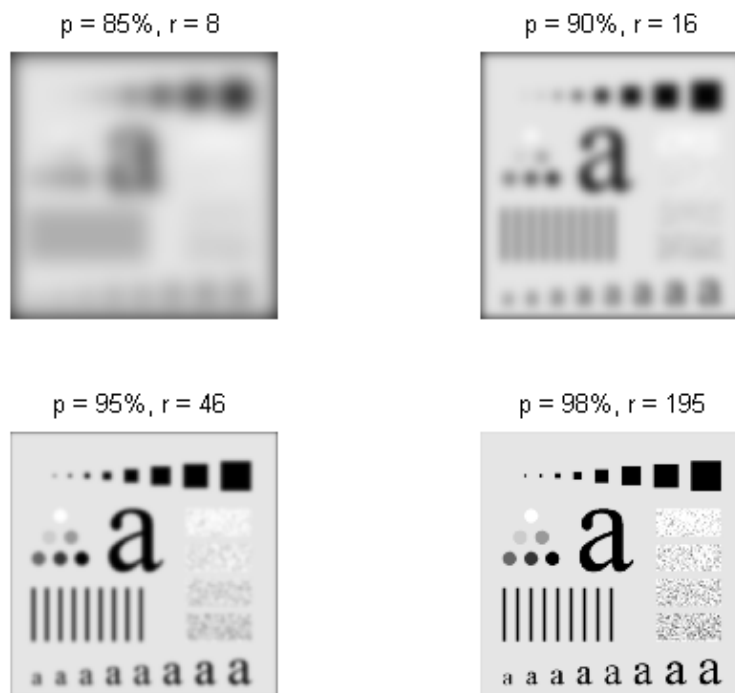
Sa prikazanih slika mogu se izvući neki zaključci. Najpre, vidi se razlika između idealnog i Gausovog NF filtra. Nakon filtriranja idealnim filtrom, javljaju se (u većoj ili manjoj meri) "talasanja" nivoa osvetljenosti u blizini ivica, što je posledica toga da pravougaonim impulse u frekvencijskom domenu odgovara **sinc** funkcija u prostornom domenu. Ovo se ne dešava kod filtriranja Gausovim filtrom, jer Gausovoj funkciji u frekvencijskom domenu odgovara takođe Gausova funkcija u prostornom domenu.

Takođe, vidi se razlika u filtriranju kada se radi proširivanje slike nulama i kada se ne radi proširivanje. U prvom slučaju, pojavljuje se crni okvir na izlaznoj slici, koji je posledica dodavanja nula, tj. piksela crne boje. U drugom slučaju okvira nema, zato što ovakvo filtriranje odgovara cirkularnoj konvoluciji u prostornom domenu, odnosno podrazumeva se periodično ponavljanje slike pri filtriranju.

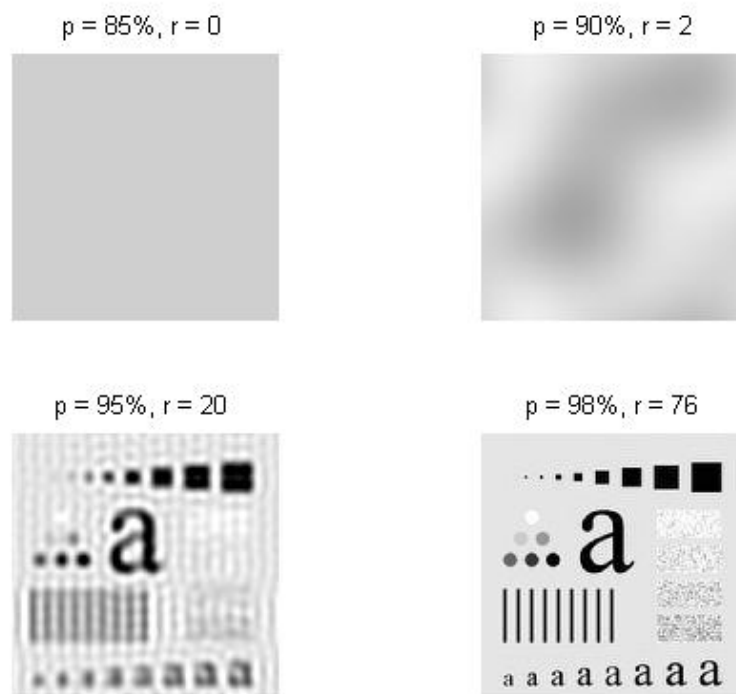
Možemo još primetiti i da su za iste procenat energije ulazne slike, vrednosti radijusa manje kada se na radi proširivanje u odnosu na radijuse kada se radi proširivanje. Ovo je posledica toga što se u Furijeovoj transformaciji proširene ulazne slike komponente iz osnovnog opsega učestanosti "rašire" iz opsega  $[0, M - 1] \times [0, N - 1]$  u opseg  $[0, P - 1] \times [0, Q - 1]$ , gde važi  $P > M$  i  $Q > N$ . Takođe, vidimo da u slučaju kada je vrednost radijusa **0**, zadržava se samo DC komponenta slike i izlazna slika ima uniformnu osvetljenost.



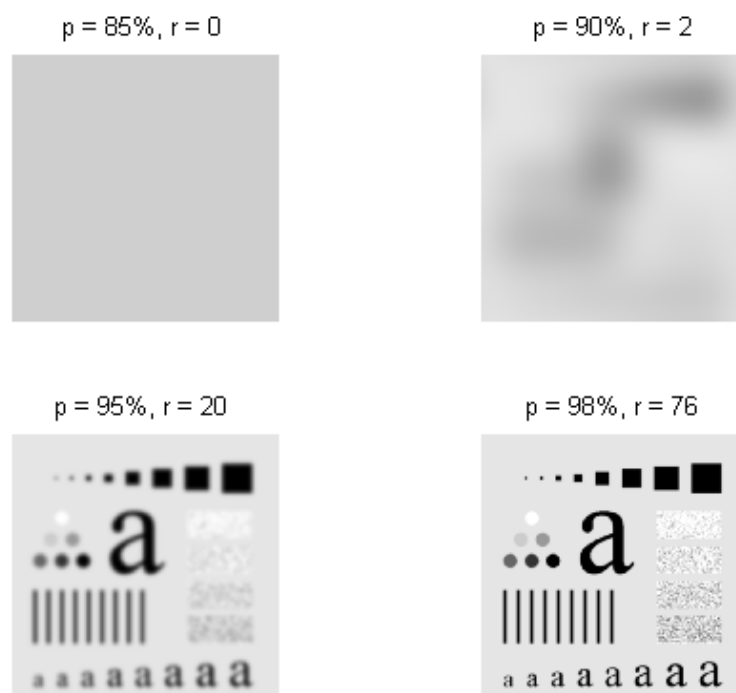
*Slika 4.2. Rezultati nakon filtriranja ulazne slike idealnim NF filtrom, sa proširivanjem*



*Slika 4.3. Rezultati nakon filtriranja ulazne slike Gausovim NF filtrom, sa proširivanjem*



*Slika 4.4. Rezultati nakon filtriranja ulazne slike idealnim NF filtrom, bez proširivanja*



*Slika 4.5. Rezultati nakon filtriranja ulazne slike Gausovim NF filtrom, bez proširivanja*