



DIGITALNA OBRADA SLIKE

- UVOD -

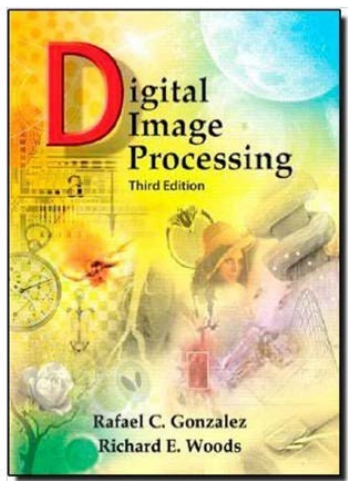
Organizacija kursa

- **Predavanja i vežbe:**
 - Dragomir El Mezeni – elmezeni@el.etf.rs – soba 20
- **Predavanja:** četvrtak 18-21, sala 55
- **Vežbe:** utorak 8-10, sala 70, svake druge nedelje
- **Sajt:** tnt.etf.rs/~oe4dos
- **Domaći zadaci:** 4 u toku semestra ukupno 60% ocene.
- **Završni test:** Organizuje se u svakom ispitnom roku. Ukupno 40% ocene.

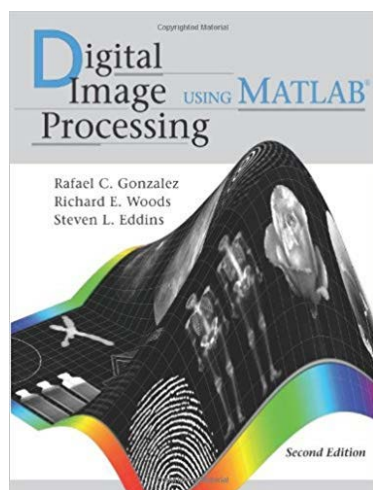
Domaći zadaci - pravila

- Spadaju u predispitne obaveze i nisu nadoknadivi!
- Važno je da se rade samostalno i na vreme.
- U slučaju prepisivanja oduzimaju sve svi poeni sa domaćeg i dodeljuju negativni poeni. Ovo važi za obe strane!
- Zadaju se nakon svakog termina vežbi počev od 5.11. Rok za izradu zadatka 12 dana. Svaki dan kašnjenja -10% osvojenih poena.
- Uz domaći se predaju programski kod i izveštaj. Poeni se dodeljuju na osnovu izveštaja! Na kraju semestra (u toku januarskog ispitnog roka) se organizuje odbrana domaćih zadataka.

Literatura



Rafael C. Gonzalez and
Richard E. Woods “Digital
image processing”, Prentice
Hall, 3rd edition (2008)



Rafael C. Gonzalez, Richard E.
Woods and Steven L. Eddins
“Digital image processing
using Matlab”, Gatesmark
Publishing, 2nd edition (2009)



Miodrag Popović
“Digitalna obrada slike”,
Akademska misao (2006)

Sadržaj kursa

1. Uvod
2. Osobine vizuelnog sistema čoveka i kolor sistemi
3. Formiranje digitalne slike – senzori
4. Pобоljšanje kvaliteta slike – transformacije intenziteta
5. Pобоljšanje kvaliteta slike – prostorne operacije
6. Filtriranje u frekvencijskom domenu
7. Restauracija slike
8. Kompresija slike 1
9. Kompresija slike 2
10. Detekcija ivica
11. Segmentacija
12. Tekstura

Digitalna obrada slike - definicije

- Slika se može definisati kao dvodimenzionalna funkcija $f(x,y)$ pri čemu x i y predstavljaju prostorne koordinate dok vrednost funkcije predstavlja intenzitet u određenoj tački prostora.
- Digitalna obrada slike podrazumeva obradu digitalnih slika korišćenjem digitalnih računara.
- Osnovni ciljevi digitalne obrade slike:
 - Poboljšanje vizuelnih karakteristika u cilju bolje percepcije od strane čoveka
 - Procesiranje sadržaja slike za upotrebu u autonomnim računarskim sistemima

Digitalna slika - reprezentacija

- Svaka tačka prostora predstavljena različitim intenzitetom sive boje. Raspodela ovih intenziteta predstavlja sliku. Najmanja oblast prostora kojoj je pridružen jedinstven intenzitet naziva se piksel.

1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	0	0	0	1	1	0	0	0	1				
1	1	0	1	1	1	1	0	1	1				
1	1	0	1	1	1	1	0	1	1				
1	1	0	1	1	1	1	0	1	1				
1	1	0	0	0	0	0	0	1	1				
1	1	0	1	1	1	1	0	1	1				
1	1	0	1	1	1	1	0	1	1				
1	1	0	1	1	1	1	0	1	1				
1	0	0	0	1	1	0	0	0	1				
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1				

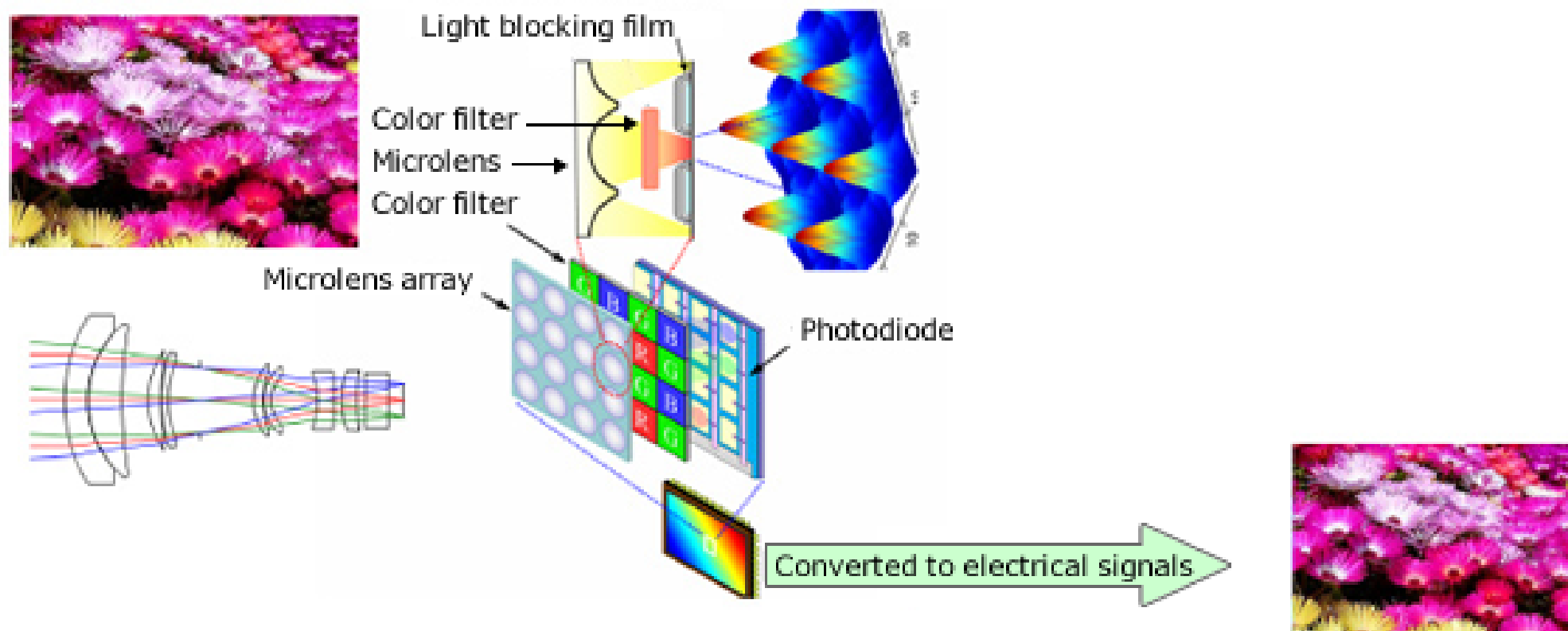
255	255	255	255	254	255	254	254	254	255	253	119	255	253
255	255	255	255	253	253	253	253	120	180	116	94	4	254
255	255	255	255	254	254	252	130	181	175	38	101	15	254
255	255	255	255	254	3	73	105	87	178	9	155	253	255
255	255	255	255	254	123	166	88	127	183	162	70	254	255
255	255	255	255	254	254	254	215	116	222	94	254	255	255
255	255	255	255	253	254	253	253	111	120	94	254	255	255
255	255	255	255	252	221	255	123	176	174	142	172	255	255
255	254	255	254	252	253	199	184	175	181	102	109	255	255
254	255	254	254	252	251	186	177	179	177	228	252	255	255
254	254	254	254	55	173	177	103	178	178	181	252	255	255
254	254	254	252	174	177	182	88	176	176	176	253	255	255
254	254	254	146	177	179	177	221	178	176	189	252	255	253
254	255	254	183	177	174	186	100	161	174	57	194	120	255
254	255	254	218	175	186	221	106	253	220	220	152	254	255



Značaj slika

- Procenat informacija o svetu koje zdrava osoba dobija preko vizuelnog sistema je oko 90-95%!
- Slika vredi hiljadu reči! (kineska poslovice)
 - Zapravo ako bi se posmatrala količina podataka koje zauzimaju, slika veličine 2MPix zauzima oko 1000 puta više podataka nego prosečan tekst od 1000 reči
😊

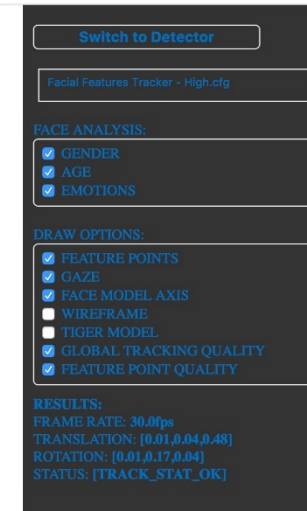
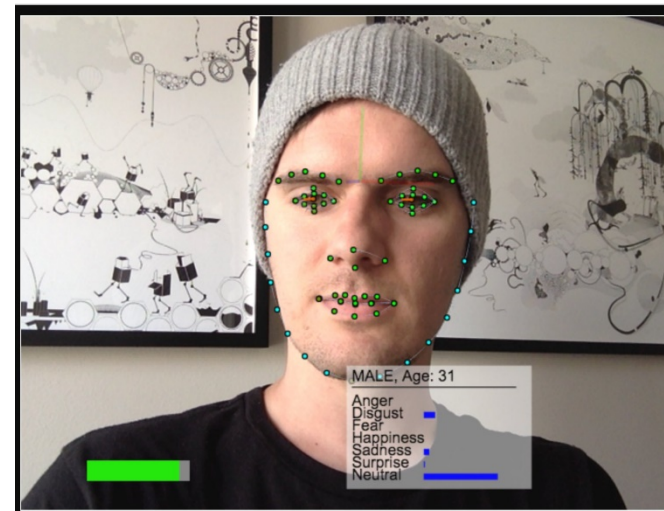
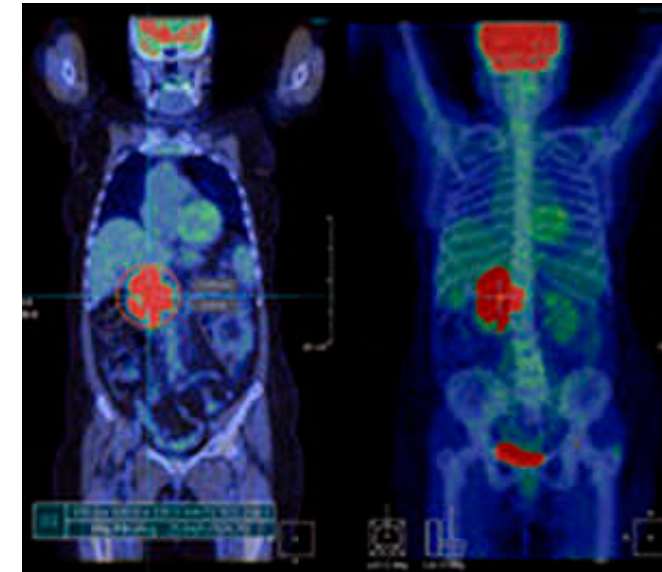
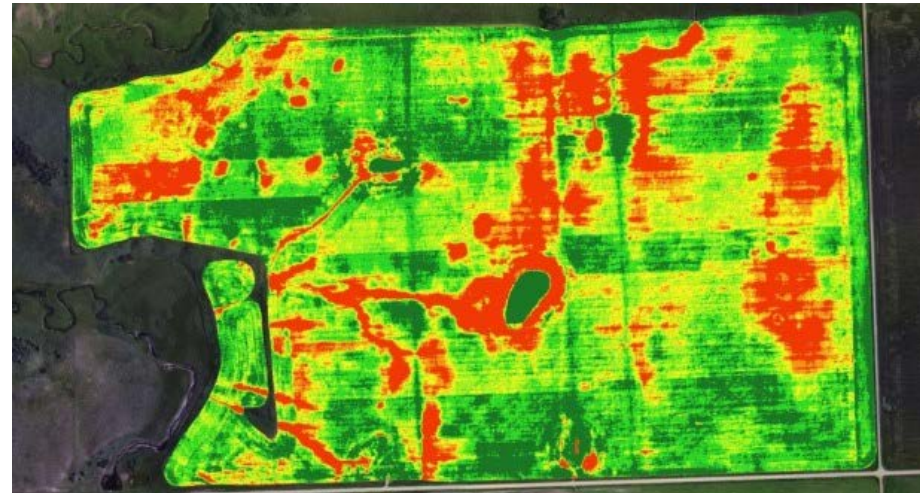
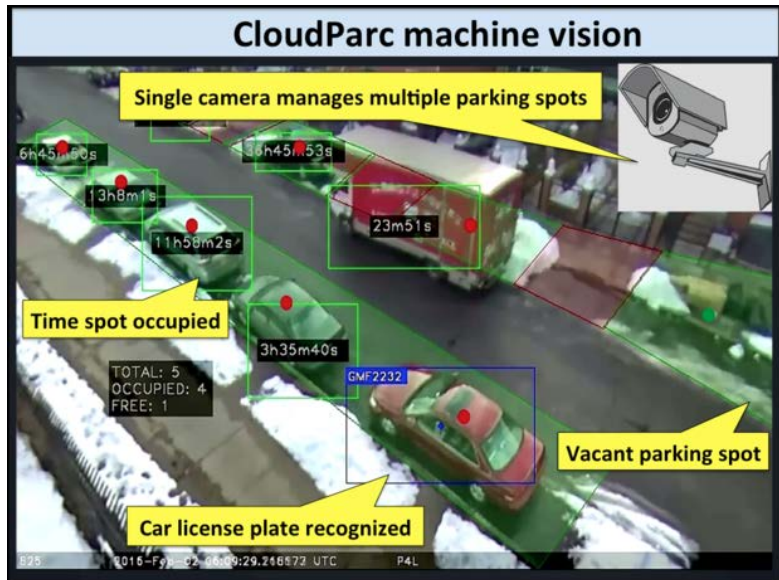
Digitalna obrada slike – tipičan sistem



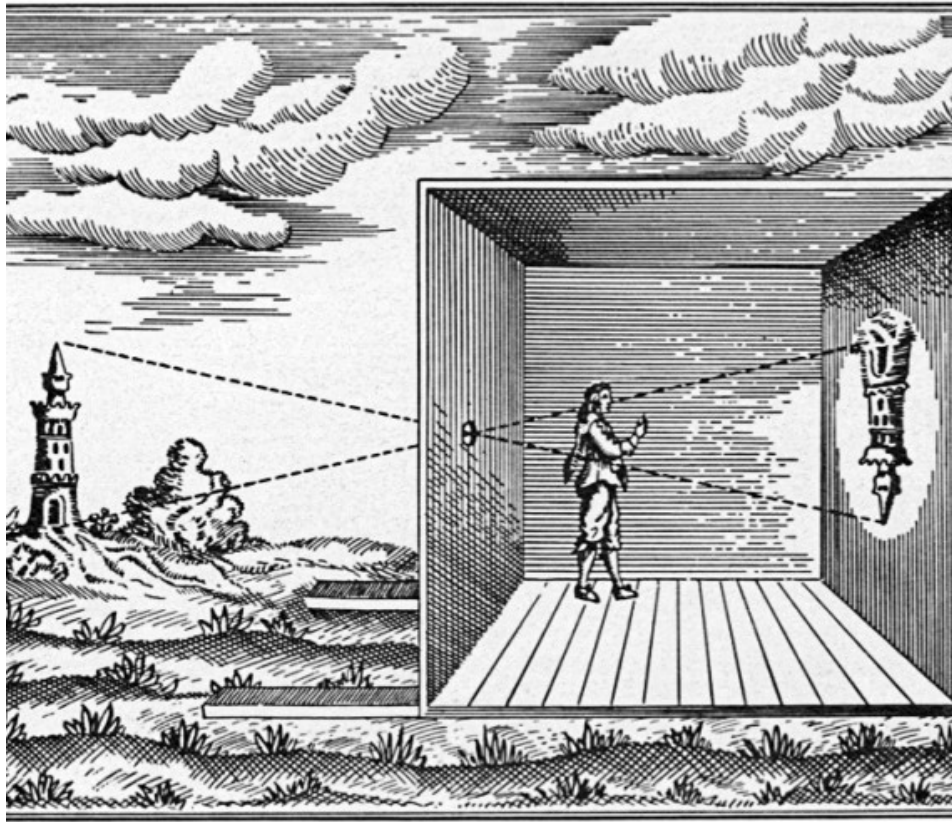
Nivoi digitalne obrade slike

- **Obrada niskog nivoa** podrazumeva popravku kvaliteta slike sa senzora i pripremu za dalje procesiranje. Primeri: redukcija distorzije sočiva, redukcija šuma, popravka kontrasta, izoštravanje slike...
- **Obrada srednjeg nivoa** podrazumeva segmentaciju slike i ekstrakciju odgovarajućih obeležja. Primeri: detekcija ivica, segmentacija, detekcija linija, detekcija različitih oblika...
- **Obrada visokog nivoa** podrazumeva analizu sadržaja slike. Primeri: prepoznavanje oblika, detekcija različitih pokreta, autonomna vozila, prepoznavanje sadržaja teksta i sl...

Analiza slike - primeri



Istorija – prapočeci – camera obscura



A 17th century camera obscura illustration



Istorija – prva fotografija i slike u boji



Prva fotografija:

1826. - Joseph Nicéphore Niépce

Vreme ekspozicije
minumum 8 sati

Slike u boji:

Posuptak predložen u radu Maxwell-a 1855. a prvi fotografiju u boji napravio Thoms Sutton 1861. godine.



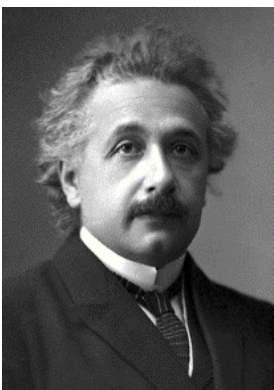
Istorija – značajni pomaci



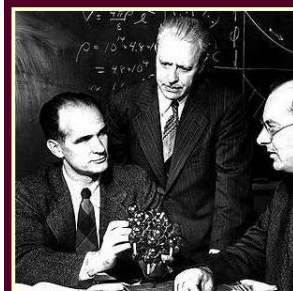
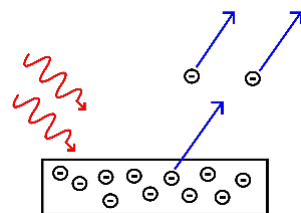
1887 – Heinrich Hertz
uočio generisanje
naelektrisanja pod
uticajem svetlosti



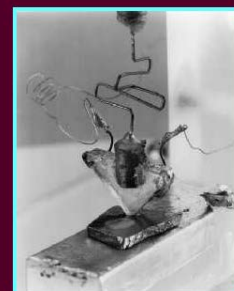
1895 – Wilhelm Conard
Roentgen - otkriće X
zraka



1905 – Albert Einstein
objasnio fotoelektrični
efekat



Shockley, Bardeen, and Brattain

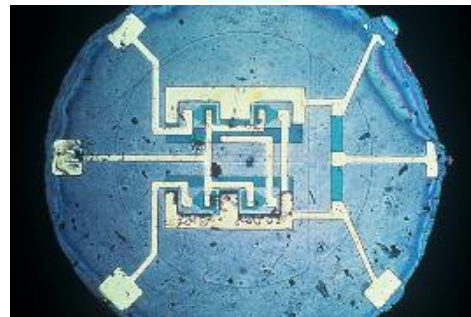


The First Transistor
Click for Enlarged View

1947 – prvi tranzistor –
William Shockley, John
Bardeen, Walter Brattain



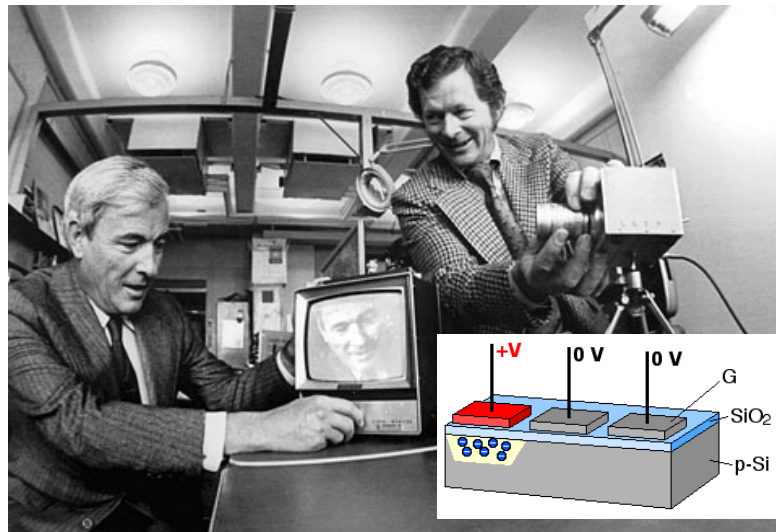
1958 – prvo integrisano
kolo – Jack Kilby



1964 – integrisano kolo –
Robert Noyce

1968 – prvi mikroprocesor
– Intel

Istorija – digitalni senzori



1969 – CCD senzor –
Willard Boyle i George
Smith

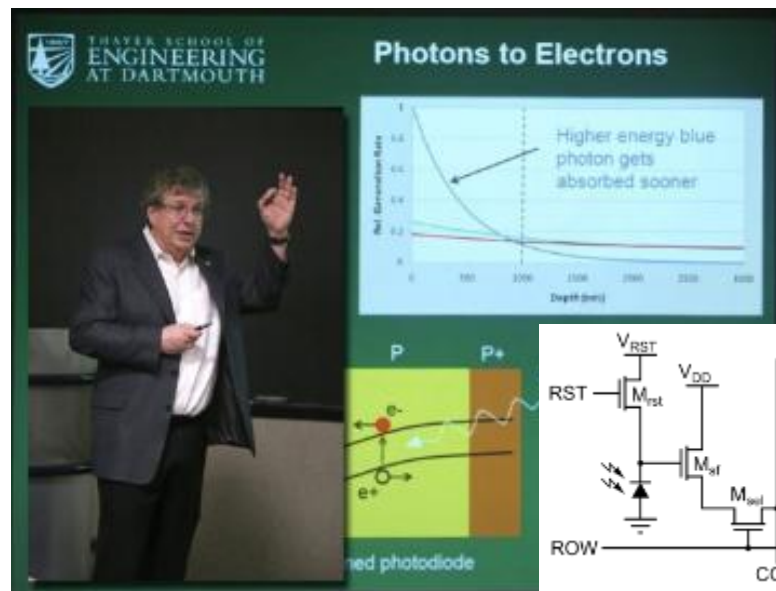
1969 – prvi CMOS senzor
– loše karakteristike

1995 – prvi CMOS senzor
dobrih karakteristika –
Eric Fossum



1975 – prva digitalna kamera – Steven
Sasson – Kodak

CCD senzor 0.1 Mpix rezolucije, snimanje na
kasetu



Anatomy of the Active Pixel Sensor Photodiode

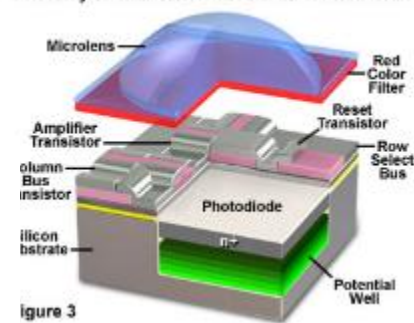


Figure 3

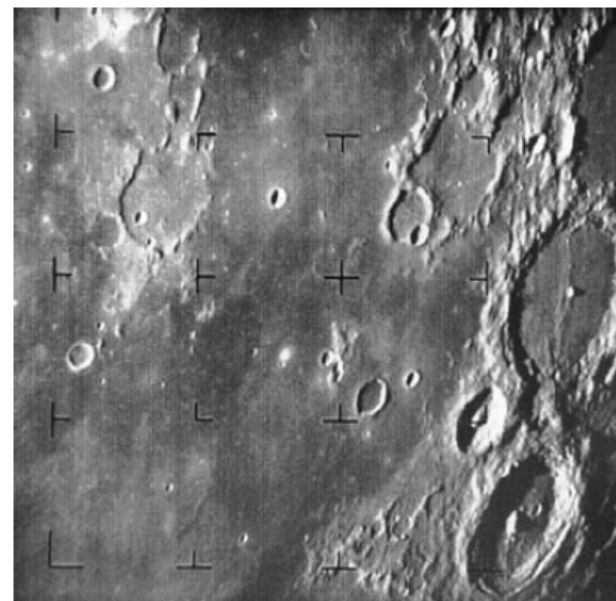
Istorija



1921 – prva slika preneta preko Antlanika



1957 – prva digitalna fotografija – dobijena skeniranjem klasične slike

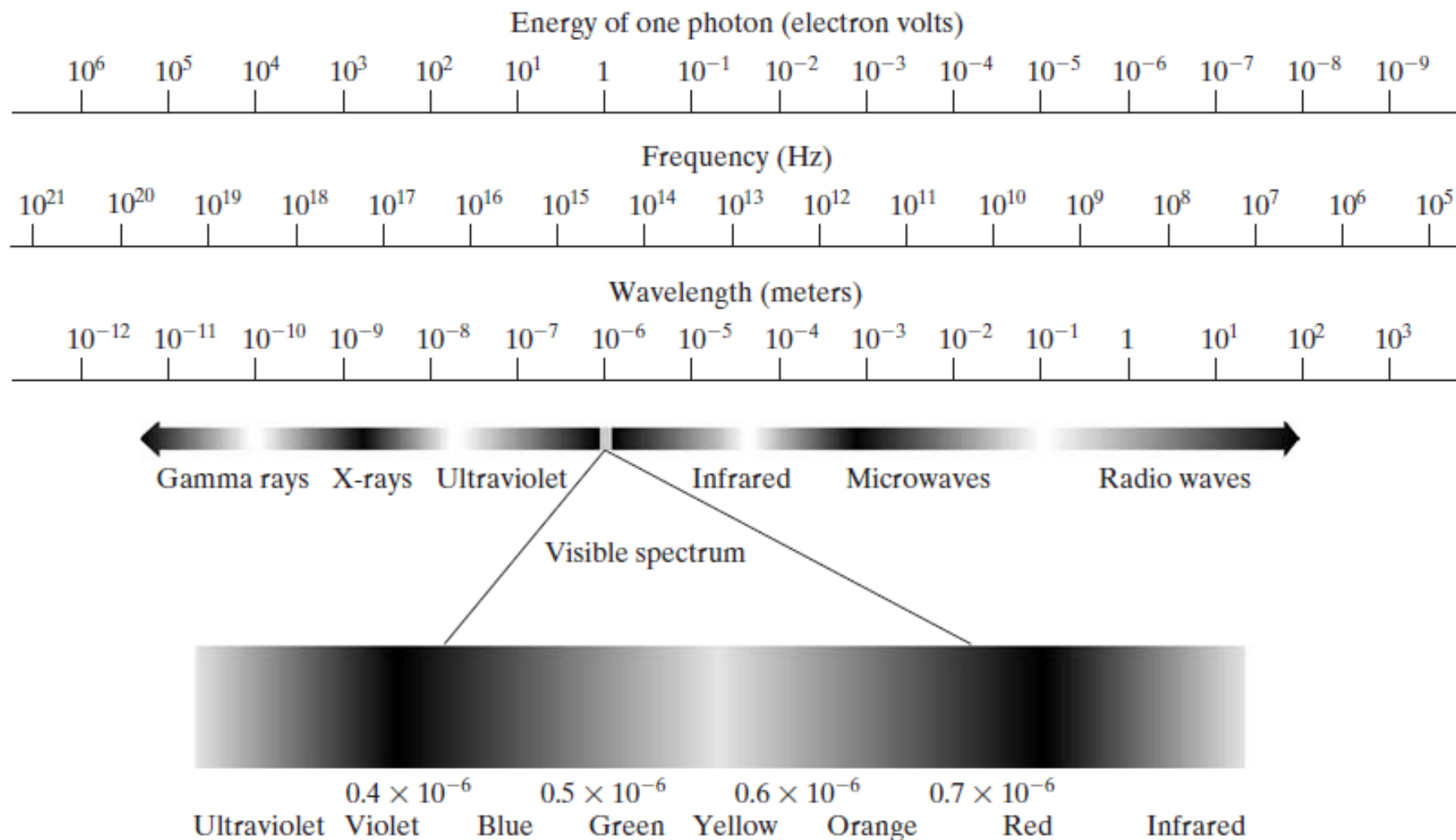


1964 – prva slika površine meseca koju je misija Ranger 7 poslala nekoliko minuta pre udara o površinu meseca. Slika je obrađena kako bi se poboljšao kvalitet i ovo predstavlja jedan od prvih primera digitalne obrade slike.

Klasifikacija slika

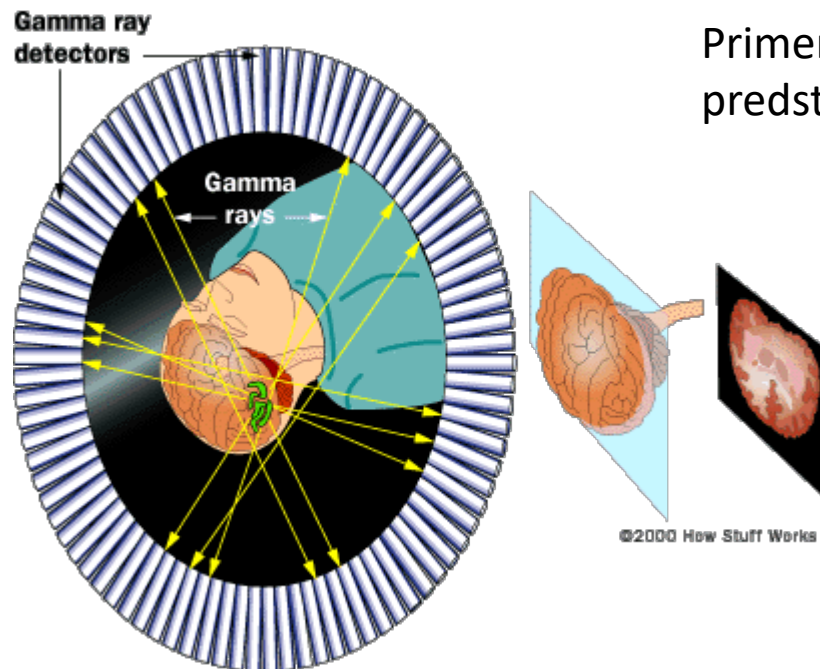
- Na osnovu izvora energije:
 - Elektromagnetni talasi (X-zraci, svetlost, radio talasi...)
 - Zvučni talasi
 - Ultrazvučni talasi
 - Elektronski snopovi
- Na osnovu tehnike snimanja:
 - Refleksione (optičke slike, radar, sonar...)
 - Emisione (PET skeneri, IR kamere, fluorescentna mikroskopija...)
 - Apsorpcione (X zraci, SEM mikroskopi, CT...)

Spektar elektromagnetnog zračenja

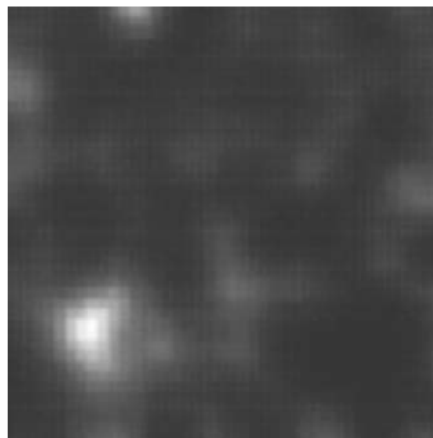


Gama zranci

- Koriste se u medicini kod PET (positron emission tomography) skenera. Ideja je da se pacijentu ubrizga radioaktivni izotop koji prilikom raspadanja emituje pozitron. Spajanjem pozitrona i elektrona nastaje gama zrak koji se može detektovati.
- Koriste se za detekciju visokoenergetskog zračenja – na primer u nuklearnim reaktorima ili u astronomiji



Primer PET skenera. Bele tačke predstavljaju potencijalne tumore.

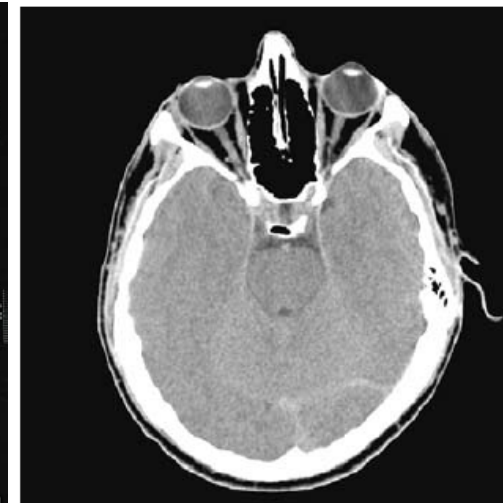
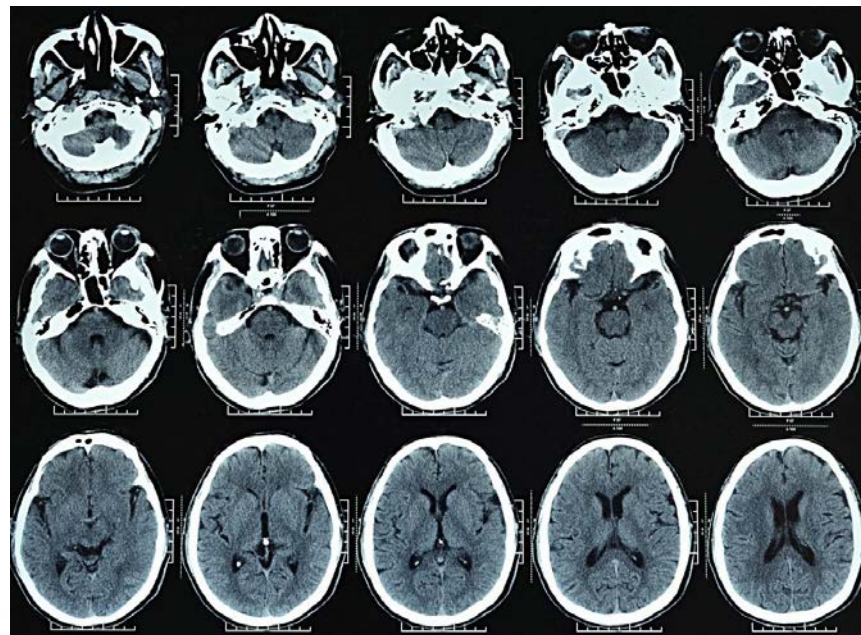


Primer slika nuklearnog reaktora.
Detektuje se potencijalno curenje zračenja.



X zraci

- Najčešće se koriste u medicini: skener, CT (computerized tomography), angiografija



CT snimak

- Takođe se koriste u:

- Industriji – za inspekciju elektronskih kola
- Sigurnosti – pregled prtljaga na aerodromima
- Astronomiji – snimanje različitih fenomena u ovom delu spektra



Skeniranje prtljaga



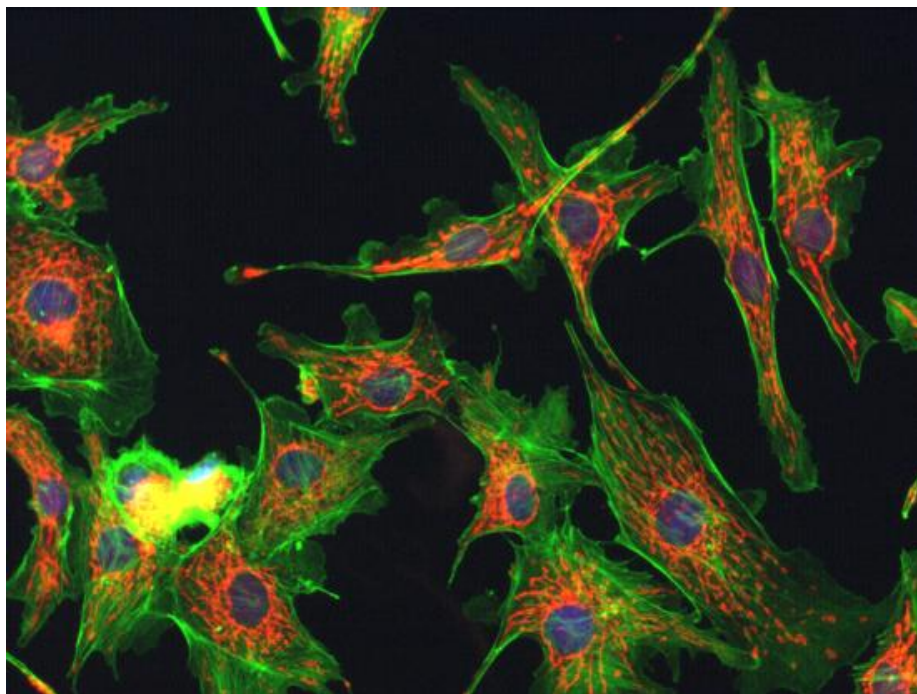
Angiografija



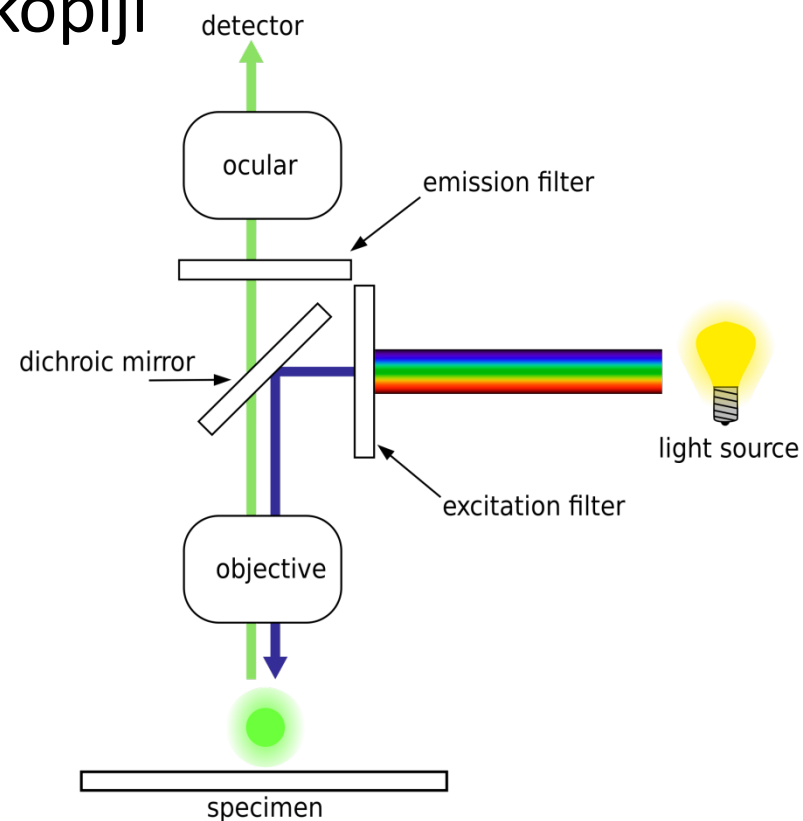
Rendgenski snimak

Ultraljubičasti deo spektra

- Uglavnom se koriste u fluorescentnoj mikroskopiji



Slika ćelija dobijena fluorescentnom mikroskopijom



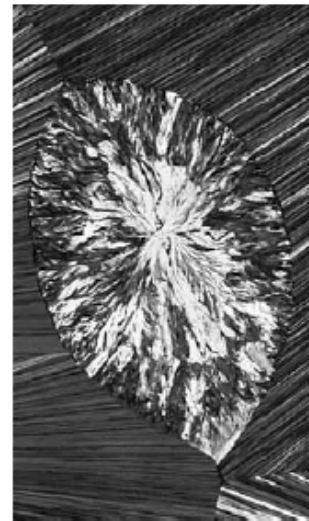
Vidljivi deo spektra

- Slike iz vidljivog dela spektra po brojnosti i primenama daleko nadmašuju sve ostale.
- Neki primeri:
 - Fotografije
 - Filmska industrija
 - Sigurnost (identifikacija i sl...)
 - Autonomna vozila
 - Industrijska inspekcija
 - Medicina (analiza površinskih promena)
 - Mikroskopija
 - Astronomija
 - Geografski informacioni sistemi
 - ...

Industrijska inspekcija



Prepoznavanje tablica



Holesterol pod mikroskopom



Slika uragana snimljena sa satelita

Infracrveni deo spektra

- Najčešća upotreba je detekcija emisije toplote. Topli objekti emituju infracrveno zračenje pri čemu što je objekat topliji to je kraća talasna dužina emitovanog zračenja.



Primena u vojsci



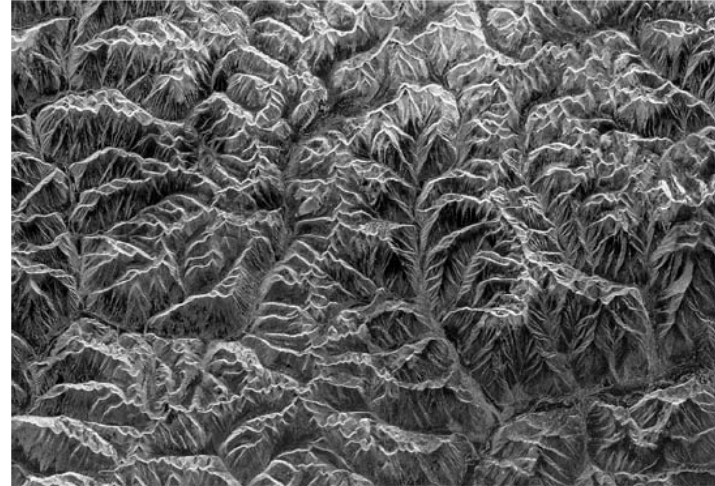
Provera toplotne izolacija



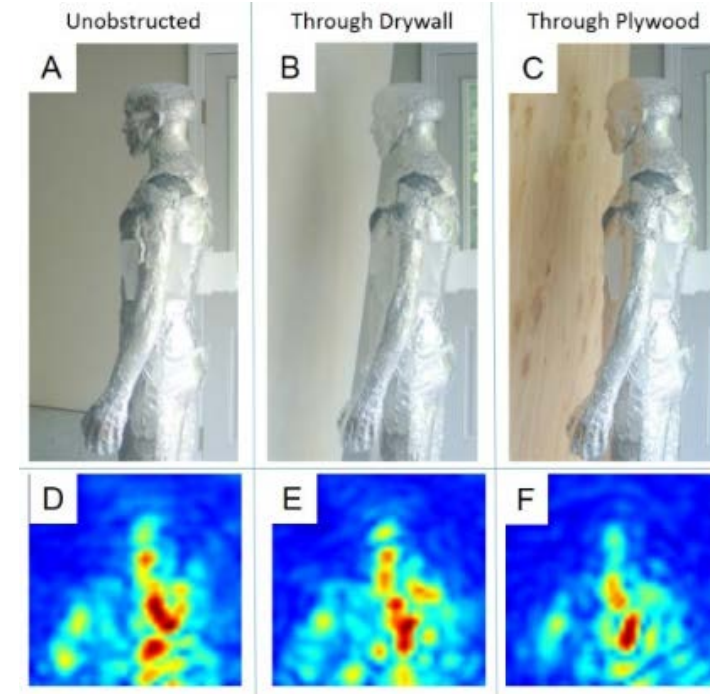
Sverena Amerika snimljena sa satelita u infracrvenom delu spektra

Mikrotalasne slike

- Najčešća primena je radar. U zavisnosti od talasne dužine radari mogu omogućiti snimke kroz oblake, led, vegetaciju i itd... Omogućavaju snimanje terena nezavisno od vremenskih uslova.

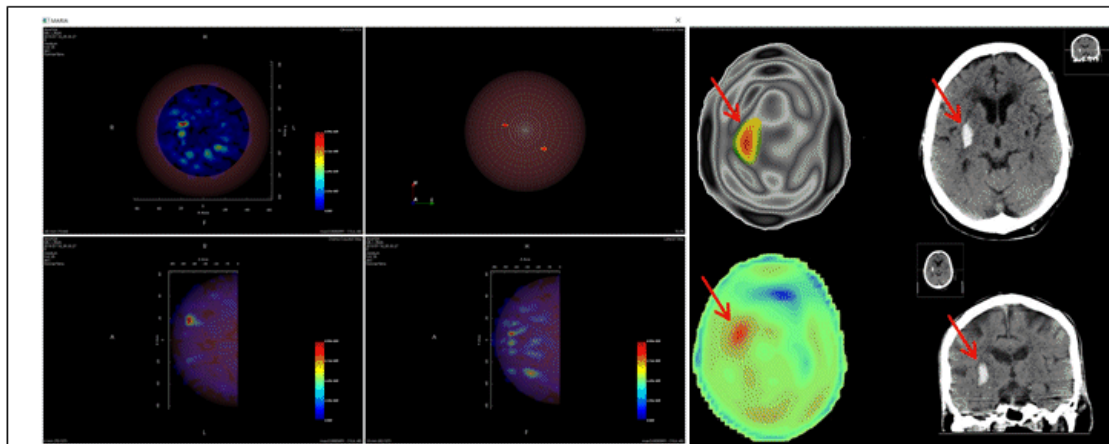


Radarski snimak Tibeta



Snimanje objekta kroz prepreke

- Koristi se u medicini. Značajno manje energije od X i gama zraka pa samim tim i mnogo bezbednije po pacijente.



A microwave imaging study of the breast (left, courtesy of Micrima) and of the brain (right, courtesy of EMTensor)

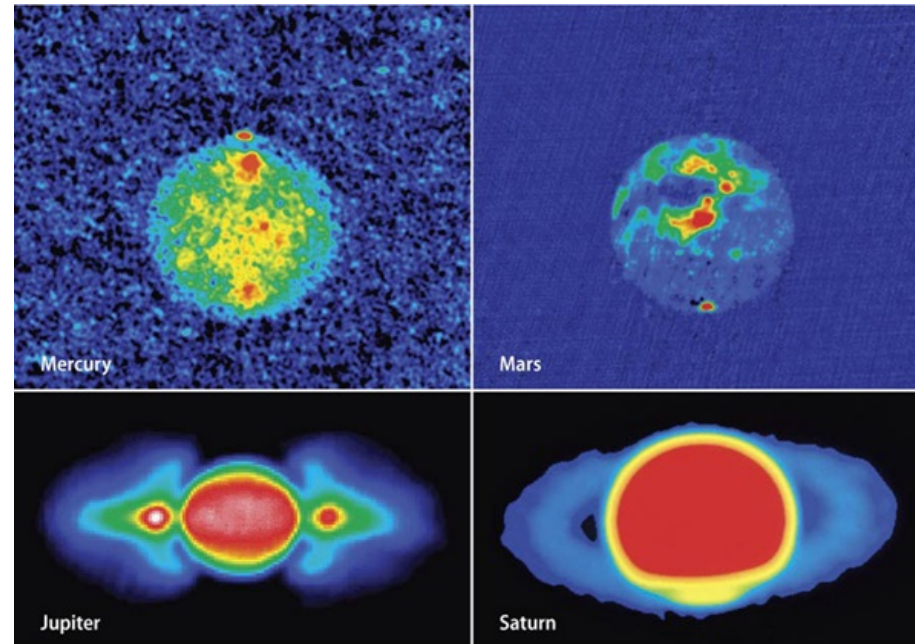
Primena u medicini

Radio talasi

- Najpoznatija primena je magnetna rezonanca MRI. Ideja je da se kroz telo pacijenta koji je postavljen unutar jakog magneta propoštaju kratki impulsi radio talasa. Različito tkivo kreira različite povratne impulse koji se mogu detektovati. Kako radio talasi imaju najmanju energiju oni su i najbezbedniji po pacijente.
- Druga najčešća primena slika dobijenih putem radio talasa je u astronomiji.



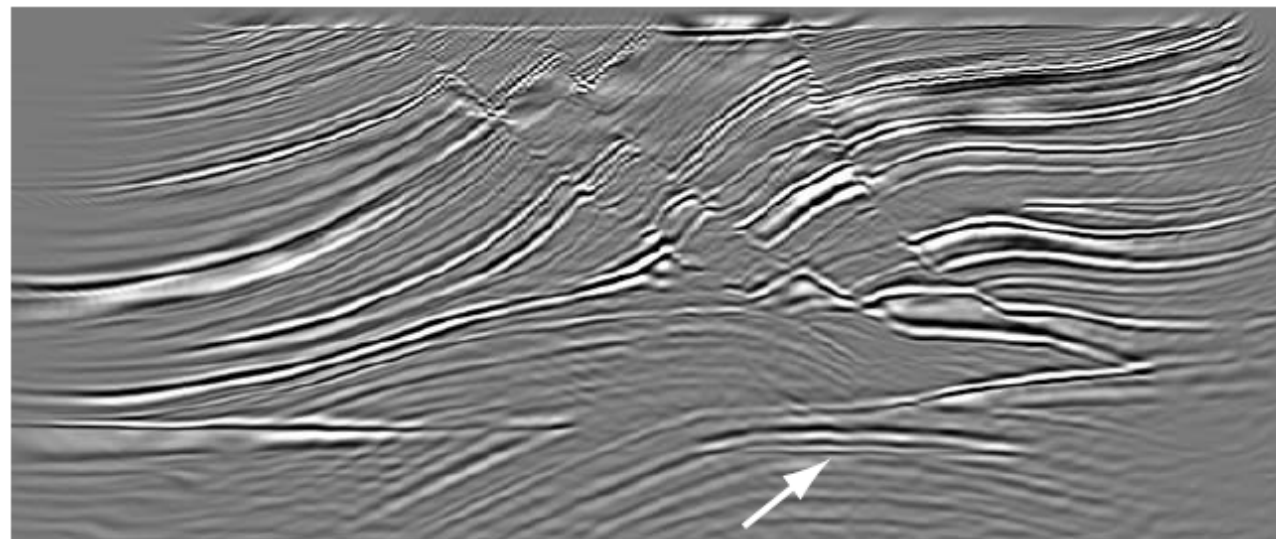
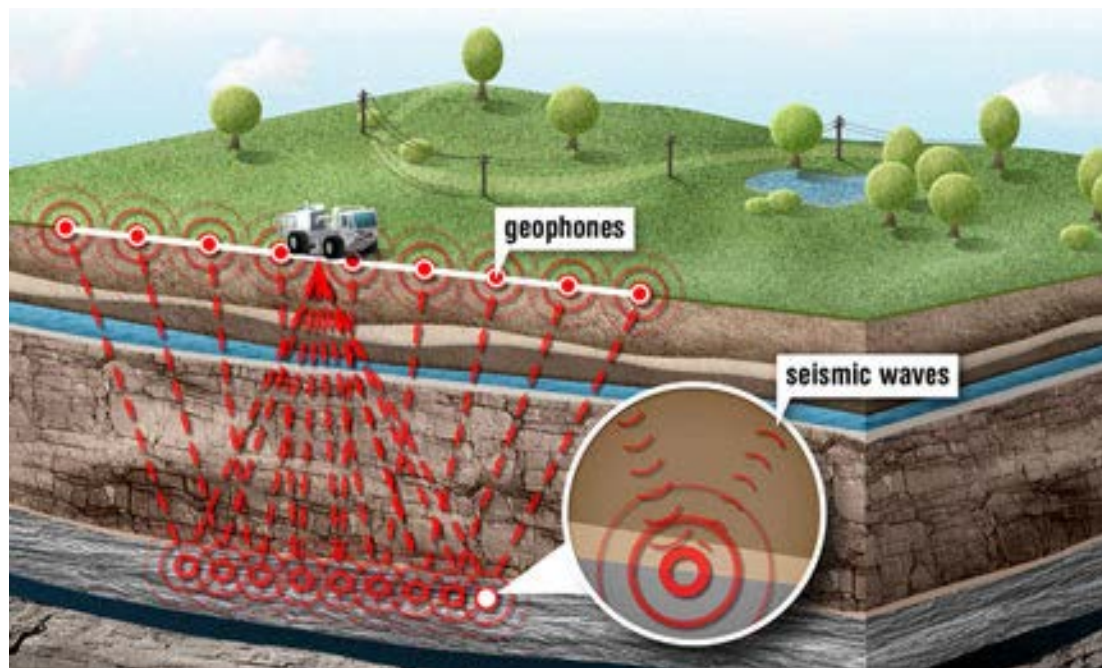
Snimak kolena magnetnom rezonancom



Snimak planeta radio teleskopom

Akustičke slike

- Slike dobijene pomoću zvučnih talasa do 100Hz se koriste u geološkim istraživanjima prilikom pronalaženja minerala i nafte.



Snimak dobijen postupkom veštački kreiranih seizmičkih talasa. Strelicom je označen sloj koji sadrži naftu ili gas.

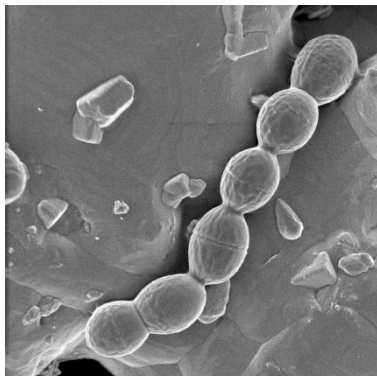
Ultrazvučne slike

- Ultrazvuk predstavlja akustičke signale čija je frekvencija veća od opsega slušnog sistema čoveka. U medicini se koriste impulsi čija je učestanost reda nekoliko MHz.
- U mobilnim telefonima se koristi ultrazvučni detektor otiska prsta.



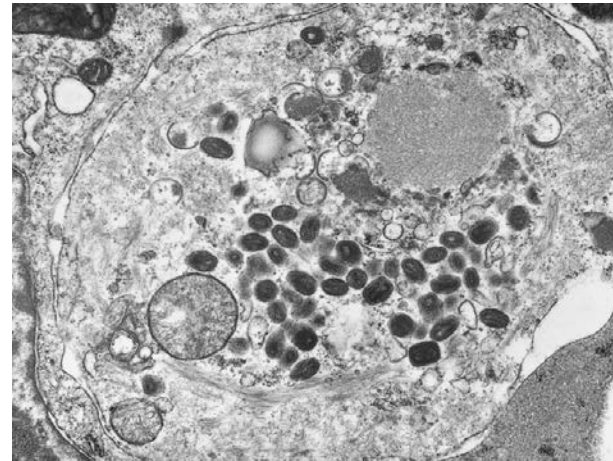
Elektronska mikroskopija

- Koriste se snopovi elektrona koji interaguju sa materijalom koji se posmatra. Postižu jako velika uvećanja od 10000x i više.
- Dele se na transmisione (TEM) i skenirajuće (SEM) elektronske mikroskope.

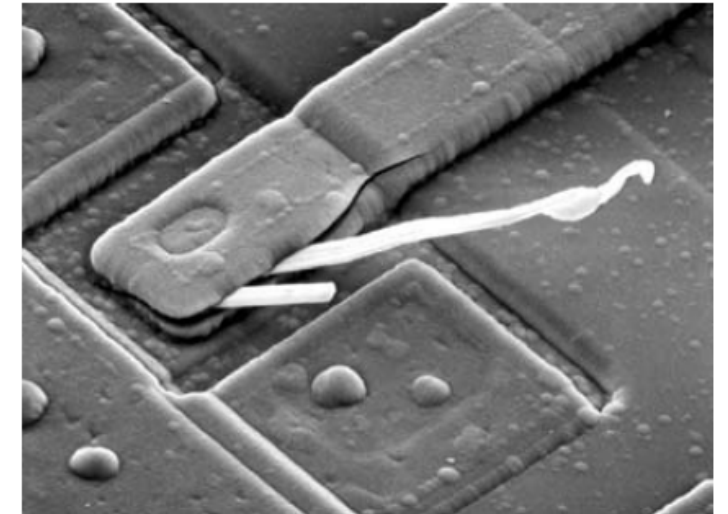


1µm 18000x

Bakterija snimljena elektronskim mikroskopom, uvećanje 18000x

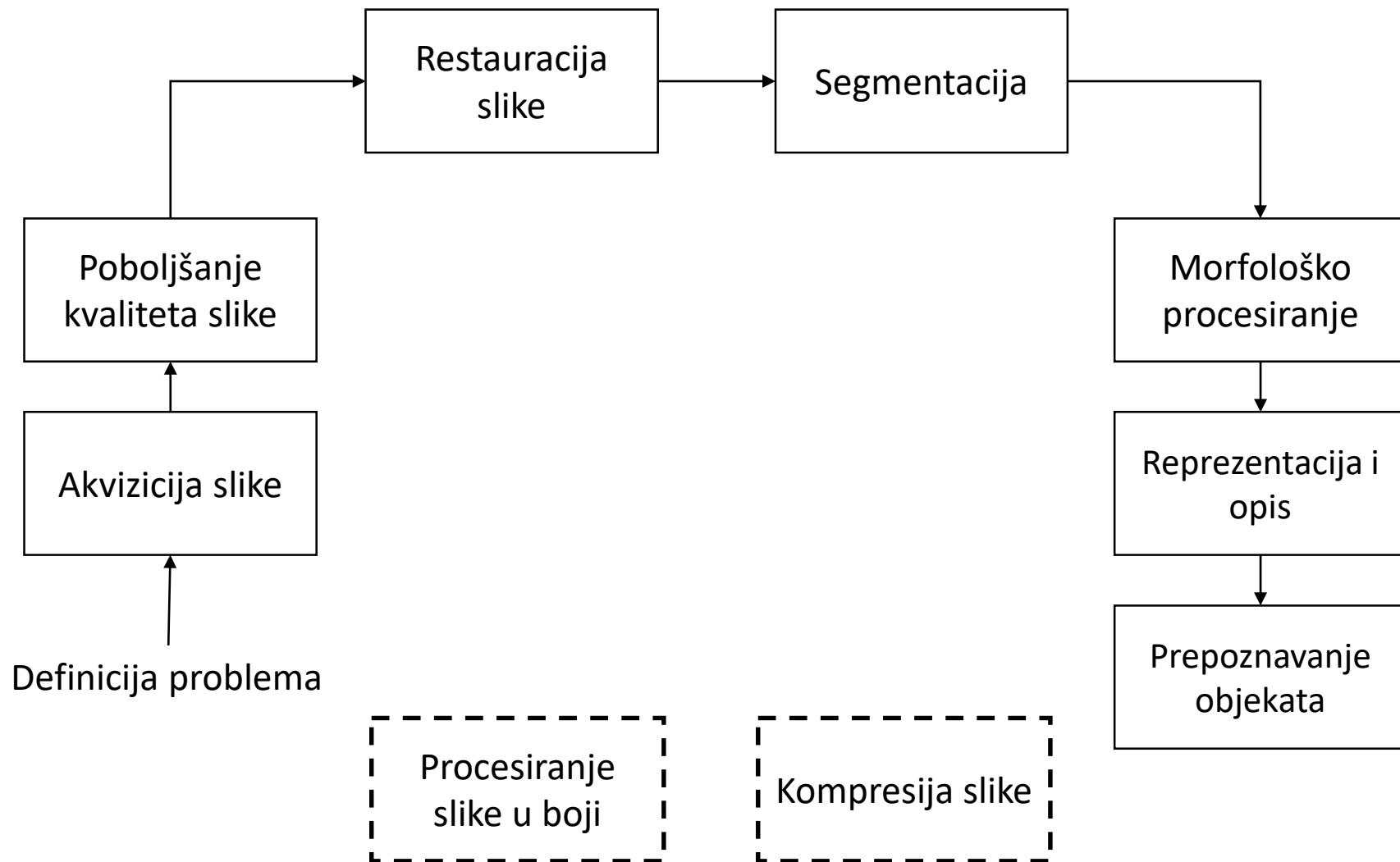


Tkivo zaraženo malim boginjama
Snimljeno TEM mikroskopom

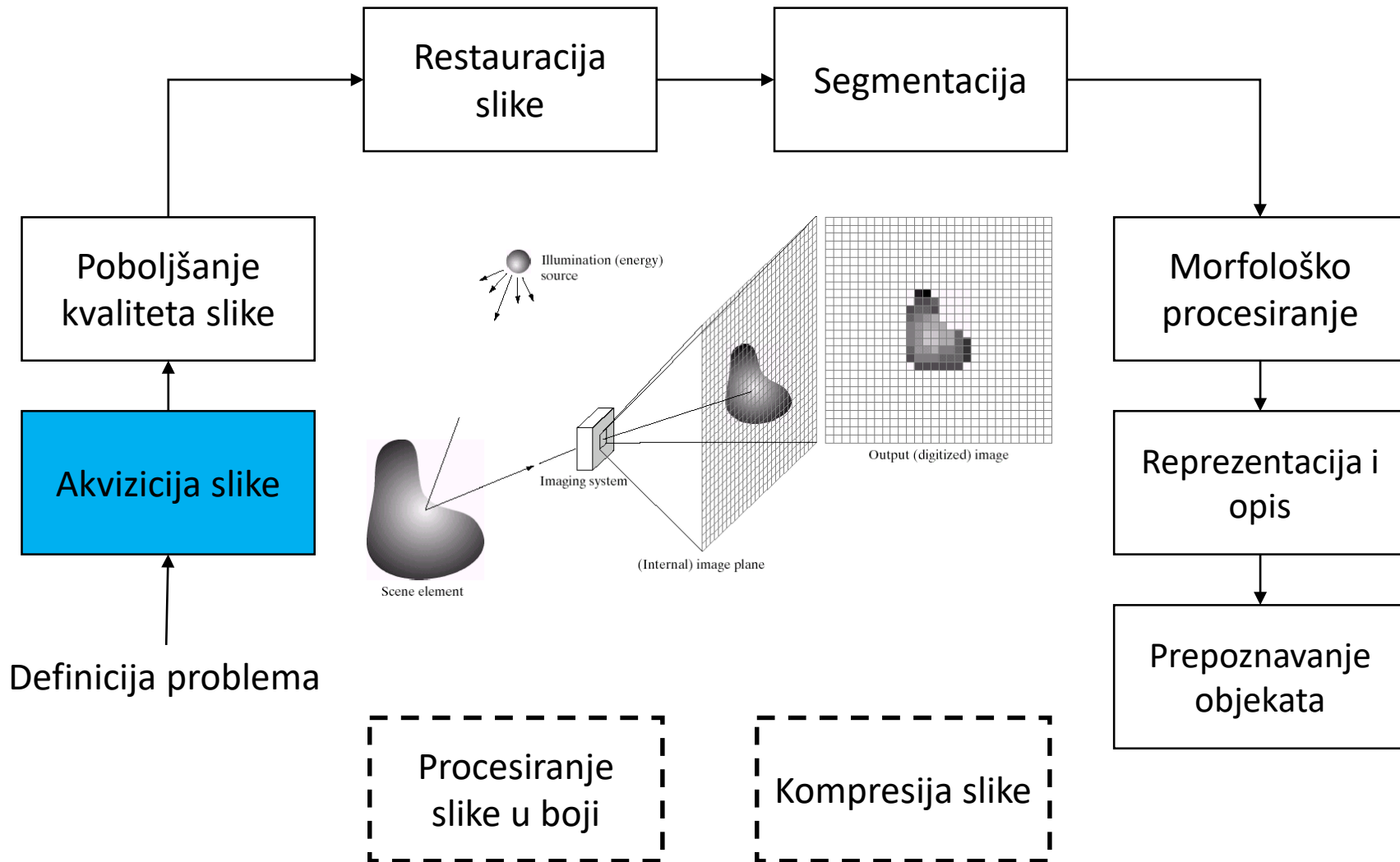


Oštećeno integrisano kolo,
uvećanje 2500x. Bele niti
predstavljaju oksid nastao usled
termalnog otkaza.

Osnovne faze digitalne obrade slike

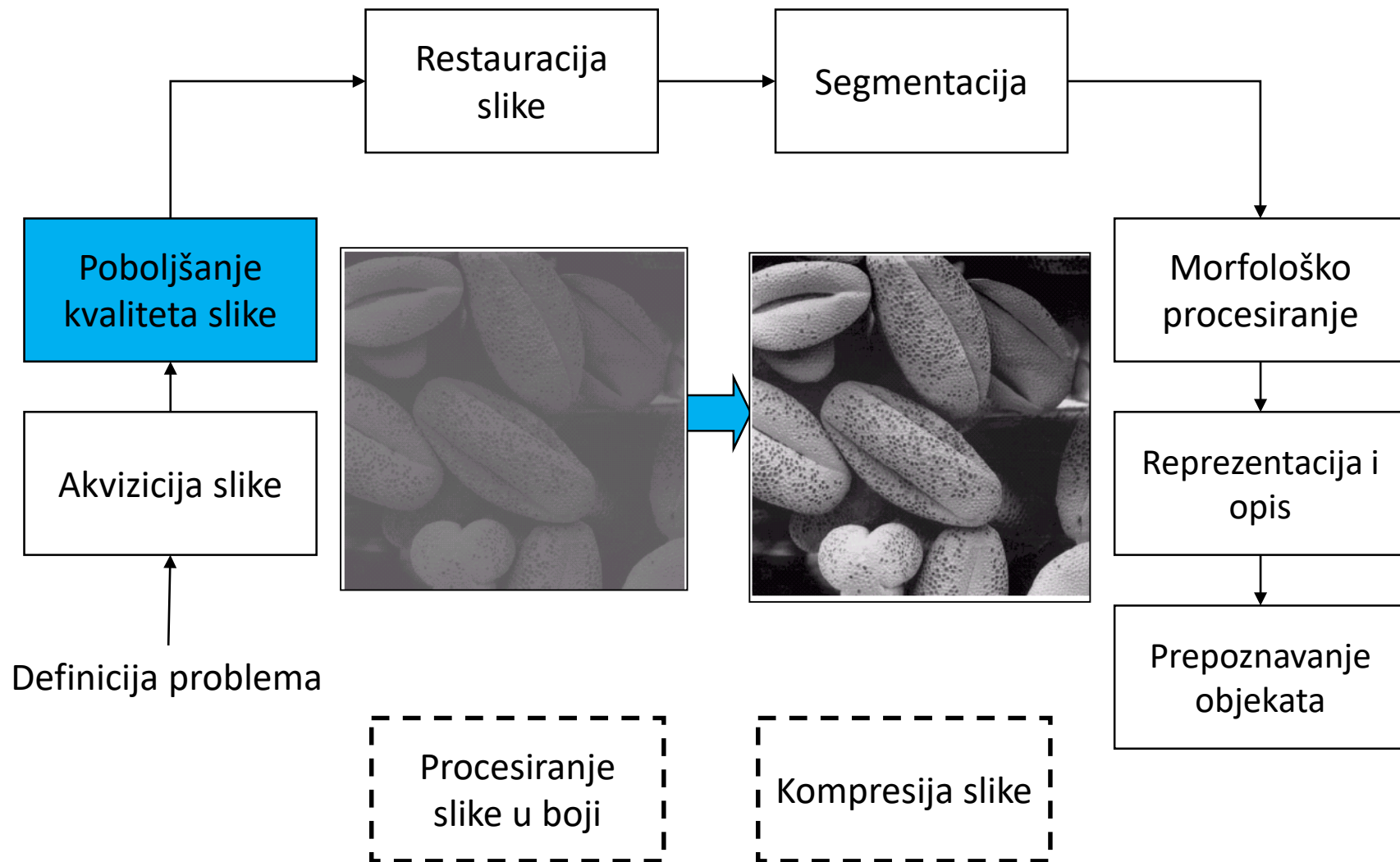


Osnovne faze digitalne obrade slike



Prilikom akvizicije slike obavljaju se osnovne radnje poput: podešavanja balansa bele boje, redukcija geometrijskih distorzija, redukcija zasenčenja usled sočiva, rekonstrukcija slike u boji (demosaicking), automatsko određivanje fokusa, ekspozicije i sl....

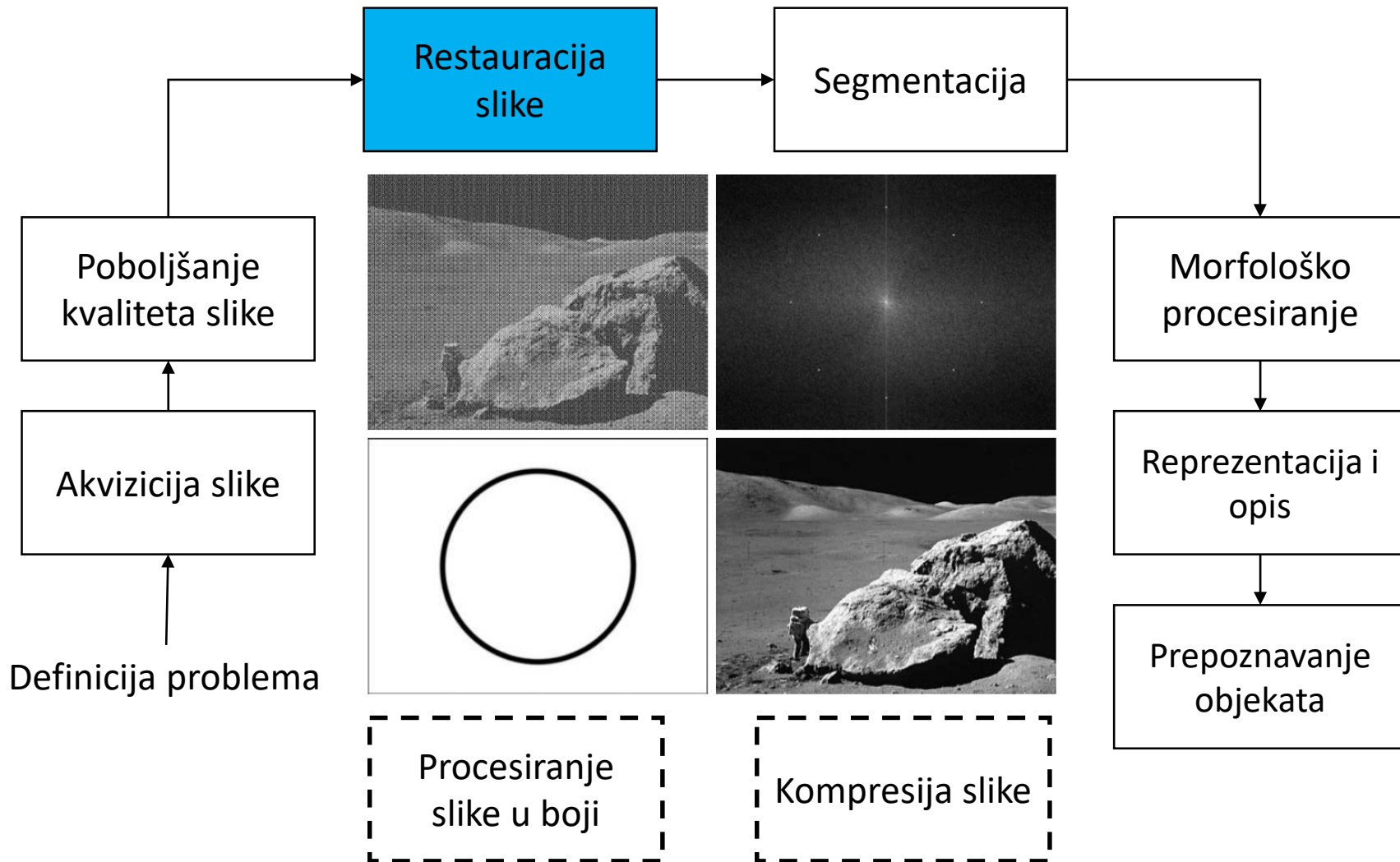
Osnovne faze digitalne obrade slike



Poboljšanje kvaliteta slike podrazumeva osnovne operacije poput popravke kontrasta, uklanjanja šuma, izoštravanja i sl... Ove operacije se obično ugrađuju u same kamere.

Na slici levo je dat primer popravke kontrasta.

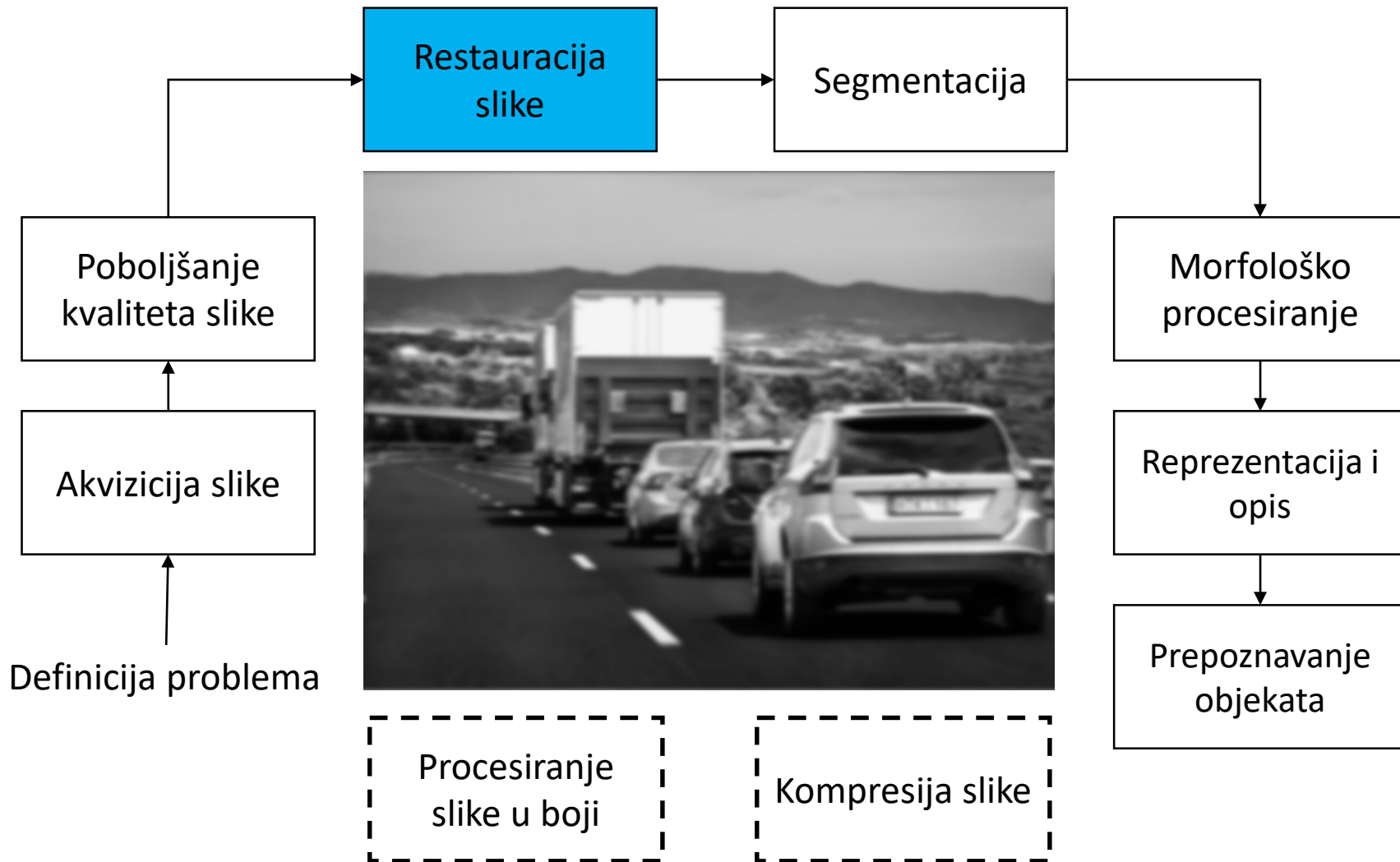
Osnovne faze digitalne obrade slike



Restauracija slike podrazumeva definisanje modela degradacije i korišćenje metoda kojim se poznata degradacija uklanja sa slika.

Primer restauracije su uklanjanje šuma, uklanjanje zamućenja na slikama...

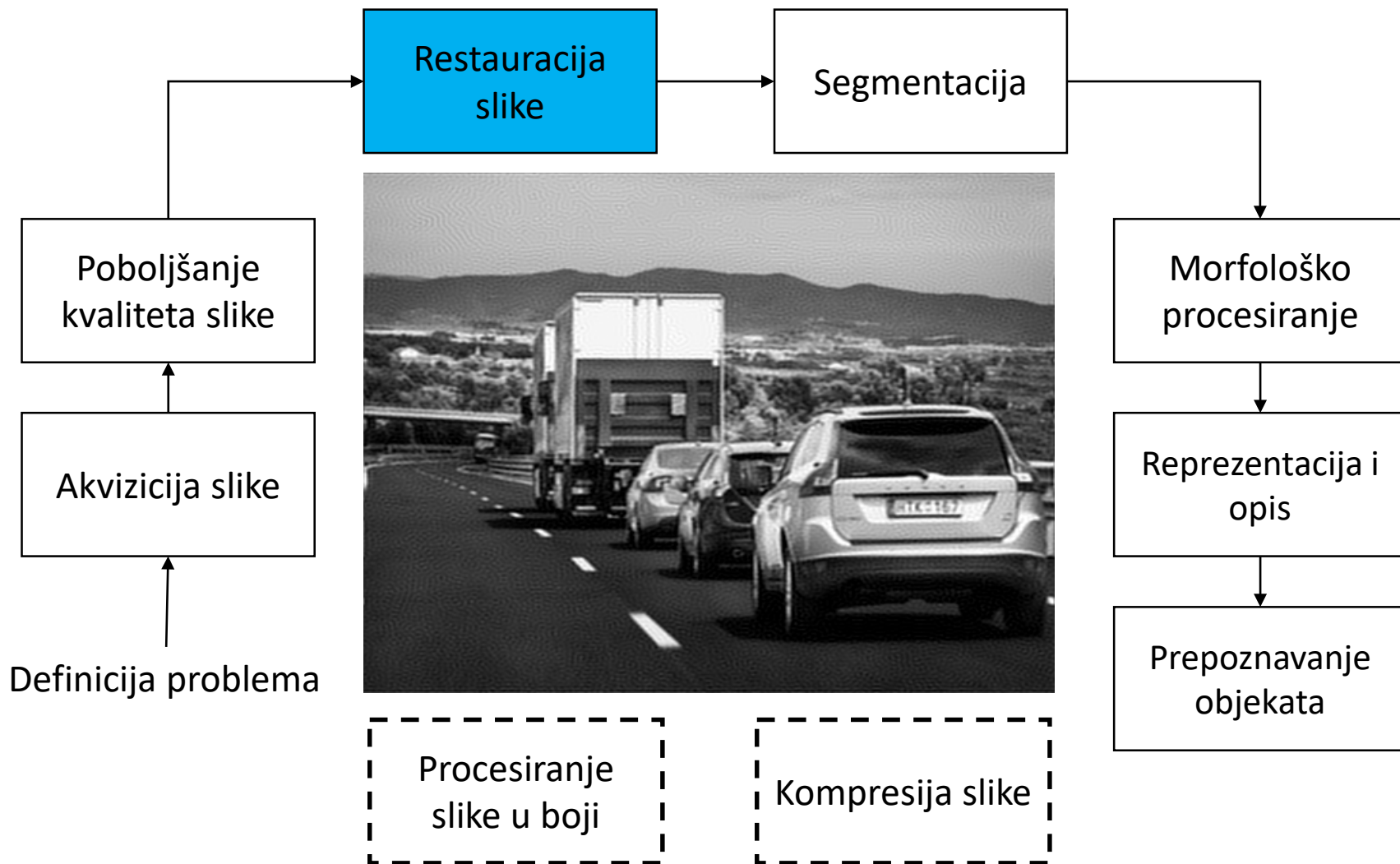
Osnovne faze digitalne obrade slike



Restauracija slike podrazumeva definisanje modela degradacije i korišćenje metoda kojim se poznata degradacija uklanja sa slika.

Primer restauracije su uklanjanje šuma, uklanjanje zamućenja na slikama...

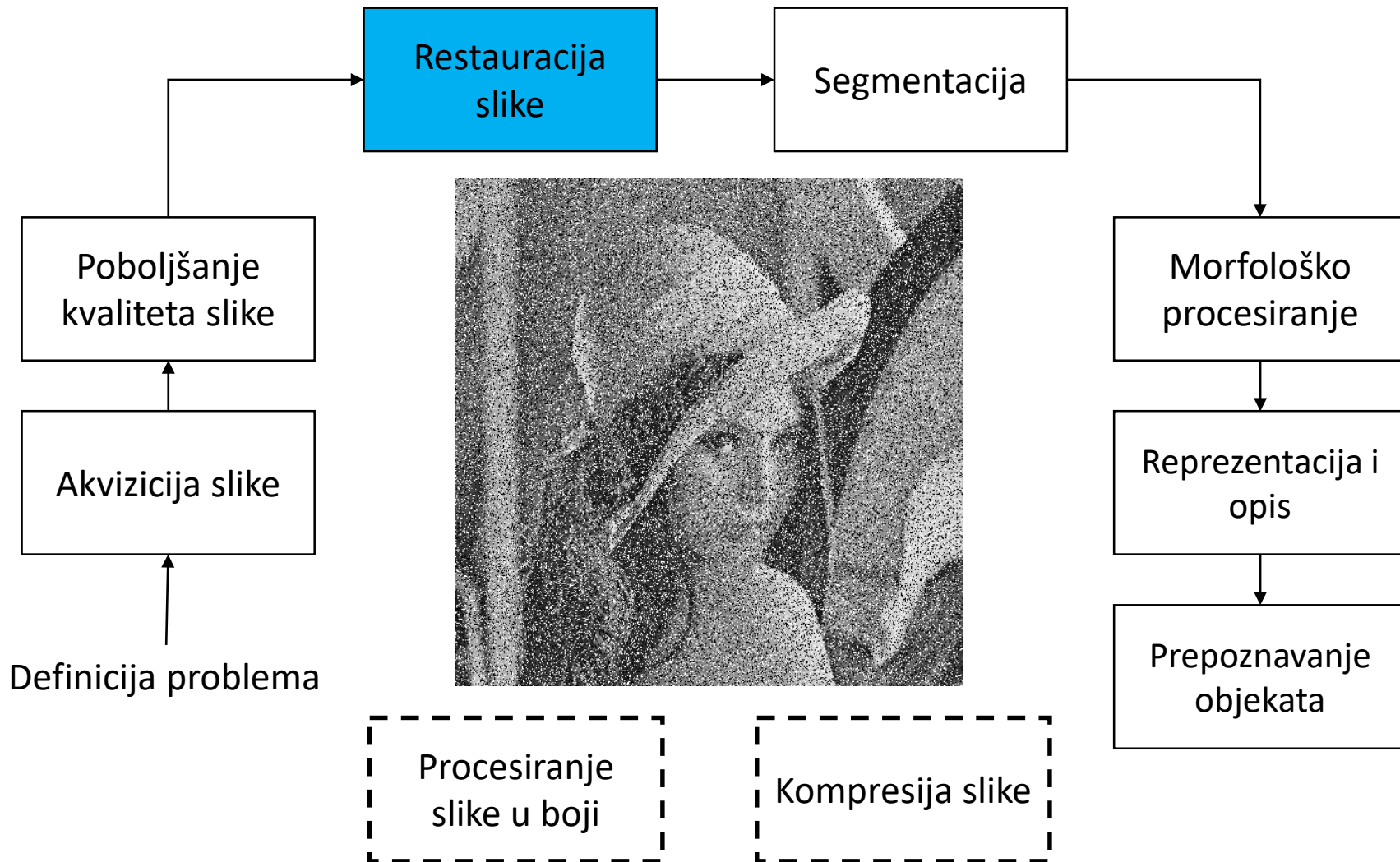
Osnovne faze digitalne obrade slike



Restauracija slike podrazumeva definisanje modela degradacije i korišćenje metoda kojim se poznata degradacija uklanja sa slika.

Primer restauracije su uklanjanje šuma, uklanjanje zamućenja na slikama...

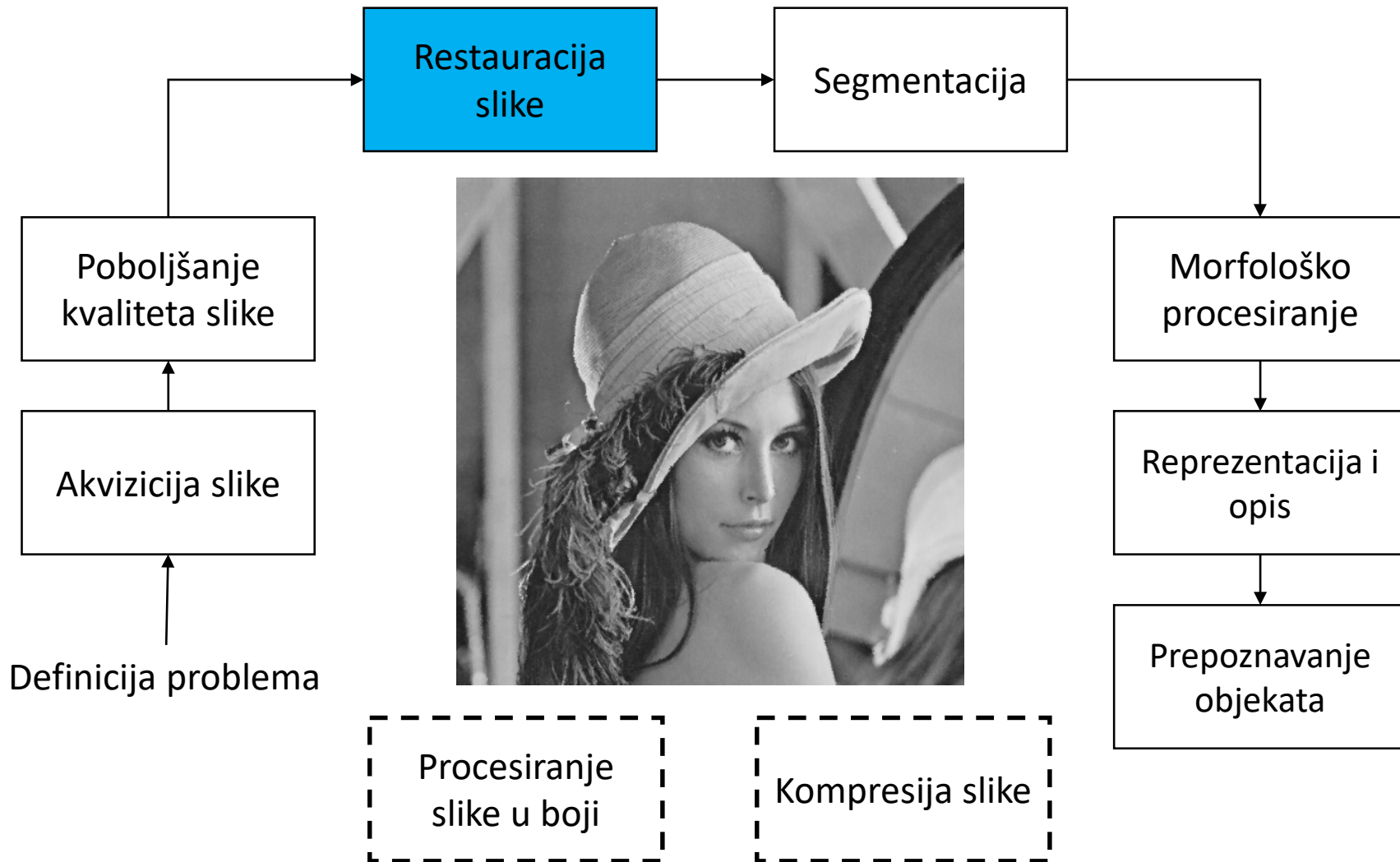
Osnovne faze digitalne obrade slike



Restauracija slike podrazumeva definisanje modela degradacije i korišćenje metoda kojim se poznata degradacija uklanja sa slika.

Primer restauracije su uklanjanje šuma, uklanjanje zamućenja na slikama...

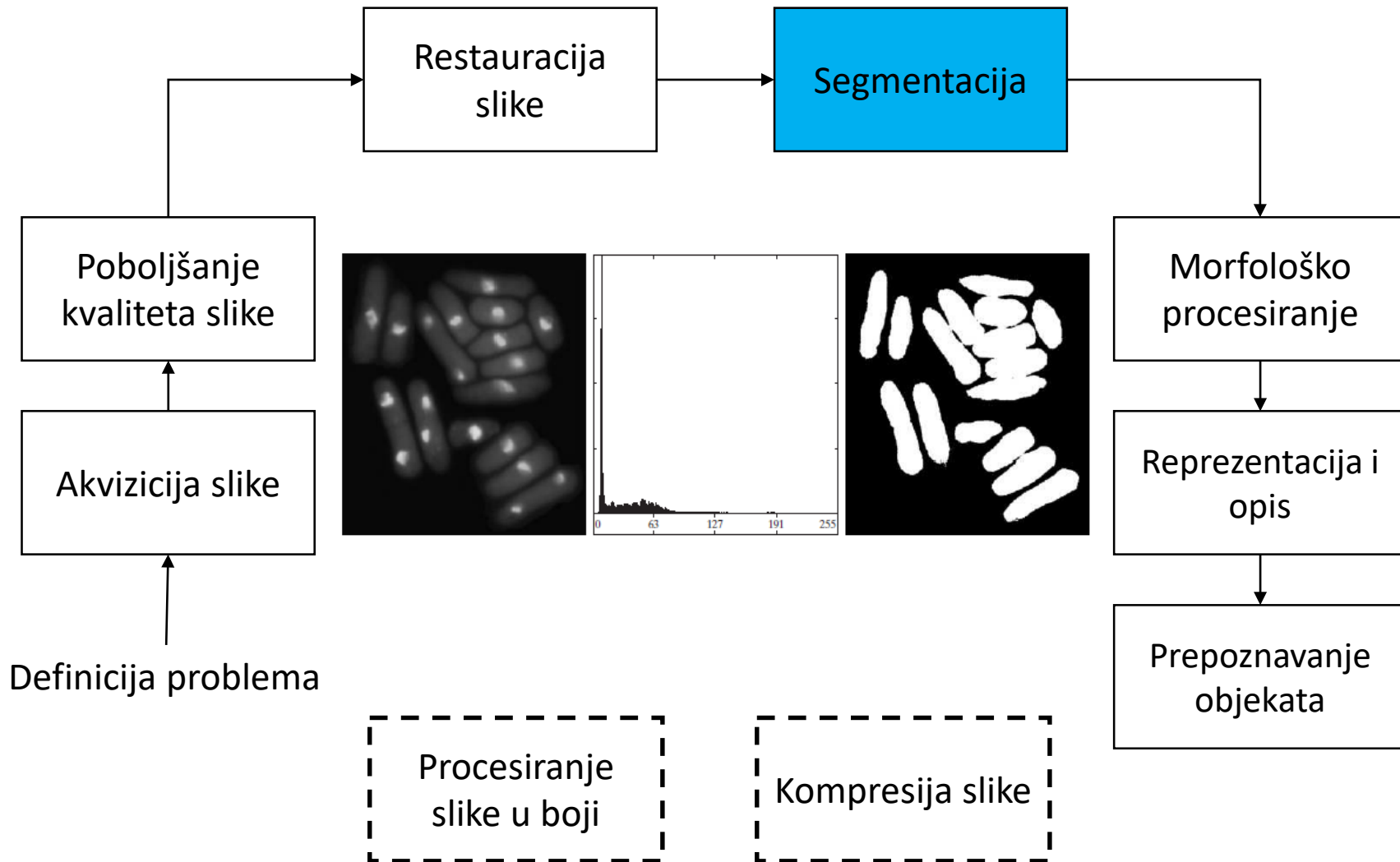
Osnovne faze digitalne obrade slike



Restauracija slike podrazumeva definisanje modela degradacije i korišćenje metoda kojim se poznata degradacija uklanja sa slika.

Primer restauracije su uklanjanje šuma, uklanjanje zamućenja na slikama...

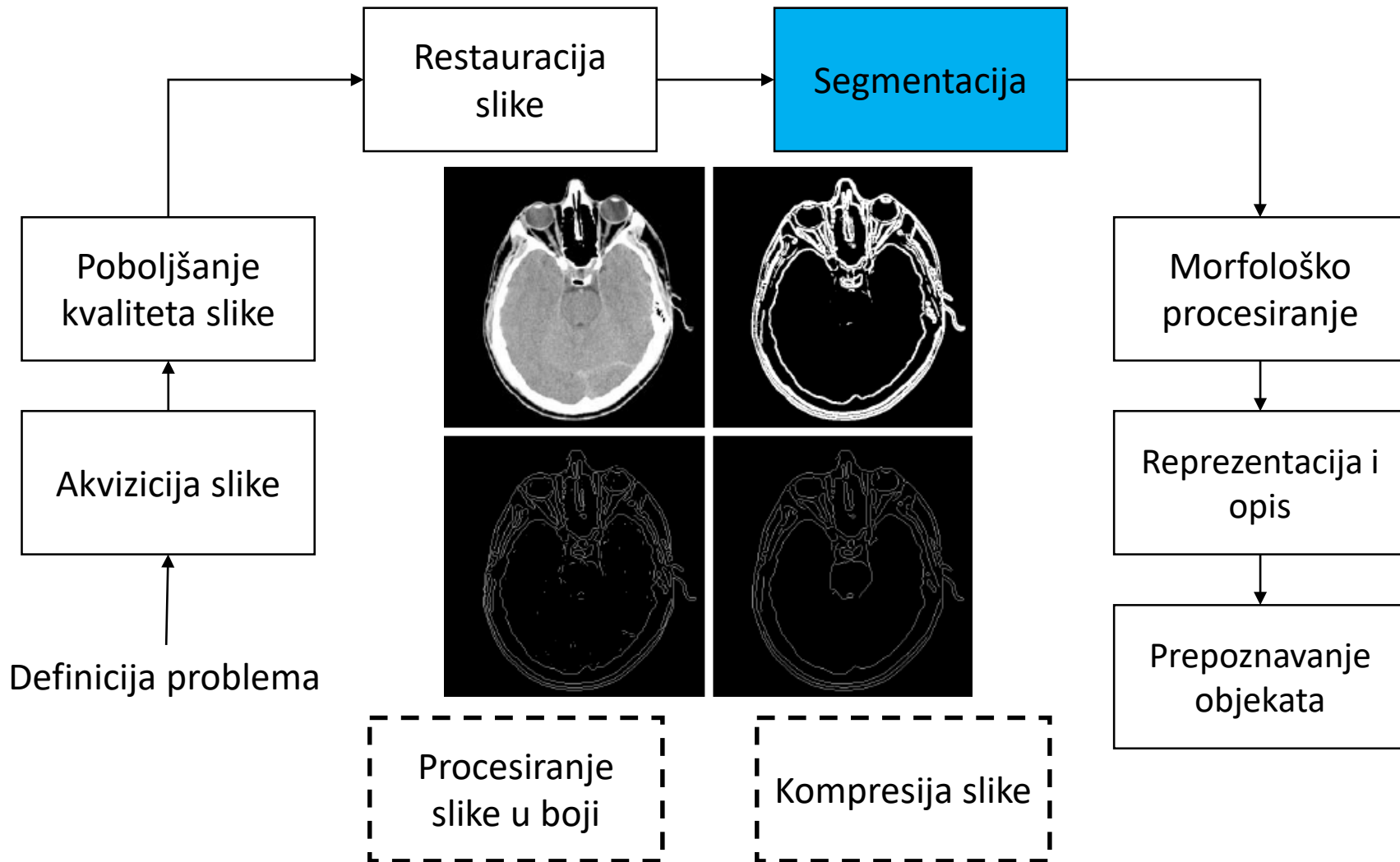
Osnovne faze digitalne obrade slike



Segmentacija izdvaja regione slike koje su od interesa. Kriterijum za segmentaciju zavisi od primene.

Segmentacija zapravo predstavlja ključni korak koji prethodi analizi slike.

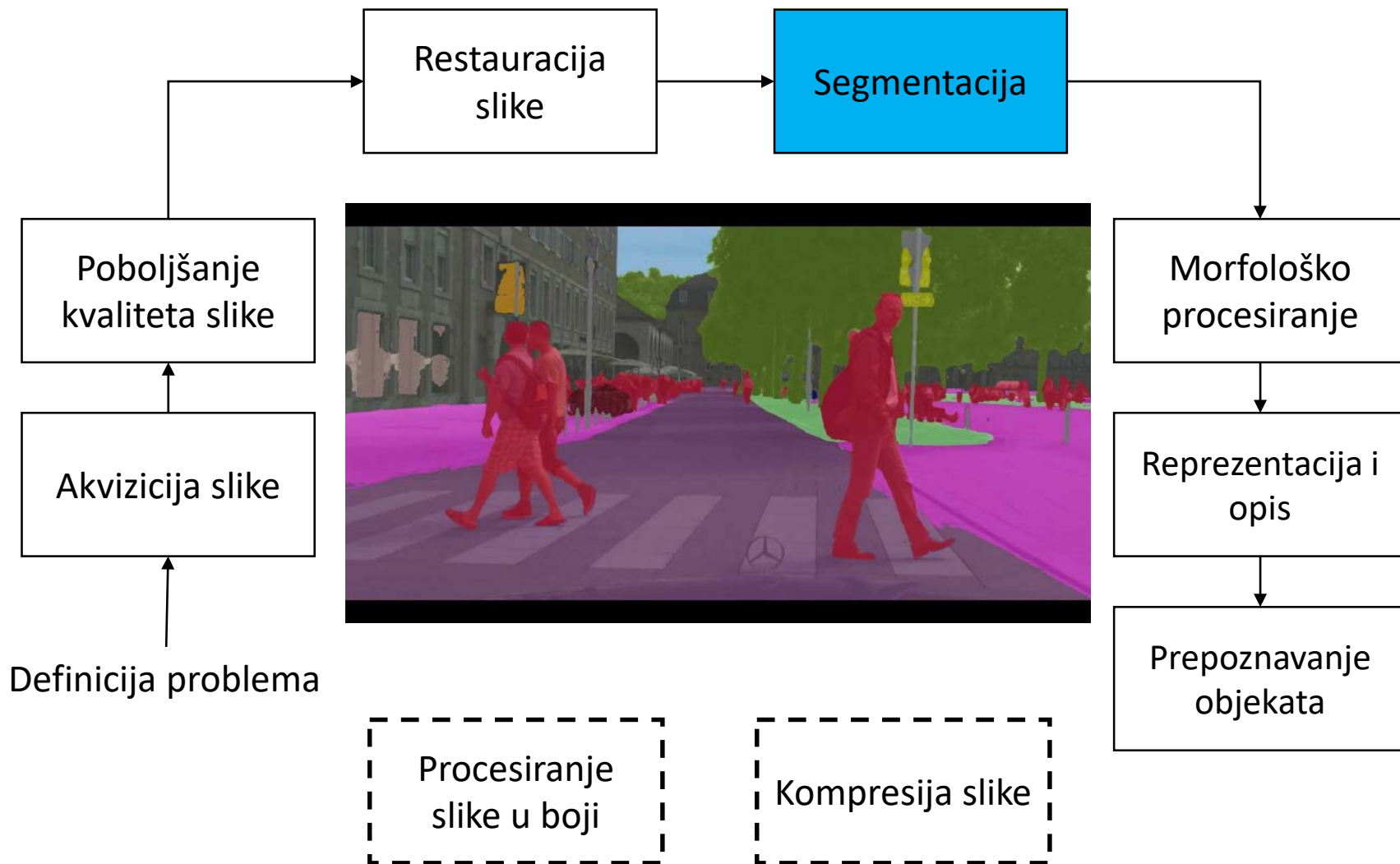
Osnovne faze digitalne obrade slike



Segmentacija izdvaja regione slike koje su od interesa. Kriterijum za segmentaciju zavisi od primene.

Segmentacija zapravo predstavlja ključni korak koji prethodi analizi slike.

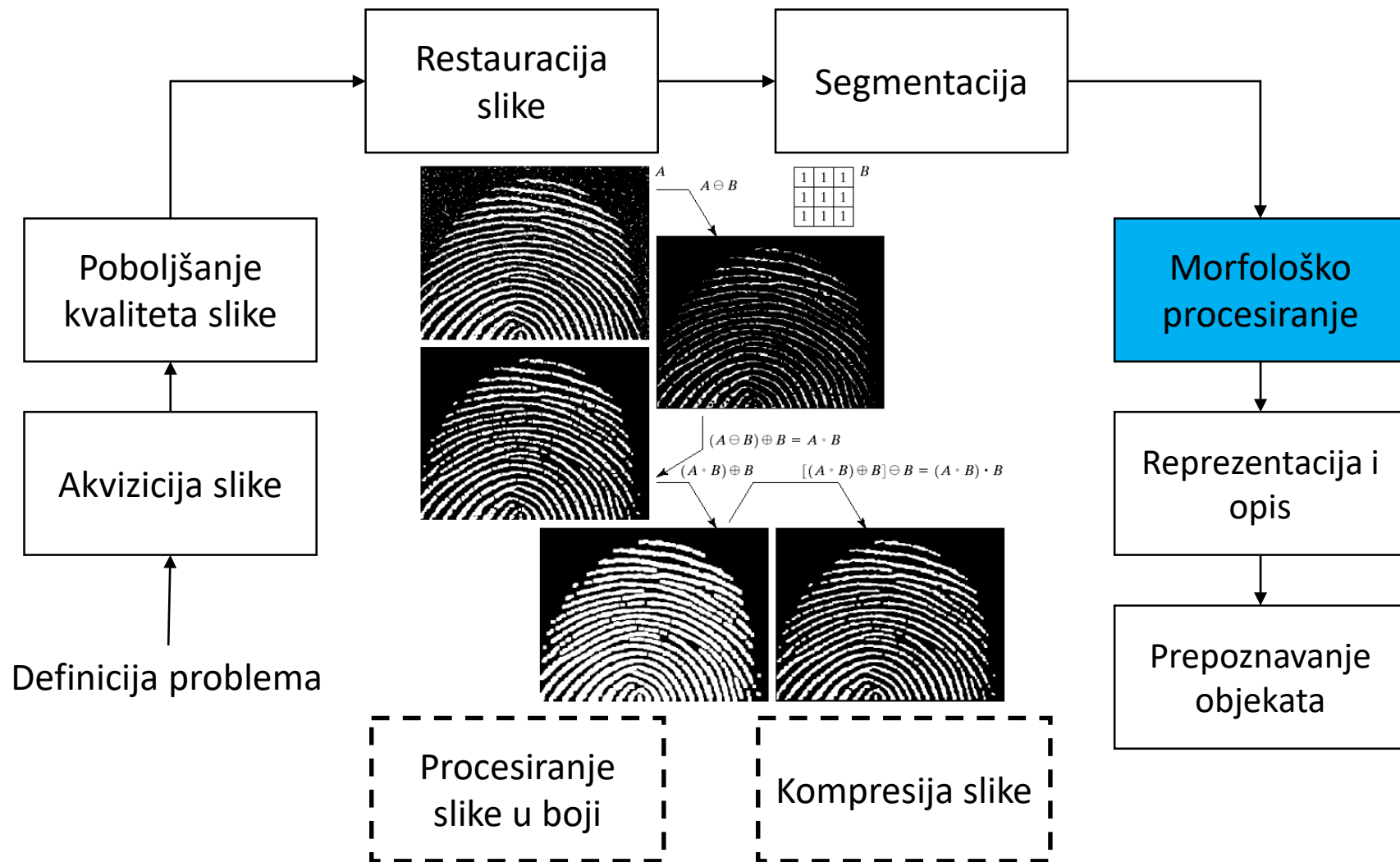
Osnovne faze digitalne obrade slike



Segmentacija izdvaja regione slike koje su od interesa. Kriterijum za segmentaciju zavisi od primene.

Segmentacija zapravo predstavlja ključni korak koji prethodi analizi slike.

Osnovne faze digitalne obrade slike

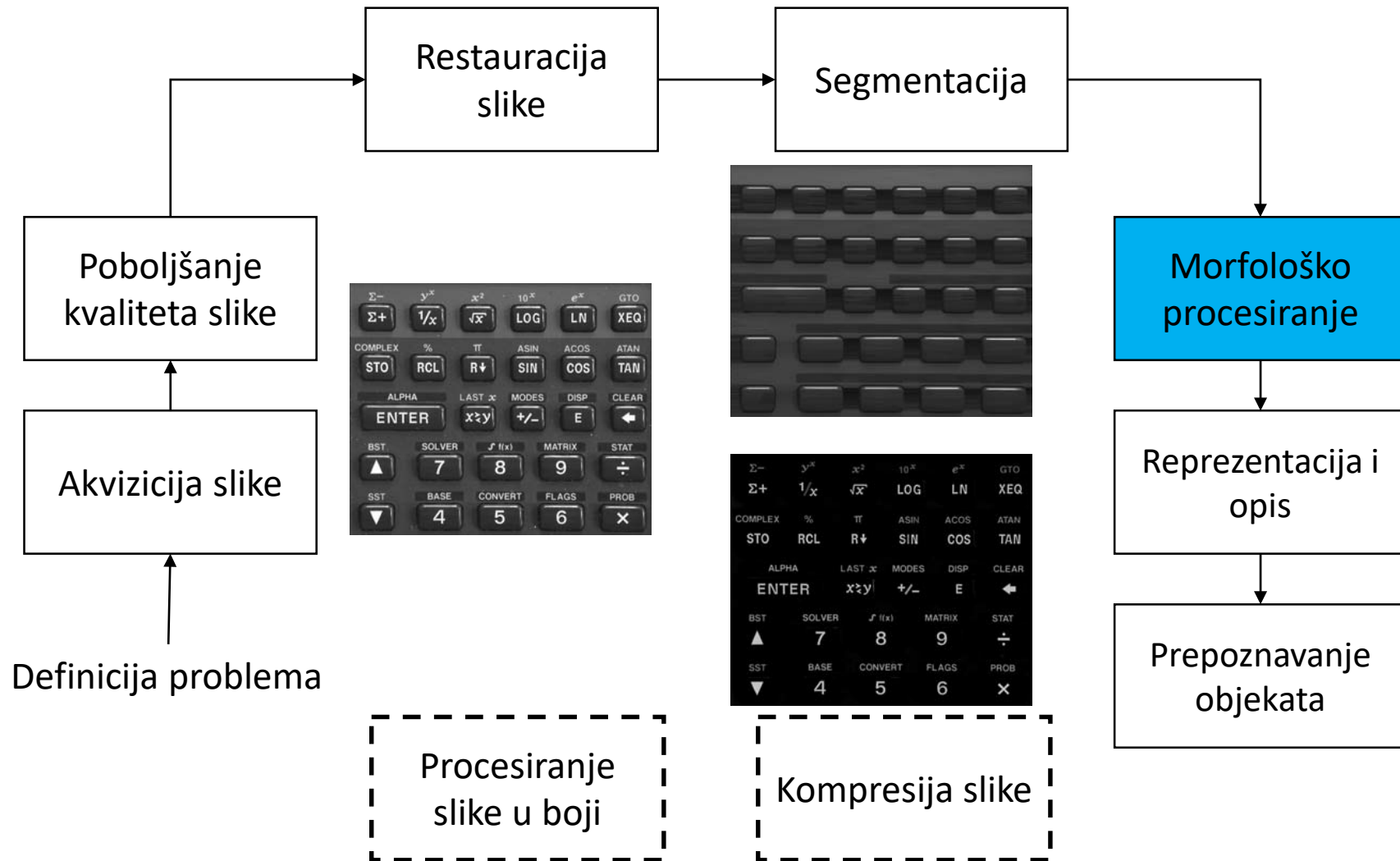


Obično služi da poboljša rezultate segmentacije popunjavanjem nedostajućih regiona ili uklanjanjem delova koji predstavljaju lažne detekcije.

Može se koristiti i za pripremu slike za segmentaciju...

Obično se sastoji se iz operacija nad binarnim podacima kao što su dilatacija, erozija, tanjenje linija, popunjavanje praznina i sl...

Osnovne faze digitalne obrade slike

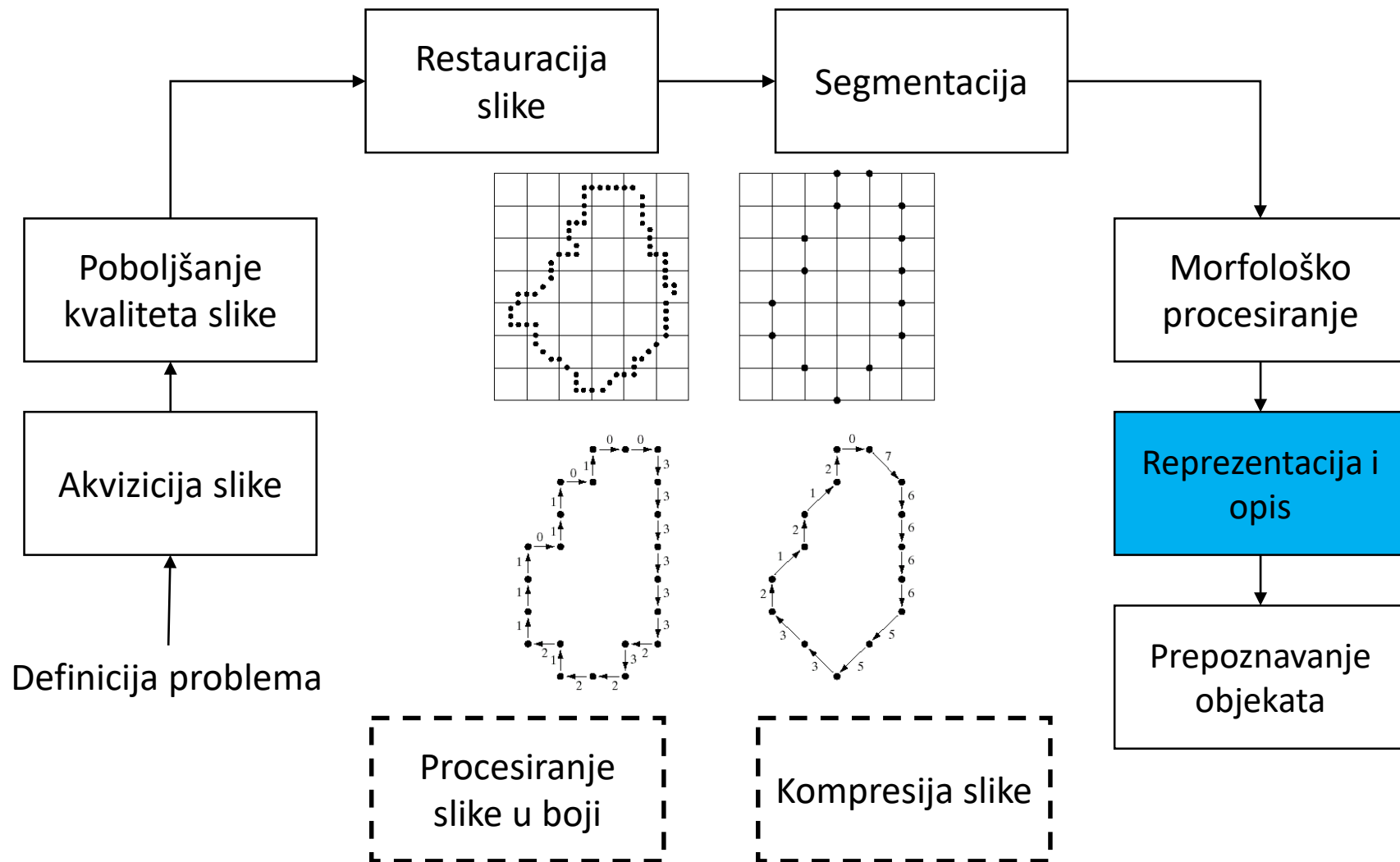


Obično služi da poboljša rezultate segmentacije popunjavanjem nedostajućih regiona ili uklanjanjem delova koji predstavljaju lažne detekcije.

Može se koristiti i za pripremu slike za segmentaciju...

Obično se sastoji se iz operacija nad binarnim podacima kao što su dilatacija, erozija, tanjenje linija, popunjavanje praznina i sl...

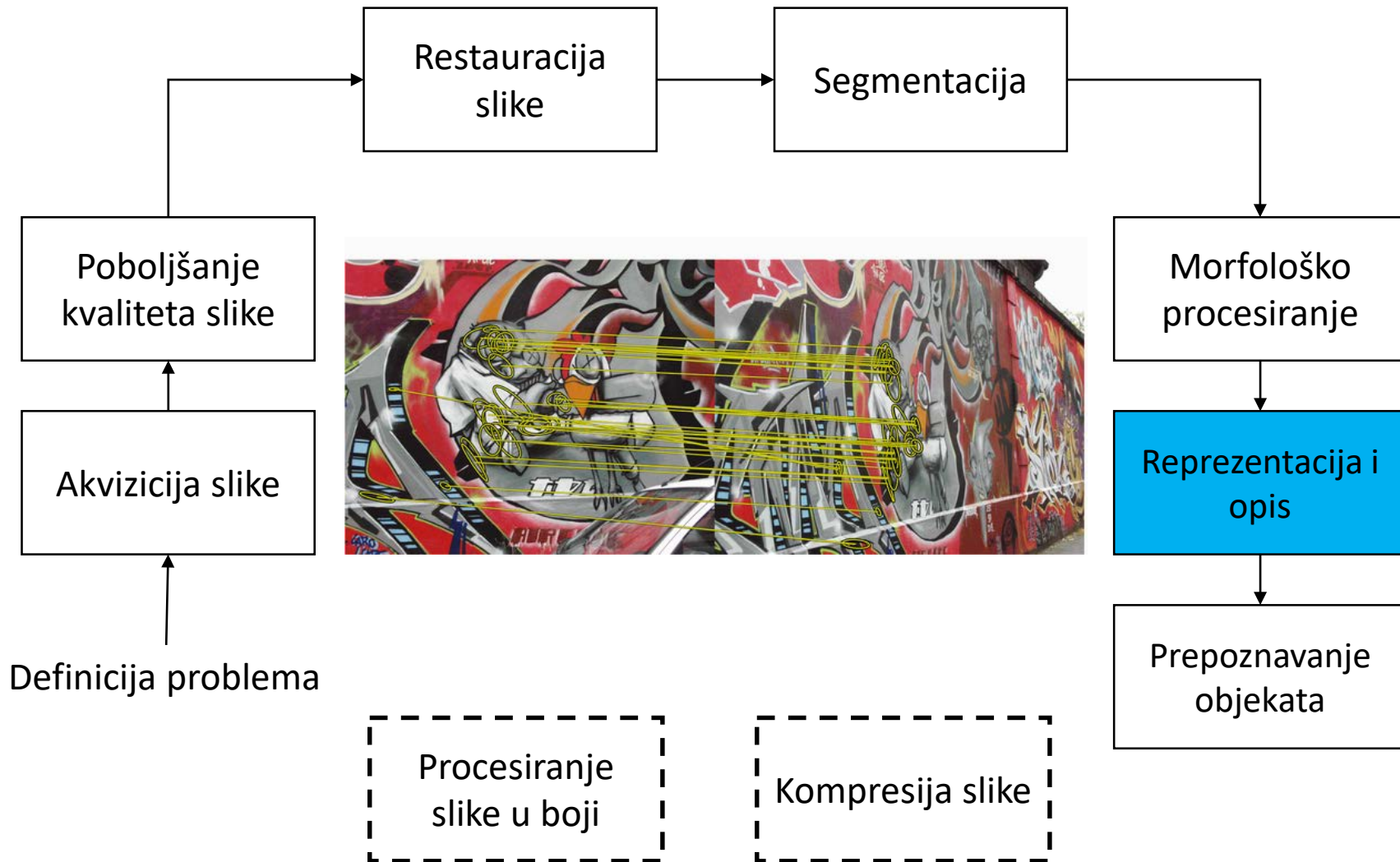
Osnovne faze digitalne obrade slike



Kako bi se smanjila količina podataka koja se procesira u narednim koracima iz slike se izdvajaju karakteristična obeležja. Ova obeležja se mogu određivati sa cele slike ili iz regiona koji predstavljaju rezultat segmentacije.

Dakle osnovna ideja je pronaći što jednostavniji opis objekata i scene. Često se zahteva da ovaj opis bude invarijantan na translaciju, rotaciju, skaliranje i sl...

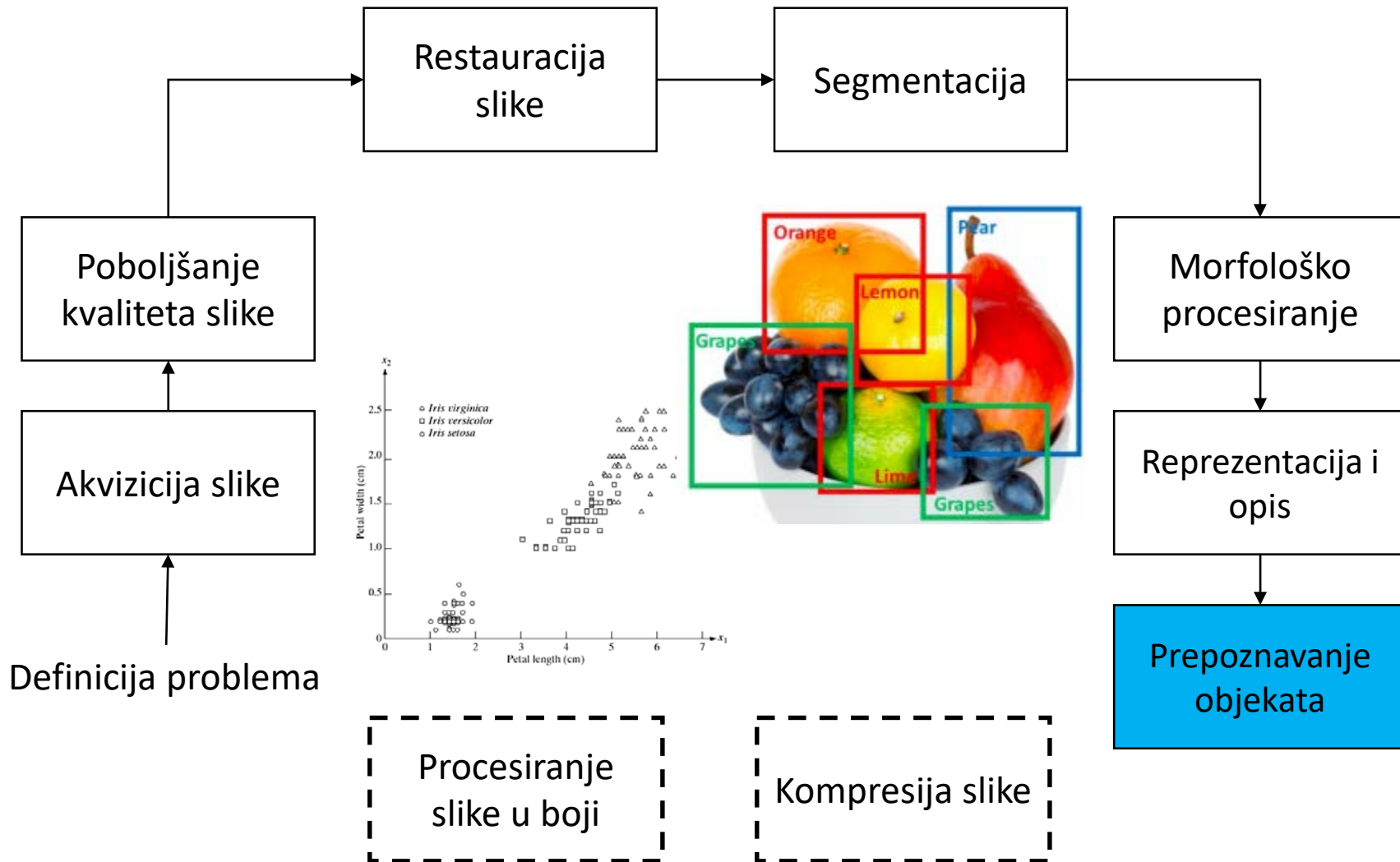
Osnovne faze digitalne obrade slike



Kako bi se smanjila količina podataka koja se procesira u narednim koracima iz slike se izdvajaju karakteristična obeležja. Ova obeležja se mogu određivati sa cele slike ili iz regiona koji predstavljaju rezultat segmentacije.

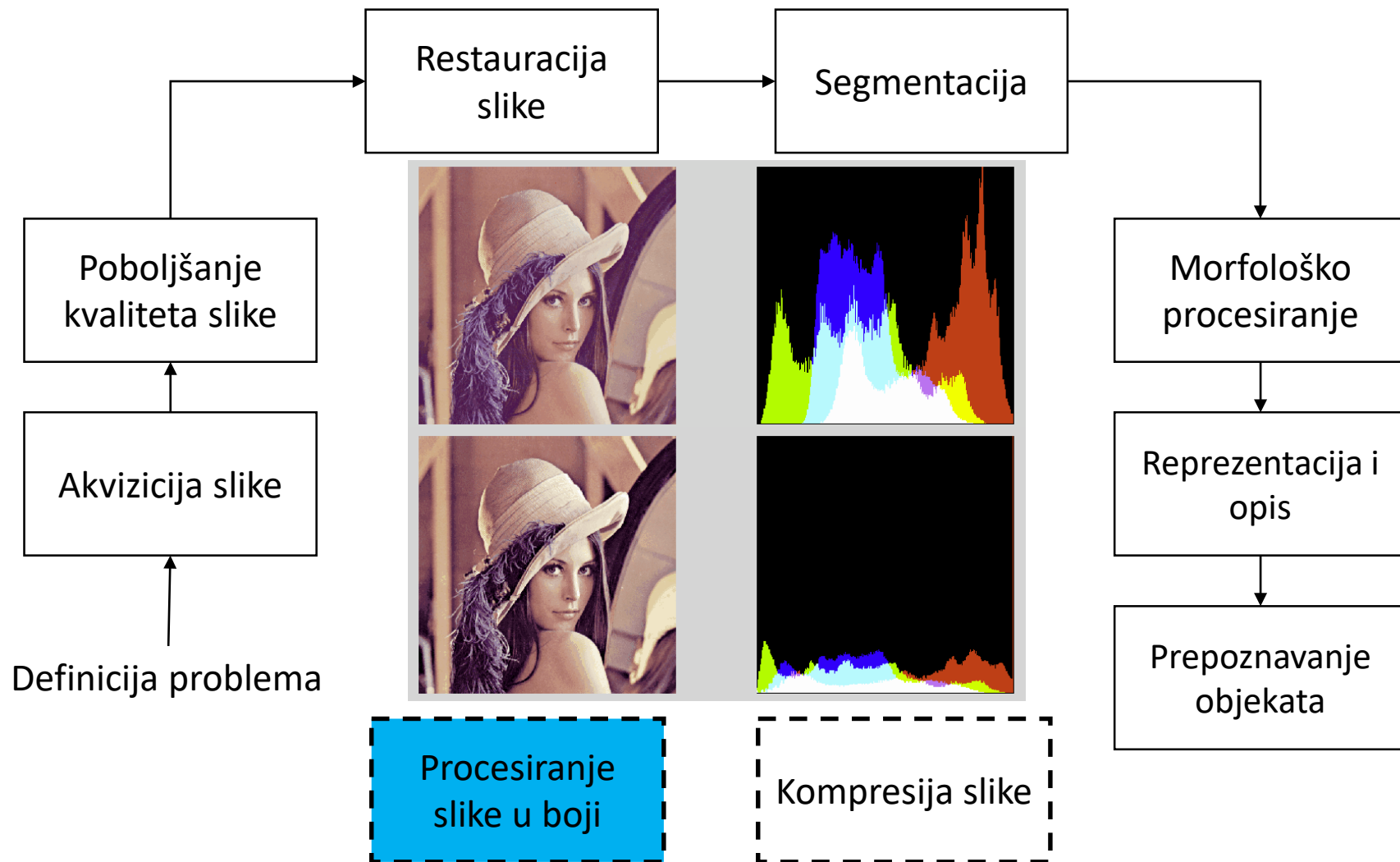
Dakle osnovna ideja je pronaći što jednostavniji opis objekata i scene. Često se zahteva da ovaj opis bude invarijantan na translaciju, rotaciju, skaliranje i sl...

Osnovne faze digitalne obrade slike



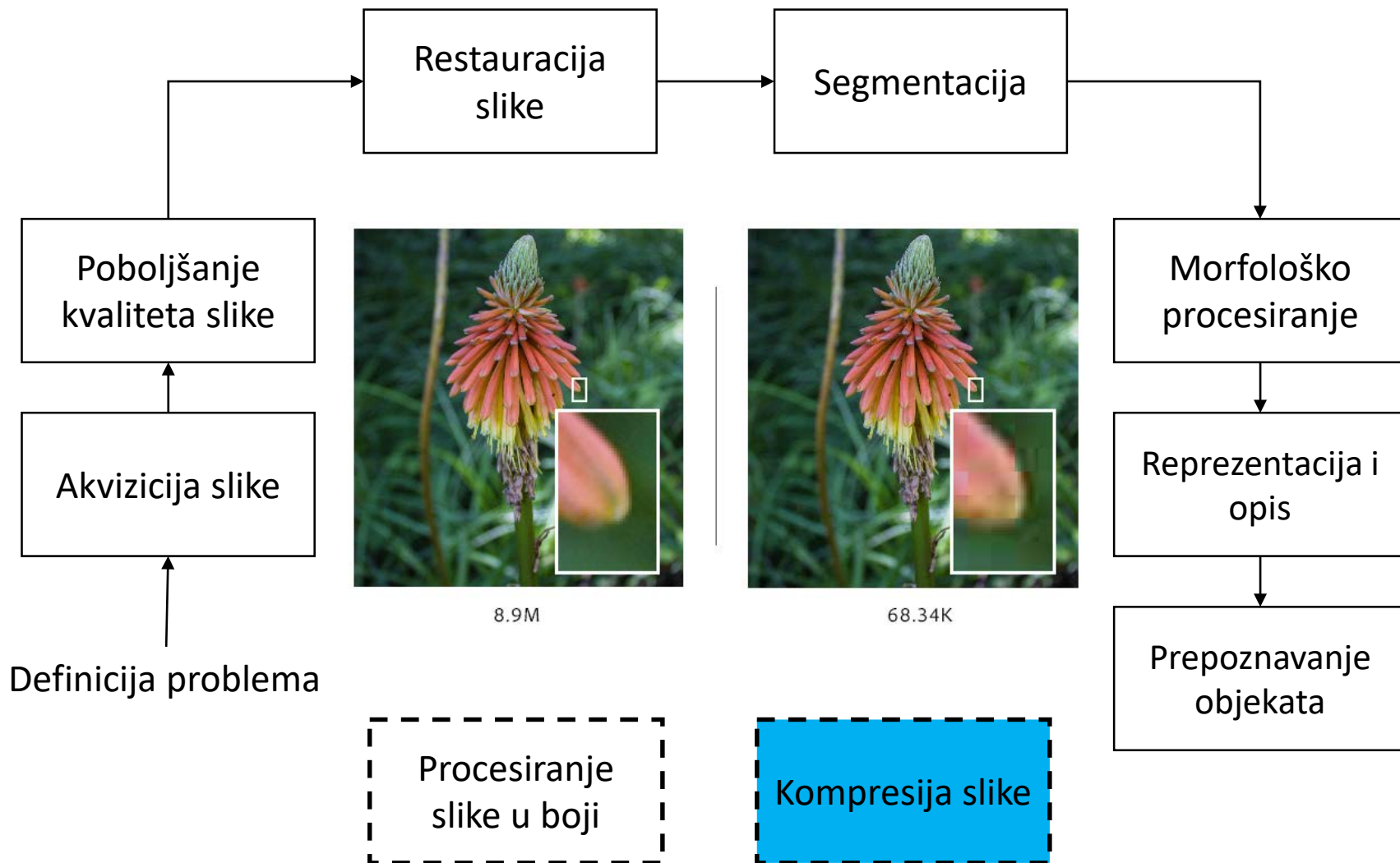
Nakon uspešno urađene segmentacije i izdvajanja karakterističnih obeležja vrši se klasifikacija obeležja u ranije definisane kategorije. Na taj način se obavlja prepoznavanje sadržaja slike.

Osnovne faze digitalne obrade slike



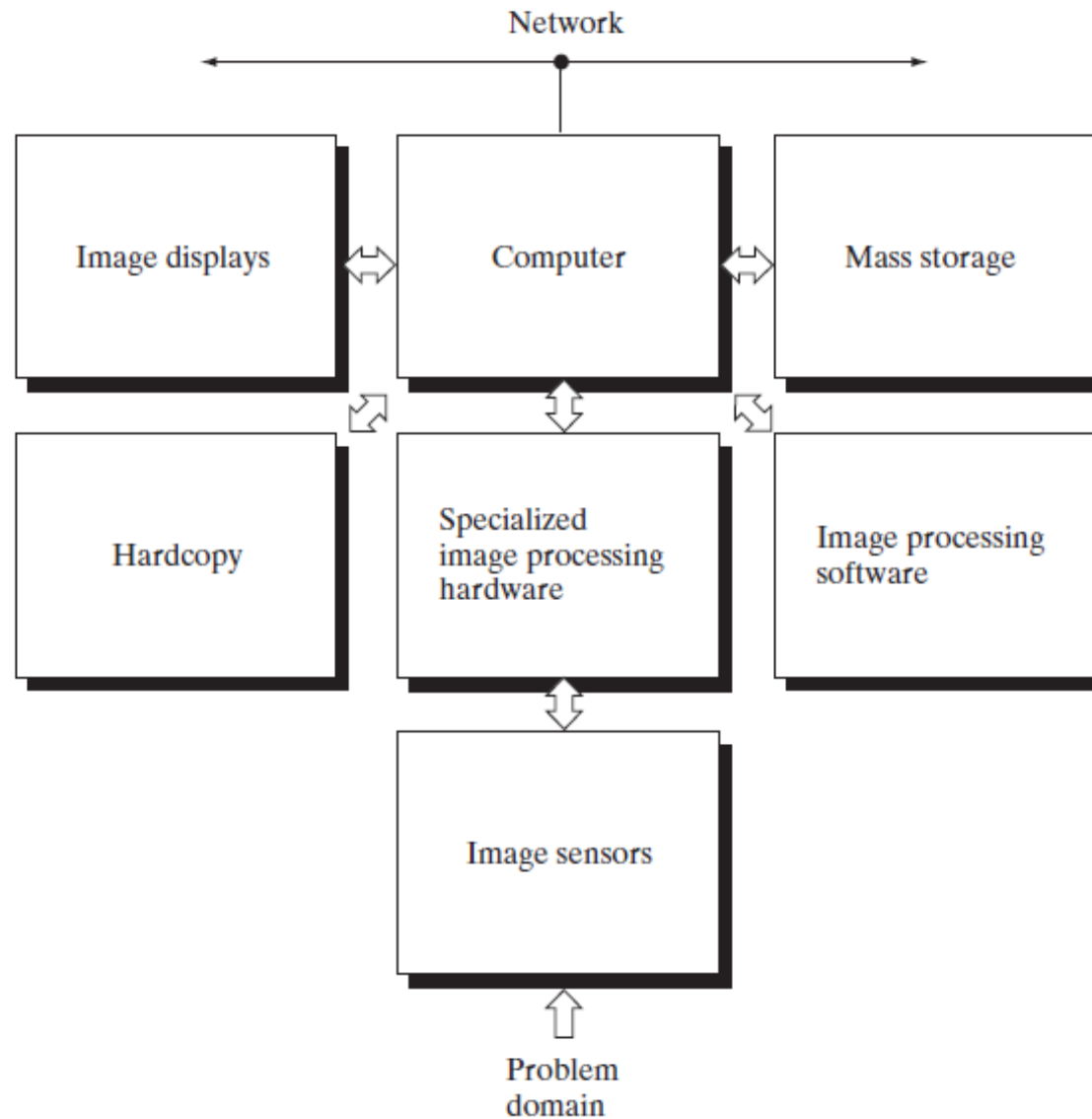
Boja nosi veoma važne informacije o slici i zbog toga je bitno ovladati osnovnim načinima reprezentacije i obrade slike u boji.

Osnovne faze digitalne obrade slike



Slike i video snimci zahtevaju veoma veliku količinu memorije za skladištenje. Na primer jedan film fullHD rezolucije u trajanju od 2h zauzima 1.3TB!!! Zbog toga je pre skladištenja ili transmitovanja slika i video signala potrebno primeniti neki vid kompresije.

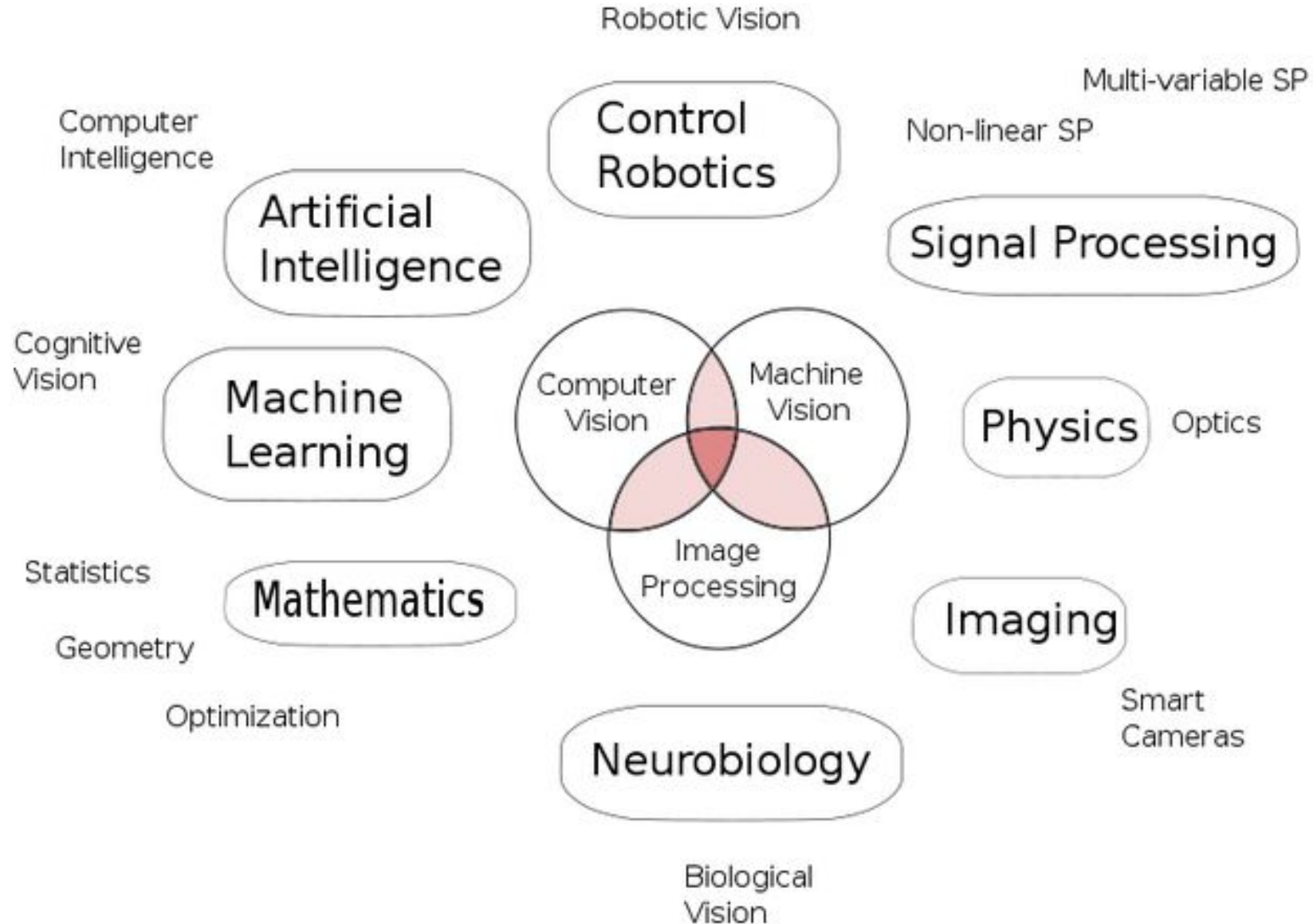
Komponente sistema za obradu slike



Budućnost digitalne obrade slike

- Oblasti primene:
 - **Industrija:** kontrola kvaliteta, automatizacija proizvodnje...
 - **Robotika:** upravljanje dronovima i robotima na osnovu kamera
 - **Poljoprivreda:** analiza zemljišta i stanja useva pomoću slika skupljenih sa dronova
 - **Medicina:** poboljšanje postojećih tehnika snimanja, bolja analiza i automatizacija dijagnostike, hirurški roboti
 - **Autonomna vozila:** informacije dobijene sa kamera predstavljaju jedan od ključnih elemenata ovih sistema
 - **Bezbednost:** automatska detekcija sumnjivih aktivnosti, na osnovu snimaka dobijenih sa bezbednosnih kamera
- Tehnologije:
 - Visoka paralelizacija i ubrzanje postojećih algoritama: GPU, FPGA, ASIC
 - Distribuirano procesiranje: Cloud computing
 - Tehnike mašinskog učenja, konvolucione neuralne mreže, deep learning i sl

Digitalna obrada slike i srodne discipline



Gde je tu Odsek za elektroniku?

