

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



بینایی کامپیوتری

درس ۲

مقدمه‌ای بر پردازش تصویر دیجیتال

An Introduction to Digital Image Processing

کاظم فولادی

دانشکده مهندسی، پردیس فارابی

دانشگاه تهران

<http://courses.fouladi.ir/vision>

مقدمه‌ای بر پردازش تصویر دیجیتال

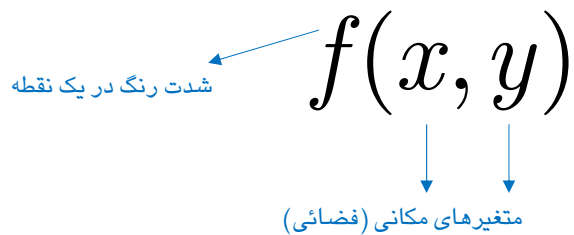
۱

پردازش تصویر دیجیتال چیست؟

تصویر

IMAGE

تصویر: یک تابع دوبعدی از متغیرهای مکانی



The diagram shows the function $f(x, y)$ in a large serif font. A blue arrow points from the text 'شدت رنگ در یک نقطه' (Color intensity at a point) to the function symbol f . Two blue arrows point from the variables x and y to the text 'متغیرهای مکانی (فضائی)' (Spatial variables).

شدت رنگ در یک نقطه

$f(x, y)$

متغیرهای مکانی (فضائی)

تصویر دیجیتال

DIGITAL IMAGE

تصویر دیجیتال: متغیرهای مکانی و مقدار تابع، گسسته / متناهی است.

The diagram shows the function $f(x, y)$ with three arrows pointing to its components:

- An arrow from the left points to the function symbol f , labeled "شدت رنگ در یک نقطه" (Color intensity at a point).
- An arrow from below points to the variable x , labeled "متغیرهای مکانی (فضائی)" (Spatial variables).
- An arrow from below points to the variable y , labeled "متغیرهای مکانی (فضائی)" (Spatial variables).

پردازش تصویر دیجیتال

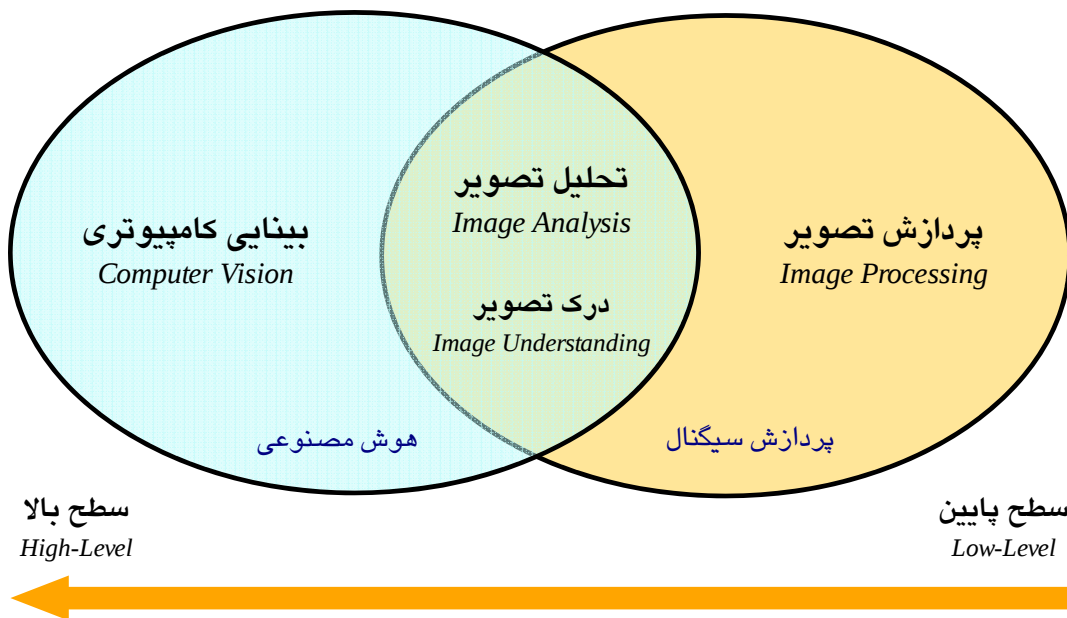
پردازش تصویر دیجیتال به وسیله‌ی کامپیوتر دیجیتال

دو حوزه‌ی کاربردی اصلی:

(۱) بهبود کیفیت تصویر برای درک بهتر توسط انسان

(۲) پردازش داده‌های تصویری به منظور ذخیره‌سازی، انتقال و بازنمایی برای ادراک خودکار ماشینی

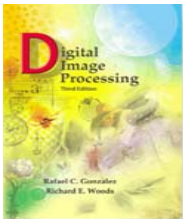
از پردازش تصویر تا بینایی کامپیوتری



مقدمه‌ای بر پردازش تصویر دیجیتال

۲

منشأ پردازش تصویر دیجیتال



Digital Image Processing, 3rd ed.

Gonzalez & Woods

www.ImageProcessingPlace.com

Chapter 1 Introduction



FIGURE 1.1 A digital picture produced in 1921 from a coded tape by a telegraph printer with special type faces. (McFarlane.[†])

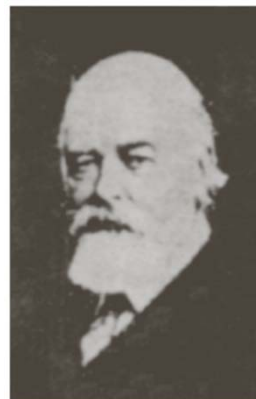
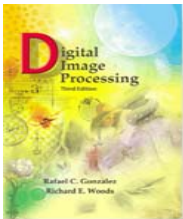


FIGURE 1.2 A digital picture made in 1922 from a tape punched after the signals had crossed the Atlantic twice. (McFarlane.)



Digital Image Processing, 3rd ed.

Gonzalez & Woods

www.ImageProcessingPlace.com

Chapter 1 Introduction



FIGURE 1.3
Unretouched
cable picture of
Generals Pershing
and Foch,
transmitted in
1929 from
London to New
York by 15-tone
equipment.
(McFarlane.)

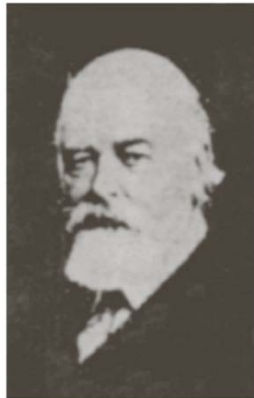
نمونه‌هایی از نخستین تصاویر دیجیتال

نخستین کاربردها در صنعت روزنامه



۱۹۲۹ م.

تصویر دست‌کاری نشده ارسالی توسط کابل،
ارسال شده از لندن به نیویورک
توسط تجهیزات ۱۵ تنی
(۵ تا ۱۵ سطح خاکستری)



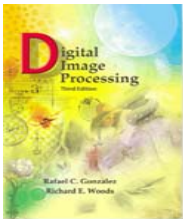
۱۹۲۲ م.

تصویر دیجیتال تولید
شده از روی یک نوار
پانچ شده پس از دو
مرتب‌ه عبور سیگنال از
اقیانوس اطلس



۱۹۲۱ م.

تصویر دیجیتال تولید شده از روی یک نوار
کدشده به وسیله‌ی یک چاپگر تلگراف



Digital Image Processing, 3rd ed.

Gonzalez & Woods

www.ImageProcessingPlace.com

Chapter 1 Introduction



FIGURE 1.4 The first picture of the moon by a U.S. spacecraft. *Ranger 7* took this image on July 31, 1964 at 9 : 09 A.M. EDT, about 17 minutes before impacting the lunar surface. (Courtesy of NASA.)

نمونه‌هایی از نخستین تصاویر دیجیتال

کاربرد در صنایع فضایی



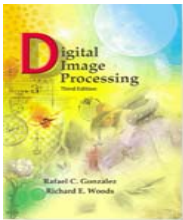
۱۹۶۴ م.

نخستین تصویر از ماه توسط فضاپیمای ایالات متحده

مقدمه‌ای بر پردازش تصویر دیجیتال

۳

نمونه‌هایی از
حوزه‌های
استفاده‌کننده
از
پردازش
تصویر
دیجیتال



Digital Image Processing, 3rd ed.

Gonzalez & Woods

www.ImageProcessingPlace.com

Chapter 1 Introduction

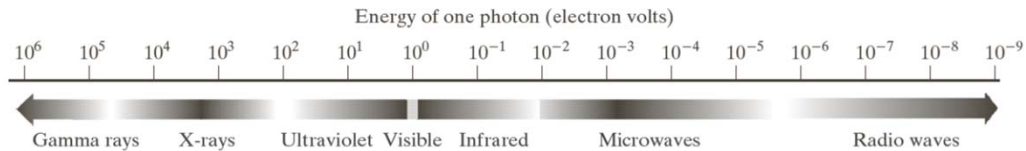
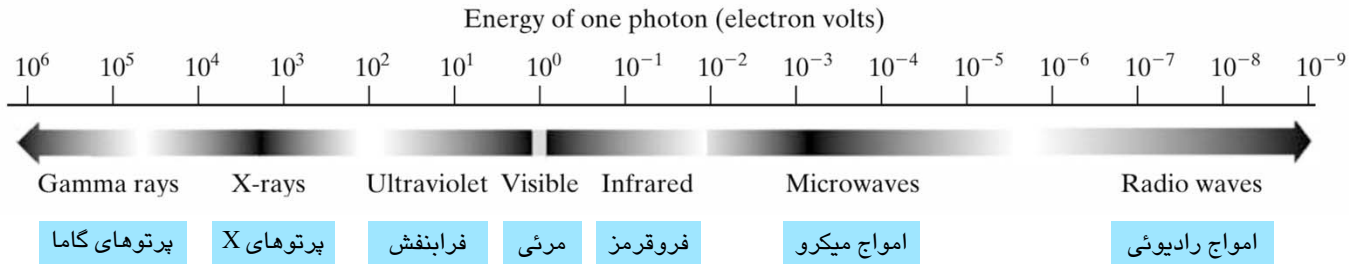
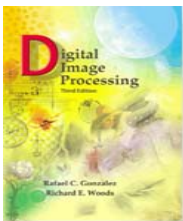


FIGURE 1.5 The electromagnetic spectrum arranged according to energy per photon.

تصویربرداری بر اساس تشعشع طیف الکترومغناطیس

طیف الکترومغناطیس به ترتیب میزان انرژی در هر فوتون



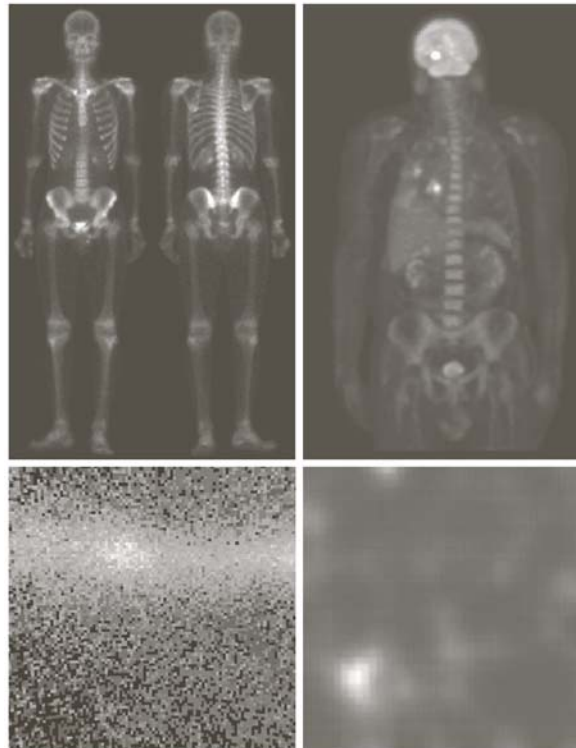


Digital Image Processing, 3rd ed.

Gonzalez & Woods

www.ImageProcessingPlace.com

Chapter 1 Introduction



a b
c d

FIGURE 1.6

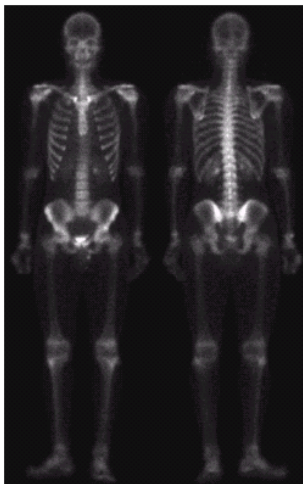
Examples of gamma-ray imaging. (a) Bone scan. (b) PET image. (c) Cygnus Loop. (d) Gamma radiation (bright spot) from a reactor valve. (Images courtesy of (a) G.E. Medical Systems, (b) Dr. Michael E. Casey, CTI PET Systems, (c) NASA, (d) Professors Zhong He and David K. Wehe, University of Michigan.)

تصویربرداری بر اساس تشعشع طیف الکترومغناطیس

(۱) تصویربرداری با اشعه‌ی گاما

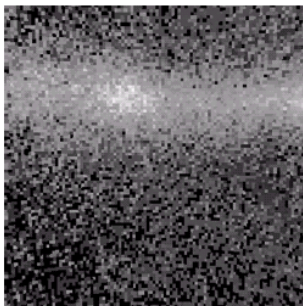
GAMMA-RAY IMAGING

(۱) اسکن استخوان



(۳) سحابی حلقه ماکیان

Cygnus Loop

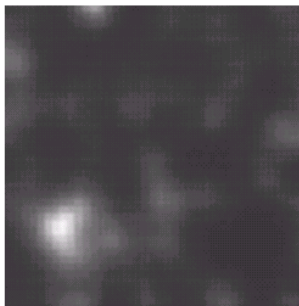


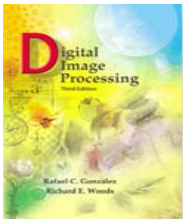
(۲) تصویر PET
(تصویربرداری با گسیل پوزیترون):

تصویربرداری با مواد رادیو اکتیو
پوزیترون دهنده

Positron emission tomography

(۴) تشعشع گاما (نقطه روشن)
از یک شیر رآکتور





Digital Image Processing, 3rd ed.

Gonzalez & Woods

www.ImageProcessingPlace.com

Chapter 1 Introduction

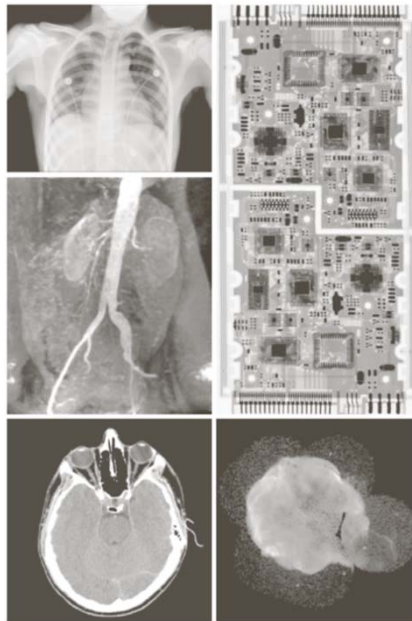


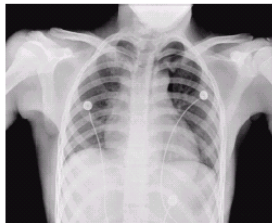
FIGURE 1.7 Examples of X-ray imaging. (a) Chest X-ray. (b) Aortic angiogram. (c) Head CT. (d) Circuit boards. (e) Cygnus Loop. (Images courtesy of (a) and (c) Dr. David R. Pickens, Dept. of Radiology & Radiological Sciences, Vanderbilt University Medical Center; (b) Dr. Thomas R. Gest, Division of Anatomical Sciences, University of Michigan Medical School; (d) Mr. Joseph E. Pascente, Lixi, Inc.; and (e) NASA.)

تصویربرداری بر اساس تشعشع طیف الکترومغناطیس

۲) تصویربرداری با اشعه ی ایکس

X-RAY IMAGING

۱) اسکن قفسه سینه



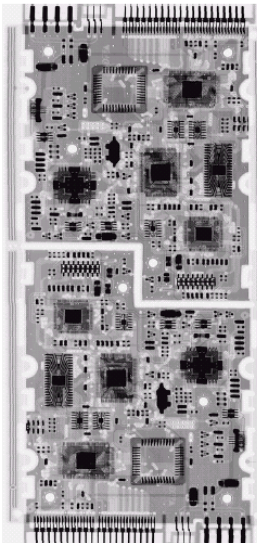
۲) آنژیوگرام آئورتی



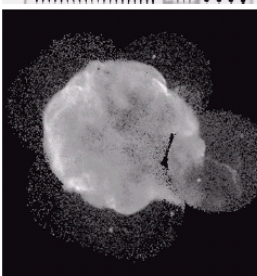
۳) سی تی اسکن سر

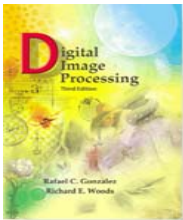


۴) بردهای مدار



۵) سحابی حلقه ماکیان



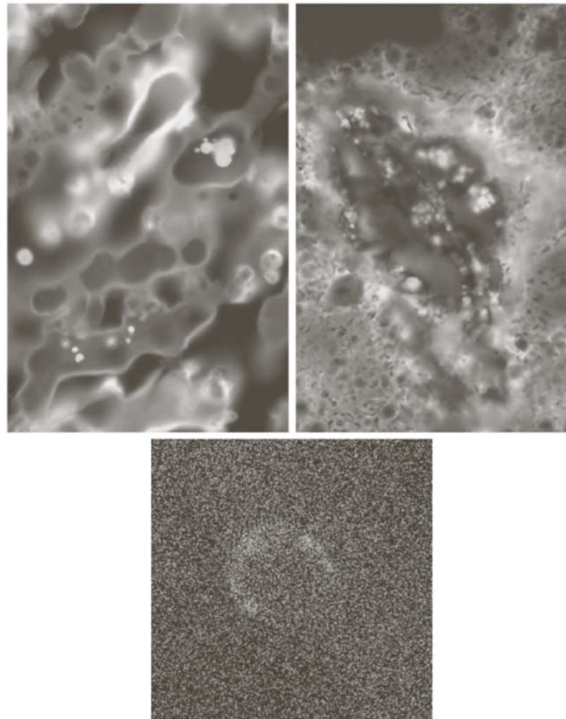


Digital Image Processing, 3rd ed.

Gonzalez & Woods

www.ImageProcessingPlace.com

Chapter 1 Introduction



a b
c

FIGURE 1.8

Examples of ultraviolet imaging.

(a) Normal corn.

(b) Smut corn.

(c) Cygnus Loop.

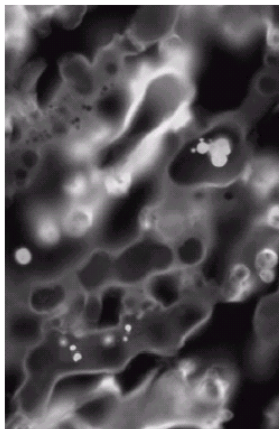
(Images courtesy of (a) and (b) Dr. Michael W. Davidson, Florida State University, (c) NASA.)

تصویربرداری بر اساس تشعشع طیف الکترومغناطیس

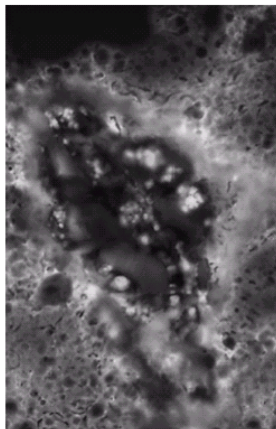
(۳) تصویربرداری در باند ماورای بنفش

IMAGING IN THE ULTRAVIOLET BAND

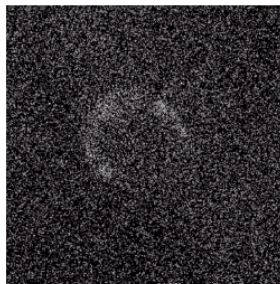
(۱) ذرت عادی

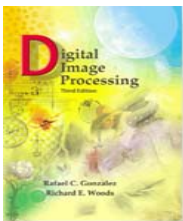


(۲) ذرت بیمار



(۳) سحابی حلقه ماکیان





Digital Image Processing, 3rd ed.

Gonzalez & Woods

www.ImageProcessingPlace.com

Chapter 1 Introduction

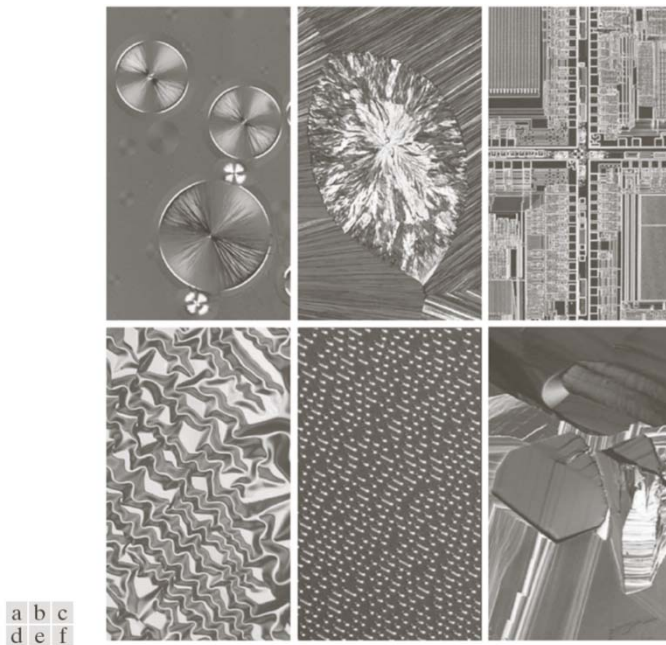


FIGURE 1.9 Examples of light microscopy images. (a) Taxol (anticancer agent), magnified 250 $\times$. (b) Cholesterol—40 $\times$. (c) Microprocessor—60 $\times$. (d) Nickel oxide thin film—600 $\times$. (e) Surface of audio CD—1750 $\times$. (f) Organic superconductor—450 $\times$. (Images courtesy of Dr. Michael W. Davidson, Florida State University.)

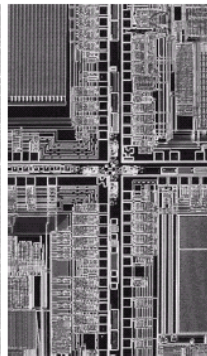
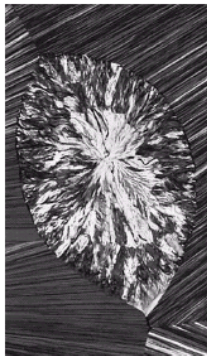
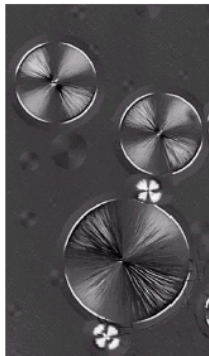
تصویربرداری بر اساس تشعشع طیف الکترومغناطیس

(۴) تصویربرداری در باند مرئی و مادون قرمز

IMAGING IN THE VISIBLE AND INFRARED BANDS

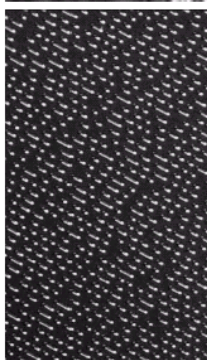
(۲) کلستروال 40x

(۱) تاکسول
(عامل ضد سرطان)
250x



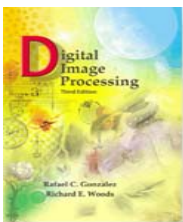
(۳) ریزپردازنده 60x

(۴) اکسید نیکل لایه نازک
600x



(۶) فوق هادی ارگانیک
450x

(۵) سطح CD صوتی 1750x



Chapter 1

Introduction

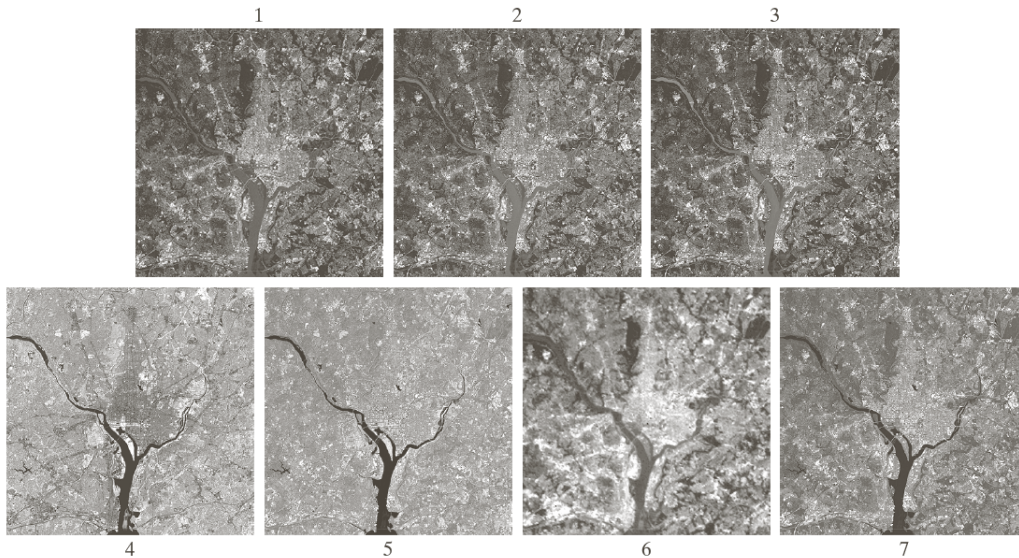
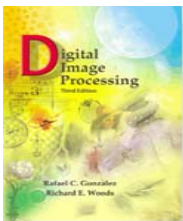


FIGURE 1.10 LANDSAT satellite images of the Washington, D.C. area. The numbers refer to the thematic bands in Table 1.1. (Images courtesy of NASA.)



Digital Image Processing, 3rd ed.

Gonzalez & Woods

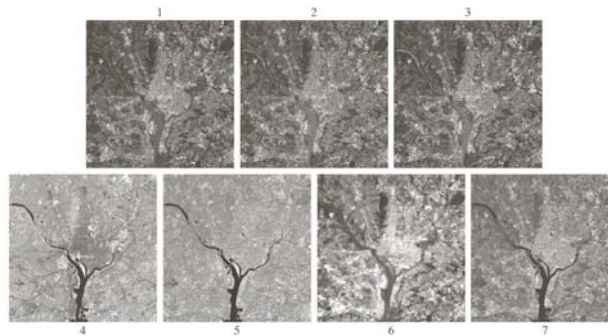
www.ImageProcessingPlace.com

Chapter 1 Introduction

Band No.	Name	Wavelength (μm)	Characteristics and Uses
1	Visible blue	0.45–0.52	Maximum water penetration
2	Visible green	0.52–0.60	Good for measuring plant vigor
3	Visible red	0.63–0.69	Vegetation discrimination
4	Near infrared	0.76–0.90	Biomass and shoreline mapping
5	Middle infrared	1.55–1.75	Moisture content of soil and vegetation
6	Thermal infrared	10.4–12.5	Soil moisture; thermal mapping
7	Middle infrared	2.08–2.35	Mineral mapping

TABLE 1.1

Thematic bands in NASA's LANDSAT satellite.



تصویربرداری بر اساس تشعشع طیف الکترومغناطیس

(۴) تصویربرداری در باند مرئی و مادون قرمز

IMAGING IN THE VISIBLE AND INFRARED BANDS

حداکثر نفوذ آب

اندازه‌گیری شدت پوشش گیاهی

تمایز پوشش گیاهی

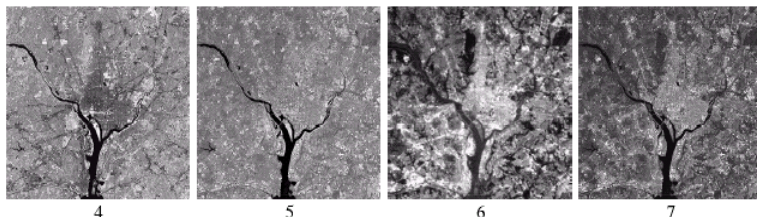
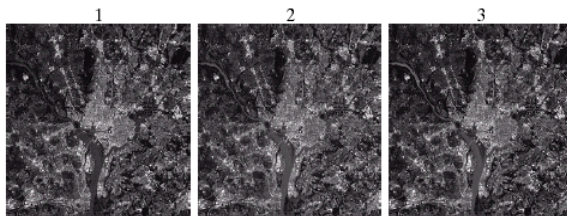
نقشه زیست‌توده و خط ساحلی

رطوبت خاک و پوشش گیاهی

رطوبت خاک، نقشه گرمایی

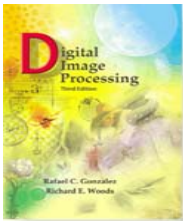
نقشه معادن

Band No.	Name	Wavelength (μm)
1	Visible blue	0.45–0.52
2	Visible green	0.52–0.60
3	Visible red	0.63–0.69
4	Near infrared	0.76–0.90
5	Middle infrared	1.55–1.75
6	Thermal infrared	10.4–12.5
7	Middle infrared	2.08–2.35



تصاویر ماهواره‌ای از ناحیه‌ی واشنگتن دی.سی.

اعداد: بیانگر باند گرمایی



Digital Image Processing, 3rd ed.

Gonzalez & Woods

www.ImageProcessingPlace.com

Chapter 1 Introduction

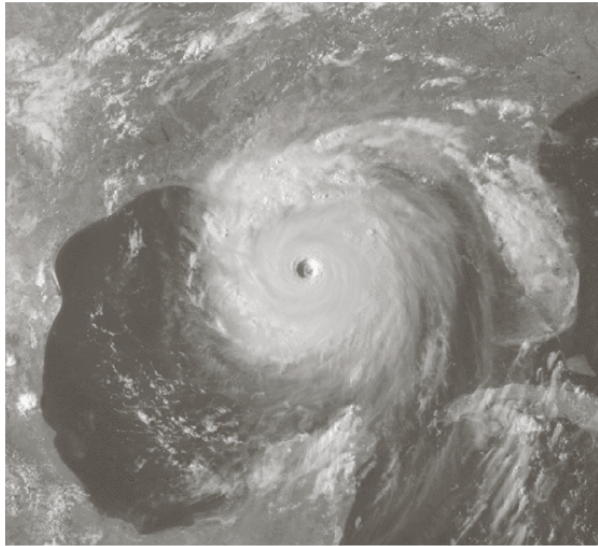
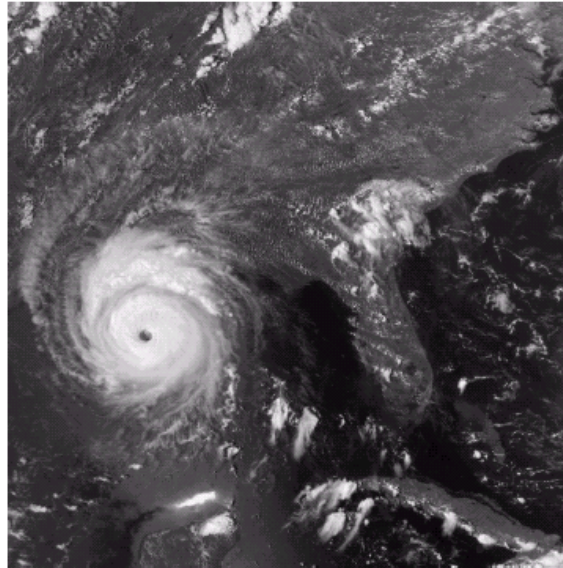


FIGURE 1.11
Satellite image
of Hurricane
Katrina taken on
August 29, 2005.
(Courtesy of
NOAA.)

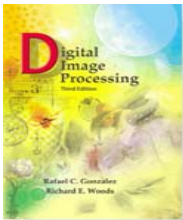
تصویربرداری بر اساس تشعشع طیف الکترومغناطیس

۴) تصویربرداری در باند مرئی و مادون قرمز

IMAGING IN THE VISIBLE AND INFRARED BANDS



تصویر ماهواره‌ای از طوفان کاترینا
(taken on August 29, 2005)



Digital Image Processing, 3rd ed.

Gonzalez & Woods

www.ImageProcessingPlace.com

Chapter 1 Introduction

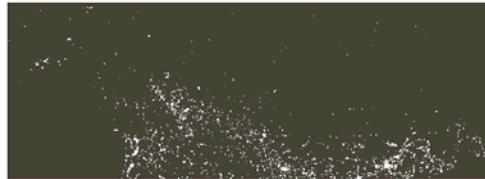
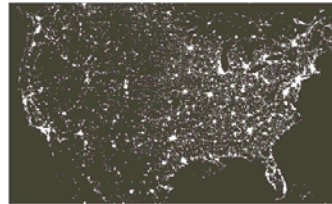


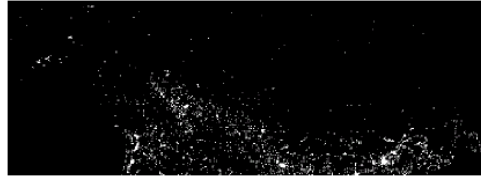
FIGURE 1.12
Infrared satellite
images of the
Americas. The
small gray map
is provided for
reference.
(Courtesy of
NOAA.)



تصویربرداری بر اساس تشعشع طیف الکترومغناطیس

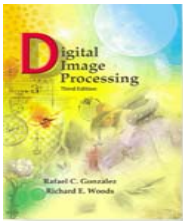
(۴) تصویربرداری در باند مرئی و مادون قرمز

IMAGING IN THE VISIBLE AND INFRARED BANDS



تصاویر ماهواره‌ای مادون قرمز از قاره‌های آمریکا

(تصویر خاکستری کوچک برای مقایسه و ارجاع است)



Digital Image Processing, 3rd ed.

Gonzalez & Woods

www.ImageProcessingPlace.com

Chapter 1 Introduction



FIGURE 1.13
Infrared satellite
images of the
remaining
populated part of
the world. The
small gray map is
provided for
reference.
(Courtesy of
NOAA.)

تصویربرداری بر اساس تشعشع طیف الکترومغناطیس

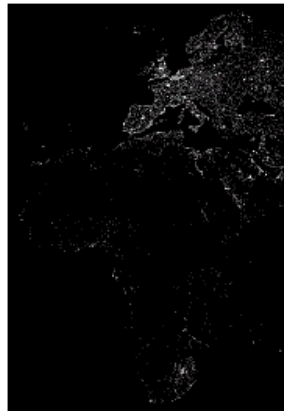
۴) تصویربرداری در باند مرئی و مادون قرمز

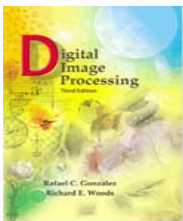
IMAGING IN THE VISIBLE AND INFRARED BANDS



تصاویر ماهواره‌ای مادون قرمز
از سایر بخش‌های مسکونی جهان

(تصویر خاکستری کوچک برای مقایسه و ارجاع است)





Digital Image Processing, 3rd ed.

Gonzalez & Woods

www.ImageProcessingPlace.com

Chapter 1 Introduction

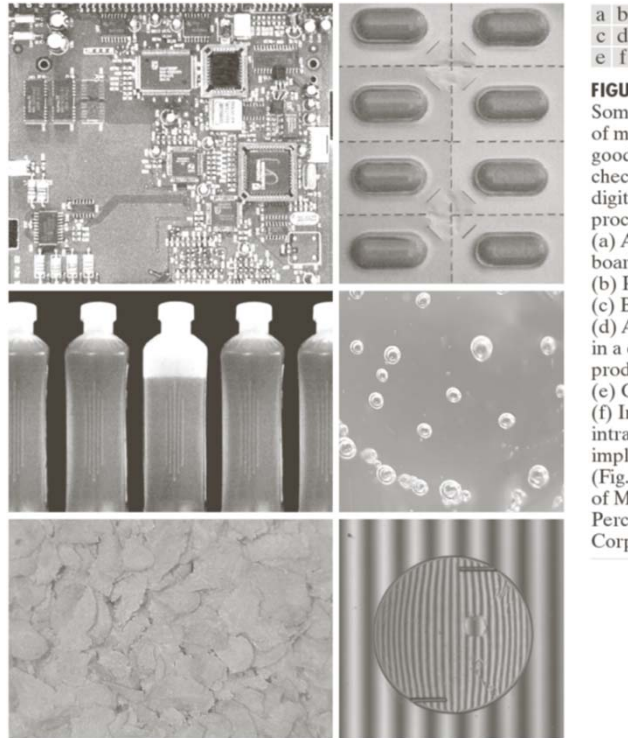


FIGURE 1.14

Some examples of manufactured goods often checked using digital image processing.

- (a) A circuit board controller.
- (b) Packaged pills.
- (c) Bottles.
- (d) Air bubbles in a clear-plastic product.
- (e) Cereal.
- (f) Image of intraocular implant.

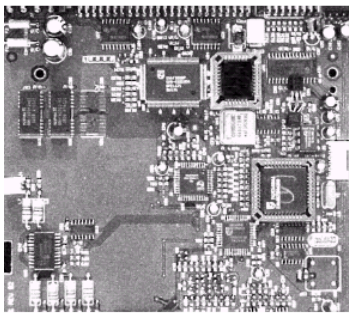
(Fig. (f) courtesy of Mr. Pete Sites, Perceptics Corporation.)

تصویربرداری بر اساس تشعشع طیف الکترومغناطیس

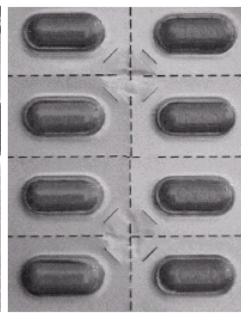
۴) تصویربرداری در باند مرئی و مادون قرمز: مثال‌هایی از کالاهای تولیدی هنگام بررسی با استفاده از پردازش تصویر دیجیتال

IMAGING IN THE VISIBLE AND INFRARED BANDS

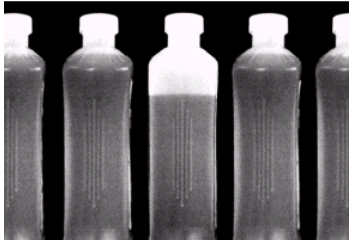
۱) یک کنترلر مدار چاپی



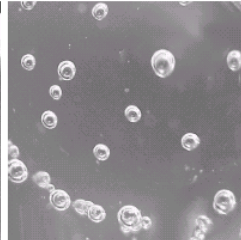
۲) کپسول‌های دارویی



۳) بطری‌ها



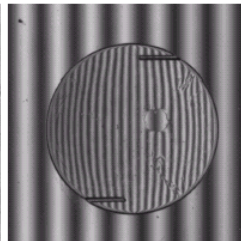
۴) حباب‌های هوا
در یک محصول پلاستیکی شفاف

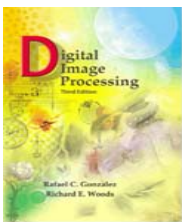


۵) غلات



۶) تصویر ایمپلنت داخل چشم





Digital Image Processing, 3rd ed.

Gonzalez & Woods

www.ImageProcessingPlace.com

Chapter 1 Introduction



a b
c
d

FIGURE 1.15
Some additional examples of imaging in the visual spectrum. (a) Thumb print. (b) Paper currency. (c) and (d) Automated license plate reading. (Figure (a) courtesy of the National Institute of Standards and Technology. Figures (c) and (d) courtesy of Dr. Juan Herrera, Perceptics Corporation.)

تصویربرداری بر اساس تشعشع طیف الکترومغناطیس

(۴) تصویربرداری در باند مرئی و مادون قرمز: مثال‌هایی دیگر از تصویربرداری در طیف مرئی

IMAGING IN THE VISIBLE AND INFRARED BANDS

(۱) اثر انگشت

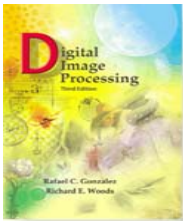


(۲) اسکناس کاغذی



(۳) خواندن خودکار پلاک خودرو





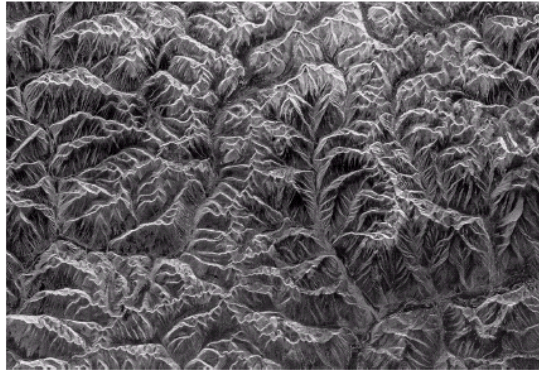
Digital Image Processing, 3rd ed.

Gonzalez & Woods

www.ImageProcessingPlace.com

Chapter 1 Introduction

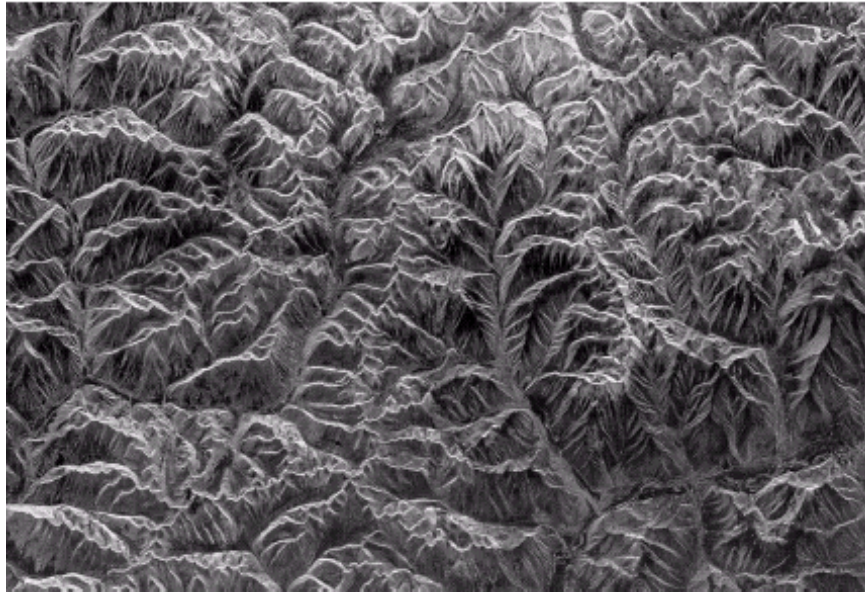
FIGURE 1.16
Spaceborne radar
image of
mountains in
southeast Tibet.
(Courtesy of
NASA.)



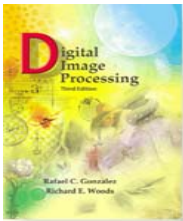
تصویربرداری بر اساس تشعشع طیف الکترومغناطیس

(۵) تصویربرداری در باند مایکروویو

IMAGING IN THE MICROWAVE BAND



تصویر رادار هوابرد
از کوهستانی در تبت جنوبی

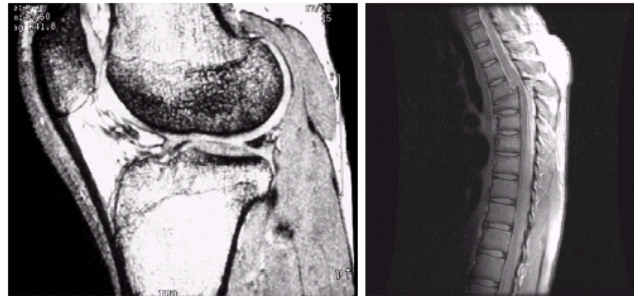


Digital Image Processing, 3rd ed.

Gonzalez & Woods

www.ImageProcessingPlace.com

Chapter 1 Introduction



a b

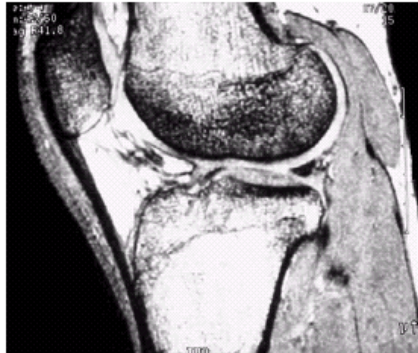
FIGURE 1.17 MRI images of a human (a) knee, and (b) spine. (Image (a) courtesy of Dr. Thomas R. Gest, Division of Anatomical Sciences, University of Michigan Medical School, and (b) Dr. David R. Pickens, Department of Radiology and Radiological Sciences, Vanderbilt University Medical Center.)

تصویربرداری بر اساس تشعشع طیف الکترومغناطیس

۶) تصویربرداری در باند رادیویی

IMAGING IN THE RADIO BAND

۱) تصویر MRI
از زانوی انسان

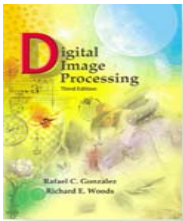


۲) تصویر MRI
از ستون فقرات انسان



Magnetic Resonance Imaging (MRI)

تصویربرداری با تشدید مغناطیسی



Digital Image Processing, 3rd ed.

Gonzalez & Woods

www.ImageProcessingPlace.com

Chapter 1 Introduction

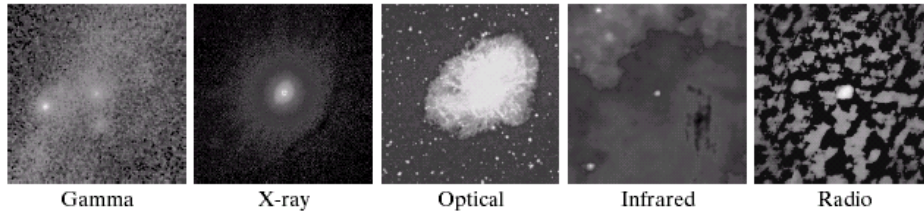


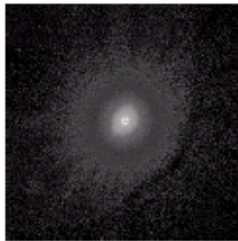
FIGURE 1.18 Images of the Crab Pulsar (in the center of images) covering the electromagnetic spectrum. (Courtesy of NASA.)

تصویربرداری بر اساس تشعشع طیف الکترومغناطیس

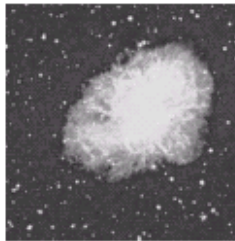
مقایسه



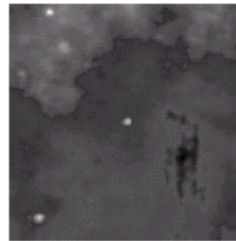
Gamma



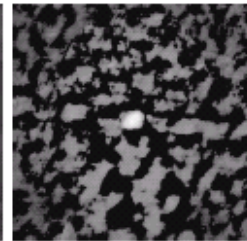
X-ray



Optical

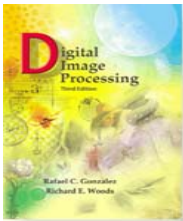


Infrared



Radio

تصاویر ستاره‌ی «تپنده خرچنگ» (در وسط هر تصویر)
در طیف الکترومغناطیس



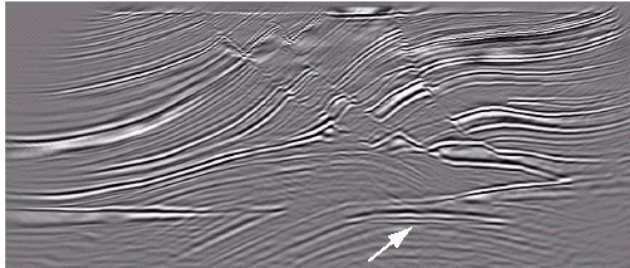
Digital Image Processing, 3rd ed.

Gonzalez & Woods

www.ImageProcessingPlace.com

Chapter 1 Introduction

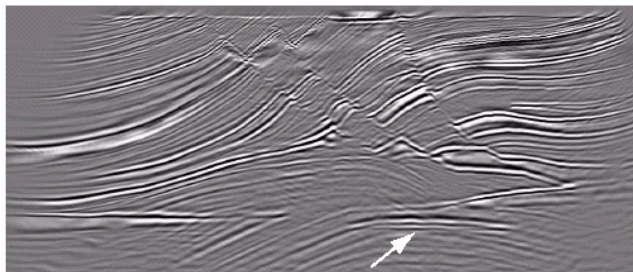
FIGURE 1.19
Cross-sectional
image of a seismic
model. The arrow
points to a
hydrocarbon (oil
and/or gas) trap.
(Courtesy of
Dr. Curtis Ober,
Sandia National
Laboratories.)



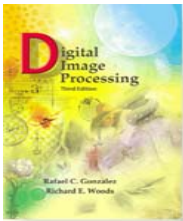
تصویربرداری بر اساس تشعشع طیف الکترومغناطیس

۷) نمونه‌هایی از مواردی که دیگر روش‌های تصویربرداری استفاده می‌شوند

EXAMPLES IN WHICH OTHER IMAGING MODALITIES ARE USED



تصویر سطح مقطعی از یک مدل زمین لرزه‌ای.
فلش به یک چاه هیدروکربن (نفت / گاز) اشاره می‌کند.

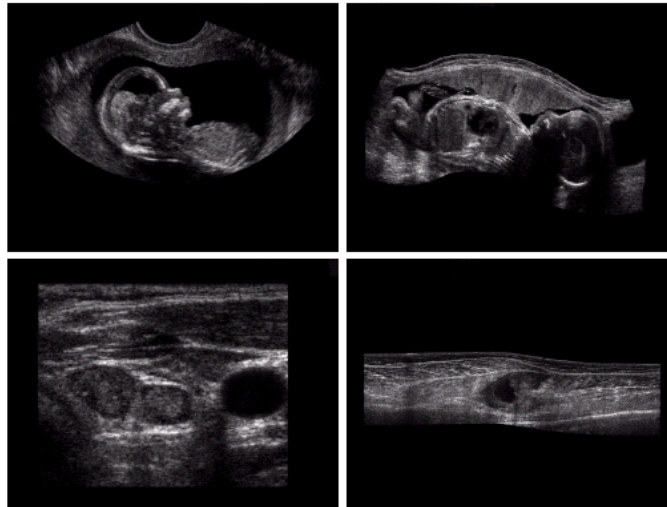


Digital Image Processing, 3rd ed.

Gonzalez & Woods

www.ImageProcessingPlace.com

Chapter 1 Introduction



a b
c d

FIGURE 1.20
Examples of
ultrasound
imaging. (a) Baby.
(b) Another view
of baby.
(c) Thyroids.
(d) Muscle layers
showing lesion.
(Courtesy of
Siemens Medical
Systems, Inc.,
Ultrasound
Group.)

تصویربرداری بر اساس تشعشع طیف الکترومغناطیس

(۷) نمونه‌هایی از مواردی که دیگر روش‌های تصویربرداری استفاده می‌شوند

EXAMPLES IN WHICH OTHER IMAGING MODALITIES ARE USED

(۱) جنین

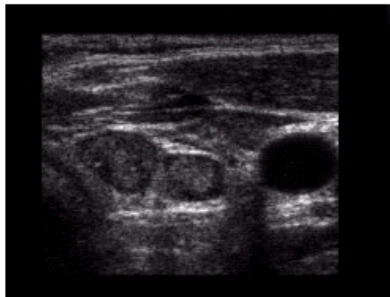


(۲) جنین

از زاویه‌ی دیگر

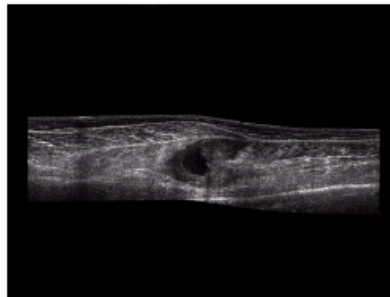


(۳) تیروئید

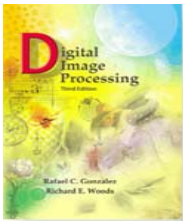


(۴) لایه‌های ماهیچه

نشان‌گر ضایعه



تصاویر سونوگرافی (تصویربرداری ماروای صوت: اولتراسونیک)

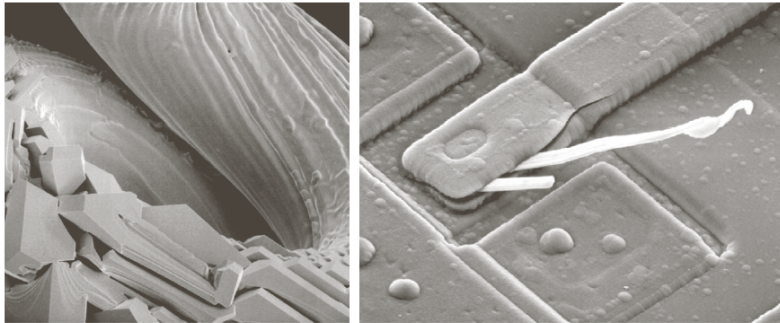


Digital Image Processing, 3rd ed.

Gonzalez & Woods

www.ImageProcessingPlace.com

Chapter 1 Introduction



a b

FIGURE 1.21 (a) 250 $\times$ SEM image of a tungsten filament following thermal failure (note the shattered pieces on the lower left). (b) 2500 $\times$ SEM image of damaged integrated circuit. The white fibers are oxides resulting from thermal destruction. (Figure (a) courtesy of Mr. Michael Shaffer, Department of Geological Sciences, University of Oregon, Eugene; (b) courtesy of Dr. J. M. Hudak, McMaster University, Hamilton, Ontario, Canada.)

تصویربرداری بر اساس تشعشع طیف الکترومغناطیس

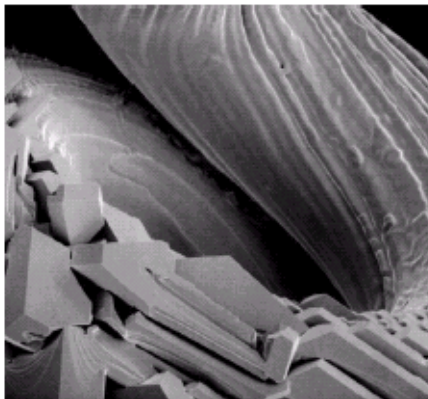
(۷) نمونه‌هایی از مواردی که دیگر روش‌های تصویربرداری استفاده می‌شوند

EXAMPLES IN WHICH OTHER IMAGING MODALITIES ARE USED

(۱) تصویر SEM
فیلامان تنگستن
تحت شکست
گرمایی

به قطعات در هم
شکسته در پایین
چپ توجه کنید.

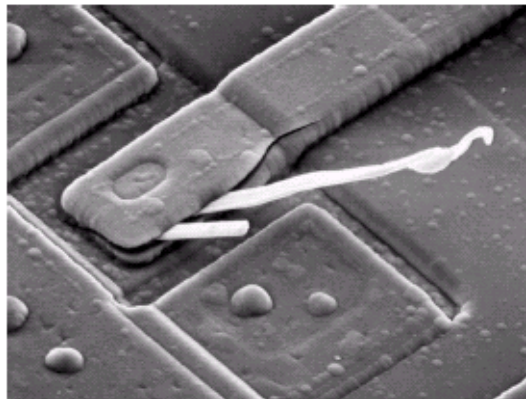
250x



(۲) تصویر SEM
مدار مجتمع
صدمه‌دیده:

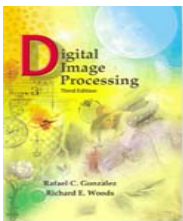
فیبرهای سفید
اکسیدهای حاصل
از تخریب گرمایی
هستند.

2500x



Scanning Electron Microscope (SEM)

میکروسکوپ الکترونی اسکن کننده

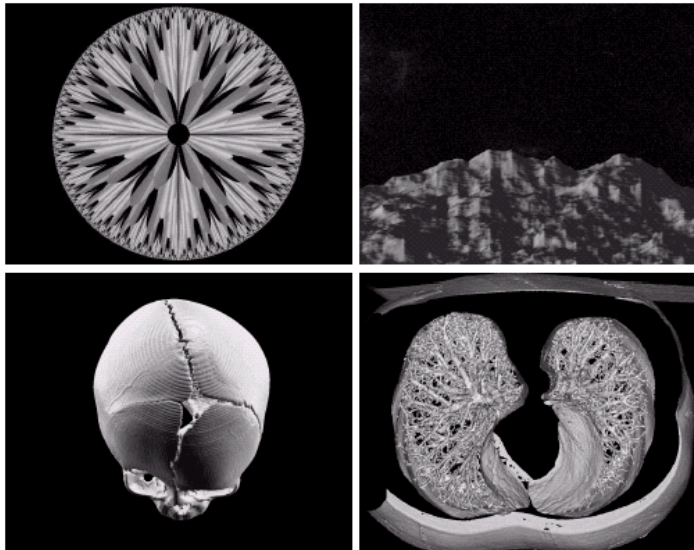


Digital Image Processing, 3rd ed.

Gonzalez & Woods

www.ImageProcessingPlace.com

Chapter 1 Introduction



a b
c d

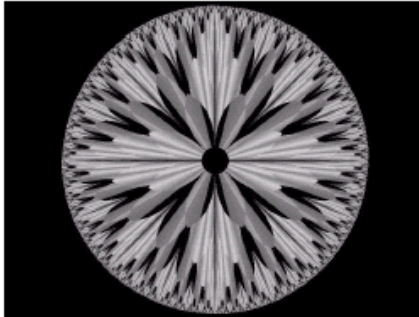
FIGURE 1.22
(a) and (b) Fractal
images. (c) and
(d) Images
generated from
3-D computer
models of the
objects shown.
(Figures (a) and
(b) courtesy of
Ms. Melissa
D. Binde,
Swarthmore
College, (c) and
(d) courtesy of
NASA.)

تصویربرداری بر اساس تشعشع طیف الکترومغناطیس

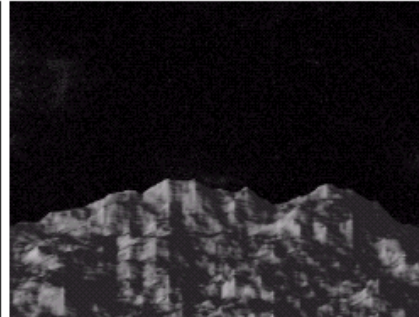
(۷) نمونه‌هایی از مواردی که دیگر روش‌های تصویربرداری استفاده می‌شوند

EXAMPLES IN WHICH OTHER IMAGING MODALITIES ARE USED

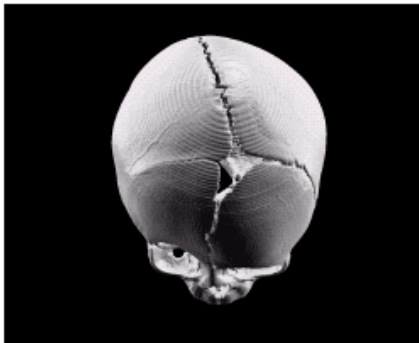
(۱) تصویر فراکتال



(۲) تصویر فراکتال



(۳) تصویر تولید
شده از مدل‌های
کامپیوتری
سه‌بعدی اشیا



(۴) تصویر تولید
شده از مدل‌های
کامپیوتری
سه‌بعدی اشیا

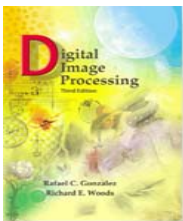


Synthetic (Computer-Generated) Imaging

تصویربرداری مصنوعی (تولید شده توسط کامپیوتر)

۴

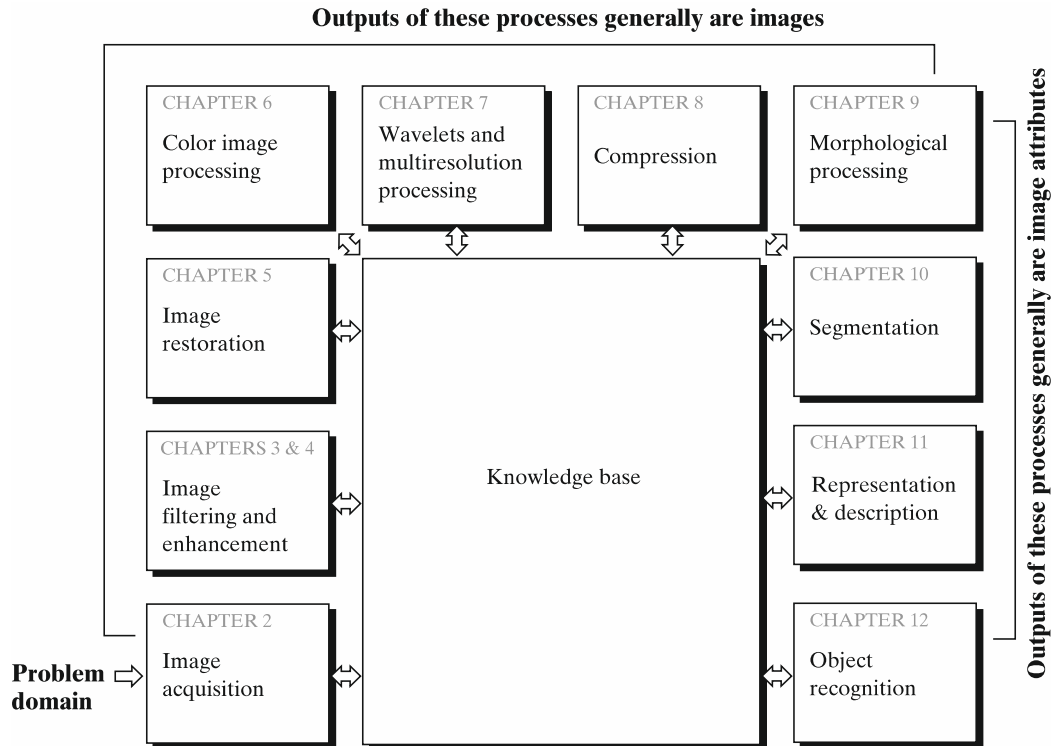
گام‌های بنیادی در پردازش تصویر دیجیتال



Chapter 1 Introduction

FIGURE 1.23

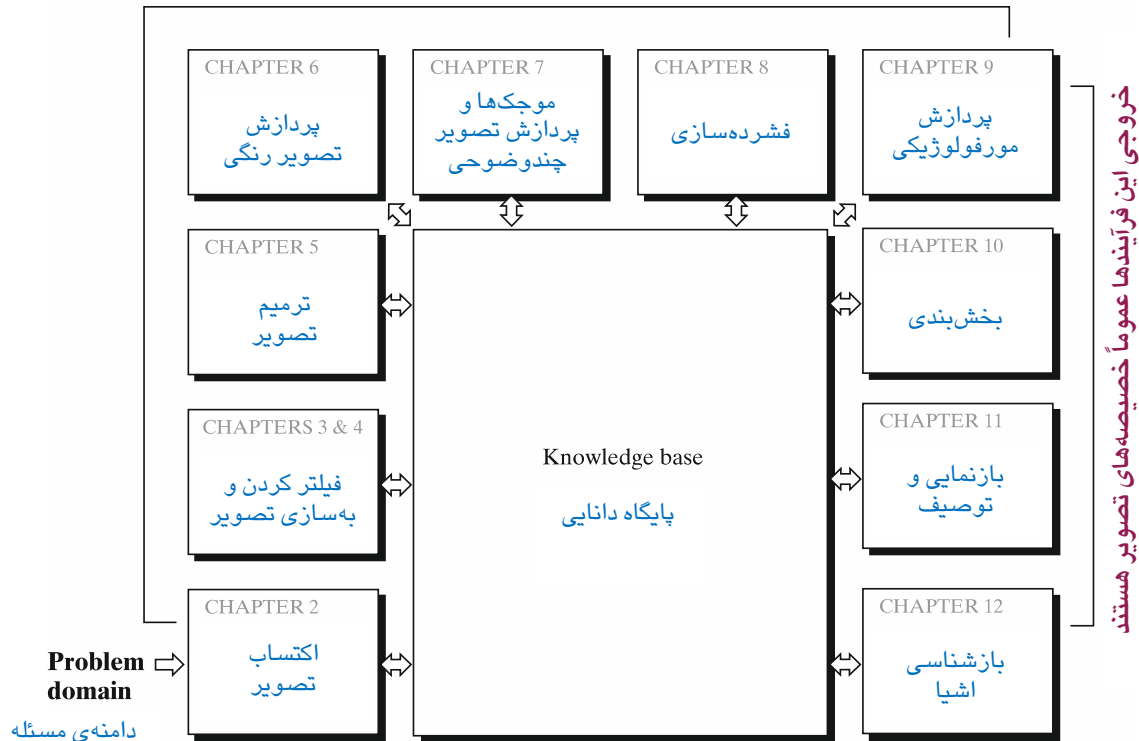
Fundamental steps in digital image processing. The chapter(s) indicated in the boxes is where the material described in the box is discussed.



گام‌های بنیادی در پردازش تصویر دیجیتال

FUNDAMENTAL STEPS IN DIGITAL IMAGE PROCESSING

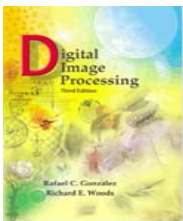
خروجی این فرآیندها عموماً تصاویر هستند



مقدمه‌ای بر پردازش تصویر دیجیتال

۵

مؤلفه‌های
یک سیستم
پردازش
تصویر



Chapter 1

Introduction

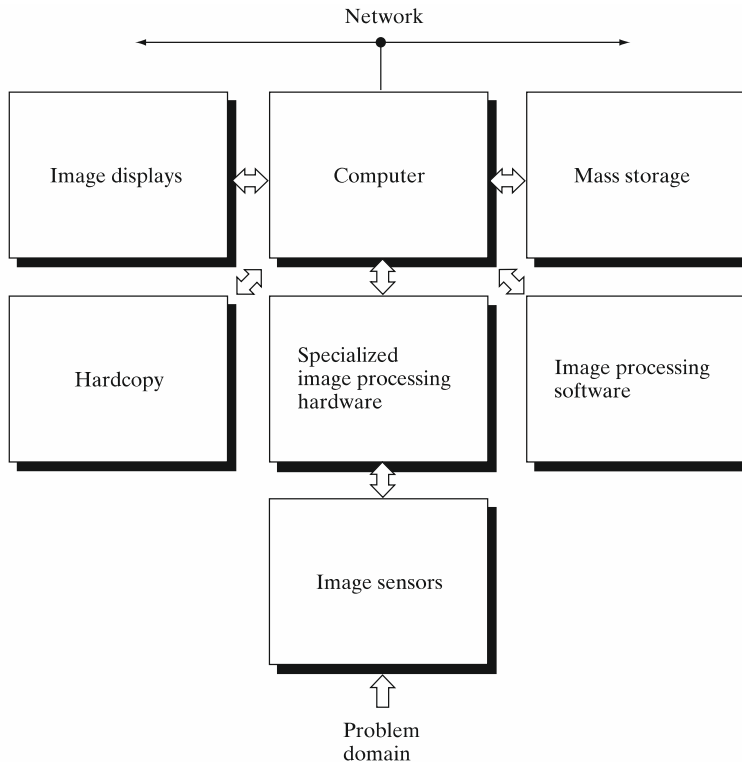
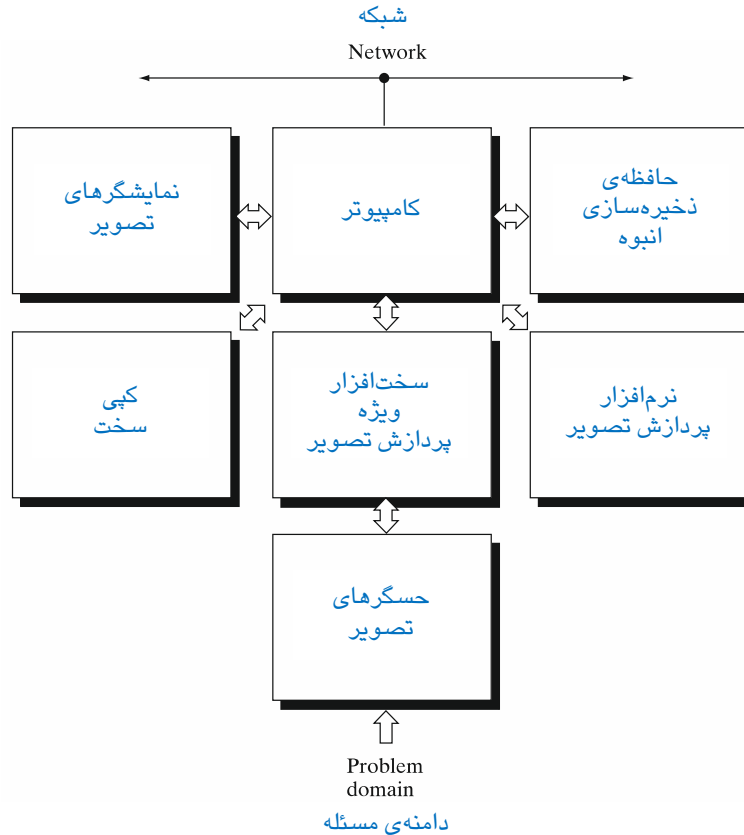


FIGURE 1.24
Components of a
general-purpose
image processing
system.

مؤلفه‌های یک سیستم پردازش تصویر

COMPONENTS OF AN IMAGE PROCESSING SYSTEM



مقدمه‌ای بر پردازش تصویر دیجیتال

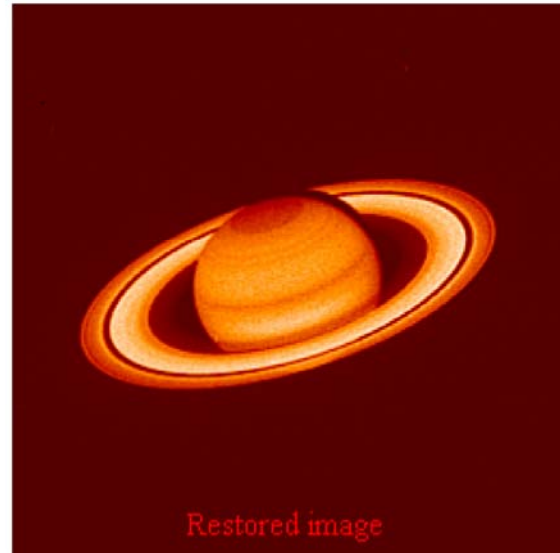
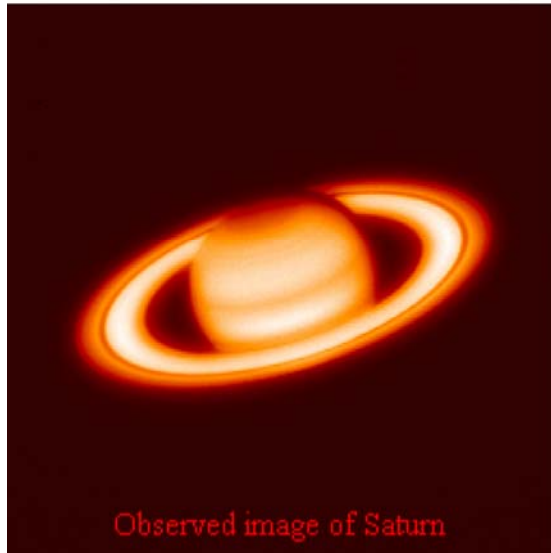
۶

نمونه
کاربرد
پردازش
تصویر

نمونه کاربرد پردازش تصویر

ترمیم تصویر دریافتی از تلسکوپ فضائی هابل

Restoration of image from Hubble Space Telescope



نمونه کاربرد پردازش تصویر

به سازی تصویر رنگی

Color photo enhancement



Original



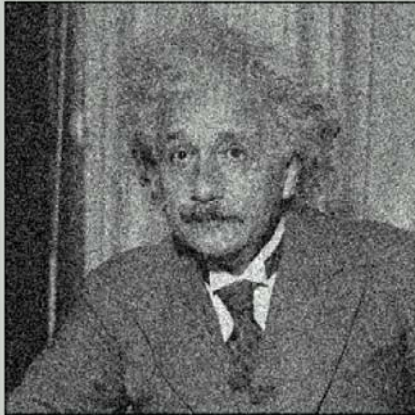
Automatic Enhancement

نمونه کاربرد پردازش تصویر

کاهش نویز

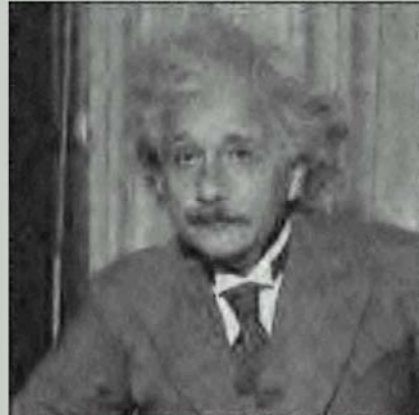
Noise reduction

Noisy Image



Degraded image

BayesJoint Estimator - QMF



Noise-reduced image

نمونه کاربرد پردازش تصویر

جلوه‌های ویژه

Special Effects



Photo



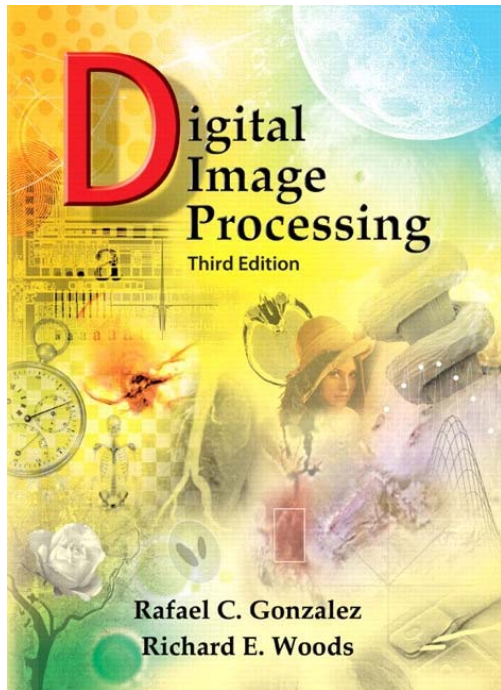
Simulated
color pencils



Simulated
oil painting



منابع



Rafael C. Gonzalez, Richard E. Woods,
Digital Image Processing,
Third Edition, Pearson Prentice Hall, 2008.
Chapter 1