

INDICE

Prefacio	XVII
1. Introducción	
1.1. Fundamentos	1
1.2. Representación digital de imágenes	6
1.3. Etapas fundamentales del procesamiento de imágenes	8
1.4. Elementos de los sistemas de procesamiento digital de imágenes	
1.4.1. Adquisición de imágenes	11
1.4.2. Almacenamiento	15
1.4.3. Procesamiento	17
1.4.4. Comunicación	18
1.4.5. Presentación	19
1.5. Organización del libro	20
Referencias	21
2. Fundamentos de la imagen digital	
2.1. Elementos de la percepción visual	23
2.1.1. Estructura del ojo humano	24
2.1.2. formación de imágenes en el ojo	
2.1.3. Adaptación al iluminación y discriminación	27
2.2. Un modelo de imagen simple	32
2.3. Muestreo y cuantificación	
2.3.1. Muestreo uniforme y cuantificación	34
2.3.2. Muestreo no uniforme y cuantificación	41
2.4. Algunas relaciones básicas entre pixels	43
2.4.1. Vecinos de un pixel	
2.4.2. Conectividad	44
2.4.3. Etiquetado de componentes conexas	46
2.4.4. Relaciones, equivalencia y clausura transitiva	47
2.4.5. Medidas de distancia	49
2.4.6. Operaciones aritmético-lógicas	51
2.5. Geometría de la imagen	
2.5.1. Algunas transformaciones básicas	56
2.5.2. Transformaciones de perspectiva	60
2.5.3. Modelo de cámara	66
2.5.4. Calibración de la cámara	73
2.5.5. Imagen estereoscópica	74
2.6. La película fotográfica	
2.6.1. La estructura de la película y la exposición	77
2.6.2. Características de la película	78
2.6.3. Ajustes de diafragma y del obturador	80
2.7. Conclusiones	
Referencias	82
Problemas	83

3. Transformadas de la imagen	89
3.1. Introducción a la transformada de Fourier	90
3.2. La transformada de Fourier discreta	94
3.3. Algunas propiedades de la transformada de Fourier bidimensional	101
3.3.1. Separabilidad	102
3.3.2. Traslación	104
3.3.3. Periodicidad y simetría conjugada	105
3.3.4. Rotación	106
3.3.5. Distributividad y cambio de escala	107
3.3.6. Valor medio	108
3.3.7. Laplaciano	
3.3.8. Convolución y correlación	109
3.3.9. Muestreo	121
3.4. La transformada rápida de Fourier	129
3.4.1. Algoritmo de la FFT	130
3.4.2. Número de operaciones	133
3.4.3. La FFT inversa	134
3.4.4. Implementación	136
3.5. Otras transformadas de la imagen separables	139
3.5.1. La transformada de Walsh	142
3.5.2. La transformada de Hadamard	148
3.5.3. La transformada de coseno discreta	156
3.5.4. La transformada de Haar	157
3.5.5. La transformada de Slant	160
3.6. La transformada de Hotelling	161
3.7. Conclusiones	167
Referencias	168
Problemas	171
4. Mejora de la imagen	175
4.1. Fundamentos	
4.1.1. Métodos en el dominio espacial	176
4.1.2. Métodos en el dominio de la frecuencia	178
4.2. Mejora por procesamiento de punto	180
4.2.1. Algunas transformaciones de intensidad simples	181
4.2.2. Procesado de histogramas	185
4.2.3. Sustracción de imágenes	202
4.2.4. Promediado de la imagen	203
4.3. Filtrado espacial	
4.3.1. Fundamentos	204
4.3.2. Filtros suavizantes	207
4.3.3. Filtros realzantes	211
4.4. Mejora en el dominio de la frecuencia	
4.4.1. Filtrado de paso bajo	219
4.4.2. Filtrado de paso alto	227
4.4.3. Filtrado homomórfico	233

4.5. Generación de máscaras espaciales mediante especificaciones en el dominio de la frecuencia	236
4.6. Procesamiento de imágenes en color	239
4.6.1. Fundamentos del color	241
4.6.2. Modelos del color	244
4.6.3. Procesamiento de imágenes en falso color	258
4.6.4. Procesamiento de imágenes en color real	266
4.7. Conclusiones Referencias	269
Problemas	270
5. Restauración de imágenes	275
5.1. Modelo de degradación	
5.1.1. Algunas definiciones	276
5.1.2. Modelo de degeneración para funciones continuas	277
5.1.3. Formulación discreta	279
5.2. Diagonalización de matrices circulantes y circulantes por bloques	283
5.2.1. Matrices circulantes	284
5.2.2. Matrices circulantes por bloques	286
5.2.3. Efectos de la diagonalización en el modelo de degradación	287
5.3. Aproximación algebraica de la restauración	291
5.3.1. Restauración sin restricciones	292
5.3.2. Restauración con restricciones	293
5.4. Filtrado inverso	
5.4.1. Formulación	294
5.4.2. Eliminación del emborronado provocado por un movimiento lineal uniforme	296
5.5. Filtro de mínimos cuadrados (Wiener)	303
5.6. Restauración por mínimos cuadrados	306
5.7. Restauración interactiva	314
5.8. Restauración en el dominio espacial	320
5.9. Transformaciones geométricas	322
5.9.1. Transformaciones espaciales	323
5.9.2. Interpolación de nivel d gris	325
5.10. Conclusiones	328
Referencias	
Problemas	329
6. Comprensión de imágenes	333
6.1. Fundamentos	335
6.1.1. Redundancia de codificación	336
6.1.2. Redundancia entre pixels	339
6.1.3. Redundancia psicovisual	343
6.1.4. Criterios de fidelidad	346
6.2. Modelos de comprensión de imágenes	348
6.2.1. El codificador y decodificador de fuente	349
6.2.2. El codificador y decodificador de canal	350

6.3. Elementos de la teoría de la información	
6.3.1. Medida de la información	352
6.3.2. El canal de información	353
6.3.3. Teoremas fundamentales de la codificación	360
6.3.4. Utilización de la teoría de la información	369
6.4. Comprensión sin errores	
6.4.1. Codificación de longitud variable	373
6.4.2. Codificación de planos de bits	380
6.4.3. Codificación predictiva sin pérdidas	389
6.5. Comprensión con pérdidas	393
6.5.1. Codificación predictiva con pérdidas	394
6.5.2. Codificación por transformación	407
6.6. Estándares de comprensión de imágenes	
6.6.1. Estándares de comprensión de imágenes binarias (de dos niveles)	423
6.6.2. Estándares de comprensión de imágenes de tonalidad continua	429
6.7. Conclusiones	
Referencias	440
Problemas	442
7. Segmentación de imágenes	447
7.1. Detección de discontinuidades	448
7.1.1. Detección de puntos	449
7.1.2. Detección de líneas	
7.1.3. Detección de bordes	450
7.1.4. Detección combinadas	459
7.2. Enlazado de bordes y detección de límites	464
7.2.1. Procesamiento local	467
7.2.2. Procesamiento global por medio de la transformada de Hough	469
7.2.3. Procesamiento global por medio de técnicas de la teoría de grafos	474
7.3. Umbralización	478
7.3.1. Fundamentos	479
7.3.2. El papel de la iluminación	480
7.3.3. Umbralización global simple	
7.3.4. Umbralización óptima	483
7.3.5. Selección de umbral basada en las características de límite	489
7.3.6. Umbrales basados en varias variables	492
7.4. Segmentación orientada a regiones	
7.4.1. Formulación básica	495
7.4.2. Crecimiento de regiones por agregación de píxeles	
7.4.3. División y fusión de regiones	498
7.5. Utilización del movimiento en la segmentación	
7.5.1. Técnicas espaciales	503
7.5.2. Técnicas en el dominio de la frecuencia	510
7.6. Conclusiones	515

Referencias	515
Problemas	517
8. Representación y descripción	523
8.1. Esquemas de representación	
8.1.1. Códigos de cadena	524
8.1.2. Aproximaciones poligonales	526
8.1.3. Firmas	529
8.1.4. Lados del contorno	531
8.1.5. El esqueleto de una región	532
8.2. Descripciones de contorno	
8.2.1. Algunos descriptores simples	535
8.2.2. Números de forma	537
8.2.3. Descriptores de Fourier	538
8.2.4. Momentos	543
8.3. Descriptores de región	
8.3.1. Algunos descriptores simples	545
8.3.2. Descriptores topológicos	
8.3.3. Textura	548
8.3.4. Momentos	556
8.4. Morfología	558
8.4.1. Dilatación y erosión	561
8.4.2. Apertura y cierre	565
8.4.3. Transformación al azar	571
8.4.4. Algunos algoritmos morfológicas básicos	573
8.4.5. Ampliaciones a las imágenes de escala de grises	593
8.5. Descripciones relacionadas	605
8.6. Conclusiones	
Referencias	610
Problemas	611
9. Reconocimiento e interpretación	615
9.1. Elementos del análisis de imágenes	616
9.2. Patrones y clases de patrones	618
9.3. Métodos de decisión teórica	624
9.3.1. Correspondencia	625
9.3.2. Clasificaciones estadísticos óptimos	631
9.3.3. Redes neuronales	641
9.4. Métodos estructurales	667
9.4.1. Correspondencia de números de forma	668
9.4.2. Correspondencia de cadenas	669
9.4.3. Métodos sintácticos	672
9.5. Interpretación	688
9.5.1. Fundamentos	689
9.5.2. Tipos de conocimiento	690
9.5.3. Sistemas lógicos (cálculo de predicados)	691
9.5.4. Redes semánticas	701

9.5.5. Sistemas (expertos) de producción	703
9.6. Conclusiones	708
Referencias	709
Problemas	710
Apéndice A. Generación de imágenes de semitono	715
Apéndice B. imágenes codificadas	721
Bibliografía	735
Índice	757