

Table des matières

La série Télédétection pour l'observation des surfaces continentales	13
André MARIOTTI	
Introduction	17
Nicolas BAGHDADI et Mehrez ZRIBI	
Chapitre 1. Physique de la mesure dans le domaine optique	21
Xavier BRIOTTET	
1.1. Introduction	21
1.2. Grandeurs radiatives	22
1.2.1. Préambule	22
1.2.2. Grandeurs radiatives	23
1.2.2.1. Cas particulier du corps noir	24
1.2.2.2. La polarisation	25
1.2.3. Propriétés radiatives de la matière	25
1.2.3.1. Propriétés optiques des surfaces terrestres	28
1.2.3.2. Exemples de propriétés optiques des surfaces terrestres	31
1.2.3.3. Cas de l'atmosphère	36
1.2.4. Introduction au transfert radiatif	42
1.3. Présentation des principaux systèmes d'acquisition d'image dans le domaine optique	48
1.4. Méthodes d'inversion pour estimer les propriétés optiques et la température de surface	55
1.4.1. Méthodes d'inversion dans le domaine réflectif (0.4-2.5 μm)	55
1.4.1.1. Les méthodes empiriques	56
1.4.1.2. Les méthodes basées sur le transfert radiatif	57

1.4.2. Méthodes d'inversion dans le domaine émissif (8.0-12.0 μm)	62
1.4.2.1. Méthodes empiriques	63
1.4.2.2. Méthodes avec hypothèses <i>a priori</i>	64
1.4.2.3. Méthodes de régularisation	66
1.4.2.4. Méthodes multitemporelles	66
1.5. Bibliographie	67

Chapitre 2. Traitement d'images satellitaires multispectrales. 73

Kenji OSE, Thomas CORPETTI et Laurent DEMAGISTRI

2.1. Introduction	73
2.2. Notions et rappels sur l'image	74
2.2.1. Tableau de valeurs	74
2.2.2. Stockage physique des images	77
2.2.2.1. Codage des pixels	78
2.2.2.2. Formats de fichiers et métadonnées	79
2.2.3. Les quatre résolutions	84
2.2.3.1. Résolution spatiale	84
2.2.3.2. Résolution spectrale	86
2.2.3.3. Résolution temporelle	87
2.2.3.4. Résolution radiométrique	88
2.2.3.5. Combinaison des résolutions spatiale et spectrale : fusion de données	89
2.3. Visualisation des images optiques multispectrales	90
2.3.1. Enregistrement de l'image satellitaire multispectrale	91
2.3.2. Affichage monochromatique et gestion des contrastes	91
2.3.3. Synthèse additive et compositions colorées	95
2.3.4. Détection de changement	97
2.4. Les prétraitements des images satellitaires multispectrales	98
2.4.1. Prétraitements géométriques	98
2.4.1.1. Déformations géométriques et orthorectification des images	98
2.4.1.2. Transformations polynomiales	101
2.4.1.3. Généralisation aux fonctions rationnelles polynomiales	103
2.4.1.4. Mise en œuvre d'une transformation géométrique	104
2.4.2. Prétraitements radiométriques	105
2.4.2.1. Du compte numérique à la luminance	106
2.4.2.2. De la luminance à la réflectance apparente	107
2.4.2.3. Corrections des effets atmosphériques	109
2.4.2.4. Corrections des effets topographiques	111
2.5. Extraction d'informations	114

2.5.1. Méthodes non supervisées : <i>clustering</i>	114
2.5.2. Méthodes supervisées : classification et régression	116
2.5.2.1. Classification	117
2.5.2.2. Régression	123
2.5.2.3. Notes	125
2.5.2.4. Valeurs spectrales, indices de textures, pixel <i>versus</i> objet	126
2.6. Conclusions et perspectives	131
2.7. Bibliographie	133

Chapitre 3. Modèles numériques de terrain

à partir d'images optiques	137
---	------------

Jean-Marc DELVIT et Julien MICHEL

3.1. Introduction : les grands principes de la stéréoscopie spatiale	137
3.2. Modélisation géométrique de la prise de vue	139
3.2.1. Principe général	139
3.2.2. Modélisation physique de la prise de vue	140
3.2.2.1. Calcul du modèle direct	140
3.2.2.2. Calcul du modèle inverse	142
3.2.3. Modélisation analytique de la géométrie de prise de vue	144
3.2.4. Affinage du modèle géométrique de prise de vue	145
3.2.4.1. Principe général	146
3.2.4.2. Choix des inconnues	147
3.2.4.3. Choix des points d'appui	148
3.2.4.4. Affinage simultané de plusieurs modèles : la spatiotriangulation	149
3.2.5. Notion de géométrie épipolaire	152
3.3. Mise en correspondance d'images	154
3.3.1. Quelques grands principes	154
3.3.2. Taxonomie des algorithmes de stéréo-restitution	156
3.3.2.1. Hypothèses	157
3.3.2.2. Fonctions de coûts	157
3.3.2.3. Méthodes locales	158
3.3.2.4. Méthodes globales	159
3.3.2.5. Raffinement	160
3.3.3. Les défauts classiques de l'estimation de disparité	162
3.3.3.1. Faces visibles, faces cachées	162
3.3.3.2. Adhérence	163
3.3.3.3. Zones non discriminantes	164
3.3.3.4. Structures pseudo-périodiques et autosimilarité	164
3.3.3.5. Asynchronie	165
3.4. De la disparité au modèle numérique de surface	165

3.5. Quelques conclusions et perspectives	169
3.6. Bibliographie	170

Chapitre 4. Traitement d'images hyperspectrales 173

Xavier CEAMANOS et Silvia VALERO

4.1. Introduction	173
4.2. Images hyperspectrales, leur représentation et leur prétraitement	175
4.2.1. Qu'est-ce qu'une image hyperspectrale ?	175
4.2.2. Réduction du bruit et restitution des propriétés de surface	176
4.2.3. Réduction de dimensionnalité	177
4.2.4. Compression d'images hyperspectrales	179
4.2.5. Autres représentations des données hyperspectrales	180
4.3. Caractérisation spectrale	182
4.3.1. Bibliothèques spectrales	182
4.3.2. Méthodes d'association spectrale	183
4.4. Segmentation spectrale	185
4.5. Classification spectrale	186
4.5.1. Introduction	186
4.5.2. Classification spectrale non supervisée	189
4.5.3. Classification spectrale supervisée	191
4.5.4. Classification spatiale-spectrale	194
4.6. Démixage spectral	194
4.6.1. Types de mélange sous-pixel et modèle de mélange	194
4.6.2. Estimation du nombre de pôles purs	196
4.6.3. Extraction de pôles purs et estimation des cartes d'abondance	196
4.6.4. Exemple de démixage spectral	197
4.7. Détection de cibles, anomalies et objets	198
4.7.1. Détection de cibles	198
4.7.2. Détection d'anomalies	199
4.7.3. Détection d'objets	200
4.8. Nouvelles directions dans le traitement d'images hyperspectrales	201
4.9. Bibliographie	203

Chapitre 5. Principe et physique de la mesure lidar 209

Patrick CHAZETTE, Julien TOTEMS, Laurent HESPEL et Jean-Stéphane BAILLY

5.1. Introduction	209
5.2. Généralités sur l'instrument lidar	209
5.2.1. Définition et historique	209
5.2.2. Les applications en géophysique	211

5.2.3. Les systèmes lidars embarqués	212
5.3. Généralités sur les systèmes optiques des lidars	215
5.3.1. Architecture et chaîne fonctionnelle	215
5.3.2. Emission	216
5.3.2.1. Laser	216
5.3.2.2. Mise en forme du faisceau émis	218
5.3.3. Balayage	219
5.3.4. Réception.	220
5.3.4.1. Collection du flux	220
5.3.4.2. Filtrage	223
5.3.4.3. Détection.	224
5.4. Equation lidar du profiteur	226
5.4.1. Interaction avec les milieux diffusants et résolution verticale	226
5.4.1.1. Rétrodiffusion.	226
5.4.1.2. Atténuation	227
5.4.1.3. Profondeur d'interaction	227
5.4.2. Puissance rétrodiffusée.	228
5.4.3. Cas d'une émission laser brève	230
5.4.3.1. Détection en comptage de photons	230
5.4.3.2. Détection analogique	231
5.4.3.3. Forme générale de l'équation lidar	232
5.4.4. Contribution du fond de ciel.	233
5.4.5. Fonction de recouvrement	234
5.5. Sources d'incertitude sur la mesure lidar	236
5.5.1. Bruit instrumental	236
5.5.1.1. Bruit de détection.	236
5.5.1.2. Le rapport signal sur bruit.	238
5.5.1.3. Impact sur la mesure de distance par lidar	240
5.5.2. Incertitudes de géoréférencement	242
5.6. Bibliographie	245

Chapitre 6. Méthodes de traitement de données lidar 251

Clément MALLET, Nesrine CHEHATA et Jean-Stéphane BAILLY

6.1. Introduction	251
6.2. Analyse des formes d'onde lidar	252
6.2.1. Technologie	252
6.2.2. Déconvolution de formes d'onde.	255
6.2.3. Méthodes de détection et de décomposition non supervisées	256
6.2.4. Méthodes supervisées	258
6.2.4.1. Extraction de la partie utile des formes d'onde	259
6.2.4.2. Réduction de la dimension des formes d'onde	260

6.2.4.3. Modèles statistiques	266
6.2.5. Méthodes d'inversion d'équations lidar	267
6.3. Traitement des nuages de points 3D	267
6.3.1. Extraction d'attributs lidar	268
6.3.1.1. Attributs fondés sur les altitudes	269
6.3.1.2. Attributs fondés sur les échos	269
6.3.1.3. Attributs fondés sur la géométrie 3D locale	271
6.3.1.4. Attributs fondés sur l'intensité lidar	271
6.3.1.5. Attributs dérivés de la forme d'onde	273
6.3.2. Filtrage et segmentation de nuages de points 3D	274
6.3.3. Reconnaissance de formes : extraction de plans, de sphères et de cylindres	278
6.3.4. Classification, synergie avec d'autres sources de données	280
6.4. Perspectives	284
6.5. Bibliographie	286

**Chapitre 7. Modèles numériques de terrain
à partir de données lidar aéroportées 295**

Clément MALLET et Nicolas DAVID

7.1. Introduction	295
7.2. Filtrage de nuages de points 3D	298
7.2.1. Introduction	298
7.2.2. Filtrage morphologique	301
7.2.3. Densification progressive	301
7.2.4. Filtrage fondé sur l'ajustement de surfaces	302
7.2.5. Intégration d'informations non géométriques	304
7.3. Interpolation/ajustement de surface	306
7.4. Qualification des modèles numériques de terrain	307
7.5. Bibliographie	310

Acronymes 315

Glossaire 333

Index 347

Comité scientifique 353

Sommaires des autres volumes de la série 355