
Manuel de photogrammétrie

principes et procédés fondamentaux

Karl Kraus
Peter Waldhäusl

Traduction de
Pierre Grussenmeyer
Olivier Reis

Manuel photogrammétrie



22801000 610

CNT

HERMES

Table des matières

Avant-propos	11
Chapitre 1. Introduction	13
1.1. Définition et applications	13
1.2. Quelques remarques sur l'histoire de la photogrammétrie	14
Chapitre 2. Principes mathématiques	17
2.1. Rotation dans le plan	17
2.2. Rotation dans l'espace	20
2.3. Projection centrale dans l'espace	26
2.4. Projection centrale d'un plan	30
2.5. Projection centrale d'une droite	34
2.6. Stéréorestitution dans le cas normal	36
2.7. Théorie des erreurs dans le cas normal	39
2.8. Exercices du chapitre 2	40
Chapitre 3. Chambres photogrammétriques : techniques photographiques et mise en œuvre	43
3.1. Orientation interne	43
3.1.1. Orientation interne d'une chambre photogrammétrique	43
3.1.2. Orientation interne d'une photo métrique	51
3.1.3. Reconstitution de l'orientation interne	53
3.2. Aspects photographiques	54
3.2.1. Généralités	54
3.2.2. Couleur et filtres	55
3.2.3. Processus photographique en photographie noir et blanc	59
3.2.4. Gradation	59
3.2.5. Sensibilité générale du film	63
3.2.6. Processus photographique en photographie couleur	65
3.2.7. Sensibilité spectrale	69
3.2.8. Eclairage en photographie	70

3.2.9. Films pour la photographie aérienne	73
3.2.10. Copie avec contrôle du contraste	75
3.3. Netteté de l'image	75
3.3.1. Profondeur de champ	76
3.3.2. Diffraction	80
3.3.3. Pouvoir résolvant optique et photographique	81
3.3.4. Contraste et transfert de contraste	85
3.3.5. Effet de filé	89
3.4. Chambres photogrammétriques terrestres	92
3.4.1. Exigences à satisfaire par les chambres photogrammétriques terrestres	92
3.4.2. Constitution des chambres photogrammétriques terrestres	94
3.4.3. Caractéristiques de quelques chambres photogrammétriques terrestres	96
3.4.3.1. Chambres stéréométriques	96
3.4.3.2. Chambres photogrammétriques indépendantes	98
3.5. Organisation de la mission de prise de vues terrestres	100
3.6. Remarques relatives à la nomenclature et à la classification	106
3.7. Chambres photogrammétriques aériennes	108
3.7.1. Exigences à satisfaire par les chambres photogrammétriques aériennes	108
3.7.2. Principe de conception et exemples de chambres photogrammétriques aériennes	113
3.8. Plan de vol	120
3.9. Avions photographes	123
3.10. Exercices du chapitre 3	126
Chapitre 4. Stéréorestitution	131
4.1. Orientation externe connue	132
4.1.1. Voie numérique	132
4.1.2. Stéréorestituteur analogique	133
4.2. Orientation externe inconnue	134
4.2.1. Orientation indépendante des deux clichés	134
4.2.2. Orientation simultanée des deux clichés (en une étape)	136
4.2.3. Orientation simultanée des deux clichés (en deux étapes)	137
4.2.3.1. Calcul de l'orientation relative avec les coordonnées-images	139
4.2.3.2. Calcul de l'orientation relative sur un restituteur analogique	145
4.2.3.3. Orientation relative empirique sur un restituteur analogique	152
4.2.3.4. Surfaces d'exception de l'orientation relative	158
4.2.3.5. Théorie des erreurs de l'orientation relative	162
4.2.3.6. Orientation absolue sur un restituteur analogique	168
4.2.3.7. Calcul de l'orientation absolue	173
4.3. Appareils et méthodes de stéréorestitution	177
4.3.1. Systèmes d'observation stéréoscopique	177
4.3.1.1. Vision binoculaire naturelle	177
4.3.1.2. Observation de couples stéréoscopiques	178
4.3.2. Principe de la mesure stéréoscopique	185

4.3.3. Stéréomicromètres	186
4.3.4. Stéréocomparateurs et monocomparateurs	189
4.3.4.1. Stéréocomparateurs	189
4.3.4.2. Monocomparateurs et appareils de transfert de points	191
4.3.5. Correction des coordonnées-images.	195
4.3.6. Prise en compte de la courbure terrestre.	199
4.3.7. Remarques	204
4.3.8. Restituteurs analytiques universels	205
4.3.8.1. Principe de base	205
4.3.8.2. Méthodes de restitution	210
4.3.8.3. Caractéristiques techniques des restituteurs et accessoires	212
4.3.9. Restituteurs analytiques simplifiés.	216
4.3.10. Restituteurs analogiques	219
4.3.10.1. Principe de la projection optique	220
4.3.10.2. Principe de la projection mécanique	222
4.4. Précision de la stéréorestitution	226
4.4.1. Photogrammétrie aérienne	226
4.4.1.1. Coordonnées de points isolés	226
4.4.1.2. Restitution de la planimétrie	230
4.4.1.3. Restitution de courbes de niveau.	231
4.4.1.4. Restitution de profils et de semis de points (réguliers)	232
4.4.2. Photogrammétrie terrestre et cas particuliers de la photogrammétrie aérienne	233
4.5. Conseils pratiques pour la stéréorestitution.	234
4.5.1. Matériau photographique	234
4.5.2. Orientations.	235
4.5.3. Restitution de lignes.	237
4.6. Exercices relatifs au chapitre 4	241
Chapitre 5. Triangulation photogrammétrique.	249
5.1. Remarques préliminaires.	249
5.2. Compensation en bloc par modèles indépendants	251
5.2.1. Compensation d'un bloc en planimétrie.	252
5.2.2. Compensation en bloc dans l'espace	260
5.2.3. Précision planimétrique et altimétrique de la compensation en bloc par modèles indépendants	262
5.2.3.1. Précision planimétrique	262
5.2.3.2. Précision altimétrique	268
5.2.3.3. Précision empirique en planimétrie et en altimétrie.	270
5.2.3.4. Précision planimétrique et altimétrique de la triangulation par bandes	270
5.2.4. Remarques sur la conception des restituteurs	273
5.2.5. Remarques relatives aux applications.	274
5.3. Triangulation par faisceaux.	275

5.3.1. Relations mathématiques entre les coordonnées-images et les coordonnées-objets	276
5.3.2. Relations différentielles	278
5.3.3. Equations d'erreurs et équations normales d'un bloc de clichés	279
5.3.4. Résolution des équations normales	282
5.3.5. Orientation interne inconnue et paramètres additionnels	283
5.3.6. Précision, avantages et inconvénients de la triangulation par faisceaux	284
5.3.7. Cas particuliers de la triangulation par faisceaux	285
5.3.7.1. Relèvement spatial.	285
5.3.7.2. Compensation d'un couple de clichés	285
5.3.7.3. Intersection spatiale	286
5.3.8. Triangulation en bloc par faisceaux en photogrammétrie rapprochée	286
5.4. Exercices du chapitre 5	290
Chapitre 6. Orthophotographie.	293
6.1. Déformations d'un cliché métrique	294
6.2. Redressement par transformation de la perspective centrale	302
6.2.1. Redressement photographique avec rétablissement de l'orientation interne	302
6.2.2. Redressement photographique sans rétablissement de l'orientation interne	303
6.2.2.1. Conditions optiques	303
6.2.2.2. Conditions géométriques	305
6.2.2.3. Redressement à partir de paramètres de réglage	308
6.2.2.4. Redressement avec points de calage et prise en compte de l'orientation interne.	309
6.2.2.5. Redressement avec points de calage sans prise en compte de l'orientation interne	310
6.2.2.6. Redressement sans points de calage	311
6.2.3. Redresseurs	311
6.2.4. Précision des orthophotos redressées	313
6.3. Redressement par transformation différentielle	316
6.3.1. Principe et mise en œuvre du redressement différentiel	316
6.3.2. Redressement de prises de vues inclinées d'objets plans	320
6.3.3. Redressement de surfaces d'objets courbes	323
6.3.3.1. Méthodes de saisie de données	323
6.3.3.2. Précision des orthophotos obtenues par redressement différentiel	326
6.4. Conseils pratiques pour l'orthophotographie	335
6.4.1. Matériau photographique	335
6.4.2. Format d'orthophoto	335
6.4.3. Orthophotoplans	336
6.5. Monorestitution analogique et analytique	337
6.5.1. Restitution analogique et analytique d'orthophotos	337
6.5.2. Restitution analytique d'une photo inclinée d'un objet plan	338

6.5.3. Monorestitution analytique de surfaces d'objets courbes	339
6.6. Exercices du chapitre 6	341
Chapitre 7. Photogrammétrie numérique	345
7.1. Définition d'une image photogrammétrique numérique	345
7.2. Création d'images numériques	347
7.2.1. Numérisation d'images photographiques	348
7.2.2. Caméras numériques	351
7.3. Mesure automatique de réseaux et de repères de fond de chambre	353
7.4. Mesure automatique de points	359
7.5. Orthophoto numérique	360
7.6. Orientation des images photogrammétriques numériques	363
7.7. Reconstitution automatique de surfaces	368
7.7.1. Corrélations suivant une seule direction	368
7.7.2. Opérateurs d'intérêt	369
7.7.3. Corrélations à l'aide de lignes caractéristiques	370
7.7.4. Pyramides d'images	375
7.7.5. Intégration de l'espace-objet à la corrélation	377
7.8. Stations de travail pour la photogrammétrie numérique	378
7.9. Exercices du chapitre 7	383
Annexes	385
Abréviations	395
Bibliographie	397
Index	399

La photogrammétrie permet de définir avec précision la forme, la dimension et la position d'objets dans l'espace à partir de photographies. Les premières bases théoriques et pratiques de cette discipline remontent au milieu du XIX^e siècle. Actuellement, elle est régulièrement mise en œuvre pour la constitution de cartes et de bases de données topographiques.

L'introduction des techniques numériques, les performances toujours croissantes des ordinateurs et la généralisation des méthodes de traitement d'image ont profondément modifié le processus de restitution, désormais en grande partie assistés par ordinateur.

Manuel de photogrammétrie aborde les principes fondamentaux de la photogrammétrie tout en s'attachant à faire le point sur l'état actuel des connaissances et à esquisser les perspectives d'avenir de cette science. Il est articulé autour de six chapitres principaux traitant tour à tour des fondements mathématiques, des chambres photogrammétriques et des techniques photographiques qu'elles impliquent, de la stéréorestitution, de l'aérotriangulation, de l'orthophotographie et de la photogrammétrie numérique.

Les auteurs

Karl Kraus et Peter Waldhäusl sont professeurs à l'Institut de photogrammétrie et de télédétection de l'Université technique de Vienne.

Les traducteurs

Pierre Grussenmeyer, ingénieur géomètre-topographe ENSAIS, docteur en photogrammétrie, est maître de conférences à l'ENSAIS au sein du département Génie civil et Topographie.

Olivier Reis, ingénieur géomètre-topographe ENSAIS est titulaire d'un DESS de traduction professionnelle.

Editions HERMES
8, quai du Marché-Neuf
75004 Paris

