بسم الله الرحمن الرحيم

مقدمة في المساحة التصويرية التحليلية والرقمية

تأليـــف

أ.د. عبد الله الصادق علي

أستاذ - قسم الهندسة المدنية

كلية الهندسة - جامعة الملك سعود

النشر العلمي والمطابع - جامعة الملك سعود

ص.ب ٦٨٩٥٣ - الرياض ١١٥٣٧ - المملكة العربية السعودية

ح جامعة الملك سعود، ١٤٢٧هـ - ٢٠٠٦م

فهرسة مكتبة الملك فهد الوطنية أثناء النشر

علي، عبد الله الصادق

مقدمة في المساحة التصويرية التحليلية والرقمية. / عبد الله الصادق علي.- الرياض، ١٤٢٦هـ.

٢٨٥ص؛ ١٧سم × ٢٤ سم

ردمك: ١-٩٠٥-٣٧-٩٩٦٠

١- المساحة التصويرية أ- العنوان

ديوي ٥٢٦,٩٨٢ ١٤٢٦/٤٩٨٩

رقم الإيداع: ١٤٢٦/٤٩٨٩

ردمك: ١-٩٠٥-٣٧-٩٩٦٠

حكمت هذا الكتاب لجنة متخصصة شكلها المجلس العلمي بالجامعة، وقد وافق المجلس العلمي على نشره، بعد الاطلاع على تقارير المحكمين في اجتماعه الرابع عشر للعام الدراسي ١٤٢٥/١٤٢٦هـ، المنعقد بتاريخ ١٤٢٦/٢/٣هـ الموافق ٢٠٠٥/٣/١٣م.

النشر العلمي والمطابع

المقدمة

تعتبر المساحة التصويرية التحليلية أحد الفروع المهمة في علم هندسة المساحة، أو ما يسمى حديثاً بالهندسة الجيوماتيكية بعد تكاملها مع المساحة التصويرية الرقمية وتقنية الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية وعلم معالجة الصور الرقمية. وقد لعب هذا العلم دوراً مهماً في العديد من التخصصات العلمية التي تعتمد على تفسير وقياس الصور الجوية والأرضية وعلى صور الأشعة السينية. كما ساهمت هذه التقنية في الكثير من أوجه التقدم الهائل الذي حدث في تكنولوجيا الفضاء والصواريخ عابرة القارات ودراسات وتحليل مواقع الكواكب وحركة الأجرام السماوية ومداراتها. كما استعملت تقنية المساحة التصويرية التحليلية والرقمية في العقود الأخيرة بكثرة في وضع الخطط الحربية وتحديد مواقع العدو ومنشآته وآلياته ومن ثم وضع الخطط المناسبة للتعامل مع كل ذلك. وبالرغم من أهمية هذا العلم إلا أن الكتب التي أُلفت فيه ما زالت جد قليلة كما أن معظمها كتب إما باللغة الإنجليزية أو الفرنسية. وحسب علم المؤلف لا يوجد كتاب باللغة العربية يتطرق إلى تقنية المساحة التصويرية التحليلية والرقمية واستعمالاتها المختلفة. ولذلك يأمل المؤلف أن يساهم هذا الجهد المتواضع في تعريف القارئ العربي، الذي يتطلب عمله التعامل مع الصور الجوية والأرضية والخرائط

الطبوغرافية وكل ما يمت إلى تمثيل ودراسة سطح الأرض وما عليها، بهذه التقنية وطرق الاستفادة منها.

يتكون الكتاب من ثمانية فصول تناقش الموضوعات الآتية:

الفصل الأول: المساحة التصويرية

يقدم هذا الفصل معلومات تعريفية أساسية عن علم المساحة التصويرية وأنواعه والآليات النظرية والتطبيقية التي تستعمل فيه. كما يشرح بإيجاز الحلول التحليلية ونظم العمل ونوعية المدخلات الرئيسة والمخرجات التي يمكن الحصول عليها. كما يبين باختصار نشأة وتطور هذا العلم عبر السنين حتى ظهور المساحة التصويرية الرقمية في بداية العقد المنصرم.

الفصل الثاني: قياس الإحداثيات

يشرح هذا الفصل طرق قياس الإحداثيات على الصور الجوية ونظم الإحداثيات المختلفة المستعملة في هذا الشأن، كما يشرح تصميم وعمل وإدارة وخصائص الأجهزة المختلفة المستعملة في قياس إحداثيات النقاط الصورية والدقة المترية لكل جهاز وبعض التطبيقات المناسبة لاستعمال هذه الأجهزة.

الفصل الثالث: تنقية الإحداثيات

تحتوي إحداثيات النقاط المقيسة على الصورة الجوية أو الأرضية على عدد من الأخطاء المترية من عدة مصادر، بعضها يختص بعملية التصوير نفسها وبعضها يتعلق بتصميم العدسة والبعض الآخر له صلة بحركة الطائرة والفيلم والخصائص الفيزيائية

للوسط التي تمت فيه عملية التصوير، كتأثير الغلاف الجوي وكروية الأرض ودورانها حول نفسها. يناقش الفصل تحديد هذه الأخطاء ونمذجتها رياضياً ومن ثم إيضاح طرق معالجتها وإزالتها من هذه الإحداثيات أو التخفيف من آثارها على النتيجة النهائية للعملية المساحية مع إعطاء أمثلة محلولة وبعض التمارين التي يمكن للطالب حلها بمفرده للتأكد من استيعابه للمادة المقدمة في هذا الفصل.

الفصل الرابع: حالتا المستقيمية والمستوية وتطبيقاتهما

يركز هذا الفصل على شرح وإيضاح هاتين الحالتين الهندسيتين واشتقاق المعادلات الرياضية الخاصة بهما وكيفية جعل تلك المعادلات خطية تمهيداً لاستعمالها في حل المسائل الهندسية. وتعتبر هذه المعادلات أهم النماذج الرياضية المستعملة في عمليات المساحة التصويرية التحليلية والرقمية.

يأتي بعد ذلك شرح بعض التطبيقات المهمة لهذه المعادلات، مثل التقويم الفضائي والتقاطع الفضائي (Space Resection and Intersection) والتصحيح التحليلي والتوجيه النسبي التحليلي للنماذج الصورية والتثليث الجوي، ويختتم الفصل بإجراء مقارنة موجزة بين حالة المستقيمية وحالة المستوية فيما يخص سهولة التطبيق ونوعية المخرجات النهائية.

الفصل الخامس: التوجيهات التحليلية وتطبيقاتها

يشرح هذا الفصل بإسهاب العناصر المختلفة والنماذج الرياضية التحليلية للتوجيهات الثلاثة المعروفة في المساحة التصويرية، وهي الداخلي والنسبي والمطلق (الخارجي). ومن ضمن الموضوعات التي يركز عليها هذا الفصل طرق معايرة

الكاميرات الجوية وحساب الدقة التمييزية لنظام التصوير كأهم عناصر التوجيه الداخلي مع بعض الأمثلة المحلولة والتمارين المنزلية. يسهب هذا الفصل كذلك في شرح التوجيه النسبي التحليلي (أو الرياضي) عن طريق حالتي المستقيمية والمستوية مع اشتقاق المعادلات الضرورية المستعملة في هذا الشأن. يحوي الفصل في آخره إشارة إلى برنامجين حاسوبيين للتوجيهين النسبي والمطلق بلغة الفورتران وضعا في شكل ملحقين، وذلك لمساعدة الطالب في حل بعض التمارين التي تتطلب استعمال هذين البرنامجين في الفصل السابع.

الفصل السادس: الراسمات التحليلية

في كتاب يعالج تقنية المساحة التصويرية لا بد من التطرق لأجهزة الرسم الأتوغرافي، سواء كانت محاكية أو تحليلية أو رقمية. يشرح هذا الفصل بشيء من الإسهاب تصميم وعمل الراسمات التحليلية وأنواعها وطرق التوجيهات الداخلي والنسبي والمطلق عليها وإيضاح أوجه التشابه والاختلاف بين الأنواع المختلفة للراسمات التحليلية . كما يتطرق هذا الفصل للراسمات التحليلية المصممة لإنتاج الصور المقومة وتلك القادرة على إجراء الارتباط الرقمي وأجهزة المقارنة الأحادية التلقائية ومستقبل كل هذه الأنواع والتصميمات. يختتم الفصل بنبذة موجزة عن الراسمات الرقمية الحديثة وإمكانية إحلالها مكان الراسمات التحليلية مستقبلاً مع ذكر بعض الصعوبات التي تواجه عملية الإحلال في الوقت الراهن.

الفصل السابع: التثليث الجوي

التثليث الجوي هو أحد التطبيقات المهمة لتقنية المساحة التصويرية التحليلية والرقمية. وقد ظل هذا العلم لسنين طويلة إحدى الوسائل المهمة لتكثيف نقاط التحكم

الأفقية والرأسية اللازمة لإنجاز مشاريع التغطية الطبوغرافية الممتدة لمساحات واسعة أو تلك المشاريع المتعلقة بدراسة وتحليل تصدعات المباني والجسور والأبراج والخزانات والسدود حيث تتطلب الدراسة إجراء قياسات إحداثية لمئات وربما آلاف النقاط على سطوح هذه المنشآت . يبدأ الفصل بشرح مختصر للتطبيقات المختلفة للتثليث الجوي ومميزات هذا العلم والصعوبات التي تكتنف تطبيقه. ثم يسهب كثيراً في شرح الطرق المختلفة المتبعة في التثليث الجوي. يختم الفصل بشرح مختصر لاستعمال نظم التوقيع العالمي (الحديثة) في عمليات التثليث الجوي مع ذكر لبعض البرامج الحاسوبية التي اشتهرت عالمياً في المجالين التجاري والأكاديمي.

الفصل الثامن: مقدمة في المساحة التصويرية الرقمية

بالرغم من قصر عمر تقنية المساحة التصويرية الرقمية - حوالي عشر سنوات مقارنة بأكثر من سبعين سنة للمساحة التصويرية المحاكية وحوالي ٢٠ إلى ٢٥ سنة للتحليلية- إلا أن هذه التقنية الحديثة أخذت تأخذ مكانها بجلاء وتفرض نفسها بقوة في مجال صناعة الخرائط والدراسات الهندسية الأخرى ذات الصلة. يبدأ الفصل بمقدمة عامة عن هذا العلم ثم يذكر مميزاته وعيوبه وطبيعة الصورة الرقمية بما في ذلك الخصائص الطيفية والإشعاعية والمكانية والمقياسية للمرئية الرقمية. يناقش الفصل بعدها طرق الحصول على الصور الرقمية وأنظمة الترقيم المختلفة وبعض خصائص الماسحات الضوئية المستعملة في ترقيم الصور، كما يناقش خصائص ومميزات وعيوب الصور الرقمية المباشرة (المأخوذة عن طريق كاميرات رقمية)، ويبين أن هذه التقنية تعتمد أساساً على معلومات رقمية، فلا بد إذن من التطرق إلى موضوع حفظ (تخزين) وضغط المعلومات الرقمية والطرق المتبعة في ذلك.

يناقش الفصل بعد ذلك مسألة التقويم الرقمي ومقارنته بالتقويم التحليلي المتبع في المساحة التصويرية التحليلية، ثم يتطرق إلى مسألة النظر المجسم للصور الرقمية مع شرح واف لعملية التناسق الرقمي وطرق حل المسائل والتمارين المتعلقة بذلك. ثم يشرح بإسهاب بعد ذلك هندسة الإيبوبولر والتي تساعد في تقليل العبء الحسابي الرقمي، يليها شرح الإنتاج الأتوماتيكي للنماذج الرقمية الأرضية وإنتاج الصور المقومة رقمياً.

يحتوي الكتاب في نهايته على عدد من المراجع باللغة الإنجليزية يمكن للطالب الذي يريد زيادة معلوماته من هذه المادة أن يرجع إليها.

وكما هو واضح من محتويات الكتاب فقد كان طالب هندسة المساحة وبدرجة أقل طالب الهندسة المدنية هما الهدف الأساس من طرح هذا الكتاب، ولكن - دون شك - يمكن لكل الذين يتعاملون مع الصور الجوية وعلم الخرائط أن يستفيدوا من مادة هذا الكتاب كل حسب حاجته.

لقد حرصت قدر الإمكان أن تأتي مادة هذا الكتاب خالية من الأخطاء والهنات ودون تكرار أو فراغ مخل بمستوي انسياب المعلومات وسهولة فهمها واستيعابها. وفي حالة حدوث شيء من ذلك فتلك مسؤليتي وحدي وأسأل الله التوفيق والسداد.

لقد ساهم عدد من الجهات والأفراد بصورة مباشرة أو غير مباشرة في إنجاز هذا العمل، وفي مقدمة هؤلاء مركز البحوث بكلية الهندسة في جامعة الملك سعود بالرياض المملكة العربية السعودية والذي دعم مشكوراً هذا الكتاب في هيئة مشروع بحثي. كذلك أود أن أزجي الشكر الجزيل للأخوين الزميلين الأستاذ الدكتور عصمت محمد الحسن والأستاذ الدكتور ظافر بن علي القرني بشعبة الهندسة المدنية بجامعة الملك سعود واللذين قاما بمراجعة المادة العلمية واللغة العربية. كذلك الشكر موصول للأخ

الدكتور فهد بن عبد العزيز أبانمي والذي سمح مشكوراً بترجمة جزء من مذكراته في مادة ٤٦٤ همس المساحة التصويرية الرقمية والتي ضمنت في الفصل الثامن.

الشكر موصول أيضاً لعائلتي الصغيرة والكبيرة علي تشجيعهم لي علي كتابة هذا المؤلّف وعلي صبرهم وتحملهم لكثير من المضايقات التي أحدثها هذا الكتاب أثناء فترة إعداده ؛ فلهم مني الشكر والثناء.

عبد الله الصادق علي

المحتويات

الموضوع: الصفحة

المقدمة ..... هـ

قائمة الأشكال ..... ق

قائمة الجداول ..... ث

الفصل الأول: المساحة التصويرية ١

(١,١) مقدمة ١

(١,٢) نظام العمل في المساحة التصويرية التحليلية ٤

(١,٣) نشأة وتطور علم المساحة التصويرية ٦

(١,٤) تطور المساحة التصويرية التحليلية ٨

الفصل الثاني: قياس الإحداثيات ١٣

(٢,١) مقدمة ١٣

(٢,٢) نظام إحداثيات الصورة ١٤

(٢,٣) الأجهزة المستعملة في قياس إحداثيات النقاط على الصورة الجوية ١٧

(٢,٣,١) الأجهزة البسيطة ١٧
(٢,٣,٢) الأجهزة المقارنة ٢١

الفصل الثالث: تنقية إحداثيات الصورة ٣١
(٣,١) مقدمة ٣١
(٣,٢) مصادر الأخطاء ٣٢
(٣,٢,١) عدم تطابق نقطة الأصل مع نقطة تلاقي محوري المعايرة ... ٣٤
(٣,٢,٢) الخطأ الناتج من تمدد وانكماش الفيلم أو الورق ٣٦
(٣,٢,٣) تشوهات العدسة ٤٥
(٣,٢,٤) التشوه الناتج عن انكسار الضوء في الغلاف الجوي ٥٤
(٣,٢,٥) التشوهات الناتجة عن كروية الأرض ٥٨
(٣,٢,٦) الخطأ الهندسي الناتج عن تحرك الصورة ٦٢

الفصل الرابع: حالتا المستقيمية والمستوية وتطبيقاتهما ٦٥
(٤,١) المستقيمية ٦٥
(٤,٢) استعمالات معادلتي المستقيمية ٧٣
(٤,٢,١) التقويم الفضائي ٧٣
(٤,٢,٢) التقويم التحليلي ٧٥
(٤,٢,٣) التقاطع الفضائي ٧٨
(٤,٣) حالة المستوية ٨٠

الفصل الخامس: التوجيهات التحليلية وتطبيقاتها..... ٨٣
(٥,١) مقدمة..... ٨٣
(٥,٢) التوجيه الداخلي..... ٨٣
(٥,٢,١) الطريقة المخبرية لمعايرة كاميرا التصوير الجوي..... ٨٧
(٥,٢,٢) طريقة مقياس الزوايا (المزواة)المخبرية ٩٣
(٥,٢,٣) الطريقة الحقلية وطريقة النجوم (ستلر Stellar) ٩٣
(٥,٢,٤) معايرة الدقة التمييزية للكاميرا..... ٩٤
(٥,٣) التوجيه النسبي التحليلي..... ٩٨
(٥,٣,١) طريقة الكاميرا الواحدة في التوجيه النسبي المحاكي..... ٩٨
(٥,٤) التوجيه النسبي التحليلي باستعمال معادلة المستوية ١٠٨
(٥,٥) التوجيه المطلق (أو الخارجي).....١١٣

الفصل السادس: الراسمات التحليلية..... ١١٩
(٦,١) مقدمة.....١١٩
(٦,٢) تصميم وعمل الراسمات التحليلية ١٢٠
(٦,٣) أنواع الراسمات التحليلية ١٢٣
(٦,٣,١) الراسمات التحليلية البسيطة.....١٢٣
(٦,٣,١,١) الراسمـــــــات التي تعتمد على جهاز استيريو المرآة الماسح.....١٢٤
(٦,٣,١,٢) الراسمات التحليلية التي تحتوي على أجهزة الانتقال البصري ١٢٧
(٦,٣,١,٣) الراسمات التحليلية التي صممت خصيصا للعمل في المساحة التصويرية الأرضية.....١٣٠

(٦,٣,١,٤) الراسمات التي حولت من محاكية إلى تحليلية ١٣٢
(٦,٣,٢) الراسمات التحليلية الرئيسة ١٣٤
(٦,٣,٢,١) المكونات الرئيسة وطريقة العمل ١٣٥
(٦,٣,٢,٢) التوجيه الداخلي للراسمة التحليلية ١٣٧
(٦,٣,٢,٣) التوجيه النسبي للراسمة التحليلية ١٣٨
(٦,٣,٢,٤) التوجيه المطلق التحليلي للراسمة التحليلية..... ١٣٩
(٦,٣,٢,٥) الأعمال المساحية التي تؤديها الراسمة التحليلية الرئيسة ١٤٣
(٦,٣,٣) الراسمات التحليلية للصور المقومة..... ١٤٥
(٦,٣,٤) الأجهزة التحليلية القادرة على إجراء الارتباط الرقمي للصور ١٤٦
(٦,٣,٤,١) تزويد راسمات تحليلية بأنظمة ارتباط رقمي ١٤٧
(٦,٣,٤,٢) تطوير أجهزة مقارنة أحادية تلقائية ١٥٠
(٦,٤) مستقبل الراسمات التحليلية ١٥١
(٦,٥) الراسمات الرقمية ١٥٤
(٦,٦) الخصائص العامة للراسمات الرقمية ١٥٤

الفصل السابع: التثليث الجوي..... ١٥٧
(٧,١) تعريف ١٥٧
(٧,٢) تطبيقات التثليث الجوي ١٥٧
(٧,٣) طرق التثليث الجوي..... ١٦٠
(٧,٤) اختيار نقاط العبور في التثليث الجوي ١٦٢
(٧,٥) التثليث الجوي شبه التحليلي ١٦٥

(٧,٦) تكوين النموذج الشريطي من النماذج المستقلة..... ١٦٦
(٧,٧) النظام الإحداثي لمحور الطيران ١٦٨
(٧,٨) حساب إحداثيات المركزين الإسقاطيين للنموذجين ١٧٣
(٧,٩) تعديل النموذج الشريطي للإحداثيات الأرضية..... ١٧٤
(٧,٩,١) طرق تعديل الشريط ١٧٦
(٧,٩,١,١) طريقة شت لضبط النماذج الشريطية ١٧٦
(٧,٩,١,٢) طريقة المساحة الجيوديسية الأمريكية ١٧٧
(٧,٩,٢) مقارنة تحليلية بين نتائج الطريقتين ١٧٨
(٧,١٠) التثليث الجوي التحليلي ١٧٩
(٧,١٠,١) الطريقة المتبعة في تثليث الشريط ١٨٠
(٧,١٠,٢) استعمال الآلة الحاسبة في ربط النماذج..... ١٨٣
(٧,١١) تثليث كتلة النماذج ١٩٠
(٧,١٢) ضبط الحزمة الآني لكتلة النماذج..... ١٩١
(٧,١٣) ضبط الحزم باستعمال نظام التوقيع العالمي المحمول جوا..... ١٩٣
(٧,١٤) التثليث الجوي من صور الأقمار الصناعية ١٩٨
(٧,١٥) بعض الحزم الحاسوبية المستعملة في التثليث الجوي ١٩٩

الفصل الثامن: مقدمة في المساحة التصويرية الرقمية ٢٠٥
(٨,١) مقدمة..... ٢٠٥
(٨,٢) مميزات المساحة التصويرية الرقمية ٢٠٦
(٨,٣) طبيعة الصورة الرقمية..... ٢٠٨
(٨,٤) الدقة التمييزية للصور الرقمية ٢١٠

(٨,٥) فكرة مقياس الصورة في المساحة التصويرية الرقمية ٢١١
(٨,٦) حساب بعض القيم الإحصائية للصور الرقمية ٢١٣
(٨,٧) الحصول على الصور الرقمية ٢١٤
(٨,٨) أنظمة ترقيم الصور ٢١٥
(٨,٨,١) المسح البصري الميكانيكي ٢١٦
(٨,٨,٢) ترقيم الفيديو ٢١٨
(٨,٨,٣) ترقيم CCD والديود الضوئي الخطي ٢١٩
(٨,٨,٤) خصائص الماسحات البصرية ٢٢٠
(٨,٨,٥) الصور الرقمية المباشرة ٢٢٢
(٨,٩) تخزين وضغط المعلومات الرقمية ٢٢٤
(٨,٩,١) تخزين المعلومات ٢٢٤
(٨,٩,٢) ضغط المعلومات الرقمية ٢٢٦
(٨,١٠) التقويم (التصحيح) الرقمي ٢٢٧
(٨,١١) الرؤية المجسمة للصور الرقمية ٢٣٠
(٨,١٢) تناسق الصور الرقمية ٢٣٣
(٨,١٣) هندسة الإيبوبولر ٢٤٢
(٨,١٤) الإنتاج الآلي (التلقائي) للنماذج الأرضية الرقمية ٢٤٥
(٨,١٥) الإنتاج التلقائي للصور المقومة ٢٤٦
الملاحق ٢٤٩
المراجع ٢٦٣
ثبت المصطلحات ٢٦٧
كشاف الموضوعات ٢٧٩

قائمة الأشكال

الشكل الصفحة

(١,١) خطوات عمل الحلول التحليلية للمساحة التصويرية ٥
(٢,١) نظاما الإحداثيات الصورية..... ١٥
(٢,٢) جهاز المايكرورول لقياس إحداثيات النقاط على الصور الجوية..... ١٨
(٢,٣) قياس الإحداثيات بالمرقم الإلكتروني ١٩
(٢,٤) جهاز الزووم ماكروسكوب لقياس المسافات القصيرة ٢١
(٢,٥) الإحداثيات النموذجية والأرضية عن طريق أجهزة المقارنة..... ٢٢
(٢,٦) جهاز المقارنة الأحادي من كيرن..... ٢٤
(٢,٧) جهاز مقارنة أحادي من شركة زايس..... ٢٥
(٢,٨) المكونات الرئيسية لجهاز المقارنة الثنائي ٢٧
(٢,٩) استعمال الراسمات التقليدية في قياس إحداثيات الصورة..... ٢٨
(٣,١) اختصار الإحداثيات المقيسة لنقطة الأصل..... ٣٥
(٣,٢) تصحيح إحداثيات النقاط على الصورة ٣٩
(٣,٣) تشوهات العدسة نصف القطرية والمماسية ٤٨
(٣,٤) الشكل العام لمنحنى التشوه نصف القطري لكاميرا حديثة..... ٤٨

(٣,٥) انكسار الضوء في الغلاف الجوي ٥٤
(٣,٦) العلاقة بين Θ و α وارتفاع الطيران ٥٦
(٣,٧) تصحيح الخطأ الناتج عن كروية الأرض ٥٨
(٣,٨) التغير في خطأ كروية الأرض ٦٠
(٣,٩) الخطأ الناتج عن تحرك الصورة ٦٢
(٤,١أ) المستقيمية (الحالة العامة) ٦٦
(٤,١ب) المستقيمية بعد تدوير الصورةالجوية ٦٧
(٤,٢) التقاطع الفضائي ٧٩
(٤,٣) حالة المستوية ٨٠
(٥,١) موجهات بصرية لمعايرة الكاميرات الجوية ٨٨
(٥,٢) صور الموجهات البصرية ونقطة الأصل ٨٨
(٥,٣) منحنى تشوه العدسة باستعمال البعد البؤري المعاير ٩٢
(٥,٤) الطريقة المباشرة لمعايرة الكاميرا الجوية (شركة لايكا) ٩٥
(٥,٥) طريقة انتقال الانتظام لمعايرة الكاميرا الجوية ٩٦
(٥,٦) الوضع التقليدي لنقاط التوجيه النسبي الست ٩٩
(٥,٧) التوجيه النسبي التحليلي ١٠٠
(٥,٨) التوجيه النسبي التحليلي باستعمال حالة المستوية ١٠٨
(٥,٩) التوجيه المطلق التحليلي ١١٤
(٦,١) الأجزاء الرئيسة للراسمة التحليلية ١٢١
(٦,٢) جهاز الراسمة التحليلية AC-1 من لايكا ١٢٢
(٦,٣) الراسمة التحليلية آي سكوير اس-٢٠٠٠ ..... ١٢٢
(٦,٤) طريقة عمل الراسمة التحليلية البسيطة ١٢٥

(٦,٥) طريقة عمل الراسمة أتومترك APPS-4 ..... ١٢٦
(٦,٦) الراسمة PA-1000 من توبكن ١٢٦
(٦,٧) زووم ترانسفر إستيريو سكوب من بوش آند لومب ١٢٨
(٦,٨) الراسمة استريوفاست التلقائية ١٢٨
(٦,٩) المكونات البصرية للراسمة APY ١٢٩
(٦,١٠) عمل الراسمة HDF-Maco ١٣٠
(٦,١١) نظام كاسكو لتحويل الراسمات المحاكية إلى تحليلية ١٣٤
(٦,١٢) الراسمات التحليلية التي تستعمل إحداثيات النموذج كمدخل أساس ١٣٥
(٦,١٣) توجيهات الراسمة التحليلية ١٣٧
(٦,١٤) توزيع نقاط التحكم في النموذج الصوري ١٤٠
(٦,١٥) شكل انسيابي لعمل الراسمة التحليلية في الأبعاد الثلاثة ١٤٢
(٦,١٦) قاعدة وتصميم وعمل الراسمات التحليلية للصور المقومة ١٤٥
(٦,١٧) فكرة الارتباط الرقمي من كيرن ١٤٩
(٦,١٨) جهاز مقارنة أحادي رقمي تلقائي ١٥٠
(٧,١) التثليث الجوي يقلل من تكاليف المسح الأرضي ١٥٨
(٧,٢) وضع نقاط العبور على الصور الجوية ١٦٢
(٧,٣) اختيار نقاط العبور في التثليث الجوي ١٦٣
(٧,٤) جهاز نقل النقاط من لايكا Wild-PUG-4 ..... ١٦٥
(٧,٥) تكوين الشريط من النماذج المستقلة ١٦٧
(٧,٦) النظام الإحداثي لمحور الطيران ١٧١
(٧,٧) تراكم الأخطاء العشوائية في الشريط النموذجي ١٧٥
(٧,٨) كتل النماذج في التثليث الجوي التحليلي ١٨١

(٧,٩) ربط نموذجين بالآلة الحاسبة ١٨٣
(٧,١٠) ضبط الكتلة ١٩١
(٧,١١) ضبط الحزمة الآني للكتلة ١٩٢
(٧,١٢) استعمال نظام التوقيع العالمي في تحديد إحداثيات العدسة ١٩٤
(٧,١٣) استنباط مواقع محطة الطيران من معلومات نظام التوقيع العالمي ١٩٧
(٨,١) مدى القيم الرمادية للصور البانكروماتية ٢٠٨
(٨,٢) مركز إحداثيات المصفوفة الرقمية ٢٠٩
(٨,٣) مقياس الكثافة الدقيق لترقيم الصور ٢١٧
(٨,٤) الطبل الدوار لترقيم الصور ٢١٨
(٨,٥) ترقيم الفيديو ٢١٩
(٨,٦) ترقيم الديود الضوئي ٢٢٠
(٨,٧) كاميرا رقمية حديثة ٢٢١
(٨,٨أ) نظام فودس — س ت من زايبس ٢٣١
(٨,٨ب) النظر المجسم في نظام فودس ٢٣٢
(٨,٩) حساب معامل التناسق بالطرق المساحية ٢٣٥
(٨,١٠) مواقع المصفوفات لحساب التناسق ٢٣٩
(٨,١١) هندسة الإيبوبولر ٢٤٤
(٨,١٢) مواقع نقاط التناسق الآلي في النماذج الأرضية الرقمية ٢٤٥
(٨,١٣) حالة المستقيمية في إنتاج النماذج الأرضية الرقمية ٢٤٧
(٨,١٤) إنتاج الصور المقومة الرقمية ٢٤٨

قائمة الجداول

الجـــدول	الصفحة
(٥,١) استعمال أكثر من ٥ نقاط يزيد من درجات الحرية	١٠٢
(٨,١) مقارنة بين المساحة المحاكية والتحليلية والرقمية	٢٠٧
(٨,٢) بعض أوجه المقارنة بين الصور الفوتوغرافية والرقمية	٢٢٣
(٨,٣) المتطلبات التخزينية لبعض أحجام العناصر	٢٢٥