بسم الله الرحمن الرحيم

# أسطح الإسناد وإسقاطات الخرائط

## للاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية والمساحة

الإصدار الثاني


تأليف

**Jonathan Iliffe & Roger Lott**

ترجمة

**أ.د. أيمن سليمان حسن عجيب**

قسم الهندسة المدنية – كلية الهندسة

جامعة الملك سعود



دار جامعة الملك سعود للنشر
KING SAUD UNIVERSITY PRESS

ص.ب ٦٨٩٥٣ - الرياض ١١٥٣٧ المملكة العربية السعودية

ح دار جامعة الملك سعود للنشر، ١٤٣٨هـ (٢٠١٧م)

**الطبعة الأولى ١٤٢٦هـ**

**الطبعة الثانية ١٤٣٨هـ**

**فهرسة مكتبة الملك فهد الوطنية أثناء النشر**

روجرلوت ، جوناثان ايليفي

اسطح الأسناد واسقاطات الخرائط: للاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية والمساحة (الإصدار الثاني) ./ جوناثان ايليفي روجرلوت- ط٢- الرياض، ١٤٣٨هـ

٣٨١ص؛ ١٧×٢٤سم

ردمك: ٣-٥٨٩-٥٠٧-٦٠٣-٩٧٨

١- الجغرافيا – نظم المعلومات ٢- رسم الخرائط أ. العنوان

ديوي ١٤٨, ٥١٢ ١٤٣٨/٩١٨٧

**رقم الإيداع: ١٤٣٨/٩١٨٧**

**ردمك: ٣-٥٨٩-٥٠٧-٦٠٣-٩٧٨**

هذه ترجمة عربية محكمة صادرة عن مركز الترجمة بالجامعة لكتاب:

Datums and map Projections for Remote Sensing, GIS and Surveying
By: Jonathan Iliffe & Roger Lott
Published by whittles Publishing, 2008

وقد وافق المجلس العلمي على نشرها في اجتماعه الثالث عشر للعام الدراسي ١٤٣٧/١٤٣٨هـ المعقود بتاريخ ١٤/ ٦/ ١٤٣٨هـ الموافق ١٣/ ٣/ ٢٠١٧م.

جميع حقوق النشر محفوظة. لا يسمح بإعادة نشر أي جزء من الكتاب بأي شكل وبأي وسيلة سواء كانت إلكترونية أو آلية بما في ذلك التصوير والتسجيل أو الإدخال في أي نظام حفظ معلومات أو استعادتها بدون الحصول على موافقة كتابية من دار جامعة الملك سعود للنشر.

دار جامعة الملك سعود للنشر
KING SAUD UNIVERSITY PRESS

## مقدمة المترجم

بسم الله الرحمن الرحيم و الصلاة و السلام على أشرف المرسلين سيدنا محمد و على آله و صحبه أجمعين.

و بعد

اتسع في الآونة الأخيرة استخدام الخرائط في كثير من التطبيقات والدراسات. فهى تستخدم كأساس لكل تطبيقات نظم المعلومات الجغرافية بمجالاتها المتعددة والمتنوعة. بينما يستخدم الاستشعار عن بعد من جهة أخرى في تحديث تلك الخرائط في حين أن الهندسةالمساحية تختص بإنشاء هذه الخرائط بالقياسات من الطبيعة ثم يسند إلى العلوم الكرتوجرافية مسئولية إخراجها في الشكل المناسب للإستخدام. والقياسات المساحية بدورها يجب أن تكون مسقطة على سطح من أسطح الإسناد المرجعية. فمنها سطح مستو أو على شكل كرة أو قطع ناقص مجسم و هى التي تمثل سطح الأرض. و حيث أن الخرائط في طبيعة إنشائها يجب أن تكون في إسقاط محدد حتى يمكن طباعتها و قراءتها و استخراج المعلومات منها وخاصة الاتجاهات والمسافات والمساحات وهذا يختلف من منطقة لأخرى على سطح الكرة الأرضية. ولذلك فالذين يتعاملون مع الخرائط سواء للإنشاء أو الاستخدام نجد لهم

خلفيات علمية مختلفة تبعا الجهات التي ينتمون إليها. وقد لاحظت في كثير من تعاملاتي سواء في الناحية العملية أو الأكاديمية أو التدريسية اختلاط أمر إسقاطات الخرائط وأسطح الإسناد الخاصة بالقياسات المساحية على الكثير من المستخدمين. فقد يقوم مستخدم الخريطة بأعمال التحويل من نظام مرجعي إلى آخر ومن إسقاط إلى آخر باستخدام البرامج المعدة لذلك بدون أن يدرك ما الذي تم داخل البرامج ولماذا يتم هذا التحويل وما الفرق بين إسقاط وآخر أو مرجع وآخر وكيف يؤثر ذلك على المعلومات أو القياسات التي يمكن أن تؤخذ من الخريطة.

ولذلك فقد كان الهدف من اختيار و ترجمة هذا الكتاب هو تزويد المكتبة العربية بكتاب يتميز بأنه اهتم بتسهيل فهم موضوعات أسطح الإسناد و إسقاطات الخرائط بطريقة مبسطة وبالمعلومات العادية التي تمكن لأى مستخدم مهما كانت خلفيته العلمية من أن يقف على ما تحمله هذه المسميات من معان بالإضافة إلى عرض نماذج تطبيقية وطرق لحل بعض المسائل العملية التي يتعرض لها مستخدمي الخرائط.
هذا و الله ولي التوفيق.

المترجم

# مقدمة

مر الآن ثمان سنوات منذ الإصدار الأول لكتاب أسطح الإسناد وإسقاطات الخرائط الأصلي الذي تم نشره. لقد وجد الكتاب في ذلك الوقت طريقه على الأرفف لكثير من الطلاب والمتخصصين حول العالم، ولذلك يبدوأنه يوفي الاحتياج.

إن نمط الكتاب – كمرشد عملي لنظم الإحداثيات المرجعية- هومهم الآن مثل ما كان عند نشره الأول- ربما أكثر ولذلك عندما أخذنا في الاعتبار نمو إستخدام نظم إبحار الأقمار الصناعية ومدخل خدمات الخرائط عبر الويب مثل جوجل إرث Google Earth™. يبدوأنه توقيت الإصدار الثاني وها هوهنا.

أول تغيير يلاحظه القارئ هوالتأليف. مؤلف الإصدار الأول، جوناثان إيلف كان سعيدا عندما وافق روجر لوت، كبير المساحين ل BP، لأن يشارك في مهمة تنقيح وإعادة كتابة ومراجعة وتحديث وتوسيع الكتاب الأصلي. وقد قمنا فيما بيننا بعمل بعض التغييرات الجوهرية.

لقد غيرنا في المرتبة الأولى هيكل الكتاب إلى الذي نعتقد أنه يجمع بطريقة أفضل الأنماط المتداولة. ثانيا فقد وسعنا النطاق لكي يغطي الكتاب كل الأنواع المختلفة الممكنة من نظم الإحداثيات المرجعية التي تستخدم في عمل الخرائط

والمجالات التي لها علاقة بها، من خطوط الطول والعرض على مجسم القطع الناقص ومرورا بالأعماق أسفل المنحنى المرجعي. ثالثا، حيث أننا عرفنا الآن أن الكتاب له سوق عالمى، فقد أحضرنا فيه أمثلة كثيرة وحالات دراسية من حول العالم. رابعا، فإن الكتاب اعتمد مصطلحات ISO 19111. القياسية.

تلك هي التغيرات الأساسية. يمكن إضافة إليها التنقيح المعتاد وإعادة التفكير في المادة التي كتبت، وإضافة الأشكال الملونة.

نود أن نسجل إمتناننا لزملاء كثيرين الذين أخذوا الوقت لمناقشة الموضوعات المختلفة للكتاب معنا، منهم بول كروس وأيان دومان وجيرمي باتي وروال بول ونوال زنPaul Cross, Ian Dowman, Jeremy Morley, and Noel Zinn. ويجب أيضا أن نشكر بول Batey, Roel Nicolai, Anna Bakare, and Ali Al- Paul Shaery لمساعدتهم في إعداد الرسومات والتزويد بالبيانات للأمثلة.

لقد كانت الفصول المتعددة للكتاب تذهب وتعود بيننا مرات كثيرة ومن الصعب أن نستطيع تذكر من كتب أيها جملة. لذلك فنحن نقبل مجتمعين المسئولية عن أي أخطاء متبقية.

**جوناثان ايليف**

**روجر لوت**

# المحتويات

مقدمة المترجم ..... هـ

مقدمة ..... ز

**الفصل الأول: مدخل** ..... ١

(١ , ١) السياق ..... ١

(١ , ٢) مدخل إلى الفكرة الأساسية وبنية الكتاب ..... ٥

**الفصل الثاني**: الإحداثيات والنظم المرجعية ..... ١٧

(٢ , ١) الأرض – الجيوئيد والقطع الناقص الدوراني ..... ١٧

(٢ , ١ , ١) الجيوئيد Geoid ..... ١٧

(٢ , ١ , ٢) نماذج لشكل الأرض – القطع الناقص الدوراني ..... ١٨

(٢ , ٢) نظم الإحداثيات ..... ٢٤

(٢ , ٢ , ١) خصائص نظام الإحداثيات ..... ٢٤

(٢,٢,٣) الإحداثيات الكارتيزية المركزية Geocentric ..... ٢٩
(٢,٢,٤ )التحويل فيما بين نظم الإحداثيات الكارتيزي المركزي ومجسم القطع الناقص ..... ٣١
(٢,٢,٥) إحداثيات مسقط الخريطة ..... ٣٢
(٢,٢,٦) الإحداثيات الكارتيزية للتطبيقات الهندسية ..... ٣٥
(٢,٢,٧) النظم المرتبطة بالجاذبية (الارتفاع والعمق) ..... ٣٧
(٢,٢,٨) نظم إحداثيات متنوعة ..... ٣٨
(٢,٣) أسطح الإسناد ونظم الإحداثيات المرجعية ..... ٤٠
(٢,٣,١) نظرة على سطح الإسناد وتصنيفه ..... ٤٠
(٢,٣,٢) أسطح الإسناد الجيوديسية ونظم الإحداثيات المرجعية ..... ٤١
(٢,٣,٣ ) نظم الإحداثيات المرجعية المسقطة ..... ٥٦
(٢,٣,٤) النظم الرأسية ..... ٥٨
(٢,٣,٥) السطح المراجعي للأعمال الهندسية ونظم الإحداثيات المرجعية .... ٥٨
(٢,٣,٦) السطح المرجعي للصورة ونظم الإحداثيات المرجعية ..... ٦٨
(٢,٤) نظم الإحداثيات المرجعية المركبة ..... ٧٠
(٢,٥) تحديد هوية نظام إحداثيات مرجعي ..... ٧٢
(٢,٥,١) وصف CRS ..... ٧٢
(٢,٥,٢) سجلات نظم الإحداثيات المرجعية ..... ٧٤

**الفصل الثالث: إسقاطات الخرائط** ..... ٧٧

(١ , ٣) مقدمة ..... ٧٧

(٢ , ٣) إسقاطات الخرائط: المبادئ الأساسية ..... ٨٠

(١ , ٢ , ٣) الشبكات والخطوط المنحنية ..... ٨٠

(٣ , ٢ , ٣) معامل المقياس ..... ٨١

(٣ , ٢ , ٣) الأسطح القابلة للبسط ..... ٨٣

(٤ , ٢ , ٣) المحافظة على المعالم ..... ٨٦

(٥ , ٢ , ٣) الكرة ومجسمات القطع الناقص ..... ٨٩

(٣ , ٣) الإسقاطات الأسطوانية ..... ٩٣

(١ , ٣ , ١) إسقاط متساوي المسافات الأسطواني ..... ٩٣

(٢ , ٣ , ٣) إسقاط أسطواني متساوي المساحات ..... ٩٩

(٣ , ٣ , ٣ )إسقاط ميركاتور ..... ١٠١

(٤ , ٣ , ٣) الميركاتور المستعرض ..... ١٠٥

(٥ , ٣ , ٣) ميركاتور مستعرض باتجاه جنوبى ..... ١١٦

(٦ , ٣ , ٣) ميركاتور المائل ..... ١١٧

(٤ , ٣) الإسقاطات السمتية ..... ١٢٠

(١ , ٤ , ٣) السمتي العام ..... ١٢٠

(٢ , ٤ , ٣) إسقاط متساوي المسافات السمتي ..... ١٢٢

(٣ , ٤ , ٣ )إسقاط تساوي مساحات سمتي ..... ١٢٢

(٤ ,٤ ,٣) إسقاط سمتي ستريوغرافي مطابق ..... ١٢٩
(٥ ,٤ ,٣) جنومونيك ..... ١٣٠
(٦ ,٤ ,٣) أو رثوجرافيك سمتي ..... ١٣٠
(٧ ,٤ ,٣) إسقاط المنظور السمتي ..... ١٣٤
(٥ ,٣) الإسقاطات المخروطية ..... ١٣٤
(١ ,٥ ,٣) مخروطي عام ..... ١٣٧
(٢ ,٥ ,٣) متساوي المسافات المخروطي ..... ١٣٨
(٣ ,٥ ,٣) متساوي المساحات ألبرس ..... ١٣٨
(٤ ,٥ ,٣) لامبرت المخروطي المطابق ..... ١٤٣
(٥ ,٥ ,٣) مخروطي مائل ..... ١٤٥
(٦ ,٣) طرق الإسقاط الغير هندسية ..... ١٥٠
(٧ ,٣) ملخص المعلومات المطلوبة ..... ١٥٠
(١ ,٧ ,٣) معادلات طرق إسقاط الخريطة ..... ١٥١
(٢ ,٧ ,٣) قيم محددات إسقاط الخريطة ..... ١٥٤
(٨ ,٣) الحسابات خلال إسقاطات الخرائط ..... ١٦٠
(٩ ,٣) تصميم إسقاط خريطة ..... ١٦٣
**الفصل الرابع: التحويلات** ..... ١٦٣
(١ ,٤) مقدمة ..... ١٦٤

(٤,٢) الخصائص العامة للتحويلات ..... ١٦٤
(٤,٢,١) النقل والتحويل..... ١٦٤
(٤,٢,٢) تعدد التحويلات ..... ١٦٥
(٤,٢,٣) دقة التحويلات ..... ١٦٧
(٤,٢,٤) التحويل العكسي ..... ١٦٨
(٤,٣) التحويلات بين نظم الإحداثيات المرجعية المركزية..... ١٦٩
(٤,٣,١) مقدمة..... ١٦٩
(٤,٣,٢) التحويل المركزي ذوثلاثة محددات ..... ١٧٠
(٤,٣,٣) التحويل المركزي الجيوديسي ذوسبع محددات..... ١٧٢
(٤,٤) التحويلات بين نظم الإحداثيات المرجعية الجغرافية ..... ١٨٢
(٤,٤,١) مقدمة ..... ١٨٢
(٤,٤,٢) مولودنسكي ومولودنسكي المختزل..... ١٨٢
(٤,٤,٣) الإزاحات الجغرافية..... ١٨٥
(٤,٤,٤) شبكة الاستنتاج البيني NTV2 – وNADCON ..... ١٨٨
(٤,٤,٥) التحويل الغير مباشر بين نظم إحداثيات مرجعية جغرافية ... ١٩٢
(٤,٥) تحويل إحداثيات مستوية ثنائية الأبعاد ..... ١٩٥
(٤,٥,١) مقدمة..... ١٩٦
(٤,٥,٢) تناسق نظم الإحداثيات المرجعية ..... ١٩٨
(٤,٥,٣) طريقة تحويل متشابه..... ٢٠٣
(٤,٥,٤) التحويل المقارب..... ٢٠٦

(٤,٥,٥) متعددة الحدود ..... ٢٠٨
(٤,٥,٦) إنشاء تراكيب فوقية في جوجل إرث ..... ٢١٠
(٤,٥,٧) تحويل بيانات نظام تحديد المواقع العالمي إلى شبكة إحداثيات موقعية . ٢١٤
(٤,٥,٨) التحويلات غير المباشرة بين الإحداثيات المسقطة ..... ٢١٨
(٤,٦) عمليات الإحداثيات للنظم المرجعية للإحداثيات الرأسية ..... ٢٢١
(٤,٦,١) مقدمة ..... ٢٢١
(٤,٦,٢) الإزاحات الرأسية ..... ٢٢٢
(٤,٦,٣) مبدأ التجميع ..... ٢٢٧
(٤,٧) التحويل بين الارتفاعات لمجسم قطع ناقص والمرتبطة بالجاذبية .... ٢٢٨
(٤,٧,٢) نموذج الجيوئيد..... ٢٢٩
(٤,٧,٢) نماذج تصحيح الارتفاع ..... ٢٣١
(٤,٧,٣) تحويلات تشمل نظم إحداثيات ملاجعية مجمعة ..... ٢٣٣
(٤,٨) اختيار التحويل ..... ٢٣٥
(٤,٨,١) مقدمة ..... ٢٣٥
(٤,٨,٢) التحويلات المجازة رسميا ..... ٢٣٦
(٤,٨,٣) الاختيار من المصادر المتاحة للتحويلات ..... ٢٣٨
(٤,٩) استنتاج التحويل الخاص بالمستخدم ..... ٢٤٠
(٤,٩,١) مقدمة ..... ٢٤٠
(٤,٩,٢) اختيار طريقة التحويل ..... ٢٤١

(٣, ٩, ٤) توافر نقاط التحكم ..... ٢٤٣
(٤, ٩, ٤) اعتبارات هندسية..... ٢٤٥
(٥, ٩, ٤) تأثير إهمال التباعد بين الجيوئيد – مجسم القطع الناقص ..... ٢٤٦
(٦, ٩, ٤) تقييم نتائج التحويل ..... ٢٥٣
**الفصل الخامس: نظم الملاحة العالمية للأقمار الصناعية**..... ٢٥٥
(١, ٥) مقدمة ..... ٢٥٥
(٢, ٥) النظم..... ٢٥٦
(٣, ٥) تحديد الموقع بالأكواد..... ٢٥٩
(٤, ٥) جي إن إس إس GNSS تحديد المواقع بالأرصاد التفاضلية والنظم المعززة . ٢٦٥
(٥, ٥) قياسات جي إن إس إس لتحديد المواقع بأرصاد الطور الموجي ..... ٢٧٠
(٦, ٥) اعتبارات نظام إحدثيات مرجعي ..... ٢٧٧
**الفصل السادس: حالات دراسية** ..... ٢٨١
(١, ٥) تحويل بيانات جي بي إس إلى نظام مرجعي محلي..... ٢٨١
(٢, ٥) إيجاد تحويل مركزي ثلاثي-المحددات من تحويل وطني رسمي..... ٢٩٣
(٣, ٥) تصميم إسقاط خريطة ..... ٢٩٦
(٤, ٥) حسابات باستخدام إحداثيات شبكة خريطة ..... ٢٩٩
(٥, ٥) إنشاء تراكبات في جوجل إرث ..... ٣١١

ملحق أ مصطلحات ..... ٣١٧
ملحق ب حسابات بالإحداثيات الكروية ..... ٣٣٠
ملحق ج الشكل الهندسي الأساسي لمجسم القطع الناقص ..... ٣٣١
(ج،١) مقدمة..... ٣٣١
(ج،٢) أنصاف أقطار الانحناء لمجسم القطع الناقص..... ٣٣١
(ج،٣) المقاطع العمودية والخطوط الجيوديسية ..... ٣٣٢
(ج،٤) حسابات مباشرة للإحداثيات..... ٣٣٤
(ج،٥) حسابات عكسية للانحراف ..... ٣٣٥
(ج،٦) تحديد نقاط على الخط الجيوديسي ..... ٣٣٦
ملحق د معادلات مولودنسكي ..... ٣٣٨
ملحق هـ إيجاد قيم محددات التحويل بأقل المربعات..... ٣٤٠
(هـ،١) مقدمة ومصطلحات أقل المربعات ..... ٣٤٠
(هـ،٢) تحويلات ثنائية الأبعاد لإحداثيات كارتيزية ..... ٣٤٤
هـ،٢،١التحويل المشابه ..... ٣٤٤
(هـ،٢،٢) التحويل المقارب ..... ٣٤٩
(هـ،٢،٣) كثيرة الحدود من الدرجة الثانية ..... ٣٥٠
(هـ،٣) تحويلات ثلاثية الأبعاد لإحداثيات كارتيزية ..... ٣٥٢

(هـ،٣،١) محددات التحويل السبعة ..... ٣٥٢
(هـ،٣،٢) التحويل ذو- عشرة محددات المركزي ..... ٣٥٥
(هـ،٣،٣ (مجموعات فرعية للتحويل المركزي ذوسبعة محددات ..... ٣٥٦
(هـ،٤) مثال عملي ..... ٣٥٧
ثبت المصطلحات ..... ٣٦١
عربي - إنجليزي ..... ٣٦١
إنجليزي – عربي ..... ٣٦٧
كشاف الموضوعات ..... ٣٧٣