أنظمة تحديد المواقع العالمية كأداة عملية للعمل الميداني:

تطبيقات في البيئات الجبلية

إيان هيوود، غراهام سميث، بروس كارلايل، وجافين جوردان

الفصل 43 من كتاب

الجغرافيا التطبيقية : المبادئ والممارسة

أ. م. مانيون

ترجمة بتصرف

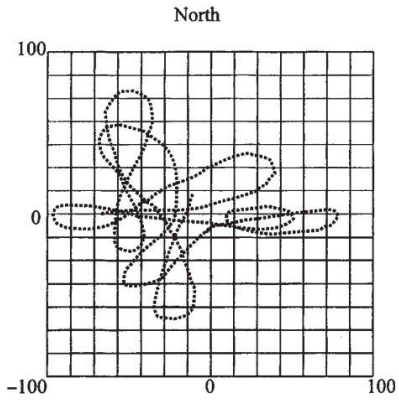
أ.د. مضر خليل عمر

مقدمة

لقرون عديدة ، وجد الجغرافيون شغفًا بمعرفة مواقع الأشياء وعلاقتها ببعضها البعض . وقد تجلى هذا الشغف في رغبة الجغرافي في رسم خرائط لكل شيء ، وفي الآونة الأخيرة (خلال القرن الماضي) في البحث عن العلاقات المكانية وفهمها ، سواءً في الأنظمة البشرية أو المادية أو بينهما . لذا ، فإن معرفة موقع شيء ما في المكان والزمان شرط أساسي لجميع البحوث الجغرافية تقريبًا . وقد استخدم الجغرافيون ، تقليديًا ، تقنيات عديدة لتحديد **الموقع النسبي** و**الفعلي** للظواهر المكانية . وقد تراوحت هذه التقنيات بين تقنيات المسّاح الدقيقة للغاية والأساليب الأكثر عمومية لعلم الاجتماع .

ومع ذلك ، فقد لاقت تقنية جديدة لتحديد مواقع الظواهر المكانية استحسانًا خاصًا لدى الجغرافيين مؤخرًا . هذا هو استخدام نظام الملاحة عبر الأقمار الصناعية أو نظام تحديد المواقع العالمي (GPS) . يمكن تركيب هذه الأجهزة المحمولة لتحديد المواقع على مركبة ، أو حملها في حقيبة ظهر، أو حملها باليد ، واستخدامها لتسجيل الموقع في أي نقطة تقريبًا على سطح الأرض (الشكل 43.1) . يتم الحصول على معلومات الموقع بضغطة زر ، بدقة تتراوح من 150 مترًا إلى بضعة ملليمترات ، اعتمادًا على جودة وعدد أجهزة الاستقبال المستخدمة ، وما إذا كان يتم الوصول إلى نسخة عسكرية أو مدنية من النظام . صُممت جميع أجهزة استقبال GPS في الأصل لأغراض الملاحة في الوقت الفعلي ، وستخزن الإحداثيات المجمعة والمعلومات المرتبطة بها في ذاكرتها الداخلية بحيث يمكن تنزيلها مباشرةً إلى جهاز كمبيوتر .

Figure 43.1 A plot of a position measurement over time with selective availability (SA) in action.



إن المشي أو القيادة لجمع معلومات الإحداثيات كلما دعت الحاجة له جاذبية واضحة للجغرافي المشارك في البحث الميداني التطبيقي . ليس من الصعب تطوير فهم لكيفية عمل نظام تحديد المواقع العالمي (GPS).تعتمد هذه التقنية على مبادئ التثليث ، التي استخدمها المسّاحون لقرون . ومع ذلك ، وكما هو الحال مع جميع التقنيات الجديدة ، فقد طور نظام تحديد المواقع العالمي (GPS) غموضه ومصطلحاته الخاصة . يستكشف هذا الفصل أساسيات نظام تحديد المواقع العالمي (GPS) ، وكيفية عمله ، وقيمته العملية ، وحدوده . تتوفر أجهزة استقبال نظام تحديد المواقع العالمي (GPS) الآن بتكلفة مماثلة لتكلفة البوصلات عالية الجودة . وكما يحتاج الجغرافي إلى معرفة كيفية تأثر دقة البوصلة بالمغناطيسية البيئية المحلية ، يحتاج مستخدم نظام تحديد المواقع العالمي (GPS) إلى فهم العوامل التي يمكن أن تؤثر على جودة معلومات الموقع التي يوفرها .

ولتوضيح قيمة وحدود نظام تحديد المواقع العالمي (GPS) في البحث الجغرافي ، يُقدم هذا الفصل ثلاث دراسات حالة ، تستعرض استخدامها كأداة ميدانية لدعم البحث في البيئات الجبلية . هذه هي :

- رسم الخرائط الجيومورفولوجية باستخدام نظام تحديد المواقع العالمي (GPS) (الملحق 43.1)؛
- استخدام نظام تحديد المواقع العالمي (GPS) لتقييم جودة بيانات نماذج الارتفاعات الرقمية (الملحق 43.2)؛
- تطبيق نظام تحديد المواقع العالمي (GPS) في رسم خرائط موارد الغابات المجتمعية (الملحق 43.3).

ختامًا، يُلقي هذا الفصل نظرةً فاحصةً على مزايا وعيوب استخدام تقنية نظام تحديد المواقع العالمي (GPS) في البحث الميداني الجغرافي .

أساسيات نظام تحديد المواقع العالمي(GPS)

نظام تحديد المواقع العالمي (GPS) هو مجموعة من الأقمار الصناعية وأنظمة التحكم التي تسمح لجهاز استقبال مُصمم خصيصًا (الملحق 43.2) بتحديد موقعه في أي مكان على سطح الأرض على مدار الساعة (بارنارد، 1992). يوجد نظامان رئيسيان ، هما نظام الملاحة الأمريكي (NAVSTAR) (نظام الملاحة مع الوقت والمدى) ، ونظام الملاحة الروسي .(GLONASS) في هذا الفصل، نُركز على الملحق 43.2 جهاز استقبال نظام تحديد المواقع العالمي.(GPS) وكيفية عمل نظام NAVSTAR الأمريكي ، كونه الأكثر استخدامًا

إطار عمل نظام تحديد المواقع العالمي(GPS) لفهم آلية عمل نظام تحديد المواقع العالمي(GPS) ، من المهم إدراك أن النظام يتكون من خمسة مكونات. وهي :

- مجموعة أقمار NAVSTAR الصناعية؛
- محطات التحكم والمراقبة عبر الأقمار الصناعية؛
- شبكات محطات GPS الأساسية الوطنية والإقليمية؛
- أجهزة استقبالGPS ؛
- المستخدمون.

تتكون مجموعة أقمار NAVSTAR الصناعية لنظام تحديد المواقع العالمي (GPS) من أربعة وعشرين قمرًا صناعيًا تدور حول الأرض على مسافة تزيد عن 20,000 كيلومتر . طُوِّر نظام NAVSTAR وطُبِّق من قِبَل وزارة الدفاع الأمريكية (DoD) ، المسؤولة عن صيانة النظام . أُطلِقَ أول قمر صناعي لنظام تحديد المواقع العالمي (GPS) عام ١٩٧٨، وبحلول منتصف عام ١٩٩٤، كانت جميع الأقمار الصناعية الأربعة والعشرين قيد التشغيل . يزن كل قمر صناعي حوالي ٨٦٠ كجم ، ويبلغ ارتفاعه ٨,٧ أمتار (كينيدي ١٩٩٦) . تعمل

هذه الأقمار بالطاقة الشمسية ، ويُرسل واحد وعشرون قمرًا صناعيًا فقط من أصل أربعة وعشرين قمرًا صناعيًا معلومات الموقع . أما الأقمار الثلاثة المتبقية فهي وحدات احتياطية يُمكن استخدامها فورًا عند الحاجة

تُوزَّع الأقمار الصناعية الأربعة والعشرون على ستة مستويات مدارية ، كل منها يحتوي على أربعة أقمار صناعية . يميل كل مستوى عن خط الاستواء بزاوية ٥٥ درجة . يضمن هذا التصميم تغطية كاملة لسطح الأرض بالكامل ، ويُتيح لجهاز استقبال نظام تحديد المواقع العالمي (GPS) رؤية أقمار صناعية متعددة من معظم المواقع (فان سيكل ١٩٩٦) . في العديد من المواقع، غالبًا ما يكون من الممكن لجهاز الاستقبال رؤية عشرة أقمار صناعية أو أكثر في أوقات محددة من اليوم . ومع ذلك ، هناك مشكلة معروفة في المناطق القطبية ، حيث يُقلل سوء المحاذاة الهندسية للأقمار الصناعية في فترات معينة من دقة تحديد المواقع.

تدور أقمار NAVSTAR الصناعية لمدة اثنتي عشرة ساعة ، وتمر عبر محطات التحكم خلال كل مدار . يسمح هذا بمراقبة دقيقة للمدار والموقع . يمكن نقل هذه المعلومات الموقعية من محطات المراقبة إلى القمر الصناعي بحيث يكون لدى كل قمر صناعي معلومات مُحدثة حول موقعه . كما تراقب محطات التحكم دقة الساعات الذرية على متن أقمارGPS ، وتنقل معلومات حول دقة هذه الساعات إلى القمر الصناعي . من الضروري أن يُقدم كل قمر صناعي NAVSTAR معلومات كاملة ودقيقة حول الموقع ، وأن تكون دقة ساعته الذرية معروفة .

يوجد عدد كبير من شبكات محطات GPS الوطنية والإقليمية التي تراقب مواقع الأقمار الصناعية بمرور الوقت . توفر هذه الشبكات معلومات مستمرة حول دقة مواقع إشارات GPS في مواقع جغرافية محددة . تنقل العديد من هذه الشبكات هذه المعلومات إلى مستخدمي أجهزة استقبال GPS المستقلة . تتيح المعلومات الواردة من شبكات المحطات الأساسية للمستخدمين تحسين دقة تحديد المواقع للبيانات من أجهزة استقبال GPSالخاصة بهم . تستطيع أجهزة استقبال GPS اكتشاف الإشارات المرسلة من أقمار NAVSTAR الصناعية وتحويل هذه المعلومات إلى معلومات تحديد المواقع . تتوفر الآن مجموعة واسعة من أجهزة الاستقبال في السوق بأسعار تتراوح بين بضع مئات من الدولارات وأكثر من 10,000 دولار. عادةً ما تتمتع أرخص أجهزة الاستقبال بدقة 100 متر عند استخدامها بشكل فردي في 95% من الحالات . يجب أن تكون أجهزة الاستقبال التي يزيد سعرها عن 10,000 دولار قادرة على دقة لا تقل عن سنتيمتر ، وفي بعض الحالات ، تصل إلى مليمتر .

بغض النظر عن التكلفة أو دقة تحديد الموقع التي يمكن لجهاز الاستقبال تحقيقها ، تشترك جميع أجهزة الاستقبال في المكونات الاتية (مقتبسة من كينيدي 1996؛ وفان سيكل 1996):

- حاسوب دقيق، يعالج المعلومات من أقمار نظام تحديد المواقع العالمي (GPS) ويستخدمها لتحديد الموقع؛
- هوائي والإلكترونيات المرتبطة به ، والتي تستقبل الإشارة التي يُحسب منها الموقع؛
- واجهة مستخدم (عادةً شاشة LCD ولوحة مفاتيح)، والتي تسمح للمستخدم ببرمجة جهاز الاستقبال وعرض النتائج ؛
- ذاكرة حاسوبية، والتي تسمح للمستخدم بتسجيل معلومات الموقع .

تتميز أجهزة الاستقبال الأكثر تكلفة بذاكرة أكبر، وتسمح للمستخدم بتسجيل معلومات إضافية ، على سبيل المثال ، ما هو موجود في موقع معين.

المكون الأخير في إطار نظام تحديد المواقع العالمي (GPS) هو المستخدم. تاريخيًا ، كان المستخدمون الرئيسيون لنظام تحديد المواقع العالمي (GPS) هم العسكريون . أما اليوم، فإن التطبيقات المدنية لهذه التقنية تتجاوز بكثير الاستخدام العسكري . يندرج غالبية المستخدمين المدنيين ضمن فئتين ، على الرغم من أن

الحدود بينهما غير واضحة . تستخدم المجموعة الأولى نظام تحديد المواقع العالمي (GPS) للملاحة . أما المجموعة الثانية فتستخدم هذه التقنية لتسجيل ورسم خرائط ومسح مواقع معالم مثل موقع بئر نفط ، أو حدود غابة ، أو بصمة مبنى جديد . من وجهة نظر الجغرافي ، يُعد هذا التطبيق الأخير هو الأكثر إثارة للاهتمام . لذلك، يركز الجزء المتبقي من هذا الفصل على استخدام تقنية نظام تحديد المواقع العالمي (GPS) لتسجيل مواقع المسح ورسم الخرائط .

كيف يعمل نظام تحديد المواقع العالمي(GPS)

يعمل نظام تحديد المواقع العالمي (GPS) باستخدام أحد أشكال تقنية التثليث ، وهي تقنية استخدمها المساحون لسنوات عديدة . قدم كينيدي (1996) وبارنارد (1992) شرحًا شاملًا لطريقة التثليث . باختصار، يُحسب موقع أي موقع مجهول بقياس المسافة بينه وبين عدة مواقع ثابتة ومعروفة . في نظام تحديد المواقع العالمي (GPS)، يُمثل جهاز الاستقبال الأرضي الموقع المجهول ، وتُمثل مجموعة أقمار GPS الصناعية المواقع الثابتة المعروفة . في التثليث ، تُقاس المسافات بين ثلاثة مواقع أو نطاقات على الأقل من خلال رصد إشارة بين الأقمار الصناعية وأجهزة الاستقبال الأرضية . يُرسل كل من جهاز استقبال GPS والأقمار الصناعية إشارات راديوية مُشفرة بشكل مُماثل ، ويُستخدم التأخير الزمني بين استلام الإشارات لتحديد المسافة بين القمر الصناعي وجهاز الاستقبال .

لقياس التأخير الزمني ، يجب أن تحتوي إشارة GPS الصادرة من القمر الصناعي على معلومات حول الوقت الدقيق الذي غادرت فيه الإشارة القمر الصناعي . بالإضافة إلى ذلك ، يجب أن تحتوي الإشارة الصادرة من القمر الصناعي على معلومات حول الموقع الدقيق للقمر الصناعي لحظة إرسال الإشارة . بدون ذلك ، لن يعرف جهاز استقبال نظام تحديد المواقع العالمي (GPS) موقع القمر الصناعي ، لأن أقمار GPS تدور باستمرار حول الأرض . لذلك ، ترسل جميع أقمار GPS الصناعية إشارتين باستمرار : L1 بتردد 1575.42 ميجاهرتز وL2 بتردد 1227.60 ميجاهرتز. تحمل كلتا الإشارتين معلومات مشفرة بتنسيق ثنائي (سلاسل من 0 و1).

يتم إرسال ثلاثة رموز أساسية : رمز الملاحة ، ورمز الاستحواذ التقريبي (C/A) ، ورمز الدقة (P) (فان سيكل 1996) . رمز C/A متاح لجميع المستخدمين المدنيين ويُستخدم لخدمة تحديد المواقع القياسية (SPS) ، بينما يكون استخدام رمز P مقيدًا ومشفرًا من قِبل وزارة الدفاع الأمريكية . هناك العديد من العناصر المهمة للرموز الثلاثة ، بما في ذلك موقع القمر الصناعي أو التقويم الفلكي ، والتصحيح الجوي (اللازم لتصحيح تأخيرات الإشارة أثناء انتقالها عبر طبقة الأيونوسفير) ، ومكافحة التزييف (التدهور المتعمد للإشارة) ، وتقويم القمر الصناعي (موقع جميع الأقمار الصناعية الأخرى)، وحالة القمر الصناعي (جودة الإشارة).

قدم فان سيكل (المرجع نفسه) مراجعة شاملة لعناصر الرموز المختلفة . هذه الرموز هي التي توفر المعلومات اللازمة لجهاز الاستقبال لتحديد الموقع . يمكن لجهاز استقبال نظام تحديد المواقع العالمي (GPS) حساب موقعه باستخدام إما نطاقات زائفة أو رصد طور الموجة الحاملة . تُستخدم النطاقات الزائفة بشكل أساسي لتحديد المواقع اللحظية في الملاحة (أشكنازي ودودسون، 1992) . في رصدات النطاقات الزائفة ، تُحسب المسافة بين القمر الصناعي وجهاز الاستقبال عن طريق قياس التأخير الزمني بين إرسال واستقبال جزء فريد من رمز C/A. ومع ذلك، نظرًا لأن أجهزة الاستقبال تحتوي على ساعات أقل دقة من تلك الموجودة على متن الأقمار الصناعية ، فسيكون هناك درجة من الخطأ غير المعروف في المسافة المحسوبة . تُعرف هذه المسافة المرصودة غير المصححة باسم شبه المدى. في شبه المدى ، تُستخدم ثلاثة أقمار صناعية

لتحديد موقع غير مصحح لجهاز الاستقبال ، ويُستخدم قمر صناعي رابع لإزالة الأخطاء المرتبطة بساعة جهاز الاستقبال .

عادةً ما تكون طريقة تحديد المدى هذه قادرة على تحديد الموقع في نطاق 15-30 مترًا . ومع ذلك ، تتدهور هذه الدقة بسبب مشكلة التوافر الانتقائي (SA). تم تقديم SA في مارس 1990 من قبل وزارة الدفاع الأمريكية لتقليل دقة الموقع الممكنة مع النظام المدني عمدًا (حتى عام 1990، كانت دقة 15 مترًا ممكنة) . يمكن أن تتخذ SA شكلين : التذبذب ، الذي يؤثر على ساعة القمر الصناعي ، وepsilon ، الذي يشير إلى الأخطاء التي تم إدخالها في معلمات مدار قمر GPS الصناعي (جيلبرت 1995) . يؤدي كلا الخطأين إلى تقليل دقة تحديد المواقع إلى حوالي 100 متر أفقيًا و150 مترًا رأسيًا (أشكنازي ودودسون 1992) (الشكل 43.1).

أتاحت التطورات التكنولوجية ، بما في ذلك الحلول التفاضلية الجديدة ، تحسينات في دقة تحديد المواقع المتاحة للمستخدمين المدنيين . تُناقش هذه الحلول لاحقًا . يمكن أيضًا مواجهة عدم الدقة في تحديد المواقع باستخدام عمليات رصد طور الموجة الحاملة . تُحسّن عمليات رصد طور الموجة الحاملة دقة طريقة تحديد المدى الزائف من خلال العمل مع إشارتي الموجة الحاملة L1 وL2 بدلًا من رموز C/A أو P. في عمليات رصد طور الموجة الحاملة ، تُقارن طبيعة الموجة الحاملة للإشارة بدلًا من الرسالة المشفرة.

المشاكل التشغيلية في نظام تحديد المواقع العالمي(GPS)

: جودة الإشارة وموثوقيتها

تتعرض كلٌّ من عمليات رصد شبه البرتقالي وطور الموجة الحاملة لعدد من الأخطاء المحتملة . تشمل هذه الأخطاء أخطاء تعدد المسارات ، وتأخير الغلاف الأيوني ، وضعف هندسة القمر الصناعي (جيلبرت، ١٩٩٥) . تُعد هذه الأخطاء كبيرة ، وغالبًا ما تُحدد دقة البيانات المُجمعة . يحدث خطأ تعدد المسارات بسبب انتشار الإشارة ، حيث ترتد الإشارة المُرسلة إلى جهاز الاستقبال الأرضي أو تنعكس أثناء رحلتها من القمر الصناعي . يحدث الخطأ عادةً عندما تستقبل وحدة نظام تحديد المواقع العالمي (GPS) إشارات من أقمار صناعية منخفضة الارتفاع جدًا (<١٥ درجة) (المرجع نفسه). قد يكون هذا الخطأ كبيرًا عند تشغيل تقنية نظام تحديد المواقع العالمي (GPS) في تضاريس جبلية شديدة الانحدار أو في بيئات حضرية ، حيث توجد العديد من الأسطح التي يُمكن أن تعكس إشارة القمر الصناعي .

غالبًا ما تكون الطريقة الوحيدة للتعامل مع خطأ إشارة المسارات المتعددة هي تطبيق أساليب التقليل ، مثل زوايا القناع (التي تُقلل زاوية مجال الرؤية الذي يبحث فيه جهاز الاستقبال عن الأقمار الصناعية) أو تجنب المواقع المعرضة لتعدد المسارات (المرجع نفسه). ينتج التأخير الأيوني عن تشويش جوي لإشارة نظام تحديد المواقع العالمي .(GPS) يُشتت الأيونوسفير إشارة نظام تحديد المواقع العالمي(GPS) ، مما يُؤخر وصول الإشارة . قد يؤدي هذا إلى سوء تقدير المسافة . أحد الأسباب الرئيسية للتأخير هو كمية بخار الماء في الغلاف الجوي . تتأثر جودة معلومات الموقع أيضًا بهندسة الأقمار الصناعية في مجال رؤية المستخدم وقت الرصد . تُوفر أجهزة استقبال نظام تحديد المواقع العالمي (GPS) للمستخدم العديد من مؤشرات الجودة المتعلقة بهندسة الأقمار الصناعية . أهمها هو التخفيف الهندسي للدقة (GDOP). تشير قيم GDOP المرتفعة إلى ضعف هندسة القمر الصناعي ، مما قد يؤدي إلى ضعف معلومات الموقع . يوضح الشكل 43.2 أمثلة على هندسة الأقمار الصناعية الجيدة والسيئة فيما يتعلق بموقع جهاز الاستقبال.

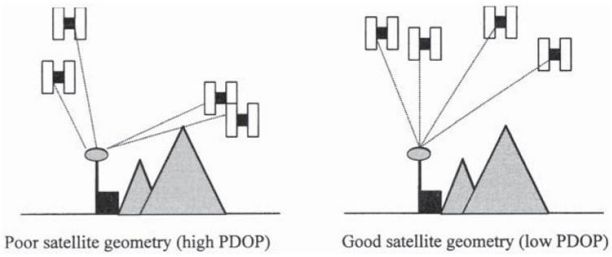


Figure 43.2 Good and bad satellite geometry.

كيفية استخدام نظام تحديد المواقع العالمي (GPS) لتسجيل الموقع ، هناك تقنيتان رئيسيتان لتحديد موقع جهاز استقبال :GPS نظام تحديد المواقع الحركي (المتحرك) ونظام تحديد المواقع الثابت (الثابت). في نظام تحديد المواقع الحركي ، يكون جهاز استقبال GPS واحد أو أكثر في حالة حركة أثناء تسجيل معلومات الموقع (فان سيكل، 1996). تُستخدم التقنيات الحركية لجمع معلومات الموقع أثناء الحركة ، على سبيل المثال في مسح ممر للمشاة أو في أنظمة الملاحة على متن السيارات أو القوارب أو الطائرات . أما في نظام تحديد المواقع الثابت ، فيبقى جهاز الاستقبال (أو أجهزة الاستقبال) عند نقطة ثابتة ، ويتم حساب متوسط الموقع المسجل من عدد كبير من القراءات المأخوذة على مدى فترة زمنية محددة .

نظام تحديد المواقع الثابت هو التقنية التي يستخدمها مجتمع المساحة لمسح نقاط العينة أو الموقع الدقيق للمباني . وقد وجدت كل من التقنيات الحركية والثابتة تطبيقات عملية في البحث الجغرافي ، كما توضح دراسات الحالة الموضحة أدناه . تحتاج التقنيات الحركية والثابتة إلى تقسيمها إلى نهجين إضافيين : تحديد **المواقع المطلق** وتحديد **المواقع التفاضلي** . تتطلب التقنيات المطلقة جهاز استقبال واحد فقط ، وتُستخدم بكثرة في الملاحة ، حيث تكون دقة عشرات الأمتار مقبولة . في نظام تحديد المواقع العالمي الحركي ، يمكن استخدام التقنيات المطلقة لتسجيل موقع غابة أو مظهر طبيعي من خلال المشي حول محيطها . أما في نظام تحديد المواقع العالمي الساكن، فيمكن استخدام التقنيات المطلقة لمسح موقع أخذ العينات.

يمكن تقليل عدم الدقة المتأصل في هذه الطريقة (±100 متر)، والناجم عن التحليل المكاني ، من خلال حساب متوسط المواقع المسجلة خلال فترة زمنية محددة . على الرغم من عدم دقة تحديد المواقع ، فقد لاقت التقنيات الحركية والثابتة المطلقة استخدامًا واسع النطاق . تتمثل ميزة تحديد المواقع المطلقة في سهولة تسجيل الموقع وسرعة القياس . بالإضافة إلى ذلك ، يلزم جهاز استقبال واحد منخفض التكلفة . عندما يكون الموقع التقريبي مطلوبًا فقط ، قد تكون التقنيات المطلقة مناسبة . ومع ذلك ، بالنسبة لمعظم المستخدمين ، يلزم استخدام طريقة أكثر دقة . يتم توفير ذلك من خلال استخدام نظام تحديد المواقع التفاضلي .(DGPS)

يعمل نظام تحديد المواقع التفاضلي (DGPS) على مبادئ تحديد المواقع التفاضلي ، والتي تفترض أن جهازي استقبال يتتبعان الأقمار الصناعية نفسها سيتعرضان لأخطاء مماثلة . لذلك ، إذا أمكن تحديد أخطاء أحد جهازي الاستقبال ، فيمكن استخدامها لتصحيح الأخطاء التي سجلها جهاز الاستقبال الثاني . في نظام تحديد المواقع التفاضلي(DGPS) ، يوضع أحد جهازي الاستقبال في موقع معروف . يتم تحديد موقع الموقع بمرور الوقت ، ومراقبة أي انحرافات عن الموقع الحقيقي . ثم يُستخدم جهاز استقبال ثانٍ ، يتتبع الأقمار الصناعية نفسها ، لتسجيل موقع الموقع غير المعروف . ثم يتم تعديل الموقع الذي سجله هذا الجهاز، إما في الوقت الفعلي أو عن طريق المعالجة اللاحقة ، لإلغاء أي أخطاء في الموقع الذي حصل عليه جهاز الاستقبال في الموقع المعروف .

يمكن استخدام التصحيح التفاضلي لبيانات نظام تحديد المواقع التفاضلي (GPS) لمواجهة خطأ تحديد الموقع (SA) وبعض الأخطاء الأخرى التي قد تؤثر على الموقع . باستخدام تقنيات نظام تحديد المواقع التفاضلي (DGPS) ، تتراوح الدقة عادةً بين 2 و15 مترًا ؛ ومع ذلك ، من الممكن الحصول على دقة مليمترية باستخدام معدات عالية الجودة وتقنية مناسبة . ليس من الضروري امتلاك جهازي استقبال لإجراء التصحيح التفاضلي . فقد أُنشئ عدد من شبكات "المحطات الأساسية" حول العالم . تنقل هذه الشبكات معلومات التصحيح ، غالبًا في الوقت الفعلي . وهذا يسمح لمن لديهم جهاز استقبال وفك تشفير مناسبين بتصحيح مواقعهم على نظام تحديد المواقع العالمي (GPS) في الميدان . يُعد هذا التصحيح الفوري لمعلومات الموقع ذا فائدة خاصة للملاح.

نظام تحديد المواقع العالمي (GPS) في الممارسة العملية:

البحث في البيئات الجبلية

لتقدير إمكانات نظام تحديد المواقع العالمي (GPS) كأداة ميدانية ، من المفيد دراسة كيفية استخدامه في مجموعة متنوعة من مواقف البحث العلمي . في هذا الفصل ، ولتوفير السياق ، نركز على تطبيق نظام تحديد المواقع العالمي (GPS) في البيئات الجبلية . ومع ذلك ، هناك أدبيات متزايدة حول استخدام نظام تحديد المواقع العالمي (GPS) في مجالات أخرى من البحث الجغرافي (ينظر القراءة الموجهة في نهاية هذا الفصل). التطبيقات الموضحة في الملاحق 43.1 و43.2 و يغطي القسم 43.3 العديد من المهام القياسية التي تُنفذ عادةً كجزء من مشروع بحث جغرافي تطبيقي . وتشمل هذه المهام رسم الخرائط الميدانية (الإطاران 43.1 و43.3)، والتحقق من النماذج المكانية (الإطار 43.2). والإشارة الجغرافية للمعلومات المكانية (الملحق 43.3). تُظهر دراسات الحالة الموضحة في الملاحق أيضًا كيفية استخدام مجموعة من أساليب نظام تحديد المواقع العالمي (GPS) المختلفة لتوفير معلومات الموقع.

الأمثلة من سنودونيا وويلز ونيبال ، وتتناول رسم الخرائط الجيومورفولوجية باستخدام نظام تحديد المواقع العالمي الديناميكي الحركي (الملحق 43.1)؛ والتحقق من جودة البيانات المُقدمة بواسطة أنظمة الارتفاع الرقمية (الملحق 43.1)؛ نماذج الارتفاعات الرقمية (DEMs) (الملحق 43.2)؛ واستخدام نظام تحديد المواقع العالمي (GPS) للمساعدة في رسم خرائط موارد الغابات (الملحق 43.3) . في دراسة الحالة النيبالية ، استُخدم نظام تحديد المواقع العالمي (GPS) لمساعدة السكان المحليين على رسم خرائط لموارد الغابات لاستخدامها في استراتيجيات الإدارة المحلية . يوضح هذا المثال كيف يُمكن استخدام نظام تحديد المواقع العالمي (GPS) ليس فقط للبحث الجغرافي، بل أيضًا لتطبيقات عملية وواقعية .

مزايا وعيوب استخدام تقنية تحديد المواقع العالمية(GPS)

تُثبت تقنية تحديد المواقع العالمية (GPS) فعاليتها كأداة قيّمة في مجموعة واسعة من الدراسات الجغرافية . وتُعدّ طرق تحديد المواقع العالمية الثابتة والحركية (DGPS) الأكثر استخدامًا . وفيما يلي ملخص للفوائد المحددة التي تعود على الجغرافيين المشاركين في البحث الميداني .

تُسهّل بيانات تحديد المواقع العالمية الحركية (DGPS) التي تُجمع باستخدام عمليات رصد شبه النطاق إنشاء خرائط رقمية تُحدّد ، على سبيل المثال ، حدود الغابات والأراضي الجليدية . ويمكن تحقيق دقة مواقع تبلغ ±3 أمتار . ويتيح تحديد المواقع العالمية الحاملة (DGPS) بدقة تصل إلى أقل من متر . ويتيح هذا النطاق

من الدقة جمع بيانات ميدانية بمقاييس مكانية متنوعة لتطبيقات متنوعة . ويتيح الشكل الرقمي لبيانات تحديد المواقع العالمية (GPS) نقل المعلومات بسرعة إلى نظام المعلومات الجغرافية (GIS) أو أي برنامج رسم خرائط حاسوبي آخر. وهذا بدوره يسمح بفحص دقة البيانات أثناء العمل الميداني (كارفر وآخرون، ١٩٩٥؛ سميث وآخرون، ١٩٩٨).

بالإضافة إلى ذلك، أظهرت الأبحاث في سنودونيا أن أساليب نظام تحديد المواقع العالمي (DGPS) يمكن أن تُكمّل المعلومات المستمدة من التصوير الفوتوغرافي العمودي أو مجموعات بيانات الاستشعار عن بُعد الأخرى . ويمكن تحديد المعالم بدقة أعلى من خلال تجنب قيود دقة البيانات والسماح بدمج المعرفة الميدانية في عملية رسم الخرائط . ويتيح نظام تحديد المواقع العالمي (DGPS) رسم الخرائط الميدانية والمسح بدقة أعلى في المواقع الصعبة مثل التضاريس الجبلية النائية والوعرة والمناطق الحرجية . حيث تكون تقنيات المسح التقليدية غير عملية نظرًا لوزن المعدات ومشاكل خط الرؤية .

من الواضح أن نظام تحديد المواقع العالمي التفاضلي (DGPS) يمكن أن يكون أداة رسم خرائط قيّمة للغاية . ومع ذلك ، يجب أن يكون المستخدم على دراية بالعديد من المشكلات التشغيلية والمشكلات المحتملة إذا أُريد استخدام هذه التقنية بالطرق المناسبة وبأقصى قدر من الفعالية . يتيح نظام تحديد المواقع العالمي الحركي (GPS) جمع البيانات بسرعة أثناء التنقل . ومع ذلك ، فإن جمع ملاحظات أكثر دقة لمرحلة الناقل يستغرق وقتًا طويلاً ، حيث يستغرق ما يصل إلى عشر دقائق في كل نقطة . بالإضافة إلى ذلك ، قد تُشكل الكميات الكبيرة من البيانات المخزنة على جهاز الاستقبال مشكلة . يمكن أن ينتج يوم عمل ميداني واحد عشرات الميغابايت من البيانات ، والتي يجب بعد ذلك تنزيلها من كل من جهازي استقبال نظام تحديد المواقع العالمي (GPS) المحمول ومحطة القاعدة إلى جهاز كمبيوتر لإجراء التصحيح التفاضلي .

يمكن تجنب مشاكل الوقت والتشغيل التي قد يسببها ذلك باستخدام أجهزة كمبيوتر لتسجيل البيانات متصلة بأجهزة الاستقبال أو التصحيح الفوري لبيانات نظام تحديد المواقع العالمي (GPS) باستخدام جهاز إرسال لإرسال بيانات محطة القاعدة إلى المركبة الجوالة . ومع ذلك ، قد يكون كلا الخيارين باهظي التكلفة للغاية ، ويزيدان من وزن المعدات الميدانية . كما قد لا يكون التصحيح الفوري ممكنًا بسبب إعاقة إشارة تصحيح البث الناتجة عن طبيعة التضاريس ، مثل الجبال أو المباني الشاهقة أو الغطاء الشجري الواسع . كما يمكن أن تعيق التضاريس الجبلية والمباني والغطاء الشجري تصحيح بيانات نظام تحديد المواقع العالمي (GPS)بعد المعالجة .

يجب أن يتتبع كل من أجهزة الاستقبال المتنقلة ومحطات القاعدة مجموعة الأقمار الصناعية نفسها لنجاح التصحيح التفاضلي . لن يحدث هذا دائمًا عند وجود إعاقة في مساحات كبيرة من السماء . ومع ذلك ، تزداد فرص النجاح كلما اقترب جهاز استقبال محطة القاعدة من جهاز الاستقبال المتنقل . يُعد استخدام نظام تحديد المواقع العالمي (GPS) لتحديد موقع محطة قاعدة غير معروفة في منطقة الدراسة مفيدًا (كارلايل وهيوود، 1997) . ومع ذلك ، في سنودونيا ، تعذر تصحيح أكثر من 25% من البيانات في المحاولة الأولى ، على الرغم من أن جهاز GPS المتنقل لا يبعد أكثر من كيلومترين عن محطة القاعدة .

في المناطق الحرجية والمأهولة ، تختفي الأقمار الصناعية بسرعة ثم تعود للظهور عند مرورها خلف أغصان الأشجار وجذوعها والمباني . لتقليل الوقت الذي تستغرقه أجهزة الاستقبال في البحث عن الأقمار الصناعية المفقودة أو تحديد مواقع أقمار جديدة ، بدلاً من تسجيل بيانات الموقع ، تُعدّ أجهزة الاستقبال التي تحتوي على عشر قنوات أو أكثر مفيدة . تتيح أجهزة الاستقبال ذات القنوات العشر تتبع المزيد من الأقمار

الصناعية في وقت واحد . لذلك ، عند فقدان إشارة أحد الأقمار الصناعية ، يستخدم جهاز الاستقبال القمر الصناعي التالي الأفضل ، والذي يتم تتبعه بالفعل على قناة أخرى .

قد يكون هناك تباين كبير في الأداء بين مختلف أنواع أجهزة الاستقبال ، وفي أنواع التضاريس المختلفة وفي نقاط زمنية مختلفة . قد يكون هذا الغموض بشأن الدقة الدقيقة لبيانات نظام تحديد المواقع العالمي (GPS)المجمعة أمرًا مزعجًا للمبتدئين . من الضروري التحقق من أداء المعدات وطريقة جمع البيانات ، خاصةً عند استخدام نظام تحديد المواقع العالمي (GPS) لجمع البيانات بدقة أقل من متر . يمكن لاختبار المعدات ، من خلال مسح مواقع معروفة ، مثل نقاط التثليث التابعة لهيئة المساحة البريطانية ، لتقييم فعالية المنهجية وتحديد الأخطاء المتكررة مثل أخطاء تحويل البيانات ، أن يكون بمثابة مقدمة قيّمة للعمل الميداني ، كما يتيح للمستخدم فهمًا أفضل لقضايا دقة نظام تحديد المواقع العالمي .(GPS)

ومن المهم أيضًا النظر إلى قوة الإشارة ، وGDOP ، وعدد النقاط التي تمت معالجتها أثناء التصحيح التفاضلي كمؤشرات على دقة البيانات . بشكل عام ، تُعد تقنية نظام تحديد المواقع العالمي (GPS) مجدية وفعالة في مجموعة متنوعة من مجالات البحث التي قد تكون فيها تقنيات المسح ورسم الخرائط الأخرى غير عملية . لا يهدف ملخص المشاكل المحتملة المذكور أعلاه إلى تثبيط استخدام نظام تحديد المواقع العالمي (GPS)، بل إلى تشجيع المستخدمين على تطبيق هذه التقنية بحكمة مع إدراكهم لقيودها . بفضل هذا الفهم ، سيتمكن المستخدمون من رسم خرائط لأنواع جديدة من المعالم بكفاءة ، واستخدام البيانات بطرق جديدة لاكتشاف مجالات جديدة من البحث الجغرافي التطبيقي .

الملحق 43.1 رسم الخرائط الميدانية:

التفسير الجيومورفولوجي باستخدام نظام تحديد المواقع العالمي(GPS)

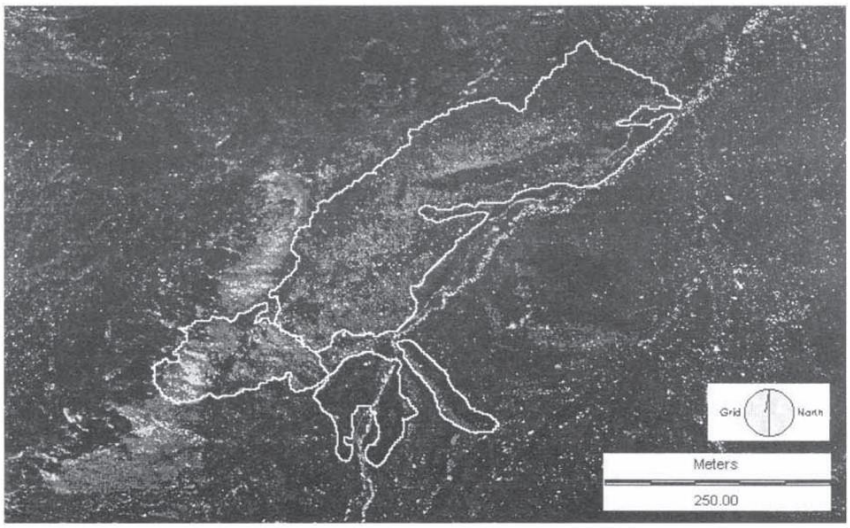
عادةً ما تُرسم خرائط التضاريس الجليدية من خلال التصوير الجوي والخرائط الطبوغرافية واسعة النطاق . ومع ذلك ، هناك العديد من البيئات الجبلية التي كانت جليدية سابقًا حيث لا تتوفر هذه البيانات أو تكون ذات جودة رديئة . كما أن وعورة التضاريس غالبًا ما تمنع استخدام التقنيات الآلية التقليدية . من ناحية أخرى ، لا يتأثر نظام تحديد المواقع العالمي (GPS) بهذه المشاكل ، ويتمتع بالعديد من المزايا لعلماء الجيومورفولوجيا . لهذه الدراسة ، أُجري رسم خرائط ميدانية في منطقة لانبيريس في سنودونيا ، شمال ويلز . وقد اختيرت سنودونيا كموقع للدراسة لسهولة الوصول الميداني إلى تضاريسها الجليدية المعروفة . وقد سمح ذلك بإجراء اختبار مُحكم لنظام تحديد المواقع العالمي .(GPS)

يقع موقع الدراسة في منطقة شديدة الانحدار، مع وجود عدة قمم يزيد ارتفاعها عن 1000 متر. كانت المنطقة مُجمدة سابقًا خلال العصر البلستوسيني ، وتحتوي على سلسلة من أنظمة التضاريس التآكلية والترسيبية (ينظر أديسون وآخرون، 1990؛ غراي، 1982؛ غراي ولو، 1982). يتعلق العمل الموصوف هنا برسم خرائط للتضاريس الجليدية الأصغر حجمًا المرتبطة بالتجلد خلال فترة بحيرة لوموند ستاديال ، مثل الركام الجليدي . استُخدمت استراتيجيتان لنظام تحديد المواقع العالمي (GPS) لرسم خرائط التضاريس الجليدية : نظام تحديد المواقع العالمي الحركي (DGPS) (باستخدام شبه النطاق) لتحديد حدود التضاريس ، ونظام تحديد المواقع العالمي الثابت (باستخدام طور الناقل) لتحديد مواقع المواقع لمزيد من البحث (سميث وآخرون، 1997).

يوضح الشكل 43.3 بيانات نظام تحديد المواقع العالمي الحركي (DGPS) مُركبة على صورة جوية للمنطقة نفسها . تُمثل الخطوط على الخريطة حدود المعالم الجليدية الأثرية المختلفة . تم تحديد هذه الحدود

من خلال السير حول محيط التضاريس وتسجيل مواقعها باستخدام جهاز استقبال GPS. وفرت طريقة DGPS دقة موقعية تصل إلى بضعة أمتار (متران في أحسن الأحوال، وعادةً ما تتراوح بين 5 و10 أمتار).

Figure 43.3 GPS landscape feature map, Snowdonia, North Wales.



ومع ذلك ، نظرًا لأن الحدود بين التضاريس الجليدية "غير واضحة" ، واضطرار المساح إلى استخدام إشارات ميدانية لتحديد حدود معلم معين ، فقد عد هذا المستوى من الدقة مقبولًا (سميث وآخرون، 1998). ومن المزايا الرئيسية لطريقة DGPS الحركية أنها سمحت للعاملين الميدانيين برسم خرائط للتضاريس بشكل مستمر . بالإضافة إلى ذلك ، ولأن البيانات جُمعت رقميًا ، فقد سُهّل نقلها إلى نظام معلومات جغرافي (GIS) ، حيث تم التحقق من دقتها واستخدامها في مزيد من التحليل الكمي . استُخدمت طريقة DGPS في مرحلة الحامل لتحديد مواقع البحث الميداني حيث أمكن أخذ عينات من تربة الركام أو تسجيل اتجاه تدفق الجليد السابق من الخطوط (المرجع نفسه). كانت دقة رصدات طور الناقل تصل إلى متر واحد (ماجلان ١٩٩٤) . كما استُخدمت هذه البيانات لتسجيل مواقع التعرضات الجيدة لاستخدامها في تحليلات الرسوبيات اللاحقة.

الملحق 43.2: التحقق من النموذج:

استخدام نظام تحديد المواقع العالمي (GPS) لتقييم جودة بيانات نماذج الارتفاع الرقمية

نظرًا لتأثير الارتفاع والتضاريس على خصائص البيئات الجبلية ، يُشكل نموذج عالي الجودة للسطح الطبوغرافي ، وهو نموذج الارتفاع الرقمي (DEM) (الشكل 43.4)، أساس التطوير الناجح لأدوات النمذجة الحاسوبية للبيئات الجبلية (Stocks and Heywood 1994 ؛ Heller and Weibel 1991). ومع ذلك ، فإن الاستخدام المحتمل لنماذج الارتفاع الرقمي المتاحة بسهولة ، والمستمدة غالبًا من بيانات وكالات رسم الخرائط الوطنية ، محدود بسبب عدم كفاية المعرفة بجودة هذه النماذج أو عدم كفايتها. يمكن تصنيف العوامل التي تحدد جودة بيانات نماذج الارتفاع الرقمي تحت عنوانين : إنتاج بيانات الارتفاع الرقمي ، والاستيفاء من هذه البيانات لإنشاء نموذج الارتفاع الرقمي . وقد تتوفر مقاييس لدقة بيانات الارتفاع الرقمي . على سبيل المثال ، تُشير هيئة المساحة البريطانية (1996) ، وهي الوكالة الوطنية لرسم الخرائط في المملكة المتحدة ، إلى أن بياناتها الرقمية لخطوط الكنتور بمقياس 1:10,000 لها خطأ جذر متوسط مربع (RMSE) يبلغ 1.5

متر. ومع ذلك ، لا يُعرف الكثير عن تأثير عملية توليد نماذج الارتفاع الرقمية ، من خلال استيفاء البيانات ، على جودة نماذج الارتفاع الرقمية الناتجة . لتوفير هذه المعلومات ، يمكن جمع قياسات دقيقة للارتفاع باستخدام نظام تحديد المواقع العالمي (GPS) ومقارنتها بقيم الارتفاع المستمدة من نماذج الارتفاع الرقمية .

Figure 43.4 Digital elevation model of Snowdonia, North Wales

لاختبار هذا النهج ، أُجري عمل ميداني في منطقة تبلغ مساحتها حوالي 2 كيلومتر مربع ضمن سلسلة جبال سنودونيا ، شمال ويلز، المملكة المتحدة . وقد اختيرت هذه المنطقة لسهولة الوصول إليها ، وتنوعها الجيولوجي والجيومورفولوجي ، وتطرف انحدارها ، وجوانبها ، وتضاريسها النسبية . كان أساس تقدير جودة نموذج الارتفاع الرقمي هو جمع عينة من نقاط التحكم التي حُدد الارتفاع عندها بدقة عالية . استُخدم نظام تحديد المواقع العالمي (GPS) لجمع بيانات التحكم هذه نظرًا لملاءمته للاستخدام في المناطق التي يصعب الوصول إليها والتي تفتقر إلى البيانات في البيئات الجبلية . أُجريت قياسات ثابتة للارتفاع والموقع ، قائمة على نظام تحديد المواقع العالمي (DGPS) ، باستخدام عمليات رصد طور الموجة الحاملة.

يذكر ماجلان (1994) أنه يمكن الحصول على بيانات بدقة أقل من متر (±0.9 متر) باستخدام هذه المستقبلات . أظهر الاختبار الميداني إمكانية تحديد مواقع هذه الدقة بنسبة 70% تقريبًا ، أي بدقة مماثلة لتلك التي ذكرها ماجلان . في الميدان ، استُخدم مستقبل واحد لجمع البيانات من موقع محطة قاعدة معروف . أُخذ المستقبل الثاني إلى نقاط العينة . في كل نقطة عينة ، جُمعت 10 دقائق من بيانات نظام تحديد المواقع العالمي (GPS) . لكل نقطة عينة ، تم تصحيح البيانات التي جمعها جهاز الاستقبال المتنقل تفاضليًا لتوفير تقديرات بدقة أقل من متر لموقع وارتفاع نقاط العينة . تم تسجيل بيانات الموقع والارتفاع لـ 106 نقاط ضمن منطقة دراسة سنودون . تم اختيار النقاط لتوفير عينة تمثيلية لتضاريس المنطقة المتنوعة . تم استخدام بيانات الكنتور الرقمية بمقياس 1:10000 (RMSE = ±1.5 متر) لإنشاء ستة وعشرين نموذجًا رقميًا للارتفاع (DEMs) لمنطقة الدراسة.

تم استخدام توليفات متنوعة من أنماط البيانات المختلفة (خطوط الكنتور، نقاط عشوائية، شبكات منتظمة من النقاط)، وكثافات البيانات ، وخوارزميات الاستيفاء، ومعلمات الاستيفاء لإنتاج هذا النطاق من

نماذج الارتفاع الرقمي . تم استخراج الارتفاعات في كل موقع من مواقع نقاط العينة لكل نموذج رقمي ومقارنتها بالارتفاعات من مسح نظام تحديد المواقع العالمي (GPS). تم استخدام طبيعة توزيعات أخطاء الارتفاع الناتجة لوصف جودة كل نموذج رقمي . تم حساب متوسط خطأ الارتفاع والانحراف المعياري لخطأ الارتفاع لكل من نماذج الارتفاع الرقمية الستة والعشرين . تراوح متوسط الخطأ المطلق بين ± 3.12 و7.11 مترًا ، بينما تراوح الانحراف المعياري للخطأ بين ± 3.77 و10.32 مترًا .

لذلك، يتضح أن دقة ارتفاع نموذج الارتفاع الرقمي تختلف اختلافًا كبيرًا وتعتمد على نمط وكثافة بيانات المصدر وطريقة الاستيفاء المستخدمة . كما يتضح أن جودة بيانات الارتفاع الرقمية الأصلية ذات خطأ التربيع التربيعي الموثق البالغ ± 1.5 مترًا لا تعطي مؤشرًا يُذكر على جودة نموذج الارتفاع الرقمي الناتج (كارلايل وهيوود، 1997).

الملحق 43.3: الإسناد الجغرافي لتقييم الموارد:

دور نظام تحديد المواقع العالمي (GPS) في رسم خرائط موارد الغابات المجتمعية

تتضمن الغابات المجتمعية إعادة الغابات المملوكة للدولة والمدارة إلى القرويين ومستخدمي الغابات المحليين ، الذين يديرونها لتلبية احتياجاتهم المعيشية من الأخشاب وحطب الوقود والأعلاف والمراعي والنباتات الطبية . هناك اهتمام متزايد في نيبال بالحصول على معلومات حول جودة هذه الموارد : هل تتحسن الغابة أم تتدهور تحت إدارة القرية ؟ ولكي نتمكن من قياس هذه المعلومات الموثوقة ، يلزم توفر معلومات أساسية حول موارد الغابات . ويتمثل عنصران أساسيان في هذه المعلومات الأساسية في تقدير دقيق لموقع حدود الغابات ، وصور جوية ذات مرجع جغرافي تُظهر حالة المورد . في كلتا الحالتين ، تم تحديد نظام تحديد المواقع العالمي (GPS) كوسيلة فعالة من حيث التكلفة لتوفير المعلومات (جوردان وشريسثا، 1998).

استخدم رسم خرائط حدود الغابات نظام تحديد المواقع العالمي (GPS) كأداة مسح . تم التقاط صورة لجهاز الاستقبال حول حدود الغابة ، وتم تسجيل موقع جغرافي كل ثانية . تم تخزين هذه المعلومات في جهاز استقبال نظام تحديد المواقع العالمي(GPS) ، ثم تنزيلها إلى جهاز كمبيوتر، ومعالجتها لاحقًا ، وإدراجها في نظام معلومات جغرافية .(GIS) في كثير من الحالات ، يمكن استخدام بيانات نظام تحديد المواقع العالمي (GPS)لرسم خرائط لحدود الغابات بدقة وسرعة . تعتمد جدوى هذا (من حيث السرعة والدقة) بشكل كبير على التضاريس : فالغابات ذات المنحدرات الشديدة والتي لا يوجد فيها تحديد واضح بين الغابات المجتمعية واستخدامات الأراضي الأخرى يصعب رسم خرائط لها . ويعود ذلك جزئيًا إلى الصعوبات المادية ومخاطر استخدام نظام تحديد المواقع العالمي (GPS) في هذه التضاريس (في هذه المنطقة من التلال الوسطى في نيبال، 70% من الأراضي ذات زاوية ميل أكبر من 30 درجة، وزوايا الميل التي تزيد عن 50 درجة شائعة)، وجزئيًا إلى إعاقة رؤية الأقمار الصناعية بسبب سفوح التلال.

وللحصول على نتائج مفيدة ، كان نظام تحديد المواقع العالمي الديناميكي (DGPS) ضروريًا ، وتم الحصول على دقة ± 5-20 مترًا . يُعد هذا النظام أكثر من كافٍ لرسم خرائط الموارد في نيبال (وأكثر دقة بكثير من المعلومات المكانية الأخرى المتاحة) . لم يوفر نظام تحديد المواقع العالمي (GPS) المطلق مستوى كافيًا من الدقة ، حيث كانت الثوابت الموضعية في نقطة ما شديدة التباين . تم التغلب على هذا جزئيًا من خلال تسجيل الثوابت لمدة 15-20 دقيقة في كل نقطة ، وحساب متوسط الثوابت ، ولكن هذا بطيء للغاية . للإسناد الجغرافي للصور الجوية ، استُخدمت تقنيات نظام تحديد المواقع العالمي (GPS) للحصول على موقع جغرافي دقيق لسمة قابلة للتحديد (مثل منعطف في الطريق ، أو منزل ، أو معبد ، أو قمة تل) .

وقد استُخدمت هذه النقطة كنقطة تحكم . باستخدام نقاط التحكم ذات الإسناد الجغرافي ، يمكن تصحيح المعلومات المكانية من الصور الجوية هندسيًا وإدخالها في نظام المعلومات الجغرافية . وفرت هذه التقنية وسيلة لرسم خرائط تقريبية لحدود الغابات بسرعة (فهي تقريبية فقط بسبب التشوه المكاني الكامن في الصور الجوية القياسية). تم إنشاء نقاط تحكم ذات إسناد جغرافي باستخدام نظام تحديد المواقع العالمي (DGPS). في هذا المشروع ، وُجد أن خمس دقائق من القراءات كافية لدقة تتراوح بين ± 2 و5 أمتار . كان الحل يكمن في تحديد نقاط تحكم يسهل تحديدها من خلال الصور الجوية ، وفي مواقع لا تُعيق إشارة القمر الصناعي .

يواجه مستخدمو نظام تحديد المواقع العالمي (GPS) في الدول النامية نقصًا في محطات تحديد المواقع الجغرافية المرجعية في مواقع مناسبة وآمنة . وقد تم التغلب على هذه المشكلة في نيبال بتحديد موقع محطة تحديد المواقع الجغرافية الأساسية في مبنى مشروع يقع في منطقة مستجمعات المياه نفسها التي تُجرى فيها أعمال رسم الخرائط وتقييم الموارد . تم تحديد الموقع من خلال جمع متوسط أكثر من 30,000 قراءة فردية . وقد أظهر التحليل الإحصائي للبيانات المُجمعة أن دقة الموقع كانت في حدود ±5 أمتار تقريبًا، وهو ما يزيد عن الدقة المطلوبة لهذا النوع من العمل.

دليل لمزيد من القراءة

لا يوجد نصّ حول نظام تحديد المواقع العالمي (GPS) مُخصّص للجغرافيين. أفضل نصّ تمهيدي هو من تأليف كينيدي (١٩٩٦). يُقدّم هذا النصّ أيضًا نظرةً عامةً عمليةً ممتازةً حول كيفية استخدام بيانات نظام تحديد المواقع العالمي (GPS).

مع نظام معلومات جغرافية .(GIS) يكتسب الكتاب أهمية خاصة إذا توافر لدى القارئ جهاز استقبال GPS من Trimble Pathfinder ونظام .ArcView GIS يأتي الكتاب مزودًا بمجموعات بيانات نموذجية على قرص مدمج، بالإضافة إلى تمارين للدراسة الذاتية. يقدم ليك (1995) وفان سيكل (1996) لمحات عامة تقنية أكثر تفصيلًا، ويتناولان بالتفصيل العديد من القضايا الجيوديسية والتطورات الحديثة في نظام تحديد المواقع العالمي .(GPS) يمكن الاطلاع على أمثلة جغرافية لتقنية نظام تحديد المواقع العالمي(GPS) ، وخاصة تطبيقاتها الفيزيائية، في مجلات مثل مجلة الهندسة التصويرية والاستشعار عن بُعد، وفي سلسلة النشرات التقنية لمجلة عمليات سطح الأرض وأشكالها الأرضية. على سبيل المثال، يتناول أوغست وآخرون (1994) دقة بيانات الموقع المشتقة باستخدام نظام تحديد المواقع العالمي(GPS) ، بينما يتناول كورنيليوس وآخرون (1994) وفيكس وبيرت (1995) تطبيقات نظام تحديد المواقع العالمي (GPS) في علم شكل الأرض. يوفر موقع GPS World معلومات حول أنواع منتجات نظام تحديد المواقع العالمي (GPS) المتاحة، ويستعرض ويبحث في أمثلة لتطبيقات تقنية نظام تحديد المواقع العالمي .(GPS) يدير بيتر دانا، من جامعة تكساس (جغرافي)، أحد أفضل وأشمل المواقع الإلكترونية المتخصصة في تقنية نظام تحديد المواقع العالمي .(GPS) وغالبًا ما يكون هذا الموقع هو أول ما يلجأ إليه المستخدمون الجدد لتقنية نظام تحديد المواقع العالمي(GPS) ، ويمكن الوصول إليه عبر الرابط التالي

: http://www.utexas.edu/depts/grg/gcraft/notes/gps/gps.html

هناك أيضًا العديد من قوائم نقاش البريد الإلكتروني المخصصة لنظام تحديد المواقع العالمي (GPS). أفضلها GPS-L وGPS-L .CANSPACE قائمة نقاش عامة تحظى بكثافة اشتراك، وهي مكان جيد لطلب المساعدة في أي مشاكل تواجهها مع نظام تحديد المواقع العالمي (GPS). يوفر CANSPACE معلومات تقنية، وبيانات

تتعلق بتشغيل نظامي NAVSTAR وGLONASS، وتحديثات حول محتويات المجلات العلمية المتعلقة بنظام تحديد المواقع العالمي (GPS).