وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
الجامعة التقنية الجنوبية
المعهد التقني العمارة
قسم تقنيات المساحة

الحقيبة التدريسية لمادة

النظام العالمي للملاحة بالأقمار الصناعية

Global Navigation Satellite System (GNSS)

تدريسي المادة

علي صلاح جمعة

الفصل الدراسي الثاني

المفردات	
الاسبوع	تفاصيل المفردات
1	تعريف GPS ومنظومة GNSS
2	التعرف على أنواع منظومات الاقمار المتاحة حاليا والمستقبلية
3	مكونات منظومة الGPS وشرح كل جزء(الجزء الفضائي ومنظومات السيطرة والتحكم وكذلك جزء منظومة المستخدم)
4	التعرف على جهاز GPSالملاحي واستخداماته
5	التعرف على مصادر الاخطاءفي منظومة الGPS
6	التعرف على مبدأ عمل الGPS
7	التعرف على مباديء الجيودوسي (الجيو ، السفيرويد ، انظمة الاحداثيات)
8	شرح طرق الرصد بأستخدام منظومة GNSS وشرح كل طريقة
9	شرح أجزاء منظومةGNSS نوع (Leica Viva)
10	كيفية عمل(job) وكذلك تهيئة جهاز (GS10 , GS15)
11	كيفية تهيئة جهاز (Base GS10) وال (Rover GS15) للعمل بطريقة Post Processing
12	أنشاء نقاط ضبط ارضي في الحقل بطريقة Post Processing ومعالجة البيانات المرصودة ببرنامج(LGO)
13	تهيئة جهاز(Base GS10) و (Rover GS15) للعمل بطريقة الRTK ورفع العوارض بهذه الطريقة .
14	سحب البيانات المرصودة بالطريقة اعلاه من الجهاز الى الحاسب وتصديرها الى برنامج ال(Land Desktop)أو(GIS)
15	ايجاد أحداثيات نقطة مجهولة الاحداثيات(X,Y,Z)ومعالجتها عن طريق أرسالها الى مواقع التصحيح بواسطة الانترنت

الهدف من دراسة مادة النظام العالمى للملاحة بالأقمارالصناعية (الهدف العام):

تهدف دراسة مادة النظام العالمي للملاحة بالأقمارالصناعية للصف الثاني الى:

سيكون الطالب قادرا على كيفية أستخدامات منظومة DGPS وتطبيقاتها.

الفئة المستهدفة:

طلبة الصف الثاني / قسم تقنيات المساحة

التقنيات التربوية المستخدمة:

- سبورة واقلام
- السبورة التفاعلية
- عارض البياناتData Show
- جهاز حاسوب محمولLaptop

طريقة التعلم:

الشرح والتوضيح ، القاء المحاضرة عن طريق عرض الدروس النظرية على شاشات العرض باستخدام مع الشرح امثلة وحلها على السبورة مع المناقشة ثم اعطاء التمارين للطلبة للتطبيق.

وزارة التعليم العلي والبحث العلمي

الجامعه التقنية الجنوبية

المعهد التقني / العمارة

قسم المساحه / المرحله الثانية

النظام العالمي للملاحة بالأقمارالصناعية

Global Navigation Satellite System (GNSS)

((نظام تحديد المواقع العالمي GPS))

((نظام تحديد المواقع العالمي GPS))

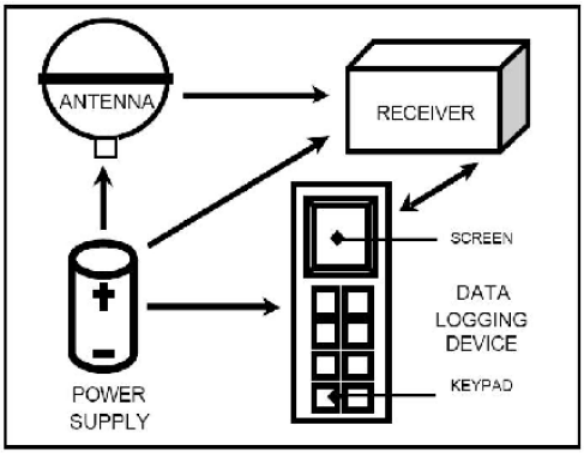
نظام تحديد المواقع العالمي GPS

هو نظام للملاحة والمسح الميداني وأعمال الهندسة المساحية الذي يقوم بعرض وخزن معلومات قيمة عن مكان على سطح الأرض جغرافياً وحسب أنظمة الإحداثيات العالمية وكذلك يمكن الحصول على مسارات ملاحية باستخدام برمجيات (Software) متخصصة ومتطورة
المكون الرئيسي لنظام الـ GPS هو شبكة من الأقمار الصناعية وأجهزة التقاط الإشارة تسمى أجهزة GPS
الغرض منها هو تحديد المكان على سطح الكرة الأرضية.
تدور هذه الأقمار حول الأرض في مسارات محددة باستمرار وعلى الدوام وتقوم بإرسال ذبذبات أو إشارات راديوية مشفرة يمكن التقاطها من قبل أي شخص باستخدام أجهزة الـ GPS لتحديد موقعهم أو مكانهم أينما كانوا.

هذه الأحرف الثلاثة GPS هي اختصار للكلمات Global Positioning System : والتي تعني : نظام تحديد المواقع العالمي وهو عبارة عن نظام ملاحي مكون من شبكة أقمار صناعية يصل عددها إلى ٢٤ قمراً مثبتة في مدارات محددة من الفضاء الخارجي من قبل وزارة الدفاع الأمريكية لاحظ الشكل(١) .

هذه الأقمار تدور في مدارات حول الأرض بسرعة تبلغ ٧,٠٠٠ ميل في الساعة ، وتعتمد على الطاقة الشمسية ، كما أنها مزودة ببطاريات قابلة للشحن من أجل ضمان استمرار عملها

الشكل (١):الكرة الأرضية ومدارات الأقمار الصناعية حولها



- وبشكل عام يتكون أي جهاز GPS من
  - Receiver
  - Antenna
  - Data Device
  - Power Source

مميزات نظام تحديد المواقع العالمي GPS

تشتمل تقنية الجي بي أس علي العديد من المميزات التي ساعدت علي انتشارها بصورة لم يسبق لها مثيل ومنها:

- متاح طوال ٢٤ ساعة يوميا ليلا و نهارا وعلي مدار العام كله.
- يغطي جميع أنحاء الأرض.
- لا يتأثر بأية ظروف مناخية مثل درجات الحرارة و المطر و الرطوبة والرعد و البرق و العواصف.
- الدقة العالية في تحديد المواقع لدرجة تصل إلي ملليمترات في بعض التطبيقات و طرق الرصد الجيوديسية أو دقة أمتار قليلة للتطبيقات الملاحية.
- الوفرة الاقتصادية بحيث أن تكلفة استخدام الجي بي أس تقل بنسبة أكبر من ٢٥% بالمقارنة بأي نظام ملاحي أرضي أو فضائي آخر.
- لا يحتاج لخبرة تقنية متخصصة لتشغيل أجهزة الاستقبال (وخاصة المحمولة يدويا) لدرجة أن بعض مستقبلات الجي بي أس أصبحت تدمج في الساعات اليدوية و أجهزة الاتصال التليفوني.

تطبيقات نظام تحديد المواقع العالمي GPS

تعددت التطبيقات المساحية لتقنية الجي بي أس بصورة كبيرة في السنوات الماضية وتشمل بعضها:

- إنشاء الشبكات الجيوديسية للثوابت الأرضية الدقيقة وتكثيف الشبكات القديمة منها (عن طريق إضافة محطات جديدة لها).
- رصد تحركات القشرة الأرضية.
- رصد إزاحة أو هبوط المنشئات الحيوية كالكباري و الجسور و السدود و القناطر.
- أعمال الرفع المساحي التفصيلي و الطبوغرافي.
- إنتاج خرائط طبوغرافية و تفصيلية دقيقة و في صورة رقمية.
- تحديد المواقع لعلامات الضبط الأرضي للصور الجوية Aerial Photogrammetryو المرئيات الفضائية لنظم الاستشعار عن بعد Remote Sensing.
- تطبيقات المساحة التصويرية الأرضية Close-Range Photogrammetry.
- تطوير نماذج الجيويد الوطنية بالتكامل مع أسلوب الميزانية الأرضية.
- تجميع البيانات المكانية عند استخدام تقنية نظم المعلومات الجغرافية Geographic Information Systems أو GIS
- الربط بين المراجع الجيوديسية المختلفة للدول في حالات المشروعات الحدودية المشتركة.
- نظم الخرائط المحمولة Mobile Mapping Systems أو MMS.
- الرفع الهيدروجرافي و تطوير الخرائط البحرية و النهرية.
- تثبيت و توثيق مواقع العلامات الحدودية بين الدول.
- بدمج تقنيتي الجي بي أس و نظم المعلومات الجغرافية أمكن إنتاج خرائط رقمية و قواعد بيانات محمولة يدويا للمدن بكافة تفاصيلها و خدماتها.

انواع اجهزة ال GPS

هنالك ثلاثة أنواع من أجهزة الـ GPS

- الملاحي Navigator

وهو النوع الأكثر انتشارا كلفته غير عالية واستخدامه سهل لكنه الأقل دقة حيث تتراوح دقته بين ٥ و١٥ متر يتكون من جهاز واحد يلتقط الإشارة ويعطي النتيجة بسرعة.

- المساحي Differential

وهو النوع الأكثر كلفة وأقل انتشارا استخدامه محدد بالتخصصات التي تحتاج إلى نقاط بدقة عالية جداً أقل من ٥ أمتار وتصل إلى السنتمترات ويتكون من جهازين.

- ملاحي يعتمد التصحيح

هو نوع حديث قليل الانتشار كلفته متوسطة ودقته تتراوح بين ½ متر و٥ أمتار يتكون من جهاز واحد يعتمد على التصحيح اعتمادا على محطات بث أرضية.

دقة الـ GPS

تعتمد دقة الجهاز المستلم على عدة عوامل إضافة إلى دقة الإلكترونيات في الجهاز

- عدد الأقمار المستلمة (كلما كان العدد أكثر زادت الدقة والعدد الأقصى هو ١٢ قمر)
- حالة الجو
- توفر المساحات الفارغة أي عدم وجود عائق مادي بين الجهاز والأقمار كالبنايات وغيرها
- دقة الجهاز حسب الحاجة والتطبيق ونوع الجهاز ملاحي أو مساحي يعتمد التصحيح.

أجهزة الـ GPS المساحية (Differential Correction)

تتكون من جهازين واحد يثبت على نقطة مرجعية (Reference or pinch mark) وجهاز ثاني لتحديد النقاط الجديدة (Rover)وتكون دقته عالية جداً

التخطيط لعمل المسح الميداني باستخدام ال GPS

قبل القيام بعمل أو مشروع متعلق باستخدام أجهزة الـ GPS من الضروري التخطيط للخطوات التي توصل للأهداف والتخطيط يمكن المستخدم من تلافي الأخطاء والمشاكل والوصول إلى دقة أعلى ومن الخطوات الرئيسية في التخطيط للقيام بعملية مسح ميداني بعد وضع الأهداف هي

- أين ستتم عملية المسح (أي تحديد المنطقة)
- أي نوع من أنواع أجهزة الـ GPS ستستخدم (تحدد وفق الدقة المطلوبة ونوع المسح)
- ما هو نوع المعلم (Feature) والبيانات المطلوب جمعها
- أين هو موقع أقرب نقطة دالة إن وجدت
- ما هي الموارد والمصادر المساعدة المتوفرة (كيفية التنقل)
- لمن تجمع البيانات لأي عمل وكيف سيتم استخدامها (تحديد موقع ، تصحيح ، تصميم ، تسقيط ، ..)
- السقف الزمني
- التأكد قبل الخروج من تمام عمل الجهاز وتوفر الطاقة والإلمام بكيفية عمل الجهاز

وزارة التعليم العلي والبحث العلمي

الجامعه التقنية الجنوبية

المعهد التقني / العمارة

قسم المساحه / المرحله الثانية

النظام العالمي للملاحة بالأقمارالصناعية

Global Navigation Satellite System (GNSS)

(مباديء الجيودوسي (الجي ود ، السفيروید ، انظمة الاحداثيات))

مباديء الجيودوسي (الجيود ، السفيرويد ، انظمة الاحداثيات)

المساحة الجيوديسية

هي أحد العلوم التي بدأت مع بدء المساحة قديما ويرجع تاريخه إلى 5000 عام قبل الآن وكلمة جيوديسيا كلمة يونانية الأصل تتكون من مقطعين (جيو وتعني الأرض وديسيا وتعني القياس والتقسيم) وطبقا لهذا المسمى فعلم الجيوديسيا هو العلم المعني والمهتم بدراسة الأرض من حيث الشكل والقياس .

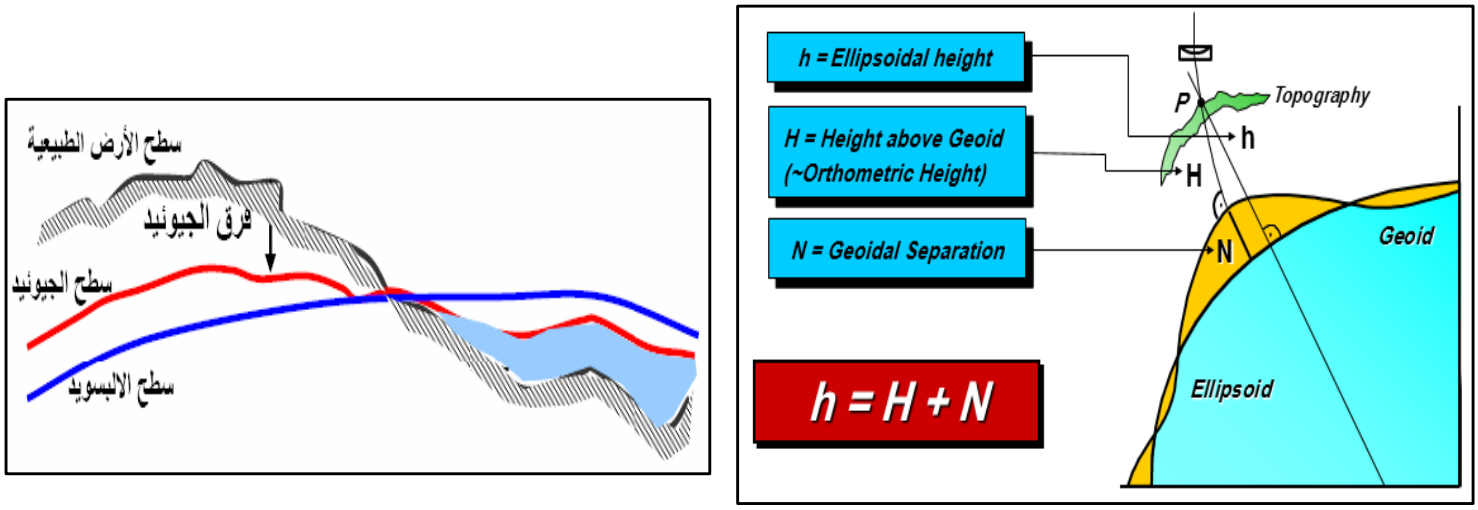
ما هو شكل الأرض؟ هذا السؤال هو مبدأ علم الجيوديسيا وبداية دراسة نظم الإحداثيات حيث إنه لعمل ربط بين الأجسام والنقاط وبعضها على سطح الأرض يجب معرفة معادلة رياضية لشكل الأرض يتم عن طريقها وضع نظام للإحداثيات وربط النقاط المختلفة على سطح الأرض . ولأن سطح الأرض غير منتظم حيث إنه متغير الارتفاعات والانخفاضات وغير مستو وفي مجمله يأخذ شكلاً بيضاوياً غير منتظم لذلك كان يجب البحث عن بديل افتراضي لشكل الأرض وكان هذا السطح البديل هو مستوى سطح البحر حيث إن مستوى سطح البحر بعد عمل تسطيح لموجاته عبارة عن سطح مستو أملس وهو ما نسميه سطح الجيويد Geoid

1) سطح الجيويد Geoid

هو سطح حقيقي مستو أملس يمثل مستوى سطح البحر وهو سطح متساو جهد الجاذبية. وبالرغم من أن سطح الجيويد مستو وأملس إلا إنه من الصعب عمل معادلة رياضية له ولكن لقرب شكل الأرض من الشكل البيضاوي لذا تم افتراض سطح آخر وهو سطح الألبسويد Ellipsoid.

2) سطح الألبسويد Ellipsoid

هو سطح افتراضي مستو على شكل بيضاوي وله معادلة رياضية تمثل معادلة الشكل البيضاوي ويتكون من محورين أساسيين (محور رئيس كبير ومحور صغير) متعامدين.



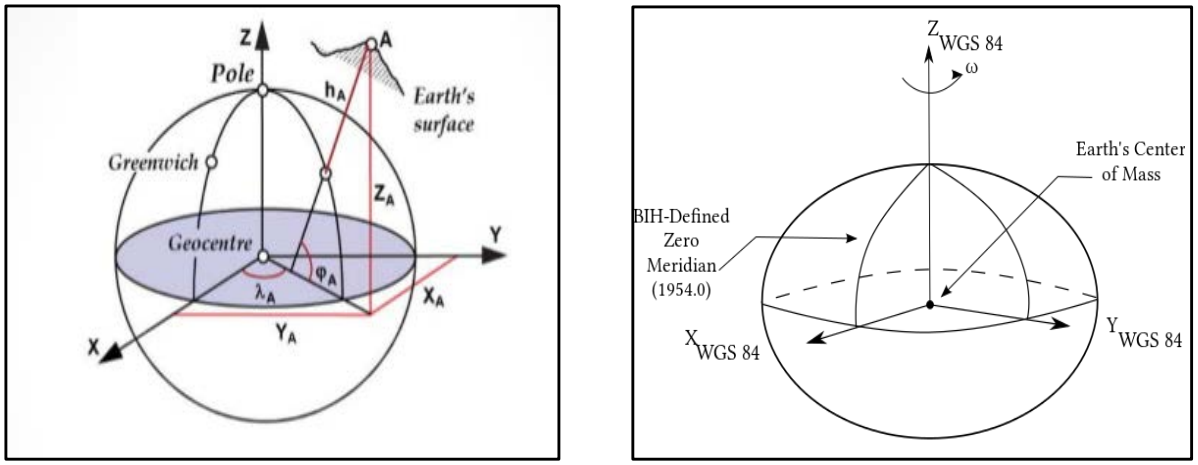
الشكل (1): يوضح العلاقة بين Geoid و Ellipsoid و Earth surface

نظم الاحداثيات

الإحداثيات Coordinates هي القيم التي بواسطتها نعبر عن موقع معين علي سطح الأرض أو علي الخريطة. وتتعدد أنظمة الإحداثيات تبعا لاختلاف السطح المرجعي الذي يتم تمثيل المواقع عليه. فعند اختيار المستوي كسطح مرجعي (مثل الخريطة) فأن الإحداثيات تكون إحداثيات مستوية أو مسقطة أو ثنائية الأبعاد Two-Dimensional (or 2D) Coordinates. ويرجع اسم ثنائية الأبعاد إلي أن كل نقطة – علي الخريطة مثلا – يلزمها قيمتين لتحديد موقعها وليكن مثلا س ، ص. بينما عند اعتماد الكرة أو الاليبسويد كسطح مرجعي فأننا نتعامل مع نوع الإحداثيات الفراغية أو الإحداثيات ثلاثية الأبعاد Three-Dimensional (or 3D) Coordinates حيث يجب إضافة ارتفاع النقطة عن سطح المرجع كبعد ثالث لتحديد موقعها الدقيق .

1. الاحداثيات الجغرافية او الجيوديسية Geographic Coordinate System

نظام الإحداثيات الجيوديسية هو أحد نظم الإحداثيات الذي مركزه هو مركز الأرض ومحاوره مثبته مع الأرض أثناء دورانها ولذلك يطلق عليه نظام مركزي أرضي ثابت



الشكل (2): نظام الإحداثيات الجغرافية أو الجيوديسية

يتم تمثيل موقع أي نقطة في هذا النظام بثلاثة قيم أو ثلاثة إحداثيات ، أي أن هذا النظام ثلاثي الأبعاد 3D

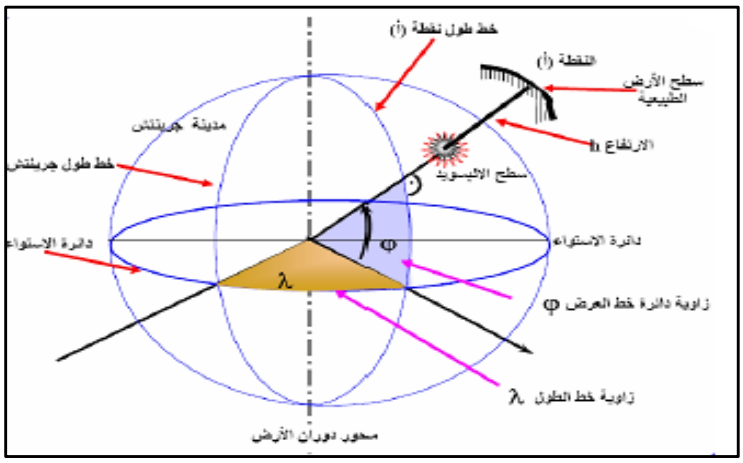
خط الطول Longitude ويرمز له بالرمز اللاتيني λ (ينطق لامدا) ، وهو الزاوية المقاسه في مستوي دائرة الاستواء بين خط طول جرينتش (وهو خط الطول الذي أصطلح دوليا أن يكون رقم صفر) و خط طول النقطة المطلوبة.

دائرة العرض Latitude ويرمز له بالرمز اللاتيني ϕ (ينطق فاي) ، وهي الزاوية في المستوي الرأسي والتي يصنعها الاتجاه العمودي المار بالنقطة المطلوبة مع مستوي دائرة الاستواء (يلاحظ في الشكل أن الاتجاه العمودي علي سطح الاليبسويد لا يمر بمركز الاليبسويد عكس حالة الكرة حيث يمر العمودي علي سطح الكرة بمركزها).

الارتفاع عن سطح الاليبسويد ويرمز له بالرمز h ويسمي الارتفاع الجيوديسي أو الارتفاع الاليبسويدي Geodetic or Ellipsoidal Height

2. الإحداثيات الكروية Spherical Coordinate System

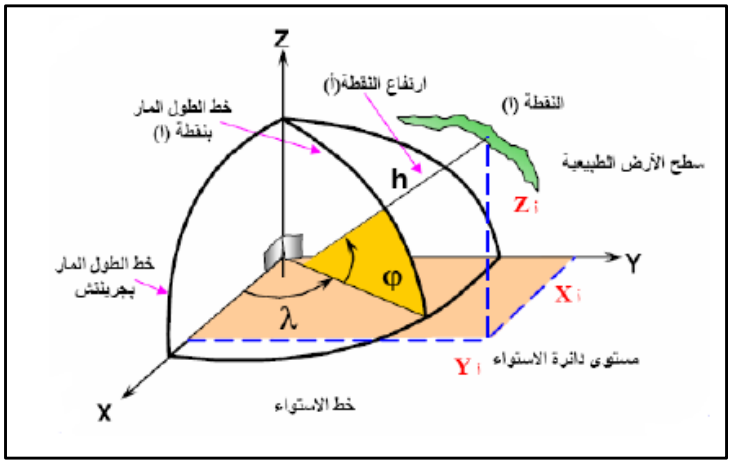
يشبه نظام الإحداثيات الكروية Spherical Coordinates نظام الإحداثيات الجيوديسية أو الجغرافية ألا في اختلاف واحد فقط ألا وهو أن السطح المرجعي هنا هو الكرة و ليس الاليبسويد



الشكل (3): نظام الإحداثيات الكروي

3. الإحداثيات الجيوديسية الكارتيزية Geodetic (Cartesian) Coordinate System

هو نظام إحداثيات مشابه تماما في تعريفه لنظام الإحداثيات الجيوديسية ألا أنه يتميز أن إحداثياته الثلاثة تكون طولية (أي بالمتر أو الكيلومتر) و ليس منحنية (بالدرجات) مما يجعله أسهل في التعامل وخاصة في الحسابات ، وقد أبتكره العالم الفرنسي ديكارت في القرن السابع عشر. نقطة الأصل لنظام الإحداثيات الجيوديسية الكارتيزية Cartesian Geodetic Coordinates هي مركز الأرض ومحوره الأول X ينشأ من تقاطع مستوي خط الطول المار بجرينتش مع مستوي دائرة الاستواء ومحوره الثاني Y هو العمودي علي محور X بينما المحور الثالث (الرأسي) Z هو محور دوران الأرض و الذي يمر بمركز الأرض وكلا القطبين. ويعبر عن موقع كل نقطة بثلاثة إحداثيات: X, Y, Z



الشكل (4): نظام الإحداثيات الجغرافية أو الجيوديسية

التحويل بين الإحداثيات الجغرافية

يمكن باستخدام مجموعة المعادلات التالية تحويل الإحداثيات الجيوديسية أو الجغرافية (ϕ, λ, h) إلي الإحداثيات الجيوديسية الكارتيزية (X, Y, Z)

$$X = (c + h) \cos \phi \cos \lambda$$
$$Y = (c + h) \cos \phi \sin \lambda$$

$$Z = [\, h + c\,(1 - e^2)\,] \sin \phi$$

حيث c يسمي نصف قطر التكور radius of curvature ، e تسمي المركزية الأولي first eccentricity ويتم حسابهما كالتالي:

$$c = \frac{a}{\sqrt{(1 - e^2 \sin^2 \phi)}}$$

$$e = [\, \sqrt{(a^2 - b^2)}\,] / a$$

أما للتحويل من الإحداثيات الجيوديسية الكارتيزية (X, Y, Z) إلي الإحداثيات الجيوديسية أو الجغرافية (ϕ, λ, h) فأحد الحلول يتمثل في المعادلات التالية

$$\tan \lambda = Y / X$$

$$\tan \phi = \frac{Z \;/\; \sqrt{(X^2 + Y^2)}}{1 - e^2 \,(c / (c + h))}$$

$$h = \frac{\sqrt{(X^2+Y^2)}}{\cos \phi} - c$$

وزارة التعليم العلي والبحث العلمي

الجامعه التقنية الجنوبية

المعهد التقني / العمارة

قسم المساحه / المرحله الثانية

النظام العالمي للملاحة بالأقمارالصناعية

Global Navigation Satellite System (GNSS)

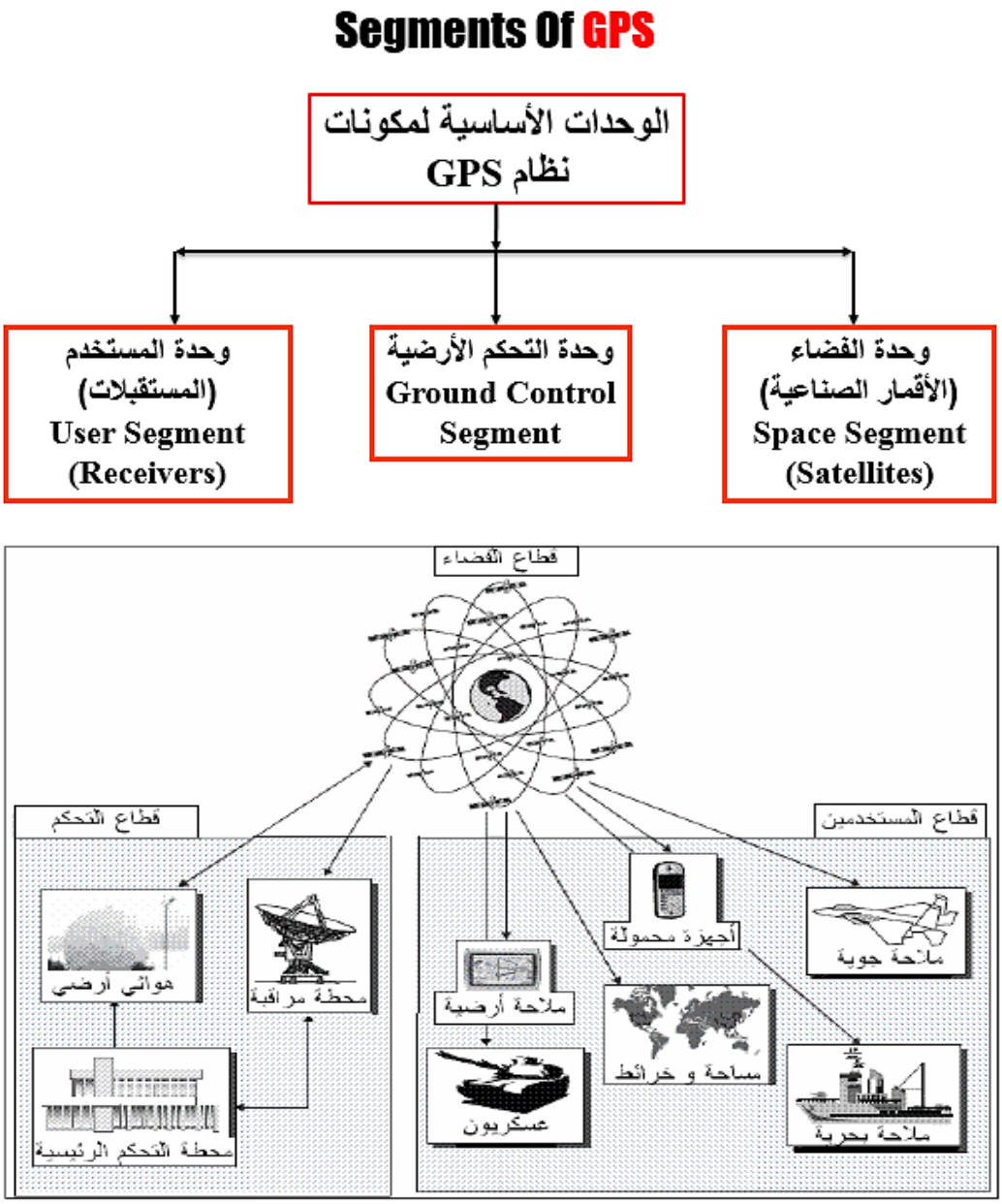
((مكونات نظام تحديد المواقع العالمي GPS))

مكونات نظام تحديد المواقع العالمي GPS

مكونات نظام تحديد المواقع العالمي GPS

يتكون نظام الجي بي أس من ثلاثة أجزاء أو أقسام

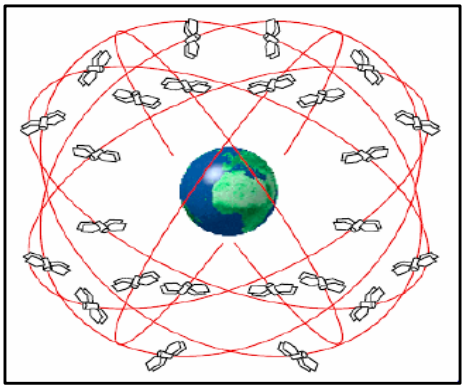
- قسم الفضاء ويحتوي الأقمار الصناعية Space Segment.
- قسم التحكم و السيطرة Control Segment.
- قسم المستقبلات الأرضية أو المستخدمون User Segment.



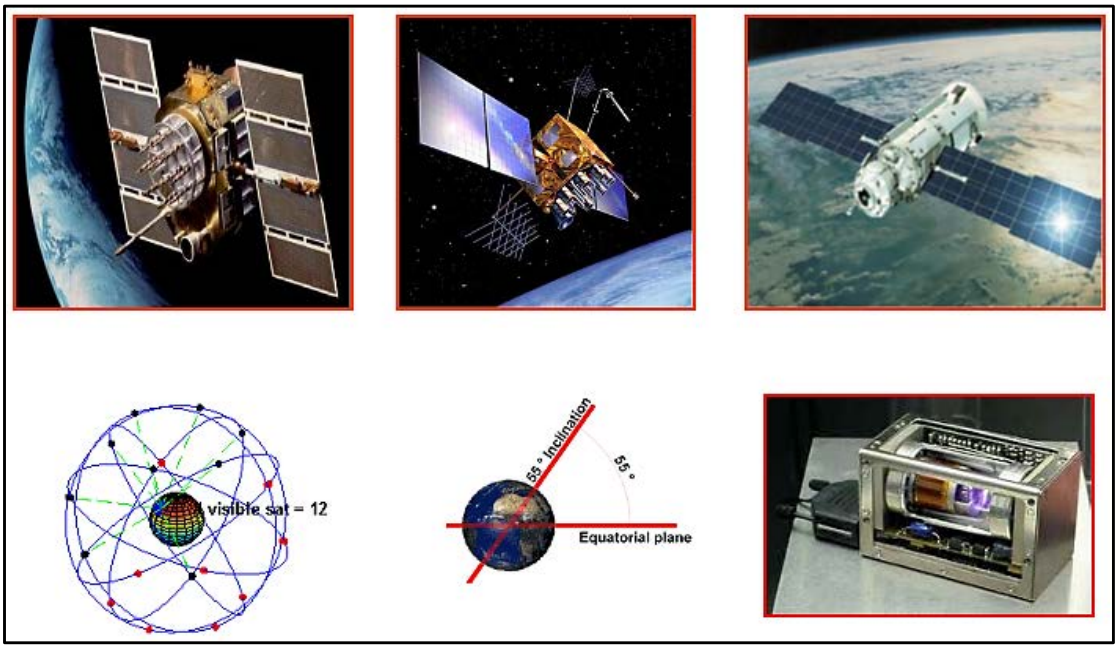
الشكل (1): اقسام ال GPS

1- وحدة الفضاء (الأقمار الصناعية) Space Segment (Satellites):

- عدد الأقمار الصناعية ٢٤ قمر (٢١ أساسي+ ٣ احتياط) موزعة في مدارات شبة دائرية قطع ناقص (بيضوية) ولى ٦ مدارات (٤ أقمار في كل مدار)
- المدارات تحصر فيما بينها زاوية قيمتها ٥٥ درجة
- مسار حركة الأقمار يبعد ٢٠٢٠٠ كم من سطح الكرة الأرضية
- دورة كل قمر حول الأرض تستغرق ١١ ساعة ٥٨ دقيقة أي ان كل قمر صناعي يمكن رؤيتة مرتين يومياً في نفس المكان بفارق زمني أقل من دقيقتين.
- وزن القمر بين ٤٠٠-٨٥٠كغم والعمر الافتراضي له من ٥ أعوام الى ٧.
- به بطاريات احتياطية من النيكل لإمداده بالطاقة فى حالة وجوده فى منطقة الظل.
- كل قمر صناعي فيه ٤ ساعات ذرية (٢ من نوع سيزيوم Cesium + ٢ من نوع الروبيديوم Rubidium وسعر الساعة الواحدة ١٠٠،٠٠٠ الى ٥٠٠،٠٠٠ دولار.
- مزود بمولد للترددات وينتج ترددا أساسيا ١٠,٢٣ ميجا هرتز



الشكل (2): قطاع الفضاء في تقنية ال GPS



الشكل (3): أشكال أجيال مختلفة من الأقمار الصناعية

٢- وحدة التحكم الأرضية Control Segment:

المهمات الأساسية لهذه الوحدة:

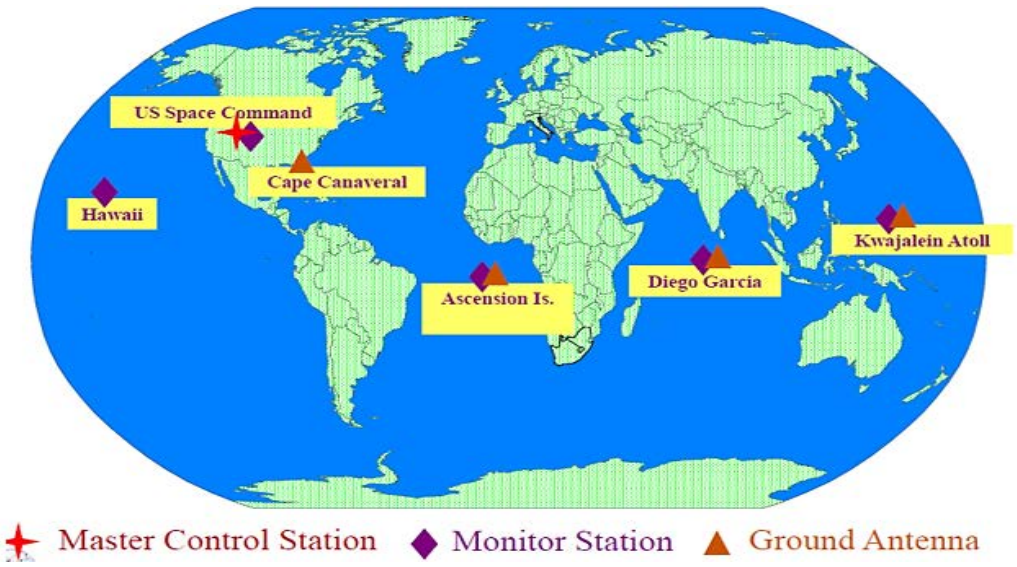
- المراقبة والسيطرة والمتابعة لكل الأقمار.
- ارسال واستقبال المعلومات من والى كل أقمار المجموعة.
- تبادل المعلومات والبيانات فيما بينها.
- تعيين زمن النظام System time وضبط تزامن الساعات الموجود بالأقمار.
- التجديد الدوري للمعلومات الملاحية Navigation Messages للأقمار.
- إعداد ومراقبة مسارات كل قمر صناعي من خلال التقويم الدقيق Ephemeris. الخاص به وكذلك التقويم الشامل لجميع الأقمار Almanac.

مكونات الوحدة

١. عدد محطة واحدة للتحكم الرئيسي Master Control Station MCS:- ومقرها في مدينة كلورادو بالولايات المتحدة (Colorado springs). وظيفتها استقبال المعلومات من محطات المراقبة الأرضية ودراستها وتحليلها وتصحيحها ثم إعادة بثها مرة أخرى الى المحطات الأرضية.

٢. محطات للمتابعة عدد ٥ (Monitor Station MS) موزعة حول العالم في:- في مدينة (Colorado springs) - محطتين في المحيط الهادي (Hawaii Kwajalein&) - المحيط الأطلنطي (Ascension Island) - المحيط الهندي (Diego Garcia) . الهدف منها متابعة الأقمار الصناعية وتجميع البيانات والمعلومات من كل قمر كما تقوم بحساب المسافات بينها وبين الأقمار الموجودة في مجالها ثم تقوم بأرسال هذه البيانات الى المحطة الرئيسية

٣. محطات للهوائيات الأرضية عدد ٤ Ground Antenna GA متواجدة في (Diego Garcia) (Ascension Island) (Kwajalein) (Colorado) الهدف منها إرسال البيانات المصححة للأقمار الصناعية.



الشكل (4): مواقع وحدة التحكم ومحطات المتابعة

٣- وحدة المستخدم (المستقبلات) User Segment (Receivers):

تعتبر وحدة الاستقبال هى أهم وحدة في نظام الرصد العالمي لتحديد المواقع لانة من خلاله يستطيع المستخدم أدخال البيانات واستخراجها أى أنها نافذة الراصد للتعامل مع النظام.

ومن البيانات المستقبلة يمكن الآتى:

- حيث يقوم المستقبل باكتشاف إشارات الأقمار الصناعية وتحويلها لمعالجتها من خلال فك الشفرة لتحديد إحداثيات موقع الراصد.
- تحديد موقع وأسماء وشكل وتوزيع الأقمار في مجال الراصد من خلال التقويم الفلكي للاقمار Almanac ومعلومات مسار كل قمر على حده Ephemeris أثناء الرصد.
- الحالة الصحية Health للأقمار الصناعية أثناء الرصد.
- تحديد التوقيت العالمي لنظام ال GPS
- بهدف حساب إحداثيات موقع الراصد في الابعاد الثلاثية x, y, z فلا بد ان يتصل المستقبل ب ٤ أقمار صناعية .

الشكل (5): بعض الأشكال المختلفة لمستقبلات نظام GPS

وظائف الوحدات الأساسية لنظام GPS

الوحدة	المدخلات	الوظيفة	المخرجات
وحدة الفضاء	- الرسالة الملاحية من وحدة التحكم	إنتاج وإرسال كل من: - شفرة الكود -الموجة الحاملة -الرسالة الملاحية	- الكود العسكري P-Code - الكود المدني C/A Code -الموجة الحاملة L1 -الموجة الحاملة L2 - الرسالة الملاحية
وحدة التحكم الأرضية	• أرصاد الشفرة العسكرية P-Code • الوقت Time	- إنتاج توقيت النظام - حساب التقويم لكل قمر - حساب التقويم المبدئي للأقمار - إدارة ومتابعة حركة الأقمار	- الرسالة الملاحية
وحدة المستخدم	- أرصاد الشفرة - أرصاد الموجة الحاملة - أرصاد الرسالة الملاحية	- حساب المواقع ملاحيا - حساب المواقع مساحيا	-حساب وقت الإشارة - إحداثيات الموقع

وزارة التعليم العلي والبحث العلمي

الجامعه التقنية الجنوبية

المعهد التقني / العمارة

قسم المساحه / المرحله الثانية

النظام العالمي للملاحة بالأقمارالصناعية

Global Navigation Satellite System (GNSS)

((فكرة عمل GPS في تحديد المواقع))

فكرة عمل GPS في تحديد المواقع

فكرة عمل GPS في تحديد المواقع:

كما سبق الإشارة في الفصل السابق فأن نظرية عمل نظم الملاحة أو الجيوديسيا بالأقمار الصناعية تعتمد علي مبدأ قياس الزمن الذي تستغرقه الموجة الرادوية منذ صدورها من وحدة البث (القمر الصناعي) وحتى وصولها لوحدة الاستقبال (المستقبل) ، ومن ثم يمكن حساب المسافة بين القمر الصناعي و جهاز الاستقبال من المعادلة:

$$D = c \cdot \Delta t \qquad \text{..... 1}$$

حيث D المسافة بين القمر الصناعي و جهاز الاستقبال ، c سرعة الإشارة وتساوي سرعة الضوء = ٢٩٩٧٩٢.٤٥٨ كيلومتر/ثانية ، Δt فرق الزمن = زمن الاستقبال – زمن الإرسال لهذه الموجة الرادوية.

يمكن التعبير عن هذه المسافة بدلالة الإحداثيات الجيوديسية الكارتيزية لكلا من القمر الصناعي (Xs, Ys, Zs) و جهاز الاستقبال (Xr, Yr, Zr) كالآتي:

$$D = \sqrt{[\,(Xs-Xr)^2 + (Ys-Yr)^2 + (Zs-Zr)^2\,]} \qquad \text{..... 2}$$

حيث أن إحداثيات القمر الصناعي في أي لحظة تكون معلومة فأن المعادلة (2) تحوي علي ٣ قيم مجهولة وهم إحداثيات جهاز الاستقبال ذاته (Xr, Yr, Zr). مما يدل علي أنه يلزم وجود ٣ معادلات حتى يمكن حلهم معا آنيا simultaneously لحساب قيم الإحداثيات الثلاثة لجهاز الاستقبال. أي بمعني آخر: يلزم لجهاز الاستقبال رصد ٣ أقمار صناعية في نفس اللحظة.

حيث أن سرعة الإشارة (سرعة الضوء) كبيرة جدا فأنه للوصول لدقة عالية في حساب المسافة يلزمنا دقة عالية أيضا في قياس الزمن أو حساب فرق الزمن Δt في المعادلة ((1)). لاحظ أن الإشارة لا تستغرق أكثر من ٠.٠٦ ثانية لتقطع مسافة ٢٠،٠٠٠ كيلومتر من القمر الصناعي إلي سطح الأرض. إن الساعة الموجودة في القمر الصناعي من النوع الذري عالي الدقة جدا في تحديد زمن الإرسال (زمن خروج الإشارة من القمر الصناعي) لكن الساعة الموجودة في جهاز الاستقبال ليست بنفس هذه الدقة العالية (وإلا فأن سعرها سيكون مرتفعا جدا بصورة تجعل سعر أجهزة الاستقبال غير متاحة لكل المستخدمين). أبتكر العلماء فكرة جديدة وذكية للتغلب علي مشكلة عدم دقة الساعة في أجهزة الاستقبال ، وهي إضافة قيمة الخطأ في ساعة المستقبل وحلها من خلال معادلة رياضية. أي أن المعادلة ((1)) والمعادلة ((2)) ستتحولان إلي:

$$D = c \cdot (\Delta t + Et) \qquad \text{..... 3}$$

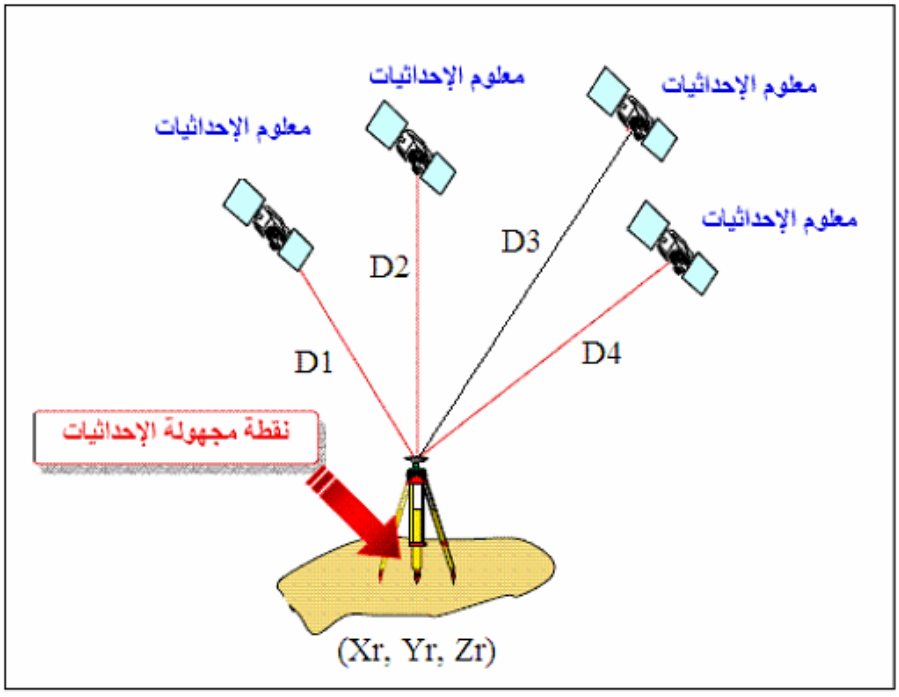
$$D + \Delta D = \sqrt{[\,(Xs-Xr)^2 + (Ys-Yr)^2 + (Zs-Zr)^2\,]} \qquad \text{..... 4}$$

حيث Et هو الخطأ المطلوب حسابه لزمن الاستقبال الذي يقيسه جهاز المستقبل ، ΔD هو قيمة الخطأ في المسافة المحسوبة بين القمر الصناعي و جهاز الاستقبال. وبالتالي فأن عدد القيم المجهولة Unknowns أصبح ٤ وليس ٣ (ثلاثة إحداثيات لموقع جهاز الاستقبال Xr, Yr, Zr وتصحيح المسافة الناتج عن خطأ ساعة الجهاز ΔD) مما يلزم وجود ٤ معادلات حتى يمكن حساب قيم العناصر الأربعة المجهولة (شكل (1)):

$$D_1 + \Delta D_1 = \sqrt{[(Xs_1-Xr)^2 +(Ys_1-Yr)^2 +(Zs_1-Zr)^2]}$$
$$D_2 + \Delta D_2 = \sqrt{[(Xs_2-Xr)^2 +(Ys_2-Yr)^2 +(Zs_2-Zr)^2]}$$
$$D_3 + \Delta D_3 = \sqrt{[(Xs_3-Xr)^2 +(Ys_3-Yr)^2 +(Zs_3-Zr)^2]} \quad \text{..... 5}$$
$$D_4 + \Delta D_4 = \sqrt{[(Xs_4-Xr)^2 +(Ys_4-Yr)^2 +(Zs_4-Zr)^2]}$$

حيث D_1, D_2, D_3, D_4 المسافات المقاسه بين جهاز الاستقبال و الأقمار الصناعية الأربعة ، (Xs_1, Ys_1, Zs_1) و(Xs_2, Ys_2, Zs_2) و (Xs_3, Ys_3, Zs_3) و (Xs_4, Ys_4, Zs_4) تمثل إحداثيات الأقمار الصناعية الأربعة ، (Xr, Yr, Zr) تمثل إحداثيات جهاز الاستقبال ، Er يمثل خطأ زمن جهاز الاستقبال.

إذن: المطلوب لحل مجموعة المعادلات هذه هو أن يقوم جهاز الاستقبال برصد ٤ أقمار صناعية في نفس اللحظة. وهذا هو ***الشرط الأساسي*** لحساب الإحداثيات ثلاثية الأبعاد باستخدام الجي بي أس (نكتفي برصد ٣ أقمار صناعية فقط لحساب الإحداثيات ثنائية الأبعاد أي بإهمال حساب ارتفاع الموقع). فإذا توفر لدينا عدد من المعادلات أكبر من ٤ (أي تم رصد أكثر من ٤ أقمار صناعية في نفس اللحظة) فستؤدي هذه الأرصاد الزائدة Redundant Measurement إلى زيادة دقة و جودة حل المعادلات ومن ثم زيادة دقة الإحداثيات المستنبطة.



الشكل (1): مبدأ الرصد في نظام GPS

وزارة التعليم العلي والبحث العلمي

الجامعه التقنية الجنوبية

المعهد التقني / العمارة

قسم المساحه / المرحله الثانية

النظام العالمي للملاحة بالأقمارالصناعية

Global Navigation Satellite System (GNSS)

((مصادر الأخطاء في قياسات ال GPS))

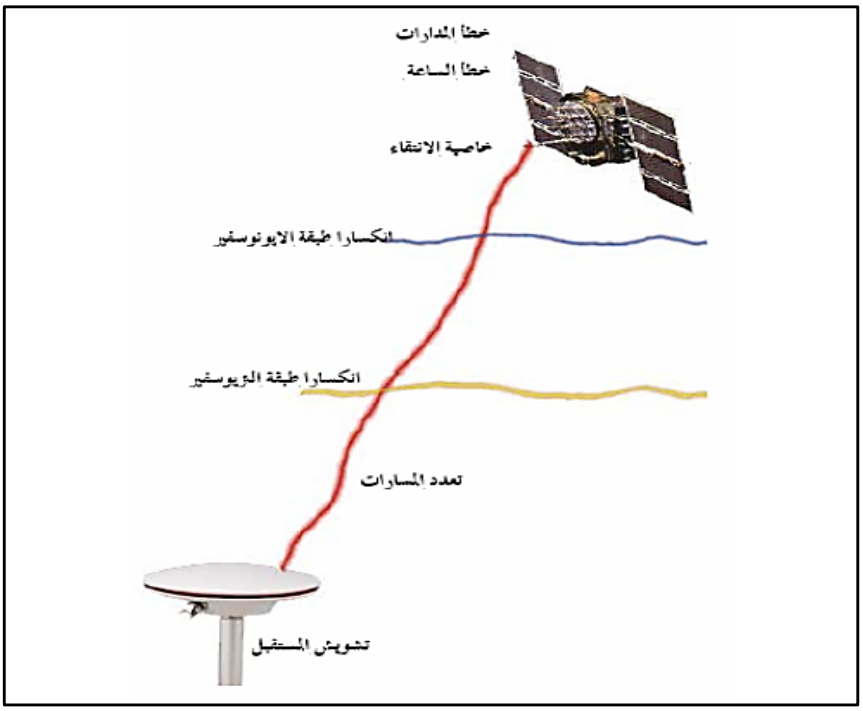
((مصادر الأخطاء في قياسات ال GPS))

مصادر الأخطاء في قياسات ال GPS

كأي تقنية بشرية ، توجد عدة مصادر للأخطاء الطبيعية العشوائية Random Errors وأيضا الأخطاء المنتظمة Systematic Errors or Biases تؤثر علي جودة و دقة عمل الجي بي أس. أمكن للعلماء استنباط طرق و نماذج رياضية للتغلب علي هذه الأخطاء أو علي الأقل الوصول بها لأدني حد ممكن حتى يمكن الحصول علي دقة عالية في تحديد المواقع.

من أهم مصادر الأخطاء في نظام الجي بي أس (شكل (1))

أ- الاتاحية المنتقاة
ب- تأثير طبقة التروبوسفير في الغلاف الجوي
ت- تأثير طبقة الأيونوسفير في الغلاف الجوي
ث- خطأ ساعة القمر الصناعي
ج- خطأ مدار القمر الصناعي
ح- خطأ ساعة جهاز الاستقبال
خ- خطأ هوائي جهاز الاستقبال
د- خطأ تعدد المسار
ذ- تأثير الوضع الهندسي للأقمار الصناعية



الشكل (1): مصادر اخطاء ال GPS

1- خطأ الاتاحية المنتقاة:

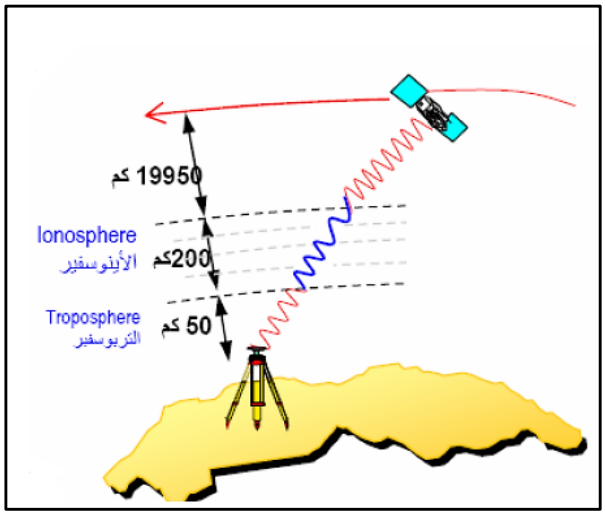
الاتاحية المنتقاة Selective Availability أو اختصارا SA هو خطأ متعمد حيث تضيف وزارة الدفاع الأمريكية قيمة معينة من الخطأ لتقليل الدقة التي يمكن للمستخدم أن يحسب إحداثياته اللحظية Real-Time. كان الهدف الرئيسي وراء فرض هذا الخطأ في إشارات الأقمار الصناعية هو منع التطبيقات العسكرية (التي تتطلب الحصول علي الإحداثيات لحظيا) للجيوش المعادية للولايات المتحدة من التمتع بميزات دقة الجي بي أس ، ولم يكن هذا الخطأ يؤثر كثيرا علي التطبيقات المدنية – بصفة عامة – حيث طور العلماء عدة طرق رياضية لتقدير هذا الخطأ ومعالجته في مرحلة الحسابات المكتبية بعد انتهاء العمل الحقلي.

2- تأثير طبقة التروبوسفير في الغلاف الجوي:

التروبوسفير طبقة من طبقات الغلاف الجوي للأرض تمتد حوالي ٥٠ كيلومتر من سطح الأرض (شكل (2)). تتسبب هذه الطبقة – عند مرور إشارات الأقمار الصناعية بها – في تأخير أو إبطاء سرعة الإشارات مما ينتج عنه خطأ في حساب المسافات بين جهاز الاستقبال والأقمار الصناعية (حيث تكون المسافة المحسوبة أطول من المسافة الحقيقية) ، وبالتالي سينتج خطأ في تحديد إحداثيات موقع الرصد.

3- تأثير طبقة الأيونوسفير في الغلاف الجوي:

في الطبقات العليا من الغلاف الجوي للأرض فأن الأشعة فوق البنفسجية و الأشعة السينية تتفاعل مع جزئيات و ذرات الغازات ، مما ينتج عنه الكترونيات و ذرات حرة في احدي طبقات الغلاف الجوي. تسمي هذه الطبقة بالايونوسفير أو طبقة التأين الحر وهي تمتد من ارتفاع حوالي ٥٠ كيلومتر من سطح الأرض إلي ارتفاع حوالي ١٠٠٠ كيلومتر أو أكثر. تؤثر طبقة الأيونوسفير علي إشارات الجي بي أس المرسلة من الأقمار الصناعية بصورة تجعل الإشارة أسرع قليلا من سرعة الضوء ، أي أن المسافة المحسوبة بين المستقبل و القمر الصناعي ستكون أقصر (في حالة استخدام أرصاد الطور) و أطول (في حالة استخدام أرصاد الشفرة) من المسافة الحقيقية ، مما سينتج عنه خطأ في تحديد إحداثيات موقع الرصد.



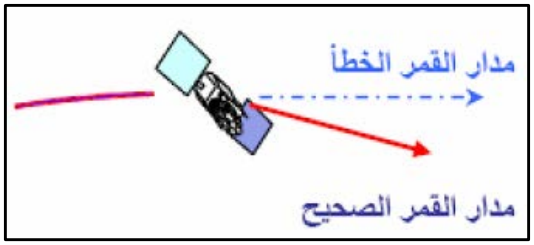
الشكل (2): طبقيتي التروبوسفير و الأيونوسفير في الغلاف الجوي

4- خطأ ساعة القمر الصناعي:

مع أن الساعات الموجودة في الأقمار الصناعية هي ساعات ذرية دقيقة جدا ، إلا أنها ليست تامة الدقة perfect وتكون دقتها في حدود من ٨.٦٤ إلي ١٧.٢٨ نانوثانية/يوم (النانو ثانية هو الجزء من المليار من الثانية الواحدة). وهذه الدقة في قياس الزمن في القمر الصناعي تعادل دقة تتراوح بين ٢.٥٩ و ٥.١٨ متر في قياس المسافة بين القمر الصناعي و جهاز الاستقبال. يقوم قسم التحكم و السيطرة – في منظومة الجي بي أس – بمراقبة أداء الساعات الموجودة في الأقمار الصناعية وحساب قيمة أي أخطاء بها ومن ثم يرسل هذه التصحيحات إلي الأقمار الصناعية و التي تقوم بدورها في إعادة بث هذه المعلومات – داخل الرسالة الملاحية – إلي المستخدمين لأخذها في الاعتبار.

5- خطأ مدار القمر الصناعي:

مدار كل قمر صناعي يتم حسابه بواسطة محطة التحكم و السيطرة و إرساله للأقمار الصناعية التي بدورها ترسله للمستخدمين داخل ما يعرف بالرسالة الملاحية في الإشارات. لكن القوي الحقيقية في الفضاء الخارجي المؤثرة علي حركة القمر الصناعي في مداره لا تكون في الصورة المثلي المستخدمة في النماذج الرياضية لحساب مدار كل قمر صناعي ، مما سينتج عنه اختلاف بين المدار المحسوب (أي إحداثيات القمر الصناعي) و المدار الحقيقي



الشكل (3): خطأ مدار الأقمار الصناعية

6- خطأ ساعة جهاز الاستقبال:

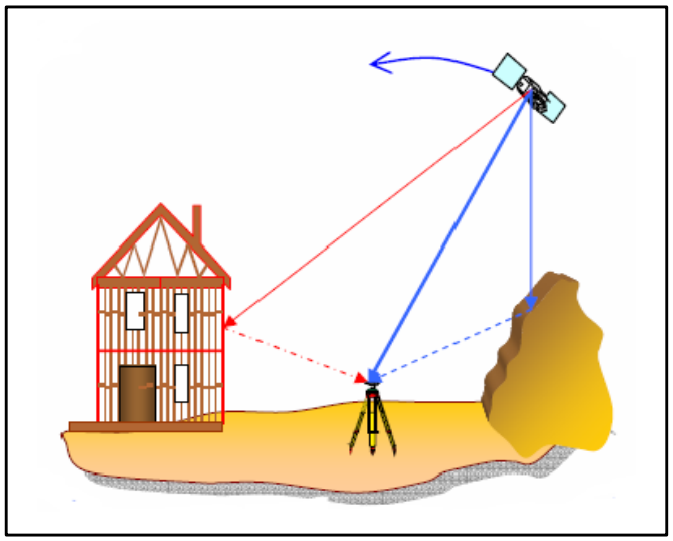
تستخدم أجهزة الاستقبال في قياس الزمن ساعات أرخص وأقل دقة من الساعات الذرية الموجودة في الأقمار الصناعية ، مما ينتج عنه خطأ في قياس المسافة لبن القمر و المستقبل تكون قيمته أكبر بكثير من خطأ ساعة القمر الصناعي. لكن أخطاء ساعة جهاز الاستقبال يمكن معالجتها بعدة طرق منها طريقة إضافة مجهول أثناء عملية حل المعادلات في حسابات إحداثيات جهاز الاستقبال

7- خطأ هوائي جهاز الاستقبال:

من أهم خصائص هوائي جهاز الاستقبال Receiver Antenna دقة تحديد نقطة التقاط الأشعة القادمة من الأقمار الصناعية وهي المسماه "مركز طور الهوائي Antenna Phase Center". عامة لا ينطبق مركز طور الهوائي مع المركز الهندسي للهوائي ، حيث أنه يختلف عنه بناءا علي ارتفاع و انحراف القمر الصناعي أثناء الرصد. ويؤدي ذلك الاختلاف إلي خطأ في قياس المسافات و حساب إحداثيات جهاز الاستقبال.

8- خطأ تعدد المسار:

يعد خطأ تعدد المسار من أهم و أخطر أنواع مصادر الأخطاء في قياسات الجي بي أس. ينتج هذا الخطأ عندما تصل إشارات الأقمار الصناعية إلي جهاز الاستقبال من خلال مسارات متعددة ، أي تصطدم الإشارة بعائق (شجرة أو مبني أو جسم معدني أو سطح مائي مثلا) ثم ترتد إلي جهاز الاستقبال (شكل (4)).



الشكل (4): خطأ تعدد المسارات

9- تأثير الوضع الهندسي للأقمار الصناعية:

بالإضافة لمصادر الأخطاء السابقة (سواء تلك الناتجة من الأقمار الصناعية أو أجهزة الاستقبال أو الإشارات) فأن الوضع الهندسي لمواقع الأقمار الصناعية أثناء فترة الرصد يؤثر أيضا علي دقة الإحداثيات الأرضية المستنتجة. إن التوزيع الجيد لمواقع الأقمار الصناعية في السماء يعطي دقة جيدة في حساب مواقع المستقبلات الأرضية ، بينما يتوقع أن يؤثر التوزيع السيئ لمواقع الأقمار علي دقة الإحداثيات المستنتجة (شكل (5)) . يتم التعبير عن تأثير مواقع الأقمار الصناعية باستخدام معامل يسمي "معامل الدقة Dilution of Precision" ويرمز له بالرمز DOP ، ويوجد منه عدة أنواع بناء علي المستوي المطلوب الحساب به. تشتمل معاملات الدقة علي أنواع:

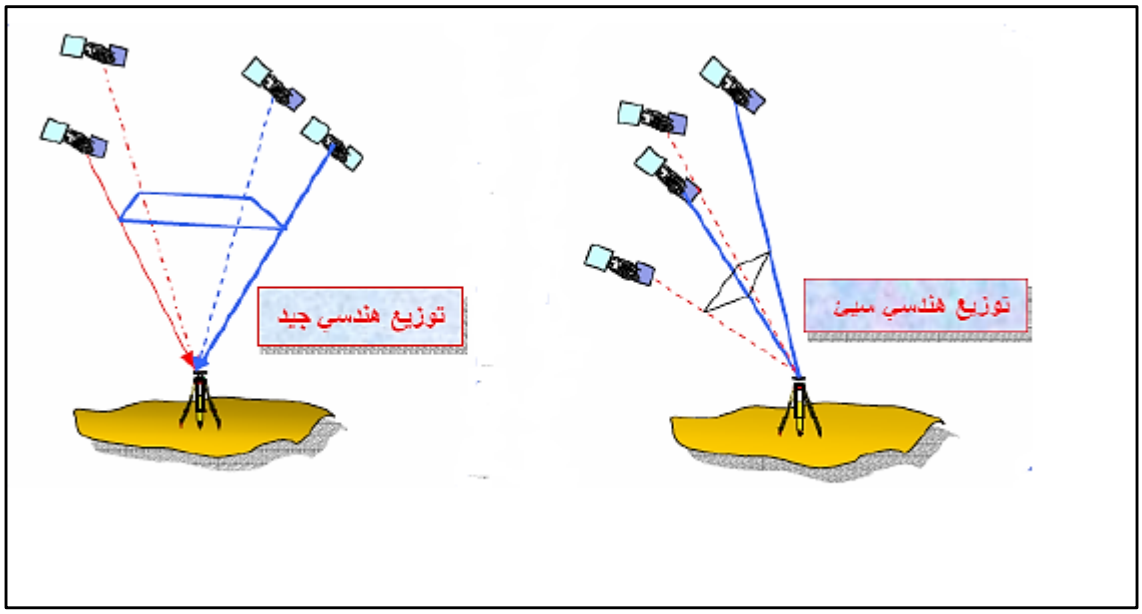
- معامل الدقة الأفقية ويرمز له بالرمز HDOP.
- معامل الدقة الرأسية ويرمز له بالرمز VDOP.
- معامل الدقة ثلاثية الأبعاد ويرمز له بالرمز PDOP.
- معامل الدقة الهندسية (رباعية الأبعاد) ويرمز له بالرمز GDOP.
- معامل الدقة الزمنية ويرمز له بالرمز TDOP.

يمكن حساب الدقة المتوقعة لتحديد المواقع بالجي بي أس من المعادلة:

$$A_p = DOP \times A_m$$

حيث A_p تعبر عن دقة الموقع ، A_m تعبر عن دقة القياس.

بما أن مواقع الأقمار الصناعية في الفترة المستقبلة تكون محسوبة وموجودة داخل الرسالة الملاحية لكل قمر صناعي (almanac) فأنه يمكن حساب قيم معاملات الدقة دون الحاجة للرصد الفعلي. أي إذا عرفنا الموقع الجغرافي التقريبي المطلوب العمل به فيمكن لبرامج حسابات الجي بي أس أن تقوم بحساب قيم DOP ليوم الرصد المطلوب ، ومن هنا يمكن اختيار الفترات الزمنية التي يكون فيها معامل الدقة أحسن ما يمكن وتجنب تلك الفترات التي يكون بها توزيع الأقمار الصناعية سيئا (شكل (5)). وهذه الخطوة مهمة بالفعل للأعمال الجيوديسية التي تتطلب دقة عالية في تحديد المواقع. للوصول لدقة عالية في تحديد المواقع يوصي بأن تكون معامل الدقة ثلاثية الأبعاد PDOP ٥-٦ أو أقل .



الشكل (5): تأثير توزيع الأقمار الصناعية

وزارة التعليم العلي والبحث العلمي

الجامعه التقنية الجنوبية

المعهد التقني / العمارة

قسم المساحه / المرحله الثانية

النظام العالمي للملاحة بالأقمار الصناعية

Global Navigation Satellite System (GNSS)

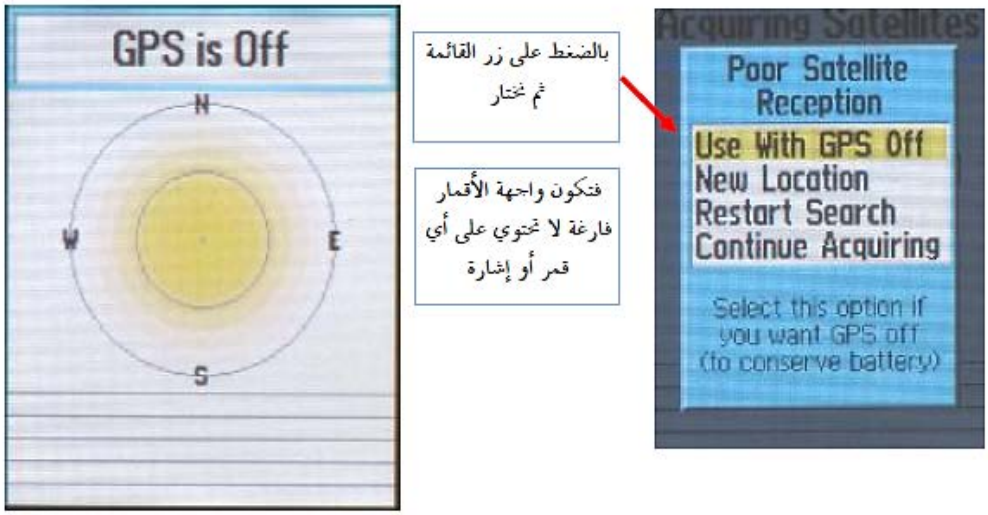
(Carmin GPS MAP 78s)

(Carmin GPS MAP 78s)

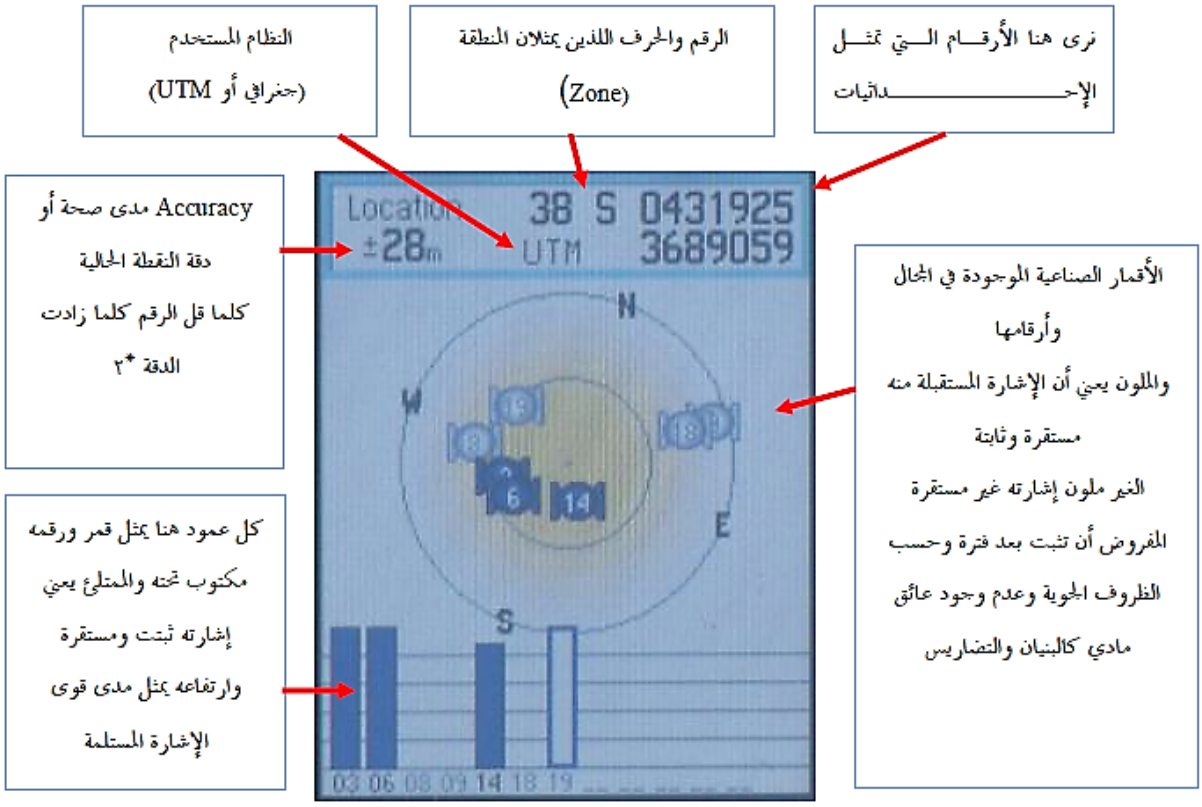
GPSMAP 78s

هو احد اجهوة تحديد المواقع يعتبر من أجهزة تحديد المواقع الملاحي أي بدقة تتراوح بين ٣ – ١٥ متر يستخدم للإغراض الملاحية وليس المساحية فهو لا يعتمد التصحيح (Correction).

وعند تشغيل الجهاز داخل بناية أو في مكان لا تصل إليه أي إشارة تستمر عملية البحث عن الأقمار والإشارة فترة ونستطيع أن نوقف البحث والعمل على الجهاز بدون استلام إشارة

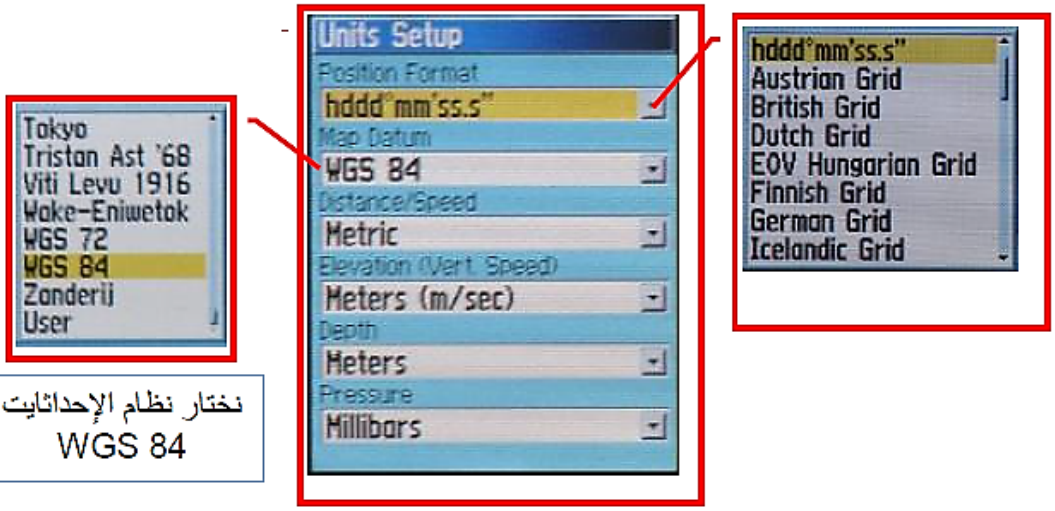


عند تشغيل الجهاز يبدأ بالبحث عن الإشارة المتوفرة *١ كما في الصورة

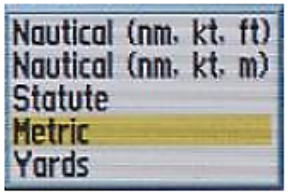


في كل أجهزة الـ GPS عند تشغيلها تظهر الأقمار الموجودة في المجال وتبدأ عملية تثبيت الإشارة من الأقمار وحالما تثبت ثلاث أقمار يستطيع الجهاز تحديد الموقع الاحداثي وعند تثبيت أربع إشارات ثابتة يصبح من الممكن تحديد الارتفاع أيضاً (elevation)

قبل العمل يجب أولاً اختيار النظام الإحداثي
فنقوم بالضغط على زر القائمة مرتين لتظهر لنا هذه القائمة الرئيسية ثم نختار Setup
نختار الوحدات Units



نختار أما الجغرافي (hddd mm ss.s) أو نظام التسقيط لعرض الاحداثيات (UTM UPS) X Y وهو الأكثر استخداماً وهو يحدد المنطقة (Zone)أوتوماتيكياً .
بالنسبة لباقي الخيارات فهي عن المسافة (Distance) ويفضل استخدام الأمتار وكذلك بالنسبة للارتفاع (Elevation)

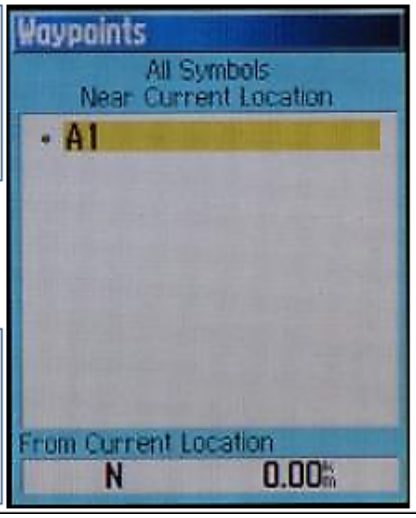


لتحديد نقطة أي موقع نختار من القائمة الرئيسية (Mark)

لعرض النقاط التي تم خزنها في ذاكرة الجهاز نختار من القائمة الرئيسية (Find) ثم (Waypoints) للعودة

نلاحظ قائمة فيها النقاط التي قمنا بتسجيلها مسبقاً

نقوم بالضغط على النقطة المطلوبة لعرض التفاصيل



وزارة التعليم العلي والبحث العلمي

الجامعه التقنية الجنوبية

المعهد التقني / العمارة

قسم المساحه / المرحله الثانية

النظام العالمي للملاحة بالأقمارالصناعية

Global Navigation Satellite System (GNSS)

((طرق الرصد في ال GPS))

طرق الرصد في ال (GPS)

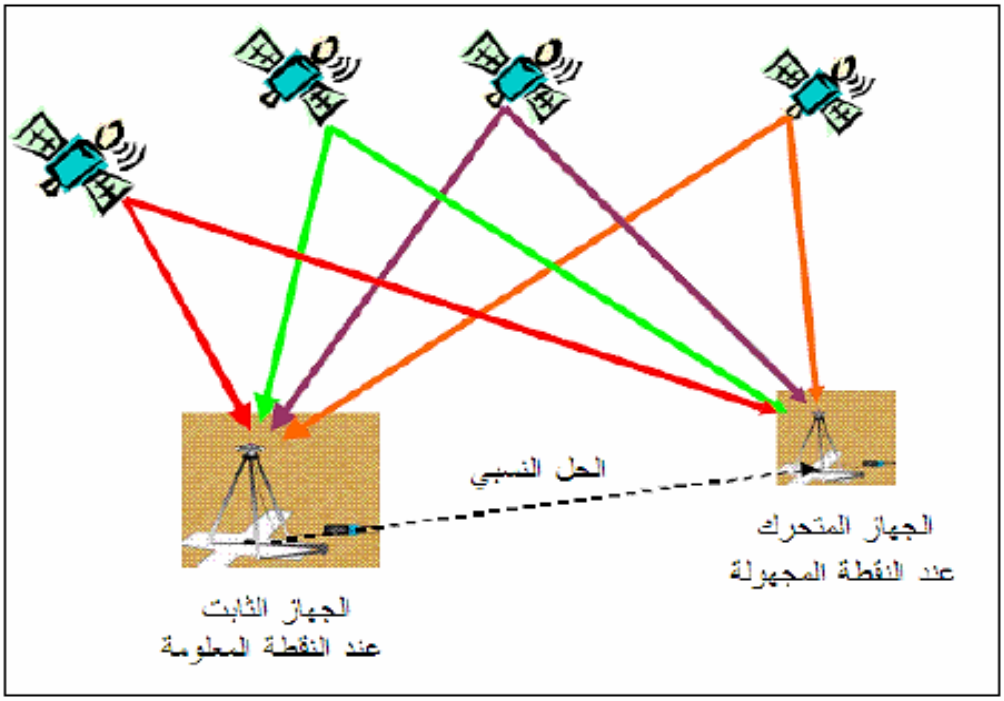
طرق الرصد في ال GPS

لتحديد إحداثيات موقع أو نقطة معينة يكفي استخدام جهاز استقبال واحد يقوم باستقبال الموجات المرسلة من الأقمار الصناعية ، وهذا ما يطلق عليه التحديد المطلق للمواقع Absolute Point Positioning. لكن دقة هذه الإحداثيات ستكون في حدود عدة أمتار مما يجعل هذا الأسلوب مناسبا للتطبيقات الملاحية وبعض تطبيقات نظم المعلومات الجغرافية أو للخرائط ذات مقياس الرسم الصغير ، لكنه بالطبع لن يكون مناسبا للتطبيقات المساحية و الجيوديسية التي تتطلب دقة عالية في تحديد المواقع.

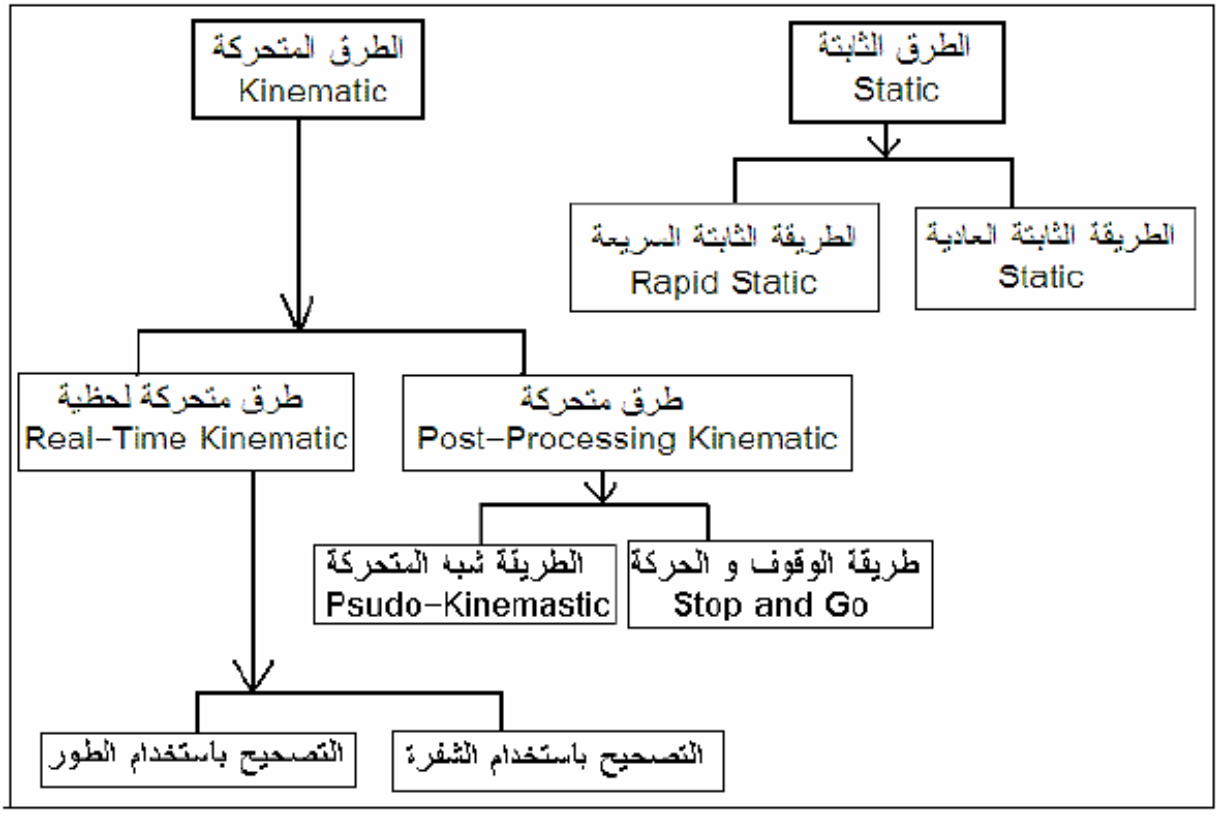
تتعدد طرق الرصد المساحية بنظام الجي بي أس بطريقة كبيرة بناءا علي عدة عوامل مثل عدد أجهزة الاستقبال المتوفرة و الدقة المطلوبة أو طبيعة المشروع. يجب علي مستخدم الجي بي أس أن يلم بمميزات و عيوب كل طريقة قبل أن يقرر الطريقة التي يتبعها في مشروع معين.

تعتمد الطرق المساحية لتجميع أرصاد الجي بي أس علي أسلوب الرصد النسبي أو الرصد التفاضلي Relative or Differential حيث يكون هناك جهازي استقبال (شكل (1)) أحدهما يسمي القاعدة Base Receiver أو الجهاز المرجعي Reference Receiver موجودا علي نقطة مساحية معلومة الإحداثيات ، بينما الجهاز الثاني يسمي المتحرك Rover Receiver وهو الذي يتولي رصد النقاط المطلوب تحديد موقعها ، ويقوم كلا الجهازين برصد الأقمار الصناعية آنيا simultaneously في نفسي الوقت. يقوم الجهاز الثابت أو القاعدة بتحديد قيمة الخطأ في إشارات الأقمار الصناعية في كل لحظة وذلك عن طريق مقارنة الإحداثيات المعلومة لهذه النقطة مع إحداثياتها المحسوبة من أرصاد الجي بي أس. بافتراض أن المسافة بين جهاز القاعدة و الجهاز المتحرك ليست كبيرة فيمكن اعتماد مبدأ أن تأثير أخطاء الرصد عند النقطة المتحركة تساوي تقريبا نفس التأثير عند النقطة القاعدة ، ومن ثم يمكن أيضا تصحيح إحداثيات النقاط التي يرصدها الجهاز الآخر أو الجهاز المتحرك ، عن طريق نقل هذه التصحيحات من الجهاز الثابت إلي الجهاز المتحرك. قد تتم عملية نقل التصحيحات في المكتب بعد انتهاء تجميع البيانات الحقلية (نسميها المعالجة اللاحقة Post-Processing) أو تتم لحظيا في الموقع (نسميها التصحيح اللحظي Real-Time). وتجدر الإشارة إلي أن الحل الناتج من هذه الطرق يكون حلا نسبيا - أي فرق الإحداثيات - بين النقطة المعلومة و النقطة المجهولة ($\Delta X, \Delta Y, \Delta Z$) والذي سيضاف إلي إحداثيات النقطة المعلومة ليمكننا حساب إحداثيات النقطة المجهولة.

بصفة عامة يمكن تقسيم طرق الرصد إلي مجموعتين رئيسيتين (شكل (2)): الطرق الثابتة Static – ومنها الطريقة التقليدية و الطريقة السريعة – والطرق المتحركة Kinematic ومنها طرق تعتمد علي الحساب اللاحق و أخري تعتمد علي استقبال تصحيحات بهدف إكمال عملية حساب الإحداثيات في الموقع مباشرة. وتجدر الإشارة إلي أن الطريقة الثابتة التقليدية هي الأنسب لمشروعات المساحة الجيوديسية التي تتطلب دقة عالية (مثل إنشاء شبكات الثوابت الأرضية) بينما باقي الطرق تكون مناسبة للأعمال المساحية والرفع المساحي.



الشكل (1): مبدأ الرصد النسبي لأرصاد الجي بي أس GPS



الشكل (2): طرق رصد الجي بي أس GPS

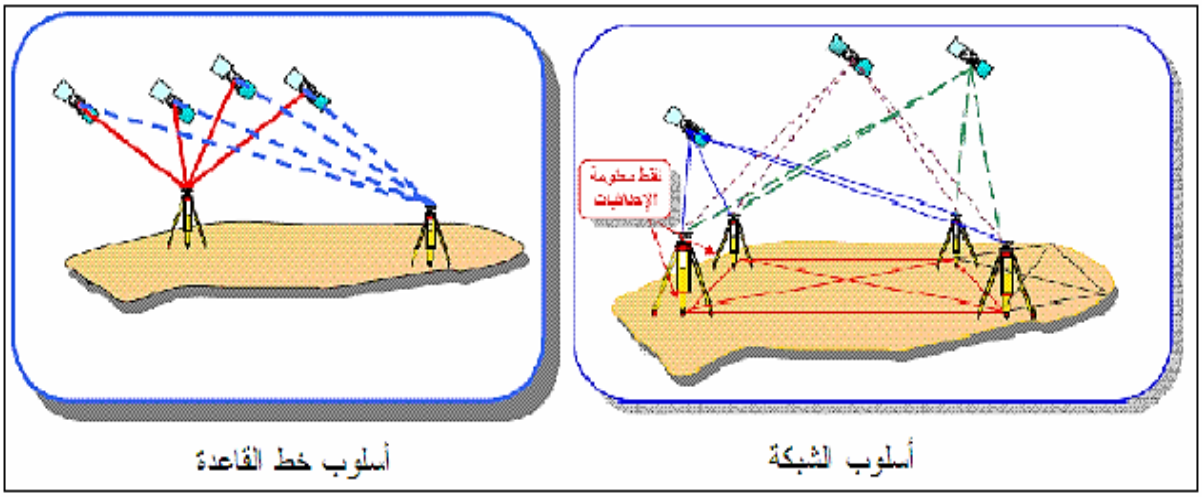
1- طرق الرصد الثابتة Static

تعد طرق الرصد الثابتة أنسب طرق رصد الجي بي أس للتطبيقات المساحية و الجيوديسية التي تتطلب دقة عالية (تصل إلي مستوي المليمتر) في تحديد المواقع. الطريقة الثابتة التقليدية هي أقدم – و أدق أيضا - طرق رصد الجي بي أس بينما ظهرت بعدها طريقة أخري (أو تعديل لها) سميت بالرصد الثابت السريع.

1.1 طريقة الرصد الثابت التقليدي Static

في هذه الطريقة يحتل الجهاز الثابت نقطة معلومة الإحداثيات بينما يقوم الجهاز الآخر (أو عدد من الأجهزة) باحتلال النقطة (أو النقاط) المجهولة المطلوب تحديد مواقعها ، وفي نفس الوقت تبدأ كل الأجهزة في استقبال إشارات الأقمار الصناعية. الأجهزة الجيوديسية ثنائية التردد Dual-Frequency Geodetic Receivers هي الأجهزة المستخدمة في هذه الطريقة حتى يمكن الوصول لمستوي الدقة المطلوبة ، وان كان يمكن استخدام الأجهزة أحادية التردد Single-Frequency Receivers للمسافات الصغيرة التي لا تتجاوز ٢٠ كيلومتر. تتراوح فترة الرصد المشترك session التي تعمل خلالها أجهزة الاستقبال بين ٣٠ دقيقة و عدة ساعات طبقا لطول المسافات بين الجهاز الثابت و الأجهزة الأخرى (ما يطلق عليه خط القاعدة أو خطوط القواعد Base Line). تقوم أجهزة الاستقبال بتجميع الأرصاد بمعدل (Sample Rate) رصده كل ١٥-٢٠ ثانية.

توجد عدة أساليب لتجميع البيانات تعتمد علي عدد أجهزة الاستقبال المتوفرة . أذا لم يتوفر إلا جهازين استقبال فقط فيتم العمل بأسلوب خط القاعدة Base Line حيث يوضع الجهاز الثابت أعلي النقطة المعلومة و الجهاز الآخر أعلي أولي النقاط المجهولة لفترة زمنية معينة ، ثم ينتقل لرصد النقطة المجهولة الثانية ثم الثالثة و هكذا. بينما في حالة توافر أكثر من جهازين فأن أسلوب العمل يتم بطريقة الشبكة Network حيث جهاز (أو أثنين أحيانا) فوق النقطة (أو النقطتين) المعلومتين بينما توضع باقي الأجهزة علي النقاط المجهولة (شكل (3)).



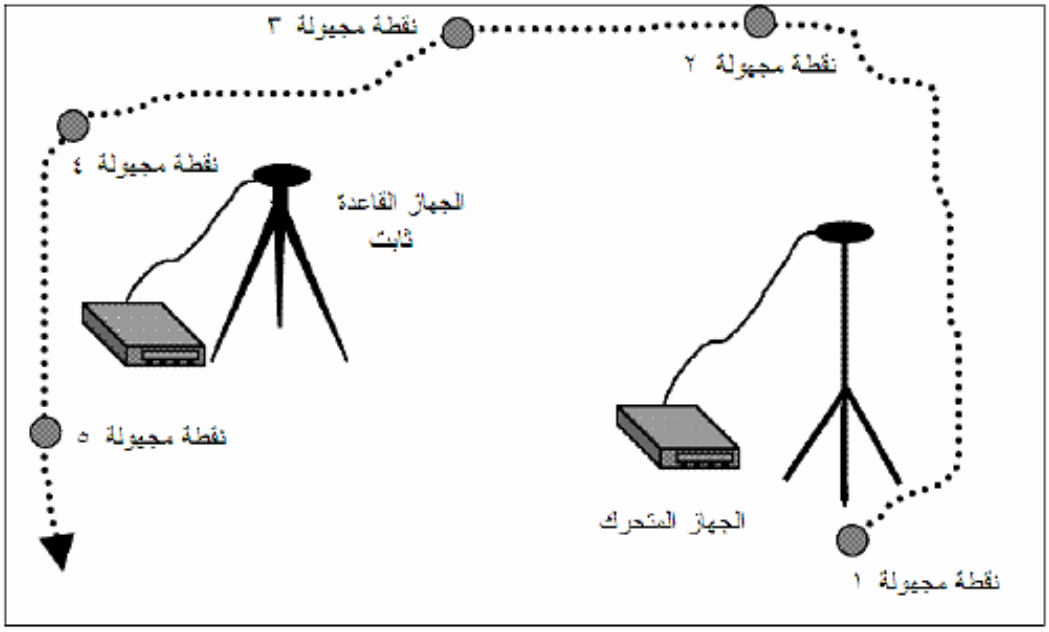
الشكل (3): أساليب الرصد الثابت التقليدي

بعد انتهاء تجميع الأرصاد الحقلية يتم نقل البيانات (من جميع الأجهزة) إلي الحاسب الآلي حيث تتولي برامج متخصصة GPS Data Processing Software تنفيذ عمليات الحساب و الضبط للوصول إلي قيم دقيقة لإحداثيات النقاط المجهولة. إذا كانت أطوال خطوط القواعد صغيرة نسبيا (١٥-٢٠ كيلومتر) فيمكن تحديد قيمة الغموض بدقة والوصول إلي نوع الحل الثابت Fixed Solution ، بينما لخطوط القواعد الطويلة فمن المتوقع ألا يتم الوصول لقيمة صحيحة integer لخطأ الغموض ، ومن ثم فيكون الحل الخالي من الأيونوسفير هو الأفضل

الدقة المتوقعة لطريقة الرصد الثابت التقليدية تكون ٥ ملليمتر ± ١ جزء من المليون (ppm) أي ٥ ملليمتر + ملليمتر لكل واحد كيلومتر من طول خط القاعدة. كمثال: لخط قاعدة طوله ٢٠ كيلومتر ، فأن الدقة المتوقعة = ٥ + ٢٠ = ± ٢٥ ملليمتر. تجدر الإشارة إلي أنه بمكن الوصول لدقة أحسن من هذا المستوي العام باستخدام أجهزة جيوديسية حديثة وأيضا باستخدام مدارات أكثر دقة للأقمار الصناعية

1.2 طريقة الرصد الثابت السريع Rapid Static

في حالة وقوع النقاط المجهولة (المطلوب تحديد إحداثياتها) في نطاق مسافة قصيرة – في حدود ١٠-١٥ كيلومتر - من موقع النقطة المعلومة أو المرجعية فيمكن للجهاز المتحرك أن يرصد نقطة مجهولة لمدة زمنية بسيطة ، ثم ينتقل لرصد نقطة مجهولة ثانية و ثالثة و هكذا. يكون الجهاز القاعدة أو الجهاز المرجعي مستمرا في تجميع الأرصاد طوال فترات الرصد كلها لتتوفر أرصاد مشتركة مع الجهاز المتحرك عند كل نقطة مجهولة يقوم برصدها. لذلك سميت هذه الطريقة بالرصد الثابت السريع Fast or Rapid Static (شكل (4)). تتراوح فترة الرصد session عند كل نقطة مجهولة بين ٢ و ١٠ دقائق ، وبمعدل رصد sample rate كل ١٥-٢٠ ثانية مثل الطريقة الثابتة التقليدية. وأيضا يتم نقل الأرصاد من كلا الجهازين إلي الحاسب الآلي لإجراء عمليات الحسابات و استنتاج إحداثيات النقاط المجهولة التي تم رصدها.



الشكل (4): طرق الرصد الثابت السريع

تتميز طريقة الرصد الثابت السريع أنها تقلل بدرجة كبيرة من الوقت اللازم لتجميع البيانات الحقلية ، مما يجعلها مناسبة للأعمال المساحية التفصيلية و الطبوغرافية في منطقة صغيرة. لكن وعلي الجانب الآخر فأن الدقة المتوقعة لهذه الطريقة (١٠ ملليمتر ± ١ ppm °) لا تصل لنفس مستوي دقة طريقة الرصد الثابت التقليدية مما يجعلها غير مطبقة في الأعمال الجيوديسية الدقيقة.

2- طرق الرصد المتحركة Kinematic

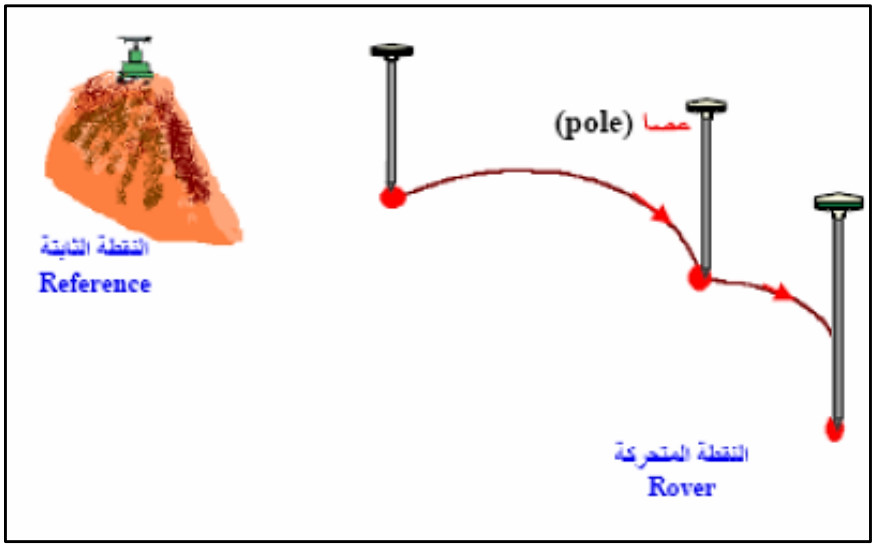
تعتمد فكرة الرصد المتحرك علي وجود جهاز ثابت مرجعي Base علي النقطة المعلومة بينما يتحرك الجهاز الآخر Rover (أو الأجهزة) لرصد عدد من النقاط المجهولة. تختلف طرق الرصد المتحرك بناءا علي عاملين: أسلوب حركة الجهاز الثاني ، طريقة نقل التصحيحات من الجهاز الثابت لباقي الأجهزة.

2.1 طرق الرصد المتحرك والحساب لاحقا

في هذه النوعية من أساليب الرصد المتحرك يتم الاعتماد علي أن التصحيحات - التي يقوم بحسابها الجهاز المثبت فوق النقطة المعلومة – سيتم نقلها إلي أرصاد الأجهزة المتحركة عن طريق برنامج الحساب software في الحاسب الآلي بعد انتهاء الأعمال الحقلية. أي أن حساب إحداثيات النقاط المرصودة سيكون في المكتب أو Post-Processing وليس في الحقل(تسمي هذه الطرق PPK اختصارا لكلمات Post-Processing Kinematic).

أولي هذه النوعية طريقة الذهاب و التوقف Stop and Go وفيها يتوقف الجهاز المتحرك Rover لمدة ١٥-٣٠ ثانية ليرصد كل نقطة من النقاط المجهولة. في أولي النقاط المجهولة يتوقف جهاز للاستقبال لمدة ٥-١٠ دقائق يجمع فيها عدد من أرصاد الأقمار الصناعية يسمح بحساب قيمة الغموض Ambiguity ، وتسمي هذه الخطوة: الإعداد Initialization. ثم يبدأ التحرك إلي النقطة الثانية ثم الثالثة و هكذا وهو مستمر في تجميع الأرصاد. طالما لم ينقطع الاتصال (استمرارية استقبال الموجات) بين المستقبل و الأقمار الصناعية فتستمر حركة الجهاز ، إما إذا أنقطع هذا الاستمرار – أي حدث خطأ تغير الدورة Cycle Slip – فيجب العودة لآخر نقطة مرصودة و البقاء أعلاها في وضع الثبات لمدة ٥-١٠ دقائق (عملية إعداد جديدة)، ومن هنا جاء اسم هذه الطريقة: الذهاب و التوقف (شكل (5)) والتي تناسب الرفع المساحي التفصيلي في حدود ١٠-١٥ كيلومتر حول النقطة المعلومة. تقليديا كانت طريقة الذهاب و التوقف أقدم طرق الرصد المتحرك – تم تطويرها في نهاية الثمانينات من القرن العشرين الميلادي – وربما لم تعد مستخدمة بكثرة الآن.

ثاني و أحدث طرق الرصد المتحرك هي ما تعرف باسم طريقة الرصد شبه المتحرك Pseudo-Kinematic والبعض يسميها طريقة الرصد المتحرك Kinematic مباشرة. وأهم مميزاتها أنها لا تتطلب الوقوف عند كل نقطة مجهولة ، إنما تكتفي برصدها حتى ولو ثانية واحدة. أيضا لا تتطلب طريقة الرصد شبه المتحرك إجراء عملية الإعداد لأنها تطبق مبدأ رياضي حديث يسمح بحساب قيمة الغموض أثناء بدء حركة الجهاز Rover من نقطة لآخري (يسمي الحل الطائر On-The-Fly أو اختصارا OFT).

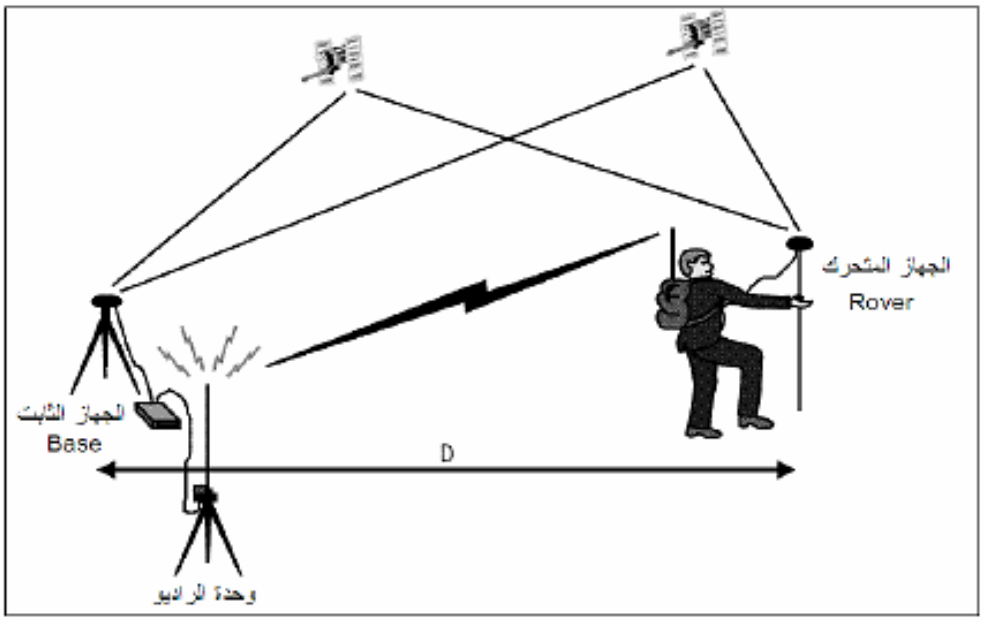


الشكل (5): طريقة الذهاب و التوقف

2.2 طرق الرصد المتحرك مع الحساب اللحظي

كانت الطرق التقليدية للرصد المتحرك تعتمد علي فكرة تجميع الأرصاد في الموقع ثم إجراء الحسابات علي الحاسب الآلي في المكتب. لكن وجد مهندسو المساحة أن هناك حالات معينة – مثل توقيع نقاط معلومة الإحداثيات علي أرض الواقع Stack Out – تحتاج حساب قيم إحداثيات النقط المرصودة في نفس لحظة الرصد. من هنا بدأ التفكير في تطوير طرق رصد متحركة جديدة. تعتمد هذه الطرق علي وجود جهاز راديو عند النقطة الثابت يقوم بإرسال أو بث التصحيحات التي يقوم الجهاز المرجعي بحسابها إلي الجهاز (أو الأجهزة) المتحرك والذي بدورها يكون متصل بجهاز راديو لاسلكي آخر (شكل **(6)**). أي أن الجهاز المتحرك سيتكون من وحدتين: وحدة استقبال إشارات الأقمار الصناعية ، بالإضافة إلي وحدة استقبال لا سلكية لاستقبال التصحيحات المرسلة من الجهاز الثابت. من أرصاد الأقمار الصناعية يقوم الجهاز المتحرك بحساب إحداثيات النقطة المرصودة (لكنها إحداثيات غير دقيقة تماما) ومن تصحيحات الجهاز المرجعي يقوم الجهاز المتحرك بتصحيح الإحداثيات للوصول إلي قيم دقيقة في نفس اللحظة ، ولذلك فتسمي هذه الطرق بطرق الرصد المتحرك الآني Real-Time.

بناء علي نوع التصحيحات التي يحسبها الجهاز الثابت فتوجد طريقتين من طرق الرصد المتحرك مع الحساب اللحظي. إذا كانت التصحيحات خاصة بأرصاد الشفرة code فأن الطريقة تسمي الجي بي أس التفاضلي Differential GPS أو اختصارا DGPS. بينما إن كان الجهاز الثابت يقوم بحساب و تصحيح أرصاد طور الموجة Carrier Phase فأن الطريقة تسمي الرصد المتحرك اللحظي Real-Time Kinematic أو اختصارا RTK. وكما سبق الإشارة فأن أرصاد طور الموجة تكون أكثر دقة من أرصاد الشفرة مما يؤدي إلي أن دقة طريقة الجي بي أس التفاضلي DGPS تكون عدة ديسيمترات أو ما هو أقل من المتر، بينما تصل دقة طريقة الرصد المتحرك اللحظي RTK إلي ٢-٥ سنتيمتر . ولذلك فأن طرق الرصد التفاضلي تستخدم في التطبيقات الملاحية و نظم المعلومات الجغرافية بينما طريقة الرصد المتحرك اللحظي هي المطبقة في الأعمال المساحية.



الشكل (6): طريقة الرصد المتحرك اللحظي

مقارنة بين طرق الرصد المختلفة

إذا أخذنا عامل الدقة كمقياس للمقارنة بين طرق الرصد في نظام الجي بي أس فأن أعلى هذه الطرق دقة هي طريقة الرصد الثابت التقليدية. أما إذا أخذنا العامل الاقتصادي فأن طرق الرصد المتحرك تقلل بنسبة كبيرة من الزمن اللازم لتجميع القياسات الحقلية مما يجعلها أرخص تكلفة من الطرق الثابتة. لكن هناك عوامل أخرى يجب أخذها في الاعتبار ، فمثلا تكلفة شراء وحدات الراديو اللاسلكية وقدرة هذه الأجهزة على بث التصحيحات يضيف عاملا جديدا في وضع ميزانية شراء أجهزة الجي بي أس.

أما بالنسبة للمقارنة بين الحساب اللاحق Post-Processing والحساب الآني Real-Time فهناك عوامل أخرى يجب وضعها في الحسبان. ففي أسلوب الرصد مع الحساب اللاحق تتوافر للمستخدم – باستخدام برامج الحاسب الآلي المتخصصة - فرصة للتحقق من الأرصاد التي تم تجميعها والتأكد من جودتها والتحكم في عمليات الحساب حتى الوصول للإحداثيات النهائية للنقاط المرصودة. على الجانب الآخر فان أسلوب الرصد المتحرك مع الحساب الآني لا يوفر هذه الميزة ، وعلى المستخدم أن يقبل الإحداثيات المحسوبة كما هي مهما كان مستوي الدقة التي أمكن التوصل إليه (غالبا يكون أقل دقة من حالة الحساب اللاحق). من وجهة نظر الكثير من مستخدمي الجي بي أس – وخاصة في البلاد العربية – فأن الرصد المتحرك الآني هو الأسهل لأنه لا يحتاج لخبرة كبيرة في التعامل مع برامج متخصصة ، كما أنه يعطي النتائج في نفس لحظة الرصد دون الحاجة لأية عمليات حسابية في المكتب. لكن هذا الأسلوب لا يجب أن يطبق إلا في حالة الحاجة للإحداثيات فعلا أثناء الرصد أي في أعمال التوقيع المساحي

جدول (1): مقارنة بين طرق الرصد المختلفة

الطريقة	الاحتياجات	التطبيقات	الدقة
الرصد الثابت التقليدي	- أجهزة استقبال أحادية أو ثنائية التردد. - فترة رصد من ٣٠ دقيقة إلى ساعة على الأقل.	المساحة الجيوديسية عالية الدقة.	ملليمترات.
الرصد الثابت السريع	- أجهزة استقبال أحادية أو ثنائية التردد. - فترة رصد ٥-٢٠ دقيقة.	المساحة الأرضية والمساحة الجيوديسية متوسطة الدقة.	ملليمترات إلى سنتيمترات.
الذهاب و التوقف	- أجهزة استقبال أحادية. - فترة رصد ١-٢ دقيقة. - نحتاج فترة إعداد في بداية الرصد.	المساحة الأرضية متوسطة الدقة.	عدة سنتيمترات.
شبه التحرك	- أجهزة استقبال أحادية أو ثنائية.	المساحة الأرضية والرفع المساحي.	عدة سنتيمترات.
التحرك اللحظي	- أجهزة استقبال أحادية أو ثنائية. - وحدة راديو لاسلكية. - المسافات لا تزيد عن ١٠ كيلومتر.	- التوقيع المساحي. - الرفع المساحي و الهيدروجرافي. - إنشاء توابث لضبط الصور الجوية. - المساحة الطبوغرافية والخرائط الكنتورية.	عدة سنتيمترات.

وزارة التعليم العلي والبحث العلمي

الجامعه التقنية الجنوبية

المعهد التقني / العمارة

قسم المساحه / المرحله الثانية

النظام العالمي للملاحة بالأقمارالصناعية

Global Navigation Satellite System (GNSS)

((المصادر))

المصادر

1- نظم المعلومات الجغرافية (GIS) ،الادارة العامة لتصميم وتطوير المناهج ،المملكة العربية السعودية 0 2010

2- أسس المساحة الجيودوسية والجي بي أس د. جمعة محمد داود 2012/ 1433