# نظام تحديد الموقع العالمي

# (GPS)

## أساسياته وتطبيقاته

المملكة الأردنية الهاشمية
رقم الإيداع لدى المكتبة الوطنية
(2016/5/2484)

الاردیني،محمود احمد
نظام تحديد الموقع العالمي (GPS) أساسياته وتطبيقاته / محمود احمد الاردیني :- عمان :
دار غيداء للنشر والتوزيع 2016
( ) ص
ر. ا. : (2016/5/2482)
الواصفات: الرصد / الاقمار الصناعية
يتحمل المؤلف كامل المسؤولية القانونية عن محتوى مصنفه ولا يعتبر هذا المصنف عن رأي دائرة المكتبة الوطني ة أو أي جهة حكومية أخرى.

Copyright ®
All Rights Reserved

جميع الحقوق محفوظة

ISBN 978-9957-96-239-5

لا يجوز نشر أي جزء من هذا الكتاب، أو تخزين مادته بطريقة الاسترجاع أو نقله على أي وجه أو بأي طريقة إلكترونية كانت أو ميكانيكية أو بالتصوير أو بالتسجيل و خلاف ذلك إلا بموافقة على هذا كتابة مقدماً.

دار غيداء للنشر والتوزيع

تلاع العلي - شارع الملكة رانيا العبدالله — مجمع العساف التجاري - الطابق الأول
تلفاكس : 5353402 6 962+ — خلوي : 95667143 7 962+
ص.ب : 520946 عمّان 11152 الأردن — E-mail: darghidaa@gmail.com

# نظام تحديد الموقع العالمي

# (GPS)

## أساسياته وتطبيقاته

**تاليف**

**محمود احمد حسن الارديني**

**الطبعة الأولى**

**2017 م – 1438 هـ**

# إهداء

الى..... روح والدي

الى..... والدتي عمرا مديدا ودوام الصحة

الى..... اخواني واخواتي

الى..... زوجتي واولادي

الى.....كل من علمني واسدى لي النصيحة

أهدي هذا الكتاب

## شكر وتقدير

اتقدم بخالص شكري وامتناني لله الذي هداني لتاليف هذا الكتاب، ثم لكل من ساهم في تقييمه وتقويمه واخص بالذكر الاستاذ الدكتور صبار عبدالله صالح الذي كانت لملاحظاته الاثر الكبير في تقويم هذا الكتاب من الناحية العلمية. كما اتقدم بشكري وامتناني للدكتور صالح محمد الاردیني الذي قام مشكورا بتقويم الكتاب لغويا. ايضا جزيل الشكر للدكتور طه احمد الاردیني والدكتور عبد احمد الاردیني والذين كانت لملاحظاتهما الاثر البارز في اعطاء الكتاب هذا الشكل النهائي.

المؤلف

# الفهرس


المقدمة ..... 13

الفصل الاول

الاسس التي بُنيت عليها نظم إلاحداثيات ..... 19

الفصل الثاني

نظام تحديد الموقع العالمي..... 45

الفصل الثالث

كيفية عمل نظام تحديد الموقع (GPS)..... 65

الفصل الرابع

الدقة والأخطاء في القياسات ..... 77

الفصل الخامس

التخطيط لإستخدام جهاز تحديد الموقع بالمسح..... 93

الفصل السادس

طرق المسح باستخدام نظام تحديد الموقع..... 109

الفصل السابع

أنظمة الملاحة العالمية الاخرى..... 135

الفصل الثامن

تطبيقات نظام تحديد الموقع ..... 153

الفصل التاسع

كيفية ضبط جهاز تحديد الموقع اليدوي ..... 167

الفصل العاشر

المراجع..... 193

# تقديم

مع تزايد الحاجة إلى البحث العلمي في المجالات ذات الطابع المكاني، كالبحث في مجالات الموارد الطبيعية، والبحوث الزراعية والمشاريع الهندسية العملاقة، كالطرق والجسور والسكك الحديد والسدود، وكذلك التطبيقات التي تمتلك الطابع المكاني نفسه كالملاحة البحرية والرحلات البرية والمهمات العسكرية وحركة القطعات العسكرية، دعت الحاجة المُلحة إلى تطوير نظم المعلومات المكانية، ومنها نظم المعلومات الجغرافية ونظم الاستشعار عن بعد ونظم تحديد المواقع الأرضية العالمية Global Positioning Systems GPS الذي هو محل اهتمامنا في هذا الكتاب.

يعد العراق من البلدان التي يعتمد اقتصادها على الموارد الطبيعية ذات الطابع المكاني، لذا فقد تطور البحث العلمي يوما بعد يوم وأخذ حيزاً كبيراً من اهتمام الجامعات والمؤسسات البحثية أو المؤسسات التنفيذية ذات العلاقة، كما أن اهتمامات تطوير البنية التحتية للبلد بمختلف اتجاهاتها والاهتمامات العسكرية، كلها تعطي للمكان وتحديده وتمثيله على خرائط اهمية قصوى، وبالتالي فقد تطورت نظم المعلومات المكانية بشكل كبير ومتلاحق، وهذا قد ينطبق على معظم البلدان العربية.

واكب هذا التطور تطور كبير في نوع البيانات التي تنتُجها وكالات الفضاء العالمية في مجالات استكشاف الأرض ومواردها، وما رافق ذلك من تطور في البرامجيات التي تستخدم في تحليل ومعالجة هذه البيانات، وكان هذا التطور موازيا لتطور آخر في مجال الأجهزة والتقنيات التي تُستخدم في أنتاج البيانات الأرضية وتقديمها للباحث لغرض المعالجة، ومن هذه التقنيات نظم تحديد المواقع الارضية GPS.

وعلى الرغم من وجود آلاف الكتب باللغة الانكليزية التي تناولت الموضوع بشكل كامل، الا أنَّ يبقى الباحث والمستخدم العربي بحاجة ماسة الى كتاب باللغة العربية يلبي طموحاته لاغناء حاجته في هذا المجال، وقد ظهرت في هذه الفترة مجموعة من الكتب العربية التي تناولت بشكل أو باخر تحديد المواقع الأرضية، ولكنها لم تكن لتلبي طموح الباحث أو المستخدم في هذا المجال، لاسباب مختلفة منها، عدم اعطاء الاهتمام الكافي للخلفية العلمية النظرية لموضوع نظم الاحداثيات الأرضية ونظم تحديد المواقع العالمي، أو قصور في اليات عمل وتشغيل النظام، أو انها خلت من طرق التاكد من دقة وصحة القياسات التي يجريها الباحث أو المستخدم وسبل زيادة هذه الدقة، واختيار الظروف المناسبة لاجراء القياسات، وتجنب المعوقات التي يمكن أن تقلل من الدقة، والخلفية النظرية للاسباب التي تقلل من الدقة.

لقد جاء هذا الكتاب " نظام تحديد الموقع ( GPS) اساسياته وتطبيقاته" للزميل الباحث محمود احمد حسن الارديني، ليغطي الخلفية النظرية والاساسيات لنظم تحديد المواقع والاحداثيات الارضية ووضع الطرق التي يمكن ان يستخدمها المستخدم

لتشغيل اجهزة ال GPS وحسابات الدقة واكتشاف نسبة الخطأ، وكيفية التعامل مع الظروف الجوية او الحقلية الميدانية والتغلب عليها للحصول على الدقة المطلوبة، ووضع اسلوبا للتخطيط المسبق لاستخدام هذه الاجهزة للمسوحات المختلفة.

كما افرد الكتاب فصلا كامل تطرق فيه لانظمة تحديد الموقع الاخرى، مع مقارنات مع نظامNAVSTAR GPS. كما افرد فصلا اخر لتطبيقات نظم تحديد المواقع.

جميع فصول الكتاب تضمنت صورا ومخططات توضيحية مرسومة بطريقة ممتازة وواضحة لتسهيل فهم مضمون الكتاب، وايصال افكاره.

المؤلف الباحث محمود احمد حسن الارديني من الباحثين المهنيين الذين يشار لهم بالبنان في اختصاص نظم المعلومات المكانية، ودأب كثيرا على تطوير معلوماته في مجال اختصاصه عن طريق القنوات الاكاديمية او القنوات العلمية الاخرى، مما جعله محط انظار جميع زملائه في الاختصاص، وانا شخصيا تعلمت على يده الكثير من اساسيات الموضوع المطروحة في هذا الكتاب.

جعل الله هذا الكتاب في ميزان حسنات المؤلف، عسى ان يكون علما ينتفع به الناس، والله الموفق.

أ.د. صبار عبدالله صالح
جامعة تكريت/
قسم علوم الارض التطبيقية

# المقدمة

جاءت فكرة تاليف هذا الكتاب "نظام تحديد الموقع (GPS) اساسياته وتطبيقاته" وهو خاص بشرح وتوضيح اساسيات وتطبيقات نظام تحديد الموقع الملاحي الفضائي الامريكي والذي انشى من قبل وزارة الدفاع الامريكية، نظرا للحاجة الماسة لشرح هذا النظام وتوضيح كيفية عمله بعد ان شاع استخدام اجهزة GPS من قبل العامة في بلدنا وخاصة في دوائر ومؤسسات الدولة الاكاديمية والخدمية. وجدت نفسي معنيا بتوضيح ذلك وخاصة بعد ان اصبحت لديَ خبرة في هذا المجال كوني متخصص في نظم المعلومات الجغرافية GIS. حيث يتوجب علي وهذا من صلب عملي ان استخدم اجهزة تحديد الموقع لاخذ نقاط لمواقع معينة واحيانا حساب مساحات ومسافات باستخدام هذا الجهاز. وقد عانيت كثيرا من عدم دقة القياسات ولكني لم اجد لها تفسيرا ضمن ما متاح لدي من معلومات سطحية عن هذا النظام في بداية استخدامي له، بل واشكلت علي وفي احيان كثيرة مصطلحات كمصطلح الدقة Accuracy و الداتيوم datum وعدد الاقمار الصناعية المتاحة اثناء القياس باستخدام الجهاز وماذا تعني، بل كيف يعمل هذا النظام والقائمة تطول.

وبعد انْ منَ الله عليَ وتوفرت لي فرصة دراسة الماجستير في استراليا بتخصص علوم مكانية (Geospatial Scinces) والتي شملت كل من نظم المعلومات الجغرافية GIS والتحسس النائي ونظام تحديد الموقع GPS اصبحت افهم وبشكل كبير نظام تحديد الموقع وكيف يعمل وماهي تطبيقاته ومتى أُنشئ هذا النظام. ولكي اسهل الامر على ابناء جيلي من ذوي الاختصاص بل وحتى عامة الناس فهم هذا النظام والولوج الى اساسياته، ارتايت تاليف هذا الكتاب لكي يفهم القارء على الاقل الاساسيات والتطبيقات لهذا النظام.

نظام تحديد الموقع NAVigation Satellite Timing And Ranging-Global Positioning System والذي يطلق عليه اختصارا NAVSTAR GPS هو عبارة عن اقمار صناعية في الفضاء مع اشعة راديوية واجهزة ملاحة مع محطات سيطرة ارضية. انشئ هذا النظام من قبل وزارة الدفاع الامريكية Department of Defence (DoD) للاستخدامات العسكرية ثم اصبح متاحا للاستخدامات المدنية مع شيء من السيطرة من قبلها على استخدامه من قبل العامة. نجح هذا النظام في التعامل مع الكثير من المجالات ومنها انظمة الملاحة والمسوحات بل كان تكامله مع نظام المعلومات الجغرافية Geographic Information Systems (GIS) هو من انجحالمجالات التيتعامل معها تقنيا.

يعد نظام تحديد الموقع GPS معقدا بعض الشي، فباستخدامه يمكن الحصول على دقة accuracy لموقع معين تتراوح من 100 متراً الى بضع مليمترات وهذا حسب التقنية والاجهزة والمعدات التي تستخدم لهذا الغرض. في العموم الدقة العالية

تتطلب كلفة عالية وعمليات تحليلية متقدمة ومعالجات جيدة للبيانات. لذا فمن المهم بالنسبة للمستخدم ان يفهم اي تقنية واجهزة ومعدات سوف يستخدم ليصل الى النتيجة المطلوبة في اي حقل من حقول المعرفة آخذاً بالإعتبار الكلف المادية وطرق التحليل المطلوبة. ويجب ان يفهم المستخدم اية تكنولوجيا واجهزة تستخدم للوصول الى الدقة المطلوبة وبالكلفة المناسبة. لهذا كان الهدف من تاليف هذا الكتاب هو لاعطاء صورة واضحة للمستخدم حول منظومة ال GPS وكيف تعمل والآسس التي أُنشات عليها فضلا عن اعطاء خلفية واضحة عن المبادى الاساسية التي عليها بني هذا النظام فضلا عن تطبيقاته العلمية والعملية والحياتية اليومية.

قُسم الكتاب الى عشرة فصول. الأُسس التي بُنيت عليها نظم الاحداثيات كان الفصل الاول في هذا الكتاب والذي يعتبر مقدمة لاحاطة القارئ بخلفية علمية حول انظمة الاحداثيات وما يرافقها من مصطلحات. تضمن هذا الفصل اعطاء نبذة عن الاحداثيات الكارتيزية فضلا عن خطوط الطول ودوائر العرض. فضلا عن شرح وافي عن نظامي بيرنك والازموثي. كما تم شرح كيفية بناء نظام الاحداثيات والمسوحات الجيوديسية فضلا عن مساقط الخرائط والداتيوم.

اما الفصل الثاني فاهتم بنظام تحديد الموقع العالمي الامريكي NAVSTAR GPS بداياته ومراحل تطوره فضلا عن هيكلية هذا النظام والتي تشمل توزيع الاقمار الصناعية في الفضاء واعدادها ومراحل تطورها ومواصفات النظام بشكل عام. كما تم شرح الوظائف الاساسية للاقمار الصناعية فضلا عن الاستخدامات سواء العسكرية او المدنية منها. كما تم شرح كيفية عمل النظام وما هي انواع الاشارات المستخدمة لنقل المعلومات من والى الاقمار الصناعية.

وتمَ التطرق في الفصل الثالث الى كيفية عمل نظام GPS واجزائه سواء اكان الفضائي او الارضي او مراكز السيطرة الارضية على ادارة النظام.

واهتم الفصل الرابع باعطاء فكرة تفصيلية حول الدقة في قياس GPS وما يرافقها من عوامل مهمة للوصول الى الدقة العالية فضلا عن المؤثرات التي تؤدي الى تراجع او انخفاض الدقة في القياس. اهتم ايضا بالاخطاء في القياسات وما هي انواعها والعوامل المؤثرة بشكل مباشر عليها فضلا عن مفاهيم معالجتها والاحاطة بها.

وبحث الفصل الخامس التخطيط لاستخدام جهاز GPS في المسح وبالاسس التي يتوجب اتباعها لاختيار طريقة المسح الحقلي وما هي العوامل المؤثرة على تلك الطريقة وكيفية اختيار الاجهزة والمستلزمات الواجب توفرها لاجراء المسوحات وكيفية اختيار التقنية المناسبة لاجراء المسح والارتباط بين طرق المسح الثابت والمتحرك والاجهزة المستخدمة والكلف المراد توفيرها.

وتناول الفصل السادس اهم طرق المسح باستخدام نظام تحديد الموقع، وفصّل في كيفية المسح، وما هي خصائص كل طريقة وماهي محاسنها وماخذها. فضلا عن الاجهزة اللازم توفرها لاجراء المسح وخصائصها والدقة التي توفرها.

اما الفصل السابع فتحدث عن انظمة GPS العالمية الاخرى كالنظام العالمي الروسي والاوربي والصيني وكيفية عمل كل منها وما هي نقاط الالتقاء والابتعاد بينها وبين النظام الامريكي فضلا عن شرح تاريخ انشائها ومراحل تطورها وبشرح انظمة تحديد الموقع المحلية او الاقليمية كالنظام الصيني والهندي والياباني ومراح تطورها والغرض من انشاءها.

الفصل الثامن اهتم بشكل مباشر في تطبيقات نظام تحديد الموقع في الحياة اليومية بالنسبة للمستخدم مع شرح مفصل لبعض التطبيقات وخاصة الزراعية والملاحة الجوية والبحرية فضلا عن التاثير الاجتماعي والاقتصادي لنظام تحديد الموقع GPS.

اهتم الفصل التاسع بكيفية ضبط جهاز تحديد الموقع لاستخدامه في المسح وشرح تفصيلي لكل المفاتيح الخاصة باستخدام الجهاز فضلا عن كل الصفحات التي يتضمنها الجهاز وما هي واجباتها.

اما الفصل العاشر فكان مجموع المراجع التي أُستخدمت في هذا الكتاب.

وفي الختام ارجو من الله ان يكون هذا الكتاب صدقة جارية يستفيد منها المختصون فضلا عن عامة الناس علها تنفعنى يوم لا ينفع مال ولا بنون الا من اتئ الله بقلب سليم.

محمود احمد الارديني
الموصل \ ايلول\ 2015

# الفصلالاول
# الاسس التي بُنيت عليها نظم الاحداثيات
# Bases of a
# Coordinate Systems

# الفصلالاول
# الاسسالتيبُنيتعليهانظمالاحداثيات
# Bases of a
# Coordinate Systems

## 1.1تمهيد preface

الاحداثيات هي احدى الوسائل التي بموجبها يمكن الوصول الى مواقع واماكن محددة على سطح الارض, وتتكون من تقاطع خط الطول ( Longitude) مع دائرة العرض (Latitude) ولكن من الصعب المحافظة على دقة الاحداثيات مع الوقت، حتى وان كانت الارقام دقيقة. على سبيل المثال، فان تقاطع خط الطول ( 108º 45' 55.378"N) مع دائرة العرض ( 40º 25' 33.504"W)ينبغي انْ يمثل احداثي دقيق لموقع على سطح الارض. ولكن في الواقع هذا ليس بالضرورة ان يكون دائما صحيحا وخاصة مع تغير الارتفاعات.

وفي الحقيقة, ان الاحداثي السابقة الذكر اذا ما اضيف اليه الارتفاع ( 2658.2m) فانها سوف تمثل ما يعرف ب (youghall) والتي هي عبارة موقع على سطح الارض يمثل بقطعة من البرونز ثثبت بواسطة السمنت في حفرة والمثال هنا في اعالي جبال كولارادو روكي ( Colorado Rocky mountains). وهذه القطعة لا تزال في مكانها ولكن الاحداثيات ليست نفسها في الوقت الحالي. ففي عام 1937 قامت الولايات المتحدة الامريكية وخاصة ( United States Coast and geodetic Survey) بتثبيت (Youghall) وفق خط الطول ( 108º 45' 55.378"N) مع دائرة العرض ( 40º 25' 33.504"W) قد نعتقد لاول وهلة ان هذا الموقع لايزال يحتفظ بنفس القيم من الاحداثيات ولكن هذا غير صحيح.

في عام 1997 قيست احداثيات هذا الموقع ( Youghall) مرة اخرى فوجد ان هناك اختلافا في قيم الاحداثيات، اذ اصبح خط الطول (108º 45' 57.78374"N) وهذا يختلف عن القيمة السابقة ب ( 56m) واصبحت دائرة العرض ( 40º 25' 33.39258"W) وهذا التغيَر بالارتفاع يختلف عن القيمة السابقة ب ( 3m). علما ان الموقع لم يزحف من مكانه اطلاقا ولكن وفي عام 1937 كان ارتفاع المكان ( 2658.2 m) اما في عام 1997 اصبح الارتفاع ( 2659.6 m)، وهذا معناه ان الفرق في الارتفاع (1.4 m). وهذه القيمة في الارتفاع ليست بالكثيرة وان موقع ال ( Youghall) لايزال في مكانه القديم ولكنها زحفت باتجاه الاعلى وهذا معناه ان ال ( datum) قد تغير، ففي عام 1937 تم تحديد خطوط الطول ودوائر العرض وفقا ل

((North American Datum 1927 (NAD27) وبعد ستين سنة تم اعادة القياس وفقا ل (North American Datum 1983(NAD83)).

## 1.2 الاحداثيات الكارتيزية Cartesian Coordinates

الاحداثيات الكارتيزية هي عبارة عن ازواج من الاحداثيات يعبر كل عنصر منها عن قياس مسافة من نقطة معلومة على سطح مستوى. تقاس المسافة على طول خط موازٍ لتلك الاحداثيات وممتد الى الاحداثي الاخر ويتقاطع معه في نقطة الاصل (origin point). اذا كان الخط موازاً للمحور x (x-axis) فهذا يدعى بالاحداثي السيني (x-coordinate)، أما اذا كان الخط موازيا للمحور y (y-axis) فانه يدعى بالاحداثي الصادي (y-coordinate). ويجب ان تكون تلك المحاور او الاحداثيات متعامدة على بعضها البعض. تكون النقاط التي تقع على الاحداثي السيني ( x-axis) وهي باتجاه الشرق عن نقطة المرجع ( origin point) موجبة، بينما تكون النقاط على الاحداثي السيني (x) في اتجاه الغرب سالبة القيمة. وفي حالة وجود أي نقطة تقع شمال نقطة الاصل على المحور الصادي (y-axis) سوف تحمل القيمة الموجبة بينما النقاط التي تقع على المحور الصادي ولكنها جنوب نقطة الاصل تكون سالبة القيمة (الشكل 1). اذا ما طبقت تلك القوانين على الاحداثيات فذلك سوف يساعد في صحة العلاقات الهندسية الاقليدية (Euclidean geometry) والذي ينعكس على صحة الاحداثيات في حالة استخدامها ضمن برنامج GIS (GIS software) و برنامج CAD (computer-aided design).

على سبيل المثال:

لحساب المسافة بين نقطتين P1, P2 واللتين تمثلان بالاحداثيات ( y,x) وكما ياتي:

P1(y1,x1) = (295,220)

P2 (y2,x2) = (405, 311)

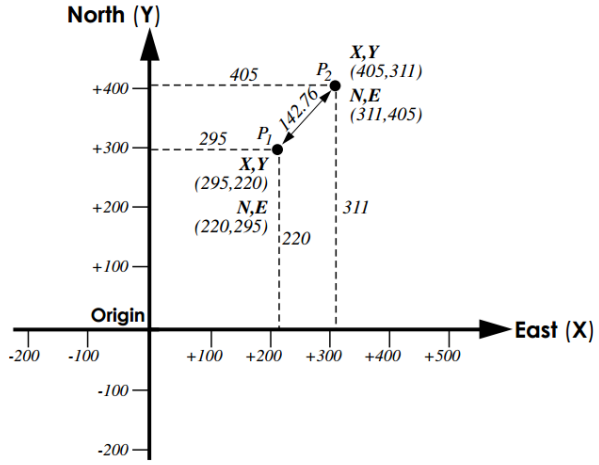
باستخدام علاقات رياضية بسيطة وشائعة وبمساعدة الاحداثيات سوف نجد المسافة بين النقطتين:

المسافة =

المسافة =

المسافة =

المسافة = 142.76




الشكل1. يمثلالاحداثياتالكارتيزي.

### 1.2.1 الاحداثيات الكارتيزية والارض Cartesian coordinates and the Earth

تكون الاحداثيات الكارتيزية اما بشكل مستطيل او متعامدة المحاور, وتعرف بانها عبارة عن محاور متعامدة من نقطة الاصل وعلى طول السطح المراد تمثيله. تلك العناصر تعرف بانها الداتيوم او الاطار الخارجي العام للاحداثيات لمنطقة محددة. وتعد الاحداثيات الكارتيزية ثنائية الاتجاه من العناصر المهمة في اغلب الانظمة الاحداثية، على سبيل المثال نظام ( State plan coordinates in the U.S.) ونظام الاحداثي ((Universal Transverse Mercator (UTM). ان الداتيوم لكل هذه الانظمة مبنية بناءا جيدا.

هناك أيضا احداثيات كارتيزية محلية ( local Cartesian coordinate systems) وغالبا م تكون ذات اصول كلية اعتباطية. مثلاً، في حالة عمل خرائط لبناية او مشروع جديد فمن غير المهم استخدام نظم احداثيات لربط واصلاح الاحداثيات المحلية. بل يتطلب استخدام داتيوم محلي عبارة عن استخام الشمال والشرق متقاطعة مع نقطة الاصل ومن ثم يتم القياس بالزحف شرقا وشمالا وفقا لتلك المحاور مع تجنب ان تكون هناك قراءات سالبة.

وكما بيَّنا سابقا بان الاحداثيات الكارتيزية او الداتيوم هي احداثيات ثنائية الاتجاهات ومستوية، والسؤال كيف يمكن استخدام الداتيوم او الاحداثيات الكارتيزية والتي هي ثنائية الاحداثيات لتمثيل الارض؟

في حالة كون الارض ذات سطح مستوٍ وصغير المساحة فيمكن تمثيله بشكل جيد باستخدام الاحداثيات الكارتيزية ولكن سوف يظهر تشويه ( Distortion) في الداتيوم او الاحداثيات الكارتيزية في حالة كون الارض غير مستوية وذات مساحة

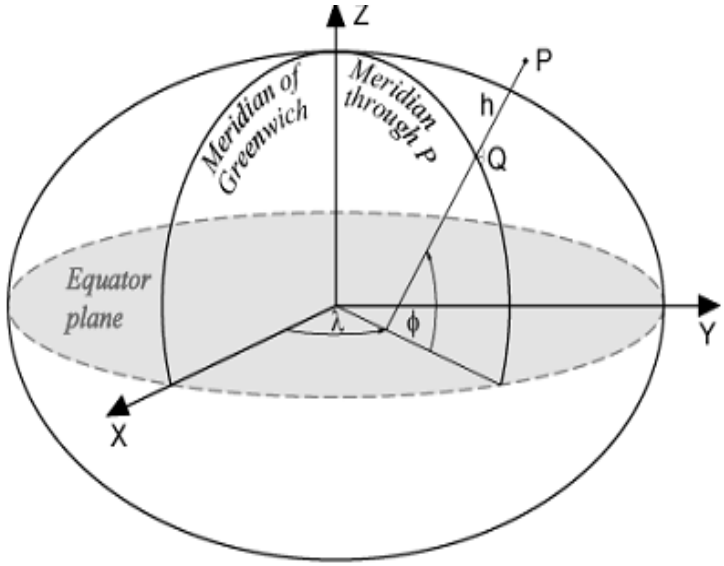
كبيرة. الا انه ورغم وجود تشويه يبقى استخدام الاحداثيات الكارتيزية اسهل والتشويه محدود قد لا يذكر بالنسبة لحجم العمل.

## 1.3خطوط الطول ودوائرالعرض Longitude and Latitude

خطوط الطول ودوائر العرض هي عبارة عن احداثيات يمكن تمثيل المواقع عن طريقها وتكون بشكل زوايا بدلا من المسافات. وعادة يكون قياس الزوايا باستخدام الدرجات ( degrees)، و يمكن قياسها باستخدام ال ( grads) وال(radians) ايضا لقياس الدائرة الكاملة وذلك يتطلب 360 درجة وكل درجة قسمت الى 60 دقيقة (minutes) كما قسمت كل دقيقة الى 60 ثانية (seconds). ايضا بالامكان تقسيم الثانية الى كسور عشرية ( decimals). وإنَ استخدام الدقيقة والثانية لا يعني الوقت وانما يعني قياس مساقة القوس المقابل للزاوية. ايضا اعطيت رموز مُثلت بموجبها الدرجة (º) والدقيقة (') والثانية ('') وهذا النظام يدعى (Sexagesimals). اما في اوربا فالنظام يدعى ب (Centesimal system) وفيه يتم تقسيم الدائرة الى (400 grads). ايضا يمكن تسميتها ب (grades and gons).

تتقاطع خطوط الطول ودوائر العرض دائما مع بعضها البعض, وهذا يشبه إلى حد كبير النظام الكارتيزي ولكن مع خطوط الطول ودوائر العرض تكون الخطوط على شكل اقواس وليست مستقيمة. تخَيل ان هناك عدداً غير منتهي من الخطوط المنحنية على الكرة الارضية والتي تشكل بموجبها الشكل الاهليجي للارض (Ellipsoidal) وهذا معناه ان أي مكان ما على سطح الارض سوف يمثل بتقاطع خط طول مع دائرة عرض في ذلك المكان. وفي حالة اضافة الارتفاع لذلك المكان فسوف يكون لدينا موقع ذي احداثي ثلاثي الابعاد ((3-dimensional(3D).

في الخرائط تمثل دائرة العرض عادة بالحرف الاغريقي phi ($\phi$), بينما تمثل خطوط الطول عادة بالحرف الاغريقي lambda ($\lambda$). وفي كلاهما يكون مركز الارض حاضرا في تقييم الزوايا. زاوية دائرة العرض على الاغلب تنشى على مستوى دائرة خط الاستواء، بينما زاوية خط الطول تنشى على مستوى خط الطول، فمثلا الان على خط كرنج ( Greenwich) في (England). دائرة العرض هو مقياس زاوي لمسافة نقطة تقع شمال او جنوب مستوى خط الاستواء وتقاس بالدرجة او الدقيقة او الثانية واحيانا باعشار الثانية. بينما خط الطول مقياس زاوي لقياس موقع ما شرق او غرب مستوي البداية المختار او خط كرنج او أي موقع اخر ويكون قياسه ايضا بالدرجة والدقيقة والثانية واعشار الثانية (الشكل 2).




الشكل1. شكلثلاثيالابعاديمثلالقطعالناقصالذييوضحالعلاقةبين خطوطالطولودوائرالعرض.

افضل طريقة لتحديد موقعك على سطح الارض هو استخدام نظام تحديد الموقع العالمي Global Reference System. اما النظام المقبول بشكل كبير هو coordinate grid system والذي يعتمد على نظرية الخطوط شبه دائرية في الاتجاه العمودي للارض واخرى مستوية بالاتجاه الافقي.

### 1.3.1 خطوط الطول Longitude

خط الطول هوخطوط على شكل اقواس عمودية تقسم سطح الكرة الارضية الى اقواس segments تلتقي في قطبي الارض الشمالي والجنوبي وتدعى Meridians of Longitude وعددها 360. خطوط الطول تبدا من مايعرف بخط كرنج Greenwich. الزاوية بين مستويين او مايعرف بالزاوية الثنائية السطح ( dihedral angle) وهي الزاوية التي يقاس بها تقاطع مستويين. المستوى الاول يمر خلال نقطة ذات الاهتمام (الموقع المحتمل)، اما المستوي الثاني فيمر خلال نقطة الصفر كما في خط كرنج (Greenwich). زاوية خط الطول هي الزاوية المحصورة بين تقاطع المستويين سابقي الذكر. اما مايعرف بمحور القطب (polar axis) فهو المحور الذي يدور حوله مجسم القطع الناقص (ellipsoid).

كلا المستويين سابقي الذكر يكونان عموديين ( perpendicular) على خط الاستواء ( equator) ومكان تقاطعهما مع القطع الناقص للارض ينشئ ما يعرف بالخط الاهليجي ( elliptical line) على السطح. الخط الاهليجي يقسم الى خطين

طوليين يدعيان ب ( meridians). الاول يدعى ب (meridian of east longitude) مريدين خط الطول الشرقي والذي اعطي الرمز (E) او قيمة موجبة (+). اما المريدين الغربي (meridian of west longitude) والذي اعطي الرمز (W) او القيمة السالبة (-). المستويات يمران بمحور الدوران والذي يمر بالقطب سوف يشكل مستويان طوليان احدهما الى الشرق والاخر الى الغرب وكما في الشكل اللاحق (الشكل 2، 3).

المريدين (meridian) الذي يمر خلال خط كرنج يدعى ب (prime meridian). ومن هذا الخط تكون تقسيم القيم الى القيم الموجبة لخطوط الطول وهي بالمدى ( $0^o$+ To $180^o$ E+) بينما القسم السالب للقيم هي بين ( $0^o$ To -180 $W^o$ -). وكلاهما يغطي سطح الكرة الارضية ب 360 درجة وهذا التقسيم وفق معاهدة تمت بين 25 بلد في عام 1884م.

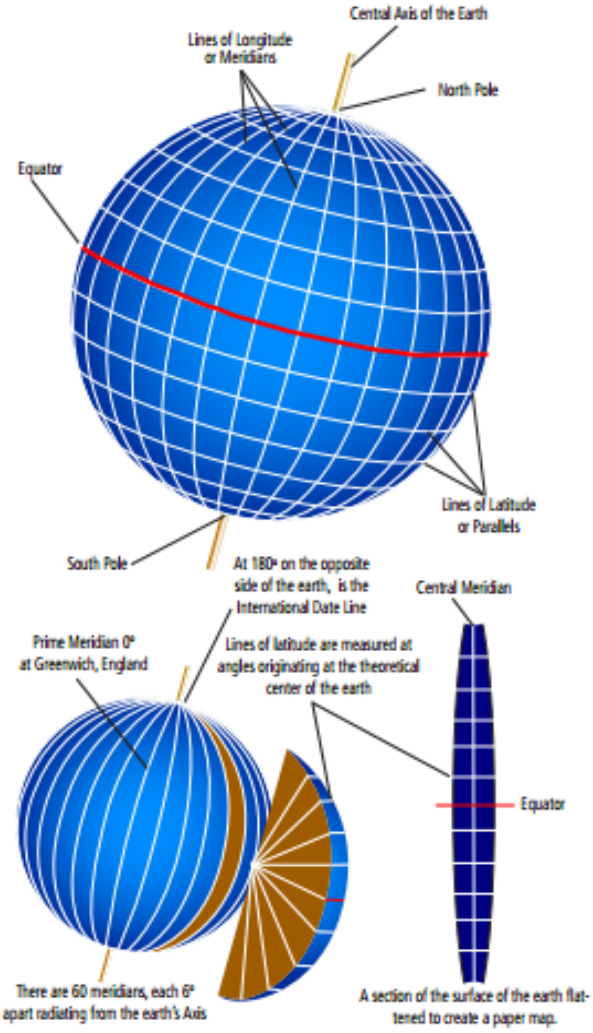
حصل اختلاف بين اين يكون ( prime meridian) بين الكثير من الامم كلا يدعى احقيته بوضعه في مكان ما ولكن الشائع استعماله هو ان يكون خط الطول المار بمدينة كرنج في انجلترا هو ما يعرف ب ( prime meridian) والذي اعطي القيمة صفر والذي انشئ ب ( the International Meridian conference in Washington, D.C). ومن ثم قسمت الى خطوط موجبة باتجاه الشرق وهي $180^o$ والاخرى سالبة وباتجاه الغرب وهي ايضا $180^o$.

### 1.3.2 دوائر العرض Latitude

دوائر العرض عبارة عن مستويات متوازية تقطع سطح الكرة الارض بشكل افقي ويتشكل من هذا التقاطع دوائر متوازية متحدة المركز. احدى دوائر العرض تدعى بخط الاستواء equator وهو الخط الفاصل بين نصف الكرة الارضية الشمالي والنصف الجنوبي. اما مواقع دوائر العرض الاخرى فتحدد باستخدام قياس الزاوية بين مستوى دائرة العرض ومستوي خط الاستواء مرورا بمركز الارض ويحدد بالدرجة والدقيقة والثانية.

يتطلب تحديد اي موقع على سطح الارض وجود احداثيين. الاول: خط الطول (سابق الذكر) والثاني: دائرة العرض (latitude) وهو الزاوية بين مستوي وخط يمر خلال نقطة معينة. تخيل ان هناك مستوياً يقطع سطح مجسم للارض، سوف يكون مكان التقاط اما دائري او اهليجي وهذا يعتمد بشكل مباشر على مكان القطع. ولكن اذا كان القطع مستوياً ومتوازي ومتوافق مع خط الاستواء مثل كل دوائر العرض فالنتيجة تكون خط قطع موازٍ لدوائر العرض. يعد خط الاستواء فريداً ومميز وموازياً لدوائر العرض وايضا يتضمن مركز الشكل المجسم الناقص للارض، كما ان وجود مستوي موازي لخط الاستواء ومتقاطع مع القطع الناقص سوف يشكل دائرة صغيرة لدائرة عرض معين (الشكل 3).

يعد خط الاستواء ( equator) القيمة صفر لدوائر العرض, ومن ثم هنالك (+84º) دائرة عرض شمالا باتجاه القطب الشمالي و ( -80 º) دائرة عرض جنوبا باتجاه القطب الجنوبي. اي ان دوائر العرض الموجبة والشمالية الاتجاه هي ( 0º to 84º)، بينما خطوط العرض السالبة والجنوبية الاتجاه هي ( 0º to 80º). وعلى العموم كل خطوط العرض متوازية مع بعضها ومع خط الاستواء وجميعها تشكل دوائر وهمية اثناء تقاطع مستوياتها مع سطح الارض.



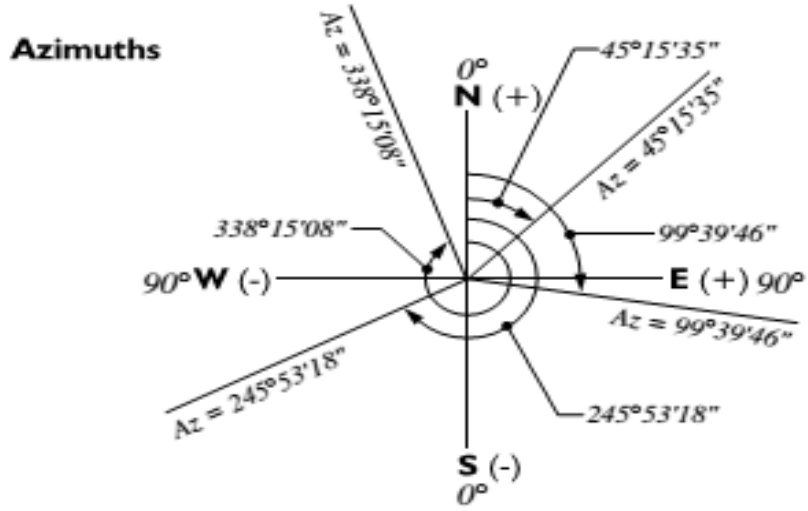

الشكل3. توزيعخطوطالطولودوائرالعرض.

## 1.4 الاتجاهات Directions

### 1.4.1 النظام الازموثي Azimuths system

يحدد النظام الازموثي الاتجاه من نقطة الى اخرى على القطع الناقص (ellipsoidal model) المُمثل لسطح الارض وعلى الداتيوم الكارتيزي ( Cartesian datum) فضلا عن موديلات اخرى، ويمثل باتجاه واحد. واحيانا يعرف بانه ( grid azimuth) في بعض الداتيوم الكارتيزي وهو يشير الى rectangular grid التي تبنى ضمن النظام الكارتيزي. ان Grid azimuths يعرف بانه زاوية افقية ( horizontal angle) تقاس باتجاه عقرب الساعة (clockwise) وتبدا من الشمال.

في النظام الازموثي يكون القياس اما باتجاه عقرب الساعة ويبدا من الشمال مرورا بكل الزوايا ووصولا الى $360^o$ او يقاس من $180^o+$ باتجاه عقرب الساعة (الشكل 4).



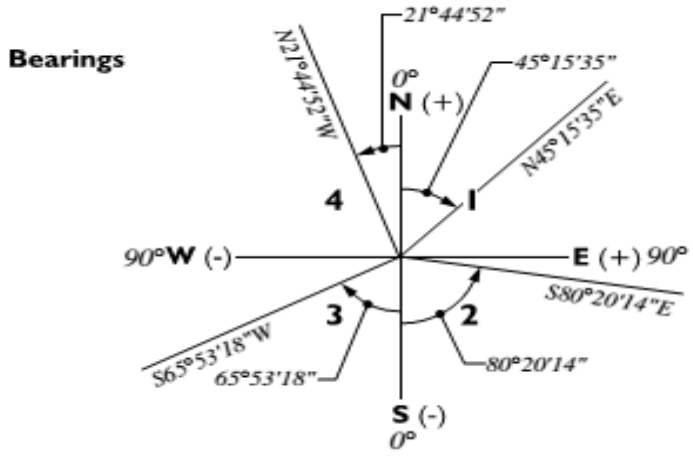

الشكل4. يمثلعلاقاتالمتجهاتبالنظامالازموثي.

### 1.4.2 نظام بيرنك Bearings

بيرنك نظام اخر يستخدم لقياس الزوايا. كما انه يمثل قياس الزوايا من $0^o$ ويكون اما الى الشمال او الى الجنوب مرورا ب $90^o$ اما الى الغرب او الى الشرق. ويمكن استخدام قياس بيرنك باتجاه او عكس اتجاه عقرب الساعة. حيث يبدا القياس من $0^o$ الى $90^o$ من الشمال في اثنين من اصل اربعة ارباع الدائرة, وهي شمال- شرق

(الربع الاول (1))، وشمال-غرب (الربع الرابع (4)). ايضا يعبر عن بيرنك بالقياس من $0^o$ الى $90^o$ من الجنوب في اثنين من ارباع الدائرة الباقيان، جنوب-الشرق (الربع الثاني (2))، و جنوب-الغرب (الربع الثالث (3)) (الشكل 5).

بمعنى آخر، بيرنك يستخدم اربع ارباع الدائرة كلا منها $90^o$. على سبيل المثال, بيرنك (N 45º 15' 35"E) وهي زاوية تم قياسها باتجاه عقرب الساعة من الشمال باتجاه الشرق. ايضا بيرنك ( N 21º 44' 52" W) هي زاوية تم قياسها عكس عقرب الساعة من الشمال باتجاه الغرب. وبنفس الطريقة يكون العمل في حالة قياس زاوية بيرنك باتجاه جنوب-غرب وتكون باتجاه عقرب الساعة من الجنوب باتجاه الغرب و قياس بيرنك جنوب-الشرق قيست عكس عقرب الساعة ومن الجنوب باتجاه الشرق (الشكل 5).




الشكل5. علاقاتالمتجهاتباستخدامنظامبيرنك.

## 1.5بناء نظام الاحداثيات Building a Coordinate System

ان السطح الفعلي للارض ليس مسطحاً واملساً وإنما وعراً وتتمثل تلك الوعورة في وجود المرتفعات بكافة اشكالها (جبال وتلال وهضاب....الخ) والمنخفضات بكافة اشكالها. أي بمعنى لايوجد دائما سطح مثالي للارضيشبه القطع الناقص ( ellipsoid) الى حد ما، على الرغم من ان هذا ينطبق في اوربا ولكن الوضع يختلف في الشمال اذ لاينطبق شكل ( ellipsoid) عليه. لهذا في الماضي تم اختراع عدة اشكال لل (ellipsoid) لعمل موديل للارض. هناك حوالي 50 موديلاً في العالم مازال يتم استخدامها لتمثيل سطح الارض في مواقع مختلفة لسطح الكرة الارضية. ولازالت الى درجة كبيرة تمثل الاسس التي بنيت عليها الاحداثيات حول العالم. لكن الشي الذي حصل هو انه حدثت موخرا الكثير من التغيرات في انظمة المقاييس وخاصة بعد

ظهور الاقمار الصناعية وانظمة تحديد الموقع. وهذا انعكس على الفهم الصحيح، والسؤال كيف يبدو شكل الارض اليوم بالمقارنة بما سبق وبهذا التصور حدث الاختلاف في الفهم. هناك عدة انظمة معروفة في مجال بناء الاحداثيات ومنها:

### 1.5.1 المسوحات الجيوديسية للارض Legacy geodetic surveying

لم تكن الدقة في قياس سطح الارض ممكنة في ما مضى ولكن في العقود الاخيرة اصبح هذا ممكنا بسبب وجود نظام تحديد الموقع GPS وبعض التطبيقات التكنولوجية الاخرى للاقمار الصناعية. هذا التقدم التقني فضلا عن اشياء اخرى قلل استخدام بعض التطبيقات التقليدية في طرق القياس الجيوديسية في الاجيال اللاحقة. على سبيل المثال, قياس سطح الارض بواسطة طرق ( Triangulation) قل بشكل ملحوض في الاونة الاخيرة على الرغم من صحة الاشتقاق للاحداثيات الخاصة به علما انها كانت احدى الطرق المفضلة في المسح الجيوديسي لسطح الارض.

Triangulation كانت احدى طرق المسح الابتدائي التي تستعمل لربط النقاط المستحدثة عبر شبكات وعلى مساحات واسعة لسطح الارض. تقدم معلومات عن الاحداثيات التي تمثل مواقع جديدة لمحطات اخرى. هذه الطريقة اعتمدت بشكل كبير على المقياس الدقيق للزوايا بين جوانب المثلثات الكبيرة. وكانت الطريقة المهيمنة انذاك بسبب ان المقياس الزاوي هو دائما يعد بسيط بالمقارنة بمقياس المسافة.

في القرن الثامن عشر والتاسع عشر, قبل انشاء نظام GPS ، وانشاء النظام الالكتروني لقياس المسافات ( Electronic distance measurement (EDM)، كان قياس المسافات الطويلة يحتاج الى سنوات. كانت الطرق بسيطة انذاك. اما الان فاصبح من السهل قياس المسافات والمساحات باستخدام الطرق الحديثة ومنها GPS وذلك يتطلب وقتاً وجهداً اقل مما في السابق.

### 1.5.2 مجسمات القطع الناقص Ellipsoids

لكل واحد منها اسم محدد، على الاغلب الاسم المتداول هو اسم الباحث الذي عمل المسوحات الخاصة بهذا القطع وسنة المسح حتى وان اصبحت هذه الطريقة معتمدة من قبل باحثين اخر في دول اخرى، الا انَ الاسم يبقى ملازماً للباحث او العالم الاول. على سبيل المثال، العالم Alexander R. Clarke استخدم شكل الارض الذي جمعه من خلال المسوحات التي اجراها في فرنسا وانكلترا و جنوب افريقيا وبيرو ولابلاند ومن ثم اطلق اسم Clarke 1866 ellipsoid وبعد ذلك وفي القرن العشرين اصبح هذا ellipsoid مرجعا تم بموجبه عمل داتيوم Datum لشمال امريكا وسمي ب NAD27. ايضا هذا الكلام ينطبق تماما على Geodesist الخاص ببريطانيا للاعوام 1858و عام 1880 وذلك لاستخام المرجع نفسه الخاص بكلارك (الشكل 2)

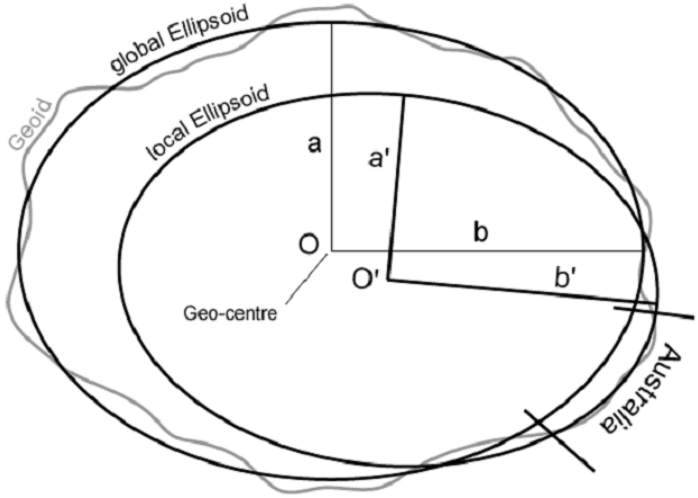
### 1.5.3 الداتيوم Datum

للداتيوم (Datum) أهمية كبيرة لأنه لامعنى للأحداثيات بدون تحديد تبعيتها لاي داتيوم. اذ انه يعد الارضية والاسس التي يستند اليها نظام الاحداثيات. وبالامكان تحليل وتحريك وترتيب الاحداثيات بدون داتيوم ولكن بدون اطار يضمن صحتها. عموما قد يطلق على الداتيوم بالكارتيزي ( Cartesian systems ). والنظام الكارتيزي جاء اسمه من عالم الفلسفة والرياضيات Rene Descartes وذلك في القرن السابع عشر الميلادي. كما انه وضع الاسس والقوانين الخاصة بالاحداثي ثنائي الابعاد معرفا اياها على الاجسام المستوية وبمحورين (Axes) التي يعمل بها حتى الان.

والداتيوم هو الشكل البيضوي المنتظم لسطح الارض والذي يتم تجاهل كل الارتفاعات والانخفاضات عن سطح الارض، ويستخدم في حساب احداثيات النقاط على سطح الارض. يقدم الداتيوم معلومات عن الموقع location والاتجاه direction والتوجيه orientation وكل ماسبق مُجتمعة معا تعطي مايسمى geodetic datum. المعلومات تقدم بصورة غير مباشرة من خلال تبني احداثيات تدعى بالنقاط المرجعية reference points. يتكون الداتيوم من مجموعة من النقاط المرجعية. مجموع تلك النقاط يستخدم لتعريف الداتيوم geodetic datum يمكن ان يتفاوت على الاقل بين محطة واحدة وبين شبكة النقاط المرجعية.

هناك مايعرف بالداتيوم العالمي Global datum والداتيوم المحلي Local datum. ويجب ان يتكون الداتيوم العالمي من نقاط مرجعة reference points تغطي معظم سطح الارض. اما في مايخص الداتيوم المحلي فان النقاط المرجعية تنحصر على مستوى بلد او منطقة. الا ان الداتيوم المحلي لايمكن استخدامه الا في المنطقة التي انشى لها ولايمكن استخدامه في منطقة اخرى (الشكل 6).

إنَ اكثر ما يميز الداتيوم هو كونه صحيح الاحداثي على الاقل من الناحية النظرية. كل نقطة او موقع ما على الداتيوم هي صحيحة من ناحية الاحداثيات ولها موقع مميز ومختص بها فقط. اي لا يوجد أي تشويه او غموض في الداتيوم. على سبيل المثال، كل مكان او موقع على الداتيوم يتموضع بالضبط في مكانه الصحيح وبالامكان تحويله بالدقة ذاتها الى داتيوم اخر وتكون الاحداثيات ايضا دقيقة وصحيحة وبدون أي تشويه او زحف. فلو كان لدينا مساحة من الارض مستطيلة الشكل فبالامكان اخذ احداثياتها الكارتيزية وفقا لداتيوم معين وهذا سوف يساعد على ان تكون كل النقاط او المواقع على تلك الارض هي لها احداثيات دقيقة وصحية وبالامكان اخذ احداثياتها تلقائيا.




الشكل6. الداتيومالعالميوالمحلي.

### 1.5.4 مساقط الخرائط Map Projections

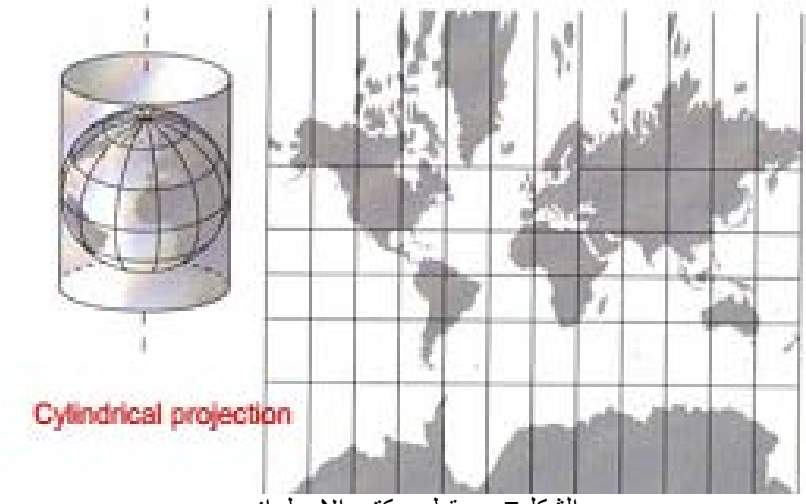
المعنى العام لمسقط الخارطة هو تمثيل لجزء من الارض الحقيقة ( 3D) على مستوي (2D). استغرق عمل الخرائط الورقية للعالم مئات من السنين ولازال مستمرا، واما مسقط الخارطة اليوم فهو عبارة عن اجراءات رياضية وبرمجية موجودة على الكمبيوتر. ولكن وعلى الرغم من استخدام تقنية الحاسبة يبقى التشويه موجوداً في حالة تحويل معالم الارض من شكلها الثلاثي الى الشكل المستوى الثنائي.

ولتبسيط فكرة المسقط الخرائطي فقد مثلت الكرة الارضية بشكل البرتقالة الاعتيادية فاذا ما اريد تقشير البرتقالة وجعل قشورها مستوية فانها تتعرض الى تشوية عند تحويلها من شكل قوسي الى شكل مستوى. فتخيل اذا ما رسم على البرتقالة قبل تقشيرها شكل او خارطة معينة وبعد التقشير وجعل قشرها مستو سوف تلاحظ حدوث تشوه في الشكل ومقدار هذا التشوه يعتمد على مكان الرسم من جسم البرتقالة. هذه المشكلة هي بالذات مانريد حلها باستخدام المساقط projections.

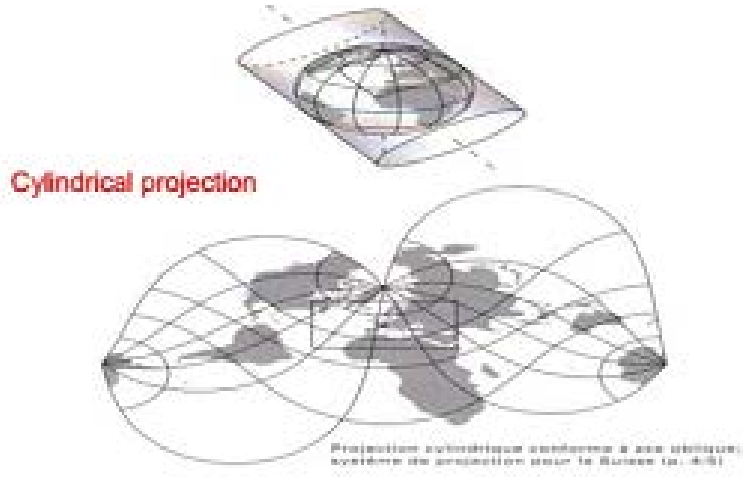
هناك عدة انواع من المساقط هي:

### 1.5.4.1 مسقط ماريكتور الاسطواني Mercator Cylindrical Projection

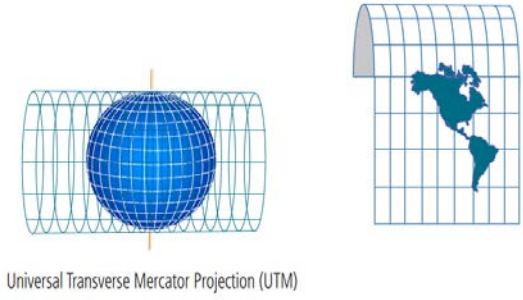
يعد الاكثر فائدة للملاحة بسبب خطوطه المستقيمة على الخرائط. خطوط الطول فيه متوازية وبينها مسافات متوازية ايضا. يعد الخرائط دقيقة الى حد $15^{o}$درجة من خط الاستواء، وذلك بسبب حدوث تشوه كبير شمال الكرة الارضية وجنوبها. المسقط صالح للاستخدام مع بعض التشويهات حتى دائرة عرض $84^{o}$. افضل مكان لعمل هذا النوع من المساقط هو قرب خط الاستواء. يعد مناسباً لعمل خرائط المناطق مستطيلة الشكل والقريبة من خط الاستواء. هناك نوعان من مسقط مريكتور. الاول أستخدام لانشاء Universal Transverse Mercator. والاخر Space Oblique Mercator Projection أستخدم لوضع خطوط مدارات الاقمار الصناعية فوقها (الشكل 8، 9)




الشكل7. مسقطمريكتورالاسطواني.




الشكل8. مسقطمريكتورالاسطواني.



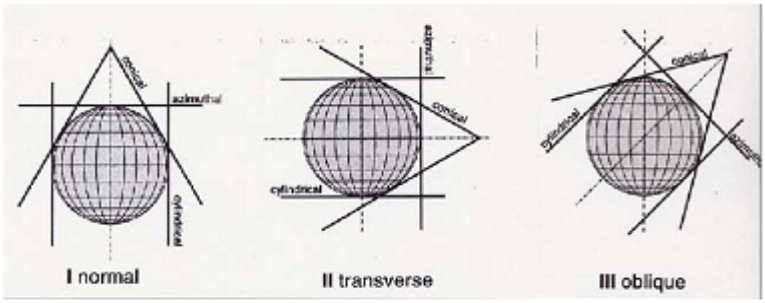

الشكل.2تقسيمسطحالكرةالارضيةالىانطقةباستخدامنظام.UTM

### 1.5.4.2 المسقط المخروطي Conical Projection

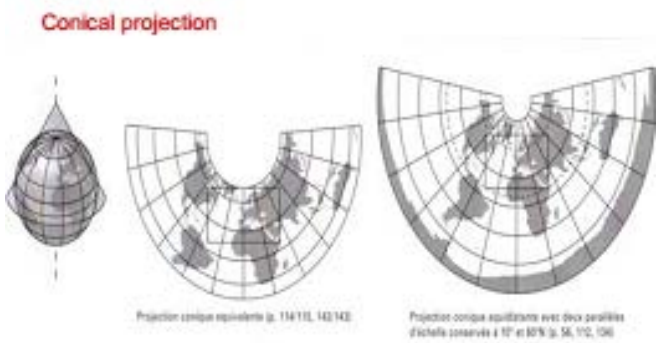
يكون هذا النوع من المساقط على شكل مخروط، يتقاطع مع سطح الكرة الارضية أو يملامسها بخط دائري. تلامس المسقط مع جسم الارض هو اكثر الاماكن دقة في القياس ويزداد التشويه كلما ذهبنا باتجاه شمال او جنوب خط التلامس (الشكل 10، 12). يعد هذا النوع مناسب لعمل خرائط للمناطق ذات الشكل شبه مثلث والمناطق ذات خطوط عرض متوسطة.

هناك ثلاث انواع من هذا المسقط اعتمادا على منطقة التلامس وهي Normal و Transverse وOblique (الشكل 11).

الشكل.3المسقطالمخروطي.



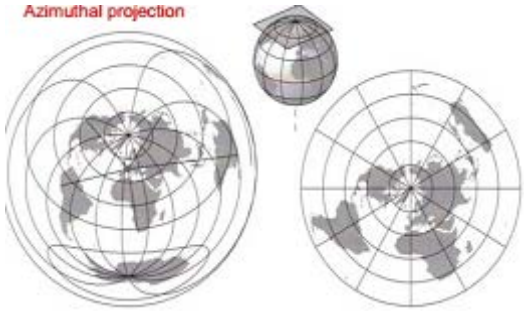

الشكل4. احتماليااستخداماالمسقطالمخروطي.




الشكل12. المسقطالمخروطيبوضعمستوي.

### 1.5.4.3 المسقط المستوي (السمتي) Azimuthal

هذا النوع من المساقط هو على شكل مستوي. لاستخدامه في العمل فانه فقط يلامس نقطة واحدة من الكرة الارضية وكلما ابتعدنا عن هذه النقطة كلما زاد التشويه. يعتبر مناسب لعمل الخرائط ذات الشكل شبه الدائري والمناطق القطبية (الشكل 13).




الشكل13. المسقطالمستوى (السمتي).

## 1.6نظام الاحداثي التربيعي

Universal Transverse Mercator (UTM) Coordinaters

UTM وهو نظام الاحداثيات المستوية والذي سهل لنظام المعلومات الجغرافية GIS العمل ضمن اراض شاسعة. نظام UTM مع نظام Universal Polar Stereographic System غطى العالم في نظام واحد ثابت. هو اقل دقة باربع مرات من ((Particular State Plane coordinate System (SPCSs.ان شبكة نظام ال UTM معرفة بالامتار. كما ان القياس ضمن هذا النظام يحافظ على تشوه مقبول في القياس اثناء الاستخدام.

سهولة استخدام UTM وتغطيته لمعظم سطح الكرة الارضية جعل منه مميزا للاستخدام وهذا عكس نظام SPCSs والذي يتم بموجبه ضم عدة انطقة تابعة لنفس النظام لكي تشكل كتلة عمل موحدة. فعلى سبيل المثال معظم الخرائط الطوبوغرافية وخرائط (USGS quad sheets) تظم نظام UTM في عملها.

هناك من يظن ان نظام ال UTM انشئ من قبل وزارة الدفاع في الولايات المتحدة الامريكية, وفي الحقيقة فانَ عدة امم ومنظمة North Atlantic Treaty Organization (NATO) اسهمت في انشائه بعد الحرب العالمية الثانية وكان الهدف انذاك هو انشاء نظام موحد يمكن استخدامه من قبل عدة امم لكي يسهل التعاون والتنسيق بين المنظومات العسكرية لدول مختلفة. عقدت عدة مؤتمرات للفترة من 1945 الى 1951 مع ممثلين من عدة دول مثل بلجيكا والبرتغال و فرنسا وبريطانيا

لتحديد الخطوط العريضة التي يتم بموجبها انشاء نظام ال UTM وفي عام 1951 انشأ الجيش الامريكي نظاماً قريباً جدا للنظام الحالي المستخدم.

نظام ال UTM قسمَ العالم الى 60 نطاق ( Zones 60) يبدا من خط الطول 180º، النطاق رقم واحد ( zone 1) يقع بين خطوط الطول 180º الى 174º غربا (الشكل 15). على سبيل المثال تقع الولايات المتحدة الامريكية بين نطاق رقم 10 الى نطاق رقم 19 (الشكل 14). وهناك طريقة بسيطة لايجاد رقم النطاق من خلال ايجاد خط الطول وهي كما يلي:

- اعتبر خط الطول الغربي (غرب كرنج) سالبا وخط الطول الشرقي موجبا (شرق كرنج).
- نظيف 180º الى رقم خط الطول سابق الذكر.
- ثم نقسم الناتج على 6 ومن ثم نقرب الناتج الى رقم صحيح فيظهر لدينا رقم النطاق او Zone كما في المثال ادناه.

دنفر (Denver) تقع على خط طول 105 غربا (سالب)

-105 + 180º = 75º

75º/6 = 12.50

zone 13 = تقريبا يساوي

وهذا معناه ان Denver تقع على النطاق 13

يبلغ عرض النطاق في نظام ال UTMبستة خطوط طول 6º ويمتد من الشمال الى الجنوب, ويبدا من دائرة عرض 84º شمالا الى دائرة عرض 80º جنوبا. تم تحديده ب 80º شمالا الى 80º جنوبا. وهذا معناه ان الانطقة بمجملها تقريبا تغطي كل سطح الارض ماعدا الاقطاب وهي عادة تغطى ب انطقة الاقطاب الازموثية ( Azimuthal Polar Zones) والتي تدعى ب ( Universal Polar Stereographic (UPS) projection). رُقمت تلك الانطقة من 1 الى 60. ويبدا النطاق رقم 1 من خط طول 180º باتجاه الشرق. كل نطاق في نظام ال UTM مقسم الى 20 جزء شمال وجنوب خط الاستواء وكل واحد يدعى Subzone. حيث سمي كل Subzone باسم من الحروف الابجدية الانكليزية، ابتداءا من الشمال والذي اعطي الحرف C وانتهاءا بالجنوب والذي اعطي الحرف X (الشكل 15). كل Subzone مكون من 8º دوائر عرض ماعدا X والذي مكون من 12º وذلك بسبب امتداد دوائر العرض في شمال الكرة الارضية الى دائرة عرض 84º.

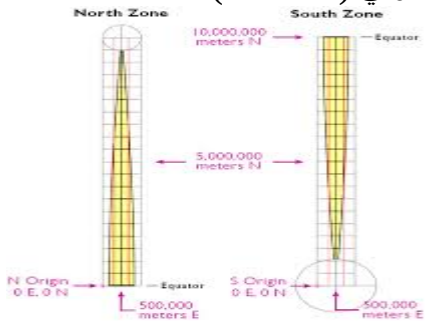
الشكل5.. ترقيمالانطقةلامريكاومواقعها.

الشكل15. توزيعالنطاقواجزاءالنطاقفينظام.UTM

هناك خط طول مركزي ( Central Meridian) لكل نطاق يقع بالضبط في منتصفه. وعلى سبيل المثال, في النطاق الاول (Zone 1) وهو ممتد بين خطي طول (180º-174º W) فان الخط الطول المركزي central meridian هو 177º W وهذا معناه ان لكل نطاق يوجد ثلاثة خطوط طول باتجاه الشرق عن خط الطول المركزي وثلاثة اخرى باتجاه الغرب عن خط الطول المركزي (الشكل 16).

القياس في نظام UTM هو قياس متري بدلا من الدرجات كما انه قياس مستوى. لذا لتحديد اي موقع نحتاج النطاق وفي اي نصف الكرة الارضية نحن ومن ثم القياس باتجاه الشرق اوالشمال او الجنوب. في كل نطاق يكون خط الطول المركزي center meridian هو بداية الشرق والذي يكون 500,000. اما باتجاه نصف

الكرة الشمالي فيكون خط البداية من خط الاستواء والذي يمثل القيمة صفر zero وتزداد كلما اتجهنا الى القطب الشمالي. بينما في نصف الكرة الجنوبي فيكون خط البداية ايضا من خط الاستواء ولكن القيمة هنا 1000,000 ثم يتناقص كلما اتجهنا الى الجنوب باتجاه القطب الجنوبي (الشكل 16).




الشكل6. تفاصيلعنكلنطاق.

# الفصل الثاني
# نظام تحديدالموقع العالمي
# Global Positioning System

# الفصل الثاني
# نظام تحديدالموقع العالمي
# Global Positioning System

## 1.7تمهيد preface

نظام ( NAVigation Satellite Timing And Ranging-Global Positioning System) او ما يطلق عليه اختصارا ب ( NAVSTAR GPS) وسمى فيما بعد ب GPS هو عبارة عن علاقة ثلاثية المحاور بين الارض ، والمدار، والقمر الصناعي وهذا يشكل نظام ملاحة متكامل. هذا النظام يُقدم خدمة للمستخدمين حول العالم على مدار 24 ساعة يوميا فضلا عن تحديده للمواقع بثلاثة ابعاد ( 3D) وحسب التوقيت العالمي لكل موقع. كانت هناك مرحلة تمهيدية قبل إنشاء النظام بشكل رسمي عام 1960م من قبل وزارة الدفاع للولايات المتحدة الامريكة ( Department of Defence (DoD)) وبالاخص القوة الجوية الامريكية للاستخدامات العسكرية في بادئ الامر. تم اطلاق اول قمر صناعي الى الفضاء خاص بتقنية ال GPS في عام 1978. مر هذا النظام بمراحل مختلفة من التطور منذ تاسيسه وحتى يومنا هذا، الا ان من اهم المراحل هي اتاحة استخدام هذا النظام من قبل العامة وللاغراض المدنية وذلك في 1996م. فكانت هذه نقلة كبيرة في عالم التكنولوجا وخاصة في الملاحة وتحديد الموقع ولجميع انحاء العالم. الا ان للمستخدمين من الولايات المتحدة الامريكية وحلفائها امكانية الوصول الى دقة عالية في استخدلم هذا النظام.

## 1.8مراحل تطور ال GPS

مر نظام تحديد الموقع GPS بعدة مراحل مهمة رسمت بموجبها معالم استخدام هذا النظام وتطوره حتى اصبح بصورته الحالية.

بدأت المرحلة الاولى في عام 1920م واستمرت الى عام 1960م. وتعد مرحلة تمهيدية غير رسمية سبقت تاسيس نظام GPS. ابرز معالم هذه المرحة هي استخدام وتطوير نظام الراديو الملاحي (Radionavigation Systems) حيث استخدمت وللمرة الاولى الاشارات الكهرومغناطيسية ( Electromagnetic Signals) والتي تنبعث من مشاعل ارضية ومنها يتم حساب سرعة انتقال الاشارة ومن ثم تحديد الموقع.

اما المرحلة الثانية والتي بدات في عام 1960م والتي تم بموجبها الاعتماد على مبدأ استقبال الاشارة الكهرومغناطيسية المنبعثة من القمر الصناعي من الفضاء واستقبالها. في عقد الستينات اصبحت القوة الجوية الامريكية والبحرية مهتمة باستخدام الاقمار الصناعية لغرض الملاحة وتحديد الموقع. ففي عام 1964م بدات مختبرات البحرية الامريكية برنامج اطلقت عليه اسم (TIMATION) والمتكون اساسا من كلمتان هما (TIMe navig ATION) والذي يعتبر اساسا لاستخدام نظام ال GPS

حتى يومنا هذا. القمر الصناعي الاول والذي اطلق عليه اسم TIMATION1 اطلق عام 1967م والذي يحتوي على نفس مكونات اقمار ال GPS في يومنا هذا. بالتوازي مع ذلك قامت القوة الجوية الامريكة بتطوير نظام اخر اطلقت عليه 612B، والذي بموجبه تم انشاء محطات ارضية لاستقبال وارسال الاشارات وتحديد الموقع لملاحة الطائرات.

## 1.9نظام تحديد الموقع الامريكي NAVSTAR GPS

في العام 1973م تم دمج مشروعي القوة البحرية الامريكية ( TIMATION) والقوة الجوية الامريكية ( 612B) معا في مشروع واحد تم تسميته ب NAVSTAR GPS وهو باشراف القوة الجوية الامريكية والذي يعد المرحلة الثالثة من تطور النظام. وبعد ذلك وتحت هذا المشروع تم اطلاق قمرين صناعيين. القمر الصناعي الاول اطلق في عام 1974 وهو Navigation Technology Satellites-1 والذي اطلق عليه اختصارا ب NTS-1. اما القمر الصناعي الثاني فاطلق في عام 1977 والذي سمي ب Navigation Technology Systems-2 واختصارا NTS-2. وكان الاخير مشابه الى حد كبير الاقمار الصناعية التي اطلقت لاحقا.

### 1.9.1 اقمار الجيل الاول Block I

وبعد عام واحد من اطلاق NTS-2 اي في عام 1978م بدات مرحلة اخرى من مراحل تطور انشاء نظام GPS حيث تم اختبار منضومة اقمار جديدة اطلق عليها اسم Block I. يعتبر القمر الصناعي Block I الجيل الاول للاقمار الصناعية ل NAVSTAR GPS، والذي أستخدم في مجال البحث والتطوير فقط انذاك. بين عامي 1978م و 1985م تم اطلاق 11 قمرا صناعيا، جميعها وضعت في مداراتها وعلى ارتفاع 20,200 km وبزاوية تقاطع مع خط الاستواء تبلغ 63º. العمر المتوقع لعمل تلك الاقمار كان 4.5 سنة، الا ان قسما منها بقي في الخدمة قرابة العشر سنوات بعد اطلاقه. حاليا جميعها خارج الخدمة بسبب انتهاء عمرها الافتراضي للعمل حيث خرج اخر قمر من Block I من الخدمة في 18\11\1995.

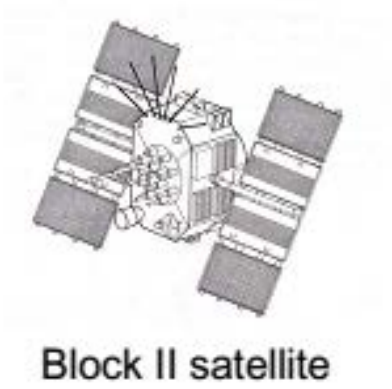
### 1.9.2 اقمار الجيل الثاني Block II/IIA

في عام 1989م تم اطلاق الجيل الثاني والذي يدعى ب Block II، يعتبر الجيل الثاني من شبكة الاقمار الصناعية الامريكية NAVSTAR GPS. وهي اولى الاقمار التي جهزت بتقنية ال selective availability (SA) وتقنية anti-spoofing (AS)واللتان جعلتا الاستخدام المدني لهذه التقنية ممكنة من خلال Standard Positioning Service (SPS). تم اطلاق 28 قمرا صناعية من هذا الجيل للفترة مابين 1989م و1997م. 9 منها كان من نوع Block II و 19 كان من نوع Block IIA.

كل الاقمار من هذا الجيل تم وضعها في مداراتها وعلى ارتفاع 20,200 km وبزاوية تقاطع مع خط الاستواء تبلغ 55º بدلا من 63º في اقمار Block I. يعتبر

Block IIA نوع مطور (Advanced) عن Block II ، حيث ان الطاقة الخزنية لجيل Block IIA اكبر بكثير مقارنة ب Block II حيث يمتلك قدرة خزن البيانات لمدة 180 يوما بالمقارنة مع Block II والذي يتمكن من خزن البيانات لمدة 14 يوما فقط كل ذلك بدون أي دعم من المحطات الارضية. العمر الافتراضي لهذا الجيل Block II/IIA مايقارب 7.5 سنة (الشكل 17).

اليوم لايوجد أي من اقمار Block II في الخدمة بينما يوجد فقط 11 قمرا من نوع Block IIA في الخدمة الي يومنا هذا. في 27 اذار 1995 اعلنت القوة الجوية الامريكية انها استكملت منضومة الاقمار الاصطناعية وعددها 24 قمر صناعي ( 21 تعمل و3 احتياط) وتم اختبار قابلياتها من قبل القوة الجوية المريكية.



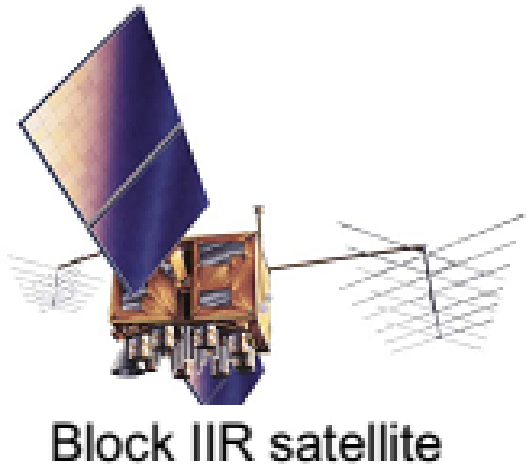

الشكل17. صورةللقمرالصناعيمننوع.Block II

### 1.9.3 اقمار الجيل الثالث Block IIR/IIR-M

تم اطلاق الجيل الثالث من اقمار Block وهي اقمار الجيل Block IIR و Block IIR-M تم اطلاق 21 قمرا منها للفترة مابين عام 1997م حتى اب ( August) 2009م. كلا النوعين تدعى ب Replenishing Satellites والتي تتميز بطول عمرها الافتراضي للبقاء في مدارتها حيث يبلغ 10 سنوات. يعتبر هذا الجيل هو خلفا لجيل Block II/IIA. تم اطلاق 13 قمرا صناعيا من نوع Block IIR حتى نهاية عام 2004. تعتبر الاقمار نوع Block IIR-M جزء من برنامج تحديث منظومة ال GPS (modernization program)، حيث ان لهذه المجموعة القابلية على نقل C/A code على شكل ترددات L1 و L2 فضلا على امكانية استحداث واضافة ترددات جديدة. ايضا تكون الامتدادات الخاصة بالاستخدامات العسكرية ( M-code) منفصلة تماما. حتى عام 2009م تم اطلاق 8 اقمار صناعية من نوع Block IIR-M (الشكل 18).

### 1.9.4 اقمار الجيل الرابع Block IIF

يعد هذا الجيل من الاقمار الاحدث حتى يومنا هذا, إذ تم اطلاق اول قمر صناعي من هذا الجيل في شهر ايار ( May) 2010م وهو القمر Block IIF-1. هذا الجيل من الاقمار يتبع الى نفس منضومة الاقمار الصناعية الامريكية من حيث الارتفاع وزاوية تقاطع مستوي المدار مع خط الاستواء. اطلق القمر الثاني والمعروف ب Block IIF-2 في شهر تموز ( July) 2011م. اما اخر الاقمار كان Block IIF-3 والذي تم اطلاقه في شهر تشرين الاول ( October) عام 2012م. جدول رقم 1 يمثل تفاصيل عن الاقمار الصناعية ومواعيد اطلاقها ومميزاتها.




الشكل18. صورةللقمرالصناعيمننوع.Block IIR

جدول1: تفاصيلعنالاقمارالصناعيةمنحيثالاطلاق،المدار،النوعوالساعة.

| Type - Launch Order and Date | SVN / PRN | Orbit | Clock | Type - Launch Order and Date | SVN / PRN | Orbit | Clock |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Block IIA** | | | | IIR-8 29-01-03 | 56/16 | B-1 | Rb |
| IIA-14 07-07-92 | 26/26 | F-2 | Rb | IIR-9 31-03-03 | 45/21 | D-3 | Rb |
| IIA-15 09-09-92 | 27/27 | A-4 | Cs | IIR-10 21-12-03 | 47/22 | E-2 | Rb |
| IIA-21 26-06-93 | 39/09 | A-1 | Rb | IIR-11 20-03-04 | 59/19 | C-3 | Rb |
| IIA-22 30-08-93 | 30/35 | B-5 | Rb | IIR-12 23-06-04 | 60/23 | F-4 | Rb |
| IIA-23 26-10-93 | 34/04 | D-4 | Rb | IIR-13 06-11-04 | 61/02 | D-1 | Rb |
| IIA-24 10-03-94 | 36/06 | C-1 | Rb | **Block IIR-M** | | | |
| IIA-25 28-03-96 | 33/03 | C-2 | Rb | IIR-M14 26-09-05 | 53/17 | C-4 | Rb |
| IIA-26 16-07-96 | 40/10 | E-3 | Cs | IIR-M15 25-09-06 | 52/31 | A-2 | Rb |
| IIA-27 12-09-96 | 30/30 | B-2 | Cs | IIR-M16 17-11-06 | 58/12 | B-5 | Rb |
| IIA-28 06-11-97 | 38/08 | A-3 | Cs | IIR-M17 17-10-07 | 55/15 | F2 | Rb |
| **Block IIR** | | | | IIR-M18 20-12-07 | 57/29 | C1 | Rb |
| IIR-2 23-07-97 | 43/13 | F-3 | Rb | IIR-M19 15-03-08 | 48/07 | A6 | Rb |
| IIR-3 07-10-99 | 46/11 | D-2 | Rb | IIR-M21 17-08-09 | 50/05 | E6 | Rb |
| IIR-4 11-05-00 | 51/20 | E-1 | Rb | **Block IIF** | | | |
| IIR-5 16-07-00 | 44/28 | B-3 | Rb | IIF-1 28-05-10 | 62/25 | B2 | Rb |
| IIR-6 10-11-00 | 41/14 | F-1 | Rb | IIF-2 16-07-11 | 63/01 | D2 | Rb |
| IIR-7 30-01-01 | 54/18 | E-4 | Rb | IIF-3 04-10-12 | 65/24 | A1 | Cs |

## 1.10 هيكلية توزيع اقمار NAVSTAR GPS

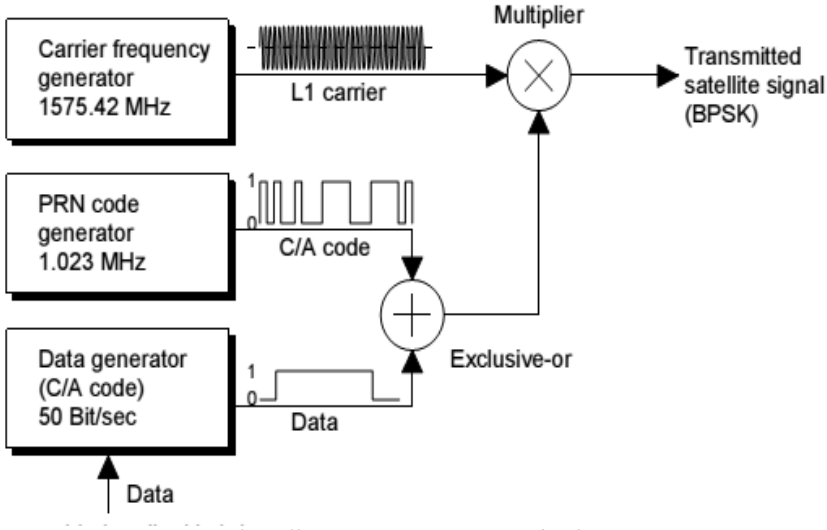
الاقمار الصناعية العاملة ضمن منظومة ال GPS الامريكية مرتبة في الفضاء بمدارات شبه دائرية ترتفع عن سطح الارض ب 20,200 km. تلك المدارات مصصمة لاحتواء 21 قمرا فعالا فضلا عن ثلاثة اقمار اخري كاحتياطي جاهز للعمل. وكلها موزعة على ستة مدارات شبه دائرية مُحددة الارتفاع. هذه المدارات تتقاطع مع خط الاستواء بزاوية قدرها $55^{o}$ درجة لكل مدار. اي ان المدار ليس عموديا شمال جنوب وانما بشكل مائل (الشكل 19). ان لعامل الارتفاع اهمية كبيرة فكلما كان القمر الصناعي بارتفاع عالي عن الارض كلما كانت المساحة التي يغطيها اكبر على الارض والعكس صحيح فضلا عن ان الارتفاع الكبير للقمر الصناعي عن الارض يساهم في تقليل تاثره بالجاذبية الارضية والتي من شانها قد يكون لها تاثير على عمل ودقة القمر الصناعي فضلا عن ثباته في مداره وعدم تاثره.

الشكل19. توزيعالاقمارالصناعيةفيمداراتهاحولالارض.

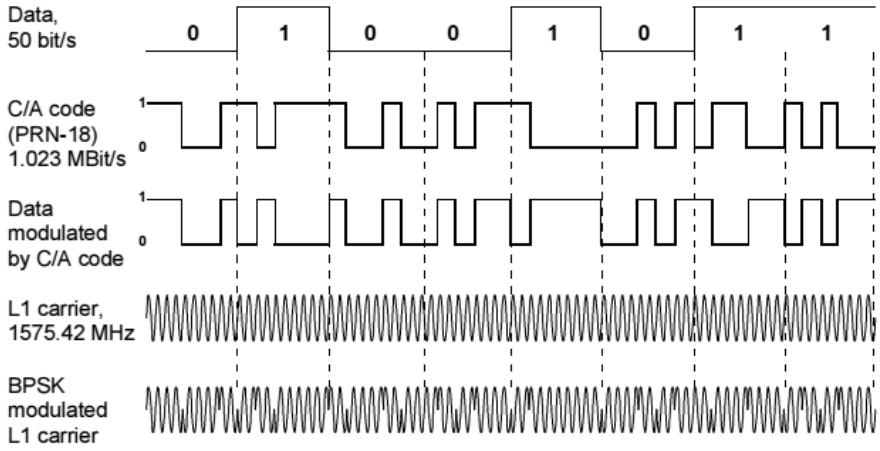
## 1.11 مكونات القمر الصناعية

يتكون القمر الصناعي من اربع ساعات ذرية عالية الدقة (الشكل 20). الترددات المرسلة بشكل يومي من القمر الصناعي مشتقة من تردد احدى الساعات الذرية الاربع. وكما يلي (الشكل 21):

1. التردد 50 Hz.
2. التردد C/A code ، PRN-Code، 1023 MHz.
3. التردد للاغراض المدنية (1575.42 MHz) L1 carrier.




الشكل20. رسمتخطيطيمبسطللقمرالصناعي.




الشكل21. تركيبالاشاراتالمرسلةمنالقمرالصناعي.

## 1.12 الوظائف الاساسية للاقمار الصناعية Basic Satellite Functions

هنالك عدة وظائف لاستخدامات الاقمار الصناعية وهي:

- اعطاء الوقت الدقيق من خلال الساعات الذرية التي تحتويها.
- استقبال وخزن البيانات ثم ارسالها الى نقاط التحكم الارضية.
- نقل المعلومات والاشارات الى المستخدمسن من خلال الترددات المكونة مثل L1 و L2.

## 1.13 الاستخدامات العسكرية والمدنية للGPS Civil and Military

في بداية انشائه كان نظاماً عاماً محصوراً بالإستخدامات العسكرية وقد قدم هذا النظام خدمة كبيرة في مجال تطور الجيش الامريكي. وكان لقرار اعطاء فرصة لعامة الناس لاستخدام هذه التقنية في العام 1996م الدور الكبير في تطور مجالات واسعة من مجالات الحياة اليومية للافراد والمجتمعات ومنها استخدام هذه التقنية في الملاحة الجوية والارضية للطائرات والسيارات والبواخر والسفن....الخ. الان هذه التقانة تستخدم وبشكل يومي وعلى مدار الساعة للاغراض المدنية والعسكرية معا. وتحولت الدقة في استخدام ال GPS من مئات الامتار الى بضع مليمترات. وهذا يعتمد على نوع الاشارة المستخدمة والقادمة من الاقمار الصناعية مع نوع الاجهزة المستقبلة.
فللاستخدامات العسكرية تم استخدام دقة عالية في القياس تصل الى ملليمترات عدة وسميت هذه الخدمة بالخدمة عالية الدقة Precise Positioning Service (PPS). بينما اطلقت تسمية الخدمة التي يستخدمها عامة الناس بالخدمة محدودة الدقة Standard Positioning Service (SPS). (التفاصيل الفصل السادس)

## 1.14 الاشارات والمقاييس في نظام تحديد الموقع GPS Signals and Measurements

### 1.14.1تركيب الاشارة في نظام تحديد الموقع GPS Signal Structure

في نظام ال GPS كل قمر صناعي سواء كان من فئة Block II, IIA او من فئة Block IIR يبث نوعين من الاشارات الموجية wave signal والذي يعرف ب Carrier phase وهي L-band range والمعروفة ب L1 والتي يكون طولها الموجي 1,575.42 MHz و L2 والتي يكون طولها الموجي هو 1,227.60 MHz (الجدول 2، الشكل 22).

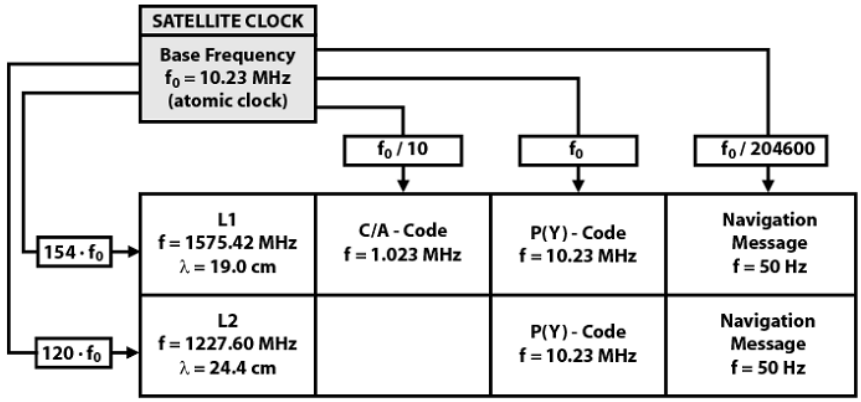
جدول2: انواعالاشاراتمعترددااتهاوالطولالموجي.

| Carrier | Frequency (f) | Wavelength (λ) |
|---|---|---|
| L1 | 1575.42 MHz | 19 cm |
| L2 | 1227.60 MHz | 24 cm |

هناك نواعان من انواع التشويه في الاشارة Pseudo-random noise (PRN)والتي تعرف ب Code phase وهي (Coarse Acquisition, C/A and

((Precise, P(Y والاخرى هي Navigation message. واللتان تُنظمان وتنتظمان في Carrier phase. من خلال PRN يمكن لاجهزة الاستقبال تحديد نوع القمر الصناعي لان لكل قمر صناعي PRN خاص به. الغرض الاساسي لإضافة PRN هو لمعرفة المدى بين القمر الصناعي والمستقبلات الارضية Antenna. وهذا يسمح بان عدد غير محدود من الاقمار الصناعية يستطيع تحديد موقع GPS.

C/A او P(Y) تعتبر من المقاييس الشائعة والبسيطة والتي يتم بموجبها قياس المسافة بين القمر الصناعي واجهزة ال GPS الارضية وهذه المسافة تدعى Pseudorange. كلا النوعين Carrier phase و Code phase تعرف عادة بمصطلح Doppler count والذي يتم قياسه من خلال علاقة للسرعة بين القمر الصناعي واجهزة الاستقبال الارضية.




**الشكل 7. تركيب الاشارة القادمة من القمر الصناعي من نوع Block II or IIR.**

### 1.14.1.1 Carrier Signals (Carrier Waves)

التردد carrier waves مُشتق من التردد الاساسي ( base frequency f0 = 10.23MHz) والمتولدة من الساعة الذرية Atomic clock على متن القمر الصناعي. الترددات L1 وL2 مشتقة من التردد الاساسي f0 بتطبيق العوامل 154 و 120 على التوالي.

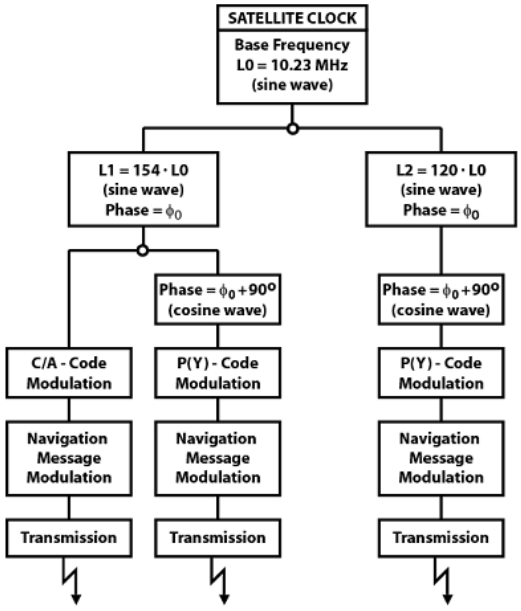
الاقمار الصناعية المجهزة لارسال ترددات من نوع L3 باشارة مقدارها 1,381.05 MHz والتي تستخدم للكشف عن الانفجارات النووية فقط. اما الموجات L5 ذات التردد 1,176.45MHz سوف تكون متاحة في المستقبل.

### 1.14.1.2 تنظيم الموجات الحاملة Modulation of the Carrier Waves

حاليا الموجتان L1 و L2 عُدلت باستخدام ثلاث تنظيمات ثنائية binary modulation وهي C/A code و P code و navigation message. C/A code فقط

منظم على الموجات L1، بينما P code منظمة على االموجات L1 و L2 وكلاهما يوجد فيهما زحف shifted بمقدار 90 درجة (الشكل 23). وهذا معناه ان كل قمر صناعي عمليا يبث ثلاث انواع من الاشارات (الشكل 24). بينما المستخدم للاغراض المدنية فقط يستخدم يستخدم فقط C/A code على الموجة L1.

الشكل8. مكوناتكلنوعمنانواعاشاراتالقمرالصناعي.




الشكل24. موديليوضحمعلوماتكاملةعنتركيباشارة.Carrire

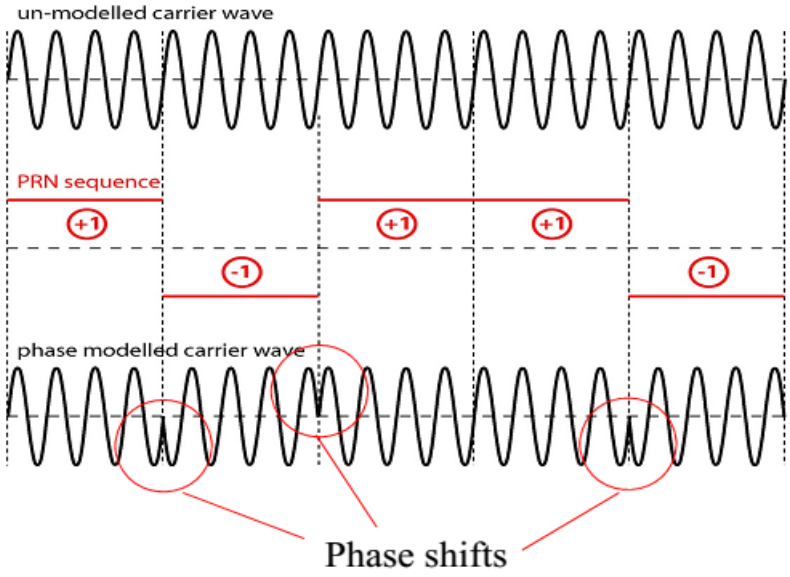
هناك نوعان من PRN code هما الاشارتان C/A and P(Y) code تستخدمان لاغراض تنظيم الموجات الحاملة Carrier waves. اما navigation message فانها تستخدم لتنظيم لل carrier waves (C/A, P code).

PRN code فضلاً عن navigation message هناك قيم رقمية binary values (o and 1) يقابل عوامل الضرب ( 1- and 1+) وتطبق على carrier wave (الشكل 25). تلك عوامل الضرب تقابل نطاق الزحف phase shift في الاشارة الاصلية ب 180 درجة (). ان قيمة 0 في binary number يقابلها 1+ وفيها لايوجد زحف في تلك المنطقة، بينما رقم 1 في binary number يقابلها في 1- والذي يتضمن زحف 180 درجة. فيما يخص الاشارات C/A code و P code لا تحملان أي معلومات ولكن هو عبارة عن code sequence فقط للاستخدام. اما ما يخص navigation message فانها تحمل معلومات رقمية binary information.

### 1.14.1.3 رسائل الملاحة The Navigation Message

لمعرف وضع اي قمر صناعي يتوجب معرفة معلومات المدار الذي يتبع ذلك القمر. وهكذا لمعرفة موقع القمر الصناعي يعني ايضا معرفة الوقت لذلك الموقع. ان the navigation message تحتوى على معلومات خاصة بمدارات الاقمار الصناعية تشترك بما يعرف ب broadcast ephemerides. الذي يمكن ان يعتبر معلومة اساسية للموقع المستقل ذاتيا في وقت محدد. وتلك تحدد مرورا بمحطات السيطرة الارضية control segment وتبث الى كل الاقمار الصناعية.

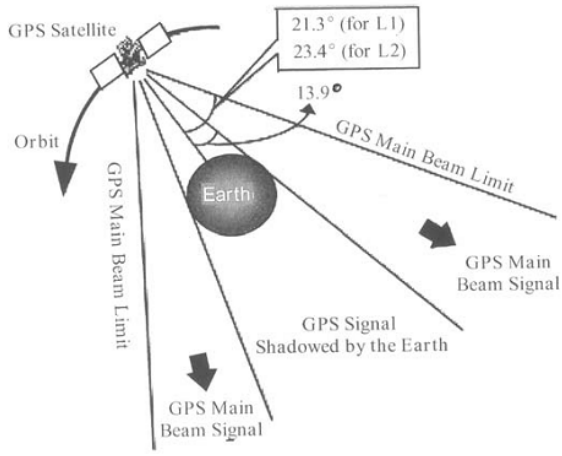
كل قمر صناعي يرسل ال navigation message التي تنظم على L1 و L2. Navigation message والتي هي جزء من المدار للقمر الصناعي تحتوي على معلومات اخرى مثل / clock corrections, ionospheric model data and system satellite status information. ايضا navigation message تنظم على L1 و L2 مع generation rate of 50 Hz. جزء من navigation message تتطلب للوضع الفوري ما حجمه 1500 bits والذي يستغرق 30 ثانية للارسال. اما لتكملة navigation message الكاملة تحتوي على 37,500 bits وتستغرق 12.5 دقيقة للارسال (الشكل 28).




الشكل9. تركيبالاشارةالمرسلةمنالقمرالصناعي.

### 1.14.1.4 تغطية الاشارة Signal coverage

الاشارة في نظام GPS ترسل من قبل القمر الصناعي الى الارض على شكل شعاع مع مدى واسع (فتحة زاوية كبيرة) تبلغ حوالي 42.6º للاشارة نوع L1 و مايقارب 46.8º للاشارة نوع L2 (لاحظ الشكل 29). الشعاع المرسل يغطى اكثر من المساحة المطلوبة على سطح الارض ليتعداها الى الافق وهذا مما يسمح لتتبع الاشارة والاستفادة منها حتى في التطبيقات في الجو والفضاء. ولكن وجود كتلة الارض كجسم سوف تحجب الاشعة خلفها ويتكون ما يعرف بالظل shadow والذي يكون خارج تغطية اشارة القمر الصناعي (الشكل 26).




الشكل10. تقسيمالاشارةالمرسلةمنالقمرالصناعي.

### 1.14.2 المقاييس في نظام تحديد الموقع GPS Measurements

#### 1.14.2.1 مقياس Code Phase

في المفهوم الاساسي لنظام NAVSTAR GPS فان Code Phase فقط هو المقياس الذي ينجز بواسطته كل عمل واساسيات ومواصفات النظام.

#### 1.14.2.2 مقياس Carrier Phas

هذا النوع عادة يستخدم بشكل عام في التطبيقات التي تتطلب دقة عالية للقياسات حيث تصل الى حد اجزاء من السانتميتر الواحد أي بضع ملليمترات. وهذا يتطلب نوع خاص يسمى relative GPS techniques مع وجود اكثر من اثنان من الاقمار الصناعية متواجدة بشكل اني فضلا عن ان البيانات تخزن ب post-processing او ترسل في الوقت ذاته. وللمقارنة بينه وبين code لاحظ الجدول 3.

جدول3: المحاسن advantagesوالمساوئdisadvantages لاشاراتالقمرالصناعي.

| | Code | Carrier |
|---|---|---|
| **Advantages** | non-ambiguous<br>simple | high accuracy potential |
| **Disadvantages** | low accuracy | more complex |

### 1.14.3 الحد من دقة النظام International Limitation Of The System Accuracy

ان نظام تحديد الموقع هو نظام ملاحي عسكري في اصل انشاءه، وكما مر ذكره سابقا فانه انشى من قبل وزارة الدفاع الامريكية ومن ثم تم اتاحة استعماله للاغراض المدنية ولكن بحدود دقة حددت من قبل وزارة الدفاع الامريكية. وقد حددت طريقتين للحد من هذه الدقة، الاولى هي مايعرف بضد التشويش Anti-Spoofingوالتي يطلق عليها اختصارا ب(AS). اما الطريقة الثانية فيطلق عليها بقابلية الانتخاب Selective Availability والتي يطلق عليها اختصارا ب(SA).

#### 1.14.3.1 ضد التشويش Anti-Spoofing (AS)

بدا العمل بهذه الطريقة في 1 كانون الثاني 1994. تتضمن هذه الطريقة تشويش مقصود للشيفرة الدقيقة P-Code ، حيث تسمى عندها الشفرة المحمية ب Y-Code. وللاستعمالات الخاصة والمرخصة فقد يزود المستخدمون بوسيلة الدخول الى الشفرة الدقيقة.

#### 1.14.3.2 قابلية الانتخاب Selective Availability(SA)

تم تشغيل SA لاول مرة في 23 اذار 1990 ولكن توقفت هذه الخدمة في 2 اب 1990 بسبب ازمة الخليج الثانية. دخلت الطريقة الخدمة مرة اخرى اعتبارا من تشرين الثاني 1991.

لحماية الشفرة الدقيقة هناك طريقتين:

1. تغيير معطيات التقويمات.
2. العمل على عدم توازن التوقيت في ساعة القمر الصناعي.

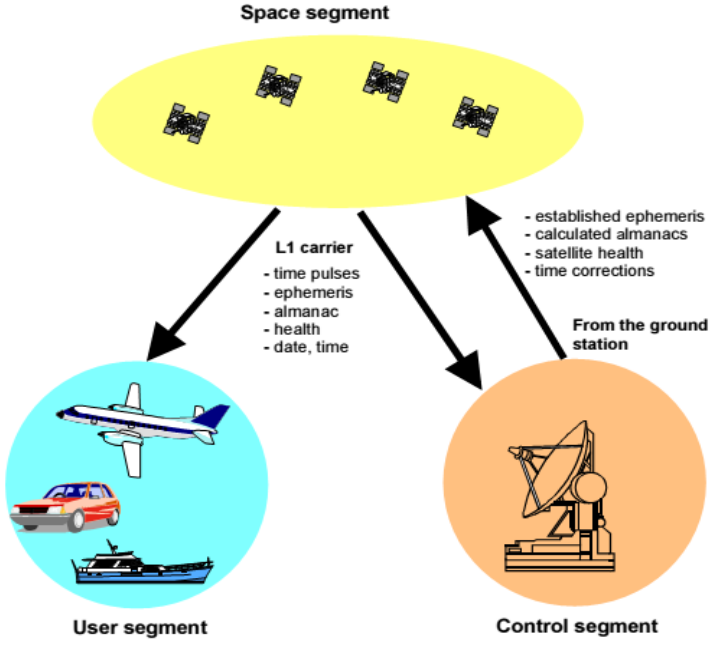
كلا الطريقتين تنتجان اخطاء في الاطوال المقاسة للاشارة القادمة من القمر الصناعي.

# الفصل الثالث
# كيفيةعمل نظام
# GPS

# الفصلالثالث
# كيفيةعمل نظامGPS

## 1.15 تمهيد preface

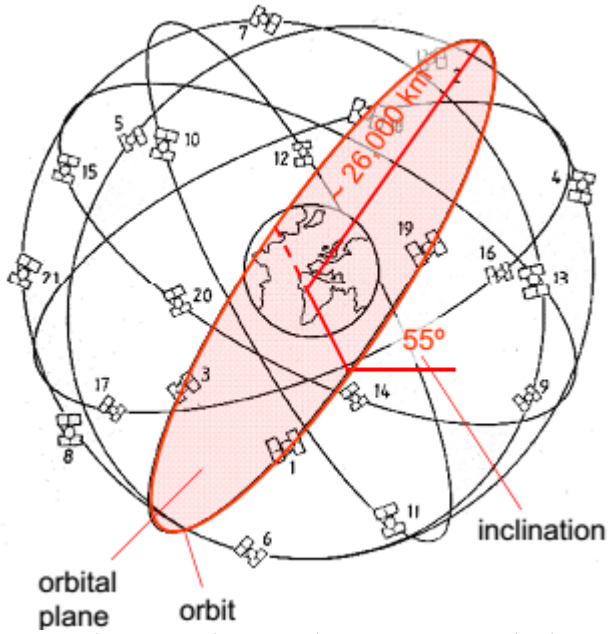
نظام ال GPS مكون من ثلاثة اجزاء رئيسية تعمل مجتمعة معا كي يكتمل النظام ويؤدي دوره بشكل كامل ودقيق. تتالف هذه الأجزاء أو العناصر من عنصر الفضاء وهي الاقمار الصناعية (Space segment) والتي تكون موزعة على مدارات في الفضاء الخارجي وتغطي بشكل شبه كامل معظم اجزاء الكرة الارضية. ومن محطات السيطرة الأرضية (Control segment) وهي محطات سيطرة أرضية تتوزع على أنحاء الكرة الأرضية تعمل على إستقبال وتحليل وارسال البيانات من وإلى الاقمار الصناعية والمستخدم. اما الجزء الاخير من النظام هو عنصر المُستخدم (User segment) والذي يتكون من أجهزة الإستقبال اليدوية والثابتة المُستخدمة من قبل المستخدمين (استخدام مدني وعسكري)، كل تلك العناصر تعمل بشكل متكامل مع بعضها كي يعمل النظام (الشكل 27).



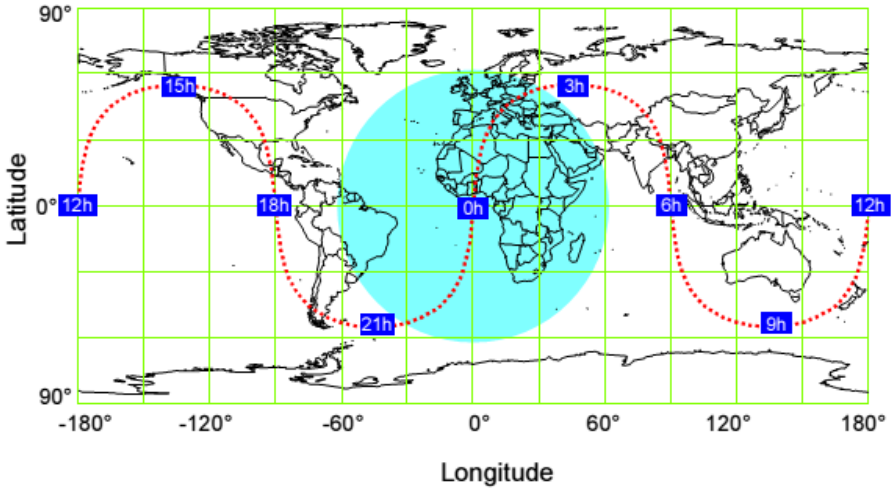

الشكل27. كيفيةعملنظامتحديدالموقعبشكلكاملمعاجزاءه.

### 1.15.1 عنصر الفضاء Space Segment

يتكون الجزء الفضائي الخاص بنظام ال GPS من 24 قمراً صناعياً موزعةً على 6 مدارات، 21 قمرا يعمل بصورة فعالة و 3 منها وضعت بشكل احتياط. حاليا يوجد 32 قمرا صناعيا في مداراتها. كل المستويات المدارية تتقاطع مع خط الاستواء بزاوية 55º درجة. ويحمل كل مدار أربعة اقمار صناعية. هذه المدارات هي شبه دائرية حول الارض وارتفاعها عن سطح الارض يبلغ 20,200 km في اقصر نصف قطر للمدار ومايقارب 26,609 km في نصف قطر المدار الاكبر (الشكل 28). جميع تلك الاقمار تستغرق في دورانها حول الارض (11 ساعة و 58 دقيقة )أي ما يقارب 12 ساعة. وبسبب دوران الأرض فان القمر الصناعي سوف يكون في نفس المكان على سطح الكرة الارضية بعد تقريبا 24 ساعة (23 ساعة و 56 دقيقة)( الشكل 29).

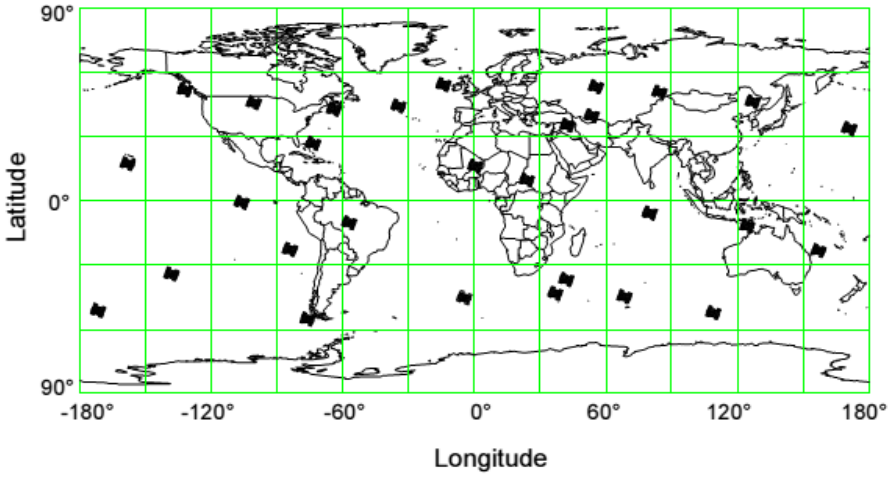



الشكل11. توزيعالاقمارالصناعيةعلىمداراتهافيالفضاء.




الشكل12. رحلةاحدالاقمارالصناعيةاليوميةضمنمداره.

بالإمكان إستقبال إشارة القمر الصناعي في أي مكان يكون ظاهرا فيه ومتاح (الشكل 30). توزيع جميع الاقمار الصناعية ال 24 بحيث يمكن مشاهدتها في الخارطة التالية (الشكل 30). بفضل هذا التوزيع الجيد والإرتفاع المناسب عن سطح الأرض بالامكان مشاهدة اربع اقمار صناعية اينما تكون على سطح الأرض وفي وقت واحد، وهذا يجعل عملية تحديد الموقع أسهل وأدق فضلا عن استمرارية مشاهدة القمر الصناعي في منطقة ما ولمدة 6-7 ساعات.

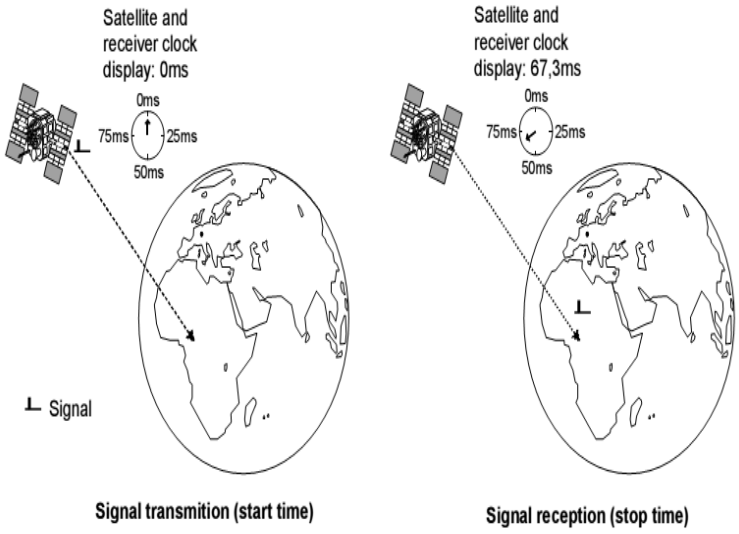



الشكل13. توزيعالاقمارالصناعيةفيالفضاءعلىخارطةمستوية.

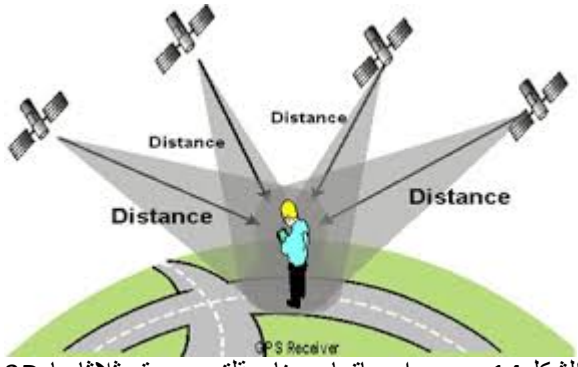
ويحمل كل قمر صناعي من تلك الاقمار على متنه اربع ساعات ذرية atomic clocks. التي هي من اكثر االساعات المعروفة بالدقة، اذ أن هناك احتمالية الخطا فيها ضعيفة جدا، فعلى سبيل المثال فانها تخطى بمقدار ثانية واحدة كل 30,000 الى 1000,000 سنة. ولكي تكون اكثر دقة من ذلك فانها تُعدل بانتظام من قبل محطات السيطرة الأرضية. كل قمر صناعي يُرسل موقعه المضبوط وبدقة الى محطات السيطرة الأرضية بواسطة ترددات الاشارة 1575.42 MHz. تلك الاشارة ترسل من القمر الصناعي بسرعة الضوء (300,000 km/s) الى سطح الارض ، حيث تستغرق مايقارب 67.3milliseconds للوصول الى موقع محدد على سطح الارض يقع مباشرة تحت القمر الصناعية. اذا ما أُريد حساب موقع معين على سطح الأرض أو في الجو أو على سطح الماء فان ذلك يتطلب وجود ساعة دقيقة في جهاز GPS في الموقع المحدد، فبمقارنة وقت انطلاق الاشارة من القمر الصناعي الى وقت وصولها الى جهاز GPS في الموقع المراد قياسه بعد ضرب الوقت المستغرق بسرعة الضوء فان الناتج يكون المسافة بين القمر والموقع المراد قياسه وبالتالي يتم تحديده بدقة (الشكل 31).

المسافة = وقت وصول الاشارة * سرعة الضوء

يبقى وجود قمر صناعي واحد غير كاف لحساب المسافة بدقة وانما يتطلب ذلك وجود قياسات اربع اقمار صناعية وخاصة لحساب موقع ثلاثي الابعاد. فبحساب وقت وصول الأشارة من قبل أربع اقمار صناعية ومقارنتها سوف نحصل على دقة جيدة (الشكل 32).




الشكل31. وقتانطلاقالاشارةمنالقمرعلىاليسار،ووقتوصولهاعلىاليمين.




الشكل14. وجودار بعاقمارصناعيةلتحديدموقعبثلاثابعادD3.

### 1.15.2 العنصر الأرضي أو عنصر السيطرة Control segment

محطات السيطرة الأرضية أو ما يعرف ب ( Operational Control System (OCS)) تتكون من محطة رئيسية ( Master Control Station)، وهي موجودة في الولايات المتحدة الامريكة وبالتحديد في ولاية Colorado. وهناك ايضا 5 محطات مراقبة أرضية (Monitor Stations) موزعة في أنحاء مختلفة من العالم وبالقرب من خط الاستواء وكما يلي (الشكل 33):

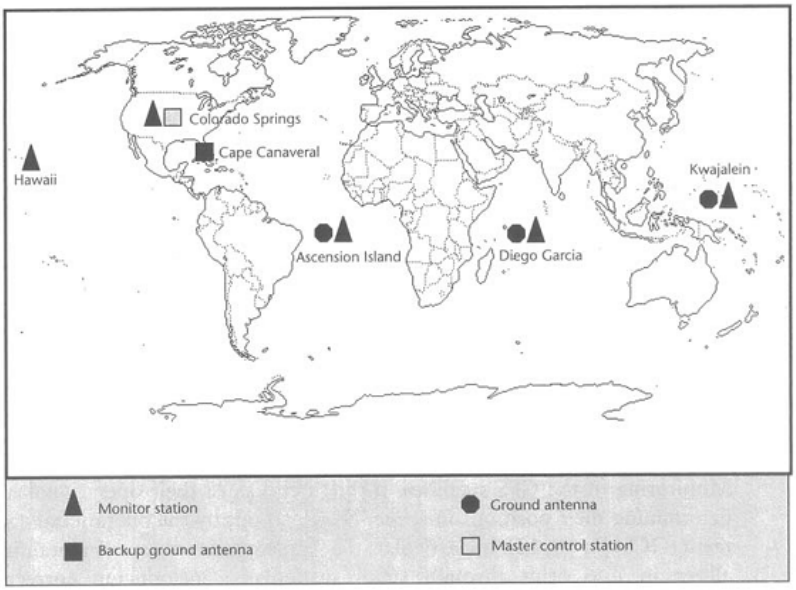
1. British Colony تقع في جنوب المحيط الاطلسي في جزيرة Ascension Island.

2. Hawaii في جزر هاواي.
3. Kwajalein Atoll في جمهورية جزر المارشال.
4. Colorado Springs في ولاية كولورادو الامريكية.
5. Diego Garciaفي القاعدة الامريكية في المحيط الهندي.

تمر الأقمار الصناعية مرتين في اليوم فوق تلك المحطات وتنقل القياسات والبيانات والتوقيتات عن الاقمار الصناعية الى القاعدة الرئيسية في كولورادو. ثم يتم تدقيق البيانات الخاصة بمدارات الاقمار الصناعية وتوقيتاتها من قبل المحطة الرئيسة.

فضلا عن 3 محطات سيطرة ارضية (Ground Control Stations) والتي تبث المعلومات الى الاقمار الصناعية. ان اهمية المحطات الارضية تكمن في:

- ملاحظة حركة الاقمار الصناعية وحساب بيانات المدارات.
- تدقيق ومراقبة ساعات الاقمار الصناعية وتوقيتاتها والتنبؤ بسلوكياتها وحركاتها.
- معرفة الأوقات التي تمر بها الاقمار الصناعية بالتزامن مع بعضها البعض.
- استلام ونقل البيانات المستلمة من الاقمار الصناعية في مجال الاتصالات.
- نقل البيانات المدارية لكل الاقمار الصناعية وتقيمها.
- نقل معلومات اخرى، مثلا حالة القمر الصناعي والأخطاء في الساعات الموجودة عليه...الخ
- الاشراف على نوعية الأشارات القادمة من الاقمار الصناعية ومعالجة التشويهات الحاصلة عليها.
- خفض الدقة الأرضية وخاصة في حالات الاستخدامات المدنية لبيانات الاقمار الصناعية.




الشكل15. توزيعالمحطاتالمركزيةالارضيةوبكلانواعها.

### 1.15.3 عنصر المستخدمين User Segment

استخدام نظام GPS من قبل المستخدمين سواء مدنيين كانو أم عسكريين يتم من خلال إستخدام أجهزة معينة مختلفة الدقة والحجم والكلفة وحسب الغرض. وترسل الاشارة من قبل القمر الصناعي وتستقبل من قبل جهاز المستخدم. حيث يستغرق وصول الاشارة من القمر الصناعي الى المستخدم مايقارب 67 مليثانية (milliseconds) وهذا يعتمد عى المسافة بين المستخدم و القمر الصناعي عنه. اربع اشارات مختلفة سوف تصل الى المستخدمة من اربع اقمار صناعية مختلفة الموقع وتبعد بمسافات مختلفة عن موقع المستخدم. جهاز GPS سوف يحسب المسافات بينه وبين تلك الاقمار الصناعية وبالتالي سوف يتحدد موقعى على الارض بناءا على حسابات رياضية خاصة يكون الوقت عاملا اساسيا فيها. بحساب الموقع سوف يكون الاحداثيات الموقع متاحة في الجهاز وخاصة خط الطول ودائرة العرض والارتفاع فضلاً عن الوقت (الشكل 34).

الشكل16. الاليةالمثاليةلاخذنقطةباستخدامGPSاليدوي.

## 1.16 اجهزة ال GPS

تكون أجهزة المستخدمين على أشكال وأحجام ودقة مختلفة وحسب الغرض من استخدامها. فهناك اجهزة شخصية الأستخدام، وهناك اجهزة ملاحية بحرية، وبرية، وجوية فضلاً عن أجهزة خاصة بعمل المسوحات الأرضية. كل الأنواع سابقة الذكر تعمل وفق طرق مختلفة وبدقة ايضا مختلفة وحسب الغرض من استخدامها فضلا عن الكلف المختلفة والخاصة لكل نوع منها (الشكل 35، 36، 37) سوف يتم التطرق الى شيئ من التفصيل في الفصول اللاحقة.

الشكل35. مجموعةمنالامثلةلانواعمناجهزةGPSاليدويةالبسيطة.

الشكل36. مجموعةمناجهزةGPSاليدويةذاتطاقةخزنيةللبياناتكبيرة.

الشكل37. جهازتحديدالموقعمننوعRelative.

# الفصل الرابع
# الدقة والاخطاء
# Accuracy, Precision And Errors

# الفصل الرابع
# الدقة والاخطاء
# Accuracy, Precision And Errors

## 1.17 تمهيد preface

هذا الفصل يُعنى بشكل اساسي بقياس الدقة Accuracy والاخطاء Errors في أجهزة تحديد الموقع GPS والتي تعتبر مهمة لفهم مدى اهمية وقيمة البيانات التي نحصل عليها باستخدام هذا النظام. اجهزة ال GPS مصنعة لتعطي قيم مختلفة من الدقة وحسب الغرض الذي صُنع من أجله الجهاز وحسب ايضا الكلفة المادية له.
يُستخدم مصطلحي Accuracy، Precision كمرادفان لبعضهما في وصف الدقة إلا أن هناك فرقاً متميزاً بينهما. إن فهم اي نوع من انواع ال GPS يبقى منقوصا إلا أذا ذَكر قيمة الدقة accuracy و قيمة مستوى الثقة confidence level.

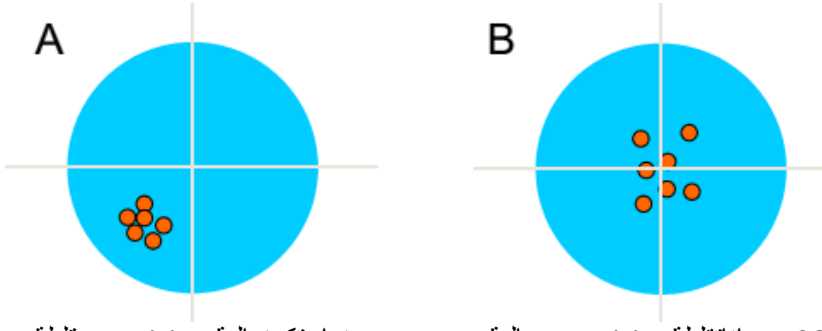
## 1.18 الدقة Accuracy (uncertainty)

يعني مصطلح الدقة درجة القرب في القياسات بين قياس الاجهزة GPS والقياس الحقيقي للبيانات. ايضا تعني حساب الأخطاء التي تحصل في حالة قياس نقاط GPS محددة. وأن قيمة الدقة تحدد بما يعرف اصطلاحا ب Root-Mean-Square (RMS).
إذا كان القيمة لل RMS واطئة فهذا يشير الى ان العينات ذات دقة عالية، بينما قيمة RMS العالية تشير الى ان العينات تمتلك قيمة دقة واطئة. لايجاد ال Accuracy يجب توفر معلومات اضافية حول القيمة الحقيقية للموقع مثل الاحداثيات التي يجب ان تكون معروفة لكي يتم المقارنة معها. فمثلا تكون Accuracy عالية في حالة وجود معظم القياسات للموقع على او بالقرب من الاحداثي الحقيقي للموقع والعكس صحيح (الشكل 38، 39، 40).

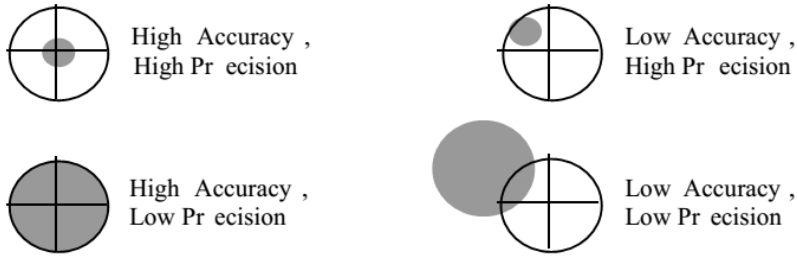
## 1.19 الدقة Precision (Dispersion/Repeatability)

يعني مصطلح precision يعني وصف للفرق او التكرار في حالة عمل قياسات متعددة على نفس الموقع. إذ يتم تجميع القياسات التي تمتلك دقة عالية high precision وعلى نحو واسع او مايعرف ب dispersed له دقة واطئة. يتم وصف الدقة Precision بواسطة مقياس الانحراف المعياري standard deviation (STD) والذي يحصي قيم المتوسط mean. القيمة الواطئة للانحراف المعياري STD تشير الى الدقة العالية Precise بينما القيمة العالية للانحراف المعياري تشير بان القياسات ذات دقة واطئة imprecise (الشكل 38،39، 40).
مع استخدام نظام تحديد الموقع GPS يكون تعريف Precision اكثر سهولة من تعريف Accuracy ففي حالة قياس Precision يتطلب فقط تكرار القياس لنفس الموقع

repeatability أي تكرار قياس نفس الموقع وبنفس الجهازلعدة مرات وملاحظة فروق القياسات. فمثلا ليكون Precision عالي يجب ان تتجمع معظم القياسات المتكرر في مكان ما في الموقع المراد قياسة اما في حالة اذا كانت مواقع القياسا وقيمها متفرقة فانها تكون ذات Precision واطى. فمثلا في الشكل 38 ;A\ تكون البيانات المقاسة تمتلك قيم متقاربة اي Precise عالي ولكن دقتها Accuracy تكون قليلة لانها بعيدة عن الموقع الحقيقي للقيم والذي يمثله تقاطع المحاور. بينما في 38\;B تكون الدقة عالية Accuracy بسبب تمركز القيم قرب تقاطع المحاور ولكن Precise منخفضة بسبب كون القيم غير متجمعة. (الشكل 38، 39، 40).

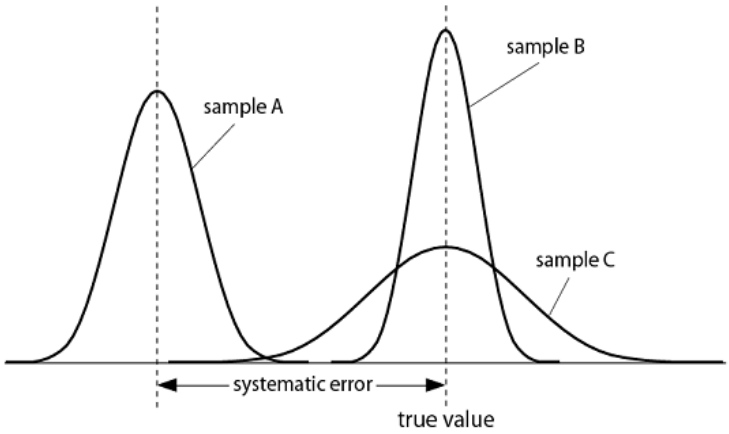



الشكل38. Aبياناتقليلةprecisionوعاليةaccuracy،بينماBتكونعاليةprecisionوقليلةaccuracy.




الشكل17. الفرقبين accuracyوprecision.

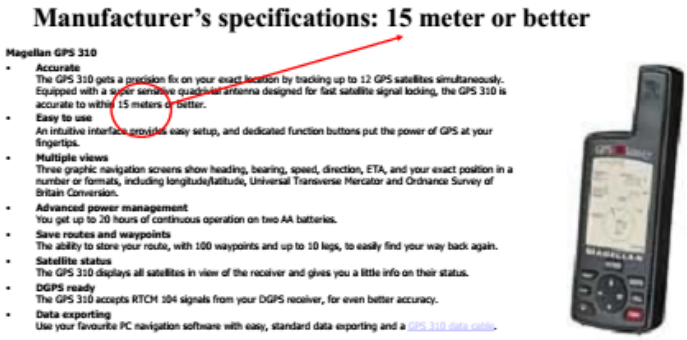
واللحصول على دقة Accuracy عالية و Precision عالٍ يجب ان تتموضع كل قيم القياسات فوق الاحداثي الحقيقي الخاص بالموقع مع تجمع القياسات مع بعضها في نفس الموقع والعكس صحيح (الشكل 40). و لتوضيح الفرق بين accuracy و precision وبشكل مخطط فان A وB في الشكل التالي هو اكثر precision من C. بينما C هو كثيرا اوسع من A,B. اما B, C اكثر accuracy من A الذي يحتوى على خطا لوجود زحف (الشكل 40).



الشكل18. مخططيوضحالفرقبين accuracyوprecision .

## 1.20 مستوى الثقة Confifence Level

بفضل وجود أخطاء في القياسات أثناء العمل فمن الصعب التوصل الى دقة عالية تصل الى 100%، لذلك وجد ما يعرف ب مستوى الثقة Confidence Level. فمن غير المتوقع أن أجهزة القياس تصل الى دقة 100% بسبب عوامل عدة منها تتعلق بالاجهزة نفسها واخرى تتعلق بالمستخدمين لتلك الاجهزة واخرى بيئية. لذلك قيل أن مصطلح الدقة المطلقة absolute accuracy هو myth اي ضرب من الخيال أو اسطورة. فالدقة ممكن أن تتواجد بمستوى ثقة بمقدار 99.9%, 99%, 95%, 68%, 50%. لذلك في حال اعطاء أي دقة يتوجب ان تذكر مستوى الثقة معها. في اجهزة قياس تحديد الموقع GPS إذا كانت الدقة تصل الى 1+،1- متر فان مستوى الثقة هو 95%. وهذا معناه ان 95% من مجموع االقياسات لديها اخطاء تصل الى 1- to1+ متر. لكل مما سبق فعند شراء اي جهاز GPS يجب ان يذكر الدقة accuracy مع مستوى الثقة confidence level لكي يكون معلوم لدينا على اية مستوى ثقة و دقة يتم جمع بياناتنا (الشكل 41).




الشكل19. المعلوماتالتييجبانتكونمرفقةمعجهازGPS.

## 1.21 اخطاء القياسات في GPS

يحدث نوعان من أنواع الأخطاء في القياسات في منظومة تحديد الموقع GPS، والتي هي اخطاء متعلقة بالعمليات الأرضية وطرق القياس الأرضي والمتعلقة بعدم الدقة باستخدام الاجهزة والمعدات لجمع البيانات والتي تسمى Errors/Uncertainties والتي تعرف بانها الأختلاف في قياس القيم لموضع معين باستخدام أجهزة معينة والقيمة الحقيقية لذلك الموضع. وهي على ثلاث انواع:

- Gross Errors or Blunders
- Systematic Errors
- Random errors.

اما النوع الثاني من انواع الاخطاء فهي مايطلق عليها GPS Error Sources وهي أخطاء من مصادر الأشارة أو المقاييس وهي ايضا عدة انواع:

- Satellite borne errors
- Propagation errors of the satellite signal
- Receiver/antenna borne errors

أدناه شرح لكلا النوعين من الاخطاء:

### 1.21.1 الاخطاء او عدم الدقة Errors/Uncertainties

#### 1.21.1.1 Gross Errors or Blunders

يشير هذا النوع من الاخطاء الى خطأ ما أُرتكب، مثلا قياس لقراءة خاطئة عند جمع البيانات. وتكون عادة بمقدار كبير لهذا السبب يصبح من الضروري والسهل إصلاحه باعادة القياس مرة أخرى. يعد Gross errors من الانواع غير المهمة بشكل كبير وذلك لسهولة حذفة وتصحيحه. من وجهة النظر الاحصائية فان Gross errors قد يأتي من مصدرين هما، خطأ فيزيائي قد يحصل من عملية جمع البيانات و خطأ قد ينتج من نوعية البيانات قد تكون ضعيفة الدقة وإحصائيا ذات كميات خاطئة.

### 1.21.1.2 اخطاء انظمة القياس Systematic Errors

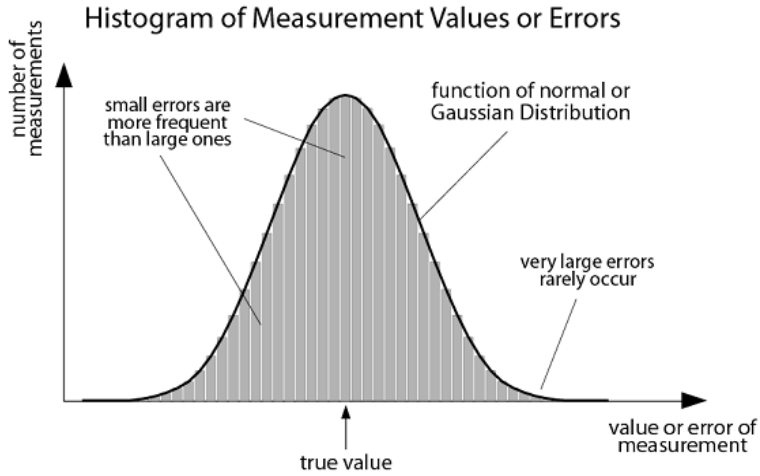
ياتي هذا النوع من الأخطاء من خلال الاستخدام الخاطئ لمقاييس معينة ، على سبيل المثال قيمة المتر والتي تساوي 100 سانتمتر قد تُستخدم أجهزة في الواقع وتعطي كل 105 سانتمتر على انها متر واحد. وهذا النوع من الاخطاء يحدث بسبب إختيار لمعدات للقياس غير دقيقة. في العموم نرى ان قيمة الخطا ضئيلة قياسا بالقيمة الكلية ولكن بتكرار أستخدام نفس المعدات للقياس التراكمي قد يحدث فرقا كبيرا في نهاية جمع البيانات بشكل نهائي. يتم تجاوز هذا النوع من الخطأ باستخدام اجهزة ومعدات متطورة ودقيقة.

### 1.21.1.3 اخطاء عشوائية Random Errors

في هذا النوع من الخطأ يكون بالاعتماد على بعضها البعض بالقياس وهذا سوف يسبب انحراف عن القيمة الفعلية. وتكون الاخطاء متاصلة وموروثة من كل مفاصل القياس لذلك نجد من الصعوبة اصلاحها. لكنها في العادة تكون بسيطة وبالامكان تشكيلها إحصائيا (الشكل 42). وهناك عدة خصائص ل Random Errors :

- الاخطاء البسيطة اكثر تكرار من الاخطاء الكبيرة.
- الخطأ أذا كان سالبا أو موجبا فانه يكون على حد سواء.
- ونادرا ما تحدث أخطاء كبيرة.

الاخطاء العشوائية لايمكن ان تزال بشكل كامل، ولكن بدلا من ذلك يمكن إدراتها وأعادة تسكينها باستخدام بعض العمليات الاحصائية أو من خلال نماذج stochastic الأحصائية. في الختام اجراء أي عمليات قياسية سوف تسبب اخطاء عشوائية.




الشكل20. التوزيعالطبيعيللبيانات (random errors) معالاخطاءالواردحدوثها.

### 1.21.2 اخطاء مصادر اجهزة تحديد الموقع GPS Error Sources

هذه الأنواع من الاخطاء في القياسات والمقاييس تحدث بسبب وجود مشاكل في نظام تحديد الموقع GPS وتسمى GPS Error Sources وتلك الأخطاء آتية من مصادر عدة وكما يلي:

#### 1.21.2.1 اخطاء في القمر الصناعي Satellite borne errors

هذا النوع من الأخطاء حدث بسبب وجود مشاكل في القمر الصناعي نفسة وهي عدة انواع تبعا لمصادر الخطأ:

##### 1.21.2.1.1 أخطاء في مدار القمر الصناعي Satellite Orbit Errors

كل قمر صناعي يحدد موقعه على المدار الخاص به هذا يعني ان موقع وارتفاع القمر الصناعي معلوم ومحدد، أي إختلاف في وضع القمر الصناعي سوف ينعكس على قيمة الحسابات المعتمدة على المسافة بين القمر الصناعي والموقع على سطح الارض وبالتالي سوف يحدث خطأ في تقيم الموقع المراد تحديد قياسه. لكن هذا الخطأ يمكن تجاوزه باستخدام تقنية خاص لهذا الغرض.

##### 1.21.2.1.2 أخطاء في ساعة القمر Satellite Clock Error

كل قمر صناعي يحتوى على ساعات ذرية عالية الدقة satellite clock، تلك الساعات يجب ان تكون متوافقة ودقيقة من حيث التوقيت. لأن إنتقال الأشارة من القمر الصناعي الى المستقبل الأرضي للاشارة يتم حسابه وفقا لوقت وصول الاشارة والتي لها دور أساسي في تحديد الموقع. أي اختلاف في توقيت الساعة على القمر الصناعي يعني خطأ في حساب وقت وصول الاشارة وبالتالي خطأ في الدقة accuracy. ذلك الخطأ في الساعة عادة ما يصحح من خلال محطات السيطرة الارضية control segment.

#### 1.21.2.2 اخطاء في توليد اشارة القمر الصناعي

#### 1.21.2.3 Propagation errors of the satellite signal

أن أنتقال الأشارة من القمر الصناعي الى الأرض سوف يمر بالغلاف الغازي الجوي ثم الى سطح الارض. انتقال هذه الاشارة قد يحدث بعض الأخطاء في سرعة وزاوية الأشعة نتيجة مرورها بكثافات مختلفة او نتيجة إصطدامها بعوائق مختلفة. لذا تحدث أخطاء في القياسات لان تلك العوائق قد تزيد المسافة او تقصرها بين القمر الصناعي والموقع المراد قياسة وبالتالي تنعكس على دقة القياس. من تلك العوائق التي تسبب الاخطاء فضلا عن موقع القمر الصناعي هي: التشويش ( noise in the radio signal) المتعمد على الاشارة من قبل وزارة الدفاع الامريكة لتقليل الدقة، والأخطاء الناتجة عن تعدد المسارات للأشارة نتيجة اصطدامها بموانع صناعية كالابنية

والسارات والتي تعرف ب multipath ، فضلا عن أخطاء ناجمة عن الظروف الجوية (atmospheric conditions).

**1.21.2.3.1 التشويش على الاشارة Noise in the radio**

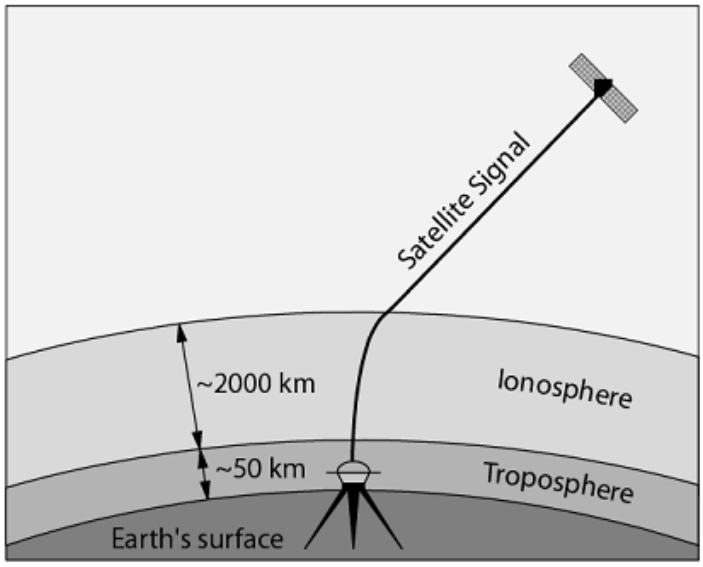
التشوش على الأشارة القادمة من القمر الصناعي الى الأرض وصولاً إلى إجهزة تحديد الموقع هو إجراء إحترازي وضع من قبل وزارة الدفاع الامريكية وذلك لتقليل دقة accuracy النظام خاصة في الاستخدامات المدنية. حيث يعمل التشويش على الأشارة على تقليل الدقة من 1 الى 10 متر وهذا التشويش اما ان يكون على تردد الأشارة وفي هذه الحالة يتم التلاعب بتركيب الأشارة أو يتم التشويش على المتحسس receiver نفسه من خلال استخدام ساعات داخل أجهزة تحديد الموقع ذات كفائة منخفضة تؤدي الى التاخير بالوقت والذي ينعكس على دقة القياس.

**1.21.2.3.2 اخطاء ناتجة من الغلاف الغازي**

**1.21.2.3.3 Atmospheric propagation errors**

الأشارة القادمة من القمر الصناعي إلى الأرض تتعرض للإنكسار refract عندما تمر خلال الغلاف الغازي للأرض Earth atmosphere، بالنتيجة سوف يحدث خطأ في القياس وذلك من خلال الأختلاف في طول طريق وصول الأشارة path length errors (delay). تأثيرات الأنكسار للإشارة ممكن أن تحدث بمستويين، الأول يدعى troposphere والذي يحدث بمدى للأرتفاع مقداره (0-50 km)، والثاني يدعى ionosphere والذي يحصل بمدى إرتفاع مقداره (50-2000 km) (الشكل 43). الأنكسار للأشارة وفي كلا المستويين للغلاف الغازي يعمل على إطالة مسار الاشارة القادمة من القمر الصناعي وصولاً إلى جهاز تحديد الموقع والذي ينعكس على وقت وصول الأشارة وبالتالي على قياس الدقة للبيانات. في الاجهزة الحديثة لتحديد الموقع هناك طريقة لتقليل هذا الخطأ وحسابه.

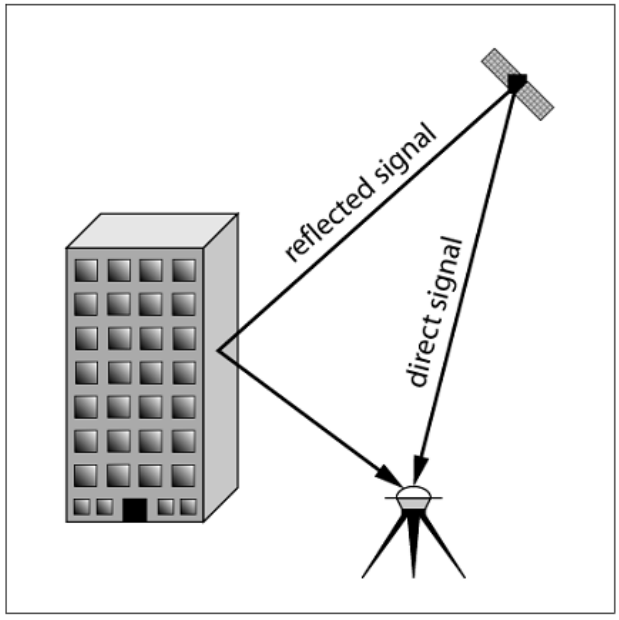
أما فيما يخص وجود الغيوم في الغلاف الغازي فانها تعمل على إبطاء سرعة انتقال الأشارة وليس حجبها تماما أثناء إنتقالها من المصدر أي القمر الصناعي مرورا بالغلاف الغازي ووصولا الى اجهزة تحديد الموقع.




الشكل21. تاثيرالغلاف الغازيعلى الاشارةالقادمة من القمرالصناعي.

**1.21.2.3.4 اخطاء ناتجة من مسارات متعددة للاشارة Multipath**

أن الأشارة احيانا لا تنتقل بصورة مباشرة من القمر الصناعي إلى جهاز الأستقبال GPS وانما تنعكس reflection بجسم بناية أو سيارة بالقرب من جهاز الأستقبال ( GPS antenna). كل عملية إنعكاس سوف تعمل زحف shift بالأشارة القادمة من القمر الصناعي بمقدر $180^{o}$. والذي يزيد من تشويه القياسات وحدوث أخطاء في القياس وهذا ما يدعى ب Multipath Errors. يحدث Multipath Errors في code phase أكثر مما في carrier phase. هناك بعض أنواع GPS وخاصة ذات الدقة العالية يمكنها التمييز بين الأشارة المُستلمة مباشرة من القمر الصناعي وبين الأشارة المنعكسة من على جسم موجود بالقرب من موقع العمل. يوجد ايضا بعض المتحسسات antennas مجهزة ب بمتحسسات مثل groundplane أو chokeringوالتي تظهر الأشارة متعدد المسارات multipath. أن أجهزة تحديد الموقع اليدوية hand-held او ما يعرف ب atonomous هي لا تميز بين الأشارة المباشرة والمنعكسة القادمة من القمر الصناعي، لهذا السبب يجب توخي الحذر عند اخذ نقطة احداثيات لموقع معين. أما إذا كان هناك عملية حجب للأشارة من قبل الأبنية فان الخطأ في القياس قد يصل الى 30 متر. وفي العموم فانعملية اصلاح القياس تتم من خلال إختيار الموقع المناسب للقياس كالاماكن المفتوحة (الشكل 22).




الشكل22. المسارات المحتملة للاشارةقبل وصولهاالىGPS.

### 1.21.2.4 اخطاء تحدث في مستقبلات الاجهزة Receiver/Antenna borne errors

تحدث اخطاء في جهاز الأستلامreceiver/antenna بفضل الأجهزة وملحقاتها التي تستخدم فيGPS فضلا عن نوعية وطريقة برمجة تلك الاجهزة خلال عدة طرق هي:

#### 1.21.2.4.1 اخطاء في ساعة المستقبلات Receiver Clock errors

يحدث هذا النوع من الأخطاء بسبب أخطاء في الساعة الموجودة في جهاز GPS أو بتوقيتاتها والتي تنعكس على حساب المسافة مع الوقت للأشارة المنتقلة بين القمر الصناعي وال ground station. وأي خطا في الساعة Receiver Clock سوف يحدث عدم تزامن not synchronous بين توقيت القمر الصناعي وال Receiver. إن الساعة الموجودة في القمر الصناعي تفوق في قيمتها ودقتها الساعات الموجودة في جهاز الاستقبال GPS Receiver وهذا سوف ينعكس سلبيا على عمليات حساب الوقت ودقته وعملية التزامن في الوقت بين القمر الصناعي وجهاز الأستقبال والذي ينعكس على قيمة الدقة والخطأ في الحسابات.

**1.21.2.4.2 التشويش في مستقبلات اجهزة تحديد الموقع GPS Receiver Noise**

يحدث هذا النوع من الأخطاء العشوائية random errors بسبب hardware أجهزة الاستقبال GPS Receiver. حجم تلك الأخطاء يعتمد على نوع الاجهزة والادوات التي تتكون منها اجهزة GPS.

**1.21.2.4.3 اخطاء ناتجة من الاختلاف في الطور Antenna Phase Centre Variations**

يحدث هذا النوع من الخطأ بسبب تفاعل الأشارة الكهرومغناطيسية للقمر الصناعي مع GPS antenna. هذا يسبب اختلاف بسيط في مركز الطور الاكتروني electronic phase centre مع فيزيائية مركز النقطة للمستقبل physical centre point. وهذا الاختلاف يكون ضمن بضع مليمترات. وهذا فقط يوثر في حالة كون العمل يتطلب دقة عالية high accuracy.

**1.21.2.4.4 اخطاء ناتجة من تنصيب المستقبلات Antenna Set Up Errors**

يحدث الخطأ بسبب ما يعرف إصطلاحا بالموقع غير الدقيق incorrect placement للجهاز المستقبل antenna الموجود أعلى المحطة. عملية نصب الجهاز فوق محطة يعتبر مهم وخاصة في حالة اعادة تقييم للمحطة. الجدول 4 يوضح خلاصة لكل انواع الأخطاء مع بعض التفاصيل.

جدول4: ملخصلكلانواعالاخطاءفيGPSوقيمها.

| GPS Error Sources | | C/A-Code | | P-Code | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | S/A on | S/A off | S/A on | S/A off |
| Satellite borne | Orbit error | 10 – 40 m | 5 m | 10 – 40 m | 5 m |
| | Clock error | 10 – 50 m | 1 m | 10 – 50 m | 1 m |
| Signal propagation | Ionosphere (2 frequency) (1 frequency) | cm – dm - level 2 – 100 cm | | cm – dm - level --- | |
| | Troposphere | dm - level | | dm - level | |
| | Multipath | 5 m | | 1 m | |
| Receiver borne | Noise | 1 – 10 m | | 0.1 – 1 m | |
| | Systematic | m - level | | dm – m - level | |
| | Phase Centre | Mm – cm - level | | mm – cm - level | |

# الفصلالخامس
# التخطيط لاستخدام جهازتحديدالموقع بالمسح
# Planning GPS Survey

# الفصل الخامس
# التخطيط لاستخدام جهاز تحديدالموقع بالمسح
# Planning GPS Survey

## 1.22 تمهيد preface

ان استخدام نظام تحديد الموقع GPS جعل عمليات المسح أسهل من إستخدام الطرق الكلاسيكية البدائية القديمة في المسح، قبل استخدام GPS في المسح يجب أن يكون هناك تخطيطاً متقناً ليتسنى للمستخدمين والباحثين الاستفادة بشكل جيد من هذه التكنولوجيا. هناك نوعان من تكنولوجيا تحديد الموقع متاحة وهي Autonomous و Relative positioning وكلاهما تنطبق عليه معظم أجراءات طرق المسح. التخطيط للمسح يتطلب اختيارالاجهزة والمعدات المناسبة لكل مهمة مسح، كاجهزة GPS مناسبة من حيث الدقة والنوعية والكلفة وحسب المهمة المراد إنجازها. كل تلك القضايا يجب أن يكون مخطط لها سلفا لإنجاح عملية المسح والخروج بنتائج مناسبة.

## 1.23 مراحل اختيار GPS لإستخدامه في المسح

### 1.23.1مرحلة اختيار الاجهزة المناسبة Selection of the Appropriate equipment

كل مسح ناجح باستخدام GPS يبدأ من إختيار أجهزة GPS مناسبة لحجم ودقة البيانات الخاصة بذلك المشروع. لذلك يجب معرفة الأتي قبل الشروع في أي مشروع:

#### 1.23.1.1 تطبيقات اجهزة GPS والعمليات البيئية

GPS Equipment Application and Operational Environment

هناك قابلية كبيرة لاستخدام تكنولوجيا أجهزة تحديد الموقع وهذا التنوع إعتمد بشكل أساسي على التنوع الكبير لتطبيقات اجهزة GPS ، فمثلا هناك أجهزة تستخدم باليد Hand-based واخرى تستخدم في المياه Water-based والمحمولة جوا Airborne كلاً لها تطبيقاتها وبيئات العمل الخاصة بها. على سبيل المثال، لإستخدام الأجهزة اليدوية Hand-based يجب معرفة نوع الأجهزة التي تُستخدم هل هي من النوع الثابت static او من النوع الحركي kinematic فكل له تطبيقاته. أما فيما يخص الأجهزة التي تُستخدم في المياه يجب أن تكون بمواصفات خاصة بحيث تقاوم المياه وملوحة المياه والبيئة البحرية وتقلباتها. أما فيما يخص الأجهزة المحمولة جوا فانها سوف تكون في وضع سرعة كبيرة فيجب أن تكون الأجهزة لها قابلية لتجاوز الأخطاء في القياسات أثناء السرع الكبيرة كما في الطائرات. هناك عوامل مهمة ايضا يجب مراعاتها مثل وزن الأجهزة والمعدات ونوع البيئة المراد عمل المسح بها هل هي بيئة وعرة أم بسيطة وهل العمل في المحيطات أم البحار ونوع الطقس في البيئة الهوائية والأرتفاع

عن الارض والسرع بالنسبة للطائرات. كل ماسبق ذكره يجب أن يوضع في الحسبان اثناء عملية التخطيط لإجراء مسح باستخدام GPS.

### 1.23.1.2 الدقة المطلوبة للبيانات المراد جمعها Accuracy Requirements

مع أننا ذكرنا سابقاً المدى الواسع لتطبيقات GPS من حيث أستخدامه في عمليات المسح. إلاّ أنه من الضروري معرفة اي نوع من انواع الدقة بالنسبة للبيانات المراد جمعها لإغراض المسح. لأن لكل نوع من أنواع أجهزة GPS دقة خاصة به إذ أن مدى الدقة يتراوح من عشرات الأمتار الى بضع مليمترات. لذا عند التخطيط لعمل المسح باستخدام أجهزة GPS فان الدقة عامل مهم وأساسي في مسح البيانات وأحتساب الكلف للمشروع، حيث كلما كانت الدقة عالية زاد من الكلف لشراء الاجهزة والمعدات (الجدول 5).

جدول5: مدىالدقةAccuracyالمتاحةلكلانواعGPS.

| Method | Accuracy (95%) Horizontal* | GPS Equipment |
|---|---|---|
| Autonomous positioning (L1 only) | ± 13 m | Handheld GPS Receiver |
| DGPS (C/A code phase, L1 only) | | Handheld GPS Receiver |
| Static (position averaging) | ± 1 - 5 m | equipped to receive |
| Kinematic (range corrections) | ± 1 - 5 m | DGPS correction signals |
| DGPS (carrier phase, L1 and L2) | | |
| Static | ± 3 - 20 mm | Geodetic receiver and antenna |
| Fast Static | ± 2 cm | - " - |
| Kinematic (post-processing) | ± 3 cm | - " - |
| Real-Time Kinematic (RTK) | ± 3 - 5 cm | Geodetic receiver and antenna with radio |

### 1.23.1.3 كم من الطاقة الكهربائية يتطلب العمل Power Requirements

تعتمد أجهزة GPS في تشغيلها على مدى واسع من الطاقة ومعظمها على شكل نضائد BatteriesA/C تتراوح من نضيدة السيارة 12-volt إلى أصغر نضيدة لتشغيل أي كامرة أو جهاز صغير. للتخطيط للعمل يجب أن يختار حجم النضيدة بدقة، ففي الأعمال والمسوحات اليدوية البسيطة والقليلة الحجم فلاباس من إستخدام نضائد صغيرة الحجم والكلفة، بينما في حالات المسوحات الكبيرة والطويلة الأمد يجب أن يكون إستخدام النضائد ذات القابلية الكبيرة على توليد الطاقة لفترة زمنية طويلة.

### 1.23.1.4 الكلفة Cost

في عمليات التخطيط لأجراء مسوحات باستخدام أجهزة GPS فأن الكلفة تكون من أولويات المشروع. لذلك لترشيد الكلفة وتقليلها إلى الحد الذي يسمح بانجاز العمل يتطلب ذلك قرارات مهمة من حيث نوع وحجم العمل إلى نوع الأجهزة المناسبة المستخدمة. فعلى سبيل المثال، أختيار نوع أجهزة GPS التي يتوجب أستخدامها هو عامل مهم لأن أجهزة GPS تتراوح أسعارها من بضع مئات من الدولارات (الاجهزة اليدوية) إلى آلاف الدولارات بل إن قسماً منها يصل إلى عشرات الالاف من الدولارات (الجدول 6). إن من أهم الفروقات في أسعار أجهزة GPS هو عامل الدقة فكلما كانت الدقة المطلوبة عالية كانت الكلف أكثر والعكس صحيح. لذا في حال الشروع في التخطيط لأي مشروع يجب أن يكون عامل تحديد الدقة من الأولويات لان له علاقة بالكلف.

جدول 6: الكُلف التخمينية لانواع GPS بالدولار الامريكي.

| Method | Accuracy (95%) Horizontal* | GPS Equipment | Approx. Cost [ $ ] |
|---|---|---|---|
| Autonomous positioning (L1 only) | ± 13 m | Handheld GPS Receiver | 100 – 1,000 |
| DGPS (C/A code phase, L1 only) | | Handheld GPS Receiver | |
| Static (position averaging) | ± 1 - 5 m | equipped to receive | 500 – 5,000 |
| Kinematic (range corrections) | ± 1 - 5 m | DGPS correction signals | |
| DGPS (carrier phase, L1 and L2) | | | |
| Static | ± 3 - 20 mm | Geodetic receiver and antenna | |
| Fast Static | ± 2 cm | - " - | 10,000 – < 50,000 |
| Kinematic (post-processing) | ± 3 cm | - " - | |
| Real-Time Kinematic (RTK) | ± 3 - 5 cm | Geodetic receiver and antenna with radio | |

### 1.23.2مرحلة اختيار التقنية المناسبة لأجهزة GPS

## 1.24 Selection of the Appropriate GPS Positioning Technique

اختيار اجهزة GPS المناسبة تقنيا يعتمد على عدة عوامل هي:

### 1.24.1.1 الدقة المطلوبة Accuracy Requirements

تعتمد أجهزة GPS في تصنيعها على تقنيات واسعة ومتعددة تصب في مجال تحسين الدقة، إذ أن هناك مدى واسع من الدقة تمتد من 100 متر والتي وهي الأجهزة اليدوية Autonomous positioning إلى بضع مليمترات وهذا في أجهزة Differential والتي تعتمد على carrier phase observations. قبل أجراء اي عملية مسح يجب أن يكون الدقة معلومة لدي الكوادر العاملة بهذا المسح. وأذا ما عُرفت الدقة المطلوبة من قبل الكوادر فاصبح من السهل تحديد اجهزة GPS التي سوف تستخدم لهذا الغرض. للحصول على الدقة لاحظ الجدول 7.

جدول7: مدةدقةالقياسبعداستخدامGPSوعلاقتهبنوع GPS.

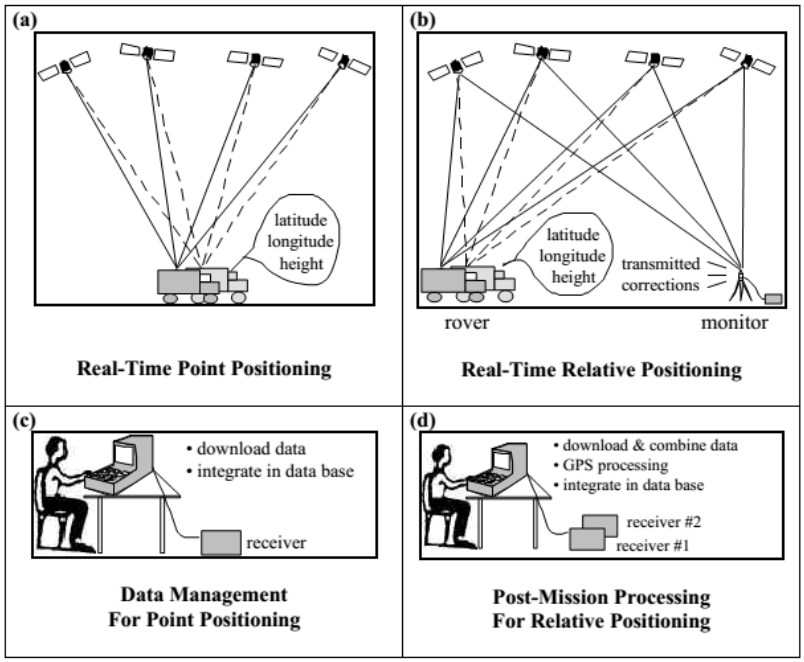
| Method | Accuracy (95%) Horizontal* | Baseline Length | Measurement Duration |
|---|---|---|---|
| Autonomous positioning (L1 only) (Handheld GPS receiver) | ± 13 m | N/A | real-time |
| DGPS (C/A code phase, L1 only) | | | |
| Static (position averaging) | ± 1 - 5 m | 100 – 1,000 km | seconds - minutes |
| Kinematic (range corrections) | ± 1 - 5 m | 100 – 1,000 km | real-time |
| DGPS (carrier phase, L1 and L2) | | | |
| Static | ± 3 - 20 mm | < 2000 km | > 30 min |
| Fast Static | ± 2 cm | < 20 km | 5 – 15 min |
| Kinematic (post-processing) | ± 3 cm | < 10 km | few seconds |
| Real-Time Kinematic (RTK) | ± 3 - 5 cm | < 10 km | real-time (after initialization) |

### 1.24.1.2 العمليات البيئية Operational Environment

تلعب العمليات البيئية تلعب دوراً كبيراً في إختيار أجهزة GPS المناسبة مع التقنية الخاصة لهذا الغرض. وهذا يتطلب أعتباران. الاعتبار الأول: مناسبة بيئة العمل لإستقبال إشارات القمر الصناعي دون حدوث مشاكل حقلية. والاعتبار الثاني: الحصول على النتائج وفق المسح الثابت Static أو المتحرك kinematic ويجب أن تكون تقانة وأجهزة GPS مناسبة بيئيا لإجراء المسح دون عوائق او مشاكل تفنية. فمثلا في حالة إجراء المسوحات الجوية أو مسوحات الحاصدات يجب أن نستخدم أجهزة GPS من النوع المتحرك Kinematic أي له القابلية على إجراء القياسات اثناء الحركة. بينما المسوحات الثابتة كاخذ نقاط ل GPS لمواقع محددة يتطلب استخدام أجهزة GPS ثابتة static مع التقانات الخاصة بها.

### 1.24.1.3 الوقت الحقيقي او ما بعد المعالجة Real-Time or Post-Processing

تتم العمليات الخاصة بمعالجة البيانات عند استخدام GPS أما فوريا real-time أو ما بعد إنجاز المهمة post-mission (الشكل 45). ففي الإجراءات الفورية لتحليل البيانات فأن مواقع النقاط تحسب بشكل آني وفوري في الموقع نفسه أي أثناء أخذ النقطة أو العينة (الشكل 45 a,c). اما في القياسات من نوع post-mission فأن القياسات تؤخذ في الموقع ولكن تحليل البيانات ومعالجتها سوف تتم لاحقا وقد لاتكون في الحقل (الشكل 45 b,d). في المعالجات الآنية للبيانات تتم باستخدام GPS من النوع Autonomous positioning او مايعرف Single point. بينما في حالة تحليل البيانات ومعالجتها لاحقا فان الطريقة المناسبه هي Relative Positioning.




الشكل23. مقارنةالاجراءاتفيحالةReal-timeوPost-Mission .

### 1.24.1.4 التخطيط لاجراء المسح Planning Parameters

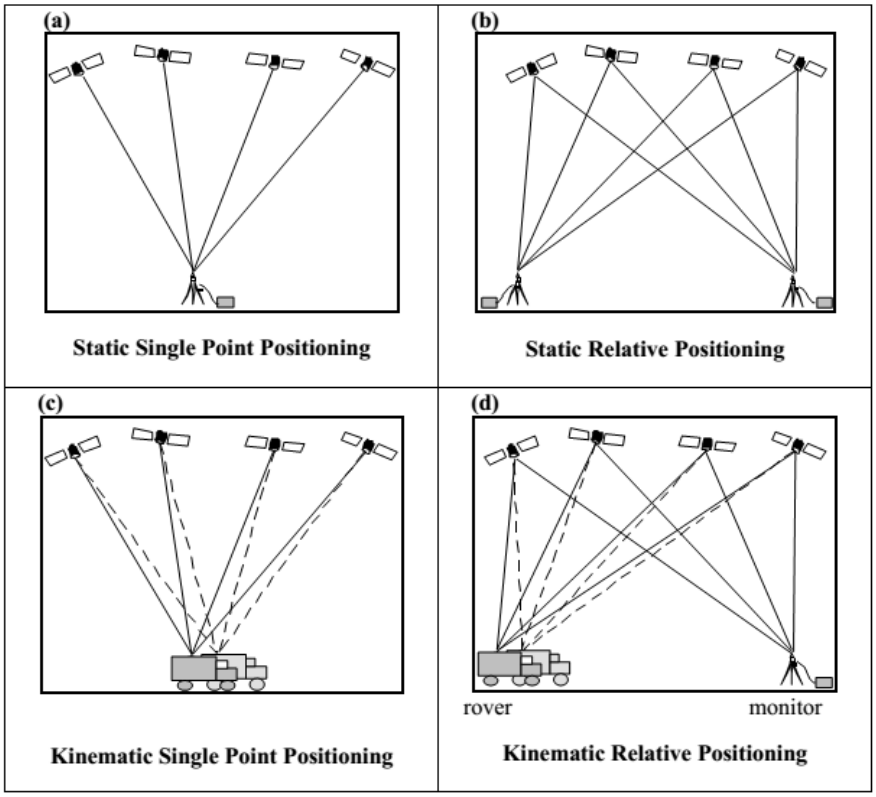
التخطيط لإجراء المسح باستخدام GPS ضروري لإنجاح العمل، وحل كثير من المشاكل في مرحلة التخطيط لإنجاز مشروع معين قبل أخذ أي بيانات باستخدام GPS. في مرحلة التخطيط بالإمكان الاجابة عن التساؤلات حول أين where، ومتى when، وكيف how . أين where أي للسؤال عن المكان المثالي الخاص بأجراء المسح للحصول على نتائج جيدة، بينما متى when تستخدم للاجابة عن الوقت المثالي لإجراء المسح والذي يساعد في الحصول على النتائج الجيدة. كيف how للسؤال عن الطريق الافضل لإنجاز المسح. عدة أنواع من الخطط planning parameters متاحة ومتوفرة تساعد للإجابة على الاسئلة السابقة. التخطيط في استخدام GPS للمسح يكون اكثر اهمية فيما اذا أستخدم طريقة Relative Positioning بالمقارنة مع استخدام طريقة Autonomous Positioning.

### 1.24.1.5 الوضع الثابت Static والحركي Kinematic لاستخدام GPS

في نظام تحديد الموقع فأن وضع القياس في العموم أما أن يكون ثابتاً او ساكناً static أو يكون في وضع متحرك أو حركي kinematic. أما في الوضع الثابت ومن

النوع اليدوي Autonomous positioning فأن GPS المستقبل للاشارة سوف يجمع البيانات وهو في وضع ثابت من القمر الصناعي أي يكون على شكل محطة ثابتة للقياس (الشكل 46 a ). بينما في الوضع الحركي فأن المستقبل في GPS يجمع البيانات وهو في طور الحركة (الشكل46 c).

أما إذا كانت طريقة القياس GPS من نوع Relative Positioning، ففي الحالة الثابتة فان المستقبل للإشارة والذي هو من نوع الثابت referenceسوف يكون ثابتا كالعادة وأما الجزء المتحرك للمستقبلات والذي يدعى Rover فانه ايضا يكون ثابت (الشكل 46 b ). أما في الحالة المتحركة فأن الثابت يكون هو monitor وهو ثابت كالعادة ،بينما المتحرك يكون متحرك ويدعى Rover حيث سوف يجمع البيانات اثناء الحركة (الشكل 46 d ).

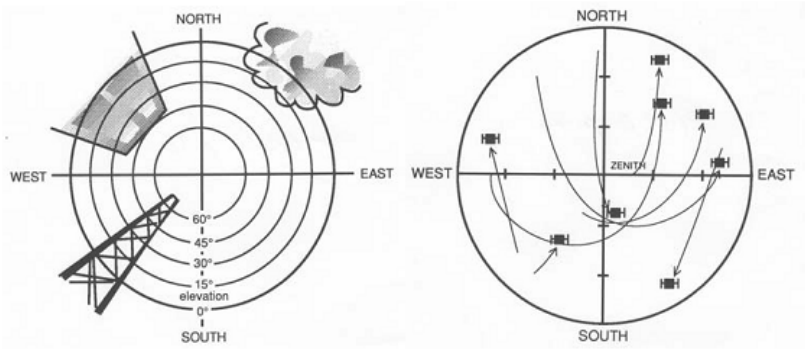



الشكل46. مقارنةاستخدامالوضعالثابتوالحركيمعمختلفانواعالقياسGPS.

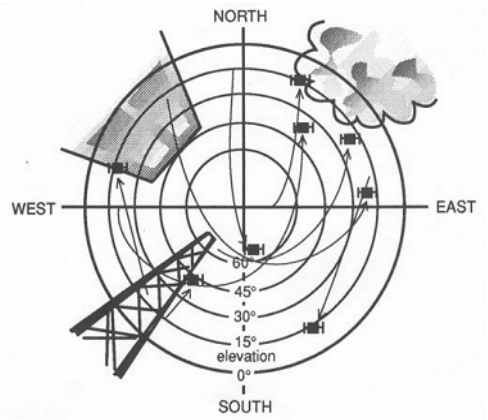
### 1.24.2 Sky Visibility – The Sky Plot

يعد أستقبال الأشارة من الاقمار الصناعية الواضحة والظاهرة في سماء منطقة البحث مهماً جداً في إستخدام تفنية GPS. وهذا الشرط ممكن أن يتحقق فقط عند زيارة الحقل أو منطقة الدراسة المراد أجراء المسح فيها.

يعد Sky Visibility مهماً جداً في استخدام GPS positioning. المبدأ العام المستخدم لتوثيق Sky visibility station باستخدام مايعرف اصطلاحا ب Sky Plot. Sky-plot تُصوِر مسيرة الاقمار الصناعية في السماء والعوائق في محطات معينة، كما يعتبر المتوسط البصري لرؤية الاقمار الصناعية الظاهرة في السماء. Compass rose مع المركز تشير الى إتجاه القمة المحلية local zenith ، بينما الدائرة حول المركز circles تشير الى مستويات مختلفة للزواية تبدا من $90^o$ للقمة المحلية local zenith وصولا الى الزاوية $0^o$ للخط الافق المحلي local horizon (الاشكال 47). وفي حالة دمج كلا الحالتين لعمل Sky plot نحصل على شكل يحوي كلا الحالتين (الشكل 48).

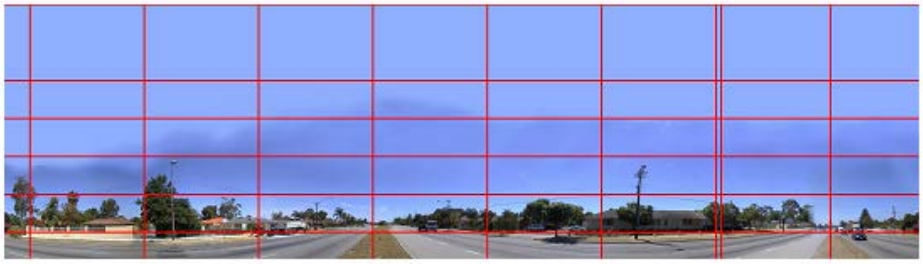



الشكل24. (الايمن) Plotلتوضيحاحتماليةاتالاعاقةللاشارة. بينما (الايسر) Skyيوضح**مساراتالاقمارالصناعيةفيالسماءلمنطقةمحددة.**

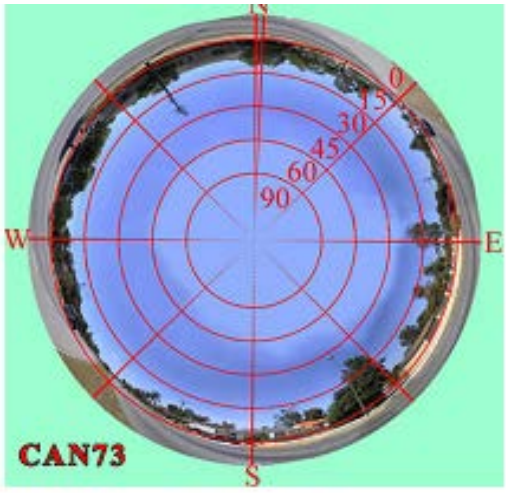



الشكل25. Sky-plotيوضحمساراتالاقمارمعوسائلالاعاقةمعا.

لناخذ المثال التالي والخاص بمدينة بيرث الاسترالية. فالموقع هو في Cannington 73, Leach Highway. الزاوية تساوي 360º ومستوى ارتفاع الافق هو 15º (الشكل 49). نلاحظ الشكل 50 والذي يمثل عملية دمج لكلا Sky Visibility مع sky Plot.



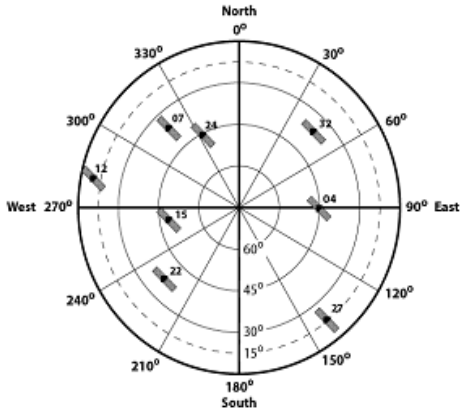
الشكل49. يمثلskyلمنطقة Leach highwayبالمنظورالارضي.




الشكل50. Sky-plotلمنطقةLeach highway.

### 1.24.2.1 برج القمر الصناعي Satellite Constellation

تستعمل Satellite Constellation لوصف المواقع النسبية relative position او العلاقات الهندسية المكانية بين كل الاقمار الصناعية الظاهرة في مواقع المسح ومحطات أجهزة تحديد الموقع GPS. بالإمكان أستخدام Sky-ploy لإظهار Satellite constellation بالأوقات المحددة. تمتلك أجهزة تحديد الموقع GPS الحديثة شاشة تظهر مواقع الاقمار الصناعية الفعلية على نوع من انواع Sky-plot (الشكل 51). ايضا Satellite Constellation لها تاثير مباشر على Dilution of Precision (DOP).




الشكل26. satellite constellationلوصفالمواقعالنسبيةللاقمارالصناعيةالظاهرةموقعالمسح.

### 1.24.2.2 تخفيف او تبعثر الدقة Dilution of Precision(DOP)

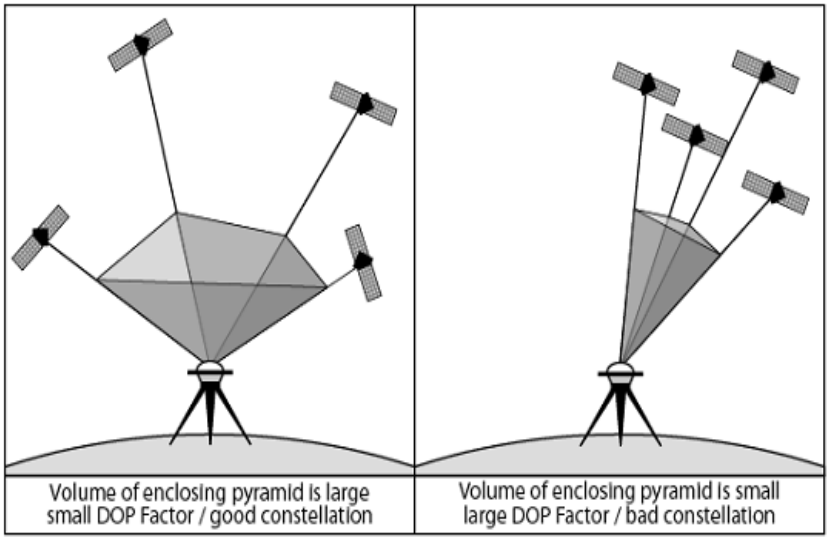
تعتمد الدقة accuracy التي تم الحصول عليها من Autonomous positioning بشكل مباشر على عدد Satellite constellation ويعبر عنها باستخدام مبدأ تخفيف الدقة dilution of precision. كما أن إجراء أُستند على العلاقات الهندسية للاقمار الصناعية ضمن satellite constellation ولهذا بالامكان حسابها قبل اي قياس للGPS. يعبر عن DOP بعدة اشكال تبعا للشركة التي تصنع الاجهزة (الجدول 8).

جدول8. يوضحانواع.DOPs

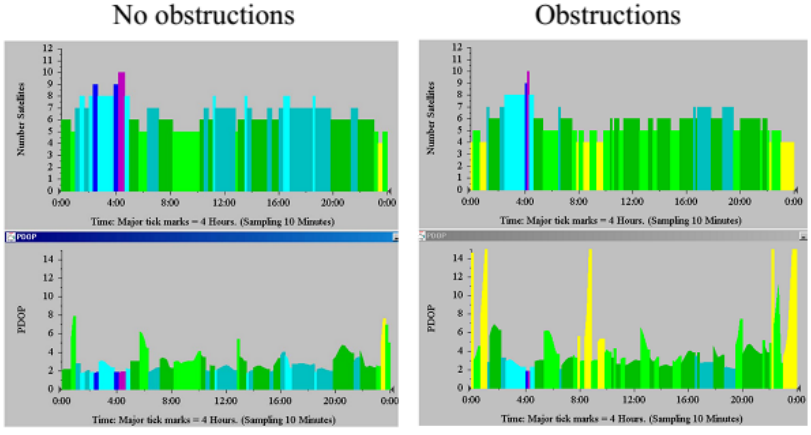
| Acronym | Type | Position Component(s) |
|---|---|---|
| GDOP | Geometrical | 3D position and time |
| PDOP | Positional | 3D position |
| HDOP | Horizontal | 2D horizontal position |
| VDOP | Vertical | 1D height |

من المهم جداً الإشارة إلى إستخدام قيمة DOP عندما يكون إحتمالية لانتاج نتائج جيدة او سيئة عند إستخدام GPS. ولكن يجب ان لا تكون تلك القيمة معياراً أو مقياساً لنوعية البيانات التي تم الحصول عليها من GPS. تقيم النوعية يتم فقط عندما يكون هناك تقيم لنتائج GPS بعد إجراء المسح post- processing.

تعد معرفة قيمة DOP مهمة في الملاحة إذ يختار الجزء اللاقط وبشكل الي الاقمار الأربعة التي تعطي اقل قيمة وبالتالي افضل توزيع هندسي للاقمار. أن توزيع الاقمار الهندسي بالنسبة للراصد يختلف من مكان لأخر ومن موقع لأخر على سطح الارض، فباستخدام قيمة DOP يتم إختيار وتحديد زمن الرصد المرغوب observation window اعتمادا على قيمة DOP إذ تتوفر فيه شروط هندسية ملائمة للقياس، فكلما كان توزيع الاقمار مشتت وبمدى عالٍ كلما كانت قيمة DOP واطئة وعلى العكس من ذلك فكلما كانت الاقمار قريبة من بعضها وبارتفاعات عالية كلما كانت قيمة DOP عالية (الشكل 52، 53).




الشكل52. التوزيعالهندسيللاقمارو عاملتخيفاوتبعثر الدقة،اليمينعاليو اليسارقليل.

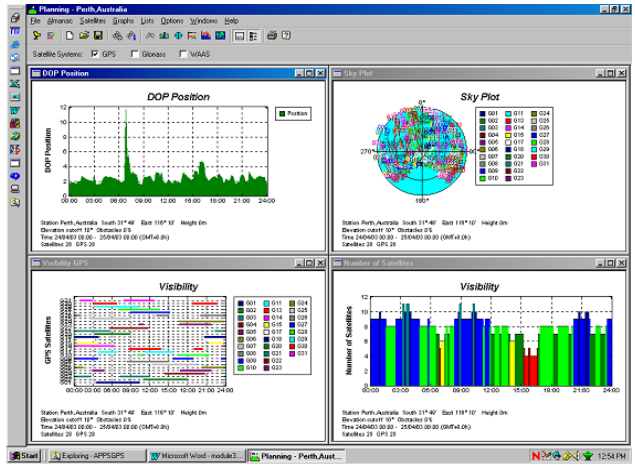



الشكل27. استخدامDOPلتقيمالدقة.

## 1.25 التخطيط لاستخدام برامج GPSGPS Planning Software

الكثير من انواع أجهزة GPS الحديثة تعرض مع المنتج برنامج لخطة ماقبل المسح Pre-planning لعمل المسح باستخدام أجهزة تحديد الموقع GPS. إستخدام وعمل تلك الاجهزة يتطلب تشغيل تلك البرامج. حديثا لاكتساب التقويم من الرسائل الملاحية يتطلب استمرار الاتصال مع الاقمار الصناعية لمدة مالايقل عن 12.5 دقية متواصلة لتحديد مواقع الاقمار الصناعية فوق منطقة المسح في وقت محدد. عند

اكتساب التقويم الفعلي (يحدث هذا ضمن عمليات احصائية ضمن GPS) بالامكان استخدام تلك الخطة لإجراء عمليات المسح لعدة اشهر لاحقا، حيث لايوجد تغير في وظائف القمر الصناعية (بمعني لن يحصل عملية اطفاء للاقمار الصناعية أو اظافة لقمر جديد). برنامج خطة ماقبل المسح Pre-planning تستخدم لتحديد عدد الاقمار الصناعية المتاحة في منطقة الدراسة وابراجهم Constellation وتخفيف الدقة DOP (الشكل 54).




الشكل28. مخرجاتGPSوالتيهيضمنالبرامجالمرفقةلاستخدامهابالتخطيطالمسبقللعمل.

# الفصل السادس
# طرق المسح باستخدام نظام تحديد الموقع

# الفصل السادس

## 1.26 طرق المسح باستخدام نظام GPS

## 1.27 تمهيد preface

تعتمد كل انواع تقنيات أجهزة تحديد الموقع في الأساس بشكل أو باخر في قياساتها على مدئ range الأختلاف في وقت قياس وصول الإشارة بين الاقمار الصناعية satellitesوأجهزة تحديد الموقع receiver والذي ينعكس على دقة قياسها. وجود أربعة أو خمسة اقمار صناعية متاحة في السماء مع توزيع جيد لها اثناء عملية المسح تكون ذات اهمية قصوى وكلما زاد عدد الاقمار زادت الدقة للبيانات. وفي ال GPS antenna ينبغي دائما ان يكون وبشكل واضح وجود الاقمار الصناعية فوق 15º (elevation mask ) زاوية الارتفاع عن الافق. تلك الزاوية تساعد على تقليل إنكسار الأشعة atmospheric refraction مع الغلاف الغازي و تقليل multipath. الأشارة القادمة من القمر الصناعي هي إشارة مايكرويف microwaves بامكانها أن تخترق الغيوم الموجودة في الغلاف الغازي ولكن تقف عاجزة لاختراق النباتات الكثيفة أو الأبنية. لذا على الأرض واثناء المسح يجب ان يتوفر مساحة للعمل وسماء مفتوحة. هناك طريقتان للمسح باستخدام أجهزة معينة هما:

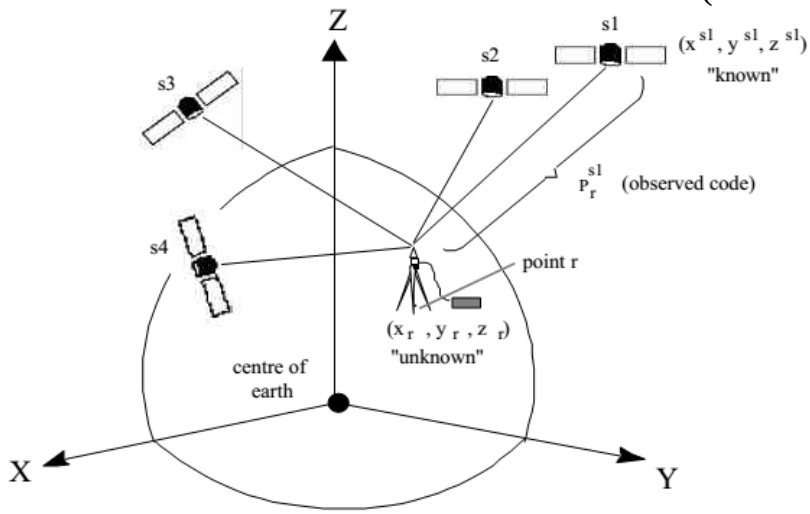
## 1.28 الاجهزة المحمولة يدويا Autonomous positioning

يعرف هذا النوع ايضاً ب Single pointإذ يتم القياس فيه باستخدام نظام تحديد الموقع GPSاليدوي البسيط والذي يتطلب اخذ نقاط منفردة single point positioning بواسطة GPS يدوي الذي يتكون في العادة من جزء واحد فقط يحمل باليد يدعى Autonomous positioning. هذه الطريقة تتطلب اقل تخطيطا. فقط وجود أربع اقمار صناعية واضحة في السماء مع توزيع جيد لها يعتبر كافٍ لإجراء المسح واخذ النقاط. استمرارية الأشارة من القمر الى الجهاز ليست مطلوبة باستمرار.

يعد هذا النوع من أجهزة تحديد الموقع من الانواع الشائعة ويسمى ايضا ب absolute positioning وايضاً يسمى ب single point positioning أو ايضاً يطلق عليه ب standalone positioning. استخدام هذا النوع من انظمة تحديد الموقع يشير الى استخدام تلك الأنظمة لاجهزة تحمل على متنها متحسس receiver واحد فقط وان القياس يتم باستخدام موضع واحد أو نقطة واحدة باحداثياتها. كما ان القياس يتم وفقا لقياس وقت انطلاق الأشارة من القمر الصناعي وقياس وصولها الى المتحسس receiver او antennae على اجهزة تحديد الموقع والتي يتم الحصول عليها أما من خلال تتبع موجة PRN-code المحمولة على الموجات الحاملة carrier waves، أو بشكل مباشر على carrier phase.

قياس الموضع باستخدام جهاز تحديد الموقع المحمول يدويا Autonomous يمكن أن يتم أما بالقياس بالوضع الثابت للجهاز static أو بالقياس باستخدام الوضع الحركي kinematic. وبجمع كل تلك الامكانيات سويا يتم الحصول على مدى عالي ومختلف لقياس الدقة accuracy الافقية يصل من -+ 13 متر الى بضعة مليمترات. أما في حالة الدقة العمودية أي قياس الإرتفاع أو الإنخفاض عن مستوى سطح البحر فهي وفي الغالب أسوأ من الدقة الافقية. وعلى العموم يمكن تخمين الدقة العمودية للجهاز على انها تساوي (1.5 – 3) مرات اسوأ وأضعف من الدقة الافقية. فمثلا وفي احيان كثيرة اذا كانت الدقة الافقية تساوي -+ 10 متر فان الدقة العمودية للجهاز قد تكون -+ 20 مترا. وعلى العموم فان طريقة الوضع المستقل ذاتيا في القياس Autonomous لا تخدم قياس الدقة في الأرتفاع لانها تكون ضعيفة وغير دقية وبشكل كبير. لذا لا يُنصح باستخدام الأجهزة المستقلة ذاتيا في قياس دقة الأرتفاع عن سطح البحر. كما أن طريقة Autonomous هي من طرق real-time أي انها تعطي النتائج للقياسات بشكل آني وفي الموقع.

أجهزة Autonomous تحمل على متنها متحسسات receivers من النوع غير الفعال أو السلبي passive mode والذي يعني أن له القابلية على استقبال الأشارة من القمر الصناعي وليس له القابلية على ارسالها (اي مستقبل فقط). في حالة يتطلب بيانات ثلاثية الابعاد 3D فهذا فقط يتطلب وجود اربع اقمار صناعية في اقل تقدير(الشكل 55).




الشكل55. اخذنقطةمنفردةلموضعمعينباستخدامGPSيدويبسيط.

من محاسن هذه الطريقة الاتي:

1. يتطلب القياس وجود جهاز واحد receiver فقط والأشارة هي L1.
2. تكون الأشارة من نوع passive اي تنطلق من القمر الصناعي بالاعتماد على وجود اشعة الشمس.
3. مطلوب في الأجهزة والمعدات تقنية واطئة.
4. لا يتطلب المسح تخطيط مسبق لعملية المسح post-processing .
5. امكانية اجراء عمليات ملاحة فيه navigation.

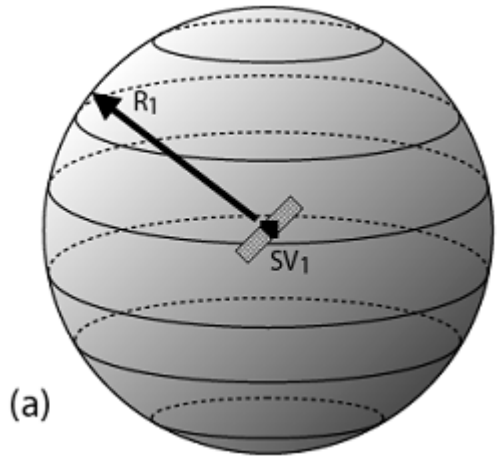
اما من مساوء هذه الطريقة فهي:

1. تكون الدقة accuracy قليلة نسبيا.
2. كما انها تتاثر بكل انواع الأخطاء الحسابية الناتجة عن استخدام النظام بشكل بسيط.

### 1.28.1 المبدا الاساسي لعمل اجهزة تحديد الموقع اليدوية Principle of Autonomous positioning

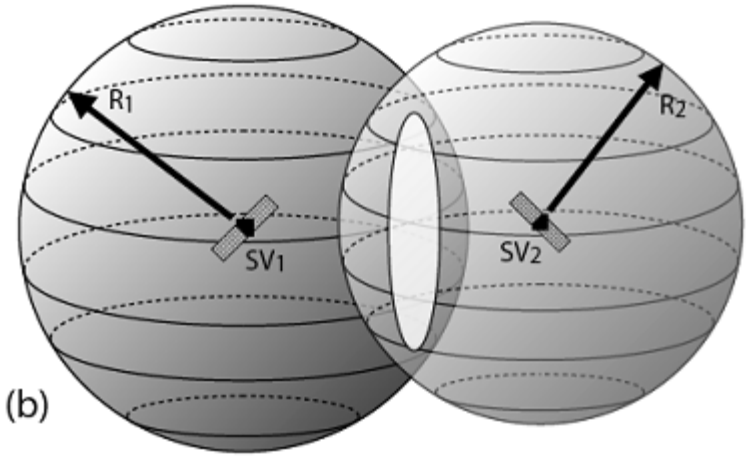
إن المبدأ الأساسي لعمل أجهزة تحديد الموقع Autonomous هو على اساس عملاً ثلاثي الابعاد 3D (trilateration). كما أن موقع كل قمر صناعي يمكن أن يُشتق من رسائل الملاحة القادمة منه navigation message. لذا فان المتحسس الموجود في جهاز تحديد الموقع يمكن أن يحدد موقع القمر الصناعي في مدارة وهذا يقود الى عدة مبادئ:

- في حالة وجود قمر صناعي واحد فقط متاح لتحديد الموقع فأن ذلك سوف يعطي شكل كروي وهمي واحد ويكون القمر الصناعي هو في مركزه والمسافة الى الارض تمثل نصف قطر الكرة الوهمية (الشكل 56).




الشكل29. تحديدموقعمعينفيحالةوجودقمرصناعيواحد.

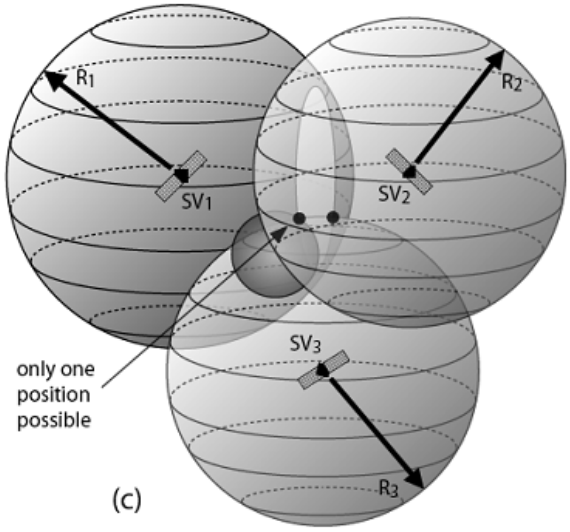
▪ اما في حالة وجود قمرين صناعيين متاحين لقياس موقع واحد على الارض فان الشكلين الكرويين الوهميين سوف يتشكلان بانصاف اقطار تمثل المسافة بين القمرين الصناعيين والأرض وأن تقاطعهما مع بعضهما يشكل الموقع المحتمل المراد قياسه على سطح الأرض والذي يكون بيضوي الشكل (الشكل 57).




الشكل57. تحديدموقعمعينفيحالةوجودقمرينصناعيين

▪ اما في حالة وجود ثلاثة اقمار صناعية لتحديد موقع على سطح الأرض فأن الناتج يكون تقاطع ثلاث اشكال كروية يمثل كل منها قمراً صناعية وأن أنصاف اقطار

تلك الأشكال تكون هي نفسها المسافات بين الاقمار الصناعية والأرض. تقاطع تلك الاشكال الكروية مع بعضها سوف يحدد وبشكل دقيق موقع الموضع المراد قياسه والذي يكون على شكل نقطتين، تمثل احداهما القياس الحقيقي المحتمل للموقع وأما الأخرى فهي خارج الموقع (الشكل 58).




الشكل58. تحديدموقعمعينفيحالةوجودثلاثاقمارصناعية.

لجعل القياس ادق فأن وجود اربعة اقمار صناعية سوف يقرب دقة الموقع الى اعلى دقة بسبب محو التباين الموجود في القياسات الناتجة من الاخطاء في قياسات الساعات الذرية الموجودة على الاقمار الصناعية والساعات على أجهزة تحديد الموقع الأرضية. لذا في حالة قياس ثلاثي الابعاد فانه يجب توفر على الاقل اربعة اقمار صناعية متاحة لقياس موقع معين. لهذا السبب فان NAVSTAR GPS صممت على اساس تواجد اربعة اقمار صناعية مع رؤية اكثر من 15 درجة عن الافق في أي وقت وفي أي موقع على الارض.

### 1.28.2 خدمة جهاز تحديد الموقع اليدوي Autonomous Positioning services

في مجال استخدام أجهزة تحديد الموقع اليدوية فأن وزارة الدفاع الامريكية DoD قدمت نوعين من الدقة وهما:

#### 1.28.2.1 الخدمة عالية الدقة للموقع Precise positioning Service (PPS)

PPS هو استخدام نظام وتقنيات ال GPS في الجانب العسكري في الولايات المتحدة الامريكية. ضمن هذه الأشارة يكون استخدام تقنية GPS متاحة من قبل وزارة

الدفاع الامريكة والجهات التي أُعطيت صلاحية خاصة لإستخدام النظام بشكل مستمر أو مرحلي موقت. PPS تقدم خدماتها عبر ما يعرف ب P-code مع نوعين من الاشارة او التردد يعرفان ب L1 وL2. لتاكد من ان هذه الخدمة تستخدم فقط من قبل من لهم الصلاحية بذلك تم انشاء ما يعرف ب Antispoofing technique (AS) .

في هذا النظام تستخدم الدقة Accuracy بشكل كامل دون عملية اعادة تنظيمها. وهذا سوف يساعد الجهات الامنية ذات العلاقة بتحديد المواقع بدقة عالية تعتمد على نوع القمر الصناعي ونوع جهاز الاستقبال GPS المستخدم. فمثلا في عام 1995 كانت تعطى دقة افقية مقدارها اقل من 22 متر بينما الدقة العمودية بمقدار 27.7 متر وبنقاوة تقدر ب 95% لكل منها. سرعة الترداد للاشارة تبلغ 200 nanoseconds وايضا نقاوة تبلغ 95% . اما لاحقا فان الدقة الفعلية تكون بين -+ 1 الى 10 متر(الشكل 59).

الشكل59. يمثلجهازتحديدالموقعمنالنوعالعسكري.

### 1.28.2.2 الخدمة محدودة الدقة Standard Positioning Service (SPS)

SPS هو جانب استخدام النظام للاغراض المدنية وتعتمد في القياس على الموقع والوقت، وهي خدمة متاحة ومجانية للاستخدام المدني. SPS تقدم خدماتها عبر ما يعرف اصطلاحا ب C/A-code فضلا عن navigation message modulated والتي تمثل بالرمز L1. اذن يمكن الحصول على اشارة SPS باستخدام مستقبل للاشارة يستطيع تتبع C/A-code على اشارة L1 فقط والتي يمكن الحصول عليها باستخدام المستقبل اليدوي او جهاز GPS يدوي (الشكل 60).

الشكل 30. احدى استخدامات جهاز تحديد الموقع للاغراض المدنية.

وسوف نعطي بعض خصاص هذا الجزء الحيوي من النظام ومما يتكون وكما يلي:

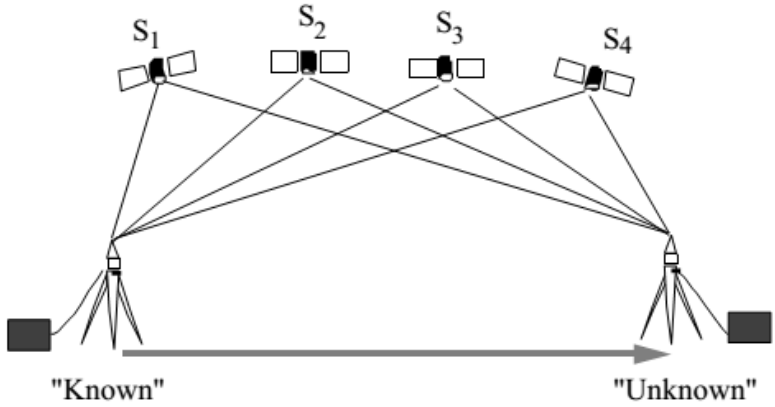
يعتمد نظام SPS على ثلاثة مكونات رئيسية وهي الوقت والملاحة والموقع في الفضاء على التوالي (space-based, navigation , and timing) والتي يطلق عليها اختصارا باشارة ال PNT والتي تتاح للمستخدم بشكل مجاني للاستخدامات السلمية المدنية والتجارية والعلمية حول العالم. أُضيف الى SPS ما يعرف بمعيار الاداء (Performance Standard) والذي يكتب اختصارا ب PS في النهاية اصبح مصطلح SPS PS متداول وهو خاص بالاستخدامات المدنية السلمية العلمية لنظام ال GPS الامريكي.

يعرف SPS PS بانه مستوى الدقة (accuracy ) للاشارة القادمة من الفضاء مع الوقت ((Signal in Space (SIS) المقدمة من USG الى المستخدم (الشكل 60). الدقة المستخدمة لخدمة ال GPS للاغراض المدنية مقدمة من قبل وزارة الدفاع للولايات المتحدة الامريكية DoD وزارة النقل DoT وهي الجهات الامنية بالولايات المتحدة الامريكية . في الاستخدامات المدنية لنظام ال GPS تعمل الجهات ذات العلاقة على اعادة صياغة الدقة في القياسات لتصبح اقل من الواقع الحقيقي لها تجنبا لاي استخدامات قد تضر بامن الدول والمجتمعات وخاصة امن الولايات المتحدة صاحبة النظام. فالاستخدام المدني SPS تقدم دقة افقية مقدارها 100 متر (بينما في الاستخدام العسكري كان 22متر) ودقة عمودية مقدارها 156 متر (بينما في الاستخدام العسكري كان 27.7 متر) وكلاهما بنسبة دقة تصل الى 95% اما الوقت الوصول للاشارة من القمر الصناعي الى المستخدم فيبلغ 340 nanoseconds (بينما في الاستخدام العسكري 200) ايضا بدقة تبلغ 95%.

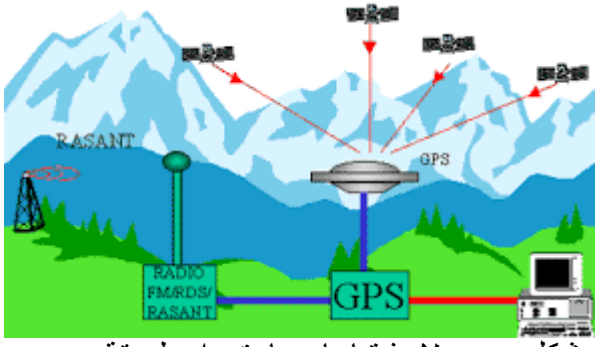
اما فيما بعد العام 2000م فقد اصبحت الدقة الافقية تصل الى 13 متر بدلا من 100 في الاستخداملات المدنية وذلك ساعد على الانتشار الواسع لاتخدام هذه التقنية من قبل فئات واسعة من المجتمعات واصبحت تطبيقات GPS في كل المجالات شائعة وتستخدم بشكل يومي من قبل الشركات والافراد على حد سواء.

## 1.29 القياس باستخدام طريقة المواقع المرتبطة Relative Positioning

طريقة Relative Positioning تتكون من جزئين، الجزء الثابت Relative receiver والجزء المتحرك والذي يدعى ب Roving receiver . هذا النوع من المسح يتطلب تخطيط مسبق لعملية المسح ضمن مشروع معين تستخدم فية طريقة relative positioning. ايضاً تتطلب هذه الطريقة وجود مالايقل عن اربعة اقمار صناعية متواجدة وظاهرة في منطقة المسح لجزئي الطريقة ( reference and roving receiver) وكلما كان العدد اكثر كان افضل. في حالة استخدام Code measurements وجود الاشارة للاقمار الصناعية ليست ضرورية بشكل دائم ولكن تواجدها بشكل مستمر يعتبر امرا جيدا. بالامكان الحصول على قياسات ثلاثية الابعاد 3D مع دقة عالية باستخدام طريقة relative شريطة وجود مالايقل عن اربعة اقمار صناعية ظاهرة لكلا جزئي هذه الطريقة receiver and rover stations (الشكل 61، 62).




الشكل61. اخذنقطةGPSباستخدام Relativeوالذييتطلبوجوداكثرمنمُستقبل.



الشكل 31. شكل مجسم لاخذ قياسات باستخدام طريقة Relative.

اما في حالة استخدام carrier phase measurements فان استمرارية وجود الاشارة من الاقمار الصناعية وبشكل مستمر اثناء القياس ضرورية لكلا جزئي الطريقة receiver and rover stations. تلك التوصيات تعتبر مهمة لاجراء مسح باستخدام تكنولوجيا GPS من النوع المتحرك kinematic. ايضاً من الضروري تجنب الاشجار الكثيفة والجسور والتي تعيق عملية وصول الاشارة اثناء اجراء المسح.

لهذه الطريقة محاسن نذكر منها:

1. استخدام هذه الطريقة يقلل من الاخطاء error sources.
2. تحسين الدقة accuracy بشكل كبير.

اما مساوئ أو عيوب هذه الطريقة فهي:

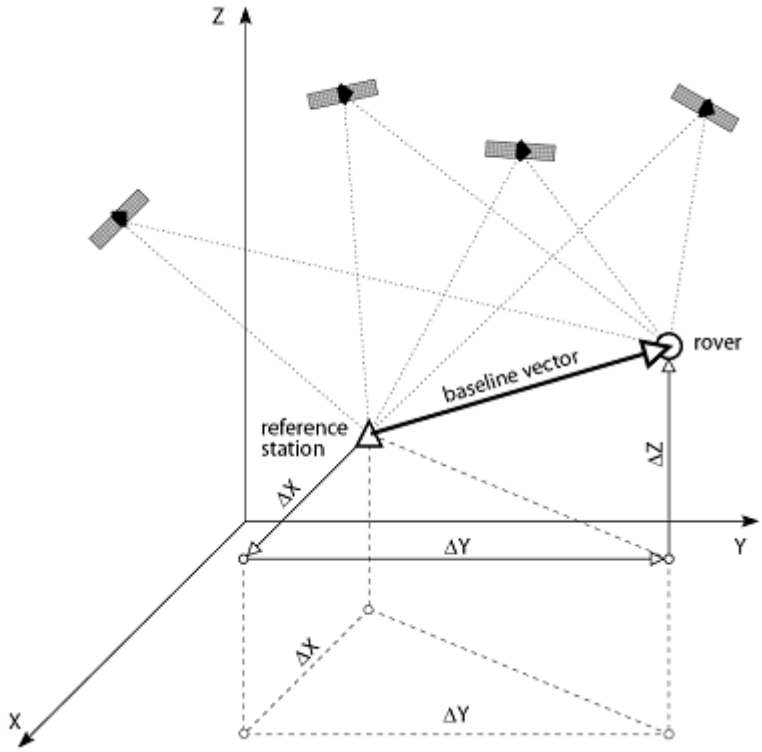
1. تتطلب هذه الطريقة وجود GPS receiver عدد اثنين يعملون كلاهما في نفس الوقت.
2. يجب ان توضع خطة مسبقة post-processing تسبق عملية اجراء المسح الميداني.
3. تحتاج البيانات بعد اخذها واجراء المسح الى عمل مكتبي يلي عملية اخذ العينات.
4. تكون هناك عمليات ملاحة فقط في حالة وجود ارتباط link مع البيانات.
5. تعتبر اقل متانة واكثر ضعفا من الطريقة الاولى Autonomous.

### 1.29.1 كيفية عمل تقنية المواقع المرتبطة

**Differential (or Relative) positioning**

يتكون هذا النوع من التقانة في القياس من اثنين من المتحسسات antenna، احدهما يكون ثابت غير متحرك يوضع في موقع محدد ومعروف الاحداثيات سلفا وهذا يدعى ب reference station، اما الجزء الثاني فهو متحرك kinematically traversed والذي يدعى ب rover station.

الجزء المتحرك من هذه التقنية يقدم احداثيات بناءاً على الأحداثي المعلوم مسبقا في المحطة الثابتة reference station وإلا في حالة عدم وجود احداثيات معلومة في المحطة الثابتة فان المحطة المتحركة rover station سوف تعطي فقط الفرق في القياس عن المحطة الثابتة. في هذا النوع من التقنية فان البيانات تخزن ثم تحلل فيما بعد post-processing وتقارن مع تحليلات اخرى ببرامج اخرى. أما في العمل الموقعي فان تقنية التحليل الآني real-time سوف تكون موجودة ومتمثلة في ربط البيانات بين اجزاء الجهاز الثابت والمتحرك بواسطة أما موجات راديوية radio أو بواسطة سلك cable أو انترنت وهذا الربط يهدف الى ارسال تصحيح القيم أو المقاييس من جزء الجهاز أو التقنية الثابت reference receiver الى الجزء المتحرك rover receiver.(الشكل 63)

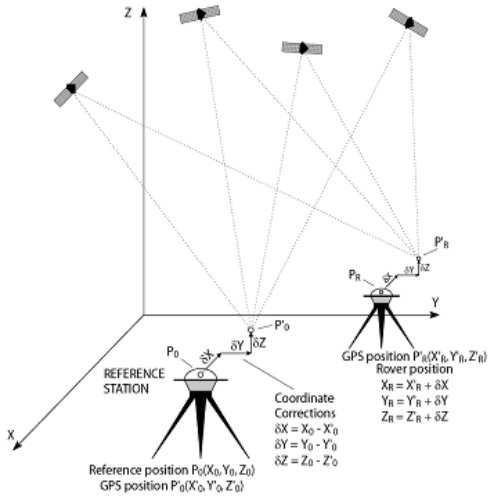



الشكل63. المبداالعاملطريقةالمواقعالمرتبطةrelative positioning.

هناك طريقتان لاستخدام الموقع المرتبط Differential Positioningوهما:-

### 1.29.1.1 استخدام تقنية تصحيح الموقع مع الموقع المرتبط
**DGPS using position correction**

تتبنى طريقتي post- processing و real-time في تحليل البيانات، إذ يجب ان يكون هناك ارتباط بين جزئي التقنية reference receiver و rover receiver.تعتبر من الطرق القديمة وقليلا ما تستخدم في الوقت الحالي. في هذه الطريقة يتم الحصول على القراءات من reference station بمرور الوقت باستخدام code phase ويتم مقارنتها مع الاحداثيات المعطات مسبقا عن منطقة الدراسة. تحت فرضية تشابه الخطا اثناء القياسات من المصدر في الجزء المتحرك من التقنية rover station، فان البيانات التي يتم الحصول عليها من القياسات باستخدام هذه الطريقة position correction سوف تستخدم بصورة مباشرة لتصحيح الاحداثيات على rover station (الشكل 64). تقنية تصحيح الموقع Position corrections تطبق بصورة مباشرة من خلال الجزء المتحرك rover station من منظومة الوضع المرتبط DGPS ( على افتراض حدوث نفس الخطا في جزئي تقنية DGPS).الدقة الافقية horizontal في هذه الطريقة هي بحدود -+100 متر، وتنخفض هذه الدقة في حالة اطلاق تقنية S/A الى -+10 الى -+30 متر على طول بضعة مئات من الكيلو مترات. للحصول على الدقة العالية في هذه الطريقة يجب ان يكون هناك تاثير واتصال مباشر لكلا المتحسسين في DGPS position correction من قبل نفس القمر الصناعي. أما في حالة وجود اقمار صناعية مختلفة (اي كل جزء يحصل على اشارة من قمر مختلف) فان ذلك سوف يعمل على انحدار كبير في الدقة. أن من اهم خصائص وايجابيات هذه الطريقة هي بساطة تطبيقها (بسهولة يمكن تطبيقها يدويا).



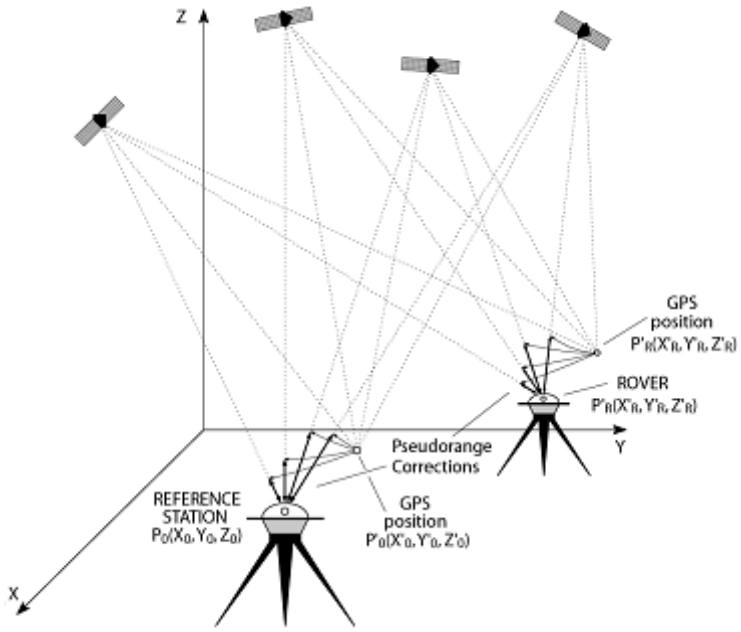

الشكل64. استخدامتقنيةتصحيحالموقعمعالموقعالمرتبطPosition correction.

### 1.29.1.2 استخدام تقنية تصحيح المدى الوهمي

**DGPS using pseudorange corrections**

هذه الطريقة ايضا تتبنى طريقتي post- processing و real-time في تحليل البيانات، كما انه يجب ان يكون هناك ارتباط بين جزئي التقنية reference receiver و rover receiver. DGPS using pseudorange corrections تعتمد في عملها على المدى الاختلاف في القياسات بين قراءات الاقمار الصناعية وقراءات اجزاء اجهزة DGPS. على الرغم من شيوع استخدام طريقة position correction في بداية انشاء وتطور GPS إلا أن طريقة pesudorange correctionتعتبر شائعة جداً في هذه الايام بل وتعتبر الأفضل والأكثر استخداماً الان، كما انها تعتمد في القياس على حساب قيمة الجزء الثابت reference station من تقنية DGPS اعتماداً على الأحداثيات المعطاة مسبقا مقارنة بقياسات هذه الطرية pesudoranges. الاختلافات بالاحداثيات في هذه الطريقة تستخدم لتقييم التصحيحات، لذا فان الاحداثيات المصححة تشابه بالضبط الاحداثيات المعطاة سلفا تظهر في الجزء الثابت reference station. تحت فرضية ان تكرار نفس الخطأ من المصدر (القمر الصناعي مثلا) سوف يكون على كلا الجزئين من اجزاء تقنية pesudorange correction واللتان هما reference station و rover station فانه بالإمكان تصحيح القياسات على rover station بالأعتماد على الاحداثيات الصحيحة في reference station. التصحيحات تقدم من قبل موقع الاقمارالصناعية وليست من قبل برج القمر الصناعي satellite constellation. في هذه الطريقة فقط يمكن استخدام اشارة الاقمار الصناعية في كلا الجزئين ( reference

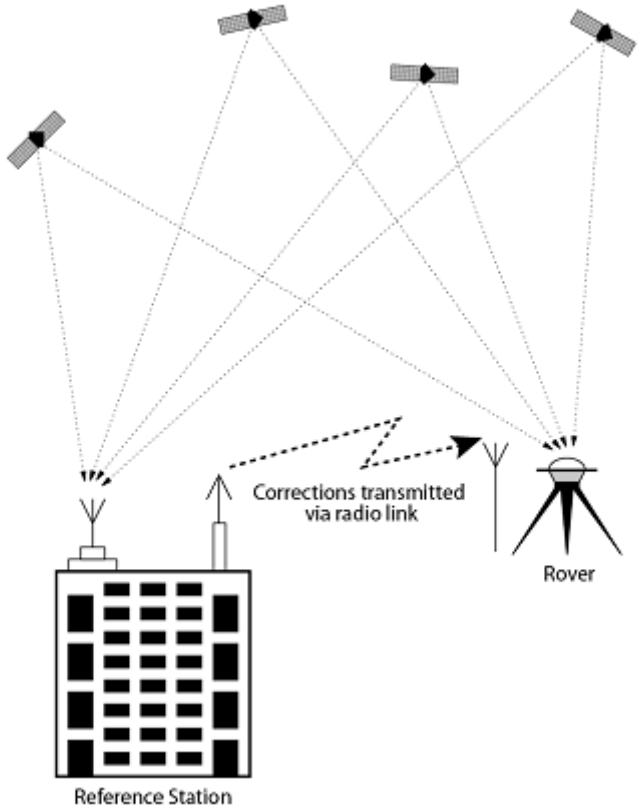
and rover) من تقنية DGPS. مستوى الدقة الافقية المتوفرة في هذه التقنية هي حوالي -+ 1 متر مضافاً اليها مترا اضافية كلما ابتعدنا عن reference station بمقدار 100 كيلو متر على طول خط القياس (الشكل 65).




الشكل65. استخدامتقنيةpesudorange correction.

### 1.29.2اعدادات تقنية الموقع المرتبطة DGPS Setup

مثلما تم ذكره سابقاً فان كلا الطريقتين سابقتا الذكر يتبنيان أما طريقة real-time او post- processing . ان الاشكاليات في هذه الطرق على الاغلب في كون استخدام خدمة DGPS يتطلب ارتباط وثيق وفعال بين اجزاء النظام ( rover and reference station) وهذا يتم أما راديويا أو بالاتصال بالاقمار الصناعية.خلال ارتباط البيانات سواء باستخدام طريقة position correction أو طريقة pesudorange correction سوف يتم ارسال البيانات الى الجزء المتحرك من النظام rover station. يعد الموقع المطلق والذي يتم الحصول عليه وتصحيحه من قبل القمر الصناعي المرتبط به. في حالة استخدام طريقة post- processing سواء باستخدام تقنية position أو pesudorange فان البيانات يجب أن تخزن في المتحسس داخل جهاز GPS ثم يتم تحليلها بعد العودة الى المكتب وليس في الحقل. أما في حال استخدام real-time فأن التحليل والنتائج تكون اثناء التحليل أي في الحقل. إن مبدأ التحليل باستخدام real-time باستخدام الموجات الراديوية radio link يوضح في (الشكل 66).




الشكل32. المبداالذييعملعليهفيطريقةالمعالجةالانيةللبياناتreal-timeمعالاتصالالراديوي

### 1.29.3تقنيات المسح باستخدام DGPS

هناك عدة طرق او تقنيات للمسح الموقعي تعتمد على استخدام carrier phase. هذه التقنيات في المسح تتفاوت في مدة الوقت التي تستغرقها في حالة النقاط غير معلومة الموقع مسبقا و مقدار الدقة التي يتم الحصول عليها. إن من أهم طرق المسح باستخدام GPS وخاصة في حالة استخدام carrier phase هي الطرق التالية:

1. المسح الثابت Static Survey.
2. المسح الساكن السريع Fast Static Survey.
3. المسح التوقف والحركة Stop-and-Go Survey
4. المسح الحركية Kinematic Survey.

في حالة المسح باستخدام طريقة المسح الثابت Static Survey و المسح الساكن السريع Fast Static Survey سوف يستخدم طريقة post-processing، والتي تتطلب

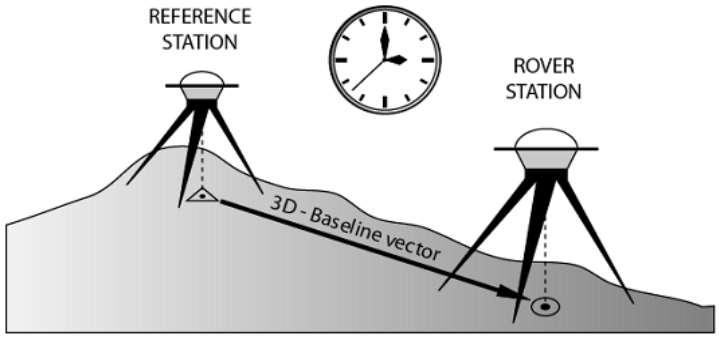
خزن البيانت والملاحظات الحقلية بواسطة المتحسسات في أجهزة GPS ومن ثم تحلل وتقارن فيما بعد باستخدام برامجيات خاصة.

أما في حال استخدام المسح التوقف والحركة Stop-and-Go Survey والمسح الحركية Kinematic Survey فانه يستخدم طريقة post-processing والتحليل الآني real-time. في حالة real-time فذلك يتطلب ارتباط البيانات راديويا ويتم تغيرها آنيا في الحقل. وللتعرف على تفاصيل استخدام طرق المسح سابقة الذكر نوجز الاتي:

### 1.29.3.1 المسح الثابت Static Survey.

تعد هذه التقنية من اكثر انواع تقانات الوضع المرتبط Relative GPS positioning دقة من خلال جمع واستعمال اكبر كمية من البيانات. إذ يتم استخدام اثنين أو اكثر من المتحسسات receivers كمحطات قياس ثابتة لجمع البيانات والاحداثيات. حيث يتم نصب المحطات وانتظارها لمدة اكثر من ساعة يتم خلالها تسجيل البيانات وان طول مدة القراءة تعتمد على طول خط الاساس baseline length. لهذا السبب فان دقة هذه الطريقة تكون عالية من خلال انتظار اخذ القراءة. فترة الملاحظة تكون خلال 10- 30 ثانية.

سوف يقدم وقت القياس الطويل قراءات غير دقيقة وتغيرات في موقع الاقمار الصناعية ومن ثم سوف ينعكس ايجابيا على الدقة من خلال اخذ افضل القراءات اعتماداً على افضل موقع للاقمار الصناعية. إن طريقة المسح الثابت static survey عادة تستخدم تقنية post-processing والتي يتم خلالها تحسين البيانات وزيادة نقاوتها ودقتها. إن من الشائع أن يكون طول خط الاساس للمسح baseline يتراوح بين بضعة كيلومترات الى عشرات الكيلو مترات، وان الدقة التي يتم الحصول عليها عادة اقل من سنتميتر واحد. وفي حالة وجود تطبيقات خاصة فان طول خط الاساس يمتد الى مديات عالمية ودولية. تستخدم طريقة المسح الثابت static survey للحصول على دقة جدا متناهية وذلك بزيادة مدة اخذ القياسات الى يوم كامل بدلا من ساعة، وهذا عادة يستخدم في حالة عمل وانشاء نظام مرجعي (داتيوم) عالمي global reference system كما في انشاء Geocentric Datum of Australia (GDA). في حالة استخدام وقت طويل للقراءة سواء اكانت باستخدام متحسس واحد أو اكثر فانها تنعكس ايجابيا على قيمة الدقة بل وتعطي دقة عالية جداً، ولكن في حالة البحث عن دقة عالية وفي وقت قصير يجب أنْ يكون هناك اكثر من متحسس واحد كما يجب ان يكون طول خط الاساس في القياس هو بضعة عشرات من الكيلومترات. كما انه ليس شرطا بوجوب توفر اربعة اقمار صناعية متاحة بشكل مستمر لكي يكون القياس دقيق في حالة المسح الثابت. ايضاً في هذا النوع من المسح لايوجد فرق بين جزئي النظام ( rover and reference) الا في حالة وجود احداثيات معلومة على متحسس reference station. (الشكل 67، الجدول 9).

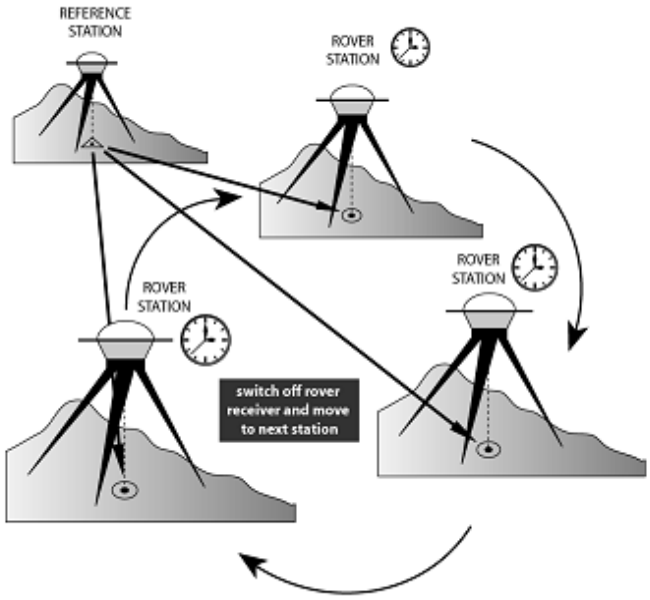



الشكل67. المبداالذيتعملعليهطريقةالمسحالثابت.

### 1.29.3.2 المسح الساكن السريع Fast Static Survey.

يستخدم هذا المسح نفس المبدأ الاساسي للمسح الثابت static survey. إلا أنه يختلف عنه بطول مدة الانتظار في اخذ القياس، إذ تكون مدة انتظار اخذ قياس الاحداثيات اقل بكثير من المسح الثابت ومن ثم الانتقال الى النقطة الاخرى. وهذا يتطلب وجود اربع قراءات observables ، ووجود كلا الاشارتين code and carrier phase data. لذلك يستخدم فقط اثنان من المتحسسات في هذا النوع من التقنية للمسح. طول خط الاساس في المسح في هذه التقنية يتراوح بين من 10-20 كيلومتر. الوقت اللازم لاخذ قراءة باستخدام المسح الساكن السريع يتراوح بين 5 – 20 دقيقة للقراءة الواحدة مع توفر خمسة اقمار او اكثر. وجود ما لايقل عن اربعة اقمار صناعية بتوزيع جيد يساعد في تقليل الوقت اللازم لاخذ القراءة كما يساعد على الوصول الى الدقة العالية. ان طريقة المسح الساكن السريع تكون اكثر فعالية من الطريقة الثابتة بسبب قصر الوقت المستخدم للقياس. الدقة في طريقة المسح الثابت السريع تتراوح بين 1- 0.5 سنتميتر وهذا مرتبط بتوفر ما لا يقل عن اربع اقمار صناعية متاحة وبشكل مستمر اثناء القياس.

طريقة المسح الساكن والسريع تتطلب متحسس واحد او اكثر من الجزء المتحرك rover والذي يمثل الجزء عدم معروف الاحداثيات، بينما يجب توفر ما لايقل عن متحسس واحد ثابت reference station والذي يعد محطة ثابتة مرجعية (الشكل 68، الجدول 9). مقارنة بالوقت القصير للقياس مع الدقة العالية التي يتم الحصول عليها باستخدام هذه الطريقة فان طريقة المسح الثابت الساكن تعتبر من اكثر الطرق استخداماً.

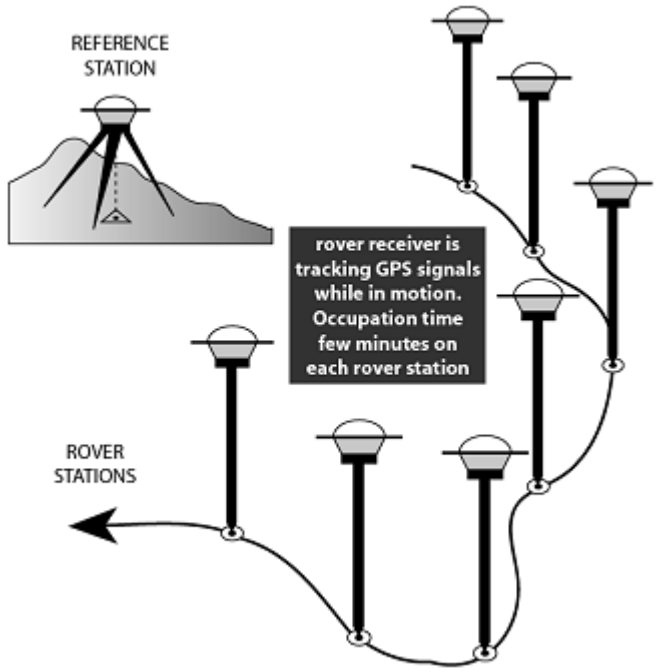



الشكل68. المبدأالذيتعملعليهطريقةالمسحالساكنوالسريع.

### 1.29.3.3 المسح التوقف والحركة Stop-and-Go Survey

يجمع هذا النوع من طرق المسح بين طريقتي المسح الثابت static survey والمسح الحركي Kinematic Survey. وفي هذا النوع من المسح فان الجزء المتحرك من النظام rover receiver يكون ثابت في بداية المسح حتى يتم تشغيله، وقت تشغيل النظام يستغرق نفس وقت تشغيل طريقة المسح السريع fast-static أي من 5-20 دقيقة. بعد عملية التشغيل يتم تحريك الجزء المتحرك من النظام rover الى النقطة او المحطة الاخرى مع استمرارية الاتصال مع القمر الصناعي. خلال عملية تحريك الجزء المتحرك من النظام rover فأنه ياخذ قياسات مستمرة. القياس بهذه الطريقة يتطلب ما لايقل عن اربع اقمار صناعية مستمرة. كما أن من الضروري في هذه التقنية ان يكون هناك اتصال مباشر بين الاقمار الصناعية وبين المتحسسات، واي فقدان للاتصال يعني فقدان للقياس واعادة العملية من جديد. تعتبر هذه الطريقة من افضل الطرق في حالة توفر الشروط السابقة الذكر من حيث استمرارية الاتصال مع الاقمار الصناعية ، وان استمرار الاتصال مع الاقمار الصناعية يتطلب العمل تحت سماء مفتوحة اي لاتوجد عوائق لحجب الاتصال مع القمر الصناعي. وختاما تتطلب هذه التقنية في القياس وجود متحسس واحد او اكثر متحرك rover station غير معلوم

الاحداثي مع متحسس واحد ثابت reference station معلوم الاحداثي (الشكل 69، الجدول 9).

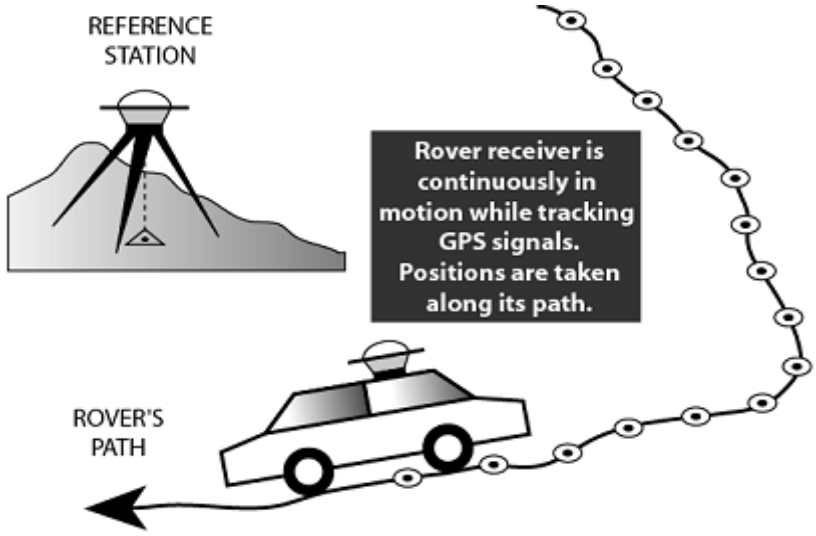



الشكل69. المبداالذيتعملعليهطريقةالمسحالتوقفوالحركةلاخذالاحداثيات.

### 1.29.3.4 المسح الحركي Kinematic Survey

يشير المصطلح kinematic الى التصميم الدقيق لمسار المتحسس او الهوائي antenna خلال الحركة اثناء المسح. تستخدم هذه الطريقة carrier phase في القياس، المتحسس المتحرك في هذه الطريقة مرتبط مع الجزء الثابت reference receiver والذي يعطي دقة تصل الى بضعة سنتميتر. وكما في طريقة المسح التوقف والحركة Stop-and-Go Survey فان المسح يتطلب التشغيل اولاً ثم البدء بعملية المسح. المسح الحركي kinematic survey يتطلب وجود اتصال دائم ومستمر مع الاقمار الصناعية اثناء عملية المسح، كما يتطلب وجود ما لا يقل عن اربعة اقمار صناعية (او خمسة). أي فقدان للاتصال بين المتحسسات والاقمار الصناعية يتطلب اعادة تشغيل النظام والمسح من جديد وإلا سوف نحصل على دقة تصل من 1-2 متر والتي يتم الحصول عليها من وجود code phase. هذا النوع من المسح باستخدام GPS

جعل من الممكن عمل مسح بالطريقة المتحركة ودون توقف. ومن الامثلة عليها المسح باستخدام السيارات او القطارات (الشكل 70، الجدول 9).




الشكل70. المبداالذيتعملعليهطريقةالمسحالمتحرك.

جدول7. طرقتحديدالموقعوالدقةالمتاحةلكلمنها.

| Method | Accuracy (95%) Horizontal* | Baseline Length | Measurement Duration |
|---|---|---|---|
| Autonomous positioning (L1 only) (Handheld GPS receiver) | ± 13 m | N/A | real-time |
| DGPS (C/A code phase, L1 only) | | | |
| Static (position averaging) | ± 1 - 5 m | 100 – 1,000 km | seconds - minutes |
| Kinematic (range corrections) | ± 1 - 5 m | 100 – 1,000 km | real-time |
| DGPS (carrier phase, L1 and L2) | | | |
| Static | ± 3 - 20 mm | < 2000 km | > 30 min |
| Fast Static | ± 2 cm | < 20 km | 5 – 15 min |
| Kinematic (post-processing) | ± 3 cm | < 10 km | few seconds |
| Real-Time Kinematic (RTK) | ± 3 - 5 cm | < 10 km | real-time (after initialization) |

# الفصل السابع
# أنظمة الملاحة العالمية الأخرى
# Other Satellite Systems

# الفصل السابع
# أنظمة الملاحة العالمية الأخرى
# Other Satellite Systems

## 1.30 تمهيد preface

فضلاً عن منظومة NAVSTAR GPS الامريكية من الاقمار الصناعية، هناك منظومات اقمار صناعية عالمية اخرى موزعة في الفضاء بمدارات متعددة ومرتبة تبعا لمرجعيتها ونظامها الخاص بها. من هذه المنظومات العالمية المنظومة الروسية GLONASS، والمنظومة العالمية الصينية Compass، والمنظومة العالمية الاوربية Galileo والمنظومة العالمية الفرنسية DORIS. كما يوجد منظومات محلية خاصة بنطاق معين محدود المساحة كما في الصين والتي تدعى Beidou وفي الهند تدعى IRNSS واخيرا في اليابان وتدعى QZSS.

## 1.31 منظومة الاقمار الصناعية الروسية GLONASS

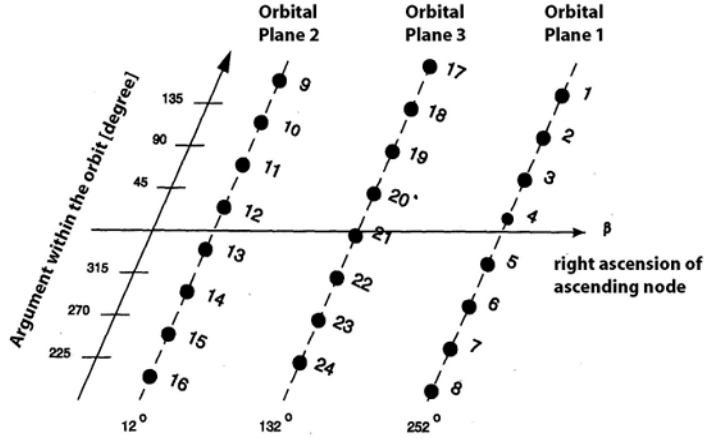
يمتلك الاتحاد السوفيتي السابق وروسيا حاليا منظومة اقمار صناعية لتحديد الموقع مشابهة إلى حدما منظومة تحديد الموقع الامريكية GPSNAVSTAR. يطلق على منظومة تحديد الموقع العالمية الروسية Global'naya Navigatsioannaya Sputnikovaya Sistems اومايقابلها باللغة الانكليزية Global Navigation Satellite System وكلاهما يطلق عليها اختصارا ب GLONASS. المنظومة الروسية طورت من قبل جيش الاتحاد السوفيتي السابق USSR والتي يقابلها الاتحاد الروسي. وعلى خلاف منظومة GPS الامريكية فان الروس اتاحوا استخدام منظومتهم GLONASS للاستخدام المدني وبدون قيود. ولكن ابقت حق استخدام مدى الشفرة او الاشارة encrypt the precise ranging code بيدها للتحكم بالدقة العالية ويجب منح صلاحية من قبل إدارة النظام في هذا الأمر. منظومة GLONASS لتحديد الموقع تستخدم تقنية مشابهة الى حدما ما موجود في منظومة GPS الامريكية حتى من ناحية الدقة accuracy.

بدأ العمل بمنظومة GLONASS الفضائية في عام 1972م. وأول قمر صناعي أُطلق الى الفضاء في شهر تشرين الاول (October) من عام 1982م. في البداية كان التصميم فقط للاستخدامات العسكرية لجيش الاتحاد السوفيتي. اليوم هذه المنظومة بالإمكان استخدامها من قبل المدنيين.اكتملت منظومة GLONASS في الفضاء في عام 2011م.

تتكون منظومة GLONASS من 24 قمراً صناعياً ليكتمل النظام فيها وكما مخطط ولكن وبسبب اعباء مالية لحقت بها، لم تكتمل المنظومة حتى عام 2011م.

الاقمار الصناعية في هذه المنظومة وضعت في الفضاء على ارتفاع يبلغ 19,100 km . المنظومة تتكون من ثلاث مدارات مائلة بمقدار $64.8^{o}$ عن خط الاستواء. القمر الصناعي الواحد يُكمل دورته حول الارض ب 11 ساعة و 15 دقيقة و 44 ثانية. كل مدار يحتوي على 8 اقمار صناعية موزعة بالتساوي (تبلغ الزاوية بينهما $45^{o}$ ) كما اعطي رقم لكل قمر بناءا على موقعه في المنظومة (الشكل 71). يبلغ ارتفاع جسم القمر الصناعي في منظومة GLONASS 3 امتار ووزنه حوالي 1,400kg.

المنظومة الروسية للاقمار الصناعية مقسمة الى ثلاث اقسام كما في المنظومة الامريكية. حيث يوجد الجزء الفضائي المتمثل بالاقمار الصناعية والجزء الارضي والمتمثل بمحطات السيطرة الارضية فضلا عن الجزء الخاص بالمستخدمين والمتمثل باجهزة GPS الخاصة بالمستخدم سواء كان استخدام مدني ام عسكري.



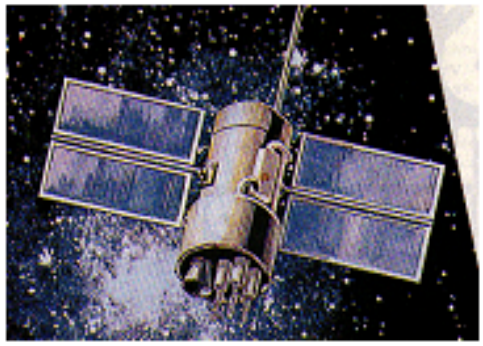

الشكل33. التوزيعالطبيعيلاقمارGLONASSفيالفضاء.

### 1.31.1مراحل تطوير المنظومة الروسية GLONASS

منظومة الاقمار الروسية GLONASS مرت خلال تطويرها بثلاث مراحل هي:-

#### 1.31.1.1 المرحلة الاولى اقمار Block IIa, IIb, & IIv

بدات المرحلة الاولى في عام 1982م عندما أُطلق اول قمر صناعي من منظومة GLONASS. تطور بمرور الوقت وشمل Block IIa, IIb, and IIv. العمر الافتراضي للاقمار الصناعية لتلك المرحلة يبلغ من 16 شهر الى 3 سنوات. عدد الاقمار الصناعية التي أُطلقت للفترة من 1985 م الى 2000م يبلغ 43 قمراً صناعياً وكلها من الانواع Block IIa, IIb, and IIv (الشكل 72).



الشكل72. نموذجلاقمار.GLONASS

### 1.31.1.2 المرحلة الثانية اقمارGLONASS M-

في هذه المرحلة من عمر نظام تحديد الموقع الروسي GLONASS تم تطوير المنظومة من خلال اطلاق الجيل الجديد للاقمار والذي يدعى ب GLONASS-M (الشكل73). من مميزات هذا الجيل هو عمر بقاء القمر الصناعي الى سبع سنوات بدل من ثلاث سنوات في المرحلة السابقة. اطلق 14 قمرا صناعي للفترة مابين 2003م الى 2007م.

الشكل34. نموذجلاقمارGLONASS-M.

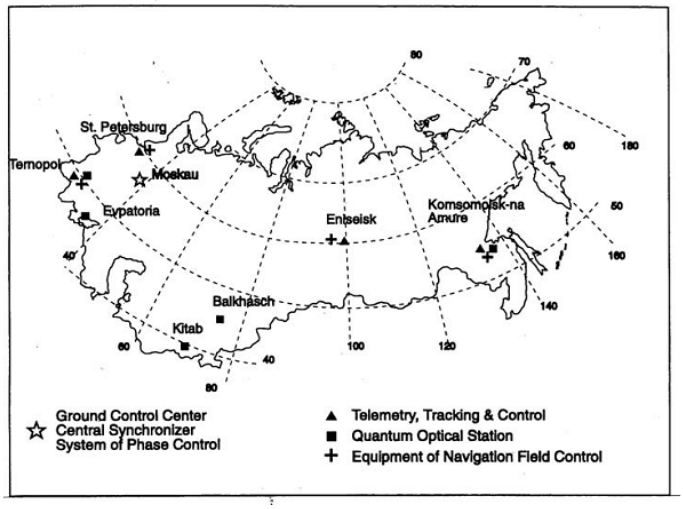
### 1.31.1.3 المرحلة الثالثة اقمارGLONASS K-

في هذه المرحلة تم اطلاق الجيل الثالث من الاقمار الروسية والذي يدعى GLONASS-K (الشكل 74). ومن اهم مميزاته هي تخفيف وزن القمر الصناعي ليصبح 750 kg بدلا من 1400 kg فضلا عن تطوير عمر القمر الصناعية ليصبح 10 سنوات. ايضاً اصبح للقمر القدرة على بث خمسة انواع من الاشارات بدلا من اثنتين في الاجيال السابقة. كما تم تطوير الجيل الثالث من الاقمار الى GLONASS-K2 و GLONASS-KM. اطلق من هذا الجيل 30 قمر صناعي من عام 2003 حتى 2011.

الشكل74. نموذجلاقمارGLONASS-K.

### 1.31.2محطات السيطرة الارضية في Control Segment of GLONASS

يوجد عدد من محطات السيطرة الارضية والتي تؤدي نفس وظيفة محطات السيطرة الأرضية الامريكية في نظام GPS. ومن واجباتها هي قيادة حركة الاقمار الصناعية في الفضاء و تحميل وإدارة البيانات عليها. تلك المحطات موزعة بشكل جيد على كل مساحة الاتحاد السوفيتي السابق. بينما المحطة الرئيسية موجودة في العاصمة موسكو ( الشكل75).




الشكل35. توزيعمحطاتالسيطرةالارضيةلمنظومةاقمارGLONASS.

## 1.32 منظومة الاقمار الصناعية الصينية Compass

الوكالة الصينية للعلوم والفضاء وقع على عاتقها تطوير منظومة الاقمار الصينية ولعدة سنوات. بدا العمل بهذه المنظومة في عقد الثمانينات، ولكن لم يطلق اي قمر صناعي انذاك. في العام 2000م الوكالة الصينية Compass اطلقت قمرين صناعيين من نوع Beidou-1 وتبعها اطلاق القمر الثالث في عام 2003م. هذه المجموعة والتي تعتبر مجموعة الاقمار الصناعية محلية العمل أُريد لها العمل لخدمة البنى التحتية الصينية مثل قطاع النقل والمواصلات ، وانتاج النفط، و السيطرة على الغابات، و الكوارث الطبيعية، وقطاع الاتصالات والامن الوطني (الشكل 76).

الشكل76. اقمار CNSS الصينية.

حاليا استطاعت الصين من تطوير الجيل الثاني لقمر Beidou-2 او ما يعرف CompassNavigation Satellite System (CNSS) والذي يُعدُّ نظاماً عالمياً لتحديد الموقع مشابه للنظام الامريكي والروسي. معلومات قليلة عن النظام متاحة بسبب عدم اكتماله، إلا أن الاشارت لتلك الاقمار الصناعية تم التقاطها من قبل نفس الاجهزة المستخدمة لمنظومة الاقمار الصينية والامريكية.

من المتوقع ان تتكون منظومة الاقمار الصينية CNSS من 30 قمراً صناعياً medium-Earth-orbit (MEO) والذي يبث اشارة من نوع L-band والتي تشبه الاشارة في منظومة GPS الامريكية. CNSS سوف تدار من قبل خمسة محطات ارضية geostationary satellites. تم اطلاق 10 اقمار صناعية من نوع Compass-M1 في شهر ايار (May) 2013 (الشكل 77).

الشكل36. نموذجلاطلاقصاروخحاملللاقمارCompass.

## 1.33 منظومة الأقمار الصناعية الاوربية
## Galileo Global Navigation Satellite System

تعد منظومة الاقمار الاوربية غاليلو مناظرة لمنظومة GPS الامريكية. والتي من الممكن ان تكون المنظومة الاولى عالميا وخاصة في الاستخدامات المدنية. هذه المنظومة أُنشأتْ في بداية عقد التسعينيات من اتحاد مؤسسات الاتحاد الاوربي European Union (EU) ووكالة الفضاء الاوربية European Space Agency (ESA) . وتمتلك هذه المنظومة طاقة تؤهلها على أن تكون افضل من منظومة GPS الامريكية ومنظومة GLONASS الروسية إذ انها تكون اكثر امانا ومصداقية إذ أن المنظومات الامريكية والروسية لا تتيح الامان بشكل جيد لانها بالامكان ان تنطفى فجاة دون تحذير مسبق وهذا قد يكون كارثي وخاصة في رحلات الملاحات الجوية، بينما المنظومة الاوربية فهي تعطي تحذير باقل من دقيقة. مثل منظومة Galileo للاستخدامات المدنية سوف لن يكون متاح لانها تقدم السلامة في العمل والثقة في البيانات المقدمة في جميع تطبيقات الحياة.

أُطلق اول قمر صناعي من منظومة Galileo كان القمر Giove A في عام 2005 والتي تمثل اختصار لكلمات Galileo In-Orbit Validation Elemrnt. ووضع تصور عام حول بناء منظومة غاليلو منذ عام 2008م والتي من المتوقع ان تكتمل في العام 2020م. منظومة غاليلو تقدم مدى من الاشارات code-ranging signals، فضلا عن معلومات عن الدقة في الوقت المناسب. اكثر منافع منظومة غاليلو سوف ياتي من اشتراك منظومة اقمار المنظومة الامريكية GPS والمنظومة الروسية GLONASS والمنظومة الاوربية Galileo، فضلا عن ضمان بان تكون منظومة تحديد الموقع العالمية متاحة حتى في حالة انطفاء المنظومة الامريكية والروسية لسبب ما.

التطبيقات الاساسية للمنظومة الاوربية هي في مجالات السيطرة على المرور والطرقات والسيطرة على حركة القطارات والنقل البحري فضلا عن النقل الجوي. الدقة accuracy في منظومة غاليلو هي 1متر في العموم ولكن في حالة الخدمة الخاصة تصل الى 10 سنتمتر.

### 1.33.1 مراحل تطور منظومة غاليلو

مرت منظومة غاليلو بمراحل تطور عدة تتمثل بالاتي:-

#### 1.33.1.1 المرحلى الاولى بين عامي 2001م-2005م

1. تعزيز المتطلبات المهمة للمنظومة.
2. تطوير الاقمار الصناعية والمحطات الأرضية.
3. تصديق النظام (في المدار).

#### 1.33.1.2 المرحلة الثانية بين عامي 2006م-2007م

1. بناء واطلاق الاقمار الصناعية.
2. تنصيب واكمال المحطات الارضية.

### 1.33.1.3 المرحلة الثالثة تبدا من 2008م

1. هذه المرحلة هي تحت المناقشة وسوف تتاخر لعقد من الزمان بسبب مشاكل سياسية ومالية.
2. الميزانية المتوقعة لهذا النظام اعلى مما تم تخصيصه.

## 1.33.2 تكوين منظومة الفضاء غاليلو

تتكون منظومة غاليلو الفضائية وحسب ما مخطط لها من 30 قمراً صناعياً (27 يعملون و3 احتياط) وبمعدل ارتفاع عن سطح الارض يبلغ 23,222 km. تتوزع تلك الاقمار على ثلاث مدارات تميل بمقدار $56^{o}$ درجة عن خط الاستواء. كل مدار يحوي على 10 اقمار صناعية من ضمنها واحد بشكل احتياط. اقمار غاليلو تكمل دورتها خلال 14 ساعة.

منظومة اقمار غاليلو مصممة لكي يكون بالامكان رؤية مالايقل عن اربعة اقمار صناعية في اي بقعة بالعالم باحتمالية مقدارها 90%.

## 1.33.3 مراحل بناء منظومة غاليلو لتحديد الموقع

### 1.33.3.1 المرحلة الاولية Initial Phase

1. اطلاق القمر الصناعي الاول لمنظومة غليلو والذي يدعى ب Giove A وذلك في 2005\12\26 (الشكل 78).
2. اطلاق القمر الصناعي الثاني والذي يدعى ب Giove B وذلك في 2008\4\27 (الشكل 79).

### 1.33.3.2 المرحلة التجريبية Experimental Phase

1. اطلاق قمرين صناعيين في 2011\10\21.
2. اطلاق قمرين صناعيين في 2012\10\12.

### 1.33.3.3 مرحلة التنفيذ Implementation Phase

1. بناء 30 قمرا صناعيا.

الشكل37. نموذجلاقمار غاليلو Giove A.

الشكل38. نموذجلاقمارغاليلوGiove B.

### 1.33.4المواصفات التقنية لاقمار غاليلو

تعد اقمار غاليلو من الاقمار متوسطة الحجم ، يبلغ وزن القمر الصناعي حوالي 700 kg. الجدول رقم (9 ) يوضح بعض التفاصيل التقنية لاقمار غاليلو.

جدول8: المواصفاتالتقنيةلاقمار.Galileo

| | |
|---|---|
| **Dimensions** | **2.7 x 1.1 x 1.2 m** |
| **Solar array span** | **13 m** |
| **Peak power** | **1700 W** |
| **Launch mass** | **700 kg** |
| **Navigation signals** | **10 signals transmitted in 1200-1600 MHz range** |
| **Onboard clocks** | **Rubidium clock Hydrogen maser clock** |

### 1.33.5محطات السيطرة الارضية The Control Segment

هناك محطتان أرضيتان تدعيان (GCC) Galileo Control Centres سوف تُبنيان على أرض اوربا. المحطات الارضية سوف يكون واجبها معالجة البيانات القادمة من اقمار غاليلو فضلاً عن السيطرة على كل منظومة الاقمار الصناعية غاليلو مع معلومات اخرى.

### 1.33.6تركيب الاشارة في اقمار غاليلو Galileo- The Signal Structure

صُمِّمتْ اقمار غاليلو لبث اكثر من اربعة انواع من الاشارات ضمن L-band. كل قمر صناعي سوف يرسل 10 انواع من اشارات الملاحة منظمة ضمن اشارات الموجة الحاملة carrier wave signals. ايضا نظام الاقمار غاليلو سوف يبث اشارة لتصحيح الدقة تعرف ب DGPS.

## 1.34 انظمة الملاحة الاقليمية

## Regional Satellite Navigation Systems

هناك ثلاثة انظمة اقمار صناعية اقليمية او محلية تغطى مكاناً ما من الكرة الارضية وليس كلها وهذه الانظمة الثلاثة المتاحة هي :-

- منظومة الاقمار الصينية بيدو China's Beidou 1.
- منظومة الاقمار الهندية Indian regional Navigational Satellite system (IRNSS).
- منظومة الاقمار اليابانية. Japanese Quasi-Zenith Satellite System (QZSS)

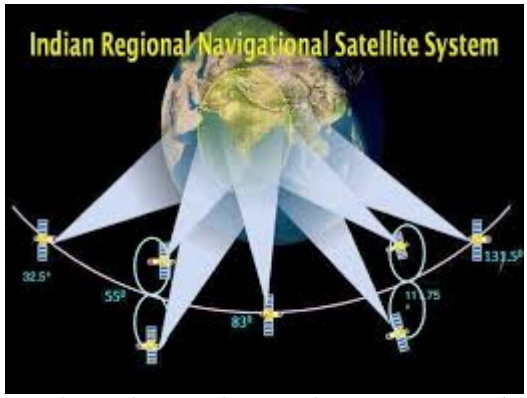
### 1.34.1 منظومة الاقمار الصينية Beidou 1 Satellite Navigation System

تتكون هذه المنظومة من ثلاثة اقمار صناعية نشرت في عامي 2000م الى 2003م. ويتيح هذا الجيل من الاقمار فقط دقة افقية فقط وطور هذا النظام الى نظام عالمي لتحديد الموقع وهو منظومة الاقمار الصينية سابقة الذكر.

### 1.34.2 منظومة الاقمار الهندية Indian Regional Navigational Satellite System (IRNSS)

هي منظومة لتحديد الموقع من نوع Autonomous regional. تم انشائها وتطويرها من قبل وكالة بحوث الفضاء الهندية Indian Space Research Organisation والتي تدار من قبل الحكومة الهندية. تم التصديق عليها في عام 2006م مع نية اكمالها في عام 2014م مع التخطيط لاطلاق اول قمر في عام 2013م. تتكون هذه المنظومة من 7 اقمار صناعية بدقة accuracy تصل الى 7.6 متر. هذه المنظومة منتشرة فوق القارة الهندية مع امتداد يغطي مايقارب 1,500 km حول الهند (الشكل 80، 81).

الشكل80. القمرIRNSSالهندي.




الشكل81. ترتيبالاقمار الصناعيةالهنديةالاقليميةفيالفضاء.

### 1.34.3منظومة الاقمار اليابانية

**Japanese Quasi-Zenith Satellite system (QZSS)**

تهدف منظومة الاقمار اليابانية الاقليمية الى ضبط الوقت وتحسين اداء GPS في الملاحة وتتكون من ثلاثة اقمار صناعية ( quasi-zenith) (الشكل 82). تم انشاء هذه المنظومة عن طريق Japanese Advanced Space Business Corporation (ASBC) ، اما الان فانها تدار من قبل الحكومة اليابانية من خلال مركز بحوث وتطبيقات الاقمار الصناعية SPAC. مدار الاقمار الصناعية عالي الاهليجية elliptical. لذا تلاحظ الاقمار لمدة اكثر من 12 ساعة فوق اليابان. هذه المنظومة ايضا متاحة فوق استراليا (الشكل 83).

الشكل82. نموذجلاقمارQZSS.

الشكل83. مدار الاقمار اليابانيةQuasi-Zenith.

# الفصل الثامن
# تطبيقات نظام تحديد الموقع
# GPS Applications

# الفصل الثامن
# تطبيقات نظام تحديد الموقع
# GPS Applications

## 1.35 تمهيد preface

سوف نتطرق في هذا الفصل الى استخدام تطبيقات نظام NAVSTAR GPS في مختلف حقول العلم والمعرفة والتطبيقات المدنية. إذ نلاحظ يومياً استخدامات لاحصر لها لنظام واجهزة GPS وفي مختلف المجالات بل قد تصل قيمتها المادية الى عدة مليارات من الدولارات والتي هي في زيادة مستمر سنة بعد اخرى. اهم انجاز لهذا النظام هو اتاحته للاستخدامات المدنية وبشكل مجاني (لاتوجد كلفة مباشرة لاستخدام النظام وانما بصورة غير مباشرة عن طريق بيع الاجهزة والمعدات). وحتى في حالة قيم الاجهزة والمعدات فانها اصبحت في الوقت الحالي متاحة بكلف مناسبة للمستهلك وحسب طبيعة العمل والدقة المراد الوصول اليها. الانظمة الملاحية للمستهلك اصبحت متاحة وبشكل يومي وخاصة في بلاد مثل اليابان وامريكا واوربا.

ومن الامثلة على التطبيقات في هذا النظام مايلي:

1. يستخدم نظام وأجهزة GPS في جمع البيانات وأجراء المسوحات باخذ نقاط باستخدام مختلف انواع الGPS الشخصية وغير الشخصية.
2. يستخدم GPS في تقديم دقة كافية ومناسبة للبيانات لرسم خرائط بمختلف مواضيعها وبمقاييس رسم مناسبة لكل الاغراض.
3. يستخدم في اجهزة الملاحة الأرضية والجوية والبحرية كما في السيارات والطائرات والبواخر وجميع الاليات الخدمية البلدية منها والزراعية.
4. يستخدم GPS في تحديد مناطق حالات الحوادث والطوارئ ويسهل من خلالها اسعاف تلك الحالات باستخدام وسائل مناسبة لهذا الغرض.
5. يستخدم GPS في عمل الخرائط والمسوحات الجيولوجية والجيوفيزيائية والزراعية وغيرها.
6. يستخدم GPS في عمليات ارجاع الخرائط مكانيا كالخرائط الطوبغرافية وعمل تصحيح مكاني لصور الاقمار الصناعية وجميع عمليات التحسس النائي Remote sensing.
7. يستخدم GPS كاحد الركائز الرئيسية لنظام المعلومات الجغرافية GIS.

ولذكر بعض تطبيقات نظام واجهزة GPS في بعض المجارلات نذكر الامثلة التالية:

## 1.36 استخدام GPS للملاحة في السيارات Car Navigation System

صمم هذا النوع من أجهزة تحديد الموقع GPS لتحديد افضل الطرق Route او المسارات بين الموقع الذي تتواجد فيه السيارة والموقع المراد الوصول اليه. في هذا النوع من النظم فان وجود نوع واحد ل GPS غير كافي، لذا يتوجب وجود عدة انواع مثل (wheel motion sensors, compass, inertia systems, etc) تكامل المعلومات من كل المتحسسات سابقة الذكر مع الخرائط الالكترونية مجتمعة لتؤدي عملية الملاحة.

برنامج GPS في السيارات يستخدم للدلالة الى الموقع المراد الوصول الية وذلك من خلال تحديد بشكل خاص افضل طريق للوصول الى الهدف اعتمادا على الموقع الفعلي actual position وحركة العربة motion of the vehicle فضلا عن اعتماد معلومات اضافية مثل حالة المرور على الطرقات وحالة المناخ . الطريق المقترح Route من قبل البرنامج يظهر على الشاشة بشكل واضح ومختلف لونيا للدلالة على افضل مسار لقيادة السيارة بالاتجاه الصحيح. دقة الوصول الى الموقع بالامكان زيادتها من خلال التطبيق التكنولوجي DGPS. وذلك يتطلب اشتراكا لخدمة DGPS. انظمة تحديد الموقع في السيارات والعربات والتي تعرف بمصطلح In-vehicle navigation systems. هذا النظام ينقسم الى قسمين:

**الاول:** يعرف ب Fleet vehicles وهذا معناه ان هناك عدد غير محدد من الاليات يتم مراقبتها باستخدام نظام مركزي لل GPS ومن الامثلة على هذا النوع من الاستخدامات هو ادارة نظام سيارات الاسعاف في المستشفيات ambulances ، سيارات الشرطة police cars، القطارت...الخ. النظام المشار اليه من تلك الاليات سابقة الذكر يتكون من مجموعة من السانسرات sensors، وجهاز حاسوب على متن العربة on-board computer، وجهاز راديو للتواصل والاتصال مع المحطة الرئيسة. كل الية من تلك الاليات يمكن الاستدلال عليها في المحطة الرئيسية monitoring station من خلال ايقونة او اشارة على الشاشة الخاصة بالمحطة الرئيسة. هذا النوع من الانظمة يعمل على اساس نظام relative او مايعرف Differential GPS ويتم ادارة هذا النوع من الانظمة من خلال تحديد مسارات وعمل واماكن تلك الاليات وبشكل آني (الشكل84، 85).

الشكل39. طريقةاستخدامFleet vehicles GPS.

الشكل40. ادارةنظامالمراقبةمنقبلموقعمركزي.

**الثاني:** وهو ما يعرف ب Individual consumer vehicles وهو نظام خاص باستخدام المستهلك ويكون شخصي الاستخدام وبسيط. إذ يوضع في كل آلية جهاز لتحديد الموقع غير مرتبط باي محطة ارضية وانما يعمل بشكل ذاتي بالاتصال مع القمر الصناعي مباشرة ويتم تحديد موقعة بهذا الشكل. وهو يعتبر مثال على الاستخدام البسسيط لنظام تحديد الموقع من نوع Autonomous. يعمل هذا النظام على ارشاد الاشخاص الى العناوين والاماكن التي يراد الوصول اليها (الشكل 86).

الشكل41. GPSخاص بالملاحة فيالسياراتوبشكل شخصي.

## 1.37 استخدام GPS لادارة الاليات الزراعية Farm Vehicles system

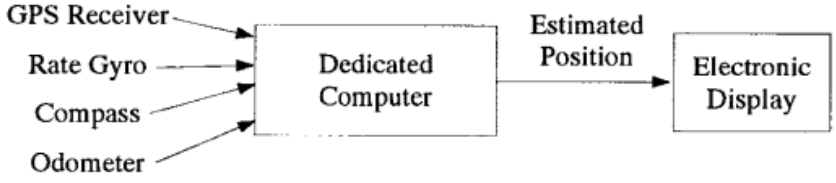
يقدم نظام تحديد الموقع GPS فرصة كبيرة لإدارة الفعاليات الزراعية من خلال إدارة الاراضي والمحاصيل الزراعية. تتضمن تطبيقات GPS في الزراعة قيادة الاليات الزراعية مثل الجرارات والحاصدات واليات التسميد والحراثة والتي تساعد على اختصار الكلفة والوقت من خلال عدم تكرار مرور تلك الاليات على نفس المسار لاكثر من مرة وانما يكون عملها بخطوط متوازية غير متداخلة مع بعضها البعض. بالامكان ايضاً استخدام GPS في الفعاليات الزراعية من خلال تحديد اماكن اخذ عينات الترب وتحديد الحشائش الضارة والامراض التي تصيب النبات وغيرها.

التوجيه المستقل ذاتيا للعربات الزراعية باستخدام نظام GPS ليس بالفكرة الجديدة . تتطلب بعض انظمة السيطرة في المجالات الزراعية عملية ادارة المكائن حول الحقول بحركة دورانية. بينما في انظمة اخرى تتطلب ربط كامرات لمتابعة حركة الاليات وهذا يتطلب طقس صافي وحقول واضحة المعالم وسهلة الملاحة. عملية ادارة المركبات الزراعية (تركتور، حاصدة) باستخدام نظام تحديد الموقع يتطلب جزئين: الاول شاشة للتحكم screen والتي تعرض خطوط او مسارات العمل ومدى الانحراف عنها، والثانية هي جهاز GPS لتحديد المواقع في الحقل والذي يكون من نوع Differential GPS (الشكل 89)، وهذا النوع يكون بجزء ثابت في مكان ما في الحقل والجزء الاخر في اعلى الالية الزراعية (الشكل 92،91،90). هذا النوع من انواع GPS يجب ان يصنع لهذا الغرض، ويجب ان يعمل بتردد عالي (عادة يتم حساب الموقع عادة من 5 الى 10 مرات بالثانية). فضلا عن ان GPS الخاص بهذا

العمل مصمم ومسجل فيه اصلا مواقع الحقل. النظام بصورة عامة في الاستخدامات الزراعية يتكون من (الشكل 87، 88).

- متحسسات التي تعمل على الاليات الزراعة مرتبطة بنظام تحديد الموقع والذي قد يكون من نوع Relative.
- Gyroscope.
- بوصلة الكترونية Electronic compass.
- زر في داخل Odometer.

الشكل42. استخدام لاقمار الصناعية فيادارة الاليات الزراعية.



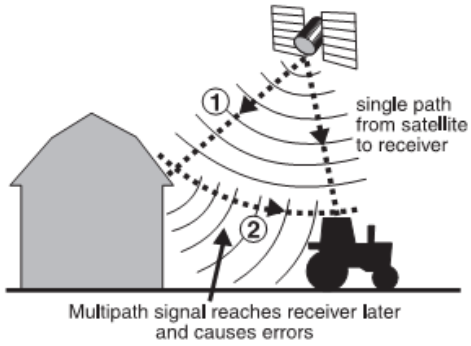

الشكل43. مخططيوضحكيفيةادارةنظامالملاحةللاليات.

النظام الاوتوماتيكي لمقود الالية الزراعية يربيط ويتكامل تقنيا مع نظام GPS الذي يعطي حرية للمقود في الاماكن الممتدة في اضلاع الحقل ويتدخل النظام في

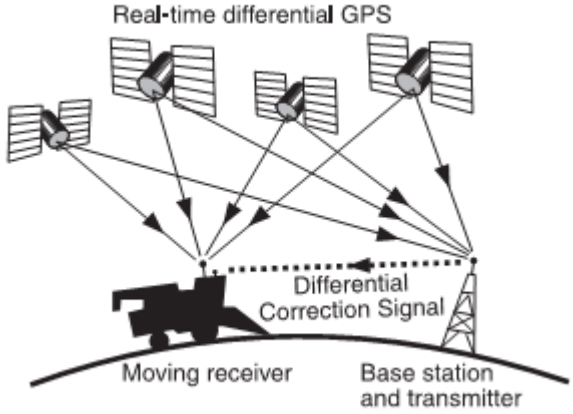
اماكن الزوايا للحقول لاعادة توجيه الالية، طبعا كل ذلك وفق برنامج معد سلفا للحقل المراد العمل عليه (الشكل 89، 90).

اما في الحاصدات فان العمل يكون متشابه ماعدا ان هناك متحسس لحساب وزن المحصول (حنطة مثلا) في خزان الحاصدة ليشعر الكومبيوتر على متن الحاصدة بالامتلاء ومن ثم التفريق وهكذا (الشكل 91). هذا النظام يكون مفيد جدا في انظمة رش المبيدات وكذلك التسميد (الشكل 92) حيث يعطي فكرة كاملة عن خطة زراعة الحقل ومن اين يجب ات تمر الالية دون المساس بالمناطق المزروعة.

الشكل89. استخدامGPSلادارةالفعالياتالزراعية.




الشكل44. كيفيةاستخدامGPSفيقيادةالجراراتالزراعية.




الشكل45. نموذجلادارةالحاصداتباستخدامGPS.

الشكل46. كيفيةادارةوقيادةالالياتالزراعيةباستخدامGPSلرشالمبيداتوالاسمدة.

## 1.38 استخدام GPS في الملاحة البحرية Marine Navigation

اجهزة تحديد الموقع الملاحية البحرية تزود البحرية ببيانات ملاحية ثابتة وموثوقة ودقيقة ومن شانها ان ترفع من أمن الملاحة البحرية حول العالم وتتم عملية السيطرة على البيانات من خلال تكامل نظام GPS مع الاتصالات اللاسلكية مرتبطة مع الاقمار الصناعية و انظمة الملاحة والتتبع الاخرى. خفر السواحل يستخدمون نظام Differential GPS لتحديد وادارة مواقع السفن في الملاحة البحرية. البحارة يستخدمون نظام GPS لتحسين ادارة الملاحة (الشكل 93).

الشكل47. استخدامGPSفيالملاحةالبحرية.

## 1.39 استخام GPS في الملاحة الجوية Air Navigation

يستخدم نظام تحديد الموقع في الملاحة الجوية بالطائرات بمختلف انواعها واحجامها المدنية منها والعسكرية. حيث جعل نظام GPS قيادة الطائرات الى وجهتها أسهل وأيسر ومتاحة دون الرجوع الى الخرائط التقليدية. فقائد الطائرة وخاصة في رحلات الطيران طويلة الأمد سوف يتعرض الى مشاكل كبيرة في تحديد وجهتة ومعرفة بالضبط وقت الوصول، إلا أن وجود نظام GPS جعل عملية قيادة الطائرة بين المطارات ايسر وباقل مسافة ممكنة بمقارنة السرعة مع موقع الطائرة بالامكان معرفة وقت الوصول بالضبط الى الوجهة المنشودة (الشكل 94).

الشكل94. استخدامGPSفي الملاحة الجوية.

## 1.40 مجالات التاثير الاجتماعي لنظام تحديد الموقع GPS

كان يتوجب على الانسان في ما مضى من القرون أن يكون متخصصاً في مجال معين كي يستطيع العمل في ذلك المجال أو الاختصاص والذي قد ياخذ منه وقتا طويلا. ولكن الأن أصبح من السهل على أي انسان أن يستخدم GPS بمجرد معرفة معلومات بسيطة تقوده الى ضغط زر معين على جهاز تحديد الموقع ليعرف بعدها وبسهولة موقعه على سطح الأرض وماهو الاحداثي وبدقة عالية. أو بمجرد اعطاء العنوان الذي يريد الذهاب اليه إلى أجهزة الملاحة سوف يجد معلومات كافية عن المسار الافضل الذي يتوجب عليه أن يسلكه وكم من الوقت والمسافة يستغرق ذلك للوصول الى الهدف المنشود. كما سبق ذكره وببساطة مرتبط بنظام تحديد الموقع GPS. بناءاً على هذا كله نجد أن استخدام GPS في مجالات مختلفة كالمجالات العسكرية وقطاع الاقتصاد بل وحتى في حياتنا اليومية ادى الى تحسين وتسهيل نمط حياتنا. وفي جوانب اخرى ايضا قد يكون له تداعيات سيئة على حياتنا بسبب سؤء استخدامه لاغراض تضر بالمجتمع.

هناك عدة مجالات اثر فيها استخدام ال GPS بشكل سلبي أو إيجابي وكما يلي:

### 1.40.1 المجال العسكري

كما هو معروف فان نظام تحديد الموقع GPS ولد من رحم وزارة الدفاع الامريكية، والذي تم استخدامه ولفترة طويلة لخدمة الاغراض العسكرية الامريكية حول العالم. ففي العام 1991م وفي حرب الخليج استخدمت القوات الامريكية نظام تحديد الموقع وبشكل مفرط لضرب اهدافها في العراق والذي كان له دور كبير في حسم المعركة. عملية ادارة المعركة في الصحراء كانت صعبة جدا على القوات الامريكية وذلك لعدم وجود اي معالم ثابتة يمكن الاستدلال عليها في الحركة ولكن وجود اجهزة الملاحة سهل ذلك. استفادت القوات الامريكية من GPS في معرفة مواقع القوات الصديقة لها وعدم قصفها.

### 1.40.2 استخدام نظام تحديد الموقع في العمل التجاري

استخدم نظام تحديد الموقع في العمل التجاري لتقليل الكلف والوصول الى خدمة اكثر وباقل التكالف. إذ تم استخدام هذا النظام بعدة مجالات. واولها كان استخدام نظام GPS في الملاحة الجوية، إذ سهل استخدامه عملية ملاحة الطائرات الى اهدافها واتجاهاتها باقصر الطرق بعد استخدام اجهزة الملاحة للاستدلال عليها. وبذلك قلل من صرف الوقود وقلل ايضا من ساعات الطيران والتي تبنى عليها امور مالية كبيرة. وهذا يجعل عملية تحسين اداء شركات الطيران افضل.

بل ان نظام تحديد الموقع استخدم ابعد من ذلك لايجاد افضل الاماكن لانشاء مطاعم وهذا ما تم في شركة مطاعم KFC العالمية والذي ساعدها كثيرا في ايجاد اماكن مناسبة لانشاء فروع لها عبر اجراء بعض التحليلات المكانية. كما ان كثيراً من الشركات استخدمت هذا النظام للاستفادة منه في تحديد مسارات انابيب النفط كما في شركة the Pacific Gas & Electric Company، وتحديد افضل مسار لوصول سيارات الاسعاف باقل الاوقات كما في مدينة ولاية بوسطن الامريكية. اذن منظومة تحديد الموقع عملت على تحسين اداء الشركات وبالتالي انعكس ذلك على خدمة المجتمع.

### 1.40.3 نستطيع ان نجدك باستخدام GPS

قابلية ايجاد الموقع اصبحت عملية سهلة ومتاحة باستخدام اجهزة تحديد الموقع وخاصة في حالة شعور الشخص بانه تائه ولا يعرف كيف يتحرك وهذا يحدث كثيرا في المناطق التي نزورها لاول مرة. فمثلا فقد طيار طائرته في احدى الدول، ولكي يعطي فكرة عن مكان تواجده لابد من وسيلة، هذه الوسيلة كانت جهاز تحديد الموقع الذي لديه. فبمجرد اخذ موقع لمكان سقوطه وارساله الى مركز السيطرة اصبحت

عملية انقاذه سهلة ومتاحة. بينما في الطرق التقليدية كان يجب عليه اشعال مشاعة او اعطاء اشارة ضوئية مرئية والتي ممكن ان يستفاد منها العدو لايجاده قبل انقاذه.

وكذلك ، اذا كنت في غابة ما وترجلت عن سيارتك ثم ذهبت بعيدا في الغابة وعلى الرغم من عدم معرفتك الجيد بها الا انه من السهولة العودة الى سيارتك في حالة كان لديك جهاز تحديد الموقع محددا فية موقع السيارة. فان من السهولة العودة اليها لان هذا الجهاز وذلك الموقع سوف يرشدانك اليها.

ايضا هناك استخدام ضار لجهاز تحديد الموقع، إذ قد يستخدمه بعض المهربين وتجار المخدرات او الاشياء الاخرى الممنوعة لارشاد عملائهم على مكان استلام أو تسليم البضاعة من خلال إعطاء احداثي لهم حول ذلك المكان. فمهما كان المكان بعيدا أو قريبا أو وعرا فمن السهولة الوصول اليه وبدقة كافية. لكن في جانب أخر ممكن تتبع المجرمين اينما ذهبو بسياراتهم من خلال وضع جهاز تحديد الموقع في عجلاتهم. فسوف يصبح من السهولة تتبعهم والقبض عليهم.

في الختام، استخدام GPS له محاسن ومساوى على المجتمع. فمن جانب انه يخدم وبشكل كبيرالمجتمع من خلال تطبيقاته التي تعمل على جعل الحياة أسهل وأيسر وأسرع. إلا أن هناك جوانب قد اسيئ استخدام GPS فيها واستخدم بشكل خاطئ لخدمة الجريمة والتي انعكست وبشكل سلبي على المجتمع ايضا.

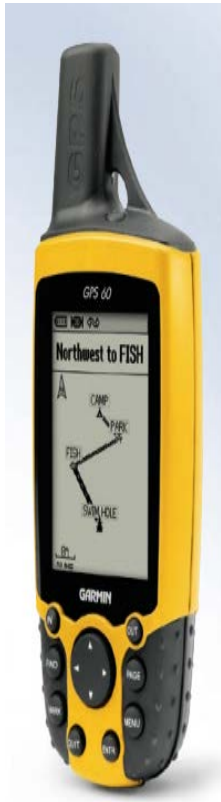
# الفصل التاسع

# كيفية ضبط جهاز تحديد الموقع اليدوي

# الفصل التاسع
# كيفية ضبط جهاز تحديد الموقع ليدوي

## 1.41 جهاز تحديد الموقع اليدوي GPS

جهاز GPS يحتوى على متحسس receiver من نوع WAAS enabled 12 parallel channel. ومعنى المختصر WAAS هو ( Wide area Augmentation System). الوقت الذي يستغرقه هذا الجهاز GPS 60 في اتصاله بالاقمار الصناعية بعد تشغيله يعتمد على المناخ. ففي الجو الدافئ والحار، يكون الوقت تقريبا 15 ثانية، بينما في الجو البارد فالوقت حوالي 45 ثانية. الجهاز يُحدث مرة بالثانية وبشكل مستمر. الدقة accuracyفي هذا النوع من الاجهزة هي 15 متراً وبمستوى ثقة مقدارها 95%. اما DGPS accuarcy فتقدر ب 3-5 امتار وبمستوى ثقة مقدارها 95%. سوف نقوم بشرح مبسط ووافي عن كيفية تنصيب وعمل جهاز تحديد الموقع موديل GPS 60 والذي هو احد منتجات شركة جيرمن Garmin (الشكل 95).




الشكل95.نموذج لجهازتحديد الموقع.GPS 60

## 1.42 مكونات جهاز تحديد الموقع Garmin 60

يتكون جهاز تحديد الموقع نوع GPS 60 من عدد من الواجهات تُستخدم جميعها لضبط الجهاز وفقا لمتطلبات القياس وكما ياتي:-

### 1.42.1الواجهة الامامية لجهاز تحديد الموقع Garmin 60

تتكون الواجهة الامامية لجهاز تحديد الموقع GPS 60 من عدد غير قليل من المفاتيح Keys والتي تُسهم بشكل مباشر في تسهيل استخدام تطبيقات الجهاز. لكل من تلك المفاتيح وظائف وكما يلي:

1) مفتاح الطاقة Power Key.
خاص بتشغيل الجهاز وإطفائه (الشكل 96).
2) مفتاح التحكم Rocker Key.

هذا المفتاح يستخدم للتحكم بالجهاز من خلال الحركة الى الأعلى والأسفل واليمين واليسار فضلا عن التجوال داخل االصفحات. ويستخدم ايضا في التجوال داخل الخارطة المرفقة بالجهاز وتظليل البيانات واختيارها (الشكل 96).

3) مفتاح اظهار الصفحات الرئيسية Page Key .

يُستخدم في اظهار الصفحات الرئيسية واختيار احداهما (الشكل 96).

4) مفتاح القائمة الرئيسية Menu Key.

يُستخدم في اظهار القائمة الرئيسية فضلا عن إعطاء خيارات عن الصفحات (الشكل 96).

5) مفتاح الادخال او الاختيار Enter Key.

يُستخدم هذا المفتاح لإختيار حقول معينة في الجهاز فضلا عن ادخال البيانات (الشكل 96).

6) مفتاح التكبير والتصغير In/Out zoom key.

يُستخدم هذا المفتاح على الاغلب في صفحة الخارطة Map Page والتي يتم من خلاله تكبير وتصغير الخارطة فضلا عن استخدامه في الصفحات الاخرى لتحريكها الى الاعلى والاسفل (الشكل 96).

7) مفتاح لإيجاد الصفحات Find key.

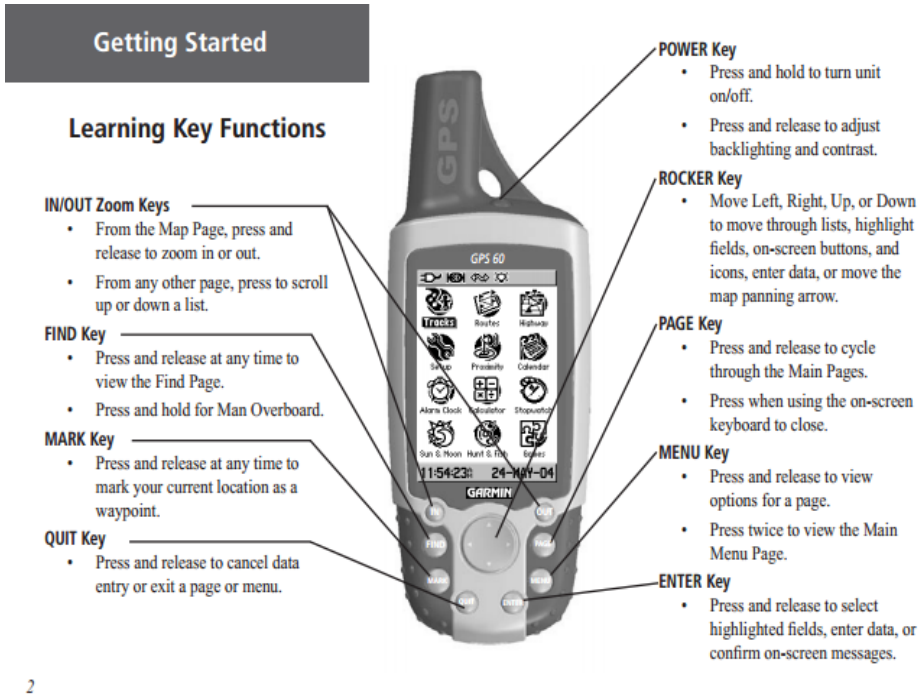
يُستخدم لإيجاد الصفحة المناسبة للعمل (الشكل 96).

8) مفتاح اخذ النقاط واختيار الموقع Mark key.

يُستخدم هذا المفتاح لإعطاء علامة او رقم للنقاط المراد اخذها بواسطة الجهاز (الشكل 96).

9) مفتاح لمحو البيانات او للخروج من الصفحة Quit Key.

يُستخدم هذا المفتاح لإلغاء البيانات المُدخلة والتعديل عليها فضلا عن الخروج من قائمة الصفحات (الشكل 96).




الشكل48.الواجهةالاماميةلجهازتحديدالموقعGPS 60.

### 1.42.2الواجهة الخلفية لجهاز تحديد الموقع Garmin 60

تتكون الواجهة الخلفية لجهاز تحديد الموقع GPS 60 من عدد غير قليل من الاجزاء المهمة والتي تُسهم بشكل مباشر في تسهيل إستخدام تطبيقات الجهاز. لكل من تلك المفاتيح وظائف وكما ياتي:-

1) المُتحسس GPS Helix Antenna.

هذا الجزء من الجهاز هو المتحسس Antenna الرئيسي والذي يساعد في الاتصال بالأقمار الصناعية (الشكل 97).

2) منفذ خارجي للطاقة ونقل البيانات External Power and Data Connector Port.

يتكون هذا الجزء من ماخذ للاتصال بالكمبيوتر لنقل وتحويل البيانات فضلا عن إستخدامه لشحن الجهاز بالطاقة (الشكل 97).

3) دبوس لربط الحزام مع مساعد اتصال Belt Clip/Auxiliary connector Mount.

يُستخدم هذا الجزء من الجهاز لربط الجهاز على حزام ليتسنى حمله اثناء العمل (الشكل 97).

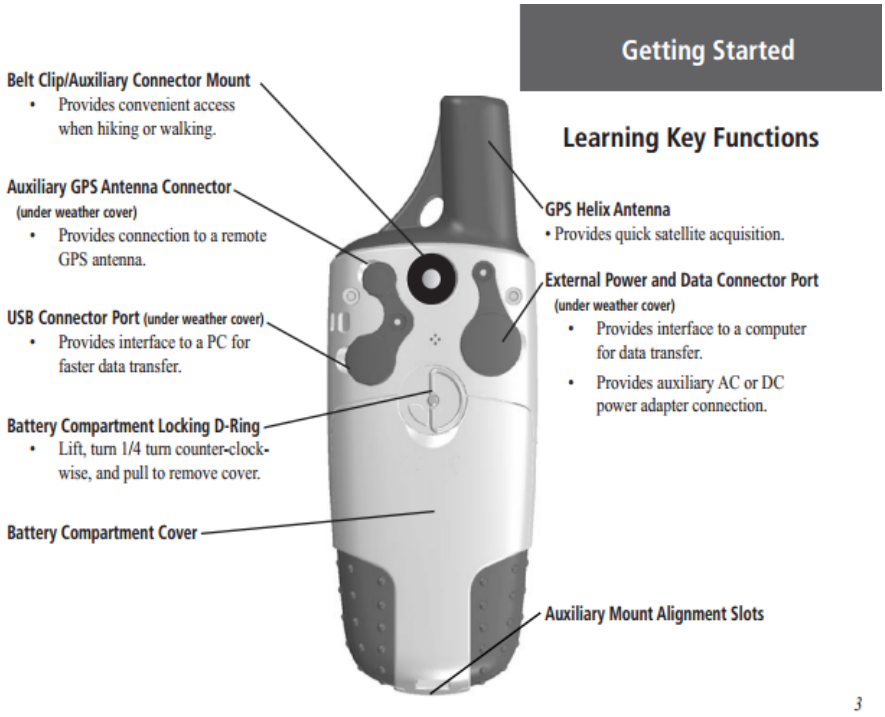
4) مساعد متحسس Auxiliary GPS Antenna Connector.

يُستخدم هذا الجزء كمساعد للمتحسس اثناء وجود صعوبة في الاتصال(الشكل 97).

5) منفذ للاتصال بالجهاز USB Connector Port.
منفذ للاتصال بالكمبيوتر وعرض ونقل البيانات (الشكل 97).

6) عتلة لفتح وغلق مقصورة البطاريات Battery Compartment Locking D-Ring.
تُستخدم هذه العتلة في فتح وقفل غطاء البطاريات (الشكل 97).

7) غطاء مقصورة البطاريات Battery Compartment Cover.
هذا الجزء هو الغطاء الخاص بالبطاريات (الشكل 97).




الشكل97.الواجهةالخلفية لجهازتحديدالموقع60 GPS.

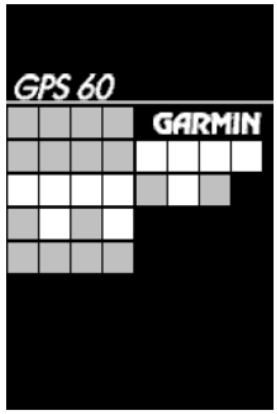
## 1.43 الصفحات الرئيسية في جهاز تحديد الموقع Garmin 60

يحتوي جهاز تحديد الموقع Garmin 60 على ستة صفحات رئيسية وهي: صفحة الترحيب Welcome page، وصفحة الاقمار الصناعية Satellites page، وصفحة الكمبيوتر Trip computer page، وصفحة الخارطة Map page، وصفحة البوصلة compass page، وصفحة القائمة الرئيسية Main Menu page. كل منها لها

عمل ودلالة وخصائص مختلفة. وكلها تعمل معا لاعطاء تحديد دقيق للموقع المراد قياسه. ولاعطاء مزيد من الشرح حول تلك الصفحات وكما ياتي:-

### 1.43.1 صفحة الترحيب welcome Page

في بداية تشغيل الجهاز بعد الضغط على زر التشغيل سوف تَظهر صفحة الترحيب (الشكل 98)، ومن ثم صفحة الاقمار الصناعية.




الشكل98. صفحةالترحيبWelcome Page.

### 1.43.2 صفحة الاقمار الصناعية The Satellites Page

في بداية تشغيل جهاز تحديد الموقع Garmin 60 سوف يبدا الجهاز بالبحث عن الاشارات القادمة من الاقمار الصناعية وذلك يتطلب الانتظار لفترة كي يعمل الجهاز. هذه العملية سوف تقود الى اعطاء جهاز تحديد الموقع فرصة لكي يستقبل معلومات عن الاقمار الصناعية المتاحة في الموقع المراد العمل به فضلا عن استلام اشارات الاقمار الصناعية لتحديد الموقع. هذا العمل يحصل تلقائيا وياخذ تقريبا بضع ثواني بعد عملية التشغيل للجهاز.

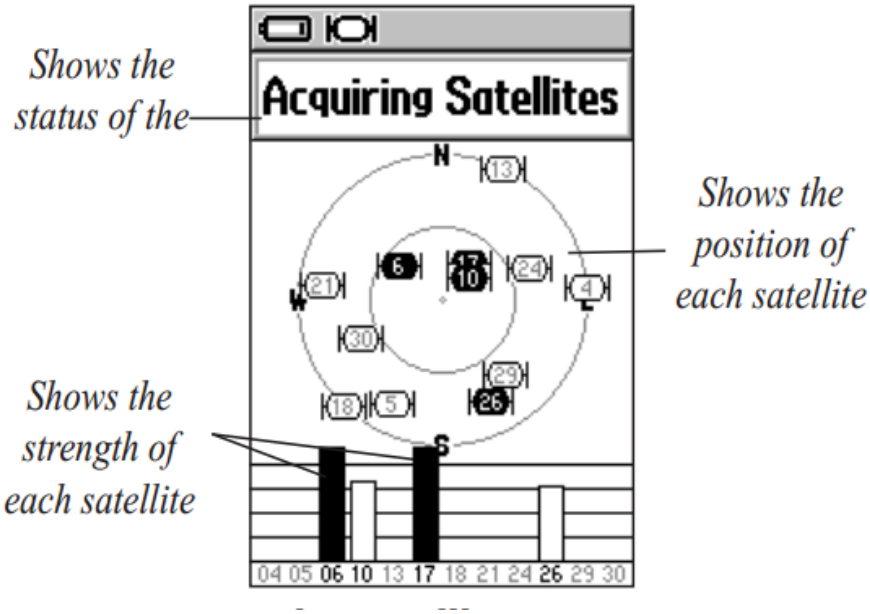
يجب ان يُؤخذ في الحسبان أثناء تشغيل الجهاز ان تتم هذه العملية في منطقة مفتوحة أي لاتوجد اشجار او ابنية تعيق هذه العملية وإلا سوف تعطي نتائج خاطئة. في صفحة تشغيل الجهاز وبعد الانتهاء من عملية التشغيل سوف تظهر عدد من الاقمار الصناعية مع مواقعها موزعة في الفضاء position of each satellite، وكل منها يحمل رقما خاصا به وهو رقم القمر الصناعي حسب تسلسله في مداره. والقمر الصناعي الذي يظهر في هذه الصفحة هو بالفعل موجوداً في السماء في تلك المنطقة وفي تلك اللحظة. ايضا تظهر رسالة خاصة بانتهاء التنصيب وهي " Acquiring Satellites" فضلا عن قوة الاشارة في كل قمر صناعي strength of each satellite والتي تظر في اسفل الصفحة وعلى شكل اعمدة تكرارية يكون اللون الداكن دلالة على

الاشارة القوية والفاتح على عدم وجود اشارة او ضعيفة جدا، في حالة وجود ثلاث اقمار صناعية فما فوق سوف تظهر احداثيات الموقع في اعلى الصفحة (الشكل 99، 100 ).

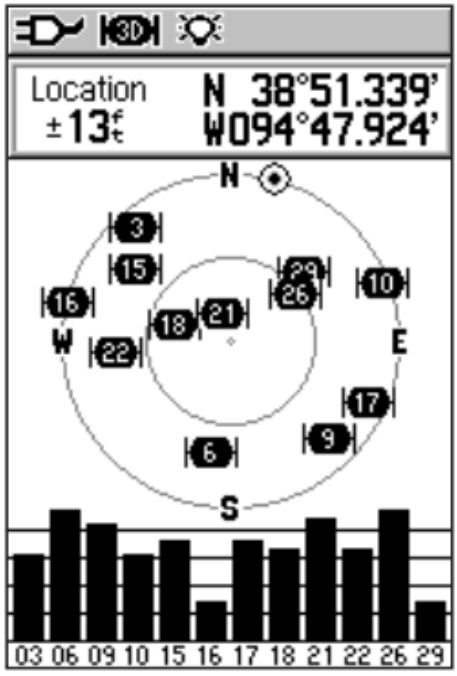
مراحل تشغيل وتنصيب جهاز تحدي الموقع GPS

هناك عدة مراحل أو إجراءات يجب القيام بها من اجل سلامة ودقة القياس في جهاز تحديد الموقع وكما ياتي:-

1) يجب اخذ الجهاز في فضاء مفتوح بعيدا عن الأبنية والأشجار التي تعيق ذلك ومن ثم البدئ بالضغط على زر التشغيل ومن ثم ملاحظة علامة شحن الجهاز power key.
2) الإنتظار لعدة ثواني بينما الجهاز يبحث عن إشارات الأقمار الصناعية ، يجب مراقبة الرسائل التي تظهر على نافذة الجهاز مثل " Acquiring Satellites" والتي تعني البحث عن الاقمار الصناعية.
3) اثناء عملية البحث عن الاقمار الصناعية Acquiring Satellites فان احداثيات الموقع المراد البدئ به سوف تظهر في اعلى النافذة او الصفحة الخاصة بالاقمار الصناعية.
4) في حالة الانتظار لفترة طويلة دون الحصول على الرسالة " Acquiring Satellites"، فيجب تغيّر مكان التنصيب والذهاب بعيدا عن الاشجار والابنية المجاورة. تحصل هذه الحالة ايضا في حالة الانتقال بمسافة كبيرة جدا مثل 600 ميل عن اخر موقع تم قياسه في هذا الجهاز.




الشكل99. صفحةالاقمارالصناعيةSatellites Page .




الشكل100. صفحةالاقمارالصناعيةمع الموقع.

### 1.43.2.1 كيفية اختيار موقع جديد

لاختيار موقع جديد باستخدام جهاز تحديد الموقع يجب اتباع الاتي:-

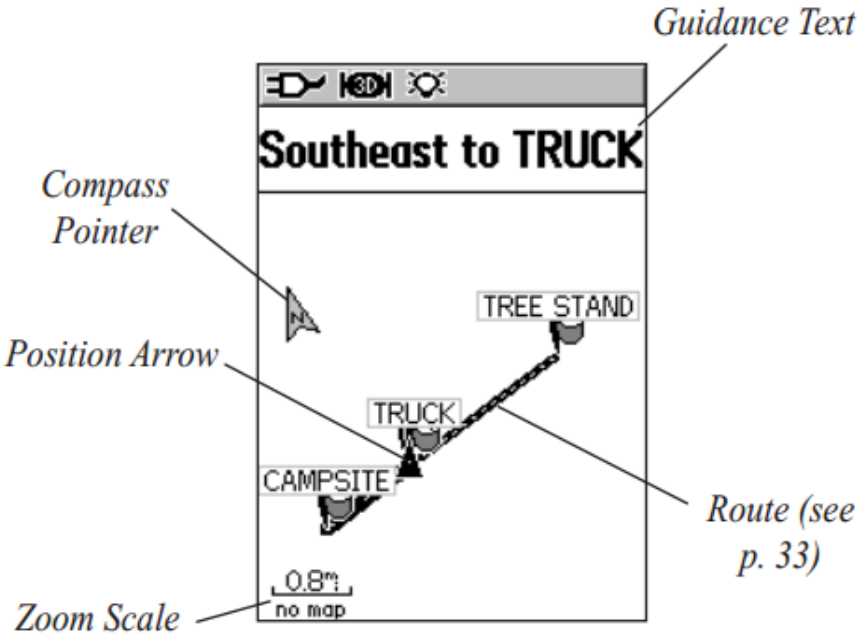
1) من صفحة الأقمار الصناعية Satellites page ، اضغط على Menu. ثم استخدم مفتاح Rocker لكي تظلل كلمة New Location ثم نختار Enter.
2) ظلل " Automatic" ثم اضغط على Enterسوف يحدد الجهاز تلقائيا الموقع الجديد. لاظهار الخارطة مع الموقع فقط ظلل " Use map" ثم اضغط Enter.
3) لكي تتجول داخل الخارطة Map او لإظهار الموقع الجديد على الخارطة فقط استخدم المفتاح Rocker. اما في حالة التكبير والتصغير للخارطة استخدم IN او OUT.
4) ختاما وعندما تجد الموقع الصحيح فقط اضغط ENTER. لكي تحفظ موقع النقطة الجديد. وهكذا لتسجيل احداثيات بقية النقاط.

### 1.43.3 صفحة الخارطة The Map Page

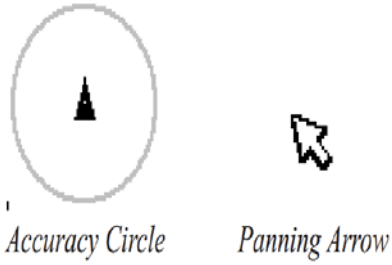
صفحة الخارطة هي صفحة الملاحة الابتدائية للمعالم في جهاز تحديد الموقع GPS 60 (الشكل 101). بالامكان استخدام صفحة الخارطة لعمل الاتي:-

1) مشاهدة الموقع الحالي للمستخدم.
2) مشاهدة وحفظ النقاط على الخارطة.
3) مشاهدة مسار المستخدم خلال عملية اخذه النقاط على شكل نقاط مستمرة.
4) مشاهدة المواقع routes على المسار الماخوذ.

يظهر الموقع الذي تم اخذه سلفا على الخارطة على شكل مثلث صغير triangle، يدعى ب position arrow او panning arrow على صفحة الخارطة (الشكل 102). جهاز تحديد الموقع GPS 60 وبصورة تلقائية يحدد الموقع المراد قياسه في مركز الخارطة. وعند تكبير الخارطة zoom in بشكل كافي سوف تلاحظ وجود دائرة حول الموقع المراد قياسه (الشكل 102). هذه الدائرة تدعى بدائرة الدقة accuracy circle، وهي تُمثل قيمة الدقة على تلك الخارطة للموقع المراد قياسه. فعندما تكون الدائرة صغيرة فان الدقة تكون عالية والعكس صحيح.




الشكل101. صفحةالخارطةMap Page.

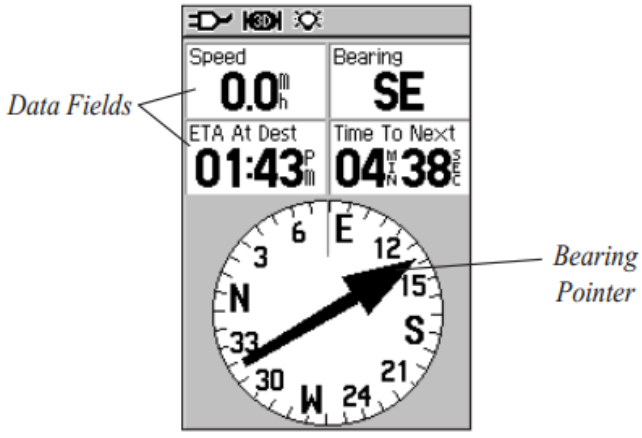



الشكل102.الايمن يوضحPanning Arrowوالايسر يوضحAccuracy Circle.

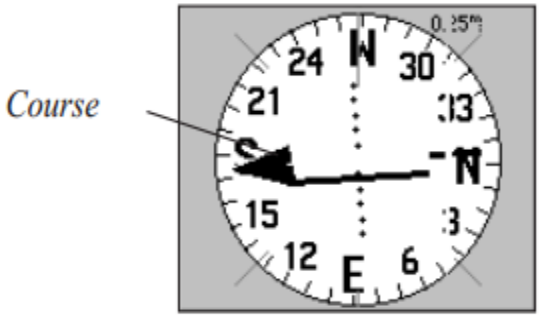
### 1.43.4صفحة البوصلة The compass Page

صفحة البوصلة تُستخدم لمعرفة الأتجاه الصحيح للمسار او الموقع المراد قياسه، فضلا عن المحافظة على اتجاه اخذ العينات او المواقع المراد دراستها. في حالة استخدام جهاز تحديد الوقع لغرض الملاحة وتحديد الوجهة الصحيحة فان صفحة البوصلة هي الأفضل للاستخدام، حيث انها توفر بيانات ملاحية navigation data فضلا عن الاتجاهات directions، مثل اتجاه bearing، والسرعة الحالية current speed، وتخمين وقت الوصول estimated arrival time.....الخ (الشكل 103). ايضا بالامكان تحديد اي بيانات يُريد المستخدم ان اظهارها.

هناك نوعين من المؤشرات المتاحة في صفحة البوصلة كما يمكن للمستخدم اختيار إحداهما. المؤشر الاول هو bearing pointer وهو الذي يُحدد دائما الوجهة المراد الوصول اليها (الشكل 103). اما المؤشر الثاني فهو course pointer وهو الذي يساعد المستخدم لتعقب الاتجاه الصحيح المراد الوصول اليه (الشكل 104).




الشكل103. صفحةالبوصلةCompass Pageمعbearing pointer.




الشكل104. صفحةالبوصلة Compass pageمعمؤشرCourse.

لاظهار Course Pointer و Bearing Pointer و Data Fieldنعمل الاتي:-

1) من صفحة البوصلة compass page ، اضغط MENU. ثم استخدم ROCKER key لإختيار ' course pointer' ثم اضغط ENTER.
2) لإختيار bearing pointer، أختار MENU، ثم ظلل 'Bearing Pointer' ثم أختار ENTER.
3) لإختيارdata field من صفحة البوصلة، قم باختارMENUK، ثم اختار مفتاح ROCKER ثم ظلل'Data Fields' ثم اضغطENTER (الشكل105).

الشكل105. صفحةالبوصلةCompass Pageمع Data Fields.

### 1.43.5صفحة رحلة الكمبيوتر Trip computer page

هذه الصفحة تُظهر تنوع واسع من البيانات الخاصة بالسفر والملاحة والتي تُعتبر مهمة وخاصة في الرحلات ذات المسافات الطويلة. كما انها تتميز بامكانية مسح كل البيانات الماخوذة اثناء الرحلة ليتسنى اعادة خزن بيانات خاصة برحلى جديدة (106).

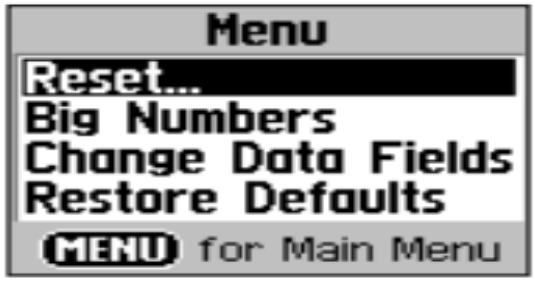
الشكل106. صفحةرحلةالكمبيوترTrip Computer.

هناك عدة قوائم من الخيارات ضمن هذه الصفحة والتي يمكن الوصول اليها من خلال الضغط على MENU لصفحة الكمبيوتر (الشكل 107)، هذه الخيارات هي Reset data واظهار الحقول Display fields بحجم اكبر ليسهل قراءتها، change data fields، كما يمكن اختيار أي بيانات يراد اظهارها وذلك من خلال خاصية Reset page (الشكل 108).

لإعداد صفحة الكمبيوتر نعمل الاتي:-

1) من صفحة الكمبيوتر trip computer page نختار MENU، ثم نظلل 'Reset' ثم ENTER.
2) نستخدم مفتاح ROCKERلإختيار الحقول من القائمة التي تظهر ضمن reset، ثم نختار ENTER.

3) بعد الانتهاء من إختيار الحقول المراد اختيارها، نختار 'Apply ' ثم نضغط ENTER لتثبيت الخيارات في صفحة الكمبيوتر (الشكل 108).




الشكل107. القائمةالرئيسيةفيTrip computer.

الشكل108. قائمةResetفيTrip computer.

### 1.43.6صفحة القائمة الرئيسية The Main Menu Page

هناك عدد غير قليل من الصفحات التي تقع ضمن الصفحة الرئيسية والتي يمكن اختيارها وكما ياتي (الشكل 109).

الشكل109. صفحةالقائمةالرئيسيةMain Menu Page.

**1) Tracks: تسجيل مسار المستخدم اثناء الحركة (الشكل 110).**

يتم من خلال هذه الصفحة البدئ بتسجيل المسار المستخدام للذهاب من والى نقطة معينة. حيث يُسجل المسار على شكل نقاط مستمرة باحداثياتها وبالامكان الرجوع اليها لاخذ بعض الاحداثيات واستخدامها.

الشكل110. قائمةTracks.

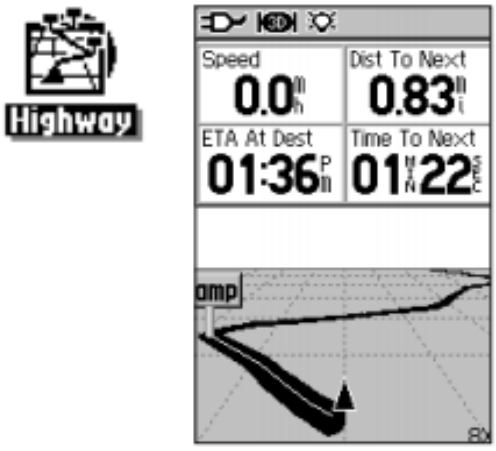
**2) Routes: تُستخدم لإنشاء وحفظ قائمة من النقاط التي يراد الوصول اليها وبترتيب وتسلسل معين (الشكل 111).**

يعطي Route خط مستقيم من نقطة معينة الى أُخرى او من نقطة معينة الى عدة نقاط اخرى. تقنية Route في GPS 60 بامكانها خزن 50من Route تحوي كل منها على 250 نقطة.

الشكل111. قائمةRoutes.

**3) Highway: يظهر منظور تخطيطي مفيد لطريق الملاحة (الشكل 112).**

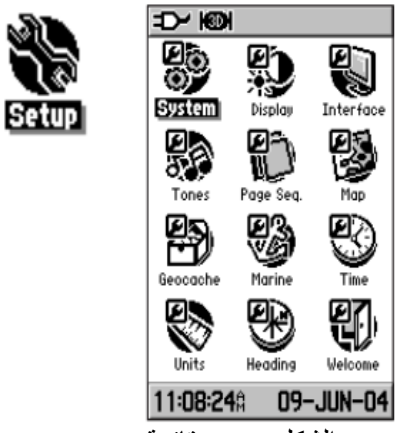
صفحةHighway هي صفحة ثلاثية الابعاد يتم تمثيل Route فيها اثناء عملية الملاحة.




الشكل112. قائمةHighway.

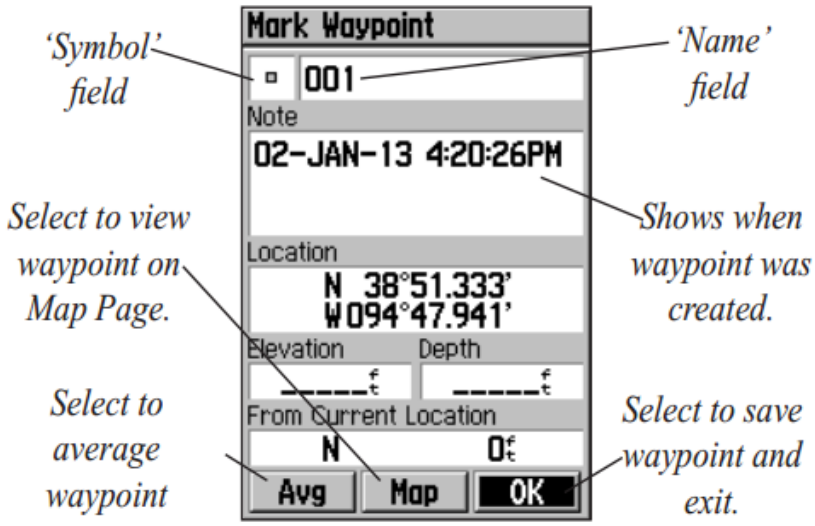
**4) Setup: اعداد جهاز تحديد الموقع GPS 60. (الشكل 113).**

هذه الصفحة يستطيع المستخدم من خلالها الاستفادة من التقنيات الاضافية الموجودة في جهاز GPS 60 وذلك من خلال الولوج الى كافة التقنيات المتاحة واعادة ضبطها وفقا لمتطلبات العمل.




الشكل113. قائمةSetup.

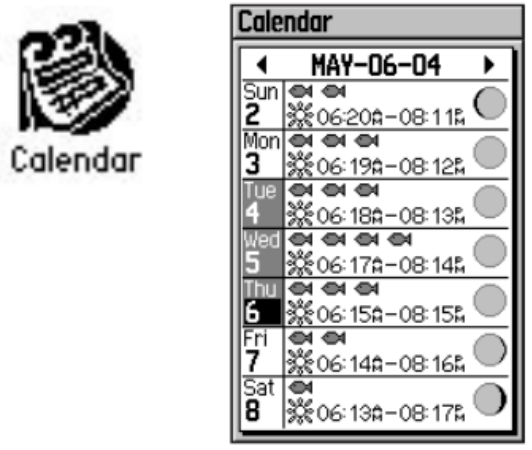
5) **Proximity: إنشاء waypoint والتي يتم تفعيل جرس انذار alarm للتنبيه عنها عند الوصول قريبا منها (الشكل 114).**




الشكل114. قائمةً Waypoint.

**6) Calendar: إظهار الرزنامة (الشكل 115).**

من خلال هذه الصفحة فان المستخدم يستطيع معرفة وقت شروق وغروب الشمس، وكذلك بالامكان معرفة اطوار ومنازل القمر فضلا عن اوقات الصيد وكل ذلك من خلال اعطاء اليوم المراد العمل به. يقوم الجهاز باضافة waypoint تلقائيا في يوم العمل المحدد.




الشكل115. قائمةالرزنامةCalender.

**7) Alarm Clock: المنبه (الشكل 116).**

الشكل116. قائمةالمنبهAlarm Clock

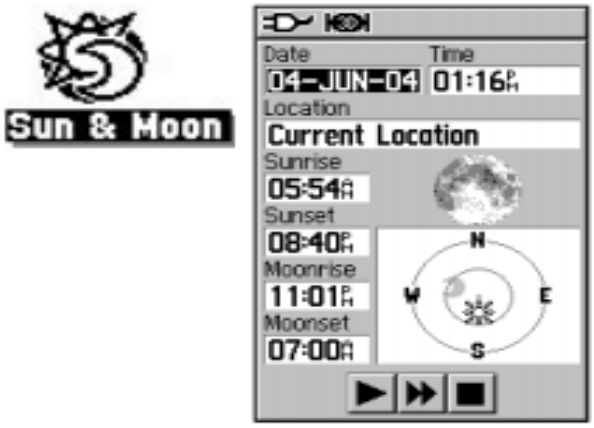
**8) Calculator: الحاسبة (الشكل 117)**

الشكل117. قائمةالحاسبةCalculator.

**9) Stopwatch: ساعة رياضية (الشكل 118).**

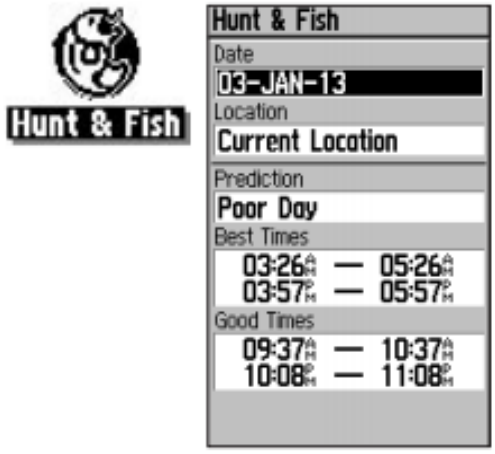
الشكل49. قائمةالساعةالرياضيةStopwatch.

**10) Sun and Moon: إظهار وقت شروق وغروب الشمس، اطوار القمر، و موقع السمس والقمر من اي بيانات تعطى للجهاز (الشكل 119).**




الشكل119. قائمةمواقعالشمسوالقمرSun and Moon.

**11) Hunt and Fish: وهو جدول يظهر افضل وقت للصيد لاي موقع معطى للجهاز (الشكل 120).**




الشكل120. قائمةHunt and Fish.

**12) Games: العاب (الشكل 121).**

هذه القائمة مختصة بالالعاب والتي وضعت لغرض التسلية فقط.

الشكل121. قائمةالالعابGames.

# المراجع


- An Introduction to: Using Garmin GPS, Part Number 190-00225-00 Rev. B, Printed in U.S.A, October 2005. Web site address: WWW.Germin.com.
- B. Y. James, Tsui, (2005). "Fundamentals of Globalpositioning System receivers-asoftwareapproach."New Jersey.
- Carl Carter (1997). "Principles of GPS, A Brief Primer on the Operation of the Global Positioning System."Allen Osborne Associates, 756 Lakefield Road Westlake Village, CA 91361-2624.
- Caroline Erickson (1993). "Gps Positioning Guide." Published by authority of Natural Resources Canada, Minister of Supply and Services Canada 1994, Cat. No. M52-74/1995E, ISBN 0-660-15917-1
- Eric Abbott and david Powell (1999)."Land-Vehicle Navigation Using GPS".Department, Stanford University, Stanford, CA 94305 USA. Proceedings Of The Ieee, Vol. 87, No. 1, January.
- Ess, D., & Morgan, M., (1997): "The Precision-Farming Guide for Agriculturists." (1st ed.). Moline, IL.
- G. Huang, Q. Zhang, H. Li, W. Fu., (2001): " Quality variation of GPS satellite clocks on-orbit using IGS clock products."College of Geology Engineering and Geomantic, Chang'an University, Xi'an 710054, China.
- Georigiadou, Y. and A. Kleusberg (1988): "On Carrier Signal Multipath Effects in Relative GPS Positioning." manuscript geodaetica, Vol. 13, No. 3, pp. 172-179.
- Georigiadou, Y. and A. Kleusberg (1988): "On Carrier Signal Multipath Effects in Relative GPS Positioning." manuscript geodaetica, Vol. 13, No. 3, pp. 172-179.
- Hein et al, (2003). "Galileo Frequency and Signal Design", GPS World, June 2003, pp30-37.
- Hofmann-Wellenhof, B. , H. Lichtenegger and J. Collins (1992): "GPS: Theory and Practice." Springer-Verlag, New York.
- Horemuz M., & Andersson J (). "Polynomial interpolation of GPS satellite coordinates." GPS Solut, 10: 67–72 DOI 10.1007/s10291-005-0018-0.
- Huang, G., Yang, Y., Zhang, Q. (2011): " Estimate And Predict Satellite Clock Error Using Adaptively Robust Sequential Adjustment

With Classified Adaptive Factors Based On Opening Windows." Acta Geodaelica et Carlographica Sinica 40 (1), 15–21.

- Huang, G., Zhang, Q (2012). "Real-time estimation of satellite clock offset using adaptively Robust Kalman filter with classified adaptive factors." GPS Solution,http://dx.doi.org/10.1007/s10291-012-0254-z.
- IS-GPS-200 Revision D (2004). "Navstar Global Positioning System." “Interface Specification: Navstar GPS Space Segment/Navigation User Interface”, Navstar GPS Joint Program Office, July 2004.
- James Bao-Yen Tsui,. “Fundamental of Global Positioning System Receivers." A Software Approach”, Wley Series in Microwave and Optical Engineering.
- Jean-MarieZogg (2007). "GPS Basics, Introductiontothesystem, Applicationoverview."u-blox ag ,Zuercherstrasse 68, CH-8800,Thalwil Switzerland.
- L.P. Gradinarsky, J.M. Johansson, H.R. Bouma, H.-G. Scherneck, G. Elgered (2002)."Climate monitoring using GPS".Onsala Space Observatory, Chalmers University of Technology, SE-439 92 Onsala, Sweden.Physics and Chemistry of the Earth 27, 335–340.
- Lachapelle, G. (1991): "GPS Observables and Error Sources For Kinematic Positioning."Proceedings of IAG International Symposium 107 on Kinematic Systems in Geodesy, Surveying and Remote Sensing, Sept.10-13.
- Leick, Alfred. (2004): " GPS satellite surveying (3rd edition)." Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
- Nowatzki J., Hofman V., Disrud L. & Nelson K (2004). "GPS Applications in Crop Production." North Dakota State University Fargo, North Dakota 58105 APRIL 2004, AE-1264.
- P. DALY (1991). "Navstar Gps And Glonass: Global Satellite Navigation Systems."Acta Astronautica Vol. 25, No. 7, pp. 399-406, Printed in Great Britain.
- P. DALY (1991). "Navstar Gps And Glonass: Global Satellite Navigation Systems." Department of Electrical and Electronic Engineering, University of Leeds, Leeds LS2 9JT, England.Acta Astronautica Vol. 25, No. 7, pp. 399-406, 1991.
- Peter H. Dana." Global Positioning System (GPS) Time Dissemination for Real-Time Applications". Department of Geography, University of Texas at Austin, Austin TX 78712 -1098 Consultant, P. O. Box 1297, Georgetown, TX 78627.

- Poor, Alfred. (2000). "Pinpoint GPS." PC Magazine, 89. Retrieved January 27, 2005, from Expanded Academic database.
- Ray, J., Senior, K. IGS/BIPM pilot project (2003): "GPS carrier phase for time/ frequency transfer and timescale formation." Metrologia 40, 270–288.
- Shin-Chan Han (2000)." Static And Kinematic Absolute GPS Positioning And Satellite Clock Error Estimation". Geodetic Science and Surveying Department of Civil and Environmental Engineering and Geodetic Science , The Ohio State university Columbus, Ohio 43210-1275.
- Stombaugh, T., Shearer, S., Fulton, J., (2002): "GPS Simplified." University of Kentucky Ext. Rept. PA-5.
- Van Sickle, Jan (2004). "Basic GIS Coordinates." Library of Congress Cataloging-in-Publication Data, GA116,V.36 , ISBN 0-415-30216-1.
- Yeh, T., Hwang, C., Xu, G., et al ( ). Determination of global positioning system (GPS) receiver clock errors: impact on positioning accuracy.
- Young, S.C., Johnson, C. E., & Schafer, R. L (1983). " A Vehicle Guidance Controller." Transactions of the American Society of Agricultural Engineers, Vol. 26, No. 5, pp. 1340-1345.
- Zhang, B., Ou, J., Yuan, Y., et al (2010 ). Yaw attitude of eclipsing GPS satellites and its impact on solutions from precise point positioning. Chinese Science Bulletin 55, 3687–3693.http://dx.doi.org/10.1007/s11434-010-4130-3, 2010.