الباب الرابع

النظام العالمي لتحديد المواقع

1.4 تعريف :

نظام المواقع العالمي **(GPS)** هو نظام ملاحه عبر الأقمار الإصطناعية يقوم بتوفير معلومات عن الموقع و الوقت في جميع الاحوال الجوية في أي مكان على او بالقرب من الارض .

2.4 مراحل التطور:

قبل بدء عصر الأقمار الإصطناعية توصل العلماء الى طريقة جديدة لتحديد المواقع بالإعتماد على الموجات الراديوية أو الكهرومغناطيسية و كان المبدأ الأساسي في هذه الطريقة هو قياس الزمن الذي تستغرقه الموجة الراديوية في الرحلة ذهاباً وإياباً بين محطة البث او الإرسال و جهاز الإستقبال فإذا إستخدمنا القاعدة العلمية المعروفة .

المسافة = السرعة X الزمن ---------- (1.4)

و باعتبار ان سرعة الموجة تعادل سرعة الضوء (حوالي 300 الف كيلومتر في الثانية) فيمكننا حساب المسافة بين محطة الارسال و جهاز الاستقبال .

من أمثلة هذه النظم الراديوية لتحديد المواقع نظام لوران **LORAN** و الذي بدأ في الولايات المتحدة الامريكية و يهدف اساسا لمساعدة السفن في ابحارها .

مع ظهور الأقمار الإصطناعية طبق العلماء نفس مبدأ الملاحة الراديوية في تطوير ما عرف بأسم الملاحة الأقمار الإصطناعية **Satellite Navigation** فاذا استبدلنا محطات الارسال الارضية بأقمار إصطناعية ترسل موجات راديوية يستطيع جهاز الاستقبال ان يتعامل معها و يحسب المسافة من موقعه الي موقع كل قمر إصطناعي فيمكن تحديد الموقع الذي به هذا القمر المستقبل كل قمر إصطناعي يكون معلوم المدار الذي يدور عليه في الفضاء و تكون من أهم مهام الجهة المسئولة عن نظام الأقمار الإصطناعية ان

تراقب كل قمر و تحدد موقعه بكل دقة في كل لحظة و بالتالي فيمكننا القول ان موقع كل قمر إصطناعي يكون معلوماً في أي لحظة طوال 24 ساعة يومياً أي ان كل قمر صناعي يكون بمثابة نقطة مرجعية و طبقا لهذا المبدأ الاساسي فيمكن اعتبار القمر الإصطناعي على أنه هدف Target عالي الإرتفاع حيث اذا أمكن رصده من ثلاثة نقاط ارضية معلومة الاحداثيات فيمكن تحديد موقع نقطة مجهولة ترصد هذا القمر الإصطناعي في نفس اللحظة .

تطورت نظم الملاحة الأقمار الإصطناعية مع إطلاق نظام الملاحة الامريكي (ترانزيت) و ايضا عرف بأسم نظام دوبلر و كان الهدف الرئيسي منه تحديد مواقع القطع البحرية في البحار و المحيطات و المعرفة الدقيقة لإحداثيات المواقع الإستراتيجية و بالرغم من هذه الأهداف العسكرية إلا أن المهندسين المدنيين قد إستخدموا هذا النظام في العديد من التطبيقات المساحية و خاصة في إنشاء شبكات الثوابت الارضية الدقيقة .

بدأت عدة جهات علمية و حكومية إقتراح نظم جديدة و في عام 1969 م قامت وزارة الدفاع بإنشاء برنامج جديد تحت إسم البرنامج العسكري للملاحة بالأقمار الإصطناعية DNSS لتوحيد الجهود وراء اطلاق نظام ملاحي جديد و بالفعل تم اقتراح تقنية جديدة تحت اسم النظام العالمي الملاحي لتحديد المواقع بقياس المسافة و الزمن باستخدام الاقمار الصناعية Navigation satellite Timing And Ranging Global Positioning System إلا أنه عرف على نطاق واسع بعد ذلك بأسم النظام العالمي لتحديد المواقع GPS .

3.4 مكونات نظام الجي بي إس (GPS) :

يتكون نظام الجي بي أس من ثلاثة اجزاء هي : -

- **قسم الفضاء و يحتوي الاقمار الصناعية .**
- **قسم التجكم و السيطرة .**
- **قسم المستقبلات الارضية او المستخدمون .**

1.3.4 قسم الفضاء أو الأقمار الإصطناعية :

يتكون قسم الفضاء إسميا من 24 قمرا إصطناعيا 21 (قمر عامل 3 + اقمار احتياطية) موزعة في 6مدارات بحيث يكون هناك 4 اقمار إصطناعية في كل مدار مما يسمح بالتغطية الدائمة لكل موقع على سطح الارض في أي لحظة طوال اليوم و تدور الاقمار في مدارات شبه دائرية على ارتفاع 20200 كيلومتر ليكمل كل قمر صناعي دورة كاملة حول الارض في مدة 11 ساعة و 56 دقيقة بالتوقيت الزمني الارضي العالمي GMT يتراوح وزن القمر الإصطناعي من 400 الى 850 كيلوغرام و يبلغ عمره الافتراضي حوالي سبعة سنوات و نصف و يستمد طاقته من خلال صفيحتين لالتقاط الطاقة الشمسية بالاضافة لوجود ثلاثة بطاريات احتياطية من النيكل تزوده بالطاقة عندما يمر بمنطقة ظلال الارض و يقوم كل قمر بتوليد موجتين على ترددين مختلفين هما L1 و L2 بالإضافة الى شفرتين و رسالة ملاحية يتم بثهم على هذين الترددين كما يحتوي كل قمر على عدد من الساعات الزرية سواء من نوع السيزيوم او الرابيديوم .

2.3.4 قسم التحكم و المراقبة :

يتكون قسم التحكم و المراقبة من محطة التحكم الرئيسة في ولاية كلورادو الامريكية و اربغة محطات مراقبة في عدة مواقع حول العالم تستقبل محطات المراقبة كل اشارات الاقمار الصناعية و تحسب منها المسافات لكل الاقمار المرصودة و ترسل هذه المعطيات بلاضافة لقياسات الاحوال الجوية الى محطة التحكم الرئيسية والتي تستخدم هذه البيانات في حساب المواقع اللاحقة للاقمار و سلوك (تصحيحات)ساعاتها و بالتالي تكون الرسالة الملاحية لكل قمرإصطناعي تقوم محطة التحكم الرئيسية بعمل التصحيحات اللازمة لمدارات الاقمار الصناعية و كذلك تصحيح ساعات الاقمار ثم تقوم بارسال هذه المعلومات للاقمار الإصطناعية (مرة كل 24 ساعة)و التي تقوم بتعديل مساراتها وأزمانها و بعد ذلك ترسل هذه البيانات المصححة كإشارات الى اجهزة الاستقبال الارضية .

3.3.4 قسم المستقبلات الارضية :

يضم هذا القطاع اجهزة استقبال الجي بي أس التي تستقبل اشارات الأقمار الإصطناعية و تقوم بحساب موقع المكان الموجود به المستقبل سواء على الأرض أو على الجو أو على البحر بالإضافة لسرعة و إتجاه حركة المستقبل إن كان متحركا اثناء فترة الرصد . بصفة عامة يتكون جهاز الإستقبال من هوائي

مع مضخم اشارة و وحدة تردد راديوي او لاقط الاشارات و مولد ترددات و وحدة تامين الطاقة الكهربائية وحدة التحكم للمستخدم بالاضافة الى وحدة ذاكرة لتخزين القياسات .

4.4 اساس عمل الجي بي إس (GPS) :

يحسب جهاز الجي بي أس موقعه عن طريق حساب توقيت الاشارات التي يتم ارسالها من اقمار الجي بي أس الموجودة على ارتفاعات نحو 36000 كيلومتر فوق سطح الارض يرسل كل قمر رسائل متتالية تضم **التالي :**

- **وقت إرسال الرسالة .**
- **المعلومات المدارية الدقيقة ephemeris .**
- **السلامة العامة للنظام و المدارات لكل أقمار الجي بي أس .**

يستخدم جهاز الإستقبال الرسائل التي يستقبلها في تحديد وقت انتقال كل رسالة من القمر الصناعي الي الجهاز المستقبل على الارض و يحسب المسافات بينه و بين كل قمرإصطناعي تستخدم هذه المسافات مع مواقع الاقمار و مع إستخدام حساب المثلثات لحساب موقع جهاز الإرسال فيتم إظهار الموقع على الجهاز المستقبل ربما بيان خريطة متحركة أو تعيين خطوط الطول و دوائر العرض و يمكن إدراج معلومات عن الإرتفاع عن سطح البحر .

5.4 طرق الرصد :

تتعدد طرق الرصد المساحية بنظام الجي بي أس بطريقة كبيرة بناءا على عدة عوامل مثل عدد اجهزة الاستقبال المتوفرة و الدقة المطلوبة او طبيعة المشروع .

تعتمد طرق المساحية لتجميع ارصاد الجي بي أس على اسلوب الرصد النسبي او الرصد التفاضلي حيث يكون هنالك جهازي استقبال احدهما يسمى القاعدة او الجهاز المرجعي موجود على نقطة مساحية معلومة الاحداثيات بينما الجهاز الثاني يسمى المتحرك و هو الذي يتولى رصد النقاط المطلوب تحديد موقعها و يقوم كلا الجهازين برصد الأقمار الإصطناعية آنيا في نفس الوقت يقوم الجهاز الثابت او القاعدة بتحديد قيمة

الخطأ في اشارات الأقمار الإصطناعية في كل لحظة و ذلك عن طريق مقارنة الإحداثيات المعلومة لهذه النقطة مع إحداثياتها المحسوبة من ارصاد الجي بي إس .

بصفة عامة يمكن تقسيم طرق الرصد الى مجموعتين رئيسيتيين :

- **الطرق الثابتة و منها الطريقة التقليدية و الطريقة السريعة .**
- **الطرق المتحركة و منها طرق تعتمد على الحساب اللاحق واخرى تعتمد على إستقبال تصحيحات بهدف إكمال عملية حساب الإحداثيات في الموقع مباشرة .**

و تجدر الإشارة الى أن الطريقة الثابتة التقليدية هي الأنسب لمشروعات المساحة الجيوديسية التى تتطلب دقة عالية بينما باقي الطرق تكون مناسبة للأعمال المساحية و الرفع المساحي .

1.5.4 طرق الرصد الثابتة :

تعد طرق الرصد الثابتة انسب طرق رصد الجي بي أس للتطبيقات المساحية و الجيوديسية التى تتطلب دقة علية في تحديد المواقع الطريقة الثابتة التقليدية هي اقدم و ادق طرق رصد الجي بي أس بينما ظهرت بعدها طريقة اخرى سميت بالرصد الثابت السريع .

1.1.5.4 طريقة الرصد الثابت التقليدى :

في هذه الطريقة يحتل الجهاز الثابت نقطة معلومة الاحداثيات بينما يقوم الجهاز الاخر باحتلال النقطة المجهولة المطلوب تحديد موقعها . و في نفس الوقت تبدأ كل الاجهزة باستقبال اشارات الأقمار الإصطناعية الأجهزة الجيوديسة ثنائية التردد هي الأجهزة المستخدمة في هذه الطريقة حتى يمكن الوصول لمستوى الدقة المطلوبة و إن كان يمكن استخدام الاجهزة احادية التردد للمسافات القصيرة التى لا تتجاوز 20 كيلومتر تتراوح فترة الرصد المشترك التى تعمل خلالها اجهزة الاستقبال بين 30 دقيقة وعدة ساعات طبقا لطول المسافة بين الجهاز الثابت و الاجهزة الاخرى .

توجد عدة أساليب لتجميع البيانات تعتمد على عدد اجهزة الاستقبال المتوفرة اذا لم يتوفر إلا جهازين استقبال فقط يتم العمل بإسلوب خط القاعدة حيث يوضع الجهاز الثابت اعلى النقطة المعلومة الاحداثيات و الجهاز الاخر اعلى اولى النقاط المجهولة لفترة زمنية معينة ثم ينتقل لرصد النقطة المجهولة الثانية ثم الثالثة و هكذا

في حالة توافر اكثر من جهازين فإن اسلوب العمل يتم بطريقة الشبكة حيث يوضع جهاز فوق النقطة المعلومة بينما توضع بقية الاجهزة على النقاط المجهولة .

الدقة المتوقعة لطريقة الرصد الثابت التقليدي تكون 5 ملليمتر 1 + جزء من المليون (PPM)

2.1.5.4 طريقة الرصد الثابت السريع :

في حالة وقوع النقاط المجهولة في نطاق مسافة قصيرة في حدود 15-10 كيلوميتر من موقع النقطة المعلومة او المرجعية فيمكن للجهاز المتحرك ان يرصد نقطة مجهولة لمدة زمنية بسيطة ثم ينتقل لرصد مجهولة ثانية و ثالثة و هكذا تتراوح فترة الرصد عند كل نقطة مجهولة بين 10-2 دقائق تتميز طريقة الرصد الثابت السريع انها تقل بدرجة كبيرة من الوقت اللازم لتجميع البيانات الحقلية مما يجعلها مناسبة للاعمال المساحية التفصيلية و الطبوغرافية في منطقة صغيرة و لكن الدقة المتوقعة لهذه (10 ملليمتر 1 PPM +) لا تصل لنفس مستوى دقة طريقة الرصد الثابت التقليدي مما يجعلها غير مطبقة في الاعمال الجيوديسية الدقيقة .

2.5.4 طرق الرصد المتحركة :

تعتمد فكرة الرصد المتحرك على وجود جهاز ثابت مرجعي على النقطة المعلومة بينما يتحرك الجهاز الاخر لرصد عدد من النقاط المجهولة . تختلف طرق الرصد المتحرك بناء على **عاملين** :

- **اسلوب حركة الجهاز الثاني .**
- **طريقة نقل التصحيحات من الجهاز الثابت لباقي الاجهزة .**

1.2.5.4 طرق الرصد المتحرك و الحساب لاحقا :

في هذه النوعية من اساليب الرصد المتحرك يتم الاعتماد على ان التصحيحات التى يقوم بحسابها الجهاز المثبت فوق النقطة المعلومة يتم نقلها الى ارصاد الاجهزة المتحركة عن طريق برنامج الحساب في الحاسب الآلي بعد الانتهاء من الاعمال الحقلية أي ان حساب احداثيات النقاط المرصودة سيكون في المكتب.

2.2.5.4 طريقة الرصد شبه المتحرك :

تسمى طريقة الرصد المتحرك مباشرة و اهم مميزاتها انها لا تتطلب الوقوف عند كل نقطة مجهولة انما تكتفي برصدها حتى و لو ثانية واحدة . في هذه الطريقة يتم ضبط جهاز الاستقبال بحيث يسجل الارصاد آليا كل فترة زمنية معينة و لا توجد حاجة للمستخدم لاعطاء امر الرصد في جهاز الاستقبال كل هذه المميزات جعلت طريقة الرصد شبه المتحرك اكثر جاذبية و اسهل و ارخص لتطبيقات الرفع المساحي.

3.2.5.4 طريقة الرصد المتحرك مع الحساب اللحظي :

تعتمد هذه الطريقة على وجود جهاز راديو عند النقطة الثابتة يقوم بارسال و بث التصحيحات التي يقوم الجهاز المرجعي بحسابها الى الجهاز المتحرك و الذي بدورها يكون متصل بجهاز راديو لاسيلكي اخر أي ان الجهاز المتحرك يتكون من وحدتين وحدة استقبال اشارات الاقمار الصناعية بالاضافة الى وحدة استقبال لاسلكية لاستقبال التصحيحات المرسلة من الجهاز الثابت . من ارصاد الأقمار الإصطناعية يقوم الجهاز المتحرك بحساب احداثيات النقطة المرصودة و من تصحيحات الجهاز المرجعي يقوم الجهاز المتحرك بتصحيح الاحداثيات للوصول الي قيم دقيقة في نفس اللحظة .

بناء على نوع التصحيحات التى يحسبها الجهاز الثابت توجد طريقتين من طرق الرصد المتحرك مع الحساب اللحظي :

- **اذا كانت التصحيحات خاصة بارصاد الشفرة فإن الطريقة تسمى الجي بي أس التفاضلي Differential GPS او اختصارا DGPS .**
- **اذا كانت التصحيحات خاصة بارصاد طور الموجة Carrier phase فإن الطريقة تسمى الرصد المتحرك اللحظي Real Time Kinematic اختصارا RTK .**

ارصاد طور الموجة تكون اكثر دقة من ارصاد الشفرة مما يؤدي الي ان دقة الجي بي أس التفاضلي DGPS عدة ديسيمترات او ما هو اقل من المتر بينما تصل الدقة لطريقة الرصد اللحظي RTK الى 2-5 سنتيمتر و لذلك فإن طرق الرصد التفاضلي تستخدم في التطبيقات الملاحية و نظم المعلومات الجغرافية بينما طريقة الرصد المتحرك اللحظي هي المطبقة في الأعمال المساحية .

6.4 مصادر الأخطاء :-

1.6.4 أخطاء صادرة من القمر الإصطناعي :

1- خطأ موضع القمر في مساره ينتج لتأثير الجازبية و يتم تصحيحة و اكتشافة بواسطة نقاط المراجعة الأرضية.

2- خطأ الانتقاء وهو خطأ متمد من وزارة الدفاع الأمريكية ويصل الي 100 متر.

3- خطأ الرسالة الملاحية يتم إكتشافة و تصحيحة بواسطة محطات المتابعة.

4- خطأ ساعة القمر الإصطناعي ويصل إلي 1 متر .

5- خطأ توزيع الأقمار ويصل إلي (15 - 100) متر .

2.6.4 أخطاء الاشارة المرسلة من القمر الى المستقبل :

1- خطأ تعدد المسار .

2- أخطاء طبقات الغلاف الجوي (الأيونوسفير و التروبوسفير) .

3.6.4 أخطاء صادرة من المستقبل :

1- خطأ ساعة المستقبل .

2- خطأ توليد الترددات .

4.6.4 الأخطاء الفادحة :

1- أخطاء وحدات التحكم بسبب أشخاص من مشغلي النظام .

2- الأخطاء الناتجة من الاشخاص المستخدمين للمستقبل منها :

(أ) إختيار طريقة الرصد المستعملة .
(ب) إختيار توزيع الأقمار.
(ت) إختيار البطاريات .
(ث) إختيار الفترة الزمنية بين الرصدان المتتاليان .

(ج) التوقف المبدئي في اول العمل لضبط الجهاز للعمل .

3- أخطاء في إختيار المرجع الجيوديسي .

4- أخطاء المستقبلات سواء من حيث البرامج أو المكونات نتيجة للإختبار السيئ للجهاز ذو المواصفات المناسبة لحجم الدقة المطلوبة .

5- أخطاء ناتجة عن التشويش و الإنحرافات في الموجات الترددية .

7.4 مميزات تقنية الجي بي إس (GPS) :

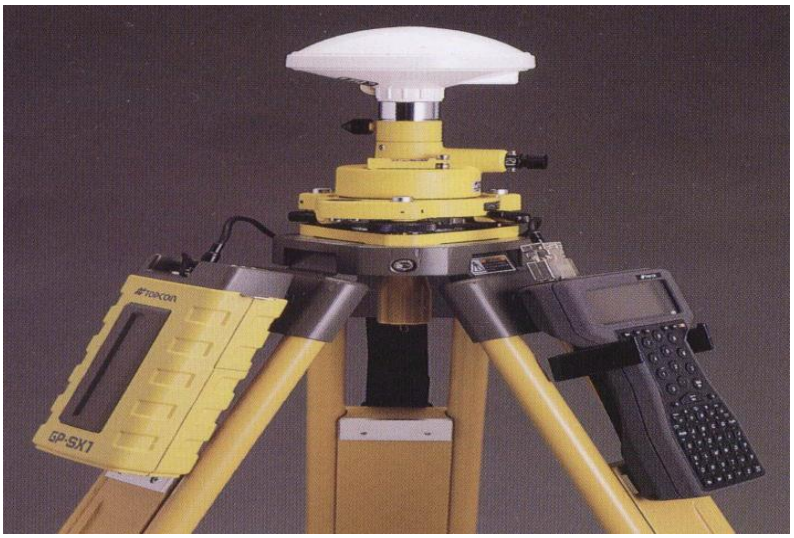
- ❖ متاح طوال 24 ساعة يومياً ليلاً و نهاراً و على مدار العام كله .
- ❖ يغطي جميع انحاء الأرض .
- ❖ لايتأثر بأي ظروف مناخية مثل درجات الحرارة و المطر و الرطوبة و البرق و العواصف .
- ❖ الدقة عالية في تحديد المواقع تصل الي ملليمترات في بعض التطبيقات و طرق الرصد الجيوديسية او دقة امتار قليلة للتطبيقات الملاحية .
- ❖ الوفرة الإقتصادية بحيث أن تكلفة إستخدام الجي بي إس تقل بنسبة أكبر من 25% بالمقارنة بأي نظام ملاحي أرضي أو فضائي آخر .
- ❖ لايحتاج لخبرة متخصصة لتشغيل أجهزة الإستقبال لدرجة أن بعض المستقبلات أصبحت تدمج في الساعات اليدوية والسيارات والهواتف المحمولة ..... إلخ .

8.4 التطبيقات المساحية لتقنية الجي بي إس (GPS) :

- ❖ إنشاء الشبكات الجيوديسية للثوابت الأرضية الدقيقة و تكثيف الشبكات القديمة منها (عن طريق إضافة محطات جديدة لها) .
- ❖ رصد تحركات القشرة الأرضية .
- ❖ رصد إزاحة و هبوط المنشآت الحيوية كالكباري و الجسور و السدود و القناطر .

- ❖ اعمال التوقيع المساحي التفصيلي و الطبوغرافي .
- ❖ إنتاج خرائط طبوغرافية و تفصيلية دقيقة و في صورة رقمية .
- ❖ تحديد المواقع لعلامات الضبط الأرضي للصور الجوية والمرئيات الفضائية لنظم الاستشعار عن بعد.
- ❖ تطبيقات المساحة التصويرية الأرضية .
- ❖ تطوير نماذج الجيويد الوطنية بالتكامل مع إسلوب الميزانية الأرضية .

- ❖ تجميع البيانات المكانية عند إستخدام تقنية نظم المعلومات الجغرافية و خاصة لتطبيقات تحديد مواقع الخدمات المدنية و تطبيقات نظم معلومات الأراضي .
- ❖ الربط بين المراجع الجيوديسية المختلفة للدول في حالات المشروعات الحدودية المشتركة .



شكل (1.4) يوضح إحدى أجهزة نظام تحديد المواقع

شكل (2.4) يوضح جهاز جي بي إس GPS مع هوائي مثبت عليه

.

شكل (3.4) يوضح جهاز جي بي إس GPS مع هوائي منفصل