بسم الله الرحمن الرحيم

جامعة السودان للعلوم والتكنولوجيا

كلية الهندسة

مدرسة هندسة المساحة-قسم المساحة الجيوديسية

بحث تكميلي لنيل درجة البكالريوس في هندسة المساحة

بعنوان:

إستخدامات نظام تحديد الموقع العالمي في المساحة التصويرية

Uses of Global positioning System in Photogrammetry

إعداد الطلاب:

1/أبوبكر محمد توم محمد أحمد

2/ المغيرة أحمد سيد أحمد السيد

3/ محمد شريف فضل عبدالله

4/ نزار أحمد محمد الحكيم

إشراف:

الدكتور/ محمد فطر زايد محمد

أكتوبر 2016م

الأيـــــة:

بسم الله الرحمن الرحيم

قَدْ نَرَىٰ تَقَلُّبَ وَجْهِكَ فِي السَّمَاءِ ۖ فَلَنُوَلِّيَنَّكَ قِبْلَةً تَرْضَاهَا ۚ فَوَلِّ وَجْهَكَ شَطْرَ الْمَسْجِدِ الْحَرَامِ ۚ وَحَيْثُ مَا كُنتُمْ فَوَلُّوا وُجُوهَكُمْ شَطْرَهُ ۗ وَإِنَّ الَّذِينَ أُوتُوا الْكِتَابَ لَيَعْلَمُونَ أَنَّهُ الْحَقُّ مِن رَّبِّهِمْ ۗ وَمَا اللَّهُ بِغَافِلٍ عَمَّا يَعْمَلُونَ (144) وَلَئِنْ أَتَيْتَ الَّذِينَ أُوتُوا الْكِتَابَ بِكُلِّ آيَةٍ مَّا تَبِعُوا قِبْلَتَكَ ۚ وَمَا أَنتَ بِتَابِعٍ قِبْلَتَهُمْ ۚ وَمَا بَعْضُهُم بِتَابِعٍ قِبْلَةَ بَعْضٍ ۚ وَلَئِنِ اتَّبَعْتَ أَهْوَاءَهُم مِّن بَعْدِ مَا جَاءَكَ مِنَ الْعِلْمِ ۙ إِنَّكَ إِذًا لَّمِنَ الظَّالِمِينَ (145)

صدق الله العظيم

سورة البقرة الأية(144-154)

إهـــــداء

إلي . .أمــهاتنا . .وأبــاءنا . .وأســرنا

إلي . .أنفسنا . .وأساتذتنا . .وزملاءنا

إلي . .الأصدقاء . .والشرفاء . .والأوفياء

إلي الدكتور /محمد فطر زايد

إليكــم جيمعا . . نهدي هذا الجهد المبارك

البـــاحثون

التجريدة:

تعتبرالمساحة التصويرية من اهم وسائل جمع البيانات في انتاج الخرائط الطبوغرافية والتي تحتاج الي اعلى معايرالدقة في تحديد المواقع الراسية والافقية لذلك فان هذا البحث يهدف الي تناول علاقة نظام تحديد الموقع العالمي Global positioning system مع المسح التصويري حيث يقوم نظام الموقع العالمي بتحديد مواقع نقاط الضبط الارضية بدرجة عالية من الدقة وايضا في تحديد الموقع الفعلي الارضي للكاميرا لحظة التقاط الصورة .

وفيه تم التحدث عن اهم الاستخدمات لنظام الموقع العالمي في المساحة التصويرية ومن ثم تم تطبيق بيانات الملف تكامل جهاز الموقع العالمي مع الصورة الجوية Inertial measurement unit(IMU) التي توضح جزء منطقة وسط ولاية الخرطوم وذلك لتكثيف نقاط الضبط وحساب احداثيات نقاط ارضية جديدة كاحدي استخدامات نظام الموقع العالمي في المساحة التصويرية ثم مقارنة احداثيات النقاط المحسوبة مع احداثياتها التي تم رصدها باستخدام نظام الموقع العالمي الجيوديسي وقد وجدت النتائج متقاربة .

شكر وتقدير

الشكر لله عز وجل الذي أنار لنا الدرب

وفتح لنا أبواب العلم وأمدنا بالصبر والإرادة

الي الدكتور/ محمد فطر زايد

رسالتنا إليك مليئة بالحب والتقدير والإحترام

ولو أننا أوتينا كل بلاغة وأفنينا بحر النطق في النظم والنثر

لما كنا بعد القول إلا مقصرين ومعترفين بالعجز عن واجب الشكر

أيا رجلا بحجم وطن المليون ميل مربع.

الي الدكتور/ أحمد محمد إبراهيم

شكرا لك من الأعماق علي عطائك الوافر ومقامك الشريف فجميلك دائم ومعروفك محفوظ

الباحثون

الفهرست

البند	الموضوع	رقم الصفحة
	الأية	
	الاهداء	
	التجريدة	I
	شكر وتقدير	II
	فهرست الجداول	VI
	فهرست الأشكال	VII
الباب الاول:مقدمة عامة		
1-1	المقدمة	1
الباب الثاني:مفهوم نظام الموقع العالمي		
1.2	مقدمة	4
2.2	الصعوبات التي تواجة عمل نظام الموقع العالمي	5
3.2	التطبيقات المساحية لنظام الموقع العالمي	6
4.2	مكونات نظام الموقع العالمي	7
5.2	فكره عمل نظام الموقع العالمي	9
6.2	مدارات القمر الصناعي	10
7.2	اشارات الاقمار الصناعيه	12
8.2	طرق الرصد نظام الموقع العالمي	12
9.2	مبادي الرصد بنظام الموقع العامي	14
10.2	طرق الرصد باستحدام الاجهزه الارضيه	15
11.2	أساليب الرصد باستخدام نظام الموقع العامي	23
12.2	مصادر الاخطاء في نظام الموقع العالمي	24
الباب الثالث :المساحة التصويرية		
1.3	مقدمة	28
2.3	نظرية المساحة النتصويرية	28

1.2.3	هندسة الصورة الاحادية	29
2.2.3	التصوير المزدوج	32
3.2.3	التصوير التحليلي	34
4.2.3	التصوير التماثلي	36
5.2.3	المساحة التصويرية الرقمية	36
3.3	ألات المساحة التصويرية	37
1.3.3	الكاميرا الجوية	37
2.3.3	الماسحات الضوئية	39
3.3.3	أجهزة الرسم المزدوجة	40
4.3.3	أجهزة الرسم التحليلية	41
الباب الرابع:التثليث الجوي		
1.4	مقدمة	43
2.4	نقاط العبور في التثليث الجوي	44
3.4	أساليب عملية التثليث الجوي	45
4.4	نقاط الضبط الارضية	49
5.4	حساب الاحداثيات	51
6.4	حساب الحداثيات من نقاط العبور والربط	52
الباب الخامس:إستخدامات نظام الموقع العالمي في المساحة التصويرية		
1.5	مقدمة	53
2.5	نظام الموقع المحمول جوا	53
3.5	النظام الساكن	58
4.5	تكامل نظام الموقع العالمي مع النطام الساكن	60
5.5	استخدام نظام الموقع العالمي في العمل الحقلي ودقة تحديد موقع الصورة	61
الباب السادس:التحليل والنتائج		
1.6	التحليل و النتائج	63
الباب السابع:الخلاصة والتوصيات		

1-7	الخلاصة	69
2-7	التوصيات	69
	المراجع	70

قائمة الجداول

الجدول	رقم الصفحة
(1.6) إحداثيات نقاط الضبط الأرضية	65
(2.6) ملف تكامل بيانات نظام الموقع العالمي مع الصورة الجوية	66
(3.6) إحداثيات نقاط الضبط المعلومة	67
(4.6) نقاط الضبط المحسوبة من الصورة باستخدام التثليث الجوي	67
(5.6) مقارنة الإحداثيات	68

قائمة الاشكال

الشكل	رقم الصفحة
(1.2) نموذج قمر نظام الموقع العالمي	7
(2.2) مواقع المحطة الرئيسية ومواقع محطات المراقبة في العالم	8
(3.2) إيجاد المسافات في عملية التقاطع الخلفي	15
(4.2) طريقة الرصد الثابت	16
(5.2) طريقة الرصد المتحرك	19
(6.2) طريقة الرصد المتحرك المستمر	21
(7.2) طريقة الرصد المتحرك بالاسلكي	22
(8.2) اسلوب الرصد الفردي	23
(9.2) اسلوب الرصد المزدوج	23
(10.2) اسلوب رصد شبكة النقاط	24
(11.2) خطا التروبوسفير	25
(12.2) خطأ المسارات المتعددة	26
(1.3) اوضاع الصور الاحادية	29
(2.3) تشوه الإرتفاع	31
(3.3) نظام الإحداثيات	33
(4.3) الاستيروسكوب	34
(5.3) احداثيات الصور	35
(6.3) جهاز الرسم التماثلي	36
(7.3) الكاميرا الجوية	38
(8.3) الماسحات	39
(9.3) جهاز الرسم الرقمي	41
(10.3) جهز الرسم التحليلي	42
(1.4) مسار عملية التثليث الجوي	44

(2.4) نقاط العبور في الصورة	44
(3.4) النماذج المستقلة	47
(4.4) نقاط التحكم في الشريط	48
(1.5) محطات التوقف و الاساس	54
(2.5) نقاط توقف	54
(3.5) ضبط الشبكات	55
(4.5) موقع هوائي محدد الموقع العالمي	56
(5.5) أخطاء نظام الملاحة الساكن	61
(1.6) جزء من منطقة وسط ولاية الخرطوم	64
(2.6) الخطأ المعياري في التثليث الجوي	68

الباب الأول
المقدمة

1.1. مقدمة:

يمكن تعريف علم المساحة بأنه العلم او الفن الذي يهدف الي دراسة الطرق المختلفة والتي تهتم بتمثيل سطح الارض وتضاريسه ومعالمه الطبيعية مثل الجبال والانهاراوالصناعية مثل الطرق والجسوروالمباني وانتاج خرائط لها او توقيع نقاط على الارض من الخريطة ويمكن تقسيم علم المساحة الي مساحة مستوية والمساحة الجيوديسية.

المساحة المستوية تهتم بمسح المناطق الصغيرة وتهمل كروية الارض حيث ان اهمالها لايؤدي الي اخطاء فادحة في منطقة الرصد. اما المساحة الجيوديسية فتهتم بمسح المناطق الشاسعة وفيها لابد من وضع كروية الارض في الحسبان حيث ان اهمالها قد يؤدي الي اخطاء كبيرة في منطقة الرصد.

تعتبر المساحة التصويرية من اكثر الطرق استخداما في جمع المعلومات المساحية في انتاج الخرائط وذلك لما تمتاز به من سرعة ودقة واختصارا للزمن والتكلفة وعليه تقسم المساحة التصويرية حسب الاستخدام الي مساحة مترية حيث يتم ايجاد القياسات بدرجة عالية من الدقة من الصورة الجوية بغرض انتاج الخرائط الطبوغرافية. والمساحة التصويرية التفسيرية فهي تهتم بتفسير الظواهر والمعالم المتضمنة في الصورة وحساب الاحداثيات الارضية مستخدمين معادلات وعادة مايتم حسابها باستخدام الحاسوب.

وفي الوقت الحالي تم تغير جزري للمفهوم التقليدي للمساحة التصويرية وذلك للاحلال الذي حدث سواء كان في مجال الكاميرات التي تم استبدالها بالكاميرات الرقمية او في وسائل حفظ الصور والتي تعرف بالأفلام في المساحة التصويرية التقليدية التي حل محلها نظام الشرائح الضوئية مثل نظام (Charge Cable Device) (CCD) وبالاضافة الي تكامل استخدام نظام الموقع العالمي لتحديد موقع الكاميرا لحظة التقاط الصورة مع بيانات الصورة نفسها في ملف واحد يعرف بنظام (Inertial Measurement Unit) (IMU) كل ذلك ادى الي ظهور ما يعرف بالمساحة التصويرية الرقمية ونسبة لأهمية ذلك التكامل وتلك الإستخدامات فقد تضمنت هذه الدراسة في هذا البحث على سبعة أبواب بما في ذلك هذه المقدمة وهي بمثابة الباب الأول.

وفي الباب الثاني تم تناول مفهوم نظام الموقع العالمي منذ النشأة في العام 1969 بغرض الملاحة وأشرنا الي مزاياه وعيوبه والصعوبات التي تواجة العمل به وتطبيقاتة المساحية وعددنا مكونات النظام وفكرة العمل (حيث إنه يعتمد علي حساب المسافة او المدي بين القمر الصناعي والمستقبل بمعلومية سرعة الضوء والزمن الذي أستغرقة). وتحدثنا عن المدارات وإشارات الأقمار الصناعية المستخدمة في نظام الموقع العالمي ، وفصلنا طرق الرصد بإستخدام هذاء النظام العملاق (الرصد الساكن- الرصد الساكن السريع-طرق الرصد الحركية-وطرق الرصد الحركية اللحظية) مرفقين مع ذلك الصور التي تسهل فهم المقصد متي ماوجدنا ذلك مناسبا. وراعينا اثناء تناول هذا الباب العمق والإختصار بما يناسب هذا البحث.

وقد احتوي الباب الثالث على مفهوم المساحة التصويرية التي يمكننا أن نقول عن تعريفها انها (علم الحصول علي المعلومات عن طريق التصوير الجوي) الذي يمكننا من رسم خرائط وملاحظة التغيرات العالمية الي مستويات دقيقة جعل وجودها مميزا في حيز العمل المساحي الهندسي ومقدرا في نفس الوقت. ولأجل ذلك أعطيناها أولوية في التفصيل حيث بدأنا بتطور نظرية المساحة التصويرية وفصلناها في عناوين(هندسة الصورة الأحادية-التصوير المذدوج-التصويرية التماثلية- التصويرية التحليلية-التصويرية قريبة المدي-والمساحة التصويرية الرقمية) مع توضيح الرسومات والقوانين المستعملة. كما لم يفوتنا ذكر ألات المساحة التصويرية مثل الكاميرا الجوية والماسحات الضوئية وأجهزة الرسم المذدوجة وأجهزة الرسم التحليلية. وفي هذا الباب قصدنا الشمولية والإحاطة بكل جوانب التصوير الجوي التي رأيناها ضرورية ليخرج هذا البحث بالصورة المثالية ويقدم الفائدة المرجوه منه.

اما الباب الرابع فكان بعنوان التثليث الجوي الذي هو عملية حساب الإحداثيات الأرضية من نظيرتها في الصورة الجوية وهو بذلك له أهمية ملحة هذه الأيام فهو يستخدم أساسا في تكثيف وتمديد نقاط الضبط عن طريق الصور وله مزايا أخري بالإضافة لكونة إقتصادي. تناولنا في هذا الباب نقاط العبور في التثليث الجوي وهي النقاط المشتركة بين كل ثلاثة صورعلي طول الشريط وتكلمنا عن أسايب عملية التثليث الجوي مثل إسلوب ضبط النماذج المستقلة،سلوب ضبط الشرائح،وإسلوب ضبط الحزمة، و ايضا ذكرنا أهمية نقاط الضبط الأرضي وأنواعها وتحديد النقاط علي أساس منطقة العمل ومواقع نقاط الضبط. وعن حساب الإحداثيات تكلمنا عن جهاز الكمبراتور ودقتة ، وحساب إحداثيات نقاط العبور ونقاط الربط.

كما تضمن الباب الخامس على أهم إستخدامات نظام الموقع العالمي في المساحة التصويرية وفية قد عددنا الإستخدامات العملية للنظام في المساحة التصويرية التي منها

الايربورن GPS AIRBORNE وهو عملية حساب موقع الكاميرا لحظة إلتقاط الصورة.وذكرنا كيفية حساب اوفست الكاميرا من الهوائي وعن إحداثيات نقطة القاعدة وحساب موقع الكاميرا والنظام الساكن ومكوناتة وتصميم نظام الملاحة الساكن والمميزات والمساوي.واشرنا الي تكامل بيانات نظام الموقع العالمي مع الصورة واوضاع الإستخدام في نفس المنظومة وبإسلوب مختصر تطرقنا لإستخدامات نظام الموقع العالمي في إنشاء نقاط الضبط الأرضية وطرق إنشاءها.

في الباب السادس تم تحليل النتائج وذلك بتكثيف نقاط الضبط الارضية بغرض استخدامها في ايجاد احداثيات ارضية جديدة من الصورة الجوية.

والخلاصة وأهم التوصيات التي قد خرجنا بها من هذه الدراسة تم ذكرها في الباب السابع والأخير.

الباب الثاني

نظام الموقع العالمي

1.2. مقدمة:

في العام 1969 قامت وزارة الدفاع الاميركية بإنشاء برنامج جديد تحت اسم "البرنامج العسكري للملاحة بالأقمار الصناعية" لتوحيد الجهود لإطلاق نظام ملاحي جديد ، وهو ما تم تحقيقه في العام 1973، حيث تم انشاء تقنية NAVASTAR(Navigation Satellite Time & Ranging) GPS والتي تعرف على نطاق واسع بـ "GPS"وهي ترمز الى (Global Positioning System) اي "نظام الموقع العالمي " . في بدايته كان النظام مقصورا استخدامه من قبل وزارة الدفاع الأميركية حتى عام 1984 ، الذي فيه سُمح للمدنيين باستخدامه جزئياً(اقل دقة في تحديد المواقع) .

يعتمد النظام كليا في عمله على الأقمار الصناعية التي تقوم بتحديد مواقعها باستمراراثناء دورانها حول الأرض ، مما يتطلب الأمر الى وجود مراكز او محطات ارضية لمتابعة الاقمار الصناعية في كل لحظة والتأكد من كفاءة تشغليها و تحديد اعمارها و الذي يؤدي الى استبدالها عند نهاية فترة عملها حتى تكون هذه التقنية متوفرة على مدار 24 ساعة يوميا لجميع المستخدمين . في عام 1996 تم تكوين لجنة عليا تضم عدد من الوزارات الأميركية لكي تشرف على نظام نظام الموقع العالمي و تضع كل السياسات المستقبلية اللازمة و سميت باللجنة التنفيذية بين الوزارات Inter-Agency GPS Executive Board (IGEB) .

فكرة عمل النظام تقوم على ارسال الإشارة من المحطة الارضية الى القمر الصناعي والذي بدوره يقوم بإرجاعها الى الارض ليستقبلها المستخدم في جهازه ، يحسب الزمن الذي استغرقته الإشارة من ارسالها الى استقبالها ومع معلومية سرعة الضوء يتم الحصول على المدى بين القمر الصناعي و المستخدم ، و الذي يحدد موقع المستخدم في تلك اللحظة. اذا استخدمت نفس العملية في الحصول على المدى ولكن بوجود ثلاثة أقمار صناعية سيكون بإمكاننا الحصول على معلومات تحدد لنا مكان المستخدم بدقة اعلى .

أثبت نظام نظام الموقع العالمي فعاليته و كفاءته في تحديد المواقع بدقة عالية على خلاف الأنظمة الأخرى المستخدمة لنفس الغرض ، فكل ما يحتاجه الأمرهو ارصاد قد يستغرق بضع دقائق و منه يتم الحصول على الموقع بدقة تصل الى بعض المليمترات لمسافة قد تتعدى 5

الكيلومترات و بذلك هو اعلى من دقة جهاز قياس المسافات الالكتروني (EDM)، مما جعل استخدامه اكثر في اعمال المساحة للمزايا التالية :متاح طوال الـ 24 ساعة يوميا ليلا ونهارا وعلى مدار العام كله .

1/ يغطي جميع انحاء الارض .

2/ لا يتأثر بالظروف المناخية مثل درجة الحرارة والرطوبة والمطر والعواصف .

3/ الوفرة الاقتصادية ، بحيث أن تكلفة استخدام نظام الموقع العالمي تقل بنسبة أكبر من 25% مقارنة باي نظام ملاحي اخر .

4/ سهل الاستخدام ، اذ لا يحتاج الى خبرة تقنية متخصصة لتشغيل اجهزة الاستقبال (خاصة المحمولة منها) لدرجة انه اصبحت مستقبلات نظام الموقع العالمي تدمج في الساعات اليدوية و الهواتف المحمولة

5/ لا يحتاج الى خط النظر كما هو الحال في اجهزة المساحة التقليدية ، كل هو مطلوب وجود سماء صافية تمكن من رؤية القمر الصناعي .

6/ تقلل من الوقت والجهد و العمالة ، اذ يمكن ان يجري عملية الرصد شخص واحد فقط .

7/ يمكن رصد خطوط القاعدة لمئات الكيلومترات مما يغني من عملية تمديد الشبكات الجيوديسية المستخدمة في الرصد التقليدي .

2.2. الصعوبات التي تواجة عمل نظام الموقع العالمي :

نظام الموقع العالمي ليس هو الحل لكل المشاكل المساحية لكنه الافضل والاسرع في العمل المساحي مما جعله مميزا رغم بعض الاعتراضات الصغيره التي تواجة مستخدميه وهي:

- وجود بعض العوائق التي تعترض مسار خط النظر مثل الأبنية العالية و الشاهقة بالنسبة لأعمال الانشاءات و التشييد ، و كذلك الامر بالنسبة للأنفاق و كل ما يتم تحت الارض مما يصعب فيه رؤية السما ء بوضوح .
- تكلفة الجهاز عالية ، من ناحية اقتصادية

- نظام الاحداثيات المستخدم نظام عالمي . فإن طلب النظام المحلي للإحداثيات فيجب معرفة العلاقة بين النظامين .

- الارتفاع المقاس من القمر الصناعي منسوب للإلبسويد و ليس للجيويد او متوسط سطح البحر. اذا طلب الارتفاع منسوبا لسطح الجيويد يجب معرفة العلاقة بينهما ايضا .

3.2. التطبيقات المساحية لنظام الموقع العالمي :

تعددت استخدامات نظام الموقع العالمي بصورة كبيرة في السنوات الماضية ونذكر منها علي سبيل المثال لا الحصر:

- انشاء الشبكات الجيوديسية للثوابت الارضية الدقيقة و تكثيف الشبكات القديمة عن طريق اضافة محطات جديدة لها .

- رصد تحركات القشرة الارضية .

- رصد ازاحة اوهبوط المنشئات الحيوية كالكباري والجسور والسدود والقناطر .

- اعمال الرفع المساحي التفصيلي والطبوغرافي .

- تحديد المواقع لعلامات الضبط الارضي للصور الجوية والمرئيات الفضائية لنظم الاستشعار عن بعد

- تطبيقات المساحة التصويرية الارضية .

- تطوير نماذج الجيويد الوطنية بالتكامل مع اسلوب الميزانية الأرضية .

- تجميع البيانات المكانية عند استخدام تقنية نظم المعلومات الجغرافية وخاصة تطبيقات تحديد مواقع الخدمات المدنية و تطبيقات النقل الذكي و كذلك نظم معلومات الاراضي .

- الربط بين المراجع الجيوديسية المختلفة للدول في حالات المشروعات الحدودية المشتركة .

- نظم الخرائط المحمولة (Mobile Mapping Systems)MMS .

- الرفع الهيدروغرافي وتطويرالخرائط البحرية والنهرية .

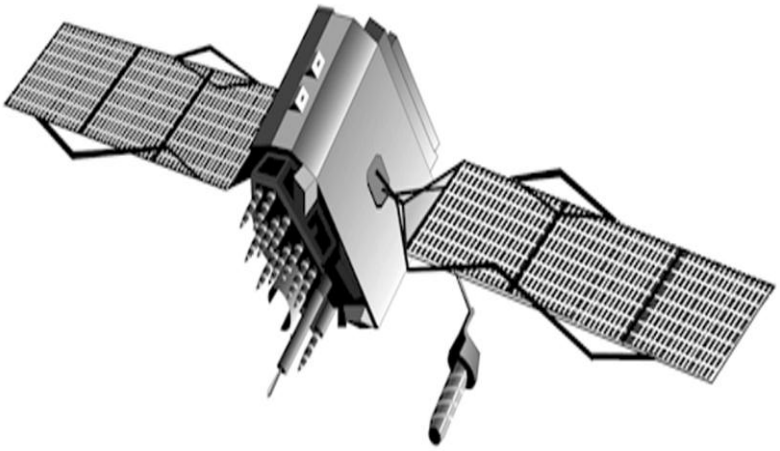
- بدمج تقنيتي نظام الموقع العالمي و نظم المعلومات الجغرافية (GIS) امكن انتاج خرائط رقمية وقواعد بيانات محمولة يدويا للمدن بكافة تفاصيلها و خدماتها .

4.2. مكونات نظام الموقع العالمي:

يتكون نظام العالمي من ثلاثة اقسام و هي :

- قسم الفضاء و يحتوي على الاقمار الصناعية Space Segment
- قسم التحكم و المراقبة Control segment
- قسم المستخدم User segment

1. قسم الفضاء:



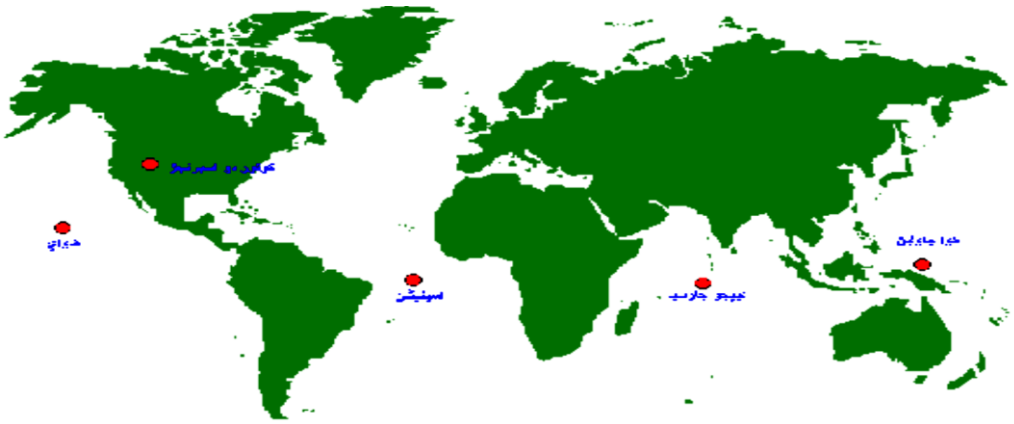
شكل (1.2) ..قمر نظام الموقع العالمي

يتكون قسم الفضاء من 29 قمرا صناعيا موزعة في 6 مدارات شبه دائرية تميل بمقدار 55° من الاستواء على ارتفاع 20220 فوق سطح الارض تكمل دورانها حول الارض في 12 ساعة بسرعة قدرها (12000)كم/الساعة. هناك اربعة اقمار صناعية في كل مدار مما يسمح بالتغطية الدائمة (اي يوجد على الاقل 4 اقمار صناعية) لكل موقع على سطح الارض في اي لحظة طوال اليوم . و يتراوح وزن القمر الصناعي بين 400 و 850 كيلوغرام و يبلغ عمره الافتراضي حوالي سبعة سنوات و نصف . وللقمر محرك صاروخي يقوم بتصحيح وضع القمر في حالات الانحراف وحدوث الخطأ في حركته . و يستمد طاقته من صفيحتين لالتقاط الطاقة الشمسية (شكل 1.2) بالإضافة لوجود ثلاثة بطاريات احتياطية تزوده بالطاقة عندما

يحتجب من الشمس. و يقوم كل قمر صناعي بتوليد موجتين على ترددين مختلفين L1&L2 بالإضافة لوجود شفرتين(P code & A/C code) و رسالة ملاحية يتم بثهم على هذين الترددين . كما يحتوي كل قمر صناعي على ساعتين ذريتين من السيزيوم واخريين من الرابيديوم لزيادة الدقة

2. قسم المراقبة و التحكم:

يتكون قسم التحكم و المراقبة من محطة تحكم رئيسية توجد في كولورادو و اربعة محطات للمراقبة توجد في مواقع مختلفة من العالم شكل(2.2). تستقبل محطات المراقبة كل الاشارات القادمة من الاقمار الصناعية وتقوم بإرسالها الى المحطة الرئيسة و بمقارنة هذه المعلومات يمكن حساب الاخطاء في الرسالة الملاحية والساعة الذرية. و بالتالي معالجتها وتحديثها ليتم ارسالها الى القمرالصناعي الذي بدوره يقوم بتعديل مساره و زمانه، ثم يتم ارسالها في شكل اشارات مصححة لاجهزة الاستقبال الارضية .



شكل(2.2) .. موقع المحطة الرئيسية ومواقع محطات المراقبة في العالم

3. قسم المستقبلات الارضية:

ويضم هذا القسم اجهزة استقبال نظام الموقع العالمي التي تستقبل اشارات الاقمار الصناعية وتقوم بحساب احداثياته بالإضافة الى اتجاه و حركة المستقبل ان كان متحركا اثناء فترة الرصد . تتعدد انواع اجهزة الاستقبال بصورة كبيرة طبقا لعدد من العوامل منها الموقع والدقة المطلوبة وغيرها.

المستقبلات في نظام التموضع العالمي يمكن تقسيمها حسب الفئات الاتية:

1/ طبيعة الاستخدام:

أ/ اجهزة مدنية

ب/ اجهزه عسكرية

2/ البيانات المستقبلة:

اجهزة الطور الهندسية

أ/الشفرة الملاحية

ب/اجهزة نظم المعلومات الجغرافية

3/عدد الترددات:

أ/ احادية التردد

ب/ ثنائية التردد

4/عدد النظم المستخدمة:

أ/ اجهزة احادية GPS

ب/ اجهزة ثنائية GPS+GLONAS

ج/ اجهزة ثلاثية GPS+GLONAS+GALILIO

5.2. فكرة عمل نظام الموقع العالمي:

على الرغم من ان نظام تحديد المواقع يستخدم معلومات و اجهزة الكترونية مطورة طبقا لتقنيات عالية جدا ، الا ان المبادئ الاساسية وراء ذلك تعد بسيطة للغاية . فهي تعتمد على حساب المسافة اوالمدى (Range) بين القمر الصناعي و المستقبل بمعلومية سرعة الضوء و الزمن الذي استغرته الموجة من صدورها من القمر الصناعي و حتى وصولها الى المستقبل من خلال العلاقة التالية :

$$R = \quad c\,(t_A - t_D) \; = \Delta t * c \quad _____ (1.2)$$

R : المسافة بين القمر الصناعي و المستقبل

c : سرعة الضوء وتساوي $3*10^8$ m/s

t_A, t_D : زمن الاستقبال و زمن الارسال على التوالي

المشكلة الوحيدة التي يمكن ان تقلل من دقة المسافة المحسوبة هي ساعة المستقبل ، فيجب ان تكون متزامنة مع الساعة الذرية الموجودة في القمر الصناعي (والتي هي ذات دقة عالية جدا) اي يجب ان تكون من نفس نوع ساعة القمرالصناعي لان سرعة الضوء عالية جدا ، لاحظ ان الاشارة لا تستغرق اكثر من 0.06 ثانية

لتقطع مسافة 20,000 كيلو متر من القمر الصناعي الى الارض . و لكن من اجل صعوبة امتلاكها من قبل المستخدمين(لتكلفتها العالية) ابتكر العلماء فكرة جديدة للتغلب على المشكلة و هي اضافة قيمة الخطأ للمعادلة السابقة

$$R = \quad c\,(\Delta t + Et) \quad _____ (2.2)$$

حيث Et هو خطأ ساعة المستقبل

6.2. مدارات القمر الصناعي :

قام عالم الفلك الالماني كيبلر باستنتاج ثلاثة قوانين تحكم حركة الكواكب حول الشمس وشكل مداراتها وتغيرسرعتها اثناء دورانها وزمن إكمالها لمدارها ،وكذلك يتم استخدامها في مدارات القمار الصناعية لتشابه حركة الاقمارالصناعية و دورانها حول الارض وهي :

1/ان شكل مسار الكوكب اوالقمرالصناعي هو قطع ناقص (ellipse) تقع الشمس عند احدى بؤرتيه . اهمية هذه القانون تكمن في ان القمر الصناعي احيانا يبتعد عن الارض واحيانا يقترب منها .

2/الخط الواصل من الارض الى اي قمر الصناعي يقطع مساحات متساوية في ازمنة متساوية، اي ان سرعة القمر الصناعي ليست ثابتة فتزيد عندما يكون في اقرب نقطة من الارض (perigee) وتقل عندما يكون في ابعد نقطة من الارض (apogee) .

3/مكعب نصف المحورالاكبر يتناسب طرديا مع مربع طور دورانها .

تشكل قوانين كيبلر الحالة العامة لحركة الاقمار الصناعية في الفضاء بافتراض ان القمر الصناعي لن يتأثر باي قوى خارجية و يحافظ على دورانه في المدار البيضاوي . لكن الواقع يختلف عن هذه الحالة المثالية فمثلا قيمة مجال الجاذبية الارضية تختلف من مكان لأخر وكذلك شدة الاشعاع الشمسي ، مما يخلق مدارات مضطربة للأقمار الصناعية (Perturbed Orbits) . من هنا يأتي دور محطات المراقبة و التحكم بإعادة حساب معاملات مدار القمر الصناعي ويرسل البيانات للقمر نفسه لكي يعدل من حسابات موقعه في الفضاء في كل لحظة . هذه البيانات (المعروفة باسم المدارات الدقيقة للقمرالصناعي Precise Satellite Orbits) تكون متاحة للمستخدمين مجانا بعد ايام. يمكن للمستخدم إعادة حسابات قياسات العمل الجيوديسي الذي قام به باستخدام المدارات الدقيقة حيث سيزيد ذلك من دقة إحداثيات النقاط الجيوديسية الارضية التي قام برصدها في مشروعه .

عناصر المدار :

عناصر المدار او عناصر كيبلر هي العناصر التي يتم بها تعريف المدار و تحديد شكله ، كما موضحة بالحيثيات التالية :

a : نصف المحور الاكبر

b: نصف المحور الاصغر

f: التفلطح

Ω : زاوية المطلع اليمنى لنقطة التقاطع Ascending Node

e : اختلاف التمركز

I : زاوية ميلان المدار

Ω : ثابت المدار

γ : النقطة الاولى في برج الحمل

α : زاوية المطلع اليمنى لدائرة ميل القمر الصناعي

δ : ميل القمر الصناعي

f : زاوية الشذوذ الحقيقية

7.2. اشارات الاقمار الصناعية في نظام الموقع العالمي :

يقوم كل قمر صناعي من اقمار نظام الموقع العالمي بإرسال اشارتين راديويتين على ترددين مختلفين و محمل عليهما نوعين من الشفرات الرقمية بالإضافة الى رسالة ملاحية . يبلغ تردد الاشارة الاولى (و تسمى L1) 1575.42 ميجا هيرتز و تردد الاشارة الثانية (و تسمى L2) 1227.60 ميجا هيرتز . هذه الترددات تم استخلاصها من التردد الاساسي $f_0 = 10.24$ ، اي ان تردد L1 $= 154 \times f_0$ و تردد L2 $= 120 \times f_0$.السبب الرئيسي وراء وجود ترددين صادرين من كل قمر صناعي هو تقدير و حساب الخطأ الذي تتعرض له الاشارات عند مرورها في طبقات الغلاف الجوي . اما طريقة وضع الشفرة على التردد الحامل له فتختلف من قمر صناعي لأخر حتى يتم تقليل أخطاء تداخل الإشارات .

الشفرة الأولى تسمى شفرة الحصول الخشن (Coarse-Acquisition Code) وترمز لها بالرمز C/A واحيانا تعرف بالشفرة المدنية(لأنها المتاحة للمدنيين) ، بينما الشفرة الثانية تسمى الشفرة الدقيقة (Precise Code) ويرمز لها بالرمز P و تسمى احيانا الشفرة العسكرية (لان التعامل معها و قراءتها لا يتم الا بأجهزة استقبال خاصة تستخدم من قبل الجيش الامريكي) . تتكون كل شفرة من سيل (sequences) من الارقام الثنائية (0,1) ، وتسمى بمصطلح الضجة العشوائية الزائفة Pseudo Random Noise (PRN) مع انها في الحقيقة ليست زائفة ويتم توليدها تبعا لخوارزمية رياضية عن طريق جهاز يسمى (feedback shift tapped) registers ، تحمل شفرة C/A على التردد L1 بينما تحمل شفرة L2 على كل من الترديين L1 , L2 ، مع ملاحظة ان شفرة P ادق بكثير من شفرة A/C و لذلك تم منع استخدامها من قبل المدنيين منذ عام 1994 و قصرها فقط على التطبيقات العسكرية الخاصة بالولايات المتحدة وحلفاؤها، ومن اجل ذلك تم اضافة قيم مجهولة تسمى W-code بحيث تتغير الشفرة من P الى شفرة تسمى Y-code .

8.2. طرق الرصد باستخدام نظام الموقع العالمي:

تتنوع طرق الرصد باستخدام أجهزة نظام الموقع العالمي طبقا لـ:

1- المهمة والدقة المطلوبة.

2- الغرض المساحي للعمل.

3- طبيعة العمل.

تم في السنوات الأخيرة تطوير عدة طرق للاستفادة من خدمات نظام الموقع العالمي وإمكانية الحصول علي إحداثيات دقيقة بعد فترة قياس وجيزة ،او خلال حركة المستقبل مع الهوائي في مسار ما،وسوف نستعرض طرق الرصد المختلفة باستخدام أجهزة نظام الموقع العالمي وكما سنوضح مميزات وخصائص كل طريقة من طرق الرصد المختلفة.

تقسيم طرق الرصد المختلفة:

1. الطرق الساكنة العادية.
2. الطرق الساكنة السريعة.
3. الطرق الحركية.
4. الطرق الحركية اللحظية.

الفكرة الاساسية القائمة عليها هذه التقسيمات فيما إذا كان المستقبل اثناء حركته يقوم بتسجيل القياسات والحصول علي الإحداثيات أو انه يتم قطع التغذية الكهربائية(إطفاؤه) أثناء نقله الى النقاط اللاحقة ويقوم فقط بتسجيل القياسات عند وضعه بشكل ساكن عند النقطة اللحظية .هناك طرق تجمع الطريقتين معا وهي ترك المستقبل يعمل علي تسجيل القياسات أثناء تنقله ولكن لا يتم حساب إحداثيات إلا عند النقاط اللحظية.

إضافة لذلك يمكن التمييز بين الطريقتين الساكنة والحركية علي أساس الدقة .ففي المسح الساكن يتم حذف أخطاء القياسات العشوائية في التصحيحات بعد التعديل ،بينما في الطرق الحركية تبقي تلك الاخطاء العشوائية في الإحداثيات الناتجة .ولهذا السبب يرجع عدم تمكن الطرق الحركية من الوصول لدقة الطرق الساكنة.

يجب في كل الطرق الجيوديسية توفر جهازين أرضيين(مستقبلين) علي الأقل لتعيين إحداثيات نسبية .في حالة طرق الرصد السريعة يبقي أحد المستقبلات خلال فترة الرصد مثبتا علي نقطة مرجعية ثابتة .بينما المستقبل الثاني يقوم بالتنقل بين النقاط المطلوب إيجاد إحداثياتها او وفق مسار معين .تم تصميم نظام الموقع العالمي أساسا كنظام ملاحي للرصد اللحظي و على هذا فإن :

القياسات اللحظية تنقسم إلي:

1. قياسات مطلقة لأطوار الشفرة.
2. قياسات مطلقة لأطوار الموجة الحاملة والشفرة.
3. قياسات نسبية لأطوار الشفرة.
4. قياسات نسبية لأطوار الشفرة المنقحة(المفلترة) باستخدام الموجة الحاملة.
5. قياسات نسبية لأطوار الموجة الحاملة للشفرة

9.2. مبادئ الرصد بنظام الموقع العالمي :

يعتمد مبدأ الرصد بنظام الرصد العالمي من الناحية الحسابية علي قيام الأجهزة الرياضية(المستقبلات)علي حساب الفرق الزمني(المدة الزمنية) الذي تستغرقه الموجة (الإشارة) للوصول من القمر الصناعي إلي الأجهزة الأرضية (المستقبلات).

تقوم الأجهزة الأرضية(وحدة الحسابات والتحكم) بتطبيق العلاقة الرياضية لحساب المسافة بين القمر الصناعي والأجهزة الأرضية(المستقبلات).

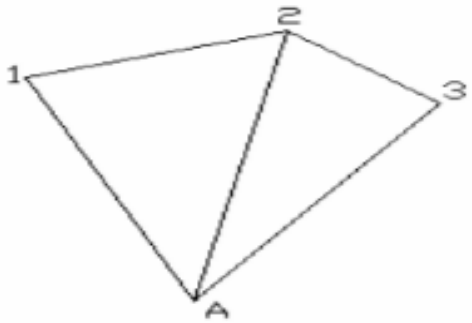
المسافة =السرعة X الزمن

بمعرفة الموقع المداري المحسوب لكل قمر صناعي يستطيع الحاسب(وحدة الحسابات)تحديد إحداثيات الموقع وعرضها علي الشاشة،إن عملية تحديد إحداثيات نقطة ما علي سطح الأرض تتم علي أساس ان النقطة غير معلومة الإحداثيات تحتاج الي حساب ثلاثة إحداثيات اساسية(س ،ص ،ع) ولذلك تحتاج الأجهزة الأرضية إلي ثلاثة معادلات رياضية لحساب قيمة المجاهيل،وعند استقبال الأجهزة الأرضية (المستقبل) لإشارة أي قمر صناعي يمكن من حلال

هذه الإشارة تكوين معادلة رياضية واحدة ولذلك يتم استقبال ثلاثة إشارات من ثلاثة أقمار صناعية علي الأقل لتكوين ثلاثة معادلات رياضية لحل الإحداثيات .ولكن هذاء الحل يعتبر حلا وحيدا لكي نتفادى أي أخطاء بسبب الأخطاء في الزمن التي قد تحدث نتيجة الأخطاء في الفرق بين الساعة الذرية في الاقمار الصناعية والساعات في الاجهزة الارضية(المستقبلات) فإننا نحتاج إلي استقبال إشارة إضافية من قمر صناعي رابع لحل المجهول الرابع المتعلق بالزمن.

لذلك لابد من رؤية أربعة أقمار صناعية في وقت واحد لحل هذه المجاهيل الأربعة وبذلك تحدد إحداثيات أي نقطة علي سطح الأرض ،ولكن هذاء الحل مازال حلا وحيدا وأيضا غير موثوق ،لذلك يتم الرصد علي أكثر من أربعة أقمار صناعية من أجل الحصول على أكثر من أربعة معادلات لحل الإحداثيات.

بعد الرصد علي أربعة أقمار الصناعية والحصول علي إشارة من كل قمر صناعي والتطبيق في معادلة إيجاد المسافة يتم الحصول علي اربعة مسافات مختلفة من الأجهزة الأرضية الي الأقمار الصناعية وبمعرفة إحداثيات كل قمر من الأقمار الصناعية يتم حساب إحداثيات النقطة الأرضية بإضافة الي مقدار تصحيح الزمن من معادلات التقاطع الخلفي (Resection) شكل (3.2) حيث يتم التطبيق في المعادلات للحصول علي الحل.



$$\text{DISTANCE(A1)} = \sqrt{(X1 - XA)^2 + (Y1 - YA)^2 + (Z1 - ZA)^2}$$

$$\text{DISTANCE(A2)} = \sqrt{(X2 - XA)^2 + (Y2 - YA)^2 + (Z2 - ZA)^2} \quad (3.2)$$

$$\text{DISTANCE(A3)} = \sqrt{(X3 - XA)^2 + (Y3 - YA)^2 + (Z3 - ZA)^2}$$

شكل (3.2)..ايجاد المسافات في عملية التقاطع الخلفي

10.2. طرق الرصد باستخدام الأجهزة الأرضية في نظام الموقع العالمي:

تنقسم طرق الرصد بالأجهزة الأرضية إلي قسميين :

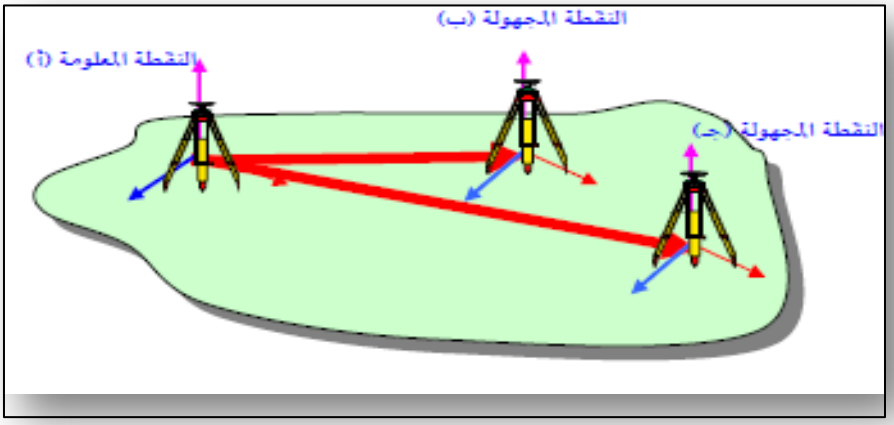
1. الرصد الثابت.
2. الرصد المتحرك.
3. -الرصد المتحرك باللاسلكي.

1. طرق الرصد الثابت:

- الرصد الثابت العادي**(Static)**:

يتم الرصد بتثبيت الجهاز الاساسي فوق نقطة معلومة الإحداثيات طبقا لنظام الإحداثيات العالمي **WGS84** وهي التي تسمي بالنقطة المرجعية .ثم يتم تحريك الأجهزة الأرضية الاخري إلي النقاط الاخرى،يتم الرصد في خلال زمن لا يقل عن ساعة تقريبا، ويرتبط زمن الرصد بنوع الهوائي المستخدم والمسافات بين نقاط الشبكة والنقطة المرجعية شكل(4.2).

لابد من توافر عدد كبير من الأقمار الصناعية ويكون توزيع تلك الأقمار في الفضاء توزيعا جيدا وتتوافر رؤية واضحة لتلك الأقمار وعدم وجود عوائق في الاستقبال.



شكل (4.2)..طريقة الرصد الثابت

خواص ومميزات الرصد الثابت العادي:

1. دقة قياس عالية.
2. مدة رصد طويلة لا تقل عن ساعة.
3. طريقة قياسية للأضلاع لا تقل عن 20كيلوميتر.
4. دقة مليميترات للخطوط القصيرة.
5. أكثر دقة وفعالية.
6. أفضل اقتصاديا من طرق الرفع التقليدية.

تطبيقات الرصد الثابت العادي:

1. رصد الشبكات العالمية والمحلية.
2. التطبيقات الجيوديسية لتحديد الجويد المحلي.
3. رصد تحركات القشرة الأرضية والتغير الجيوديسي.
4. قياس التشوهات والتغيرات في المباني والمنشآت.

- الرصد الثابت السريع(Rapid Static):

يتم تثبيت الجهاز الارضي الرئيس(المستقبل) علي النقطة الثابتة معلومة الإحداثيات والتي تسمي بالنقطة المرجعية الرئيسة ، ثم يتم تحريك الاجهزة الأخرى (المستقبلات) الي النقاط الأخرى.

زمن الرصد يقل عن ساعة والدقة المطلوبة أقل من الرصد الثابت العادي ،تتراوح مدة الرصد علي هذه النقاط من5-10 دقائق وهذه الطريقة توفر الطاقة حيث يستطيع الراصد غلق الجهاز عند انتقاله من نقطة إلي أخري.

خواص ومميزات الرصد الثابت السريع

1. أضلاع قصيرة تصل الي15 كلم.

2. مدة رصد قصيرة من 5 إلي 10 دقائق.
3. الدقة أقل من الرصد الثابت العادي.
4. طريقة سهلة وسريعة.
5. توفير الطاقة الكهربائية للجهاز.
6. يوفر مدي رصد زمني كبير.

تطبيقات الرصد الثابت السريع

1. الضبط المساحي.
2. تجديد شبكات المثلثات.
3. إنشاء نقاط ضبط مرجعية للنقاط الجوية.
4. المساحة التفصيلية.
5. التطبيقات الجيود سية.

2. طريقة الرصد المتحرك(KINEMATICS):

- الرصد المتحرك التقليدي:

يتم فيه الرصد بتثبيت الجهاز الأرضي الرئيس (المستقبل) علي نقطة معلومة الإحداثيات (النقطة المرجعية) بينما يتم تحريك الأجهزة الأرضية الأخرى (المستقبلات) علي نقاط غير معلومة الإحداثيات ولكن يتم إعداد كل جهاز أرضي متحرك (مستقبل) بتركة فوق أول نقطة لمدة تتراوح بين 5-10 دقائق حتي يتم إعداده للرصد.

بعد ذلك يتم تحريك المستقبلات علي النقاط الأخرى ولا يتم تحديد بداية الرصد ولكن يتم ضبط الجهاز للرصد كل فتره زمنية محدده(ثانية أو ثانيتين..إلخ) ولا يتم قطع الاتصال بالأقمار الصناعية أثناء الرصد شكل(5.2).

خواص ومميزات الرصد المتحرك التقليدي:

1. نقطة مرجعية للمراقبة المستمرة.
2. مستقبلات متحركة محمولة علي عربات او بواسطة أشخاص.
3. الوقوف لمدة زمنية تقارب 10 دقائق في نقطة البداية.
4. تحريك الأجهزة علي النقاط وتحديد مدة زمنية لتتابع الرصد.
5. طريقة رصد سريعة واقتصادية.

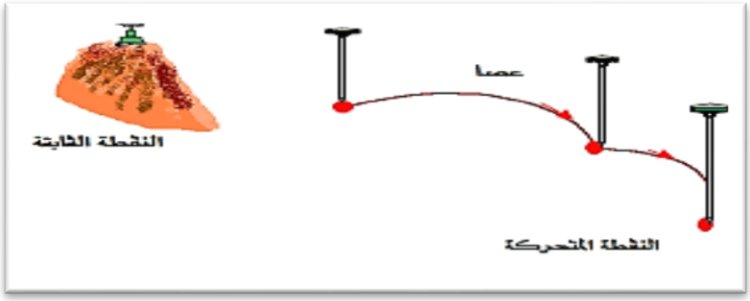
تطبيقات الرصد المتحرك التقليدي:

1. الرفع المساحي لسطح الأرض والقطاعات.
2. الملاحة البحرية.
3. الرفع المساحي للمحاور والطرق.

- الرصد المتحرك المتحرك(التوقف والذهاب STOP & GO):

يتم الرصد بتثبيت الجهاز الأرضي الرئيس(المستقبل) علي النقطة معلومة الإحداثيات (النقطة المرجعية) بينما يتم تحريك الأجهزة الأرضية الأخرى (المستقبلات) علي النقاط غير معلومة الإحداثيات ولكن يتم إعداد كل جهاز أرضي متحرك(مستقبل) بتركة فوق أول نقطة لمدة تتراوح بين 5-10 دقائق حتي يتم إعداده للرصد.

بعد ذلك يتم تحريك المستقبل بحيث يوضع لمدة قصيره فوق النقطة غير معلومة الإحداثيات للرصد ثم يتوقف الرصد ولكن لا يتم غلق الجهاز ويتحرك المستقبل للنقطة التالية ثم يبدأ الرصد مرة أخري ولذلك سميت هذه الطريقة بطريقة(التوقف والذهاب).يجب استمرار تشغيل المستقبل وعدم إغلاقه عند التنقل بين النقاط. وكذلك يجب استمرار الاتصال المباشر بين القمر الصناعي والجهاز الارضي (المستقبل) شكل (5.2)،لكن اذا حدث وتم ايقاف التشغيل او انقطع الاتصال المباشر بالقمر الصناعي في أي وقت فلابد من اعادة عملية الإعداد فوق النقطة الجديدة لمدة تتراوح بين 5- 10 دقائق ثم نستكمل عملية الرفع المساحي مرة أخري .



شكل(5.2)..طريقة الرصد المتحرك

خواص ومميزات الرصد المتحرك(التوقف والذهاب):

1. نقطة مرجعية للمراقبة المستمرة.
2. مستقبلات متحركة محمولة علي عربات او بواسطة أشخاص.
3. الوقوف لمدة زمنية تقارب 10 دقائق فوق نقطة البداية.
4. لا يتم أي رصد أثناء عملية التنقل بين النقاط.
5. طريقة رصد سريعة واقتصادية.

تطبيقات الرصد المتحرك (التوقف والذهاب):

1. الرفع المساحي لسطح الأرض والقطاعات والطرق.
2. المساحة التفصيلية.
3. الرفع المساحي لخطوط الأنابيب.

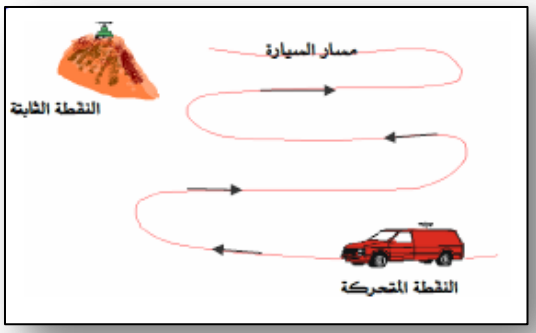
-الرصد المتحرك الآني المستمر(Continuous):

فيه ينتقل الراصد من نقطة الي نقطة دون غلق الجهاز.شكل(6.2)

طريقة الرصد تتم بتثبيت الجهاز الأرضي الرئيس(المستقبل) علي النقطة معلومة الإحداثيات (النقطة المرجعية) بينما يتم تحريك الأجهزة الارضية الأخرى (المستقبلات) علي النقاط غير معلومة الإحداثيات. يحتاج هذاء النوع من الرصد الي ان تكون هناك وحدة إرسال

متصلة بالمستقبل الثابت ووحدة استقبال متصلة بالمستقبل المتحرك وضمان عدم انقطاع بث الارسال والاستقبال اثناء الرصد.

فكرة عمل هذا النظام هي ان الوحدة الثابتة (المستقبل الثابت) المثبتة علي نقطة معلومة الإحداثيات (نقطة مرجعية) تقوم بحساب إحداثيات النقطة المرجعية من الرصد الثابت علي الأقمار الصناعية وتتم مقارنة الإحداثي الناتج كل لحظة بإحداثيات النقطة المرجعية الاصلية ،ومن مقارنة الإحداثي الثابت بالإحداثي اللحظي تنتج قيمة لخطأ الرصد وهذه القيمة هي ناتج كل الأخطاء الناتجة من الرصد علي الأقمار الصناعية.قيمة الخطأ في الإحداثيات يتم ارسالها لحظيا بواسطة وحدة الارسال المثبتة بالمستقبل الثابت الي الوحدة المتحركة (المستقبل المتحرك) وعند ارسالها من الوحدة المتحركة يتم طرح قيمة الخطأ من الإحداثي اللحظي المرصود والذي تم حسابة للنقطة التي رصدها المستقبل المتحرك .بهذا يكون تم تصحيح الإحداثي الناتج للنقطة التي رصدها المستقبل المتحرك ولا تحتاج النقطة الي إعادة تحليل حسابات إحداثياتها بعد الرصد وتكون إحداثياتها الناتجة لحظيا هي الإحداثيات الصحيحة.



شكل(6.2)..طريقة المتحرك المستمر

خواص ومميزات الرصد المتحرك الآني:

1. محطة مرجعية مثبتة علي نقطة معلومة الإحداثيات ويتم الرصد عليها باستمرار.
2. وحدة ارسال ملحقة بالوحدة الثابتة.
3. مستقبلات متحركة علي عربة او محمولة بواسطة اشخاص.
4. وحدة استقبال ملحقة بالوحدة المتحركة.

5. تحرك النقاط بصورة مستمرة دون تدخل المشغل.
6. طريقة سريعة واقتصادية جدا لجميع التطبيقات المساحية.

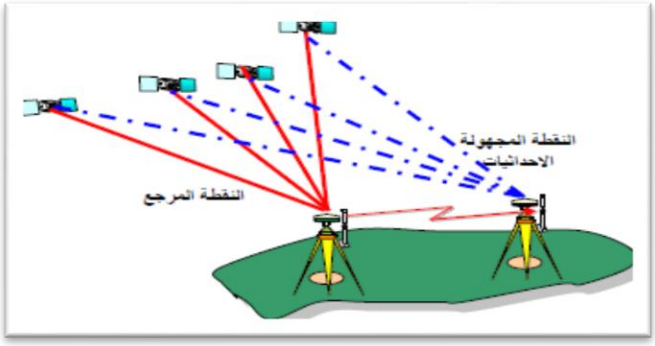
تطبيقات الرصد المتحرك الآني:

1. الرفع المساحي لسطح الارض والقطاعات.
2. المساحة التفصيلية.
3. الرفع المساحي لخطوط الانابيب.
4. الرفع المساحي للمحاور والطرق.
5. الرفع المساحي الطبوغرافي لسطح الارض.
6. اعمل التوقيع المساحي.

- الرصد المتحرك باللاسلكي (Real Time Kinematic):

وحدتي الرصد في هذه الطريقة يتم تزويدهما بوحدتي ارسال لاسلكي فتقوم الوحدة المرجع باستقبال اشارات الاقمار الصناعية ومعالجتها لاستخلاص قيمة الخطأ في احداثيات النقطة وارسال هذه البيانات الي النقطة المتحركة ومن خلال البرنامج الحسابي بجهاز الوحدة المتحركة شكل(7.2) يتم حساب احداثيات النقطة المرصودة تبعا لنفس المسقط الموجود علية الوحدة المرجعية مما يمكن السماح من ايجاد احداثيات النقطة المرفوعة فور الانتهاء من عملية الرصد. وهذه الطريقة مناسبة جدا لأعمال الرفع الا انه يعيب هذه الطريقة تأثير موجات اللاسلكي بين الوحدتين بإشارات البث اللاسلكي الاخرى ويوجد نوعان من هذه الطريقة:

1-الثبات والحركة 2- الرصد المستمر

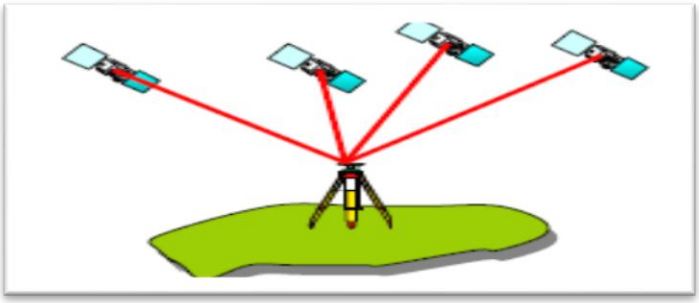


شكل(7.2).. طريقة الرصد المتحرك باللاسلكي

11.2. اساليب الرصد بأجهزة تحديد الموقع:

تعتمد علي الأجهزة المتوفرة

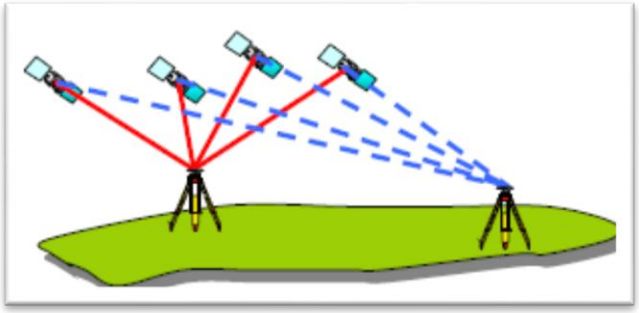
1. اسلوب الرصد الفردي:



شكل(8.2)..اسلوب الرصد الفردي

يستخدم مستقبل واحد ويتم وضعة في النقطة المراد تحديد موقعها افتره زمنية تعتمد علي الدقة المطلوبة(كلما زادت الفترة زادت الدقة) وتتم معالجة الارصاد كنقطة واحده مستقله بذاتها دون أي ارتباط مع النقاط الأخرى .وتعرف بالطريقة المطلقة ،وعادة تكون الدقة اقل من الطرق الأخرى ذلك لتأثر الارصاد بالعديد من الأخطاء.شكل(8.2)

2. اسلوب الرصد المزدوج:

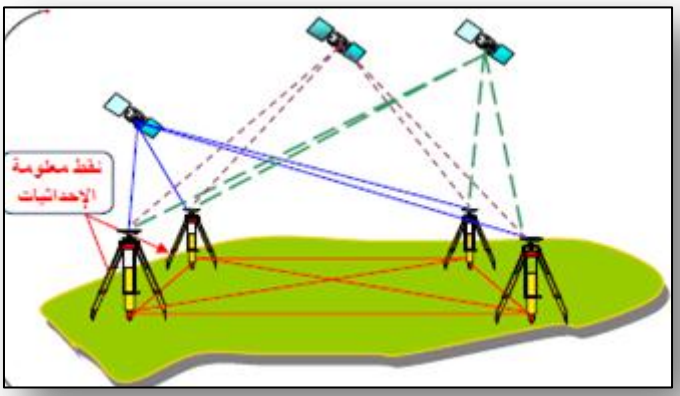


شكل(9.2).. اسلوب الرصد المزدوج

يستخدم جهازين استقبال في نفس الوقت يوضع الاول علي نقطة معلومة الاحداثيات(المرجع)ويوضع الثاني علي نقطة مجهولة الاحداثيات وتسمي المتحرك، يتم ضبط الوحدتين علي نفس الفاصل الزمني ،ويترك الجهازان فتره زمنية كافية لتسجيل المعلومات ،وعد ذلك يتم غلق الأجهزة ومعالجة الارصاد باستخدام المعالج الحسابي حيث يتم ايجاد احداثيات النقط المنسوبة الي احداثيات نقطة المرجع وتعرف طريقة المعالجة هذه بالطريقة النسبية او الطريقة التفاضلية .في هذا الاسلوب يسمح بالتخلص من الكثير من الأخطاء والحصول علي احداثيات ادق للنقاط.شكل(9.2)

3. اسلوب رصد شبكة من النقاط:

توضع عدد من الأجهزة علي مجموعة من النقاط بشرط ان يكون جهاز واحد او اكثر موضوع علي نقطة معلومة الاحداثيات شكل (10.2) ويترك فتره زمنية تناسب طول الخط المرصود بين النقطة معلومة الاحداثيات والنقطة الاخرى ،تحرك الأجهزة بحيث يتم رصد كل نقطة بأكثر من اتجاه وتتم معالجة الارصاد معا ،هذا الاسلوب يعطي دقة عالية جدا لإحداثيات النقاط.



شكل (10.2).. اسلوب رصد شبكة النقاط

12.2. مصادر الأخطاء في نظام الموقع العالمي :

1/ خطأ ساعة المستقبل:

يحدث هذا الخطأ لعدم توافق نوعية ساعة المستقبل مع ساعة القمر الصناعي ، يتم تحديد هذا الخطأ باستخدام اربعة اقمار صناعية ومن ثم التخلص منه باستخدام نظرية الفروق .

2/ خطأ ساعة القمر الصناعي:

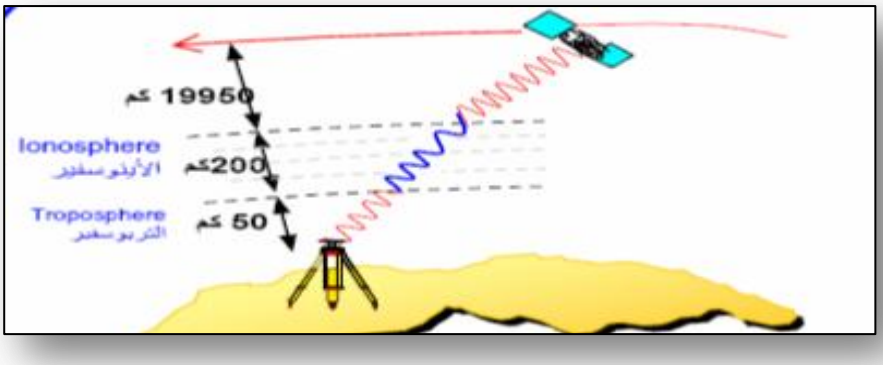
تغير درجة الحرارة في القمر الصناعي تؤدي الى تغير في ساعة القمر الصناعي عن زمن نظام الموقع العالمي ، كذلك يتم التخلص من الخطأ باستخدام نظرية الفروق .

3/ خطأ مدار القمر الصناعي:

في نظام الموقع العالمي يجب ان لا يزيد هذا الخطأ عن 3.7 m ، مع انه لا يمكن تحقيقه دائما بسبب استخدام (Satellite Ephemeris) . ايضا هذا الخطأ يتم التخلص منه باستخدام نظرية الفروق .

4/ تأثيرات الغلاف الجوي Atmospheric Effect:

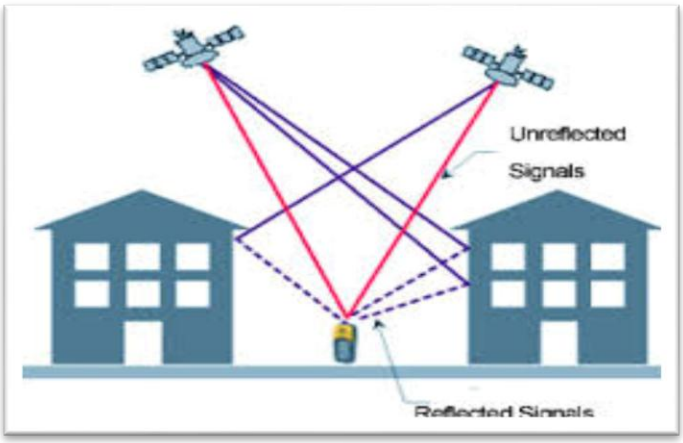
تتأثر سرعة الإشارات بالعوامل الجوية المتمثلة بالطبقة العليا والسفلى للغلاف الجوي الايونوسفير (Ionosphere)والتروبوسفير(Troposphere) شكل(11.2) إن جزئيات الايونوسفير وبخار الماء في التروبوسفير تسبب في تأخير سرعة الإشارات وبالتالي على دقة الموقع المراد تحديده. تستخدم أجهزة الاستقبال المتطورة عوامل تصحيح آنية خلال إجراء عملية القياسات ولكن باعتبار إن المناخ الجوي متغير من نقطة إلى أخرى ومن لحظة إلى أخرى فانه من الصعوبة تامين عوامل التصحيح المناخية المناسبة التي تعوض التأخير الحاصل في سرعة الاشارات .



شكل(11.2).. خطأ التربوسفيروالايونوسفير

5/ خطأ المسارات المتعددة Multipath Error:

تنحرف الإشارات القادمة من القمر الصناعي عن مسارها المباشر عند اقترابها من سطح الكرة الأرضية وتصل إلى هوائيات أجهزة الاستقبال عبر مسارات متعددة (مباشرة وغير مباشرة) بسبب وجود بعض العوائق المحيطة بأجهزة الاستقبال كالأبنية وغيرها و يسمى الخطأ الناتج عن هذا التأثير بالخطأ المتعدد المسارات كما هو مبين في الشكل .
يستقبل الهوائي الإشارة المباشرة في البداية (لان الممر المباشر دائما أسرع) ومن ثم تصل الإشارات المنعكسة متأخرة بعض الشي وهذا ما يؤدي إلى تداخل وتراكب الإشارات المتأخرة مع الإشارة المباشرة مسببة وجود نتائج غير صحيحة في إحداثيات موقع جهاز الاستقبال. يعتبر تأثير تعددية مجاز الإشارات من أهم الأخطاء المؤثرة على دقة الجي بي اس لصعوبة تحديده وتغيره من فترة الى اخرى بسبب الدوران
المستمر للأقمارشكل(12.2). كمثال واقعي يومي على هذا الخطأ يمكن أن يلاحظ في أجهزة التلفاز عندما تظهر خيالات متعددة للصورة الأصلية على الشاشة بسبب أن الإشارة المبثوثة من المحطة الرئيسية قد تأخذ اكثر من ممر لتصل إلى الهوائي وبالتالي تظهر عدة صور متراكبة فوق بعضها البعض في نفس الوقت.



شكل (12.2).. خطأ المسارات المتعددة

6/ الخطأ الانتقائي المتعمد Selectivity Availability:

يعتبر هذا التأثير المتعمد والموضوع من قبل وزارة الدفاع الأمريكية الأشد خطورة على دقة الجي بي اس من التأثيرات السابقة ويسمى بالتأثيرات المتاحة انتقائيا. أن الغاية الرئيسية من استخدام هذه التأثيرات المتعمدة هي منع أية جهة أخرى (باستثناء العسكرية

الأمريكية) من العبث بدقة الجي بي اس أو الحصول على قياسات متناهية الدقة و تتمثل هذه التأثيرات في :

1- إحداث بعض التشويهات (Noise) في مقاتيات الأقمار بغرض التقليل من دقتها.

2- بث ذبذبات (Erroneous orbital data) مترافقة مع الإشارات المرسلة للتأثير على دقة مواقع المدارات الإهليجية لهذه الأقمار وبالتالي تؤدي إلى وجود بعض الأخطاء في الشيفرة المستقبلة (Ephemeris).

تتجلى فعالية هذه التأثيرات المتعمدة بوضوح في قياسات الجي بي اس المستخدمة في الأغراض المدنية، في حين يتم معالجة هذه التأثيرات في الأعمال العسكرية باستخدام أجهزة استقبال خاصة تحوي على برامج مخصصة لتحديد حجم هذه الأخطاء وكيفية التخلص منها. تؤثر الأخطاء المذكورة أعلاه رغم حجمها الصغير على دقة قياسات الجي بي اس الأساسي(Basic GPS) مع العلم إن بعض المواقع تتطلب دقة بالغة. لسوء الحظ ليس بالإمكان تحديد حجم الفرق في القياسات المتشكل من وجود الأخطاء المذكورة واستخدامه لتصحيح كل القياسات خلال إجراء عملية الرصد لان أخطاء الأقمار الصناعية متغيرة باستمرار لهذا فأنه من الأهمية بمكان تقليل تأثير حجم هذه الأخطاء قدر المستطاع. إن الطريقة المتبعة في تحسين دقة الجي بي اس الأساسي هي تقليل التأثيرات الخارجية والأخطاء المذكورة أعلاه يتم باستخدام الطريقة التفاضلية(Differential GPS) أو ما يعرف بالجي بي اس التفاضلي الذي يؤمن دقة قياسات جيدة تصل لبضعة امتار في التطبيقات المتحركة كالبواخر والسيارات وبشكل افضل في الأوضاع الثابتة كالنقاط الجيوديسية والمساحية.

الباب الثالث

اساسيات المساحة التصويرية

1.3. المقدمة:

تعرف المساحة التصويرية بانها" العلم أو الفن الذي يهدف للحصول على معلومات موثوق بها عن طريق التصوير الفوتوغرافي " . ومنذ اختراع كاميرا ثقب الدبوس (pin-hole)، سعي الإنسان لاكتشافات قادته إلى العثور على العديد من الاستخدامات للتصوير الفوتوغرافي منها (تخزين المعلومات ، توثيق الأدلة ، وتحديد الأشياء، وتحديد الأماكن ،تحديد الأشكال والأحجام من الأشياء، وتحديد الأراضي وحدود الملكية و ورسم خطوط الكنتور). استخدم لتصوير الفوتوغرافي للقيام بكل تلك العمليات وأكثر من ذلك . فنطاق المساحة التصويرية يتغير بسرعة مع الاكتشافات الجديدة والانفتاح المعرفي مع قدوم تكنولوجيات الفضاء والكمبيوتر .

والتصوير الجوي قادر على رسم خريطة شكل الأرض و وتسجيل التغيرات العالمية الى مستويات قياسية في الوقت الحقيقي، والقيام بكل الدراسات بكفاءة و دقة ،هذه الامتيازات التي كانت تعتبر الي وقت ليس ببعيد شبه مستحيلة أو غير ممكنة.

2.3. نظرية المساحة التصويرية(PHOTOGRAMMETRY):

تقدمت التطورات النظرية في التصوير بسرعة كبيرة جدا من الصور الاحادية الي الصور المتعددة باستخدام القيود في التوجيه الخارجي من نظام تتبع الاقمار الصناعية المتحرك ، و في التوجيه الداخلي من المعايرة الديناميكية.

ويمكن وصف هذه التطورات في ظل العناوين التالية :

1/ هندسة الصور الاحادية.

2/ التصوير المزدوج.

3/ المساحة التصويرية التماثلية.

4/ المساحة التصويرية التحليلية.

5/ المساحة التصويرية قريبة المدي.

6/ المساحة التصويرية الرقمية.

1.2.3 .هندسة الصور الاحادية:

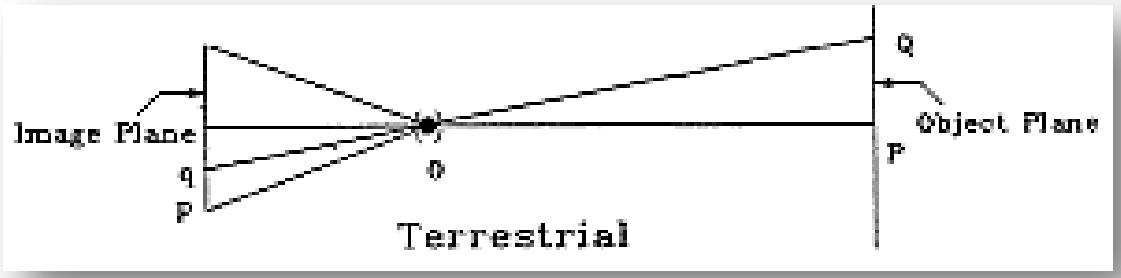
الصورة الواحدة يمكن أن تعامل على أنها إسقاط للأجسام في الفضاء من خلال نقطة واحدة (o) وهي مركز العدسات. الوضع الابسط هو الاسقاط المتعامد حيث نقطة (X، Y) تم اسقاطها للنقاط(X,Y) في الصورة شكل(1.3) .

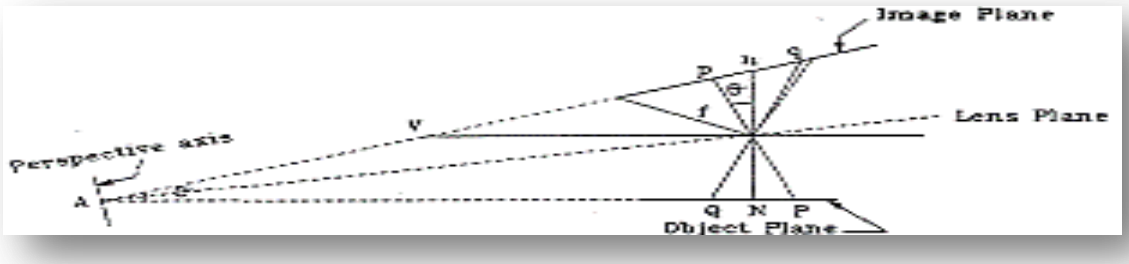
الإحداثيات (x ,y) ترتبط مع (X، Y) على النحو التالي:

$$x = \frac{a_{11}x + a_{12}y + a_{13}}{a_{31}x + a_{32}y + a_{33}}$$

(1.3) ——————

$$y = \frac{a_{21}x + a_{22}y + a_{23}}{a_{31}x + a_{32}y + a_{33}}$$





الشكل(1.3).. اوضاع الصور الاحادية ، الأرضي و الجوي على التوالي

حيث:

$a_{11} \ldots\ldots a_{33}$ = هي ثوابت تعتمد علي الـ o والـfوH

O هي الزاوية بين المستويات

F=OP =هي المسافة العمودية من مركز العدسات الي مستوي الصورة

H=ON =هي المسافة العمودية من مركز العدسات الي المستوي الارضي (ارتفاع الطيران)

o =هي مركز العدسات

p =هي النقطة الاساسية

N= هي نقطة النظير

- الخط pop يتم تعريفة علي انه المحور الرئيسي للعدسة.
- إذا كان خط pop افقيا، يوصف الإسقاط باعتباره صورة أفقية أو الأرضية.
- اما إذا كان pop خط الرأسي فيوصف الاسقاط بانه عمودي أو الجوي.
- إذا كان غير ذلك مع ظهور الأفق فيوصف عندها الاسقاط بانه مائل او منحرف بدرجة عالية.
- في حالة عدم ظهور الأفق يوصف بانه منحرف (مائل) بدرجة منخفضة.

عند تعيين مجموعة نقاط علي سطح الأرض واسقاطها علي عدة مستويات. عادة تحتوي الخريطة علي تشويه في المقياس ، وهذا يعني أن المسافة على الأرض ليست بالضبط تساوي المسافة على الخريطة، وكذلك تشويه في الانحراف وهذا يعني أن الاتجاه على أرض الواقع ليس بالضبط يساوي الاتجاه على الخريطة. في رسم الخرائط في ظل وجود تلك التشوهات، وخاصة تشويه الانحراف، يجب أن تقلل بقدر الامكان لان الاسقاطات بدون وجود تشوهات في الانحرافات التي تسمي بالإسقاط التشاكلي ، تستخدم بكثرة في المساحة والمساحة الكدستراليه .

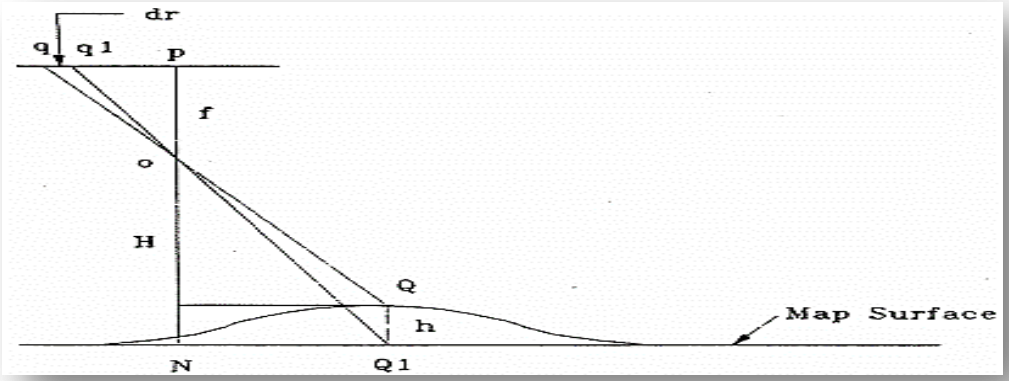
يمكن ملاحظة الصورة الجوية من خلال النظرة الاولي علي انها مناسبة لعمل الاسقاط الازم للنقاط الارضية . ومع ذلك يوجد في الصورة الجوية ثلاثة تشوهات:

1. تشوهات العدسة.
2. تشوهات الميل .
3. تشوهات الارتفاع.

اذا كانت النقطة (q) في الصورة يقابلها علي الارض النقطة(Q) فانه وفقا لمنظور الإسقاط المستخدم يجب ان تكون النقاط (QOq) على خط استقامة واحد شكل (2.3) ومع ذلك ومن ناحية عملية الأمر ليس كذلك في الواقع. الانحراف في هذه النقطة من خط مستقيم ويرجع ذلك إلى تشويه العدسة والانكسار في الغلاف الجوي.

الكاميرات الحديثة تستخدم عدسات صممت من قبل أجهزة الكمبيوتر، للحد من التشوه لما يقارب(+ 2 ثانية) اي ما يعادل حوالي(0.005 ملم)على الصورة.مصدر تشويه الميل يرجع إلى حقيقة أن الصورة ليست عمودية تماما .في ظل التكنولوجيا الحديثة اصبح من الممكن التقاط صور فوتوغرافية عمودية مع وجود ميل بمقدار(+ 1-2 درجة).

$$\frac{f}{H}=\frac{Pq}{NQ1} \qquad \textbf{(2.3)}$$



الشكل (2.3) .. تشوه الارتفاع

يمكن وضع هذه الصورة المائلة في شكل راسي مع وجود اربعة نقاط تحكم او اكثر تكون معلومة الاحداثيات في الخريطة .هذه العملية تسمي عملية (تعديل الصورة) والجهاز التماثلي القادرعلي انتاج هذه الصورة المعدلة يسمي(المعدل)،يجب ان تكون هناك خمس درجات من الحرية او المرونة في تحديد المقياس والميل في الاتجاه الصادي اوY، طرف في اتجاه X ، وتكون النتيجة في تغير الحجم او الشكل في اتجاهات X و Y. تم تطوير الماسحات باستخدام تكنولوجيا الكمبيوترالحديثة بجعلها تقوم بمسح الصورة وذلك لإنتاج نقاط رقمية واحدة تلو الأخرى (بكسل بكسل) التي يمكن أن تعرض بعد ذلك على شاشة كمبيوتر. وبعد ذلك يمكن تصحيحها من تشوه الميل وعرضها في شكل خريطة ثم الحصول علي نسخة منها مطبوعة ان لزم الأمر.في الممارسات العملية يتم اخذ عدة صورجوية لمنطقة معينة ثم يتم جمعها بعد تعديلها

لتشكيل مجموعة مستمرة من الصور تسمي بالـ(موزيك) وهذا الموزيك يعادل الخريطة مع وجود تشوه في الارتفاع.

- تلك الصور اذا تم جمعها بعد تعديلها تنتج موزيك منتظم.

- اما اذا تم جمعها بدون تعديل يسمي موزيك غير منتظم.

المسافة العمودية من النقطة الى السطح المتوسط تسمي الارتفاع(elevation). يرجع ذلك إلى حقيقة أن النقاط الموجودة على سطح الأرض ليست علي نفس الارتفاع . النقاط من نفس الارتفاع يتم وضعها علي مستوي موازي للسطح المرجعي ، مثلا اذا كان لدينا النقطة Qعلي سطح ما يقابلها النقطة Q_1َعلي سطح الخريطة وq وq_1 هي اسقاطات النقاط اعلاه الي الصورة فان المسافة q_1q تمثل مقدار تشوه الارتفاع.

لذلك اذا تم معرفة الارتفاع للنقاط فانه بالإمكان تصحيح التشوه لتلك النقاط في الصورة ويتم الحصول علي ارتفاعات النقاط من:

1. من معلومات النموذج الارضي الرقمي.
2. من خريطة كنتورية.
3. من الصور المزدوجة (الاستيريو) إما يدويا أو باستخدام تقنيات الارتباط الذاتي.

الصور التي تم الخلص فيها من تشوه الارتفاع تسمي صور عمودية (orthophotograph).الصورة العمودية يمكن اعتبارها خريطة طبوغرافية الا انها لاتحتوي علي خطوط كنتور .في الصور العمودية كل المعلومات المسجلة بواسطة الكاميرا اوالمتحسس يتم عرضها بدون تفسير، مقارنة بالخريطة التي يتم عرض معالمها مقرونة تفسيرها .

2.2.3. التصوير المزدوج:

المعادلة (1.3) تعطي تحول النقاط من المستوي الارضي الي المستوي في الصورة. ومع ذلك، إذا كان الشكل ثلاثي الا بعاد، تكون نقاط الصورة هي الاسقاطات المركزية للنقاط الأرضية (الشكل 3.4) ويتم ايجادها بواسطة المعادلة التالية :

$$x = \frac{a_{11}X + a_{12}Y + a_{23}Z + a_{14}}{a_{31}X + a_{32}Y + a_{33}Z + a_{34}}$$

——————— (3.3)

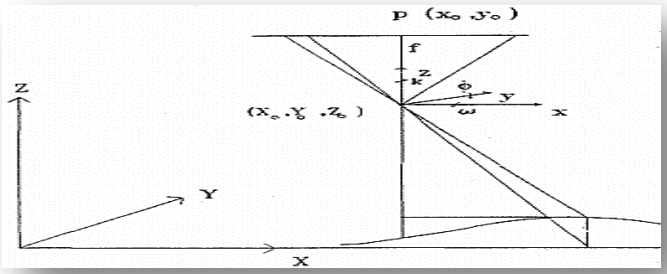
$$y = \frac{a_{21}X + a_{22}Y + a_{23}Z + a_{24}}{a_{31}X + a_{32}Y + a_{33}Z + a_{34}}$$

$a_{11}.....a_{34}....$ هي الثوابت اعتمادا على التوجه الخارجي $(X_0, Y_0, Z_0, K, \omega, \phi)$.

(X،Z ،Y) عناصر الاحداثيات الارضية للنقطة .

F تمثل المسافة الاساسية ومعها (x, y) هي احداثيات النقطة في الصورة فيما يتعلق بنظام احداثيات الصورة الذي مركزه عند مركز العدسات. المحور z هو عمودي على مستوي الصورة. الإحداثيات (x_0,y_0,z_0) تمثل احداثيات النقطة الرئيسية (الاساس)في النظام الاحداثي التصويري وهي تعرف بعناصر التوجه الداخلي شكل(3.3).

$(X_0$، Y_0 ،$Z_0)$ هي إحداثيات مركز الاسقاط المنظوري في النظام الأرضي، وK, ϕ, ω هي زوايا الدورا ن حول المحاور الثلاثة ،المطلوبة لجعل منظومة الصورة موازية للمنظومة الارضية



الشكل (3.3) .. نظام الاحداثيات

$$a_{14} = (a_{11}X_0 + a_{12}Y_0 + a_{13}Z_O)$$

$$a_{24} = (a_{21}X_0 + a_{22}Y_0 + a_{23}Z_O)$$

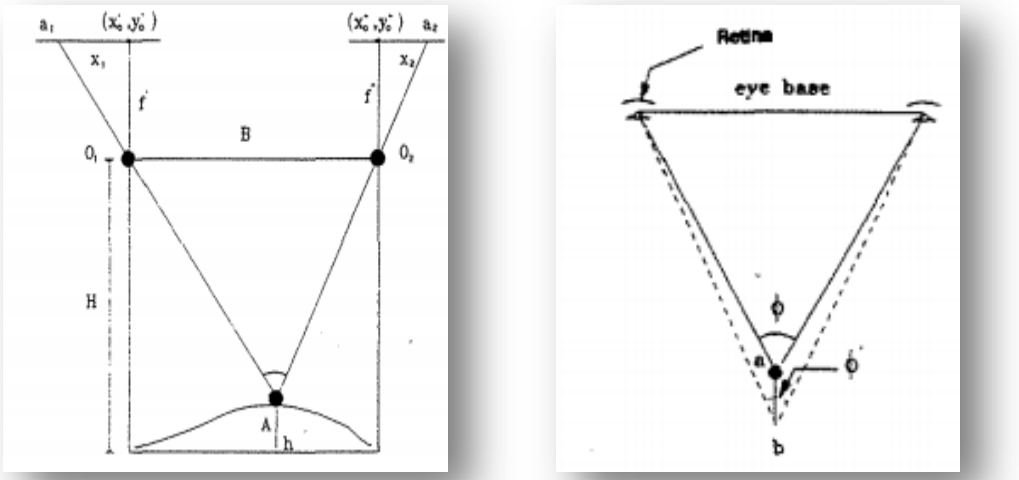
(4.3)

$$a_{34} = (a_{31}X_0 + a_{32}Y_0 + a_{33}Z_O)$$

خلافا لمجموعة من المعادلات (3.1)، ومجموعة من المعادلات (3.2)

الشكل يوحي بأن لكل نقطة واحدة في الصورة تقابلها عددا من النقاط الارضية مما يعني انه اذا كان لدينا نقطة احداثياتها في الصورة (x ,y) لا يمكننا ايجاد الاحداثيات الارضية الموازية (X، Y، Z) لها من صورة مفردة . لكن إذا كانت الصورة قد تشكلت من دمج صور

مختلفة، عندها يمكن تكوين أربع معادلات لايجاد المجاهيل الثلاثة. عيون الإنسان تستخدم هذا المبدأ على رؤية الأشياء في ثلاثة أبعاد. هذه الظاهرة الفسيولوجية تعرف بالرؤية المزدوجة .عمق التصور يعتمد علي زاوية الإنفصام (ϕ) شكل (4.3)



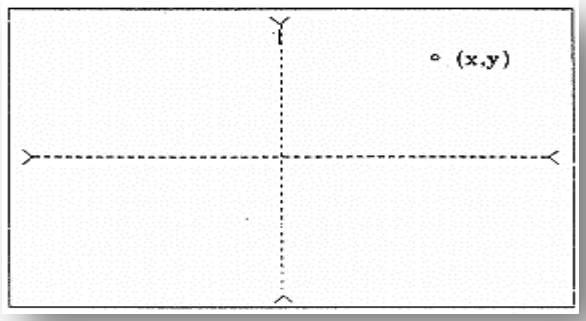
الشكل (4.3) .. الستيريو سكوب

وتستخدم زوج من الصور الفوتوغرافية المعروفة باسم (أزواج ستيريو) للحصول على إحداثيات ثلاثة الأبعاد للجسم . وهذه المنهجية تعرف باسم التصوير المزدوج. المسافة بين مركزي صورتين $B= O_1O_2$ والمعروفة باسم "قاعدة جوية" يمكن ان تماثل المسافة بين عيني الانسان والمعروفة باسم "قاعدة العين". في الصورة الرأسية المثالية الفرق في احداثيات X يسمي بالانفصام السيني ورمزه PX، ويمكن استخدامه لحساب الارتفاع h لنقطة من المعادلة التالية

$$Px = x_2 - x_1 = \frac{Bf}{H-h} \qquad \text{(5.3)}$$

3.2.3. التصوير التحليلي:

في التصوير التحليلي عناصر التوجه الداخلي يتم تحديد ها بدقة باستخدام طرق معايرة الكاميرا. يتم تعريف نظام احداثيات الصورة (x ,y) ونقطة الرئيسية (الاساس) بواسطة علامات الاسناد الموجودة في الصورة وهي 4 أو 8 نقاط على طول الحدود ل الصورة الشكل (5.3) .



الشكل (5.3) .. احداثيات الصورة

إحداثيات صورة (x,y) يتم حسابها باستخدام الكمبراتور بدقة تصل (+ 0.001 ملم) و يتم حساب عناصر التوجه الخارجي ($X_0,Y_0,Z_0,K,\omega,\phi$) باستخدام ثلاثة أو أكثر من نقاط المراقبة او التحكم التي (X، Y، Z) فيها معروفة ومجموعة من المعادلات (2.3)

ويعرف هذا الإجراء بعملية التقاطع الخلفي . بمعرفة عناصر التوجه الخارجي والداخلي من زوج ستيريو يمكن ايجاد الاحداثيات الارضية للنقطة A التي ظهرت صورتها عند نقطتين a_1,a_2 باستخدام مجموعتين من المعادلات مماثلة لـ(2 .3)

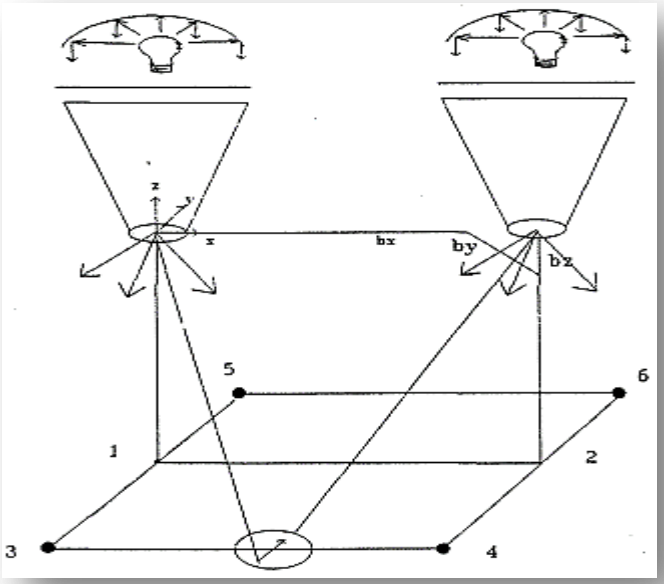
زوج النقاط (a_1,a_2) يعرف باسم النقاط المترافقة وإجراءات تحديد الاحداثيات الارضية بواسطة النقاط المترافقة تسمي التقاطع الامامي .ومجموع تلك العمليات (التقاطع الامامي والخلفي) تسمي التصوير التحليلي، ويتم اجراءه في وقت واحد لعدد من نقاط أو نقطة واحدة من قبل البرمجيات التي يمكن تشغيلها على أجهزة الكمبيوتر الشخصية ومحطات العمل أو الحواسيب المركزية. يستخدم البرنامج طريقة اقل التربيعات مع القيود التي يتم فيها استخدام معادلات اكثر من عدد المجاهيل لايجاد الحل . المعادلات التي لها موثوقية واي التي تم اعطاءها وزن عالي لحساب متوسط الحل المرجح. هذا الأسلوب هو المعروف باسم الضبط المتزامن عن طريق القيد.

4.2.3 .التصوير التماثلي:

في التصوير التماثلي يتم تحديد إحداثيات المعالم الارضية من الطرق الميكانيكية أو البصرية.في الطريقة (Dispositive) (الطباعة إيجابية للفيلم السالب)، وتوضع علي جهاز الاسقاط ، الذي يحتوي على نفس العناصر للتوجه الداخلي مثل الكاميرا، والأشعة المقابلة لأشعة الأصلية التي تنتج الصورة يتم عكس اسقاطها الشكل(6.3)

عناصر التوجه الخارجي($X_0,Y_0,Z_0,K,\omega,\phi$) لزوج الصور يتم حسابها في خطوتين:

- التوجه النسبي (فيه خمسة من عناصر معلومة اثني عشر عنصر)
- التوجه المطلق(فيه سبعة عناصر أخرى)



الشكل (6.3).. جهاز الرسم التماثلي

5.2.3 .المساحة التصويرية الرقمية DIGITAL PHOTOGRAMMETRY :

الإحداثيات الارضية التي تم أنشاؤها باستخدام الأساليب التحليلية أو التماثلية يمكن أن تتحول إما مباشرة أو عن طريق الترميز إلى الكمبيوتر. الإحداثيات المكانية يمكن استخدامها من قبل خوارزميات الكمبيوتر لعرض النقاط والخطوط والمربعات والمستطيلات والدوائر، الشكل البيضاوي ، والأشكال الأخرى. هذه النقاط والخطوط والمضلعات يمكن إدخالها في قاعدة البيانات .لرسم الخرائط في وجهات نظر مختلفة مثل بلانيمتري، كنتور، او ثلاثية الأبعاد .و يمكن أن تكون البيانات المحفوظة في طبقات مختلفة، وكل طبقة تحتوي على عدة معالم مثل الطرق والمباني وغيرها وهذه المعلومات الآن اصبحت تعرف بنظام المعلومات الجغرافية (GIS) يمكن عرضها منفردة أو مجتمعة، ورسمها في شكل خريطة.

يمكن للتصوير الرقمي ايضا تحويل الصورة الي مجموعة نقاط أو بكسل مع القيم الإشعاعية . تختلف الأجسام في القيم الإشعاعية(التي تعتمد على الطاقة المنبعثة والمنعكسة). عن طريق تعيين ألوان مختلفة لأي مدي من القيم الإشعاعية، الصورة الملونة يمكن عرضها على شاشة الكمبيوتر. كل بكسل لديه متجه مكاني (x , y) التي يمكن أن تتحول إلى احداثيات علي

الصورة. وهكذا من خلال وجود أحجام بكسل صغيرة توضح الصورة وكذلك دقة (x , y) التي يمكن تحسينها . الإحداثيات (x , y) يمكن استخدامها في التحليل التصويري أو تصحيح الإمالة والارتفاع وغيرها من التشوهات لإنتاج الصورة المتعامدة. وتسمى هذه المنهجية بالتصوير الرقمي العمودي(digital orthophotography.)

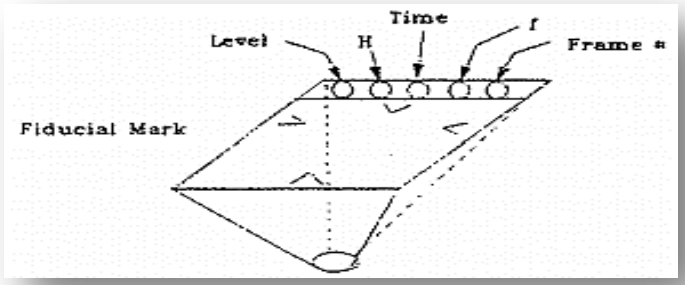
3.3.الات المساحة التصويرية (PHOTOGRAMMETRIC INSTRUMENTS):

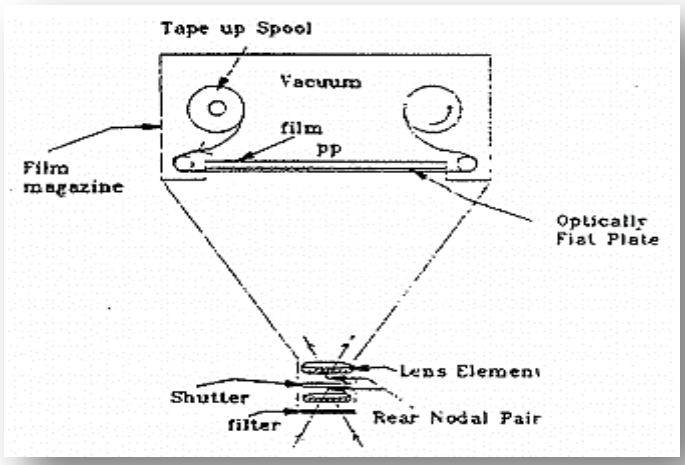
1.3.3 .الكاميرا الجوية:

يبين الشكل (7.3) رسم توضيحي من كاميرا جويه . تتكون من عناصر مختلفة للعدسات مهمتها تقليل التشوه الناتج في تلك العدسات وكذلك يحتوي علي غالق داخلي الذي يمكنة التحكم في حجم وفترة الالتقاط او العرض .كل الطاقة الكهرومغناطيسية الداخلة نظام العدسة عند النقطة العقدية الأمامية تخرج في اتجاه مواز من النقطة العقدية الخلفية. لفة الفيلم الموجودة في الاطار الداخلي تمكنها من إجراء عدة التقاطعات بدون تغير في الاطار الواحد.

يتم الاحتفاظ بالفيلم وهو مستوي علي السطح الزجاجي البصري. فتحات إطار الفيلم تظهر علامات الاسناد والوقت وتاريخ التقاط الصورة ، وكذلك عدد اللقطات ، والمسافة الاساسية والارتفاع وموقع فقاعة المستوى التي تشير إلى عمودية المحور الرئيسي(الاساسي). تقاطع علامة الاسناد يحدد النقطة الاساس الظاهرية. المسافة من نقطة العقدة الخلفية إلى نقطة الاساس تسمي بالمسافة الاساسية. يتم طلي الفلم بمادة حساسة لمجال معين من الاشعاع الكهرومغنطيسي .هناك ثلاثة انواع من الافلام المستخدمة في الكاميرات

1. Orthochromatic
2. Panchromatic
3. infra-red





الشكل (7.3) .. الكاميرا الجوية

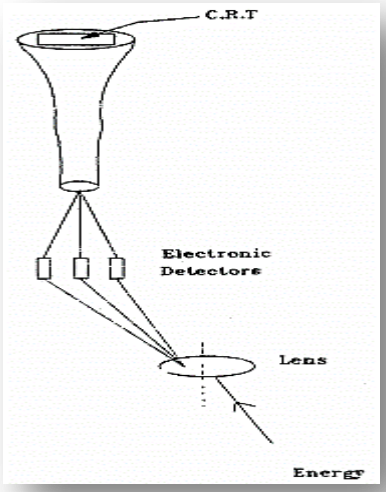
يتم الاحتفاظ بالفيلم وهو مستوي علي السطح الزجاجي البصري. فتحات إطار الفيلم تظهر علامات الاسناد والوقت وتاريخ التقاط الصورة ، وكذلك عدد اللقطات ، والمسافة الاساسية والارتفاع وموقع فقاعة المستوى التي تشير إلى عمودية المحور الرئيسي(الاساسي). تقاطع علامة الاسناد يحدد النقطة الاساس الظاهرية. المسافة من نقطة العقدة الخلفية إلى نقطة الاساس تسمي بالمسافة الاساسية. يتم طلي الفلم بمادة حساسة لمجال معين من الاشعاع الكهرومغنطيسي .هناك ثلاثة انواع من الافلام المستخدمة في الكاميرات

فيلم orthochromatic حساس للطاقة من اللون الأزرق، 0.4 ميكروميتر، والخضراء 0.6 ميكروميتر.فلم Panchromatic حساس للألوان من الأزرق 0.4 ميكروميتر إلى الأحمر 0.8 ميكروميتر. اما فلم الأشعة تحت الحمراء فهو حساس لجميع الضوء المرئي في المدي من 0.3 ميكروميتر إلى 0.9 ميكروميتر. على الرغم من ذلك يتم استخدام افلام الأسود و أبيض والافلام الملونة وللأفلام الملونة الكاذبة في بعض الأحيان. ويظهر الفيلم الملون الصورة في شكلها الطبيعي ، في حين لا تظهر الألون الكاذبة اللون الطبيعي

الحقيقي. تتم صناعة الطابعات الموجبة وقاعدة الفلم والمستوي الزجاجي من السوالب . هذه السوالب يتم تطويرها تحت شروط مثالية من اجل الحفاظ علي جودة الشكل الهندسي .

2.3.3. الماسحات الضوئية Scanners :

مع تطور التصوير الرقمي في الماسحات الضوئية أو كاميرا vidicon نجدها قد حلت محل الكاميرا التقليدية. ففي الماسحات الضوئية تم استبدال مستحلب الفلم بالكواشف الالكترونية وهذه الكواشف تستجيب لمجال موجي معين واستجابتها هذه تعتمد علي كمية الضوء في ذلك المجال الاشعاعي .كل الاستجابات يتم تخزينها علي قرص ممغنط او عرضها علي شاشة CRT الشكل(8.3) عرضها يكون في التدرج الرمادي الذي يتفاوت من(0_ 250)أو اي لون محدد اعتمادا على الاستجابة responsivity.



الشكل (8.3) .. الماسحات

دقة الوضوح في الصورة تعتمد على حجم الكاشف (يعرف بـ البكسل) . الجودة الهندسية في الماسح الضوئي المستخدم في تطبيقات التصوير الجوي يعتمد علي الموقع المحدد للكواشف في مستوي الصورة وكذلك علي حجم (الكواشف) الماسحات في بعثات الفضاء غير المأهولة التي فيها قيم الاشعاع يمكن نقلها الي المحطات الارضية ليتم تحليلها باستخدام الحاسوب لتوضيح الاجسام .هذه العملية تعرف باسم (تحليل الصورة).

موقع البكسل يعطي احداثيات الصورة (X، Y) والتي يمكن استخدامها في تطبيقات المسح التصويري.

3.3.3. أجهزة الرسم المزدوجةStereo plotter:

و هي تصنف إلى مجموعتين رئيسيتين :

1. البصرية .
2. الميكانيكية والبصرية .

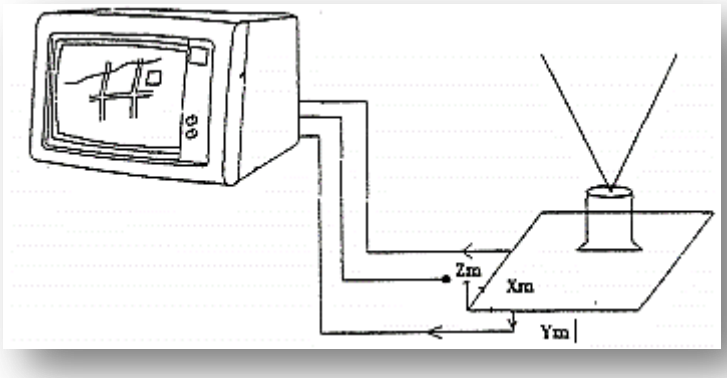
في نوع الاجهزة البصرية يتم استبدال الكاميرا بجهاز الاسقاط الذي يتم فيه ضبط عناصر التوجه الداخلي لتماثل الكاميرا. و diapositive يتم وضعها في مستوي صورة واسقاطها الاشعة خلال عدسات جهاز الاسقاط . يجب أن يحتوي جهاز العرض علي خمسة درجات من المرونة او الحرية للقيام بعملية التوجيه النسبي لتكوين النموذج وكذلك علي درجة اضافية من الحرية لحركة المقياس .

الاشعة الخارجة من جهاز الرسم يتم اسقاطها علي مستوي نظام القياس.نظام قياس يتكون من العلامة المرجعية المعروفة باسم العلامة العائمة التي لديها القدرة على قياس الانفصام السيني ، والفصل بين أشعة الإسقاط في الانفصام السيني والصادي.يتم عمل التوجيه النسبي بعد التخلص من الانفصام الصادي حيث يُمكننا من رؤية النموذج بشكلة الصحيح .هناك عدد من الأجهزة لعرض نموذج الاستيريو . واحد من أقدم الطرق هي طريقة الاناغليف التي فيها أشعة من جهة الاسقاط اليساري يتم رؤيتها بالعين اليسرى الاشعة الخارجة من جهة الاسقاط اليمني يتم رؤيتها من خلال العين اليمنى .

في المعدات الحديثة يتم رؤية الاشعة الخارجة من الجهة اليسرى بالعين اليسرى من خلال عدة عدسات ومنظومة مناشير وكذلك بالمثل للعين اليمني . هذه الطريقة الاخيرة لها ميزة ضبط النظام ليناسب الراصد وتهدف الي ان تمده بالراحة اثناء المشاهدة .قياسات الانفصام السيني تعطي فروقات الارتفاع .في أي نقطة في النموذج، إذا تم التخلص من الانفصام السيني يمكن ايجاد احداثيات النموذج باستخدام العلامة العائمة .

يمكن وضع النموذج في مقياس محدد مسبقا بتغير المسافة بين جهازي الاسقاط ،الموقع (x ,y) يمكن رسمه علي لوحة الرسم اما الاحداثي الراسي فيرسم بمعرفة الكنتور ،نظام الاحداثي z الراسي يمكن وضعه موازي للنظام الراسي الارضي اما بتدوير جهازي الاسقاط او برسم النظام حوالي المحورx والمحورy واحيانا يتم دمج الطريقتين.عملية الدوران تعمل علي تأكيد ان ارتفاع النموذج هو نفسة الموجود علي الارض .هذاء النظام يقوم بإنتاج خرائط للأرض او خرائط تظهر تغيرات الارض العالميةفي التصوير الرقمي ويتم تغذية إحداثيات النموذج في

الكمبيوتر باستخدام الترميز .يتم استخدام الإحداثيات كمتجهات لرسم وعرض المعالم الأرض وخطوط الكنتور الشكل (9.3)



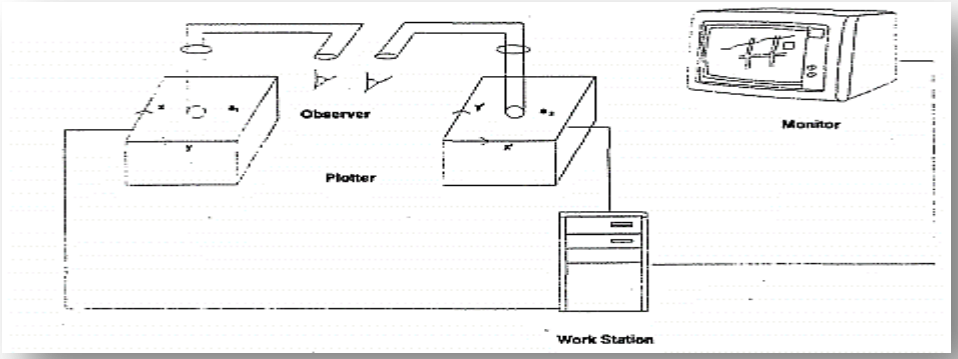
الشكل (9.3) .. جهاز الرسم الرقمي

4.3.3. أجهزة الرسم التحليلية:

في اجهزة الرسم التحليلي توضع لوحات dispositive على حوامل مسطحة ويتم وعرضها أو مسحها بشكل طبيعي .إحداثيات اللوحات (x , y) للنقاط المترافقة يتم قياسها باستخدام لوحات الحامل والماسحة معا .إحداثيات اللوحة والإحداثيات الأرضية من ثلاثة نقاط أو أكثر من النقاط تضاف إلى محطة العمل حيث تحسب البرمجيات عناصر التوجه الخارجي الشكل(10.3) .باستخدام عناصر التوجيه الخارجي، يقوم الحاسوب بحساب الانفصام الصادي Y لنقاط تم عرضها من قبل الماسح الضوئي و يتم تحريك الماسح الضوئي وحامل لوحة للتخلص من الانفصام الصادي Y ، مما يتيح للمشاهد ان يري نموذج ستيريو مستمر في بعض اجهزة الرسم التحليلي حامل اللوحة أو الماسح الضوئي يمكن تحريكها نسبيا حتي يتمكن الراصد من التخلص من الانفصام السيني وتحديد الارتفاع

اجهزة الرسم التحليلي باهظة الثمن يكون فيها الماسح الضوئي لديه القدرة على جمع القيم الإشعاعية لأي نقطة في الصورة في منطقة المسح ومن ثم يتم تمرير هذه المعلومات إلى جهاز الكمبيوتر لأداء عملية المطابقة (المشابهة)، والمعروفة باسم الارتباط الذاتي، التي فيها الانفصام السيني يكون ضروريا لمطابقة نقاط الصورة .الانفصام السيني المحسوب يتم إرجاعه الي الماسحة في اللوحة أو الماسحة لتحديد الارتفاع .يتم استخدام تقنية الارتباط الذاتي في إنتاج الصور المتعامدة تلقائيا دون تدخل الإنسان.بمعرفة عناصر التوجيه الخارجي وإحداثيات لوحة

النقاط المترافقة ، يمكن ان نستخدم هذه الاحداثيات الارضية كمتجهات لرسم وعرض معالم الأرض وخطوط الكنتور.



الشكل (10.3) .. جهاز الرسم التحليلي

الباب الرابع

التثليث الجوي

1.4. مقدمة :

التثليث الجوي يقصد به العملية التي يتم بها حساب الاحداثيات الارضية من نظيرتها في الصورة الجوية ،له استخدامات متعددة في المساحة التصويرية لكن يستخدم بصورة اساسية في تكثيف و تمديد نقاط الضبط عن طريق مجموعة من الصور تشكل شريط اوالحزمة و عند استخدامه لهذا الغرض يسمى بالتجسير(bridging) وسمي كذلك لانه عبارة عن مجموعة من نقاط الضبط المتوسطة بين النقاط المعدة حقليا. انشاء نقاط التحكم المطلوبة لعمليات انتاج الخرائط الطبوغرافية مع استخدام اجهزة الرسم يمثل تطبيق اخر للتثليث الجوي . اما الان اصبح يستخدم في GPSالمتحرك و INS الموجودان في الطائرة لمعرفة احداثيات و الوضع الزاوي للكاميرا عند لحظة التقاط الصور، نظريا هذه الطريقة تقلل او بالكاد تتخلص من الحوجة لنقاط الضبط الارضية . لكن من ناحية عملية يتم استخدام بعض نقاط الضبط للتأكد من صحة العمل.

اضافة لكونه اقتصادي هنالك بعض المميزات الاخرى للتثليث الجوي مثل:

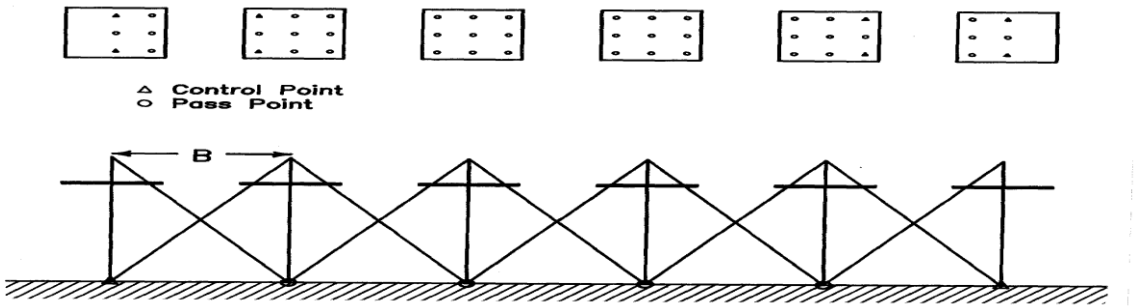
- لا يحتاج للوصول الى المناطق المحددة
- يقلل من عمليات المسح في المناطق الصعبة مثل المنحدرات
- يتم اجراؤه داخل المعامل
- يقلل من الجهد الحقلي
- مفيد في المناطق التي بها مباني عالية .

الشكل (1.4) يوضح مسار عملية التثليث الجوي لشريط من الصور ، عملية تمديد نقاط التحكم تتطلب مجموعة من الصور موجهة على طول الشريط او الحزمة .في التوجيه الخارجي ، اي صورة يتم توجيهها على حسب الصورة التي قبلها اعتمادا على نقاط العبور الموجودة في منطقة التقاطع الثلاثي.

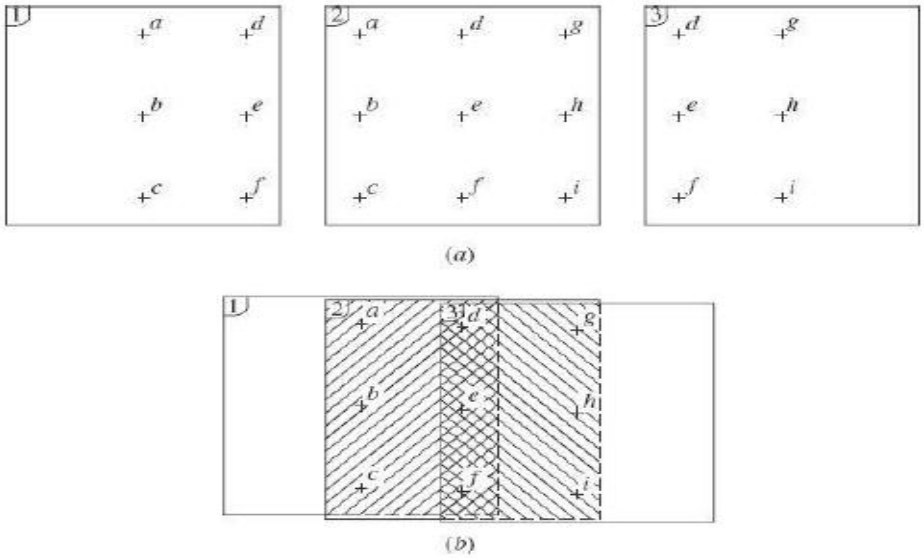
2.4. نقاط العبور في التثليث الجوي :

نقاط العبور (pass point)هي عبارة النقاط المشتركة بين ثلاثة صور متتالية على طول الشريط . و سميت كذلك لانها تقوم بنقل التحكم من نموذج الى الذي يليه ، وهي عادة ثلاثة نقاط في منطقة التداخل الثلاثي . اما النقاط التي تستخدم لربط شريط باخر فتسمى نقاط الربط (tie point).

الشكل (2.4) يوضح مواقع نقاط العبور في الصورة ، قديما كانت هذه النقاط يتم تحديدها باستخدام اجهزة حفر تقوم باتلاف المستحلب في تلك النقطة لكن الان اصبحت تحدد باستخدام الحاسوب مما يغني من اتلاف الصورة بحفرها



شكل (1.4).. مسار عملية التثليث الجوي



شكل (2.4)..

a : المواقع المثالية لنقاط العبور في الصورة ، b : مواقع نقاط العبور لنموذجين متجاورين

3.4.اساليب عملية التثليث الجوي :

اساليب اجراء التثليث الجوي تصنف الى ثلاث فئات ، فاما ان تكون تماثلية او تحليلية او شبه تحليلية . الطرق التماثلية تحتوي عالى اجراء التوجيهات الثلاثة يدويا للنموذج المعني باستخدام جهاز الاستريو سكوب وكذلك تحتوي على عدة اسقاطات . و لكنها اصبحت غير عملية في الوقت الحالي وغير مستخدمة على نطاق واسع في العالم نظرا لتطور المساحة التصويرية .

اما الطريقة شبه التحليلية فيتم اجراء التوجيه الداخلي و النسبي بطريقة يدوية للنموذج الموجود في جهاز الاستريوسكوب وبعدها يتم حساب الاحداثيات للنموذج ثم اجراء التوجيه المطلق بطريقة تحليلية ، لكن في الطريقة التحليلية يتم ايجاد الاحداثيات ثم عمل التوجيهات بطريقة تحليلية.

1.اسلوب ضبط النماذج المستقلة:

وهي عبارة عن طريقة شبه تحليلية ، الوحدة الاساسية فيها هي النموذج . تضمن اجراء توجيه نسبي لكل نموذج موجود في شريط او حزمة من الصور. بعد تشكيل النماذج يتم مطابقتها مع النظام الارضي اما بطريقة سلسلية او انية .في الطريقة السلسلية يتم ربط النماذج المتجاورة بطريقة تحليلية لتكوين الشريط ثم تكوين عمل التوجيه النسبي بطريقة حسابية .اما في الطريقة الانية فيتم ربط جميع النماذج في الشريط او الحزمة و مطابقتها مع النظام الارضي في ان واحد

ميزة استخدام هذه الطريقة تكمن في انها اكثر فاعلية في عملية الانتاج وذلك لان الصور المكونة للنماذج تم توجيها بدقة عالية اما الطريقة التحليلية يتم توجيه الصور لتحسين تناسبها مع مجموعة الصور و الذي يؤدي الى وجود انفصام صادي في عملية التوجيه بين ازواج الصور. في كلتا الطريقتين هذه العملية تعطي احداثيات نقاط العبور في النظام الارضي اضافة الى حساب احداثيات مركز الاسقاط . لذا يمكن القول ان هذه العملية يمكن اعتمادها كقيمة ابتدائية لعملية ضبط الحزمة ، حيث يتم حساب احداثيات كل نموذج على حدى باستخدام اجهزة او الات حساب الاحداثيا . حدوث تغير في مقياس الرسم و الموقع بالنسبة للنموذج لا يؤثر في دقة النظام مما يسمح باستخدام اجهزة ذات تكلفة منخفضة لاجراء العملية.

لاجراء العملية يتم ربط جميع النماذج المستقلة لتكوين شريط ، عادة تربط هذه النماذج عن طريق نقاط محددة مسبقا على النموذج تسمى pass points في الوضع الثنائي ، اما في الوضع الثلاثي

فيتم اضافة نقطة مركز الاسقاط المنظوري . او يمكن ربطها بطريقة تحليلية باستخدام المعادلة التالية:

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} = S\,R \begin{bmatrix} X' \\ Y' \\ Z' \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \Delta X \\ \Delta Y \\ \Delta Z \end{bmatrix} \qquad \textbf{(1.4)}$$

S : معامل المقياس

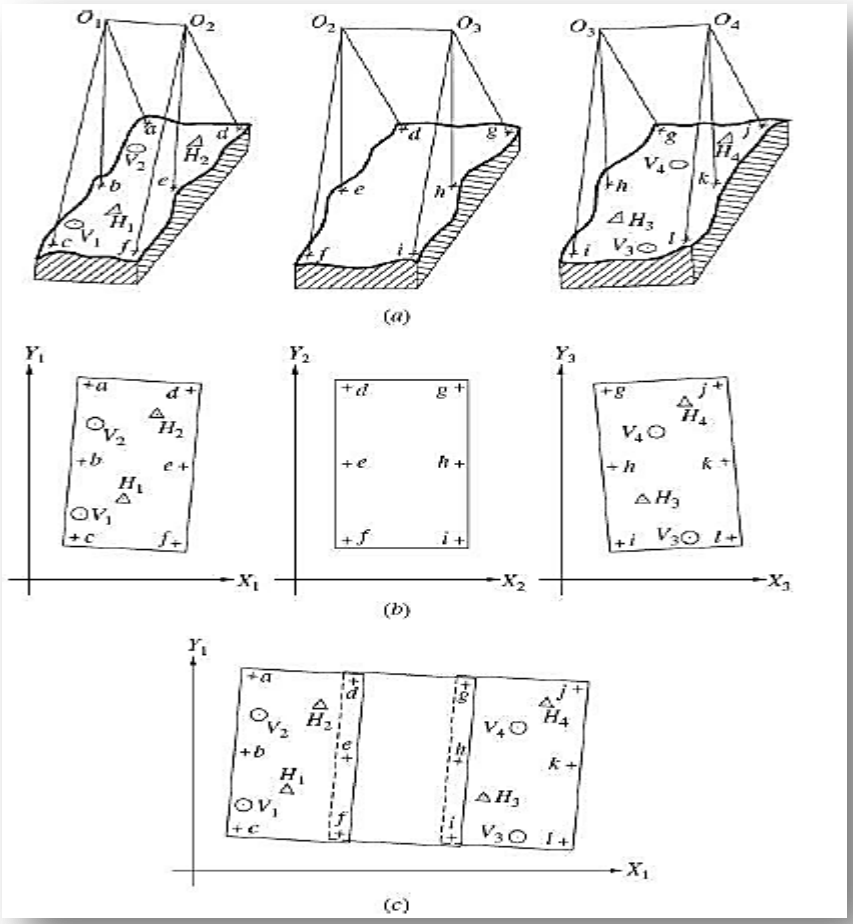
R : مصفوفة الدوران

$\Delta x, \Delta y, \Delta z$: الازاحة في اتجاه المحاور الثلاثة

$X`, Y`, Z`$: الاحداثيات الثلاثية المراد تحويلها

X, Y, Z : الاحداثيات الثلاثية المحولة

بهذه الطريقة فان كل النماذج يتم تحويلها الى منظومة احداثيات النموذج الاول مكونا شريطا ، و بالمثل يتم تحويل الشرائط اللاحقة لمنظومة احداثيات الشريط الاول مستخدمين النقاط الواقعة في منطقة التداخل الجانبي tie points للحصول على حزمة من الصور ، ومن ثم تجرى عملية التقدير باستخدام طريقة اقل التربيعات

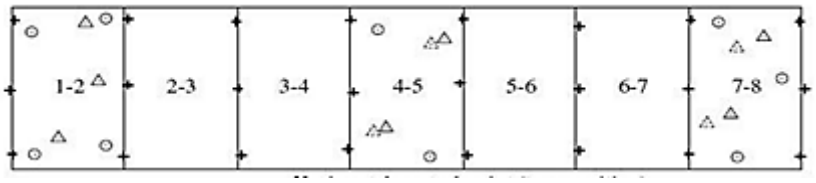


الشكل (3.4).. النماذج المستقلة

2.اسلوب ضبط الشرائط :

بعد تكوين الشريط (بطريقة تحليلية او شبه تحليلية) يتم ضبطه ليماثل نظام الاحداثيات الارضية باستخدام جميع نقاط الضبط المتوفرة ، في كون وجود شريط قصير (اربعة نماذج) يتم ضبطه باستخدام التحويل الثلاثي بوجود نقطتين افقيتين و ثلاثة رأسية على الاقل ، و اذا زادت عن ذلك كان افضل للحصول على دقة في الحل. اما في حالة كونه طويلا فيتم استخدام كثيرات الحدود لتحويل نظام احداثيات النموذج الى نظام الاحداثيات الارضي . الشكل (4.4) يوضح نقاط ضبط رأسية و افقية أستخدمت في عملية التحويل الثلاثي .

بسبب طريقة تشكيل الشريط المتسلسلة ، ينتج خطأ تراكمي عند نهاية الشريط يظهر كخطا نظامي و يزداد بازدياد طول الشريط. الشكل (4.4) يوضح خط طيران به مجموعة من النماذج ، يلاحظ وجود نقاط تحكم بكثافة عالية في النموذج 1-2 لتوجيه الشريط ككل ليماثل النظام الارضي ، بقية نقاط التحكم (في النموذجين 4-5 و 7-8) تعمل كنقاط بحث عن الخطأ التراكمي .



الشكل(4.4).. نقاط التحكم في الشريط

▲= الموقع الحقيقي لنقطة الضبط الأفقي

⊙= نقطة ضبط راسية

+= نقطة عبور

Δ= موقع نقطة الضبط الأفقية في النموذج

اذا تم توزيع نقاط التحكم بشكل مناسب على طول الشريط فانه بالامكان استخدام كثيرات الحدود للتحويل الثلاثي بدلا عن التحويل التشاكلي لعمل توجيه مطلق و الحصول على احداثيات جميع نقاط العبور المصححة . و كثيرات الحدود هذه كالاتي :

$$X` = a_0+ a_1X+ a_2Y+ a_3X^2+ a_4XY+ a_5Y^2+ a_6X^3+ a_7X^2Y+ a_8XY^2+a_9Y^3$$

$$Y` = b_0+ b_1X+ b_2Y+ b_3X^2+ b_4XY+ b_5Y^2+ b_6X^3+ b_7X^2Y+ b_8XY^2+b_9Y^3 \quad \text{(2.4)}$$

$$Z` = c_0+ c_1X+ c_2Y+ c_3X^2+ c_4XY+ c_5Y^2+ c_6X^3+ c_7X^2Y+ c_8XY^2+c_9Y^3$$

حيث :

$a_0 , b_0 , c_0 \ldots a_9 , b_9 , c_9$: ثوابت غير معلومة

X,Y : احداثيات نموذج الشريط

$X` , Y` , Z`$: الاحداثيات الارضية

3. ضبط الحزمة :

يعرف كذلك باسلوب حزم الضبط للتعامل مع كافه النقاط الموجوده كمجموعه واحده,وذلك باستخدام مجموعه من النقاط المرجعيه الاساسيه التى تغطى اركان الصوره الملتقطه ومعلومه الاحداثيات بها بكل دقه والمغطاه بنفس الدقه من مجموعه صور مختلفه ، وتمت تسميتها بهذا الاسم لان الاشعة الداخلة الى عدسة الكاميرا يتم تجميعها في نقطة واحدة مكونة حزمة ، النظريه لذلك الاسلوب من خلال حساب مسافه اتصال الخط المستقيم الساقط من كميرات التصوير الرقميه حتى النقطه المطلوبه ويستلزم ذلك معرفه احداثيات النقط المسقطه من الصوره ,وكذلك الاحداثيات التقريبيه للنقط المقاسه واحداثيات تقريبيه مسقطه عن اله التصوير وقت الالتقاط, وذلك بهدف الوصول لاعلى دقه ممكنه لاحداثيات النقط المطلوبه, ويتم ايجاد تلك المجاهيل من خلال معادلة التلازم الخطي .

$$x_{ij} = x_o - f\left[\frac{m_{11_i}(X_j - X_{l_i}) + m_{12_i}(Y_j - Y_{l_i}) + m_{13_i}(Z_j - Z_{l_i})}{m_{31_i}(X_j - X_{l_i}) + m_{32_i}(Y_j - Y_{l_i}) + m_{33_i}(Z_j - Z_{l_i})}\right]$$

$$y_{ij} = y_o - f\left[\frac{m_{21_i}(X_j - X_{l_i}) + m_{22_i}(Y_j - Y_{l_i}) + m_{23_i}(Z_j - Z_{l_i})}{m_{31_i}(X_j - X_{l_i}) + m_{32_i}(Y_j - Y_{l_i}) + m_{33_i}(Z_j - Z_{l_i})}\right] \quad \text{(3.4)}$$

حيث :

x_{ij} , y_{ij} : احداثيات الصورة المقاسة للنقطة j في الصورة i في النظام الاسنادي

x_o , y_o : احداثيات نقطة الاساس في النظام الاسنادي

f : البعد البؤري

$m_{11i} \ldots m_{33i}$: عناصر مصفوفة الدوران للصورة i

X_j , Y_j , Z_i : الاحداثيات الارضية للنقطة j

X_{li} , Y_{li} , Z_{li} : الاحداثيات الارضية لنقطة النظير

4.4. نقاط الضبط الأرضية:

كثيرا ما يتبادر على الذهن تساؤل: ما اهمية نقاط التحكم الارضي في الرفع المساحي الأرضي بما انها نقاط معلومة الاحداثيات ، فإنها تستخدم لحساب نقاط اخرى مجهولة اثناء

عمليات الرفع المساحي الارضي وكذلك تستخدم في ربط الصور الجوية والفضائية ببعضها البعض وهى الاكثر استخدام في عمليات ضبط وتوجيه الصورة والنماذج المجسمة المنشأة من خلال المساحة التصويرية بحيث ينطبق كل معلم من المعالم الطبيعية والبشرية الموجودة في الصورة مع ما يناظره على سطح الارض ، حتى تكون كافه المعلومات والبيانات المنتجة من الصورة على الخرطة على قدر كبير من الصحة والدقة .

أنواع نقاط الضبط الأرضي:

ان نقاط التحكم الارضي ثنائية وثلاثية الابعاد حيث ان:

النقاط الثنائية : هي النقاط التي تحدد الاحداثين السيني والصادي فقط ، أي خط الطول ودائرة العرض.

النقاط الثلاثية : هي النقاط التي تحدد الارتفاع بالإضافة الى الاحداثي السيني والصادي

تحديد نقاط الضبط :

يعتمد هذا الامر في الاساس على منطقة العمل ، اي هل تحتوي على شرائط او هي عبارة تجميعية للصور .من ناحية عملية اذ كانت تحتوي المنطقة على شرائط فعندها تكون نقاط الضبط على النحو التالي :

6 نقاط مشتركة بين صورتين متداخلتين

3 نقاط مشتركة بين 3 صور متداخلة

نقطتي ضبط ارضيتين في كل من بداية الشريط و نهايته

نقطتي ضبط ارضيتين بعد كل خمس صور في الشريط الواحد

عمل ضبط راسي على طول مركز الشريط في باقي الصور

اما في حالية تجميعية الصور فتشترك مع الشريط في المطلبين 1و 2 ، واضافة الى الاتي :

4 نقاط ضبط ارضية على الاركان الاربعة لتجميعية الصور

3 نقاط ربط مشتركة بين كل نموذجين متجاورين في كل شريطين متجاورين ، او 6 نقاط عبور بين الصور المتجاورة في الاتجاهين الامامي و الجانبي .

مواقع نقاط الضبط :

بعد الانتهاء من تخطيط الطيران و تحديد نقاط الضبط ، يجب بعدها اختيارمواقع نقاط الضبط الارضية في الحقل و حساب احداثياتها . من خواص هذه النقاط انها طبيعية ويتم التعرف عليها بسهولة في الصورة او نقاط مستهدفة في الصورة . للتخلص من صعوبة التعرف على المعالم و الحصول على دقة عالية في احداثيات الصور يفضل استهداف نقاط بعينها . مواصفات الهدف مثل الحجم و اللون تعتمد على مقياس رسم الصور و موقع المنطقة المصورة .

نقاط العبور و الربط يمكن اختارها و تحديدها مسبقا قبل عملية الطيران . و هي تضمن دقة عالية للعمل المساحي لكنها تحتاج الى ملاحة دقيقة . احيانا يتم اختيار النقاط بعد عملية الطيران لكنها تستهلك وقتا اطول لذا يفضل اختار النقاط قبل عملية الطيران . بعدها تُعلم هذه النقاط على الصورة اما بطريقة يدوية او يتم حفرها على الصورة باستخدام اجهزة خاصة .

5.4. حساب الاحداثيات :

يتم حساب احداثيات الصورة باستخدام جهاز الكمبراتور . و هو عادة يقوم بحساب الاحداثيات في النظام الكارتيزي بدقة قدرها 1 ميكرومتر . في كل عملية قياس يتم حساب احداثيات نقاط الربط و العبور و كذلك احداثيات علامات الاسناد في نظام الكمبراتور و من ثم يتم تحويلها الى نظام احداثيات الصور باستخدام المعادلة ادناه :

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a & b \\ c & d \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x` \\ y` \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} x_o \\ y_o \end{bmatrix} \quad \text{_____(4.4)}$$

$a = S_x*\cos(\theta)$ $b = S_x*\sin(\theta)$ $c = -S_y*\sin(\theta)$ $d = S_y*\cos(\theta)$

S_y : معامل المقياس في المحور الصادي S_x : معامل المقياس في المحور السيني

العناصر في المعادلة اعلاه تحسب من احداثيات المقاسة من الكمبراتور و احداثيات علامات الاسناد المعايرة. بعدها يتم تصحيحها من تشوه العدسة و الانكسار و كروية الارض .

6.4. حساب احداثيات نقاط العبور و الربط :

بإستخدام الاحداثيات التصويرية و الارضية و عناصر التوجيه الخارجي يمكن اجراء عملية ضبط الشريط او الحزمة باستخدام برنامج معين يسمى Albany . في اغلب الاحيان ، من الافضل تقليل الاخطاء الجسيمة و العشوائية قبل القيام بعملية ضبط الحزمة . يتم التخلص من الاخطاء الموجودة في نقاط العبور بين صورتين باستخدام برنامج التوجيه النسبي . و كذلك يتم التخلص من الاخطاء الموجودة في نقاط العبور بين نموذجين باستخدام برنامج ضبط الشريط . اما في حالة الاخطاء الموجودة في نقاط الربط و النقاط الارضية يتم استخدام برنامج ضبط تجميعية الصور (Block Adjustment) .

الباب الخامس

استخدامات نظام الموقع العالمي في المساحة التصويرية

1.5.مقدمة :

نظام الموقع العالمي كان و ما زال واحدا من افضل التقنيات التي وصل اليها الانسان عبر العصور . منذ اكتشافه في بداية السبيعينات و حتى الان ما زال يؤدي دوره على اكمل وجه كاداة مساعدة للانسان في جميع مناحي حياته اليومية . و استخدامه في هذا المجال و اعني بذلك المساحة التصويرية اثبت كفاءته في عدد كبير من الاستخدامات نذكر اهمها الايربورن ، و تكامله مع وحدة القياس الساكن ، تفاصيل هذه الاستخدامات موضحة في المحاور التالية :

2.5. نظام الموقع العالمي المحمول جوا (Airborne GPS) :

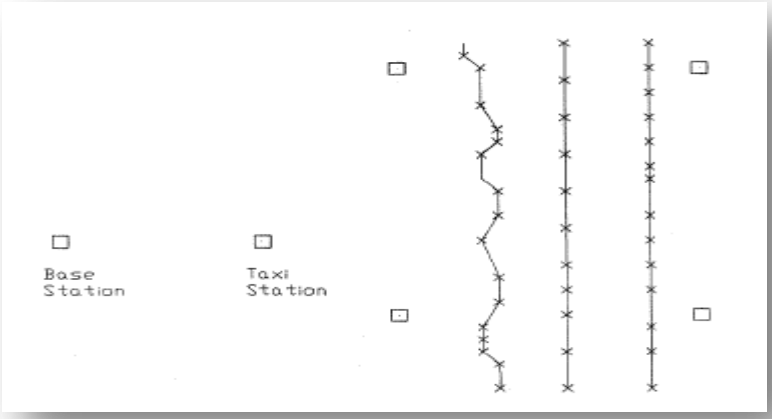
الايربورن GPS هو الاسم الذي يطلق على عملية حساب موقع الكاميرا لحظة التقاط الصورة باستخدام GPS او عملية تحديد موقع مركز الصورة الجوية بدقة عالية ، و الطريقة المستخدمة هنا هي طريقة الرصد المتحرك (kinematic GPS) .

ببساطة يتم تثبيت هوائي محدد المواقع فوق كاميرا التصوير ، ثم يتم حساب الاوفست لنقطة النظير في الكاميرا من الهوائي اما بالمعايرة او بطرق المساحية التقليدية . بعدها يتم اجراء عملية الرصد المتحرك و التي تحتاج الى نقطتي قاعدة (Base Station) كما بالشكل (1.5) ومنها يمكن الحصول على احداثيات موقع الهوائي عند كل ثانية او جزء من الثانية ، و بمعلومية زمن التقاط الصورة يمكن ايجاد موقع الكاميرا .

اما بالنسبة للدقة ، فهي قد تصل الى 2-5 cm اذا كانت منطقة المشروع صغيرة و خالية من المباني او اي شئ يعترض وصول اشارة القمر الصناعي الى المستقبل او نقطة القاعدة لنظام محدد المواقع موجودة في منتصف مساحة المشروع ، و كذا الامر يعتمد على دقة مستقبلات محدد المواقع المستخدمة . مستقبل محدد المواقع الموجود على الطائرة يجب ان يكون لديه القدرة على تسجيل زمن التقاط الصور في كل مرة ؛ مع انه احيانا يتم الاعتماد على نظام الملاحة الموجود بالطائرة .

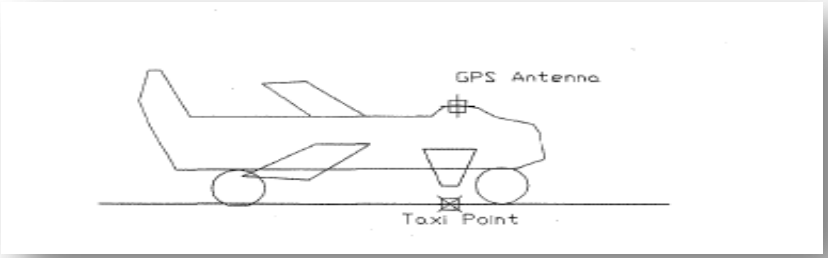
هذه التقنية اسهمت في اختزال عدد نقاط الضبط الارضية وهي فعالة جدا في المشاريع التي بها مجموعة كبيرة من الصور .

كذلك يمكن استخدامها لدعم او لتقليل كمية نقاط الضبط الارضية المراد استخدامها في عملية التثليث الجوي او تعديل الصور الجوية .الايربورن GPS ايضا يدعم تقنيات On The Fly(OTF) لعملية (Initialization) اثناء الحركة . وكما في تجميع بيانات النقاط الارضية ، مستقبل الايربورن GPS يقوم بعمل قفل لاقل عدد من الاقمار الصناعية للتأكد من وجود دقة عالية في موقع مركز الصورة المراد . مواقع مراكز الصور تستخدم بعدها لدعم بيانات نقاط التحكم الارضية في عملية التثليث الجوي .



الشكل(1.5) ..محطات التوقف والاساس

1. حساب البعد العمودي للكاميرا من الهوائي :



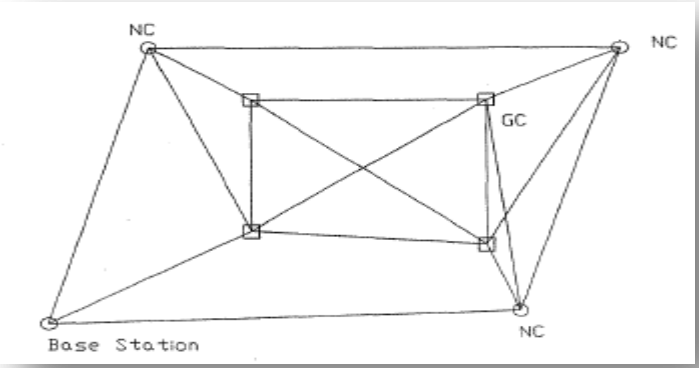
الشكل(2.5).. نقاط توقف

حساب البعد العمودي للكاميرا من الهوائي المثبت بالطائرة يمكن ان يتم بعدة طرق الشكل(2.5) ابسط هذه الطرق هي القيام بحساب فرق الاحداثيات المقاسة بين نقطة القاعدة ونقطة توقف (Taxi Point) بدقة باستخدام طريقة الرصد الثابت(Static mode) ، بعد ان تمر الطائرة فوق نقطة توقف تحسب فرق الاحداثيات بين الهوائي و نقطة القاعدة باستخدام الرصد الثابت . ايضا يتم حساب فرق الاحداثيات بين نقطة العقدة للكاميرا ونقطة القاعدة يمكن حسابه بدقة بطرق المساحية التقليدية . من هذه المعلومات المذكورة انفا اوفست الكاميرا من هوائي الطائرة يمكن ان يتم تحديده بدقة . و طالما ان الطائرة متزنة اثناء عملية التصوير فان البعد العمودي للكاميرا سيكون ثابت على طول المسار .

2.احداثيات نقطة القاعدة :

للتاكد من ان موقع الكاميرا و نقاط الضبط الارضية في التثليث الجوي جميعها في نفس النظام من المهم جعل نقاط القاعدة المستخدمة في الرصد المتحرك ضمن تلك الشبكة .

و بتضمين نقاط القاعدة في شبكة نظام الموقع العالمي لمواقع نقاط التحكم الارضية وضبط هذه النقاط ، عندها موقع الكاميرا المحدد من نقاط القاعدة سيكون في نفس نظام نقاط الضبط الارضية كما الشكل(3.5)



الشكل(3.5) .. ضبط الشبكات

3.موقع الكاميرا :

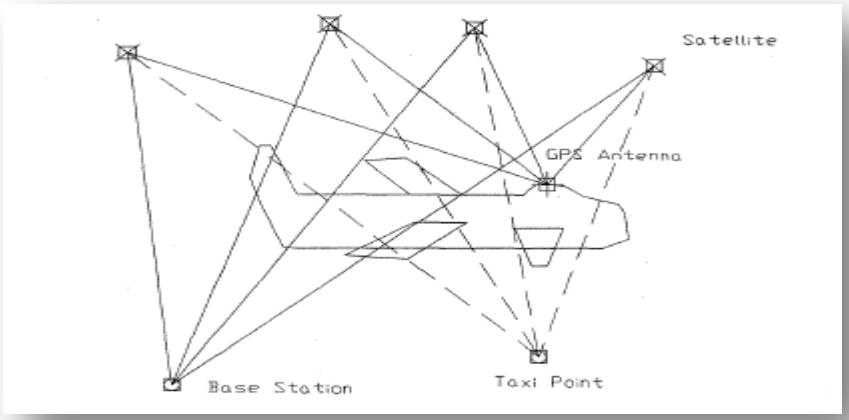
بداية تقف الطائرة فوق نقطة التوقف ، عندها تجمع معلومات محدد المواقع ان كل الاقمار الاصطناعية المتوفرة (اربعة اقمارعلى الاقل) . و بمعلومية فروق الاحداثيات بين

احداثيات نقطة القاعدة و احداثيات نقطة Taxi يمكن تصحيح الغموض الصحيح (Integer Ambiguity) بسرعة لكل قمر اصطناعي . بعدها تقلع الطائرة للقيام بعملية التصوير . في هذه الاثناء يستمر مستقبل محدد المواقع بتعقب الاقمار الاصطناعية للتاكد من استمرارية الغموض الصحيح . في كل فترة زمنية (epoch) يقوم المستقبل بحساب فرق الطور لكل الاقمار المتوفرة ، و باستخدام فرق الطور والغموض الصحيح يتم ايجاد موقع الهوائي لكل فترة زمنية الشكل(4.5) يوضح هذه العملية .

زمن التقاط الصورة يمكن ان يتم التحكم به اما بمستقبل محدد المواقع او يُعلم على جهاز الاستقبال مع بيانات محدد المواقع . افترض ان X_i هي موقع الطائرة عند اللحظة i و X_{i+1} و X_{i+2} هي مواقع الطائرة في الثواني اللاحقة،الفرق الاول يعطي السرعة $V_{i+.5}$ في الثانية ($_{i+.5}$) و الفرق الثاني يعطي العجلة ،F_{i+1} في اللحظة ($_{i+1}$) بالتالي ، اذا كانت T هي زمن التقاط الصورة بين اللحظة i واللحظة i+1 فإن موقع الطائرة يحسب من المعادلة التالية :

$$X = X_i + V_{i+.5}(T-i) + 0.5 * F_{i+1}(T-i)^2 \quad \text{_____(1.5)}$$

بافتراض ان الطائرة تحلق بسرعة ثابتة اثناء اخذ الصور يمكن تحديد موقع الكاميرا بصورة دقيقة .



الشكل(4.5) .. موقع هوائي محدد المواقع

4.تخطيط المشروع :

تخطيط تحكم الصور لمشاريع التخريط بالايربورن يتطلب بعض الخبرة . فهذه التقنية هي واحدة من اهم من الطرق لتجميع نقاط التحكم الضرورية للتخريط ولا ضير في استخدامها مع الطرق التقليدية . و للقيام بعملية التخطيط يجب الانتباه الى الاتي :

1- متطلبات التخريط الاساسية (متطلبات الصورة و المقياس)
2- متطلبات التثليث الجوي ؛ اي متطلبات دقة التثليث الجوي لمركز الصورة و التحكم الارضي .
3- توفر القمر الصناعي ؛ يجب الحصول على قفل القمر الصناعي اثناء عملية الطيران .
4- الموقع ؛ اماكن و اعداد مستقبلات محدد المواقع المطلوبة للمشروع وكذلك معدل تجميع البيانات للمستقبلات .
5- اختيار نقاط القاعدة ؛ احداثيات هذه النقاط يجب ان تكون مصححة
6- لوجستية العمل بين الطائرة و الطاقم الارضي ؛ يجب استخدام نفس تشكيلة الاقمار الصناعية لكل من نقاط القاعدة و مستقبلات الطائرة ، التأكد من دقة هوائي اوفست الكاميرا ، خبرة طاقم العمل في تجميع بيانات الايربورن GPS
7- سهولة الوصول الى الموقع .
8- وقت الطيران ؛ الوقت المطلوب لاجراء تحليق جانبي او تقاطعي و الذي مهم لاجراء التثليث الجوي .
9- تكلفة العملية .

10 - العمل المكتبي ؛ تكلفة و خبرة عمالة العمل المكتبي لاجراء عملية التثليث الجوي.

6.مستقبلات الايربورن GPS :

يجب على هذه المستقبلات ان تكون قادرة عالى اجراء تصحيح الغموض بطريقة OTF . و ايضا ان تكون قادرة على تعقب كل شفرتي من C/A و P للقمر الصناعي . الاجزاء الرئيسية التي يتكون منها الايربورن GPS هي :

1- هوائي GPS
2- مستقبل GPS
3- الكاميرا الجوية
4- Operator terminal
5- Pilot Display

3.5.النظام الساكن (inertial system) :

في الماضي كان استخدام النظام الساكن مقصورا فقط على الجانب العسكري خصوصا في التحكم في الصواريخ ، اما بعد الحرب العالمية الثانية فتم توجيههُ لطائرات و اليات الملاحة العسكرية و لم يتم استخدامه في الاغراض المساحية و الجيوديسية الا بعد عام 1970، اما الان فهو يستخدم مع نظام الموقع العالمي لتحديد المواقع و التوجيه بدقة عالية للصور الجوية .

القاعدة الاساسية المستخدمة في النظام الساكن هي :

بناءً على خاصية قياس التسارع اصبح بالامكان قياس التغير في السرعة (velocity) و الموقع و ذلك باجراء التكامل بالنسبة للزمن ، كذلك من الضروري مواصلة تعقب المكان الذي يتجه اليه الاكسيلومتر عند اجراء الملاحة بالنسبة للاطار المرجعي الساكن.و الشى المهمة الاخر هي حركة الدوران بالنسبة للاطار المرجعي الساكن والتي يتم حسابها باستخدام الجايروسكوب الذي يقوم بحساب توجيه الاكسيلرومتر عند اي لحظة.

مكونات نظام الملاحة الساكن :

يتكون النظام الساكن من مكونين رئيسيين،الاول هو IMU(Inertial Measurement Unit) وهو بدوره يتكون من ثلاثة اكلسيلرومتر و ثلاثة جايروسكوب و اجزاء الكترونية اخرى . مجموعة الاكلسيلرومتر توضع بحيث تكون متعامدة مع بعضها البعض و كذا الامر بالنسبة لمجموعة الجايروسكوب. مهمة الاكسيلرومترهي حساب متجه القوة للهدف المعني اما الجايروسكوب فيقوم بحساب المتجة الزاوي لذلك الهدف.المكون الرئيسي الثاني هو معالج الملاحة و الذي يقوم بحل معادلات نيوتن للحركة لنظام IMU . ايضا يحتوي النظام على اجزاء مكملة كاي نظام اخر مثل جهاز حاسوب و مزود للطاقة و اجزاء الكترونية اخرى داعمة . اي يمكن كتابتها كالاتي :

1- وحدة القياس الساكن (IMU)
2- معالج الملاحة
3- الية الكترونية داعمة
4- جهاز حاسوب
5- مزود طاقة

تصميم نظام الملاحة الساكن:

يوجد عدد كبير من تصاميم نظام الملاحة الساكن مع اختلاف ادائها الا ان جميعها تقع في فئتين فقط و هما :

1- تقنية المنصة الثابتة : و فيها يتم وصل متحسسات نظام الملاحة الساكن بها حتى لا تتاثر بحركة الالية ، هذه التقنية تستخدم للتطبيقات التي تحتاج الى دقة عالية في تقدير المعلومات الملاحية مثل السفن و الغواصات .
2- Strapped-down Technique : الانظمة الحديثة أزالة جميع الاليات المعقدة من منصة النظام و ذلك بجعل المتحسسات مدمجة في جسم الالية . و هو ما ادى الى تقليل التكلفة و الحجم و زيادة المعتمدية مقارنة بباقي الانظمة و لكن بالمقابل ستكون هنالك زيادة في العمليات الحسابية .

مميزات نظام الملاحة الساكن :

1- يمكنه العمل اليا بدون الحوجة الى مساعدة خارجية
2- لا يعتمد على شروط الرؤية فهو يمكنه العمل في اي مكان حتى في الانفاق و تحت الماء
3- و هو مناسب للعمل مع نظام الملاحة لدى الالية و كذلك في التحكم في هذه الالية ، وحدة القياس الساكن تقوم بحساب مشتقة المتغيرات المراد التحكم فيها مثل الموقع و السرعة .
4- يعمل بسرية ؛ فهو لا يقوم باستقبال او اطلاق موجات يمكن تعقبها و كذلك لا يستخدم هوائي خارجي يمكن كشفه بالرادارات .

مساؤى نظام الملاحة الساكن:

1- مربع الخطأ المتوسط للملاحة يزداد مع الزمن .
2- التكلفة العالية ؛ و التي تضمن تكلفة اللوازم و تشغيل النظام و اصلاح النظام .
3- الحجم و الوزن اللذين تم تقليلهما
4- مزود الطاقة ايضا تم تصغيره و لكنه ما يزال اكبر من الموجود في مستقبلات محدد المواقع .
5- استهلاك الحرارة و الذي يعتمد على مزود الطاقة .

الان مع وجود هذا النظام اصبح بالامكان حساب زوايا الدوران لعناصر التوجيه الخارجي بدقة تصل الى $+/-0.003^{o}$ اذا تم ايجاد العلاقة بي وحدة القياس الساكن و كاميرا التصوير لنفس الحزمة . هذه الدقة مناسبة جدا للصور العمودية ، لكن بالنسبة

لمشاريع التخريط ذات المقياس الكبير فان الامر يتطلب عندها وجود نقاط تحكم اضافية او بيانات ضبط الحزمة المدمجة مع وحدة القياس الساكن ونظام الموقع العالمي . كذلك يمكن حساب عناصر الإزاحة و الدوران لبيانات نظام الموقع العالمي اذا توفرت نقطتي تحكم على الاقل او وجود شريطين يقاطعين نفس منطقة المشروع .

4.5. تكامل نظام الملاحة الساكن مع نظام الموقع العالمي:

دمج نظام الملاحة الساكن مع نظام الموقع العالمي اضاف بعض الخصائص التي كان يصعب الحصول عليها من استخدام احداهما لوحده .معدل قياس المسافة الكاذبة لنظام الموقع العالمي منخفض (اقل من 20Hz) ، كذلك في حساب المسافة و السرعة .ونظام الموقع العالمي يعطي تقديرات مع وجود اخطاء مغلقة مما سهّل من حساب الاخطاء . ايضا مشكلة خط النظر التي دائما ما تؤدي الى فقدان الارسال او ما شابه في حالة اصطدامه بحائل او جسم يمنع وصول الاشارة للهدف.

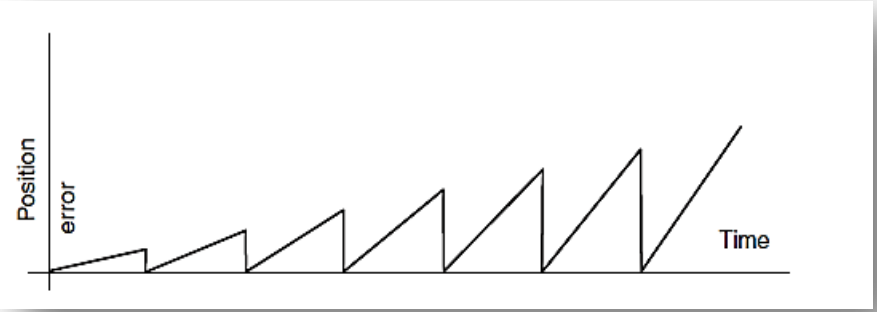
أنظمة الملاحة الساكنة تحتوي على معدل مخرجات عالي (ما يتجاوز ال 100Hz) لكن مع وجود العمليات الحسابية و Hardware يحول دون الوصول الى ذلك المعدل . و على عكس نظام الموقع العالمي فان الاخطاء في حساب الموقع و السرعة هي العامل الرئيسي في تقليل كفاءة أنظمة الملاحة الساكنة شكل (5.5).

هنالك عدة اوضاع لاستخدام تكامل نظام الموقع العالمي مع نظام الملاحة الساكنة في نفس المنظومة :

1-عندما يكونا غير مدمجين في بعضهما ، اي يعطيان المعلومات وهما منفصلين عن بعضهما ،فإذا كان الزمن المراد الحصول عليه موجودا في زمن نظام الموقع العالمي في الموقع المتحصل عليه عندها يكون مقبولا اما نظام الملاحة الساكن فيتم اعادة ضبطه ليوافق الموقع في انظام الموقع العالم .

3-في حالة كون نظام الموقع العالمي ونظام الملاحة الساكن شبه مدمجين كلا النظامين يقومان بتزويد مواقع اجسام مقدرة و التي تستخدم لاحقا في تقدير الاخطاء لكل متغيرات المعايرة . ما يميز هذه الطريقة انها تسهل عملية التكامل بين النظامين لكنها ذات اداء منخفض .

3-في حالة كون نظام الموقع العالمي ونظام الملاحة الساكن مدمجين تماما ، هنا يقوم كلا النظامين بتزويدنا بالمسافة الكاذبة المقدرة بين القمر الصناعي و الجسم . للقيام بذلك من الضروري استخدام الارصادات الاساسية لنظام الموقع العالمي و المعلومات المتحصل عليها من الرسالة الملاحية . لكن يصعب استخدام هذه الطريقة لانها تطلب الاتصال مع Hardware و متغيرات تستخدم لدعم حلقات التعقب المحمولة .



الشكل(5.5) : الشكل العام لاخطاء نظام الملاحة الساكن.

باستخدام تكامل نظام الموقع العالمي مع نظام الملاحة الساكن اصبح بالامكان عمل (Georeferencing) لعناصر التوجيه الخارجي مباشرة ، وبالتالي عدد نقاط التحكم المطلوبة لعملية ضبط الحزمة تم اختزالها بصورة كبيرة . كذلك يمكن استخدامهما في دعم عملية التثليث الجوي بتزويده بعناصر التوجيه الخارجي الدقيقة و تحسين جودة و اعتمادية نتائج عملية التوجيه . ايضا يمكن عمل معايرة زاتية و تبسيط عملية قياس النقاط للتثليث الجوي الالي باختزال عدد نقاط الربط (tie points) او مناطق توزيع نقاط الربط .

5.5. اهمية نظام الموقع العالمي في تخطيط العمل الحقلي التصويري و دقة تحديد موقع الصورة:

لانتاج صورة جوية ذات خصائص هندسية دقيقة يمكن الاستفادة منها لاقصى درجة ممكنة نعتمد على التصميم الجيد لخطة الطيران و تنفيذها ؛ و خطة الطيران تصمم بناءً على خريطة الطيران Flight Map و هي خريطة خاصة بالمنطقة المراد تصويرها يتم عليها تحديد اماكن التقاط الصور و بذلك يكون الهدف من الصور الجوية الذي يحكم نوعيتها (لاغراض القياس و اعداد الخرائط او للتفسير(الموازيك)) هو الذي يتطلب كل تلك العمليات السابقة ، فيساعدنا محدد المواقع في تحديد القياسات و البيانات و مواصفاتها الفنية .

محدد المواقع يساعد على التحكم في مسار الطيران (احداثيات ، مسافات ، ارتفاعات) بين اتجاه خطوط الطيران ، و هو المسار الذي يتم التقاط الصور الجوية فيه اثناء خط الطيران حيث يطلق على الصور التي يتم التقاطها من خط الطيران اسم شريحة الصور ، و بما ان طبيعة المنطقة تؤثر على اتجاه خطوط الطيران يساعد محدد المواقع في تحديد المسار الذي يقلل من تكلفة الطيران .

محدد المواقع يحافظ على اتجاه الطيران الذي بدوره يقلل من التأثير على قيمة التداخل بين الصور . و ايضا الحصول على تجانس في قيمة التداخل الامامي بين الصور المتتالية بحيث تكون سرعة الطيران ثابتة اثناء التقاط شريحة الصور . و تكون المسافة بين محطات التقاط الصور المتتالية ثابتة . كما ان ارتفاع الطيران يؤثر في مقياس الصورة الجوية و هو امر يمكن المحافظة عليه بمحدد المواقع .

ايضا يمكن استخدامه لمعرفة المساحة الصافية التي يغطيها النموذج او المجسم الذي يتم رسم الخريطة له و يحدد ابعادها . و تتجلى اهمية المساحة الصافية في انها المساحة التي يتم اعداد الخرائط منها .

الباب السادس

التحليل والنتائج

1.6 التحليل و النتائج

الهدف :

توضيح استخدام نظام الموقع العالمي في المساحة التصويرية بصورة عملية .

البرامج المستخدمة :

- برنامج Lieca Photogrammetry Suite (LPS)

نبذة عن البرامج :

برنامج LPS :

هو عبارة عن برنامج متعدد الاستخدامات في العمل التصويري الرقمي ، عموما يستخدم في معالجة الصور الخام عن طريق انشاء معلومات مكانية (geospatial data) مثل نماذج مكانية رقمية ، معالم ثلاثية الابعاد ، صور عمودية رقمية . كما انه يسمح للمستخدم بالتعامل مع مختلف مصادر و صيغ الصور مثل صور البانكروماتيك او الصور المتعددة الطيف . ايضا هو قادر على التعامل مع مدى واسع من البيانات التصويرية مثل صور ناتجة من عمليات التثليث و النماذج الرقمية المكانية الى عمليات تحليل خط النظر . و البرنامج يسهل القيام بهذه العمليات لكافة انواع و صيغ الصور الرقمية ، نقاط الضبط ، التوجيهات ، بيانات ال جي بي اس ، و victor data . ايضا هو قادر على التعامل مع المشاريع الضخمة .

طريقة الاجراء :

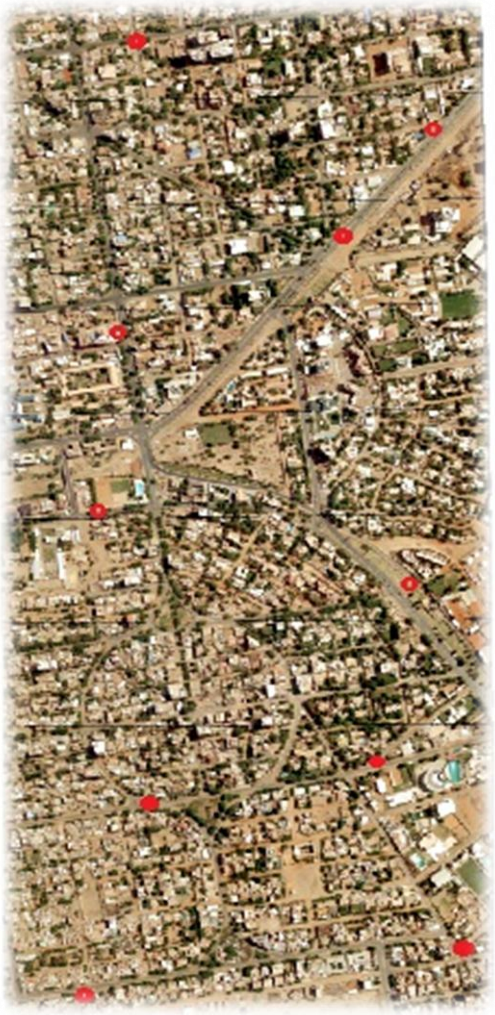
تمت طريقة العمل بناءا على تكثيف نقاط الضبط باستخدام برنامج LPS أي ايجاد احداثيات نقاط جديدة بمعلومية نقاط ضبط مسبقة بغرض استخدامها في ايجاد الاحداثيات الارضية من الصور الجوية.

كما تم الذكر سابقا يمكن ان يتم استخدام نظام الموقع العالمي في المساحة التصويرية لضبط الصور في الشبكات المساحية ومنها حساب الاحداثيات الارضية من الصور الجوية بمعلومية نقاط الضبط مستخدمين في ذلك التثليث الجوي .

اجراء العمل تم باتباع المراحل الاتية :

مرحلة الحصول علي الصور الجوية :

تم اختيار عدد 8 صور جوية رقمية في شريط واحد. تمثل جزء من وسط ولاية الخرطوم ، ألتقطت هذه الصور باستخدام كاميرا جوية من طراز UCD-1-0043 ماركة UltraCamD ذات بعد بؤري 105.200 mm بارتفاع طيران فوق سطح الارض 1200m بمقياس رسم 1:5000 وذلك كما موضح في الشكل (1.6)ادناه.



شكل(1.6) ..جزء من منطقة وسط ولاية الخرطوم

المرحلة الثانية :

استخدامت عشرة نقاط ضبط ارضية رصدت باستخدام نظام الموقع العالمي ماركة Trimble ذو دقة 0.5 cm + 1ppm فترة رصد 45 min باستخدام طريقة الرصد الثابت ، نظام الاسقاط المستخدم هو نظام ماركيتر العالمي UTM في نطاق 36 شمال بمرجعية WGS84 الجدول التالي يوضح احداثيات النقاط الارضية :

جدول (1.6).. احداثيات نقاط الضبط الأرضية

Point	E (m)	N(m)	h (m)
1	450199.025	1725462.274	381.784
2	450159.446	1724744.166	383.997
3	450067.027	1724230.469	385.429
4	450198.860	1723497.647	385.493
5	450078.078	1722963.961	383.832
6	450921.739	1725231.631	386.380
7	450718.066	1724957.814	383.806
8	450877.109	1724054.616	383.764
9	450772.234	1723581.077	383.200
10	451003.688	1723088.568	385.259

المرحلة الثالثة :

تمثلت في استخدام التثليث الجوي لتكثيف نقاط الضبط باستخدام برنامج LPS المتمثل داخل برنامج الايردز بمعلومية ملف IMU الاتي:

جدول (2.6) .. ملف IMU

Point	E (m)	N(m)	h (m)	ω		κ
1	450454.109	1775351.825	1605.307	-0.17668	-0.08071	16.05750637
2	450452.672	1775624.234	1607.113	-0.16546	-0.07049	16.05996893
3	450451.334	1775895.173	1608.116	-0.18199	-0.08582	16.06241821
4	450449.685	1776166.920	1608.137	-0.16727	-0.10457	16.06487479
5	450448.005	1776437.760	1607.227	0.15618	-0.11338	16.06732316
6	450448.126	1776709.010	1605.989	-0.15612	-0.08457	16.06977529
7	450449.261	1776979.251	1604.820	-0.18224	-0.09791	16.07221830
8	450450.548	1777250.548	1604.216	-0.01603	-0.08269	16.07467086

تم حساب ارتفاع الطيران باستخدام المعادلة الاتية :

$$H = \frac{\sum_{i=1}^{n} h_i}{n} - h_m \quad \text{_____(1.6)}$$

حيث :

H : متوسط ارتفاع الطيران

h_m : متوسط ارتفاعات المنطقة

n : عدد نقاط الضبط

h_i : ارتفاعات الالبسيويد

H = 12850.925/10 – 384.094

∴ H = 1200 m

حساب احداثيات النقاط الارضية :

تم اختيار عدد 6 من نقاط رصد ارضية ومن ثم تم حساب باقي احداثيات نقاط الارضية من الصور الجوية كما موضح في الجدول التالي:

جدول (3.6)..نقاط الضبط المعلومة

Point	E (m)	N(m)
4	450198.860	1723497.647
7	450718.066	1724957.814
8	450877.109	1724054.616
9	450772.234	1723088.568

جدول (4.6).. نقاط الضبط المحسوبة من الصورة باستخدام التثليث الجوي

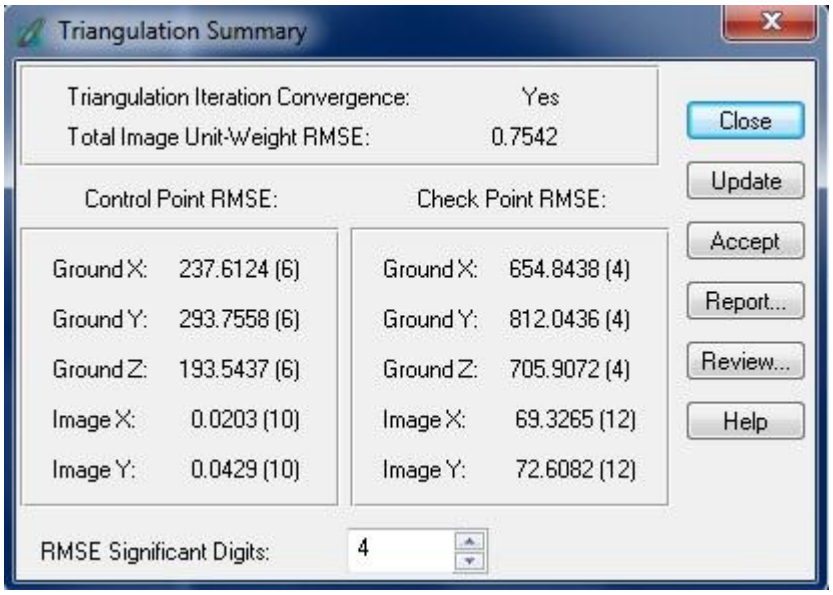
Point	E (m)	N(m)
4	450198.572	1723498.191
7	450718.158	1724956.898
8	450876.802	1724054.769
9	450772.189	1723088.908

وعند مقارنة هذه الاحداثيات مع الاحداثيات التي تم رصدها باستخدام نظام الموقع العالمي تم حساب الفرق كما في الجدول التالي:

جدول (5.6) .. مقارنة الاحداثيات:

Point	δE (m)	δN (m)
4	0.287507	-0.543924
7	-0.092246	0.9157
8	0.306934	-0.153563
9	0.450843	-0.339982

تم الحصول على هذه النتائج بخطأ معياري مقداره 0.7542 كما في الشكل(2.6) الاتي :



شكل(2.6)..يوضح الخطأ المعياري في التثليث الجوي

وجدت النتائج متقاربة الى حد ما ، لذلك يمكن القول انه يمكن التقليل من العمل الحقلى بالمسح التصويري للحصول على نفس القيم تقريبا ، مما قد يوفر الزمن و الجهد المتمثلين في العمل الحقلي .

الباب السابع

الخلاصة والتوصيات

1-7 الخلاصة:

من نتائج عملية التثليث الجوي ، يمكن القول انه يمكن التقليل من العمل الحقلى بالمسح التصويري للحصول على نفس القيم تقريبا ، مما قد يوفر الزمن و الجهد المتمثلين في العمل الحقلي .

2-7 التوصيات :

1/ نتائج عملية التثليث يمكن ان تصلح كمدخلات اولية لعمل Digital Elevation Model(DEM)

2/ عمل دراسة في طريقة استخدام ما يسمى بال GPS متعدد الهوائيات ، و مقارنته مع ملف تكامل بيانات الموقع العالمي مع الصور الجوية (IMU) .

المراجع :

- جمعة محمد داؤود ،(2012) ، "اسس المساحة الجيوديسية و الجي بي اس " ، مكة المكرمة- المملكة العربية السعودية
- جمعة محمد داؤود ،(2010) ، "مدخل الى النظام العالمي لتحديد المواقع " ، مكة المكرمة- المكلة العربية السعودية
- ملخصات دراسية " المساحة التصويرية " احمد محمد ابراهيم
- مقال المنارة الملاحية الموجود على الرابط التالي :

http://www.q8ship.com/qqq/gps1.htm

- W.Schofield and M. Breach , (2007) , "Engineering Surveying" sixth edition , United Kindom
- Ahmed EL-Rabbany , (2002) , "Introduction to Global Positioning System" ,USA
- Gunter Seeber ,(2003) , "Satellite Geodesy" second edition , New York
- Zhiping Lu , Yunying Qu , Shubo Qiao , (2014) , "Geodesy- Introduction to Geodetic Datum and Geodetic systems" , Berlin
- CHARLES D. GHILANI and PAUL R. WOLF , (2012) , "Elementary Surveying , An Introduction to Geomatics" thirteen edition , USA
- Bernhard Hoffman-wellenhof , Herbert Litchtenegger , Elmar Wasle , (2008) , "GNSS – Global Navigation Satellite Systems" , Austria
- Paul R. Wolf , Bon A. Dewitt and Benjamin E. Wilkison , (2014) , "Elements of Photogrammetry with Applications in GIS" , Fourth Edition , Mcgraw-Hill Education
- Department of the Army U.S. Army Corps Of Engineers , (2002) , "Engineering and Design Photogrammetric Mapping" , Washington , Manual No 1110-1-10ss00