

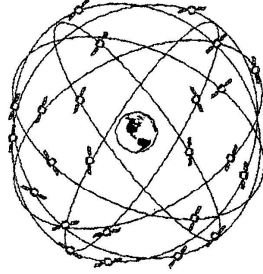
الفصل الثاني

المساحة الفضائية

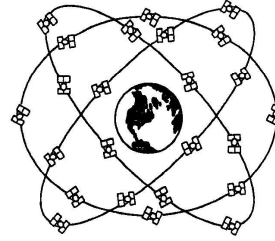
بالأقمار الصناعية وتصميم الشبكات الجيومكانية

1.2 مقدمة

سيتم في هذا الفصل: عرض لمحة موجزة عن المساحة الفضائية (Satellite Surveying) مع أمثلة على الشبكات المساحية والأعمال التنظيمية (اللوجستية) (Logistics GPS) الخاصة بعمل نظام الجي بي اس. وسيتم أيضاً تقديم صياغة شبكة الجي بي اس كمسائل تحسين (Combinatorial Optimisation Problems COP) ومفهوم المثالية ذات الحدود الصغرى (المحلية) والعظمى (الكبرى) (Local and Global Optima) المتعلقة بمجال الجي بي اس. وسيتم تقديم عرض تحليلي لمثال مبسط للشبكة بهدف تسليط الضوء على الصعوبات الأساسية التي يمكن أن تنشأ بين عمليات نقل أجهزة استقبال الجي بي اس خلال المراحل المختلفة لرصد الأشعة، وكيفية معالجة الطرق التقريبية المطورة لهذه الصعوبات المتأصلة، وبالتالي الوصول إلى إيجاد أفضل برنامج لتنظيم وتنسيق العمل الحقلية لنقل هذه الأجهزة في أثناء تصميم الشبكة.



GPS



GLONASS

الشكل 1.2 كوكبة الأقمار الصناعية لكل من الجي بي اس وغلوناس (Elliott, 1996).

2.2 الجي بي اس وغلوناس (GPS and GLONASS)

الجي بي اس (GPS) وغلوناس (GLONASS) (انظر الشكل 1.2) هما نظامان عالميان للملاحة بالأقمار الصناعية تم تطويرهما واستخدامهما من قبل الولايات المتحدة وروسيا على التوالي. ويوجد تشابه كبير بين النظامين من حيث كوكبة الأقمار الصناعية (Satellite Constellation)، والمدارات الإهليجية (Orbits)، والشكل البنوي للإشارة (Signal Structure) كما هو مبين في الجدول 2.1. وكلا النظامين الجي بي اس وغلوناس يؤمنان الاستمرارية في الحصول على الإحداثيات الثلاث بدقة عالية للموقع، والسرعة والزمن للمستخدم على أي مكان من سطح الكرة الأرضية. من ناحية أخرى، كلا النظامين مستقلان ذاتياً، حيث لكل نظام زمن مرجعي (Time Reference)، وجملة إحداثية فراغية (Spatial Coordinate System) على مدار الأربع والعشرين ساعة وفي كل الأحوال الجوية وعلى أي مكان من سطح الكرة الأرضية. ويلخص الجدول 1.2 السمات البارزة لكل من كوكبتي نظام الجي بي اس وغلوناس، والشكل البنوي للإشارة وخصائص دقة الموقع. كما تمّ ملاحظته مسبقاً، كلا النظامين متشابهان ويعود الاختلاف بينهما إلى الإطارات الإهليجية في الجي بي اس، التي هي ستة في غلوناس ثلاثة، وتكون تقسيمات الرمز مقابلة لتقسيمات التردد بالنسبة لإشارات التوقيت، ومعدل التقسيم (Chipping Rate) والعناصر الأخرى ويمكن رؤيتها في الجدول 1.2. ويوفر نظام غلوناس في الميلاان العالي لإطاره الإهليجي أفضل مجال للتغطية في المناطق المدارية (Polar Regions).

System النظام	GPS (American) النظام الأمريكي الجي بي اس	GLONASS (Russian) والنظام الروسي غلوناس
Constellation الكوكبة		
Number of satellite الأقمار الصناعية عدد	24	24
Number of orbital planes عدد المدارات الإهليجية	6	3
Orbital inclination (deg) الميل المداري (درجة)	55	65.8
Orbital radius (km) المداري (كم) القطر	26,560	25,510
Period (hr:min) الفترة (ساعة :دقيقة)	11:58	11:16
Ground track repeat تكرار المسار حول الأرض	sidereal day يوم فلكي	8 sidereal days ثمانية أيام فلكية
Signal Characteristics خصائص الإشارة		
Carrier signal (MHz) حامل الإشارة (ميغاهرتز)	L1:1575.42 L2:1227.60	L1:(1602+0.5625n) L2:(1246+0.4375n) 24,.....,n=1,2

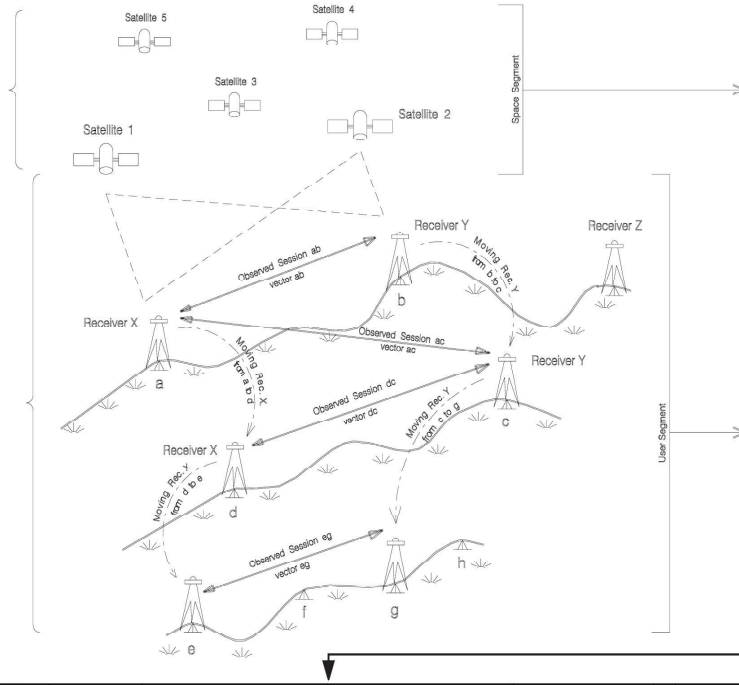
Code الرمز	CDMA C/A code on L1 P code on L1 and L2	FDMA C/A code on L1 P code on L1 and L2
Code frequency (MHz) رمز التردد (ميغاهرتز)	C/A code:1.023 P code:10.23	C/A code: 0.511 P code: 5.11
Reference standards المعايير المرجعية		
Coordinate System والجمللة الإحداثية	WGS84	PZ90
Time الزمن	UTC(USNO)	UTC(SU)
Accuracy specification(95%) مواصفات الدقة		
Horizontal (m) أفقي	100	100
Vertical (m) شاقولي	140	250

الجدول 1.2 خصائص النظامين الجي بي اس وغلوناس (Elliott, 1996)

تتم في الوقت الحاضر عمليات دمج هذين النظامين في نظام واحد ذي فعالية وتأثير هائلين وخاصة على الأعمال الملاحية وبالأخص المساحية لتوفر الغطاء المركز والكثيف المحيط بالكرة الأرضية والمؤلف من 48 قمراً صناعياً وهذا عامل مهم جداً لزيادة الدقة المتناهية والسرعة القصوى بالحصول على المواقع الإحداثية لنقاط التسوية المكوّنة للشبكة المساحية المرصودة بالأقمار الصناعية وتقليل الكلفة الإجمالية للأعمال الطبوغرافية بشكل كبير جداً (Elliott,1996). وبالنسبة للأغراض الملاحية والمساحية، فإن الشبكات المرصودة بالجي بي اس أصبحت أكبر، وتغطي مجالات أوسع من سطح الأرض وتُعدُّ مصدراً مهماً للجمللة الإحداثية.

3.2 الشبكات الجيوماتيكية والتنظيم اللوجستي لنظام الجي بي اس

تختلف الشبكة المرصودة بنظام الجي بي اس اختلافاً واضحاً عن الشبكة المساحية المرصودة بالطرق التقليدية (Terrestrial Methods) بأنه لا حاجة لتأمين شرط الرؤيا بين مواقع النقاط حيث يتم تحديد هذه الشبكة باستخدام قياسات الأشعة الثلاثية الأبعاد (3D). وتكمن قدرة نظام الجي بي اس في تنفيذ المساحة الدقيقة للأغراض الجيوديزية بجزء من الزمن والكلفة أكثر مما هو مطلوب منه في الطرق التقليدية. على كل حال، يمكن تحسين هذه الدقة بنفس الزمن والكلفة المطلوبتين للشبكات الكبيرة إذا تمّ التركيز على الجانب اللوجستي للعمل الحقلّي للجي بي اس. وقد تمّ شرح الجانب اللوجستي للجي بي اس بشكل مفصل في المرجع (Dare, 1995)، لكن لمحة موجزة عن هذا الجانب ستعرض في الشكل 2.2.



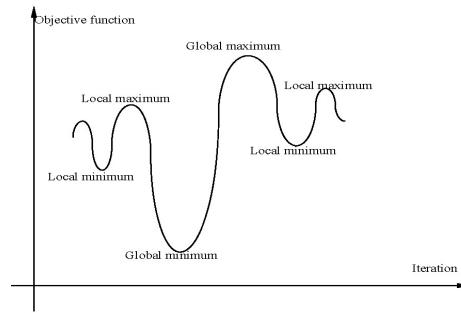
رقم	القياس	جهاز الاستقبال X عند:		جهاز الاستقبال Y عند:		جهاز الاستقبال Z		كلفة رصد القياس (المدة المستغرقة لإتمام رصد القياس)
		Station النقطة	كلفة نقل جهاز الاستقبال	Station النقطة	كلفة نقل جهاز الاستقبال			
1	U_{ab}	a	[-]	B	[-]			- -
2	U_{ac}	a	[0]	C	$[C_{bc}]$			C_{bc}
3	U_{dc}	d	$[C_{ad}]$	C	[0]			C_{ad}
4	U_{eg}	e	$[C_{de}]$	g	$[C_{eg}]$			$C_{de} + C_{eg}$
الكلفة الإجمالية لتنفيذ الخطة الحلقية المتضمنة عملية رصد كافة القياسات المطلوبة لتصميم شبكة الجي بي اس.								$\sum C_{ij}$

الشكل 2.2 عملية رصد الأشعة الزمنية باستخدام أجهزة استقبال الجي بي اس.

يتم إنشاء مصفوفة الكلفة الأساسية (Original Cost Matrix) التي تمثل (الزمن اللازم) لنقل جهاز الاستقبال من نقطة إلى أخرى ويتم حسابها باتباع الصيغة الخاصة بتخفيض هذه الكلفة. أي إن هذه المصفوفة تتضمن الزمن اللازم لنقل أجهزة الاستقبال بين نقاط الشبكة المطلوب رصدها. فعلى سبيل المثال كما هو موضح في الشكل 3.2،

يمكن الحصول على كلفة رصد القياس (ac) بعد الانتهاء من رصد القياس (ab) بجمع كلفة نقل جهاز الاستقبال (Y) من النقطة (b) إلى النقطة (c) بينما بقي جهاز الاستقبال (X) على النقطة (a). وبنفس الطريقة تمّ تحديد كلفة رصد القياس (dc) الذي يمثل مجموع كلفتي نقل الجهاز (X) من النقطة (a) إلى النقطة (d) بينما بقي الجهاز (Y) على النقطة (c). وتُقدر هذه الكلفة فعلياً إما بـ زمن الانتقال بين النقاط المساحية أو بالمسافات الفاصلة بينها. في هذا الكتاب، تعتبر الكلفة المستخدمة هي الزمن ولمزيد من التفاصيل حول إنشاء مصفوفة الكلفة يُفضل العودة إلى المرجع (Dare, 1995). ويمكن أن تُعرّف شبكة الجي بي اس المساحية، في إطار المفهوم التقريبي، بأنها مسألة تحسين توافقية تكون فيها جميع المتغيرات (Variables) عدداً صحيحاً (Integer).

يمكن توصيف مسألة شبكة الجي بي اس كما يلي. يوجد عدد من البرامج الفرعية (Sub-Schedules) لتنظيم عمليات تصميم الشبكة (J)، وعدد من أجهزة الاستقبال (R) وعدد من النقاط المساحية (N). ويتكون البرنامج الفرعي من سلسلة متتالية من الأشعة أو القياسات الزمنية (U). يُعرف الشعاع أو القياس الزمني بالفترة الزمنية أو مدة الرصد التي يحتاجها جهازي استقبال أو أكثر بآن واحد لتجميع والتقاط إشارات الأقمار الصناعية لمدة محددة كما هو مبين في الشكل 2.2. حالما تبدأ عملية الرصد فإنه لا يجوز تجزئة أو إيقاف عملية قياس الشعاع (أي يجب أن تكون عملية قياس الشعاع مستمرة حتى الانتهاء منه). يستطيع كل جهاز (RX، RY، RZ) رصد نقطة واحدة على الأكثر من (a، b، c، d، e، f) في وقت واحد.



الشكل 3.2 المثالية المحلية والكبرى (الحدود الصغرى والعظمى).

المسألة المراد معالجتها هي البحث عن أفضل تنظيم يؤمن عملية رصد كافة الأشعة بشكل متعاقب ومتسلسل وبأقل كلفة ممكنة. يعني ذلك تحديد كيف سيتم نقل كل جهاز بين النقاط المراد تحديد إحداثياتها بأسلوب فعال إذ يؤخذ بالحسبان عناصر مهمة كالزمن والكلفة.

4.2 صياغة شبكة الجي بي اس كمسألة تحسين توافقي

شكلت الشبكات المساحية الأرضية (Terrestrial Networks) الهيكل الرئيسي الذي يدعم كل النشاطات المساحية الأرضية. إن تصميم هذه الشبكة، التي هي الإطار الأساسي للحصول على المعلومات الجيومكانية في العديد من البلدان، يعتمد على الحدس والمعادلات التجريبية (Grafarend and Sanso, 1985). بعد ذلك، يتم تطوير المحاكاة الحاسوبية (Computer Simulation) وتنفيذها هو من أجل اختبار الشبكات قبل إجراء أي عملية رصد (Whiting, 1983). وحديثاً، أصبح إنشاء نقاط هذه الشبكة يتم باستخدام تقنيات الجي بي اس بشكل مرجح في حال إعادة إيجاد إحداثيات نقاط موجودة، أو إنشاء نقاط جديدة، أو توسيع شبكات لتشمل مناطق أو بلدان جديدة.

لتمثيل مسألة شبكة الجي بي اس في الإطار العملي لخوارزميات الذكاء الاصطناعي، تم استخدام الرموز الآتية:

J: عدد البرامج الفرعية لتنظيم عمليات تصميم الشبكة.

N: عدد النقاط المساحية.

R: عدد أجهزة الاستقبال.

U: عدد الأشعة أو القياسات الزمنية.

C_{ij} : تكلفة نقل جهاز الاستقبال من النقطة i إلى النقطة j.

Sr: مجموعة النقاط التي تم المرور عليها من قبل جهاز الاستقبال r.

V: برنامج تنظيم العمل الحقلي الممكن لتصميم الشبكة والذي يضم كافة البرامج الفرعية.

$C(V)$: كلفة برنامج تنظيم العمل الحقلي (V) لتصميم الشبكة.

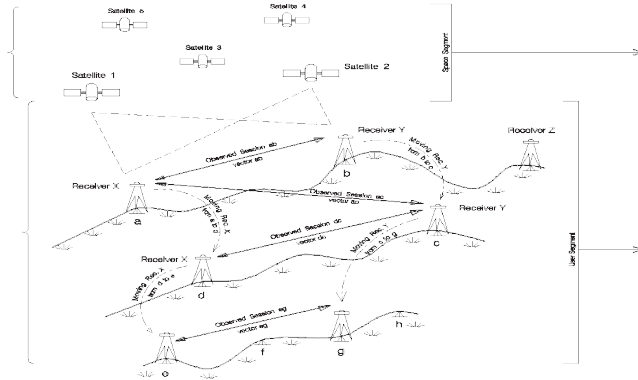
$I(V)$: مجموعة من برامج تنظيم العمل الحقلي الممكنة (حجم مجموعة البرامج المجاورة).

$Q(V)$: المجال البحثي المحيط ببرنامج تنظيم العمل الحقلي الممكن.

الهدف من ذلك هو إيجاد الحل المثالي أو القريب منه والذي يُخفض الكلفة الإجمالية لرصد كامل الشبكة ويلبي متطلبات المساحة الفضائية.

تصغير تابع الكلفة: $C(V)$ الخاضعة الى:

$$\begin{aligned} V &\in I, & I &\subseteq Q; \\ \bigcup_{r=1}^R S_r &\geq N; \\ C(V) &= \sum_{r \in S_r} C(S_r) & \forall r \in R; \end{aligned}$$



شكل 4.2 رصد كامل الشبكة ومتطلبات المساحة الفضائية

من الصعب حالياً إنشاء برنامج تنظيم العمل الحقلي الجيد للشبكات المساحية المرصودة بالجي بي اس، حيث يقوم المهندس المساحي ذو الخبرة باستخدام الجي بي اس بشكل عام بإنشاء برنامج تنظيم العمل الحقلي يدوياً على أساس يومي مستخدماً الحدس والخبرة. في هذا الكتاب، تمّت دراسة المسألة بأسلوب علمي من خلال صياغتها كمسألة تحسين توافق كما هو سيرد موضعاً في الشكل 6.2. وتمّ اقتراح عدة طرق تقريبية لأتمتة المسألة وحلها بمساعدة خوارزمية مدمجة ضمن برمجية حاسوبية. تساعد هذه الطرق التقريبية المبرمجة المهندس المساحي بإنتاج برنامج تنظيم العمل الحقلي لكامل الشبكة بطريقة فعّالة. تتكون عملية تصميم شبكة الجي بي اس كمسألة تحسين تجميعية توافقية من ثلاثة أجزاء أساسية:

- الدالة الهادفة (Objective Function)، والتي هي عبارة عن تابع واحد تقريباً في جميع مسائل التحسين والذي يجب تحسينه (تصغيره أو تكبيره). في

هذا الكتاب، إن الدالة الهادفة لشبكة الجي بي اس المساحية هي الزمن الإجمالي لرصد الشبكة والهدف تصغير هذا الزمن.

- مجموعة من المجاهيل أو المتغيرات (Unknowns or Variables) التي تؤثر على قيمة دالة الهدف للمسألة المراد تحسينها. فهذه المتغيرات مهمة جداً، وفي حال عدم وجودها فإنه لا يمكن تحديد دالة الهدف ولا حدود المسألة. مثلاً، في شبكة الجي بي اس المساحية يمكن أن تشمل المتغيرات الزمن المستغرق على كل نشاط كرصد الأشعة الزمنية.
- مجموعة من الحدود أو القيود (Constraints) التي تسمح لبعض المجاهيل بأخذ قيم معينة ولكن بإقصاء المجاهيل الأخرى. هذه القيود ليست أساسية في مجال مسائل التحسين، وغالباً ما يمكن الحصول على الحل الاقتصادي دون وضع قيود على المتغيرات. في مسألة شبكة الجي بي اس المساحية، مثلاً، لا معنى لصرف مقدار سلبي من الزمن على أي نشاط، ولذلك يتمّ تقيد جميع متغيرات "الزمن" بحيث تكون غير سالبة، أو، هذه القيود تكون بوجوب زيارة كل نقطة مرة واحدة على الأقل.

كما هو ملاحظ، يستمدّ نظام الجي بي اس بعض نقاط قوته بحل المسألة باتباع التحسين التوافقي لإيجاد أفضل برنامج لتنظيم العمل الحقلي لمسائل الشبكات الكبيرة والمعقدة حيث إن غالبية هذه المسائل يصعب حلها بالطرق الدقيقة. إن مسألة الشبكة المساحية للجي بي اس، في سياق التحسين التوافقي التقريبي، هو الحصول على قيم المتغيرات التي تخفض زمن رصد الشبكة وبنفس الوقت الإيفاء بالحدود. ويمكن اعتبار الشبكة النموذجية للجي بي اس وكأنها فقط عملية تحسين توافقية إذا كانت مجموعة من برامج تنظيم عمليات تصميم الشبكة الممكنة توافقية أو منفصلة (Combinatorial or Discrete) (مجموعة منفصلة من برامج تنظيم عمليات محدودة) وتمثّل بشكل عام كما يلي:

مسألة التحسين التوافقي : تحسين (تصغير أو تكبير قيمة الدالة) $f(V)$ الخاضع إلى $(V \in I)$

تسمى الدالة $f(V)$ بالدالة الهادفة وتقوم بتعيين قيمة كلفة جديدة لكل برنامج لتنظيم العمل الحقلي يتمّ إنتاجه بحيث تكون ضمن مجموعة برامج

تنظيم العمل الحقلي المجاورة والبديلة ($V \in I$)، وإن (V) عبارة عن برنامج تنظيم العمل الحقلي الممكن ويتألف من مجموعة من الأشعة، و(I) مجموعة من برامج تنظيم العمل الحقلي المجاورة $I(V)$. يُقال عن برنامج ما لتنظيم العمل الحقلي (V) بأنه مثالي إذا لم يكن هناك برنامج ممكن آخر (V') يحقق المعادلة ($f(V) > f(V')$). مما سبق، يمكن أن تصاغ مسألة المساحة الفضائية كطريقة تحسين توافقية ويمكن تحسينها باستخدام الطرق التقريبية.

إن الهدف إيجاد برنامج تنظيم العمل الحقلي الأقل الكلفة والاختار بعين الاعتبار النقطتين المهمتين المتعلقةتين بعمليات البحث التقريبي هما:

- جودة برنامج تنظيم العمل الحقلي الناتج، وهذا يعني، كم هي جيدة الحدود الصغرى للمثالية المحلية (Local Optima) لهذا البرنامج وكيف ترتبط بالحدود الكبرى المثالية العظمى (Global Optima)؟
- تعقيدات عمليات البحث التقريبي، كم هي مقدار السرعة التي نستطيع بها إيجاد المثالية المحلية؟

إن تصميم شبكة الجي بي اس كمسألة تقريبية تجميعية توافقية تتكون من طورين: طور البناء (Construction phase) وطور التحسين (Improvement phase). أولاً، يمثل طور البناء إنتاج البرنامج الأولي لتنظيم العمل الحقلي (يدوياً أو إنشائياً) والذي يحتوي على الأشعة المطلوب رصدها. ثانياً، طور التحسين والذي يتم فيه تحسين برنامج تنظيم العمل الحقلي الذي تم إنتاجه بإجراء التبادل بين الأشعة الزمنية (Sessions Interchange). توقف الطريقة عمليات البحث عندما لا تعطي عمليات التبادل أي تحسن ملحوظ، أي عندما يتم التوصل إلى المثالية المحلية أو العظمى. تستخدم هذه الدراسة الطرق التقريبية في طور التحسين لعمليات البحث من أجل مواصلة البحث حتى الحصول على المثالية العظمى.

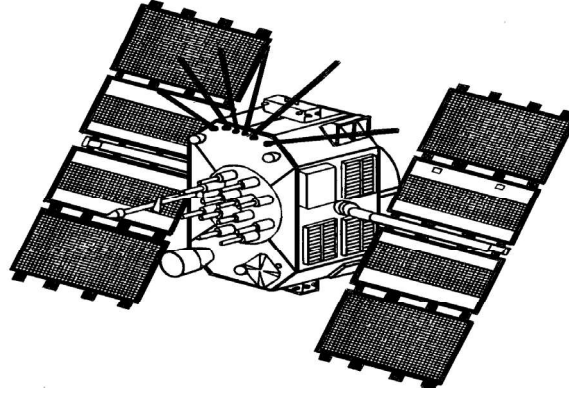
إن إحدى الصعوبات عند التعامل مع مسائل التحسين التوافقي هي إمكانية تحديد موقع المثالية المحلية. وهكذا فإنه من المستحيل غالباً إيجاد المثالية العظمى. تقوم طريقة البحث المحلي المتقارب (LSD) بتنفيذ عمليات بحث عمياء (Blind Search) حيث تختار فقط بشكل متعاقب (Sequentially)

برنامج تنظيم العمل الحقلّي الذي ينتج تخفيضات في قيمة الكلفة وذلك دون أن تستخدم أي من المعلومات التي تمّ تجميعها في أثناء سير عملها. تعتمد هذه الطريقة بشكل كبير على البرنامج الأولي لتنظيم العمل الحقلّي الذي تمّ اختياره، والشكل الإنشائي لإنتاج مجموعة برامج تنظيم العمل الحقلّي البديلة والمجاورة.

عرض الشكل 3.2 الفضاء البحثي مع المثالية ذات الحدود الصغرى والعظمى. إذا صادفت طريقة البحث المحلي المتقارب واحدة من القيم المثالية ذات الحدود الصغرى فمن الممكن أن تبقى عندها. وبالتالي، ستكون طرق البحث الموجهة مرغوبة لتوجيه عمليات البحث المحلية وتجنب الوقوع في مطبات المثالية المحلية. إن طرق التلدين التجريبي والبحث المحظور توجه عمليات البحث نحو مناطق أكثر واعدة (More Promising Regions) باستخدام معلومات جزئية عن المجال البحثي للمسألة وحول طبيعة الهدف. تتمتع هذه الطرق بالقدرة على الخروج من مطبات الحد الأدنى المحلي (Local Minimum) والتوجه للحصول على الحد الأدنى الأعظمي (Global Minimum). إن هذه الطرق التقريبية المطوّرة والمطبّقة في هذه الدراسة تجمع بين استراتيجيات مختلفة بهدف السماح لاستمرار عمليات البحث إلى ما بعد المثالية المحلية لطريقة البحث المحلي المتقارب.

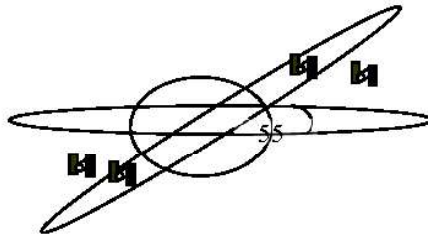
5.2 النظام العالمي لتحديد المواقع الاحداثيّة (الجي بي اس)

تم استخدام الجي بي اس منذ عام 1973 للأغراض العسكرية بهدف الاستطلاع والمراقبة من قبل وزارة الدفاع الأمريكية وأصبح متاحاً للاستخدامات المدنية منذ بداية الثمانينات. يتكون هذا النظام من 24 قمراً صناعياً يدور حول الكرة الأرضية بارتفاع تقريبي قدره 20 كم كما هو مبين في الشكل 5.2. تشكل كل أربعة أقمار سوية مداراً إهليلجياً (Orbit) ذا ميل زاوٍ عن الأفق مقداره 55 درجة (Orbital Inclination) كما هو مبين في الشكل 5.2. وبالتالي توجد ستة مستويات مدارية متباعدة عن بعضها البعض بشكل متساوٍ تحيط بالكرة الأرضية (الشكل 1.2).



الشكل 5.2 هيكل القمر الصناعي المستخدم في نظام الجي بي اس

يؤمن الجي بي اس لمستخدمي الجو والأرض والبحر السهولة بتحديد السرعة والزمن والاتجاه والموقع ذي الإحداثيات الثلاث بدقة عالية جداً وعلى مدار الـ 24 ساعة وفي كل الأحوال الجوية وعلى أي مكان من الكرة الأرضية (Leick, 1995) و (Saleh, 1996). إضافة لما ذكر آنفاً، يمتلك الجي بي اس تأثيرات فعالة على كل المجالات الهندسية والجيوفيزيائية والاتصالات اللاسلكية والأغراض الملاحة بكل أنواعها البحرية والجوية والأرضية وخصوصاً على (جي أي اس) (Geographical Information System GIS) نظام المعلومات الجيوغرافية الذي يتطلب إطار دقيق من النقاط الهيكلية الجيوديزية المحلية والعالمية لتأمين المعلومات الجيوديزية اللازمة لتحديد أهداف ملاحة ومساحية وأمنية خاصة بالمصلحة العامة والخاصة بشكل سريع ومحدث.



الشكل 6.2 مقدار الانحراف الزاوي بين مدارات دوران أقمار نظام الجي بي اس.

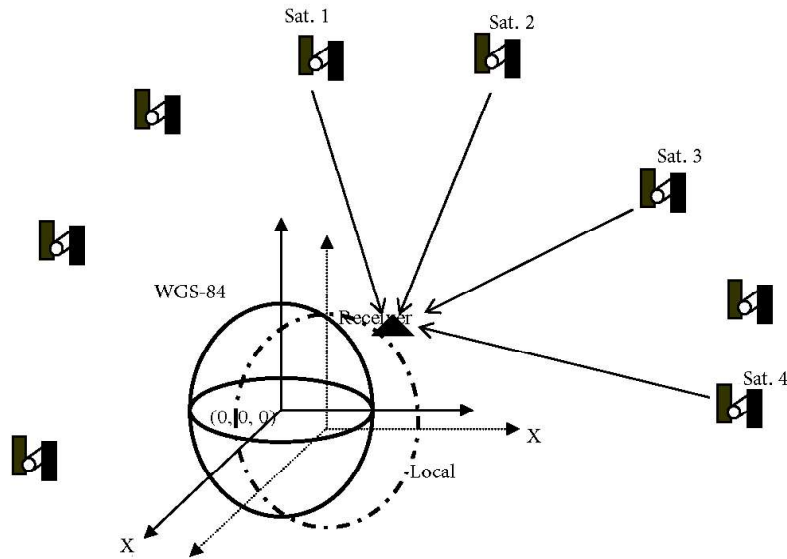
تقوم هذه الأقمار ذات المواقع المعروفة بدور النقاط الهيكلية الجيوديزية المرجعية (Satellite Reference Systems) بالنسبة لمواقع أجهزة الاستقبال الموجودة على الأرض (Local Reference Systems) والمطلوب تعيين إحداثياتها كما هو مبين في الشكل 7.2. تظهر الأهمية البالغة لنظام الجي بي اس في الأعمال الجيوديزية والمساحية الضخمة والصعبة وذلك من خلال (1) تصميم الشبكات الكبيرة التي تغطي مساحات شاسعة من سطح الكرة الأرضية. (2) سهولة إعادة رصد وتحديث هذه الشبكات بشكل متكرر وسريع. (3) تعيين المواقع الإحداثية والتغيرات الحاصلة بها بدقة متناهية جداً وخلال فترات رصد قصيرة وبمسافات طويلة جداً ودون الحاجة لتأمين شرط الرؤيا بينها والذي يعتبر أساسياً عند استخدام الطرق المساحية الأخرى.

6.2 قياس المسافات وتحديد المواقع باستخدام نظام الجي بي اس

ربما سائل يسأل كيف بالإمكان تحديد موقع ما بدقة على سطح الكرة الأرضية باستخدام هذه الأقمار البعيدة والموزعة في الفضاء؟ وكيف بالإمكان معرفة مكان وسرعة هذا القمر المتحرك في أثناء إجراء عملية الرصد؟ إن الجي بي اس نظام معقد جداً بتركيبه ولكن عملية الملاحة باستخدامه سهلة جداً وتعتمد على مبدأ قياس المسافات بين الأقمار ذات المواقع المعلومة وبين النقاط المجهولة المراد معرفة مواقعها على سطح الكرة الأرضية (Satellite Ranging) تقدر هذه المسافة بالفاصل الزمني الذي تستغرقه الإشارة المبعثة من القمر الصناعي لكي تصل إلى هوائي جهاز الاستقبال المركز على النقطة المطلوب تحديد إحداثياتها. إن مهمة جهاز الاستقبال (Receiver) قياس زمن بث الإشارة من القمر وزمن وصولها إليه محدداً بذلك زمن الرحيل (Travel Time Tv) المتكون من عدد الأمواج أو بمعنى آخر العدد الصحيح للدوائر الزمنية المتشكلة بين القمر وهوائي جهاز الاستقبال. من السهولة جداً تحديد المسافة بين القمر الصناعي وجهاز الاستقبال بمعرفة زمن وسرعة هذه الإشارات وأبسط مثال على ذلك إذا كانت سرعة السيارة 100 كم في الساعة ويلزم عشر ساعات لقطع المسافة بين مدينتي دمشق والقاهرة. فما هي المسافة بين هاتين المدينتين؟

باستخدام المعادلة الأساسية : السرعة (100 كم في الساعة) * الزمن (10 ساعات) = المسافة المقطوعة (1000 كم) وباعتماد هذا الأسلوب البسيط جداً في تعيين المسافات بشكل عام، تحسب المسافة بين القمر الصناعي المتحرك في الفضاء وجهاز الاستقبال الموجود على الأرض وذلك بضرب زمن الرحيل بسرعة الضوء (Speed of Light) وفقاً للمعادلة الآتية:

$$T_v * \text{Speed of light} = \text{Distance}$$

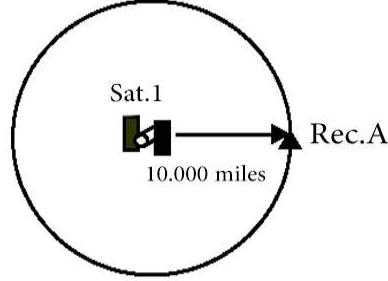


الشكل 7.2 سطوح المقارنة لكل من الكرة الأرضية ونظام الجي بي اس وعملية تحويل القياسات بينهما.

من المتعارف عليه إن الإشارات المبعثة من القمر الصناعي ترحل بنفس سرعة الضوء (186,000 miles per second). لتحديد أي موقع بدقة فإنه يلزم على الأقل ثلاثة أقمار متباعدة وموزعة بشكل متباين في الفضاء بالنسبة لموقع جهاز الاستقبال كما هو مبين في الشكل 6.2 . تتلخص عملية تحديد الموقع باستخدام الجي بي اس وباعتماد المبدأ المذكور سابقاً بالخطوات الآتية:

الخطوة الأولى:

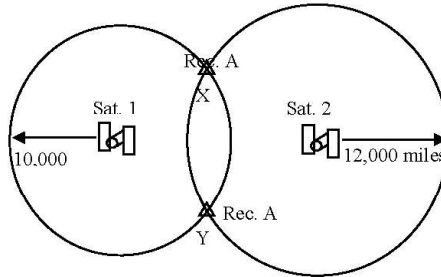
يبين الشكل 8.2 موقع جهاز الاستقبال (Rec. A) المتواجد على مسافة معينة مقدارها 10000 ميل من القمر الصناعي (Sat. 1). وبالتالي تم تحديد المجال إلى درجة يمكن القول إن موقع هذا الجهاز يقع على دائرة مركزها القمر الصناعي ونصف قطرها 10000م.



الشكل 8.2 تحديد موقع جهاز الاستقبال باستخدام قمر واحد.

الخطوة الثانية:

يبين الشكل 9.2 موقع جهاز الاستقبال (Rec. A) المتواجد بآن واحد على مسافة معينة مقدارها 10000 ميل من القمر الصناعي (Sat. 1) و 12000 ميل من القمر الصناعي (Sat. 2). بهذا التقاطع تم تحديد مجال جهاز الاستقبال (Rec.A) بشكل أدق من المجال المذكور بالخطوة الأولى لأنه يوجد احتمالين فقط لموقع هذا الجهاز على الكرة الأرضية محدد بتقاطع دائرتين قطرها 10000 ميل و 12000 ميل عند النقطتين Y, X.

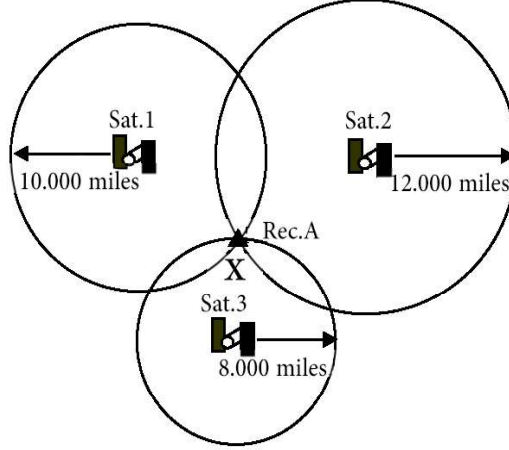


الشكل 9.2 تحديد موقع جهاز الاستقبال باستخدام قمرين.

الخطوة الثالثة:

يبين الشكل 10.2 موقع جهاز الاستقبال (Rec. A) المتواجد بآن واحد على مسافة معينة مقدارها 10000 ميل من القمر الصناعي (Sat. 1) و 12000 ميل من القمر الصناعي (Sat. 2) و 8000 ميل من القمر الصناعي (Sat. 3). بهذا التقاطع تم تحديد مجال جهاز الاستقبال (Rec.A) بشكل محدد ودقيق جداً من المجالين المذكورين بالخطوتين الأولى والثانية لأنه يوجد احتمال واحد فقط لموقع هذا

الجهاز على سطح الكرة الأرضية محدد بتقاطع ثلاث دوائر أقطارهم على التوالي 10000 ميل و 12000 ميل و 8000 ميل عند النقطة X.



الشكل 10.2 تحديد موقع جهاز الاستقبال باستخدام ثلاثة أقمار.

ينسب الجي بي اس كل القياسات المرصودة والمعلومات الخاصة به إلى منسوب مرجعي ثابت (Datum) يدعى الإطار الجيوديزي العالمي لعام 1984 (World Geodetic System of 1984 WGS-84) ولكن المطلوب معرفة إحداثيات هذا الموقع على الكرة الأرضية (Local) كما هو مبين في الشكل 7.2. تقدر دقة الإحداثيات المركزية للإطار المرجعي للجي بي اس (Geocentric Co-Ordinate) بقيمة 0,5م مكونة بذلك أفضل هيكل كروي مناسب ومطابق لشكل الكرة الأرضية. يتم تعيين الإحداثيات المحلية لموقع ما على الكرة الأرضية بإجراء سلسلة من عمليات التحويل على الإحداثيات المرصودة بالجي بي اس باستخدام المعادلة الآتية:

$$\begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix}_{\text{Local}} = \begin{pmatrix} \Delta X \\ \Delta Y \\ \Delta Z \end{pmatrix} + R \begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix}_{\text{WGS 84}}$$

باعتبار :

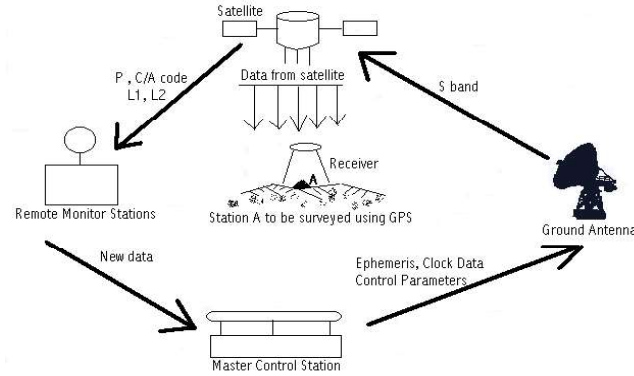
R : وهي عبارة عن مصفوفة الدوران التي تتضمن قيم الدوران الزاوي

اللازمة لمحاور الجملة الإحداثية المحلية (Local Reference System) لتنطبق على محاور الجملة الإحداثية لنظام الجي بي اس (Satellite Reference System).

$\Delta X, \Delta Y, \Delta Z$ (Transformation Parameters) عوامل التحول المتضمنة قيم انزياح محاور الجملة الإحداثية للإطار المحلي لكي تنطبق على المحاور الإحداثية لإطار الجي بي اس. إن قيم هذه العوامل معلومة وخاصة بكل دولة فمثلاً قيم الانزياح التقريبية لإحداثيات الشبكة الجيوديزية لجمهورية ألمانيا (م 583, ΔX , م 68,2, ΔY , م 6, $\Delta Z = 394$)، أما إحداثيات الشبكة الجيوديزية لبريطانيا فهي: (م 370, ΔX , م -111, ΔY , م 431, ΔZ). للحصول على دقة عالية في الإحداثيات فإنه من الأهمية البالغة استخدام عوامل التحول المحدثة باستمرار لتفادي وجود أي أخطاء متراكمة قديمة. بمعرفة قيم هذه العوامل فإنه من السهولة تعويضها في المعادلة المذكورة أعلاه للحصول على إحداثيات الموقع منسوباً إلى الإطار المحلي.

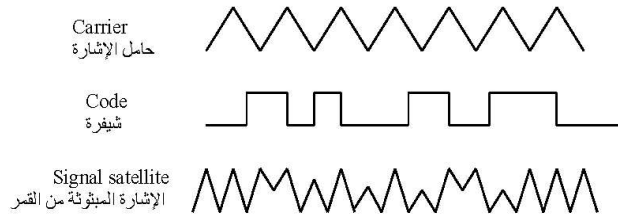
7.2 قطاع التحكم العملياتي لعمل نظام الجي بي اس (Operational Control Segment OCS)

تبت الأقمار الصناعية وهي في حالة دورانها المستمر إشارات إلكترونية تحت تأثير قطاع متحكم من الترددات الثابتة والدقيقة إلى الأرض. تتمثل مهمة هذا القطاع كما هو مبين في الشكل 11.2: 1) مراقبة وضبط عمل هذه الأقمار والكشف عن أعطالها بشكل مستمر ومبكر، 2) تعيين زمن مقاتيبيات الأقمار، 3) التنبؤ عن مواقع مدارات الأقمار وتعيين زمن مقاتيبياتها، 4) التحديث المستمر للمعلومات الملاحية الموثوقة والإبلاغ الفوري عن الأقمار المعطلة إلى محطات المراقبة الأرضية.



الشكل 11.2 مركبات القطاع الضابط لعمل أقمار الجي بي اس.

تستخدم أقمار الجي بي اس مقياسيات صغيرة جداً (Atomic Clocks) ونطاقين من الترددات النظامين (Frequency Bands) في عملية بث الإشارات التي تتضمن المعلومات الضرورية لتنفيذ عملية الملاحة والمتمثلة: (1) زمن وموقع كل قمر بالنسبة للمدار الخاص به (Ephemerides or Orbital Position)، (2) التصحيحات الزمنية لميقاتياتها، (3) ((Correction to their Clocks)) والمواصفات العامة للتقويم الزمني على المدى الطويل لكل مدارات الأقمار الصناعية (General Almanac). تنقل هذه الإشارات على نوعين من الأمواج (Carrier frequencies) وبتردد أساسي مقداره (10.23 MHz) (الشكل 12.2).



الشكل 12.2 شكل الإشارة المبعثة مع الحامل والشفيرة (from Seeber, 1993).

تبلغ أبعاد هذه الأمواج كما يلي :

$$L1 = 154 \times 10.23 = 1575.42 \text{ MHz (19.05 cm)}$$

(2) الموجة الثانية (24.45 cm) $L2 = 120 \times 10.23 = 1227.60 \text{ MHz}$

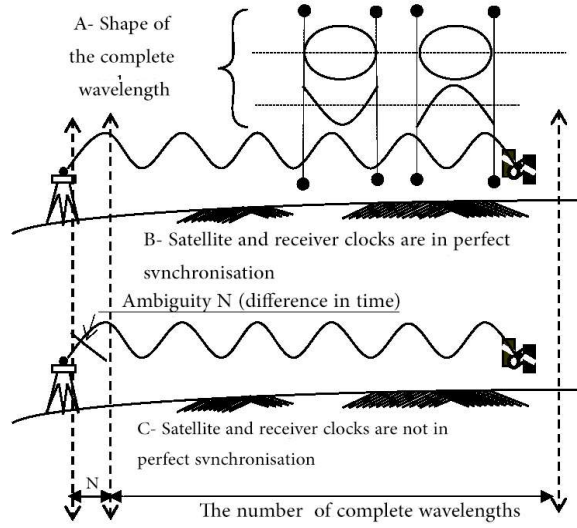
تم تشفير هذه الترددات بنوعين من الشفرات الخاصة (codes) كما يلي:

(1) الشفرة الدقيقة المحملة على الموجة L1 (Precise code L1)،

P code=10.23 MHz)

(2) الشفرة المشوشة المحملة على الموجة (Coarse=L2 1.023 MHz)

Acquisition code, C/A

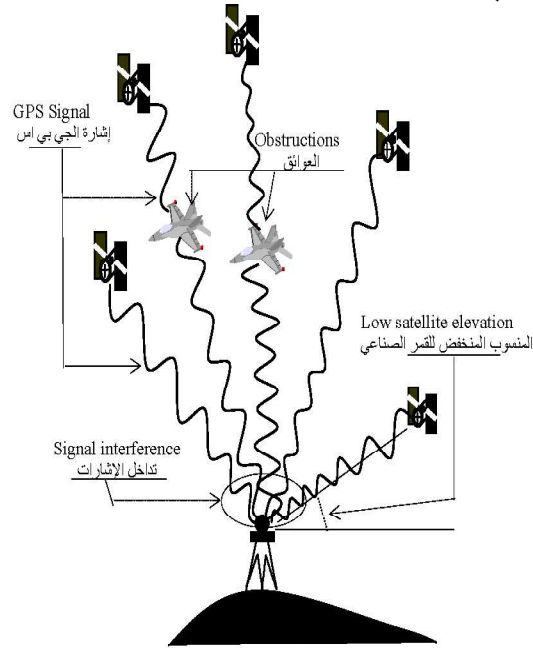


الشكل 13.2 تشكّل التباين الزمني (Ambiguity)

يقوم جهاز الاستقبال بتلقي الإشارات وحل الشيفرة محدداً بذلك زمن وصولها إليه. إذا تزامنت مقياسية جهاز الاستقبال مع مقياسيات الأقمار فإن رصد ثلاثة أقمار ذات مواقع متباينة كافية لتحديد الإحداثيات الثلاثية لموقع جهاز الاستقبال. لكن في الحالة العملية يلزم رصد أربعة أقمار لحذف تأثير التباين الزمني غير المعلوم والموجود بين هذه المقياسيات نتيجة عدة عوامل مؤثرة خارجية وداخلية (انظر إلى الفقرة التالية المتضمنة العوامل المؤثرة على دقة الجي بي اس). لتعيين قيمة هذا المقدار الزمني المجهول (Ambiguity) والذي يأخذ الرمز (N) كما هو مبين في الشكل 14.2 (B,C) فإنه من الضرورة رصد قمر

رابع . يتشكل أيضاً هذا التباين الزمني المذكور آنفاً عندما يفقد جهاز الاستقبال اتصاله (الإرسال اللاسلكي) بشكل مفاجئ مع قمر أو أكثر في حين يظل على اتصال مع الأقمار الأخرى التي لا يتجاوز عددها عن أربعة وتسمى هذه العملية بانخفاض الموجة (Cycle Slips) كما هو مبين في الشكل 13.2. تعزى أسباب فقدان هذا الاتصال إلى:

- (1) مرور طائرة بين القمر وجهاز الاستقبال مشكلة بذلك حاجز مادي وانقطاع مفاجئ في عملية الإرسال.
- (2) تواجد القمر الصناعي على مستوى منخفض من مستوى مجال عمل جهاز الاستقبال.
- (3) تراكم وتداخل الأمواج الحاملة للإشارات فيما بينها عند هوائي جهاز الاستقبال.



الشكل 14.2 أسباب تشكل الانخفاض الزمني في الإشارة المبثوثة.

تتجاوز قيمة هذا الانخفاض الزمني في بعض الحالات إلى ملايين من الدوائر الزمنية أو عدة دوائر وأحياناً نصف دائرة (180 درجة) وذلك تبعاً لنوعية

وحجم العوائق (Seeber 1993). توجد عدة طرق رئيسية لمعالجة هذا التباين الزمني في عدد الأمواج والذي يؤثر على دقة الجي بي اس:
الطريقة الهندسية (The Geometric Method).

طرق بحث عن الفارق الزمني (The Ambiguity Search Methods).

الطريقة التجميعية (التركيبة) لمجموعة حامل الموجة والشفرة (The Combination of Code and Carrier Phase Observation).

الطرق التجميعية العامة (The Combined Methods).

الطرق الهيروستكية التقريبية (Heuristic Techniques).

تعتبر الطريقتين الأولى والثانية الأكثر استخداماً في حل مشكلة الفارق الزمني المتأصل في قياسات الجي بي اس وقد تم دراستهما بشكل تجريبي وعملي في مشروع الماجستير (Saleh, 1996). يتضمن هذا المشروع برنامج عملي مصمم بلغة الحاسب لإيجاد تأثيرات العوامل الخارجية والداخلية على دقة الجي بي اس بطريقة المحاكاة (Simulation). أما الطريقة الأخيرة (Heuristic) فتدعى بالطريقة الهيروستكية أو التقريبية وتعتبر الأكثر حداثة في حل مسألة تكون هذا الفارق الزمني.

8.2 العوامل المؤثرة على دقة نظام الجي بي اس

تتأثر دقة قياسات الجي بي اس بعدة عوامل داخلية تتعلق بعدد ونوعية الأقمار الصناعية وكيفية توزيعها في السماء بالنسبة لجهاز الاستقبال، ونوعية أجهزة الاستقبال طبيعة القياسات المرصودة وبمعامل خارجية تتعلق بالأمواج الحاملة للإشارات المبنوثة (Elliott, 1996) كما هو مبين في الشكل 15.2:

(1) تأثير طبقات الغلاف الجوي المحيط التروبوسفير والايونوسفير (Ionosphere And Troposphere).

(2) وشوشات في أجهزة الاستقبال (Receiver Noise).

(3) أخطاء غير المتنبأ بها في شيفرة الأقمار الصناعية (Ephemeris).

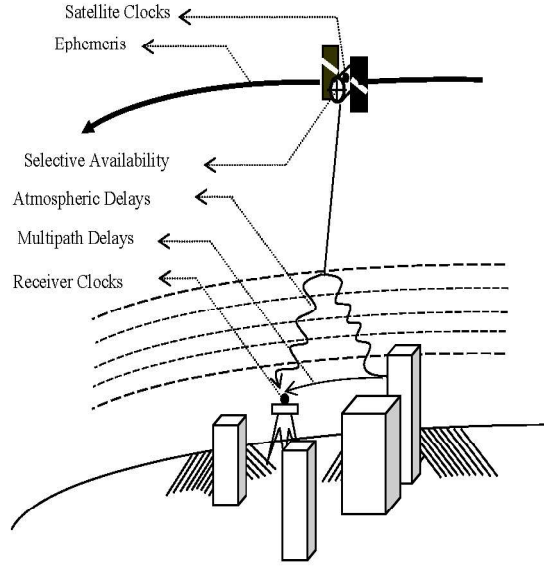
(4) الانعكاسات المحلية المتداخلة للإشارات المبنوثة المحيطة بجهاز

الإرسال (Multipath).

(5) مقدار التشويش المتعمد من قبل العسكرية الأمريكية (Selective Availability).

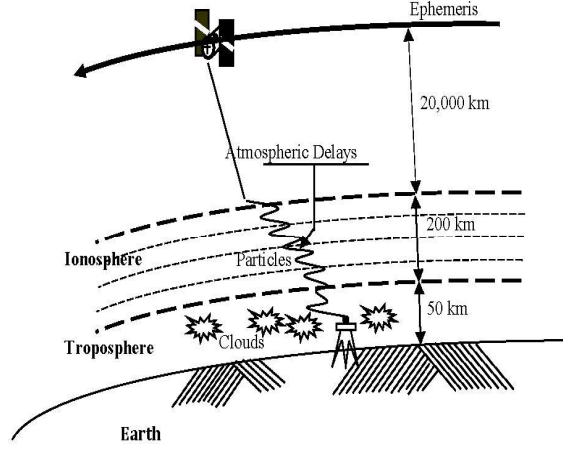
1- تأثير العوامل الجوية المحيطة (The Atmospheric Effect):

تتأثر سرعة الإشارات بالعوامل الجوية المتمثلة بالطبقة العليا والسفلى للغلاف الجوي الايونسفير (Ionosphere) والتربوسفير (Troposphere).



الشكل 15.2 مصادر الأخطاء في نظام الجي بي اس.

إن جزيئات الايونسفير 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 تأمين عوامل التصحيح المناخية المناسبة التي تعوض التأخير الحاصل في سرعة الإشارات.



الشكل 16.2 تأثير الغلاف الجوي.

2-- تأثير جهاز الاستقبال (Receiver Effects) :

إن المهمة الأساسية للأجزاء الداخلية الإلكترونية لجهاز الاستقبال التقاط تجميع وتنقية وتحليل الإشارات المبتوثة بغية تأمين المعلومات الضرورية لتنفيذ عملية الملاحة بنجاح. يتأثر عمل هذه الأجزاء الحساسة بعدة عوامل خارجية وداخلية أهمها:

(1) التغير الشاقولي لمركز مجال هوائي جهاز الاستقبال (Antenna Phase Center) تبعاً لمستوى ارتفاع القمر (Satellite Elevation)، وقوة الإشارة وتأثير تعدد مجازاتها في جوار الهوائي (The Signal Strength And The Multipathing).

(2) انقطاع وصول الإشارات المستمر.

(3) عدم استقرار الميقاتيات الداخلية (Receiver Clocks) واهتزاز نوابضها تبعاً للعوامل الخارجية كالرياح وحركة الأرض بجوار جهاز الاستقبال. لهذا يفضل تركيز الجهاز على أرض ثابتة وبشكل محكم.

3-- أخطاء الأقمار الصناعية (Satellite Errors) :

أن للدقة البالغة لمواقع الأقمار الصناعية في الفضاء أهمية عظيمة باعتبارها

النقاط البدائية المرجعية لعملية الحساب والقياس ولهذا فإن ضبط مقاييس الأقمار الصناعية (Satellite Clocks) وحركة مسار هذه الأقمار ضمن مدارات إهليلجية ثابتة وغير متأثرة بالتقلبات المناخية المحيطة مع المراقبة المستمرة لها هو عامل مهم جداً. بالنسبة لأخطاء الشيفرة الفضائية (Ephemeris)، فإن هذه الشيفرة تتضمن جميع المعلومات الخاصة بمواقع الأقمار الصناعية في الفضاء والتي بموجبها يحدد جهاز الاستقبال إحداثياته على سطح الكرة الأرضية. لهذا من الضروري المراقبة المستمرة لمواقع هذه الأقمار وإجراء التصحيحات اللازمة عليها.

4- تأثير تعددية مسار الإشارات (Multipath Effect):

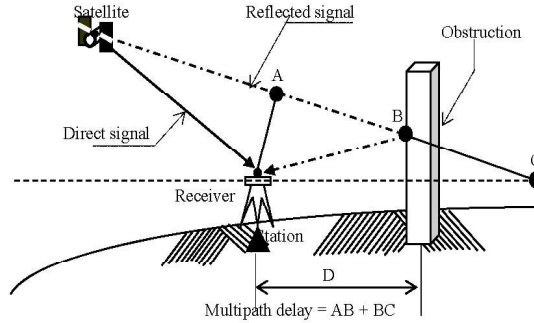
تنحرف الإشارات المبعثة عن مسارها المباشر عند اقترابها من سطح الكرة الأرضية وتصل إلى هوائيات أجهزة الاستقبال عبر مسارات متعددة (مباشرة وغير مباشرة) بسبب وجود بعض العوائق المحيطة بأجهزة الاستقبال كالأبنية وغيرها ويسمى الخطأ الناتج عن هذا التأثير بالخطأ المتعدد المجازات كما هو مبين في الشكل 17.2. يحدث هذا الخطأ عندما يستقبل الهوائي الإشارة المباشرة في البداية (لان الممر المباشر دائماً أسرع) ومن ثم تصل الإشارات المنعكسة متأخرة بعض الشيء 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 إلى أخرى بسبب الدوران المستمر للأقمار. كمثال واقعي يومي على هذا الخطأ يمكن أن يلاحظ في أجهزة التلفاز عندما تظهر خيالات متعددة للصورة الأصلية على الشاشة بسبب أن الإشارة المبعثة من المحطة الرئيسية قد تأخذ أكثر من ممر لتصل إلى هوائي التلفزيون وبالتالي تظهر عدة صور متراكبة فوق بعضها البعض في نفس الوقت. لتجنب هذا الخطأ بشكل عملي فإنه يفضل وضع جهاز الاستقبال في مكان مكشوف وخال من العوائق.

5- التأثيرات المتعمدة (Selective Availability):

يعتبر هذا التأثير المتعمد والموضوع من قبل وزارة الدفاع الأمريكية

الأشد خطورة على دقة الجي بي اس من التأثيرات السابقة ويسمى بالتأثيرات المتاحة انتقائياً. إن الغاية الرئيسية من استخدام هذه التأثيرات المتعمدة منع أي جهة أخرى (باستثناء العسكرية الأمريكية) من العبث بدقة الجي بي اس أو الحصول على قياسات متناهية الدقة وتتمثل هذه التأثيرات: (1) إحداث بعض التشويشات (Noise) في مقاييس الأقمار بغرض التقليل من دقتها. (2) بث ذبذبات (Erroneous Orbital Data) مترافقة مع الإشارات المرسلة للتأثير على دقة مواقع المدارات الإهليلجية لهذه الأقمار وبالتالي تؤدي إلى وجود بعض الأخطاء في الشيفرة المستقبلية (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. تم حذف هذا التأثير في أيار 2000 بناء على قرار الرئاسة الأمريكية وبالتالي لم يعد وجود لهذا التأثير المتعمد حالياً في نظام الجي بي اس.



الشكل 17.2 تأثير تعددية مسار الإشارة.

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 فإنه من الأهمية بمكان تقليل تأثير حجم هذه الأخطاء قدر المستطاع. إن الطريقة المتبعة في تحسين دقة الجي بي اس الأساسي وذلك بتقليل التأثيرات الخارجية والأخطاء المذكورة أعلاه يتم باستخدام الطريقة التفاضلية أو ما يعرف بالجي بي اس التفاضلي (Differential GPS) الذي يؤمن دقة قياسات جيدة تصل لبضعة المترات في التطبيقات المتحركة كالربوآخر والسيارات وبشكل أفضل في الأوضاع الثابتة كالنقاط الجيوديزية والمساحية.

9.2 المبدأ التفاضلي لعمل النظام العالمي لتحديد المواقع الإحداثية وتطبيقاته العملية

تهدف فكرة نظام الجي بي اس التفاضلي (Differential Global Positioning System GPS) إلى حذف معظم الأخطاء الطبيعية والأخطاء المتسببة من قبل المستخدم والمؤثرة بشكل غير مباشر على عملية القياسات وذلك باستخدام جهازين استقبال أو أكثر بأن واحد (أحد هذه الأجهزة على الأقل ثابت) خلال عملية الرصد من بدايتها وحتى نهايتها. يدعى جهاز الاستقبال الموضوع على النقطة الثابتة ذات الإحداثيات المعلومة والمحسوبة مسبقاً بدقة متناهية جداً بالجهاز المرجعي (Reference Receiver) ومهمته مراقبة وتسجيل الأخطاء المتشكلة في قياسات أجهزة الاستقبال المتحركة (Roving Receiver) وتحديد حجمها الفعلي وتقدير تصحيحاتها ومن ثم تطبيقها على القياسات المرصودة آنياً (real-time position measurement) أو بعد الانتهاء من عملية الرصد. تنفذ عملية تصحيح القياسات في كافة التطبيقات المدنية بسرعة جداً تتراوح من 2 إلى 30 ثانية. يتم حساب حجم هذه الأخطاء المتغيرة التأثير والتي يصعب التنبؤ عن حدوثها بمقارنة الإحداثيات الجديدة المرصودة بالجي بي اس مع الإحداثيات القديمة المرصودة بالطرق المساحية الأخرى لنفس النقطة (ومن هنا تأتي كلمة تفاضل). إن المفهوم التفاضلي لتصحيح قياسات الجي بي اس مستخدم بشكل عالمي في التطبيقات العلمية والصناعية ولهذا فإنه توجد معدلات قياسية عالمية لإرسال واستقبال هذه التصحيحات تسمى البروتوكول (IALA) International Association of Lighthouse Authorities .

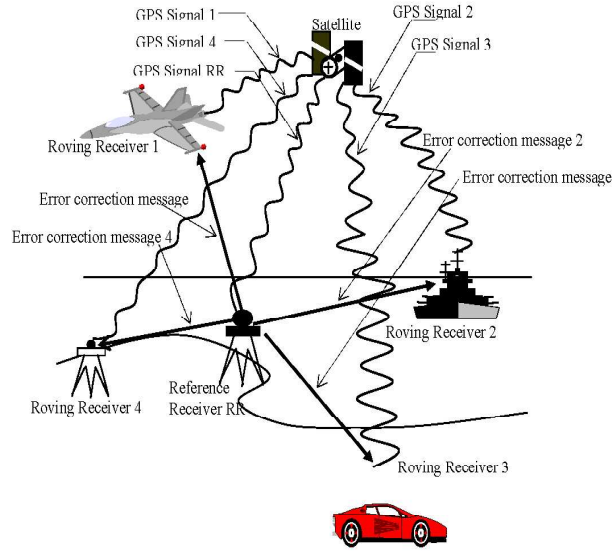
تعتبر عملية الرصد باستخدام الجي بي اس الأساسي مستقلة كون أن القياسات ترصد بأجهزة الاستقبال المتحركة وباستخدام الأقمار الصناعية كنقاط مرجعية لها، في حين تنفذ عملية الرصد في الجي بي اس التفاضلي بأجهزة الاستقبال المتحركة وباستخدام جهاز الاستقبال الثابت الذي يربط كل القياسات به كنقطة مرجعية.

استخدامات الجي بي اس:

يلعب نظام الجي بي اس دوراً مهماً في الملاحة البحرية وخاصة في أعمال الحماية والحراسة البحرية عن طريق تزويد كل المتطلبات الضرورية التي تتضمن عوامل الأمان والتنبؤ عن الأحوال الجوية وتأمين المسار الصحيح والسريع للسفينة في المناطق المزدحمة بالبواخر وتجنب صخور مداخل الموانئ في أثناء عبورها منه واليه وبالتالي تحسين عوامل الأمان وحماية البيئة البحرية بسبب توفير الوقود واستخدامه الجيد. يساعد الجي بي اس أيضاً في تناسق عمليات تصميم وصيانة الموانئ والمرافئ البحرية مع الخرائط المصممة لها وفي تعيين العمق الدقيق للمرافق ومراقبة معدل الرواسب المتراكمة وإزالتها من القاع بشكل فعال. بالنسبة لأعمال الطيران المدني يتجلى استخدام الجي بي اس في عدة عوامل: كمساعدة الطائرات بالهبوط السليم في حال الرؤيا الصعبة دون اللجوء لاستخدام أشعة المتابعة التقليدية ذات الكلفة الباهظة وغير المتوفرة إلا في المطارات الضخمة، تسهيل عملية الملاحة الجوية مع الازدياد المتحسن لعوامل أمان الطائرات والاقتصاد العالي لاستهلاك الوقود والاستخدام الجيد لممرات العبور الجوية، تأمين طريقة مرنة ودقيقة لعمل نقاط وسائل تحكم الطائرات وحركات مركبات الخدمة الأرضية بين الطائرات في أثناء عمليات الهبوط والإقلاع، تنظيم جدولة الرحلات الجوية الكثيفة بدقة وفي الوقت المناسب.

في مجال تنظيم عمل المصادر الطبيعية تطورت عمليات تنظيم الموارد الحيوية بشكل كبير باستخدام الجي بي اس وأصبحت أكثر سهولة ودقة من السابق: كرسم خرائط ممرات المناجم وأحواض التخزين المائية ومناطق صيد الأسماك، إمكانية تنفيذ كثير من الأعمال المتكررة والضرورية بشكل أوتوماتيكي كصيانة الخرائط الدقيقة وتطوير عمليات الحماية والخدمة، السهولة البالغة

برصد طرق جديدة في الغابات الضخمة التي تتطلب عمل كبير جداً لامتدادها الكبير وصعوبة الأرض الطبوغرافية، السرعة في تنظيم وإيقاف زحف حرائق الغابات عن طريق استخدام طائرات الهليكوبتر المزودة بأجهزة الجي بي اس التي تقوم بالطيران السريع وأخذ القياسات المساحية بدقة متناهية حول محيط المنطقة المحروقة منتجة خريطة دقيقة لحجم الحريق تفيد في تأمين العدد اللازم لرجال الإطفاء وإرشادهم إلى المكان الصحيح للمنطقة المحروقة. أما في مجال الأعمال الزراعية تتجلى فعالية الجي بي اس في حماية البيئة عن طريق تنظيم رحلات الطائرات الزراعية التي تغطي المنطقة الواجب رشها بالبذور بدقة جيدة وتصميم الخرائط الخاصة بأحوال التربة لتعيين كمية المواد الكيميائية المناسبة وتحديد معاييرها النظامية اللازمة لعمليات تغذية التربة بدقة بالغة.



الشكل 18.2 الجي بي اس التفاضلي (Differential GPS).

تقوم محطات التقوية الثابتة (Marine Radio Beacons) والمنتشرة على كافة السواحل العالمية بتدعيم عمل الجي بي اس عن طريق بث واستقبال الإشارات وإجراء التصحيحات الفورية عليها. باعتبار إن هذه التصحيحات متوفرة بشكل حر وبالتالي فلا حاجة لجهاز استقبال ثانٍ لتنفيذ عملية الرصد التفاضلي لان أقرب محطة ثابتة سوف تقوم بالعمل وكأنها جهاز استقبال آخر.

يلعب نظام الجي بي اس التفاضلي دوراً مهماً في الملاحة البحرية وعلى الأخص فيما يتعلق بأعمال الحماية والحراسة البحرية (The Coast Guard) وذلك:

- (1) بتزويد كل المتطلبات الضرورية التي تتضمن عوامل الأمان.
- (2) التنبؤ عن الأحوال الجوية وتأمين عوامل الإنقاذ في حالة الطوارئ.
- (3) إبقاء السفينة على مسارها الصحيح والسريع في المناطق المزدحمة بالبواخر الأخرى وتجنب صخور مداخل الموانئ في أثناء عبورها منه واليه وبالتالي تحسين عوامل الأمان وحماية البيئة البحرية بسبب توفير الوقود واستخدامه الجيد.
- (4) توافق عمليات تصميم وصيانة المواني والمرافى البحرية مع الخرائط المصممة لها.

بالنسبة لأعمال الطيران المدني يتجلى استخدام الجي بي اس في عدة عوامل: مساعدة الطائرات بالهبوط السليم في حال الرؤية الصعبة دون اللجوء لاستخدام أشعة الملاحة التقليدية المكلفة جداً وغير المتوفرة إلا في المطارات الضخمة جداً. تصبح عملية الملاحة الجوية سهلة ومن الممكن توفرها في أي مطار مع الازدياد المتحسن لعوامل أمان الطائرات والاقتصاد العالي لاستهلاك الوقود والاستخدام الجيد لممرات العبور الجوية. تأمين طريقة مرنة ودقيقة لعمل نقاط وسائل تحكم الطائرات وحركات مركبات الخدمة الأرضية بين الطائرات في أثناء عمليات الهبوط والإقلاع.

في مجال تنظيم عمل المصادر الطبيعية تطورت عمليات تنظيم الموارد الحيوية بشكل كبير جداً باستخدام الجي بي اس وأصبحت أكثر سهولة ودقة من السابق مثل:

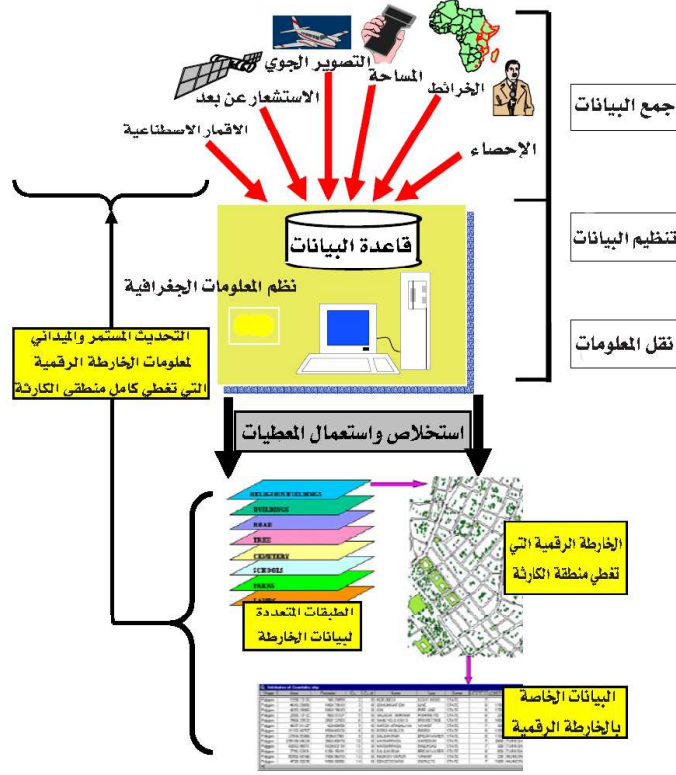
- (1) رسم خرائط ممرات المناجم وأحواض التخزين المائية ومناطق صيد الأسماك.
- (2) إمكانية تنفيذ كثير من الأعمال المتكررة والضرورية بشكل سهل وأتوماتيكي كصيانة الخرائط الدقيقة وتطوير عمليات الحماية والخدمة.

(3) السرعة بتنظيم وإيقاف زحف حرائق الغابات عن طريق استخدام طائرات الهليكوبتر المزودة بأجهزة الجي بي اس التي تقوم بالطيران السريع وأخذ القياسات المساحية بدقة متناهية وبوقت قصير جداً حول محيط المنطقة المحروقة وبشكل آني تنتج خريطة دقيقة لحجم الحريق تفيد في تأمين العدد اللازم لرجال الإطفاء وإرشادهم إلى المكان الصحيح للمنطقة المحروقة.

(4) في مجال الأعمال الزراعية بحماية البيئة عن طريق تنظيم رحلات الطائرات الزراعية التي تغطي المنطقة الواجب رشها بالبذور بدقة عالية جداً وتصميم الخرائط الخاصة بأحوال التربة لتعيين كمية المواد الكيميائية المناسبة وتحديد معاييرها النظامية اللازمة لعمليات تغذية التربة بدقة بالغة. في مجال اكتشاف الموارد البحرية بتلافي صرف الأموال الباهظة في عمليات البحث عن الأماكن المناسبة لإقامة أعمال النقب والحفر وخاصة في منتصف المحيطات الخالية من النقاط المرجعية (علامات أرضية).

10.2 نظام المعلومات الجغرافية (Geographic Information System GIS)

يعرف الجي أي اس بأنه النظام المعلوماتي القادر على تجميع، تخزين، تركيب وعرض المعلومات المرجعية بشكل جغرافي. يستطيع الجي أي اس استخدام المعلومات من مصادر متنوعة وبأشكال مختلفة وتحويل هذه المعلومات الرقمية المخزنة إلى خريطة أو أي أشكال يمكن تمييزها واستخدامها لتحليل هذه المعلومات. مثلاً، يمكن تحديد فترات الجفاف السنوية للأراضي الحاوية على مياه في منطقة بانياس الساحلية من خلال ربط المعلومات المتعلقة بسقوط الأمطار في هذه المنطقة باستخدام الصور الجوية والصور الرقمية الملتقطة بواسطة الأقمار الصناعية والبيانات الخاصة بمعدلات الهطول ومن ثم تحليلها لتعطي خريطة مثل طبقة أو صحيفة من المعلومات الرقمية حول الأغذية النباتية. وبطريقة مماثلة فإنه يمكن تحويل المعلومات الإحصائية أو الهيدرولوجية المجدولة إلى خرائط على أشكال صفائح تتضمن المعلومات الرئيسية الضرورية للجي أي اس. أيضاً، يمكن استخدام الجي أي اس في تنظيم الموارد والمخططات التنظيمية.



الشكل 19.2 التقنيات الجيومعلوماتية واستخداماتها في تشكيل قاعدة البيانات والخرائط الرقمية

فمثلاً، يسمح الجي أي اس لمخططي حالات الطوارئ بحساب أوقات الاستجابة لحالة الطوارئ بسهولة في حال حدوث الكوارث الطبيعية، أو يمكن أن يستخدم الجي أي اس لإيجاد الأراضي الحاوية على المياه والتي بحاجة للحماية من التلوث. إن المتطلبات الرئيسية لمصدر المعلومات تتمثل بتعيين المتغيرات الإحداثية الفراغية لموقع هذا المصدر والتي تتكون من الطول والعرض والارتفاع، أو باستخدام مقياس آخرى متعارف عليها.

11.2 الاستنتاج

تمّ في الخاتمة اعتبار مسألة تصميم شبكة الجي بي اس وكأنها مسألة تحسين توافقية. بالنسبة للشبكات الكبيرة، إن معرفة الحل الدقيق عملياً إما أن يكون مستحيلاً أو غير مرغوباً به إطلاقاً أكثر من الحل القريب من المثالي والسهل

الحصول عليه حسابياً. لذلك، إن الطرق الدقيقة تستغرق وقتاً طويلاً، وغير قادرة على التعامل مع أي قيود إضافية وصعبة البرمجة. وبالتالي، فإنه من الأهمية بمكان أن يكون هناك بدائل جيدة كالطرق التقريبية التي تلبي بسهولة احتياجات المهندس الجيوماتيكي في الأعمال الحقلية لتصميم الشبكة المساحية. سيتم في الفصول القادمة عرض نجاح تطبيق طرق التحسين التقريبية في تصميم شبكات الجي بي اس في كل من جمهورية مالطا في البحر الأبيض المتوسط وجمهورية سيشيلز في المحيط الهندي.



منظمة المجتمع العلمي العربي
Arab Scientific Community Organization