الفصل الرابع

المسارات الأرضية للأقمار الصناعية

4-1 : المسار الأرضي

4-2 : تأثير ارتفاع القمر وخط عرض المكان

4-2-1 : بالنسبة للمدارات الدائرية

4-2-2 : بالنسبة للمدارات الاهليجية

4-3 : الخواص الأساسية للمسار الأرضي

4-4 : أنواع المسارات الأرضية للقمر الصناعي

4-4-1 : المدارات الدائرية

4-4-2 : المدارات الإهليجية

المسارات الأرضية للأقمار الصناعية[7]
Ground Tracks

1-4 : المسار الأرضي :

المسار الأرضي للقمر الصناعي هو منحنى تخيلي على سطح الأرض ينتج من تقاطع سطح الكرة الأرضية مع مستوى مدار القمر الصناعى. وهذا المنحنى التخيلي ينتج من مجموع حركة القمر الصناعي ودوران الكرة الأرضية حول محورها.

ويقسم مستوى مدار القمر الصناعى الكرة الأرضية إلى نصفين متساويين بواسطة دائرة عظمى تمر بمركز الكرة الأرضية. فإذا فرضنا أن الأرض لا تدور حول محورها فإن المسار الأرضي للقمر ينطبق على محيط الدائرة العظمى شكل (4-1). حيث يوضح الشكل الأيسر مستوى مدار القمر حول الأرض، والشكل الأيمن يوضح المسار الأرضي للمدار الدائري الذي يتخذ شكل منحنى الجيب Sine curve نصفه العلوي يمثل نصف المدار الشمالي، ونصفه السفلي يمثل نصف المدار الجنوبي وتكون نقط تقاطع المسار مع دائرة الاستواء على مسافات متساوية من بعضها. وبفرض عدم دوران الأرض فإن المسار الأرضي لن يغير موقعه بالنسبة لخطوط الطول والعرض التي يمر بها أي يتخذ نفس المسار في كل دورة.

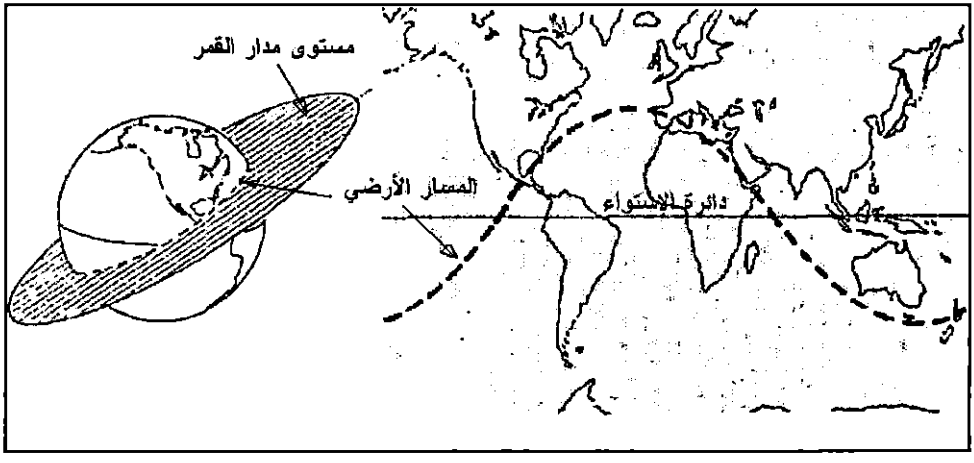
أما في حالة أعتبار دوران الأرض حول محورها فنجد أن المسار الأرضي ينحرف ناحية الغرب مع كل دورة جديدة، ولذلك لدوران الأرض حول نفسها من الغرب إلى الشرق ومقدار هذا الانحراف (المسافة بين عقدتين صاعدتين متتاليتين) يعتمد على زمن دورة القمر في مداره أنظر الشكل (4-9).

ففي حالة مدار قمر قطبي دائري أي يمر المدار بقطبي الكرة الأرضية أو بالقرب منهما ولمعرفة العلاقة بين حركة القمر في مداره ودوران الأرض حول محورها وشكل المسار الأرضي دعنا نوضح لك الأمثلة التالية :

---

[7] "Fernand Verger, et al; The Cambridge Encyclopedia of space of Space;2003"

الشكل (4-2) يوضح إذا كانت الأرض لاتدور حول محورها فإن المسار الأرضى سيكون من الشمال إلى الجنوب دائما. أما إذا اعتبرنا حركة الأرض حول محورها وحركة القمر من الشمال إلى الجنوب أيضا كما يوضحه السهم السميك في الصورة (أ) وكان القمر في البداية عند النقطة 1. فإذا إنتقل القمر إلى النقطة 2 في مداره في الصورة (ب) جنوب النقطة 1 ، نجد ان المسار الأرضي في الصورة الثانية إنحرف تجاه الجنوب الغربى. لأنه أثناء الفترة التي تحرك فيها القمر في مداره من 1 إلى 2 فى المدار القطبى نجد أن الأرض دارت حول محورها في اتجاه الشرق بزاوية معينة تعتمد على طول دورة القمر فى مداره.

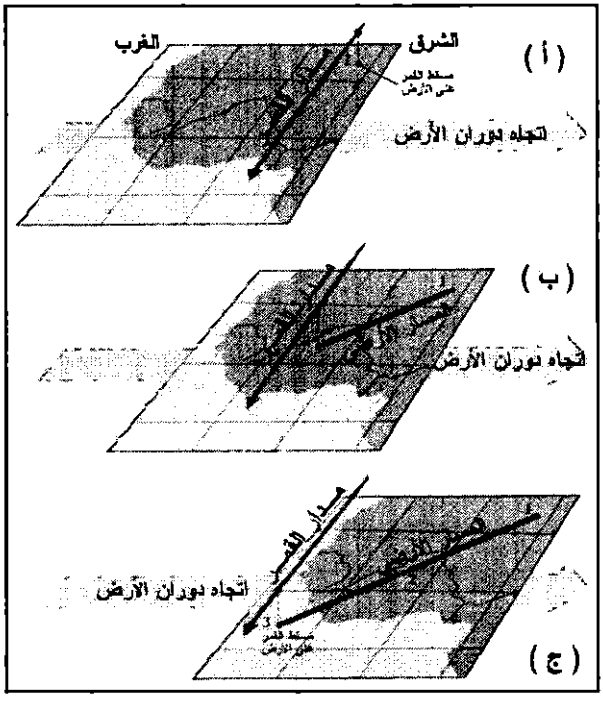


الشكل (4-1). المسار الأرضي لقمر بفرض عدم دوران الأرض[8].

مقدار هذه الزاوية هو الذي يتحكم في درجة ميل المسار الأرضي (رغم أن مدار القمر قطبى). وإذا وصل القمر في مداره للنقطة 3 في الصورة (ج) نجد ان المسار الأرضي يكمل حركته تجاه الجنوب الغربى بنفس درجة الميل (حيث أن المدار دائري) رغم أن حركة القمر فى مداره من الشمال إلى الجنوب. لذلك نجد أن دوران الأرض حول محورها غير اتجاه المسار الأرضي للقمر بدلا من أن يكون من الشمال إلى الجنوب مثل حركة القمر في مداره ليصبح اتجاه المسار من الشمال الشرقي إلى الجنوب الغربى. وتتحدد طبيعة التغير في ميل المسار الأرضي عن مدار القمر تبعا للسرعة الزاوية للقمر الصناعي (تعتمد السرعة الزاوية على ارتفاع القمر)، وكذلك على معدل دوران الأرض عند خط العرض الذي يقع فوقه القمر فى لحظة ما.

---

[8] Roger R. B.; Fundamental of astrodynamic; 1971



الشكل (4-2). المسار الأرضي باعتبار دوران الأرض.

4-2 : تأثير ارتفاع القمر وخط عرض المكان :

4-2-1 : بالنسبة للمدارات الدائرية :

إن انخفاض السرعة الزاوية للقمر نتيجة لإرتفاعه ينتج عنه تغير كبير في اتجاه المسار الأرضي. وحيث أن السرعة الزاوية للقمر الصناعي في المدارُ الدائري ثابتة، فكلما زاد ارتفاع القمر إنخفضت السرعة الزاوية. وينتج عن ذلك زيادة إزاحة المدار الأرضي تجاه الغرب نتيجة لدوران الكرة الأرضية. الشكل (4-3) يوضح مقارنه بين القمر S_1 في مدار قطبي دائري منخفض الارتفاع والقمر S_2 في مدار قطبي دائري عالي الارتفاع. فإذا اخذنا حركة القمر في فترة زمنية ثابتة t. فإن المسار الأرضي للقمر S_2 الأعلى ارتفاعا يزاح مساره الأرضي ناحية الغرب وتكون زاوية انحرافه α_2 (الصورة السفلى المسار الأيمن) أكبر وبالتالي يكون طول المسار الأرضي أقصر. في حين أن القمر الأقل انخفاضا S_1 تكون زاوية انحراف مداره الأرضي ناحية الغرب α_1 (الصورة السفلى المسار الأيسر) أصغر ومساره الأرضي أطول.