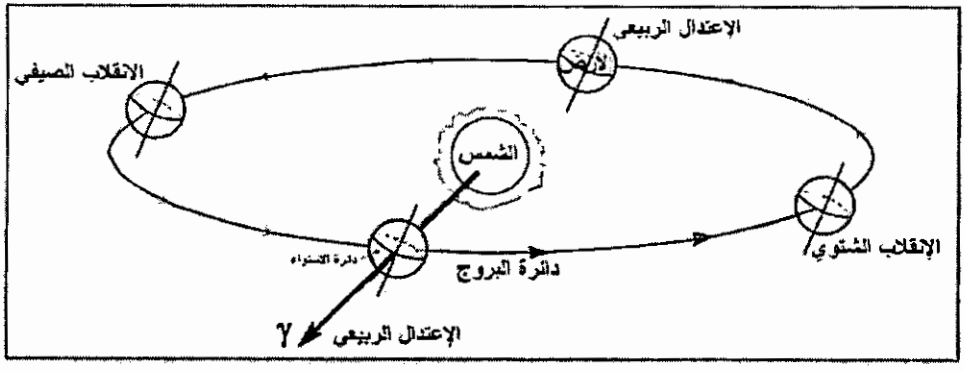
ومستوى دائرة الاستواء الأرضي يقطع مستوى مدار الأرض حول الشمس (البروج) Ecliptic في خط يمر بمركز الأرض ويسمى هذا الخط بخط الأعتدالين Line of equinoxes .

يكون هذا الخط في اتجاه الشمس يوم 21 مارس، وهو يحدد نقطة في السماء تعرف بنقطة الاعتدال الربيعي Vernal equinox (γ). وهذا الاتجاه ثابت في السماء مهما تحركت الأرض حول الشمس وهى تعتبر أهم النقاط التي تنسب إليها الإحداثيات الفلكية الشكل (3-5). ولكن هذا الاتجاه يتغير على مدى آلاف السنين. حيث يدور محور الارض حول العمودى على مستوى دائرة البروج حركة بطيئة تسمى السبق Precession مما يسبب حركة هذه النقطة (γ) بين النجوم لتكمل دورة في 27800 سنة. أى بمقدار 50 ثانية قوسية فى السنة. وهذا نتيجة تأثير اقلاق كواكب المجموعة الشمسية على الأرض.



الشكل (3-5). اتجاه نقطة الإعتدال الربيعي[5].

5-3 : عناصر المدار Orbital Elements :

يحدد مدار القمر حول الأرض بستة عناصر وهي:

1- Ω خط طول العقدة الصاعدة :

كل قمر صناعي يتحرك في مدار يقع في مستوى ثابت بالنسبة للإحداثيات الفلكية. وزاوية Ω (أوميجا) هي الزاوية بين الخط العقدي للمدار واتجاه نقطة الاعتدال الربيعي γ . تقاس الزاوية Ω على مستوى دائرة الاستواء الشكل (3-6)، وهذا العنصر يحدد اتجاه الخط العقدي في الفضاء. وهذه الزاوية هي خط طول العقدة

---

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

الصاعدة Longitude of ascending node، وتقاس من صفر عند انطباق العقدة الصاعدة على نقطة الاعتدال الربيعي وتزيد في اتجاه الشرق (اتجاه دوران الأرض حول نفسها) ، حتى تصل إلى 360 ° عندما تنطبق العقدة الصاعدة مرة أخرى مع نقطة الاعتدال.

2- i الميـل :

يقسم الخط العقدي مستوى دائرة الاستواء ومستوى مدار القمر إلى نصفين وتسمى الزاوية بين مستوى المدار ومستوى دائرة الاستواء بزاوية الميل Inclination. أو هي الزاوية المحصورة بين العمود المقام على دائرة الإستواء (محور دوران الأرض) والعمود المقام على مستوى المدار الشكل (3-6). وتتراوح قيمة الميل بين صفر عندما ينطبق مستوى المدار على مستوى الاستواء ويسمى المدار فى هذه الحالة بالمدار الاستوائى Equatorial Orbit ويزيد الميل حتى يصل إلى 180°. ويسمى المدار الذى يكون ميله i أقل من 90° بالمدار المباشر Direct or Prograde Orbit ، ويسمى المدار الذى ميله i أكبر من 90° بالمدار التقهقري Retrograde Orbit.

3- ω زاوية إزاحة نقطة الحضيض :

تحدد هذه الزاوية ازاحة نصف القطر الأعظم في مستوى المدار عن العقدة الصاعدة. أو هى الزاوية المحصورة بين الخط الواصل من مركز الأرض ونقطة الحضيض (خط القطر الأعظم) وبين الخط العقدي. وهذه الزاوية تسمى بإزاحة نقطة الحضيض Argument of Perigee الشكل (3-6) & (3-7). وهذه الإزاحة تتغير قيمتها من الصفر عندما تكون نقطة الحضيض على الخط العقدي ثم تزداد إلى 360 ° في نفس اتجاه حركة القمر في مداره .

4- a نصف القطر الأعظم :

المدار الإهليجي له قطر أعظم major axis a يمر بمركز المدار وبؤرتيه. ونهايتي القطر الأعظم هما نقطة حضيض المدار (أقرب نقطة للبؤرة الرئيسية) ونقطة الأوج (أبعد نقطة عن البؤرة الرئيسية).

5- e استطالة المدار :

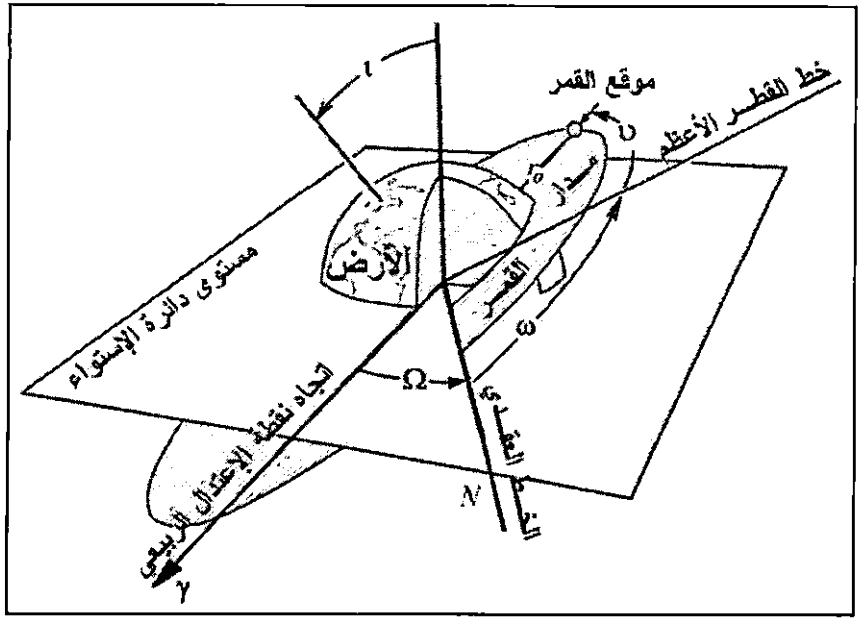
هى النسبة بين بعد البؤرة الرئيسية عن مركز المدار إلى نصف القطر الأعظم وتسمى استطالة المدار e Eccentricity.

6- t_o زمن عبور نقطة الحضيض :

هو زمن عبور القمر لنقطة ثابتة في المدار تكون عادة نقطة الحضيض. ويمكن تحديد موقع القمر فى زمن ما بتعين زاوية الحصة الحقيقية υ True anomaly للقمر في مداره وهى الزاوية بين نقطة الحضيض وموقع القمر مقاسه عند مركز الأرض في اتجاه الحركة شكل (3-6) و (3-8).

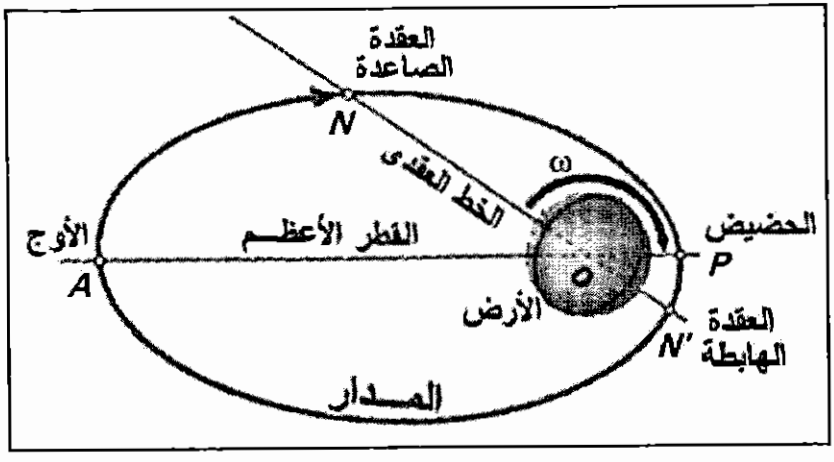
نجد من العناصر السابقة أن شكل المدار وحجمه يحددان بعنصرين هما الاستطالة e ، ونصف القطر الأعظم a. ويحدد موقع المدار في الفضاء بالنسبة لدائرة الاستواء بموقع العقدة الصاعدة بالنسبة لنقطة الاعتدال الربيعي γ، ويحدد ميل المدار مع دائرة الاستواء بزاوية الميل i. ويحدد اتجاه القطر الأعظم في الفضاء بإزاحته عن عقدة المدار بالزاوية ω.

أما موقع القمر الصناعي في لحظة معينة في المدار تحدد بالفرق بين هذا الوقت ووقت مروره بنقطة الحضيض، ومن ثم نستطيع معرفة الحصة الحقيقية υ التي قطعها القمر من الحضيض إلى مكانه الحالي في هذا الزمن.

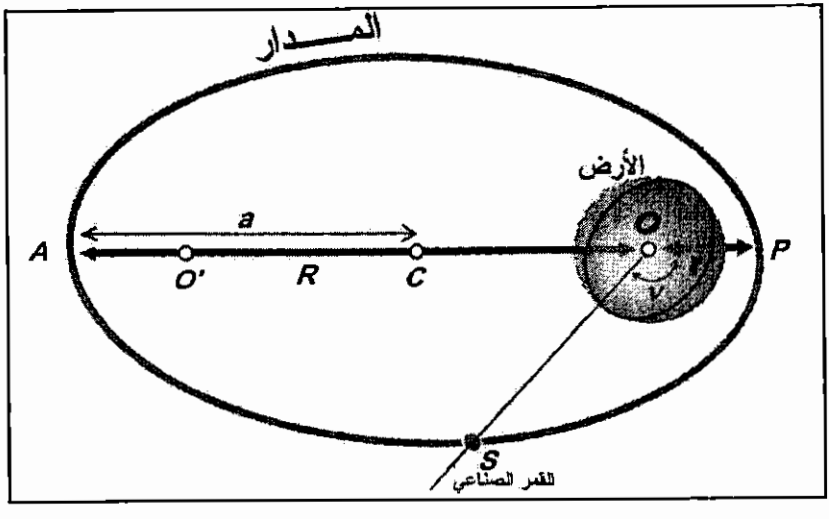


الشكل (3-6) عناصر مدار القمر الصناعي[6].

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



الشكل (3-7). قياس زاوية ازاحة نقطة الحضيض ω .



الشكل (3-8). قياس الحصة الحقيقية ν.

6-3 : حساب عناصر المدار :