



GLI ELEMENTI KEPLERIANI

Per definire l'orbita di un Satellite sono richiesti sette numeri detti "elementi orbitali" del satellite oppure "elementi Kepleriani", dal nome di Johann Kepler (1571 - 1630). Questi numeri definiscono un'ellisse, la orientano rispetto alla Terra e collocano in un certo istante il satellite su di essa. Nel modello Kepleriano i satelliti orbitano su di una ellisse di forma ed orientamento costanti.

La realtà e' alquanto più complessa del modello Kepleriano ed occorre tenerne conto introducendo alcune correzioni.

Queste correzioni sono relative ad alcune perturbazioni dovute alle irregolarità del campo gravitazionale terrestre, all'influenza di altri corpi celesti e all'attrito sul Satellite causato dall'atmosfera.

Comunque i programmi attualmente in uso per il calcolo della posizione dei satelliti in base agli elementi kepleriani tengono conto di alcuni di questi fattori correttivi.

L'attrito (in inglese "DRAG") diventa un possibile ottavo elemento Kepleriano.

Gli elementi orbitali fondamentali sono:

- 1) EPOCH: epoca (data,ora,minuti,secondi)
- 2) ORBITAL INCLINATION: inclinazione dell'orbita rispetto al piano equatoriale
- 3) RIGHT ASCENSION OF ASCENDING NODE (RAAN): ascensione retta del nodo ascendente (posizione del piano orbitale rispetto allo spazio esterno)
- 4) ARGUMENT OF PERIGEE: argomento del perigeo (posizione dell'orbita sul suo piano orbitale)
- 5) ECCENTRICITY: eccentricità (da 0 a 1) 0 = circonferenza
- 6) MEAN MOTION: frequenza media (numero di orbite al giorno)
- 7) MEAN ANOMALY: anomalia media (posizione orbitale del satellite)
- 8) DRAG (DEKAY RATE opzionale): tasso di decadimento dovuto all'attrito

Per un eventuale ulteriore approfondimento sul significato degli elementi Kepleriani posso fornire una documentazione più completa.

Gli elementi Kepleriani si trovano espressi in due formati : NASA o AMSAT.

Di seguito due esempi di dati kepleriani riferiti allo stesso satellite e allo stesso istante nei due formati:

Esempio di formato AMSAT :

Satellite: Mir

Catalog number: 16609
Epoch time: 96 59.66666667
Element set: 432
Inclination: 51.6463 deg
RA of node: 312.7502 deg
Eccentricity: 0.0005820
Arg of perigee: 44.6254 deg
Mean anomaly: 45.8305 deg
Mean motion: 15.57637428 rev/day
Decay rate: 4.7040e-05 rev/day²
Epoch rev: 57293
Checksum: 316

Esempio di formato NASA : (detto anche su due linee o NORAD):

Mir

```
1 16609U 86017A 96059.66666667 .00004704 00000-0 69031-4 0 4322  
2 16609 51.6463 312.7502 0005820 44.6254 45.8305 15.57637428572938
```

Questi dati vanno poi inseriti nel computer tramite un programma di tracking (Es. InstatTrack o altri analoghi) per poter conoscere in tempo reale la posizione del satellite e quindi poter puntare le antenne e inseguirlo durante l'orbita.

E' quindi utile poter disporre di un sistema di inseguimento automatico in grado di mantenere puntate le antenne per tutto il tempo di acquisizione del satellite.

L'utilità di questo sistema e' tanto maggiore quanto più l'orbita e' bassa e la velocità relativa del satellite e' alta, in quanto questo costringerebbe a sempre più frequenti ritocchi del puntamento delle antenne al punto da non lasciare più tempo per l'utilizzo della radio.

Il NORAD (NORTH America Defence), o meglio (secondo la nuova denominazione), lo US Space Command e' responsabile nel tenere traccia di tutti i veicoli spaziali, attivi e non, e dei detriti in orbita calcolando per ognuno di essi elementi orbitali aggiornati.

I valori numerici forniti con questi elementi orbitali vanno usati con opportuni algoritmi sviluppati sempre dal NORAD che tengono conto non solo delle leggi della meccanica celeste per la predizione della traiettoria di un satellite, ma anche di effetti perturbativi dovuti all'azione del vento solare, alla resistenza aerodinamica delle tracce di atmosfera e alla non uniformità del campo gravitazionale terrestre.

Questi algoritmi derivano da noti modelli matematici noti con sigle tipo SGP4, SGP8, etc.) che ormai tutti i programmi di predizione, inseguimento e calcolo di effemeridi mettono in pratica.

I dati relativi ad ogni satellite vengono forniti su tre righe aventi un preciso formato descrivibile per colonna:

AAAAAAAAAAAAAAAAAAAAA

1 NNNNU NNNNAAA NNNNN.NNNNNNNN +.NNNNNNNN +NNNNN-N +NNNNN-N N
NNNNN

2 NNNNN NNN.NNNN NNN.NNNN NNNNNNN NNN.NNNN NNN.NNNN
NN.NNNNNNNNNNNNNN

- RIGA 0 (senza numero identificatore)

La prima riga contiene il nome del satellite lungo al più 22 caratteri (per consistenza con il catalogo NORAD SATCAT).

- RIGA 1 (numero 1 in prima colonna)

Colonna 01-01 : Numero di Riga.

Colonna 03-07 : Numero del satellite

Colonna 10-11 : Denominatore Internazionale: ultime due cifre dell'anno di lancio.

Colonna 12-14 : Denominatore Internazionale: numero progressivo di lancio dall'inizio dell'anno.

Colonna 15-17 : Denominatore Internazionale: numerazione del veicolo per lanci multipli.

Colonna 19-20 : Riferimento temporale elementi (Epoch Time): ultime due cifre dell'anno.

Colonna 21-32 : Riferimento temporale elementi (epoch Time): giorno giuliano e frazione di giorno.

Colonna 34-43 : Derivata prima del Moto Medio oppure Coefficiente Balistico (a seconda del tipo di effemeride).

Colonna 45-52 : Derivata seconda del Moto Medio (il punto decimale iniziale non e' riportato), campo nullo se il valore non e' disponibile.

Colonna 54-61 : Termine di attrito Bstar (B asterisco o B*) se e' usata la teoria generale delle perturbazioni (GP4), oppure coefficiente di pressione di radiazione; (il punto decimale iniziale non e' riportato).

Colonna 63-63 : Tipo di effemeride.

Colonna 65-68 : Numero dell'insieme di elementi orbitali.

Colonna 69-69 : Cifra di verifica di correttezza per la riga (checksum)
(somma modulo 10 delle cifre precedenti);

lettere, spazi, punti, segni + hanno valore 0, il segno - ha valore 1.

- RIGA 2 (numero 2 in prima colonna)

Colonna 01-01 : Numero di Riga.

Colonna 03-07 : Numero del satellite.

Colonna 09-16 : Inclinazione dell'orbita, in gradi.

Colonna 18-25 : Ascensione Retta del Nodo Ascendente, in gradi.

Colonna 27-33 : Eccentricita' dell'orbita (il punto decimale iniziale non e' riportato).

Colonna 35-42 : Argomento del Perigeo, in gradi.

Colonna 44-51 : Anomalia Media, in gradi.

Colonna 53-63 : Moto Medio, in rivoluzioni al giorno.

Colonna 64-68 : Numero orbita all'istante di riferimento (Epoch Time).

Colonna 69-69 : Cifra di verifica di correttezza per la riga
(somma modulo 10 delle cifre precedenti);

lettere, spazi, punti, segni + hanno valore 0, il segno - ha valore 1.

Tutte le colonne non espressamente descritte contengono caratteri prefissati oppure spazi.