

Treball final de grau

Estudi: Grau en Tecnologies Industrials

Títol: Regions de visió de cel profund des d'una òrbita al voltant del punt L2 del sistema Sol-Terra

Document: Resum

Alumne: Coral Vidal Peracaula

Tutor: Esther Barrabés Vera

Departament: Informàtica, Matemàtica Aplicada i Estadística

Àrea: Matemàtica aplicada

Convocatòria (mes/any): 06/2017

Resum Treball Final de Grau

La mecànica celeste és una branca de l'astronomia i la mecànica que estudia el moviment dels cossos celestes degut als efectes gravitatoris que exerceixen uns cossos sobre altres.

El punt L_2 del sistema Sol-Terra és un dels anomenats punts de Lagrange. Aquests punts són localitzacions en un sistema definit a l'espai on els efectes gravitatoris sobre un cos situat en aquest punt queden compensats per els diversos cossos del sistema.

En el punt L_2 del sistema Sol-Terra es troben els satèl·lits WMAP i Planck, i es preveu enviar el James Webb Space Telescope. Aquest lloc és ideal per a les observacions astronòmiques ja que queda amagat del Sol darrere la Terra i ofereix una visió clara per als telescopis de l'espai profund. El WMAP observa més d'un 30% del cel cada dia, incloent sempre els pols eclíptics.

L'objectiu d'un satèl·lit col·locat en el punt L_2 és observar el màxim rang de cel (o espai) profund. Prenent com a model aproximat el problema restringit de tres cossos RTBP, Sol-Terra-satèl·lit, aquestes missions acostumen a posicionar els satèl·lits en òrbites fora del pla de l'eclíptica (pla orbital de la Terra) seguint el que es coneix com a òrbites Halo. Aquestes formen una família d'òrbites de diferent període i amplitud.

L'objectiu d'aquest projecte és caracteritzar les regions de cel que pot observar un satèl·lit col·locat en el punt L_2 del sistema Sol-Terra depenent de l'amplitud de les òrbites recorregudes, i determinar quines són millors segons la regió que es vulgui observar.

Per estudiar el moviment del satèl·lit s'ha utilitzat el Problema Restringit dels Tres Cossos, que en aquest cas correspon a un sistema on només es té en compte el Sol, la Terra i el satèl·lit, la massa del qual es considera negligible. En aquest model, el Sol i la Terra, també anomenats cossos primaris, es mouen en òrbites circulars al voltant del seu centre de masses i exerceixen una força sobre el tercer cos mentre que aquest no té cap afectació sobre el moviment dels cossos principals. En aquest sistema és impossible trobar les solucions explícites i únicament es pot trobar una solució numèrica aproximada a partir d'una condició inicial.

Per exemple, és possible trobar les solucions estacionàries, els punts on el cos de massa menyspreable té velocitat i acceleració nul·les dins el sistema en rotació. Aquestes solucions són el que anomenem punts d'equilibri del sistema, i es defineixen com aquelles localitzacions dins el sistema en rotació on un cos de massa negligible afectat per l'acció gravitatòria de m_1 i m_2 pot romandre en estat estacionari. Aquests punts d'equilibri són

coneguts com els punts de Lagrange i en el RTBP en podem trobar cinc i es denominen punts de Lagrange. Distingirem aquests punts com L_1 , L_2 , L_3 , L_4 i L_5 .

El punt en el que es centra l'estudi de la dinàmica del satèl·lit en aquest treball és el L_2 . El motiu pel qual per aquest estudi hem col·locat el satèl·lit en el punt L_2 és que aquest ofereix uns avantatges per a les missions espacials que tenen com a objectiu visualitzar el cel profund. En aquesta situació la Terra es troba a una distància suficient com perquè l'ombra d'aquesta no privi el satèl·lit de la llum solar i que la intensitat de la llum solar no sigui suficient com per cegar-lo. Això és un punt fort ja que permet al satèl·lit alimentar-se de l'energia del Sol amb panells solars. Per altra banda, el fet de trobar-se fora l'ombra de la Terra i amb una exposició solar constant permet al satèl·lit mantenir una temperatura gairebé estable. Aquest fet pot ser interessant pels possibles instruments sensibles als canvis tèrmics que pot tenir el satèl·lit.

L'objectiu del projecte és explorar les regions de cel que pot observar un satèl·lit col·locat en una òrbita plana al voltant del punt L_2 del sistema Sol-Terra a la que se li donarà una empenta o alçada vertical, i determinar quines ofereixen un rang de visió major. Considerarem un model en el que el satèl·lit es mourà degut a l'acció gravitatòria del Sol i la Terra.

Per a dur a terme el treball, primer ens familiaritzarem amb el problema restringit de tres cossos (explicat a l'apartat 2.1). A partir d'unes condicions inicials properes al punt L_2 calculem les òrbites planes periòdiques per diferents nivells d'energia. Posteriorment, aplicant petites variacions en el desplaçament i la velocitat del terme z de les condicions inicials, calculem les òrbites verticals al voltant del punt L_2 , generades a partir de les òrbites periòdiques planes, i a partir d'aquestes explorem quina són les regions d'observació. Finalment analitzem en quins casos la regió explorada és major, i si queden regions fora de l'abast d'observació.

Analitzant els resultats, hem pogut calcular òrbites periòdiques planes simètriques al voltant del punt de Lagrange L_2 fins que la família se'ns inestabilitza massa com per continuar la família. Hem calculat òrbites periòdiques que arriben a una amplitud de fins a 100000 Km.

A continuació, per a cada una de les òrbites planes calculades s'introdueixen dos tipus de perturbació. En un cas, es prenen les mateixes condicions inicials que les òrbites planes i es canvia l'altitud. Aquest és un cas fictici ja que per col·locar el satèl·lit en el mateix punt i amb la mateixa velocitat però a una certa altitud faria falta algun tipus de dispositiu artificial. Tot i així l'estudiem per poder comparar i veure si s'obtingrien bons resultats. En l'altre cas, es prenen les mateixes condicions inicials i es canvia la velocitat inicial vertical. Aquesta

pertorbació és més factible ja que només representa encendre un motor del satèl·lit que li doni velocitat en la direcció vertical.

En el primer cas s'arriba a escanejar unes latituds del cel (representat en el treball com una esfera de radi 1) de fins a $\frac{\pi}{6}$ en l'exploració en què s'aplica una variació de major magnitud de la posició inicial. En el segon cas les latituds rastrejades arriben fins a $\frac{\pi}{30}$ quan apliquem una major variació de la velocitat inicial. Així podem concloure que la regió de cel que s'observa es major com més gran és la posició o velocitat inicial en la direcció z i dels dos casos, tot i ser un cas fictici, dona una rangs majors de visualització el cas en què el satèl·lit es comença a moure amb z inicial.

Malgrat no haver obtingut una visió total del cel s'ha aconseguit calcular unes òrbites verticals al voltant del punt de Lagrange L_2 a partir d'unes òrbites periòdiques planes obtingudes en un model Sol-Terra, les quals poden rastrejar, en el millor dels casos, un 30% del cel per un període. Això tenint en compte que els rangs de visió s'han obtingut agafant la direcció tangent de cada punt de l'òrbita sense tenir en compte l'angular de la càmera. Tampoc s'ha considerat introduir un motor de rotació en la càmera del satèl·lit ja que aquest podria suposar un pes excessiu per el cos en moviment i un manteniment periòdic.