الحركة في الإحداثيات المنحنية المتعامدة: تطبيقات على حركة الأقمار الصناعية المقلقة بمجال الجذب التفلطحى (J2) للأرض

باسمة فارس حميد الجهني

المشرفين:

أ.د/ محمد عادل شرف
د/ مجدى الصفطاوى

المستخلص

تم بفضل من الله استحداث تقنيات تحليلية وحسابية للمسألة الاستهلالية للفلك الديناميكي (لأول مرة) بصفة عامة في هذه الأطروحة وذلك باستخدام الإحداثيات المنحنية المتعامدة.
ولقد تم معالجة مسألة القيمة الاستهلالية من خلال صيغتين أساسيتين هما الإحداثيات والعناصر المدارية.
تم تشييد تعابير رمزية لمعادلات الحركة والعناصر المدارية لأي إحداثي منحنى متعامد للتكوينات التحليلية، أما للتكوينات الحسابية فقد تم تشيد خوارزميتان وهما:
1- خوارزمية حسابية للمسألة الاستهلالية لحركة الأقمار الصناعية تحت تأثير الجذب التفلطحى J2 للأرض وذلك باستخدام الإحداثيات المنحنية المتعامدة.
2- خوارزمية حسابية للعناصر المدارية الكلاسيكية لحركة الأقمار الصناعية تحت تأثير الجذب التفلطحى J2 للأرض وذلك باستخدام الإحداثيات المنحنية المتعامدة، وتعتبر حالة خاصة للحركة الكبلرية المطلقة.
طبقت هذه الخوارزميات لبعض المدارات مختلفة الإهليجية وذلك لدراسة مسألة التنبؤ النهائي ذات الأهمية القصوى في التهديف والتقاء مركبات الفضاء وكذلك في البحوث العلمية. ولقد كانت النتائج العددية دقيقة وملائمة جدا لتنبؤ الحالة النهائية للحركة المقلقة تحت تأثير الجذب التفلطحى J2 للأرض وأيضاً للحركة الكبلرية المطلقة.
بالإضافة إلى ذلك، بتطويع الخوارزميات الحسابية المستحدثة في الأطروحة توصلنا إلى الدقة المطلوبة باستخدام 70% (على الأكثر) من عدد الخطوات التي تستخدم للحصول على الحلول المرجعية. ونتيجة لذلك اصبح حجم الخطوة أكبرمما أدى إلى تقليل الأخطاء الحسابية.
واخيرا إن استعمال الإحداثيات المنحنية المتعامد أدى إلى ظهور خاصية رائعة في التكامل العددي للمعادلات التفاضلية وهى أن المتغيرات المحولة (u_1, u_2, u_3) تتغير تغيرا طفيف إذا ما قورنت بالتغير في الإحداثيات الديكارتية (x, y, z) ، مما يجعل التكامل العددي أكثر استقرارا.

مما يجب ذكره ايضاً إن بإستعمال الإحداثيات المنحنية المتعامدة تتغير المتغيرات المستقلة فقط وعليه تنتج تحويلات من الفضاء الديكارتي الثلاثي الأبعاد إلى فضاء آخر ثلاثي الأبعاد.

وأخيرا كمنتج ثانوي تم تطبيق الإحداثيات المنحنية المتعامدة في الديناميكا النجمية لإيجاد التعبيرات العامة الرمزية لمعادلة بولتزمان فى حالة عدم التصادم وقد ادرجت في الملحق A من الأطروحة.

MOTION IN ORTHOGONAL CURVILINEAR COORDINATES: APPLICATIONS TO J2 GRAVITY PERTURBED MOTION OF THE EARTH'S ARTIFICIAL SATELLITES

By

Basema Faris Hameed Al-Jehani

Supervisor:

1. **Prof. Mohammed Adel Sharaf**
2. **Dr. Majdy Al-Saftawy**

Abstract

In this thesis initial value problem for dynamical astronomy was established (to the first time) analytically and computationally using orthogonal curvilinear coordinates.

The initial value problem was treated with its two basic formations: coordinates and orbital elements.

For the analytical developments, expressions for the equations of motion, and the orbital elements were established symbolically for any orthogonal curvilinear coordinates. While for the computational developments, two algorithms were also established, which are:

1- Algorithm for the initial value problem of J2 gravity perturbed trajectories of the space dynamics in terms of orthogonal curvilinear coordinates.

2- Algorithm for the classical orbital elements for J2 gravity perturbed trajectories in terms of orthogonal curvilinear coordinates.

The spatial case of the pure Kepler motion is also considered

Applications of the algorithms for the problem of final state prediction which is important in targeting, rendezvous maneuvers as well for scientific researches, were illustrated by numerical examples of some test orbits of different eccentricities.

The numerical results are extremely accurate and efficient in predicting final state for J2 gravity perturbed trajectories as well as for the pure Kepler motion. Moreover, an additional efficiency of the algorithms is that, one can reach the desired accuracy using at most 70% of the number of steps that used for obtaining the reference final state solution. By this reduction, the step size becomes larger, hence minimizing the computational errors. Finally, the usage of the orthogonal curvilinear coordinates leads to a wonderful property which is, the variations of the transformed variables

(u_1, u_2, u_3) during the orbit are very small in comparison to the corresponding variations of rectangular variables (x, y, z), a property which produces more stable numerical integration procedure.

It should be mentioned that, by using orthogonal curvilinear coordinates the independent variables are only, changed which in turn produce transformations from three dimensional Cartesian space to another three dimensional space.

Finally, as a byproduct, general symbolic expressions for the collisionless Boltzmann equation of the stellar dynamics were also established and listed in Appendix A.