

УДК 520.88

Н. Лещук

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

МЕТОДИ МОНИТОРИНГУ ПОЛОЖЕННЯ ШТУЧНИХ СУПУТНИКІВ ЗЕМЛІ

UDC 520.88

N. Leshchuk

(Ternopil I.Pulyu National Technical University, Ukraine)

METHODS FOR POSITION MONITORING OF ARTIFICIAL EARTH SATELLITES

Моделі руху в космосі використовують інформацію поточного положення супутника для прогнозування майбутнього положення супутника. Як спрощений приклад, уявіть собі автомобіль, який рухається вниз по шосе. Якщо ми знаємо місце розташування та швидкість руху машини, ми можемо зробити точний прогноз, де буде знаходитися машина через годину. Аналогічно для супутників, якщо ми знаємо положення та швидкість тепер, ми можемо обґрунтовано здогадатися, де буде супутник у майбутньому. Однак супутник на своєму шляху зустрічає зрушення чи збурення, що ускладнює його рух. Ці збурення спричинені формою Землі (сферичними гармоніками), опором атмосфери, випромінюванням та впливом інших тіл (Сонця та Місяця).

Моделі руху потрібні, оскільки телескопів просто недостатньо, щоб спостерігати за всім небом одночасно. Таким чином, знаходиться позиція та швидкість об'єкта один раз, а потім використовується модель, щоб дізнатись, де він знаходитиметься в майбутньому, якщо коли-небудь доведеться знову знайти його.

В основі архітектури системи моніторингу лежать алгоритми розрахунку положення супутників, що носять загальну назву спрощені моделі збурень (СМЗ/SGP) - це набір із п'яти математичних моделей (SGP, SGP4, SDP4, SGP8 та SDP8), які використовуються для обчислення орбітальних векторів стану супутників та космічного сміття відносно орієнтованої на Землю інерціальної системи координат. Цей набір моделей часто називають SGP4 через частоту використання цієї моделі, особливо для дворядкових наборів елементів, вироблених NORAD та NASA.

Ці моделі прогнозують вплив збурень, спричинених впливом форми Землі, тягання, випромінювання та гравітації інших тіл, таких як Сонце та Місяць. Спрощені моделі загальних збурень (SGP) застосовуються до навколосемних об'єктів з орбітальним періодом менше 225 хвилин. Моделі спрощених глибинних космічних збурень (СДП) застосовуються до об'єктів з орбітальним періодом, більшим за 225 хвилин, що відповідає висоті 5877,5 км, якщо вважати кругову орбіту.

Моделі SGP4 та SDP4 були опубліковані разом з зразком коду в FORTRAN IV в 1988 році з уточненнями щодо оригінальної моделі для обробки більшої кількості об'єктів на орбіті з того часу. SGP8/SDP8 вніс додаткові вдосконалення для боротьби з орбітальним занепадом.

Модель SGP4 має похибку ~ 1 км в епоху і зростає на $\sim 1-3$ км в день. Ці дані часто оновлюються в джерелах NASA та NORAD через цю помилку. Оригінальна модель SGP була розроблена Козаєм в 1959 році, доопрацьована Hilton & Kuhlman в 1966 році і спочатку використовувалася Національним центром контролю за космічним спостереженням (а пізніше Мережею космічного спостереження США) для відстеження об'єктів на орбіті. Модель SDP4 в епоху має помилку 10 км.

Моделі з глибоким простором SDP4 і SDP8 використовують лише "спрощене перетягування" рівнянь. Точність тут не викликає особливого занепокоєння, оскільки корпуси супутників із високим перетягуванням не залишаються у "глибокому космосі" дуже довго, оскільки орбіта швидко стає нижчою та близькою до кругової. SDP4 також додає місячні — сонячні сили тяжіння до всіх орбіт і терміни резонансу Землі спеціально для цілодобових геостационарних та 12-годинних орбіт Молній.