

اختلالات مداری

و

دینامیک انتقالی ماهواره

مؤلفین:

مهندس علی عبدالکریمی خلجی - دکتر سیدحسین پورتاکدوست



NAGHOOS
PUBLICATION



پژوهشکده گروه منابع فضایی سازمان

سرشناسه : عبدالکریمی خلجی، علی، ۱۳۶۱-
عنوان و نام پدیدآور : اختلالات مداری و دینامیک انتقالی ماهواره / مؤلفین علی عبدالکریمی خلجی، سیدحسین پور تاکدوست؛ پژوهشکده گروه صنایع فضایی صایران.
مشخصات نشر : تهران: ناقوس، ۱۳۹۱.
مشخصات ظاهری : ۲۵۶ ص: مصور.
شابک : ۹۷۸-۹۶۴-۳۷۷-۵۵۹-۹ : بها : ۹۰۰۰۰ ریال
وضعیت فهرست نویسی : فیبا
یادداشت : کتابنامه: ص. ۲۵۳.
موضوع : ماهواره‌ها--مدارها
موضوع : ماهواره‌ها--دینامیک
شناسه افزوده : پور تاکدوست، سیدحسین
شناسه افزوده : شرکت صنایع الکترونیک ایران، پژوهشکده گروه صنایع فضایی
رده بندی کنگره : ۶۲۹.۴ : الفبا: TL۱۰۸۰/ع
رده بندی دیویی : ۶۲۹.۴
شماره کتابشناسی ملی : ۲۹۲۲۲۹۹



NACHOOS
PUBLICATION

www.nachospress.ir

انتشارات ناقوس

چاپ اول

نام کتاب : اختلالات مداری و دینامیک انتقالی ماهواره
ناشر : انتشارات ناقوس
مؤلفین : علی عبدالکریمی خلجی، سیدحسین پور تاکدوست
چاپ اول : ۱۳۹۱
تیراژ : ۱۰۰۰ جلد
لیتوگرافی : کلپا گرافیک
چاپ و صحافی : گنج شایگان
حروف نگار و صفحه آر: مریم رضائی
قیمت : ۹۰۰۰۰ ریال
شابک : ۹۷۸-۹۶۴-۳۷۷-۵۵۹-۹
ISBN : 978-964-377-559-9

این کتاب حقوق برای سرمایه‌گذار محفوظ است. تکثیر تمامی یا قسمتی از این اثر به صورت حرفه‌جینی یا چاپ مجدد جایز نیست. پلی‌کپی، فتوکپی و انواع دیگر چاپ ممنوع است و پیگرد قانونی دارد.

مراکز پخش:

۱- انتشارات ناقوس: میدان انقلاب، خیابان کارگر جنوبی، خیابان روانمهر، کوچه دولتشاهی، پلاک ۲

تلفن و فاکس: ۶۶۴۰۸۵۲۰ - ۶۶۴۰۱۷۹۸ - ۶۶۴۰۱۷۰۷۲ - ۶۶۴۶۶۷۹۳

۲- کتابفروشی الیاس: خیابان انقلاب، نبش فروردین تلفن: ۶۶۴۰۵۰۸۴

فهرست مطالب

۱۱	پیشگفتار مؤلفین
۱۳	فصل اول: تئوری پایه اختلافات
۱۳	۱-۱ مقدمه
۱۳	۲-۱ مدارهای بیضوی
۱۸	۳-۱ معادلات گاس
۲۵	۱-۳-۱ تغییر متغیر معادلات گاس
۲۵	۲-۳-۱ تغییرات a و e در اثر درگ براساس E
۲۷	۴-۱ معادلات اختلالی لاگرانژ
۲۳	۵-۱ روش کاول
۳۳	۱-۵-۱ الگوریتم تبدیل $\bar{r}, \bar{v}$ در دستگاه اینرسی به المان‌های مداری
۳۵	۲-۵-۱ الگوریتم تبدیل المان‌های مداری به $\bar{r}, \bar{v}$ در دستگاه اینرسی
۳۹	فصل دوم: اتمسفر
۳۹	۱-۲ اتمسفر و اثر آن بر ماهواره
۴۲	۱-۱-۲ الگوی پایه چگالی براساس قانون گازها
۴۴	۲-۱-۲ نیروهای آیرودینامیکی وارد بر ماهواره
۴۵	۳-۱-۲ ارزیابی ضریب درگ
۴۶	۱-۳-۱-۲ جریان مولکول آزاد
۴۷	۲-۳-۱-۲ ضریب درگ کره
۴۸	۳-۳-۱-۲ ضریب درگ دیگر هندسه‌ها
۴۸	۴-۱-۲ کاهش ضریب درگ در ارتفاع‌های پایین
۴۹	۵-۱-۲ ارزیابی سطح مقطع
۵۱	۶-۱-۲ رابطه پسا براساس سرعت نسبی نسبت به مرکز زمین
۵۴	۲-۲ الگوی اتمسفر متقارن
۵۵	۳-۲ الگوی اتمسفر غیرکروی
۵۶	۱-۳-۲ مدل چگالی هوا
۵۸	۲-۳-۲ تغییرات در ω
۶۰	۴-۲ الگوی اتمسفر براساس تغییرات H با ارتفاع
۶۳	۵-۲ الگوی اتمسفر براساس تغییرات چگالی بر اثر روز و شب (فعالیت‌های خورشیدی)
۶۶	۱-۵-۲ چگالی هوا براساس E
۷۱	۶-۲ اثر دوران اتمسفر بر چرخش صفحه مداری

- ۷۱ ۱-۶-۲ نیروی عمود بر صفحه مداری
- ۷۲ ۲-۶-۲ بادهای نصف‌النهاری (شمالی- جنوبی)
- ۷۷ **فصل سوم: تشعشعات و بادهای خورشیدی**
- ۷۷ ۱-۳ تشعشعات خورشیدی
- ۷۹ ۱-۱-۳ تابش مستقیم تشعشعات خورشیدی
- ۸۱ ۲-۲ آنالیز تابش مستقیم تشعشعات خورشیدی
- ۸۳ ۱-۲-۳ الگوی معادلات اختلالی بلیتز و کوک شامل اثر سایه
- ۸۶ ۲-۲-۳ معادلات اختلالی فاقد اثر سایه
- ۹۰ ۱-۲-۳ زاویه ورود و خروج سایه
- ۹۳ **فصل چهارم: اثر ناهمگنی و عدم کرویت زمین**
- ۹۳ ۱-۴ تئوری پتانسیل
- ۹۷ ۱-۱-۴ معادله لاپلاس
- ۱۰۳ ۲-۱-۴ مسأله مقدار ویژه
- ۱۰۶ ۳-۱-۴ معادله $R(r)$
- ۱۰۷ ۴-۱-۴ مجموع حل معادلات
- ۱۰۸ ۵-۱-۴ چند جمله‌ای لژاندر
- ۱۰۸ ۶-۱-۴ نتایج برای $P_n(x)$
- ۱۱۱ ۷-۱-۴ حل $\oplus$ برای $m \geq 0$
- ۱۱۲ ۲-۴ تابع پتانسیل جاذبی زمین
- ۱۱۲ ۱-۲-۴ تئوری الحاقی برای هارمونیک‌های کروی
- ۱۱۹ ۲-۲-۴ سری استاندارد
- ۱۲۲ ۱-۲-۲-۴ هارمونیک‌های منطقه‌ای
- ۱۲۴ ۲-۲-۲-۴ هارمونیک‌های تسرال- سکتورال
- ۱۲۸ ۳-۲-۴ تعامد هارمونیک‌های کروی
- ۱۳۰ ۴-۲-۴ شکل زمین
- ۱۳۵ ۵-۲-۴ زم‌نواره یک بیضی‌گون پخ
- ۱۳۷ ۳-۴ معادلات اختلالی ناشی از عدم کرویت زمین
- ۱۳۸ ۱-۳-۴ معادلات اختلالی لاگرانژ
- ۱۴۰ ۲-۳-۴ معادلات اختلالی گاس
- ۱۴۳ **فصل پنجم: اثر جاذبی جسم سوم**
- ۱۴۴ ۱-۵ تولید تابع پتانسیل جسم سوم
- ۱۴۸ ۱-۱-۵ توسعه اختلال جاذبی ماه- خورشید بر پایه دیدگاه کوزای-کافمن
- ۱۵۶ ۲-۵ معادلات اختلالی جسم سوم برپایه دیدگاه مؤلفه‌های نیرو
- ۱۵۶ ۱-۲-۵ تحلیل هندسی اثر اختلالی جسم سوم
- ۱۵۷ ۲-۲-۵ آنالیز حل اثر اختلال جسم سوم بر پایه مؤلفه‌های نیرو

فصل ششم: اثر نیروهای کوچک

- ۱۶۳ ۱-۶ کشش‌های زمینی
- ۱۶۳ ۱-۱-۶ نیروهای کششی چیستند
- ۱۶۴ ۲-۱-۶ بررسی اثر اختلالات بر پایه معادلات لاگرانژ
- ۱۷۰ ۱-۲-۱-۶ پتانسیل تغییر شکل جاذبی زمین
- ۱۷۱ ۲-۲-۱-۶ تابع پتانسیل اختلالی براساس المان‌های مداری
- ۱۷۵ ۳-۱-۶ بررسی اثر اختلالات بر پایه روش کاول
- ۱۷۶ ۲-۶ اثرات نسبت
- ۱۷۷ ۱-۲-۶ نسبت عام
- ۱۸۲ ۲-۲-۶ بررسی اثرات نسبت بر حرکت ماهواره‌های زمینی
- ۱۸۲ ۱-۲-۲-۶ بررسی اثر اختلالی نسبت بر پایه معادلات گاس
- ۱۸۷ ۲-۲-۲-۶ بررسی اثر اختلالی نسبت بر پایه معادلات لاگرانژ
- ۱۹۲ ۳-۲-۲-۶ بررسی اثر اختلالی نسبت بر پایه روش کاول
- ۱۹۴ ۳-۲-۶ اثر تابش غیرمستقیم تشعشعات خورشیدی از سمت زمین
- ۱۹۵ ۱-۳-۲-۶ الگوی اختلالی اثر تابش غیرمستقیم تشعشعات خورشیدی از سمت زمین
- ۱۹۵ ۴-۲-۶ اثر تابش مستقیم تشعشعات مادون قرمز
- ۱۹۵ ۵-۲-۶ اثر تابش غیرمستقیم تشعشعات مادون قرمز از سمت زمین
- ۱۹۶ ۳-۶ نیروهای یارکوفسکی
- ۱۹۷ ۱-۳-۶ مؤلفه نیرویی روزانه
- ۱۹۷ ۲-۳-۶ مؤلفه نیرویی فصلی

فصل هفتم: کاربرد اختلالات

- ۲۰۱ ۱-۷ اثر اتمسفر
- ۲۰۲ ۱-۱-۷ الگوریتم ۱ (Julian Date)
- ۲۰۴ ۲-۷ اثر تابش مستقیم خورشید
- ۲۰۹ ۳-۷ اثر ناهمگنی و عدم کرویت زمین
- ۲۱۱ ۴-۷ اثر جاذبی جسم سوم
- ۲۱۳ ۱-۴-۷ الگوریتم ۲ (افمری ماه)
- ۲۱۵ ۲-۴-۷ الگوریتم ۳ (افمری خورشید)
- ۲۱۹ ۵-۷ کشش‌های زمینی در اثر جاذبه ماه و خورشید
- ۲۲۴ ۶-۷ نسبت عام
- ۲۲۶ ۷-۷ تابش انعکاسی خورشید
- ۲۲۸ ۸-۷ اثر تجمعی اتمسفر و عدم کرویت زمین در مدار A

فصل هشتم: حداکثر تغییرات و تحلیل سهم اثر

- ۲۳۳ ۱-۸ حداکثر تغییرات المان‌های مداری
- ۲۳۵ ۲-۸ بررسی سهم اثر اختلالات در المان‌های مداری
- ۲۳۶ ۱-۲-۸ بررسی سهم اثر اختلالات در A

۲۳۸	۱-۱-۲-۸ جمع‌بندی اثر اختلالات در a
۲۳۸	۲-۲-۸ بررسی سهم اثر اختلالات در e
۲۴۰	۱-۲-۲-۸ جمع‌بندی اثر اختلالات در e
۲۴۱	۳-۲-۸ بررسی سهم اثر اختلالات در i
۲۴۳	۱-۳-۲-۸ جمع‌بندی اثر اختلالات در i
۲۴۳	۴-۲-۸ بررسی سهم اثر اختلالات در Ω
۲۴۵	۱-۴-۲-۸ جمع‌بندی اثر اختلالات در Ω
۲۴۶	۵-۲-۸ بررسی سهم اثر اختلالات در ω
۲۴۸	۱-۵-۲-۸ جمع‌بندی اثر اختلالات در ω
۲۴۸	۶-۲-۸ بررسی سهم اثر اختلالات در M
۲۵۰	۱-۶-۲-۸ جمع‌بندی اثر اختلالات در M
۲۵۳	منابع و مراجع

پیشگفتار مؤلفین

اختلالات مداری از مهمترین عوامل محیطی تأثیرگذار بر عملکرد یک ماهواره می‌باشند. این اثرات از طریق ایجاد یک شتاب اختلالی بر ماهواره و تغییر المان‌های مداری و همچنین با اعمال گشتاورهای اختلالی بر ماهواره، باعث می‌شوند تا دینامیک وضعیت ماهواره نیز دستخوش تغییرات شده و معادلات دینامیکی حرکت و وضعیت درگیر گردند. با بررسی اختلالات و مدل‌سازی آنها، می‌توان دینامیک انتقالی مدار را با دقت بالا بررسی نموده تا با شناخت انواع اختلالات وارده و سهم اثر هر کدام و میزان تغییرات المان‌ها، طراحی اولیه سیستم‌های کنترل مدار و انتخاب سنسورها را به گونه‌ای انجام داد تا مأموریت‌هایی که نیاز به دقت بالا دارند، همچون سنجش از دور، تلسکوپ‌های فضایی، مأموریت‌های ملاقات در فضا (Rendezvous)، جئو سنکرون (Geosynchronous)، جی‌پی‌اس (GPS)، سفرهای بین سیاره‌ای، انتقال مدار و... را با دقت موردنظر انجام داد. لذا این کتاب با هدف آشنایی با انواع اختلالات مداری و تئوری‌های تحلیل مربوطه و همچنین معادلات پایداری اختلالات از دیدگاه‌های مختلف، تألیف گردیده است. در این کتاب سعی شده است تا اثر غالب اختلالات در رفتار مداری بخصوص دینامیک انتقالی ماهواره مورد مطالعه قرار گیرد.

امید است با تألیف این کتاب گامی مؤثر در خصوص گسترش مرزهای علم و دانش و انتقال تجربیات عملی خود در بحث مدار و تحلیل مأموریت به محققین و پژوهشگران کشور عزیزمان برداشته باشیم.

در انتها جا دارد از جناب آقای دکتر اصغر ابراهیمی، ریاست محترم گروه صنایع فضایی صایران، جناب آقای دکتر سید مهدی موسوی بادجانی، ریاست پژوهشکده گروه صنایع فضایی و همچنین سایر عزیزانی که ما را در راستای تألیف این کتاب یاری نمودند تشکر و قدردانی نماییم.