





# G.P.S

اساس، مفاهيم، کاربردها

بر پایه نشریه «تکنیک‌شناسی G.P.S»  
اثر دانشگاه ملبورن و دپارتمان هوا فضاى استرالیا

ترجمه و هم‌افزایی:

بردیا نعمت‌نژاد

فارغ‌التحصیل رشته مهندسی ژئوماتیک از دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

۱۳۹۶

۵-۹۶/۵/۲۱

سرشناسه و نام پدیدآورنده:

عنوان کتاب:

موضوع:

مشخصات نشر:

مشخصات ظاهری:

تاریخ و نوبت چاپ: اول / ۱۳۹۶

## سر آغاز

در دنیای پر سرعت امروزه و از پی آن انتشار بی‌وقفه مقالات و جزوات علمی از یک سو و محدودیت اوقات و دسترسی به این همه اطلاعات تولیدی از سوی دیگر، پراکندگی شایعی را در عرصه علوم ایجاد کرده است، بدون شک برای هر دانش‌پژوهی وصال به کلیه اطلاعات، هدفی به غایت غامض و سنگین می‌نماید، از این رو بر آن شدم تا در این باب خدمتی در ابعاد وسعت خود برای همراهان علمی ایجاد کرده تا مورد توجه و عنایت کلیه مهندسان، کارشناسان، کاردanan در رشته موقعیت‌یابی و سایر رشته‌های مهندسی مرتبط قرار گیرد.

نگارش این کتاب با هدف‌گذاری در چندین موضوع پایه‌ریزی شده است که اهم آنان این چنین است:

- ۱- ارتقاء دانش عمومی مهندسی در علوم موقعیت‌یابی و ثبت اطلاعات مکانی.
- ۲- کمک به همکاران و تبادل اطلاعات در زمینه خدمات ماهواره‌ای در ابعاد جهانی.
- ۳- تنویر افکار عمومی علاقمند در تبیین علم تعیین موقعیت در عرصه زندگی روزمره.
- ۴- آگاهی عمومی کلیه کارشناسان و کاردanan و پژوهشگران در رشته‌های محوری و وابسته از علوم موقعیت‌یابی.

بدیهی است نگارش و انجام این کتاب بدون همیاری استادان و همنشین‌های علمیم میسر و ممکن نبود و در این باب خاضعانه دست یکایک این عزیزان را می‌فشارم که همواره با من بودند.

امید است در این دنیای پراکندگی اطلاعاتی این نوشته گامی باشد در ایجاد تمرکز و ریزینی در مسیر تحقیقاتی کلیه کاربران و دانش‌پژوهان این علم در کشور عزیزمان ایران.

**بر دیا نعمت نژاد**









# فهرست

## فصل اول: اساس و مفاهیم سیستم موقعیت یابی ماهواره‌ای G.P.S

- ۱-۱ اساس و مفاهیم - کاربردهای علمی ..... ۳
- ۱- مقدمه ..... ۳
- ۲- طراحی یک سیستم موقعیت یابی ماهواره‌ای ..... ۴
- ۳- مفاهیم برای دستیابی به یک سیستم تعیین موقعیت ماهواره‌ای ..... ۶
- الف. پیامدهای استراتژیک استقرار ماهواره‌ای ..... ۷
- ب. پیامدهای سطوح مقایسه ژئودتیک (Datum) ..... ۸
- ج. تسلیم داده‌های کنترل زمینی ..... ۸
- د. پی‌آمدهای اندازه‌گیری ماهواره‌ها ..... ۹
- هـ. مفاهیم پیامدها در دریافت موقعیت ..... ۹
- و. اساس موقعیت یابی ..... ۱۰
- ز. تعیین موقعیت مطلق ..... ۱۰
- ح. تعیین موقعیت نسبی ..... ۱۲
- ط. مشاهدات فرا زمینی ..... ۱۴
- ۱-۲- ملزومات سیستم ..... ۱۵
- ۱-۲-۱- موقعیت یابی ماهواره‌ای با نقطه‌نظرهای زیر ایده‌آل می‌باشد. ..... ۱۵
- ۱-۳- سیستم‌های پیکربندی ..... ۱۵
- ۱-۳-۱- دید و در دسترس بودن ماهواره ..... ۱۶
- (۱) دور گردش: ..... ۱۶
- (۲) ردیابی زمینی ..... ۱۷
- (۳) الگوی تکرار ..... ۱۷
- (۴) افق ایستگاهی (دایره دید) ..... ۱۷
- (۵) آزیموت و ارتفاع ماهواره ..... ۱۷
- ۱-۳-۲- دیتوم ماهواره ..... ۱۸
- ۱-۳-۳- حرکت زمین در فضا و ترانسفورمسیون سیستم مرجع ..... ۲۰
- ۱-۳-۴- اطلاعات نجومی ماهواره ..... ۲۶

- ۲۸..... ۴-۱- تکنولوژی اندازه‌گیری.....
- ۲۹..... ۴-۱-۱- دامنه یک‌طرفه و دامنه دو طرفه.....
- ۳۰..... ۴-۱-۲- دامنه و اندازه‌گیری تفاوت دامنه‌ها.....
- ۳۱..... ۴-۱-۳- زمان ارسال.....
- ۳۲..... ۵-۱- برنامه‌ریزی اهداف موقعیت‌یابی:.....
- ۳۳..... ۵-۱-۱- تعیین موقعیت به وسیله‌ی فاصله تا ماهواره‌ها.....
- ۳۳..... ۶-۱- نمای کلی - ویژگی‌های اساسی.....
- ۳۳..... ۶-۱-۱- پیکربندی سیستم.....
- ۳۴..... ۶-۱-۲- تکنولوژی ماهواره.....
- ۳۴..... ۶-۱-۳- تکنولوژی اندازه‌گیری.....
- ۳۵..... ۷-۱- دامنه‌های تحت‌تأثیر و مطرح:.....
- ۳۵..... ۷-۱-۱- مقدمه.....
- ۳۶..... ۷-۱-۲- رفتار ساعت ماهواره، فرکانس و ثبات زمان.....
- ۳۸..... ۷-۱-۳- حوزه خطاهای پراکندگی (BIASED RANGES).....
- ۳۸..... محدوده پراکندگی در گیرنده‌ها.....
- ۳۹..... ۸-۱- محدوده پراکندگی در ماهواره.....
- ۴۰..... ۹-۱- ابهام دامنه‌ها.....
- ۴۱..... ۱۰-۱- هدف‌گذاری موقعیت‌یابی.....
- ۴۱..... ۱۰-۱-۱- اساس هندسه طرح.....
- ۴۲..... ۱۰-۱-۲- خطوط و سطوح موقعیت.....
- ۴۵..... ۱۰-۱-۳- موقعیت‌یابی دامنه تأثیرات گیرنده‌ها.....
- ۴۷..... واریانس آلاو (Allau Variance Graph).....
- ۴۸..... ۱۱-۱- انحرافات در بردهای گیرنده - اختلاف موقعیت‌های دریافت شده.....
- ۴۹..... ۱۱-۱-۱- انحرافات در برد اندازه‌گیری ماهواره‌ها.....
- ۵۰..... ۱۱-۱-۲- موقعیت‌یابی و اختلاف (Biase Range) ماهواره.....
- ۵۱..... ۱۱-۱-۳- ابهام در موقعیت‌یابی Range.....
- ۵۲..... ۱۱-۱-۴- اختلاف برد در بردهای مبهم.....
- ۵۳..... ۱۱-۱-۵- اشارات اجمالی (SUMMARY REMARKS).....
- ۵۴..... ۱۱-۱-۶- تأثیرات ناشی از هندسه ماهواره‌ها.....

## فصل دوم: (GLOBAL POSITIONING SYSTEM)

### سیستم ناوبری هوایی به نام موقعیت‌یابی جهانی

- ۶۱-۲-۱- جی پی اس چیست؟..... ۶۱
- خواص:..... ۶۱
- پیدایش و توسعه G.P.S..... ۶۲
- ۲-۲- چرا یک سیستم موقعیت‌یابی ماهواره‌ای؟..... ۶۴
- ۲-۳- مقدمه‌ای برای G.P.S و با عنوان «سیستم موقعیت‌یابی ماهواره پایه»..... ۶۶
- «GLONASS»..... ۶۶
- «STARFIX»..... ۶۶
- ۲-۴- تکنولوژی پیشرفته راهبری G.P.S..... ۶۷
- ۲-۴-۱- قابلیت اطمینان سیستم فضایی..... ۶۷
- ۲-۴-۲- تکنولوژی ساعت‌های اتمی..... ۶۷
- ۲-۴-۳- تکنولوژی نوسان ساز کریستال کوارتز..... ۶۸
- ۲-۴-۴- ردیابی دقیق ماهواره و تعیین مدار..... ۶۸
- ۲-۴-۵- طیف گسترده تکنولوژی (فناوری)..... ۶۹
- ۲-۴-۶- فن‌آوری مدارات مجتمع I.C در مقیاس‌های بزرگ..... ۶۹
- ۲-۵- زمان G.P.S و سیستم مرجع فضایی..... ۶۹
- ۲-۵-۱- موقعیت فضایی مختصات (DATUM) یا سیستم‌های مرجع..... ۶۹
- ۲-۵-۲- سیستم مرجع زمان..... ۷۰
- سیستم WGS ۱۹۸۴ (سیستم ژئودزی جهانی)..... ۷۰
- ۲-۶- ویژگی‌ها..... ۷۰
- سیستم و قاب زمینی بین‌المللی مرجع..... ۷۳
- ۲-۷- مؤلفه‌های سیستم G.P.S..... ۷۴
- ۲-۷-۱- بخش فضایی..... ۷۵
- ۲-۷-۲- بخش کنترل..... ۷۵
- ۲-۷-۳- بخش کاربر..... ۸۲
- ۲-۸- کاربردهای G.P.S..... ۸۳
- کاربردهای زمینی:..... ۸۴
- کاربردهای هوایی:..... ۸۵

- ۸۵..... عملیات دریایی:.....
- ۸۶..... کاربردهای فضایی:.....
- ۸۶..... کاربردهای نظامی:.....
- ۸۷..... ۲-۳-۲ نقشه برداری ماهواره‌ای G.P.S.....
- ۸۷..... آیا دقت نسبی بالا می‌باشد؟.....
- ۹۰..... کاربردهای نقشه برداری زمینی برای G.P.S.....
- ۹۱..... مزایای G.P.S بر پایه متدهای نقشه برداری مناسب عرفی.....
- ۹۲..... معایب نقشه برداری G.P.S.....
- ۹۴..... توصیه‌های افزون تر.....
- ۹۵..... ۲-۴-۱ عوامل مؤثر بر دقت G.P.S.....
- ۹۵..... ۲-۴-۲ خطاها و جنس اندازه‌گیری‌ها.....
- ۹۶..... ۲-۴-۳ اندازه‌گیری‌های دقت موقعیت‌یابی نقطه در G.P.S.....
- ۹۹..... ۲-۴-۴ نمایش و ارائه دقت موقعیت‌یابی نسبی.....
- ۹۹..... دقت کاراکتریستیک موقعیت‌یابی تفاضلی (Differential Positioning).....

### فصل سوم: ساختار سیگنال‌های ماهواره‌ای G.P.S

- ۱۰۵..... ۳-۱- ساختار سیگنال‌های ماهواره‌ای G.P.S.....
- ۱۰۶..... ۳-۱-۱ موج‌های حامل (L-Band).....
- ۱۰۸..... ۳-۱-۲ کد فاصله آزمای PRN که در فاصله‌یابی همواره مورد استفاده قرار می‌گیرد.....
- ۱۰۹..... ۳-۱-۳ پیام‌های ناوبری:.....
- ۱۱۰..... ۳-۲ چرا سیگنال‌ها پیچیده هستند.....
- ۱۱۰..... ۱- سیستم چند کاربره:.....
- ۱۱۰..... ۲- موقعیت‌یابی زمان واقعی یا REAL TIME.....
- ۱۱۱..... ۳- موقعیت‌یابی با دقت بالا.....
- ۱۱۱..... ۴- به کارگیری سیستم مطمئن ضد نارسایی یا (Anti Jumping).....
- ۱۱۱..... ۵- کاربران نظامی و غیرنظامی.....
- ۱۱۱..... ۳-۳ سیگنال‌های انتقالی به زمین (فرارسانی سیگنال‌ها).....
- ۱۱۲..... ۳-۳-۱ اصلاح و ترمیم دو به دو کدها (Binary).....
- ۱۱۳..... ۳-۳-۲ مدولاسیون کلید انتقال فاز دوگانه: BPSK.....

۱۱۶	۳-۴-اندازه‌گیری‌های G.P.S
۱۱۶	۳-۴-۱- عملیات گیرنده G.P.S
۱۱۸	۳-۴-۲- اندازه‌گیری شبه طول یا Pseudo-Range
۱۱۸	طول‌یابی با کدهای P.R.N
۱۲۱	۳-۴-۳- احیاء کدهای P.R.N از محاسبه سیگنال‌های دریافتی
۱۲۳	۳-۴-۴- استخراج شبه طول Extraction Of Pseudo-Range
۱۲۴	۳-۴-۵- اندازه‌گیری‌های فاز موج حامل
۱۲۶	۳-۵- پیغام‌های ناوبری (G.P.S)
۱۲۷	ویژگی‌های پیام و محتوای آن
۱۲۸	۳-۶- اطلاعات خطای ساعت ماهواره
۱۲۹	۳-۳-۳- توزیع و پخش داده‌های نجومی (Ephemeris Data)
۱۳۲	۳-۳-۴- مدل یونسفریک

### فصل چهارم: اجزاء و نقش گیرنده‌ها

۱۳۵	۴-۱- اجزاء و نقش گیرنده‌ها
۱۳۵	۱- آنتن و تقویت کننده اولیه
۱۳۵	۲- کامپیوتر و بخش رادیوفرکانس
۱۳۶	۳- واحد ارتباط یا کنترل
۱۳۶	۴- دستگاه ثبت یا Recording Devices
۱۳۷	۵- منبع انرژی POWER SUPPLY
۱۳۷	۴-۲-۱- سخت‌افزار G.P.S برای نقشه‌برداری
۱۳۸	۴-۲-۲- ویژگی‌های سخت‌افزاری G.P.S
۱۴۰	۴-۲-۳- برخی نیازهای سخت‌افزاری
۱۴۰	۴-۳- ویژگی‌های یک فرکانس و دو فرکانس
۱۴۱	۴-۴- معیارهای انتخاب یک گیرنده GPS برای کاربری در نقشه‌برداری
۱۴۳	۴-۵- نرم‌افزار نقشه‌برداری G.P.S
۱۴۵	۴-۵-۲- نظریات در برنامه‌ریزی نرم‌افزار
۱۴۷	۴-۶- آزمایش سیستم‌های نقشه‌برداری G.P.S

- ۱- آزمون کالیبراسیون (Calibration Test) ..... ۱۴۹
- ۲- آزمون صدور گواهینامه (گواهی صلاحیت) (Certifying Test) ..... ۱۵۰
- ۳- آزمون تحقیقات و بررسی (Investigative Test) ..... ۱۵۰

### فصل پنجم: نقشه برداری G.P.S در مقابل ناوبری G.P.S

- ۱-۵- نقشه برداری G.P.S در مقابل ناوبری G.P.S ..... ۱۵۳
- ویژگی‌های نقشه برداری G.P.S و ناوبری G.P.S ..... ۱۵۳
- ۲-۵- روند افزایش در کاربردهای G.P.S ..... ۱۵۵
- نگرش‌های کلی ..... ۱۵۵
- ۱-۲-۵- نگاه آتی ناوبری کاربردی جی پی اس G.P.S ..... ۱۵۵
- ۲-۲-۵- نگاه آتی نقشه برداری کاربردی جی پی اس G.P.S ..... ۱۵۶
- ۳-۵- تراز یابی G.P.S ..... ۱۵۷
- ۴-۵- ژئودزی G.P.S ..... ۱۵۷

### فصل ششم: سیستم‌های موقعیت یابی پس از G.P.S

GLONASS .....	161
GALILEO .....	184
In-Orbit Validation (IOV) satellites .....	198
BEIDOU/ COMPASS .....	202
INDIAN REGIONAL NAVIGATIONAL STELLITE SYSTEM .....	216
(QZSS) Quasi-Zenith Satellite System .....	220
DORIS.....	224