

بِسْمِ

اللَّهِ

الرَّحْمَنِ

الرَّحِيمِ



۱۳۷۹ / ۷ / ۲۵

مرکز اطلاعات و کتابخانه ملی ایران  
تعمیرات

**دانشگاه تهران**

**دانشکده فنی**

**عنوان پایان نامه:**

استفاده از مدل‌های جهانی جاذبی در تعیین  
ژئوئید و تصحیحات توپوگرافی

**نگارش:**

حسین مهدوی پور

۱۵ ۳۸۹

**استاد راهنما:**

دکتر حسین نهاوندچی

پایان نامه برای دریافت درجه

کارشناسی ارشد در

رشته عمران نقشه برداری (گرایش ژئودزی)

شهریور ۱۳۷۹

۳۳۲۸۹

## عنوان پایان نامه :

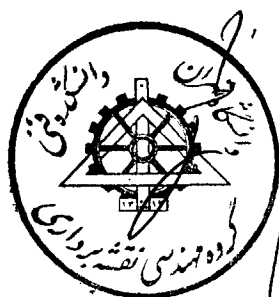
### استفاده از مدل‌های جهانی جاذبی در تعیین ژئوئید و تصحیحات توپوگرافی

پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد

در رشته عمران نقشه برداری (گرایش ژئودزی)

از این پایان نامه در تاریخ ۱۶ / ۶ / ۷۹ در حضور هیئت داوران

دفاع بعمل آمده و مورد تصویب قرار گرفت .



مدیر گروه آموزشی: فرهاد صمدزادگان

استاد راهنما: دکتر حسین نهاوندچی

سرپرست تحصیلات تکمیلی گروه: دکتر محمودرضا دلاور

هیئت داوران:

دکتر مهدی نجفی علمداری

مهندس محمد علی شریقی

## چکیده:

برای محاسبه ارتفاع ژئوئید با استفاده از انتگرال استوکس لازم است که انامولی پتانسیل خارج از مرز (که همان ژئوئید می باشد) هارمونیک باشد و این کار در صورتی انجام می گیرد که هیچ گونه جرمی بیرون ژئوئید وجود نداشته باشد. به همین جهت توسط تصحیح مستقیم توپوگرافی جرم بالای ژئوئید را بر روی آن فشرده می نمایند، که می تواند توسط دو مین روش فشرده سازی هلمرت صورت گیرد تا رابطه استوکس برای محاسبه ارتفاع ژئوئید قابل حل باشد. پس از محاسبه ارتفاع ژئوئید لازم است که تصحیح ناشی از این فرض که جرم بالای ژئوئید روی آن فشرده شده است را به ارتفاع ژئوئید حاصله اعمال نمائیم (تصحیح غیرمستقیم توپوگرافی).

این دو تصحیح به روشهای گوناگون قابل محاسبه می باشند. در این پایان نامه روش محاسبه آنها را با استفاده از ضرایب هارمونیکهای کروی ارتفاعات تا توان دوّم و سوّم مورد بررسی قرار داده ایم.

با توجه به محاسبات انجام شده، در منطقه مورد آزمایش اعمال تصحیح مستقیم توپوگرافی بر روی ژئوئید حاصل از مدل جهانی EGM96 باعث نزدیک شدن ۳۳ سانتیمتری (بطورمتوسط) این ژئوئید به ژئوئید حاصل از ترازیبی - GPS می گردد و اعمال تصحیح مستقیم و غیرمستقیم توپوگرافی، باعث نزدیک شدن ۴۳ سانتیمتری (بطورمتوسط) به ژئوئید حاصل از ترازیبی - GPS می گردد.

در ضمن در این منطقه بکارگیری ضرایب هارمونیکهای کروی مربوط به توان سوّم ارتفاعات تاثیر زیادی در بهبود نتایج نداشته اند.

ارتفاع ژئوئید محاسبه شده در حالات مختلف بکارگیری ضرایب هارمونیکهای کروی و استفاده از توان دوّم و سوّم ارتفاعات ، با ژئوئید حاصل از ترازیبی - GPS (به عنوان کم خطاترین روش تعیین ژئوئید) و ژئوئید جاذبی (جهت برآورد اختلاف بین ژئوئید جاذبی و ژئوئید حاصل از مدل جهانی EGM96) مقایسه شده و نتایج در فصل محاسبات آورده شده اند. در این مقایسه تاثیر بکارگیری تصحیح مستقیم و غیرمستقیم توپوگرافی در نزدیک کردن ژئوئید به ژئوئید حاصل از ترازیبی - GPS در هر دو روش (روش جاذبی و روش استفاده از مدل EGM96) به یک میزان می باشد یعنی در هر دو روش اعمال تصحیح مستقیم و غیر مستقیم توپوگرافی نسبت به حالت قبل از اعمال آن باعث می شود که هر دو روش به یک میزان به ژئوئید حاصل از ترازیبی - GPS نزدیک گردند ولی با این تفاوت که کلیه مقادیر محاسبه شده برای ژئوئید محاسبه شده از مدل جهانی جاذبی EGM96 ۵۲ سانتیمتر بیشتر از ژئوئید جاذبی با ژئوئید حاصل از ترازیبی - GPS تطابق دارد.

در این پایان نامه ارتفاع ژئوئید با استفاده از روش انامولی ارتفاعی با بکارگیری هارمونیکهای کروی نیز محاسبه گردیده و تصحیحات لازم به آن اعمال شده است. با توجه به محاسبات انجام شده در منطقه آزمون مربوطه این ژئوئید بیشترین تطبیق را با ژئوئید حاصل از ترازیبی - GPS داشته و بنابراین بهترین روش تعیین ژئوئید در این منطقه شناخته می شود. میانگین اختلافات ارتفاع ژئوئید محاسبه شده توسط این روش با روش ترازیبی - GPS ۳۸ سانتیمتر با خطای ۱۳ سانتیمتر محاسبه گردیده که کمتر از میزان آن در روشهای دیگر می باشد. در پایان لازم به ذکر است که گرفتن نتایج کلی تر نیازمند داشتن اطلاعات گسترده در سطح جهانی می باشد.

## تقدیر و تشکر:

شکر و سپاس می‌گزارم خدایی را که به انسان نعمت عقل بخشید و بوسیله این موهبت بزرگ او را بر سایر خلائق برتری داده و لایق انجام تکلیف الهی گردانید. از خداوند متعال خواستاریم که ما را موفق به انجام وظیفه خود در ایام زندگانی بفرماید. پس از حمد الهی، بر خود لازم می‌دانم که از استاد گرانقدر خود جناب آقای دکتر نهاوندچی که در تهیه مراحل مختلف این پایان نامه اینجانب را یاری فرمودند تشکر و سپاسگزاری نمایم. همچنین از کلیه دوستان و مسؤولین گروه نقشه برداری و مرکز کامپیوتر که در تسریع انجام محاسبات و حصول نتایج برای این پایان نامه کوشش نمودند قدردانی می‌نمایم.

## فهرست مطالب

صفحه

عنوان

چکیده ..... یک

تقدیر و تشکر ..... سه

فهرست مطالب ..... چهار

فهرست جداول ..... هفت

فهرست شکل ها ..... یازده

فصل اول : مقدمه ..... ۱

فصل دوّم : ژئوئید و روش های تعیین آن ..... ۴

۱-۲- روش جاذبی (کلاسیک) تعیین ژئوئید با استفاده از رابطه استوکس ..... ۶

۲-۲- تعیین ژئوئید با استفاده از مدل های جهانی میدان ثقل زمین ..... ۹

۲-۳- تعیین ژئوئید با روش تراز یابی - GPS ..... ۱۰

فصل سوم: محاسبه ژئوئید از مدل‌های جهانی جاذبه ..... ۱۴

۳-۱- محاسبه ضرایب مجهول در مدل‌های ژئوپتانسیل ..... ۱۷

۳-۲- استفاده از مدل‌های جاذبی - ماهواره‌ای برای تعیین ژئوئید جهانی .. ۲۰

۳-۳- استفاده از مدل‌های جاذبی - ماهواره‌ای برای تعیین ژئوئید محلی .. ۲۵

فصل چهارم: تعیین ارتفاع ژئوئید با استفاده از آنامولی ارتفاعی و بابت‌گیری ضرایب

میدان پتانسیل زمین ..... ۲۸

۴-۱- مبانی محاسباتی بدست آوردن ارتفاع ژئوئید توسط آنامولی ارتفاعی ۲۹

۴-۲- اجرای مراحل محاسباتی ..... ۳۲

فصل پنجم: تصحیحات توپوگرافی بر روی مدل‌های جهانی جاذبه ..... ۳۴

۵-۱- روش هارمونیک‌های کروی برای محاسبه اثر مستقیم توپوگرافی .... ۳۸

۵-۲- روش هارمونیک‌های کروی برای محاسبه اثر غیرمستقیم توپوگرافی ... ۴۲

فصل ششم: محاسبات ..... ۴۵

۶-۱- منطقه آزمون ..... ۴۵

۶-۲- محاسبه ارتفاع ژئوئید با استفاده از ضرایب هارمونیک‌های کروی

و تصحیحات لازم ..... ۴۹



۴۹ ..... ۱-۲-۶- محاسبه تصحیح مستقیم توپوگرافی

۵۹ ..... ۲-۲-۶- محاسبه تصحیح غیرمستقیم توپوگرافی

۶۷ ..... ۳-۲-۶- مقایسه با ژئوئید جاذبی

۷۱ ..... ۳-۶- محاسبه ارتفاع ژئوئید با استفاده از انامولی ارتفاعی

۸۹ ..... فصل هفتم: نتایج و پیشنهادات

۸۹ ..... ۱-۷- نتایج

۹۲ ..... ۲-۷- پیشنهادات

۹۳ ..... مراجع

۹۹ ..... چکیده انگلیسی

۱۰۱ ..... صفحه عنوان انگلیسی

## فهرست جداول

### صفحه

### عنوان

- جدول ۱-۶: مقادیر آماری مربوط به تصحیح مستقیم توپوگرافی توسط  
ضرایب مربوط به توان دوّم ارتفاعات ..... ۵۱
- جدول ۲-۶: مقادیر آماری مربوط به تصحیح مستقیم توپوگرافی توسط  
ضرایب مربوط به توان دوّم و سوّم ارتفاعات ..... ۵۱
- جدول ۳-۶: مقادیر آماری مربوط به اختلاف بین ژئوئید بدون اعمال  
تصحیحات و ژئوئید حاصل از ترازیبی - GPS ..... ۵۳
- جدول ۴-۶: مقادیر آماری مربوط به اختلاف بین ژئوئید تصحیح شده با  
باصحیح مستقیم توپوگرافی توسط ضرایب مربوط به توان دوّم ارتفاعات  
و ژئوئید حاصل از ترازیبی - GPS ..... ۵۵
- جدول ۵-۶: مقادیر آماری مربوط به اختلاف بین ژئوئید تصحیح شده با  
تصحیح مستقیم توپوگرافی توسط ضرایب مربوط به توان دوّم و سوّم  
ارتفاعات و ژئوئید حاصل از ترازیبی - GPS ..... ۵۸

جدول ۶-۶: مقادیر آماری مربوط به تصحیح غیرمستقیم توپوگرافی توسط

ضرایب مربوط به توان دوم ارتفاعات ..... ۵۹

جدول ۶-۷: مقادیر آماری مربوط به تصحیح غیرمستقیم توپوگرافی توسط

ضرایب مربوط به توان دوم و سوم ارتفاعات ..... ۶۰

جدول ۶-۸: مقادیر آماری مربوط به اختلاف بین ژئوئید تصحیح شده با

تصحیح مستقیم و غیر مستقیم توپوگرافی توسط ضرایب مربوط به توان دوم

ارتفاعات و ژئوئید حاصل از ترازبایی - GPS ..... ۶۲

جدول ۶-۹: مقادیر آماری مربوط به اختلاف بین ژئوئید تصحیح شده با

تصحیح مستقیم و غیر مستقیم توپوگرافی توسط ضرایب مربوط به توان دوم

و سوم ارتفاعات و ژئوئید حاصل از ترازبایی - GPS ..... ۶۴

جدول ۶-۱۰: مقادیر آماری مربوط به اختلاف بین ژئوئید تصحیح شده با

تصحیح غیر مستقیم توپوگرافی توسط ضرایب مربوط به توان دوم و سوم

ارتفاعات و ژئوئید حاصل از ترازبایی - GPS ..... ۶۵

جدول ۶-۱۱: مقادیر آماری مربوط به اختلاف بین ژئوئید تصحیح شده با

تصحیح مستقیم توپوگرافی توسط ضرایب مربوط به توان دوم ارتفاعات و

ژئوئید جاذبی ..... ۶۷

جدول ۶-۱۲: مقادیر آماری مربوط به اختلاف بین ژئوئید تصحیح شده با

تصحیح مستقیم توپوگرافی توسط ضرایب مربوط به توان دوم و سوم

ارتفاعات و ژئوئید جاذبی ..... ۶۷

جدول ۶-۱۳: مقادیر آماری مربوط به اختلاف بین ژئوئید تصحیح شده با

تصحیح مستقیم و غیر مستقیم توپوگرافی توسط ضرایب مربوط به توان دوم

ارتفاعات و ژئوئید جاذبی ..... ۶۸

جدول ۶-۱۴: مقادیر آماری مربوط به اختلاف بین ژئوئید تصحیح شده با

تصحیح مستقیم و غیر مستقیم توپوگرافی توسط ضرایب مربوط به توان دوم

و سوم ارتفاعات و ژئوئید جاذبی ..... ۶۸

جدول ۶-۱۵: مقادیر آماری مربوط به اختلاف بین ژئوئید تصحیح نشده با

ژئوئید جاذبی ..... ۷۰

جدول ۶-۱۶: مقادیر آماری مربوط به انامولی های ارتفاعی ایستگاه های

منطقه آزمون (A2) در حالات مختلف بکارگیری ضرایب هارمونیکهای کروی

میدان پتانسیل زمین ..... ۷۲

جدول ۶-۱۷: مقادیر آماری مربوط به اختلاف بین انامولی ارتفاعی و ژئوئید

حاصل از ترازابی - GPS در منطقه آزمون A2 ..... ۷۴

جدول ۶-۱۸: مقادیر آماری مربوط به تصحیحاتی که بر روی انامولی ارتفاعی

در دو منطقه آزمون  $(A1, A2)$  با  $(n=360)$  اعمال می‌گردد ..... ۸۱

جدول ۶-۱۹: مقادیر آماری مربوط به ارتفاع ارتومتریک مربوط به دو

منطقه آزمون  $(A1, A2)$  ..... ۸۱

جدول ۶-۲۰: مقادیر آماری مربوط به اختلافات ژئوئید بدست آمده از روش

ترازیابی - GPS و ژئوئید بدست آمده از انامولی ارتفاعی تصحیح شده با

$[n=360]$  در منطقه آزمون A2 ..... ۸۲

جدول ۶-۲۱: مقادیر آماری مربوط به اختلاف بین ژئوئید حاصل از

ترازیابی - GPS با ژئوئید حاصل از روشهای زیر در منطقه

آزمون A2 ..... ۸۴

## فهرست شکل‌ها

### صفحه

### عنوان

- شکل ۶-۱- منحنی میزان مربوط به ارتفاع ارتومتریک ایستگاههای واقع در منطقه آزمون A2 ..... ۴۶
- شکل ۶-۲- منحنی میزان مربوط به ارتفاع ژئوئید ایستگاههای واقع در منطقه آزمون A2 باروش ترازیبی - GPS ..... ۴۷
- شکل ۶-۳- منحنی میزان مربوط به تصحیح مستقیم توپوگرافی ایستگاههای واقع در منطقه آزمون A2 بااستفاده از ضرایب مربوط به توان دوّم و سوّم ارتفاعات ..... ۵۱
- شکل ۶-۴- منحنی میزان مربوط به ارتفاع ژئوئید حاصل از مدل جهانی EGM96 بدون اعمال تصحیحات در منطقه آزمون A2 [n=360] ..... ۵۳
- شکل ۶-۵- منحنی میزان مربوط به ارتفاع ژئوئید تصحیح شده با تصحیح مستقیم توپوگرافی در منطقه آزمون A2 بااستفاده از ضرایب مربوط به توان دوّم و سوّم ارتفاعات [n=360] ..... ۵۶

شکل ۶-۶- منحنی میزان مربوط به تصحیح غیر مستقیم توپوگرافی در

منطقه آزمون A2 با استفاده از ضرایب مربوط به توان دوم و

سوم ارتفاعات [n=360] ..... ۴۷

شکل ۶-۷- منحنی میزان مربوط به ارتفاع ژئوئید تصحیح شده با تصحیح

مستقیم و غیر مستقیم توپوگرافی در منطقه آزمون A2 با استفاده از

ضرایب مربوط به توان دوم و سوم ارتفاعات [n=360] ..... ۶۳

شکل ۶-۸- منحنی میزان مربوط به تصحیح C1 مربوط به انامولی ارتفاعی

در منطقه آزمون A1 ..... ۷۱

شکل ۶-۹- منحنی میزان مربوط به تصحیح C1 مربوط به انامولی ارتفاعی

در منطقه آزمون A2 ..... ۷۲

شکل ۶-۱۰- منحنی میزان مربوط به تصحیح C2 مربوط به انامولی ارتفاعی

در منطقه آزمون A2 ..... ۷۳

شکل ۶-۱۱- منحنی میزان مربوط به تصحیح C2 مربوط به انامولی ارتفاعی

در منطقه آزمون A1 ..... ۷۴