

**آنالیز و طراحی بهینه شبکه های**

**کنترل ژئودتیک**

**تالیف**

**شانلانگ کوانگ**

**ترجمه**

**دکتر محمدعلی شریعی**

**دکتر سعید فرزانه**

**مهندس مونا کوثری**

سرشناسه

کوانگ، شانلانگ

Kuang, Shanlong

عنوان و نام پدیدآور : آنالیز و طراحی بهینه شبکه‌های کنترل ژئودتیک / تالیف شانلانگ کوانگ ؛ ترجمه محمدعلی شریفی.

سعید فرزانه، مونا کوثری.

مشخصات نشر : تهران: سازمان جهاد دانشگاهی تهران، انتشارات، ۱۳۹۶.

مشخصات ظاهری : ۳۸ ص: جدول، نمودار .

شابک : 978-600-133-292-0

وضعیت فهرست نویسی : فیبا

یادداشت : عنوان اصلی: Geodetic network analysis and optimal design

concepts and applications, c 1996

یادداشت : واژه‌نامه .

یادداشت : کتابنامه: ص. [۳۷۳] - ۳۸.

موضوع : شبکه‌ها (ژئودزی)

موضوع : Nets (Geodesy)

شناسه افزوده : شریفی، محمدعلی، ۱۳۵۱ - مترجم

شناسه افزوده : فرزانه، سعید، ۱۳۳۳ - مترجم

شناسه افزوده : کوثری، مونا، ۱۳۸۱ - مترجم

رده بندی کنگره : ۱۳۹۶ ۵۲۷.۰۶ OB

رده بندی دیویی : ۵۲۷.۰۶

شماره کتابشناسی ملی : ۴۸۴۴۳۷۹



سازمان تهران  
انتشارات

آنالیز و طراحی بهینه شبکه‌های کنترل ژئودتیک

مترجمان: محمدعلی شریفی، سعید فرزانه، مونا کوثری

ناشر: انتشارات سازمان جهاد دانشگاهی تهران

لیتوگرافی، چاپ و صحافی: رامین

شمارگان: ۵۰۰ نسخه

قیمت: ۲۵۰/۰۰۰ ریال

نوبت چاپ: اول - تابستان ۱۳۹۶

شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۱۳۳-۲۹۲-۰

ISBN: 978-600-133-292-0

[http:// jahat. ir](http://jahat.ir)

[en.jahat@gmail.com](mailto:en.jahat@gmail.com)

نشانی: تهران - صندوق پستی ۱۸۶-۱۳۱۴۵

تلفن: ۶۶۹۵۴۳۶۸-تلفکس: ۶۶۴۶۴۹۲۱

خانه کتاب دانشگاه: ۶۶۹۷۳۴۲۳

تلفن مراکز پخش: ۶۶۴۹۰۷۴۰ - ۶۶۴۹۰۳۲۹۶۶۴۹۰۷۴۲

این اثر، مشمول قانون حمایت مولفان، مصنفان و هنرمندان مصوب ۱۳۴۸ است. هرکس تمام یا قسمتی از این

## پیشگفتار

بهینه سازی و تخصیص بهینه منابع یکی از اصول اولیه در تمامی فعالیت‌های مهندسی است. در انجام هر پروژه مهندسی سعی و تلاش تیم طراحی بر ارائه طرح بهینه از نظر اقتصادی، فنی و مدت زمان اجراست. ایستگاه‌های شبکه‌های ژئودتیک نقشه‌برداری به منظور پایش تغییرات یک پدیده، یا یک عارضه تحت کنترل نمی‌تواند از این اصل کلی مستثنی باشد. بطوریکه باید سعی شود با بکارگیری تجهیزات قابل حصول و نیروی انسانی متناسب در اختیار در کوتاهترین زمان ممکن با حداکثر دقت مورد انتظار فعالیت مد نظر به نتیجه برسد. بدیهی است مشابه کلیه پروژه‌های مهندسی حداقل هزینه ممکن با حفظ کیفیت طراحی بایست مدنظر قرار بگیرد.

کتاب حاضر حاوی مباحث کلیاتی است که دانشجویان مهندسی نقشه برداری می‌توانند این اصول مهم را در آن فراگیرند. به جرات می‌توان گفت این کتاب جزو معدود کتاب‌های موجود در این زمینه تخصصی است که مشابه فارسی برای این کتاب بعنوان مرجع آموزشی دانشجویان مهندسی وجود ندارد. امید است با نشر این کتاب گوشه‌ای از خلا منبع فارسی در این رشته زیربنایی را بی‌نیازی در توسعه و عمران کشور مرتفع گردد.

تا چه قبول افتد و چه در نشر آید

دکتر محمدعلی شریفی

دکتر سعید فرزانه

|                                                             |    |
|-------------------------------------------------------------|----|
| فصل اول (تحلیل و تفسیر مشاهدات)                             | ۱۷ |
| ۱-۱- کلیاتی درباره خطاهای مشاهداتی در پروژه‌های نقشه‌برداری | ۱۸ |
| ۲-۱- آنالیز پیشین دقت برای مشاهدات                          | ۲۳ |
| ۱-۲-۱. اندازه‌گیری زاویه                                    | ۲۵ |
| ۲-۲-۱. فواصل EDM                                            | ۴۰ |
| ۱-۲-۳. ترازبایی ژئودتیکی                                    | ۴۵ |
| ۱-۳-۱ آنالیز پسین دقت مشاهدات                               | ۵۰ |
| ۱-۳-۱. تخمین واریانس از خطاهای واقعی                        | ۵۰ |
| ۱-۳-۲. تخمین واریانس از طریق باقیمانده‌ها                   | ۵۲ |
| ۱-۳-۳. روش تخمین چندجمله‌ای مینیمم نرم ناآزاد               | ۵۳ |
| فصل دوم (پیش پردازش مشاهدات)                                | ۵۹ |

- ۲-۱-سیستم مختصات و انتخاب مدل ژئودتیک ..... ۶۰
- ۲-۱-۱-سیستم مختصات زمینی ..... ۶۰
- ۲-۱-۲-انتخاب مدل ژئودتیک ..... ۷۰
- ۲-۲-تصحیحات اتمسفری مشاهدات ژئودتیک زمینی ..... ۷۳
- ۲-۲-۱-فواصل فضایی اندازه گیری شده با طول یاب ..... ۷۳
- ۲-۱-۲-تصحیحات اتمسفری مشاهدات زاویه ..... ۷۶
- ۲-۳-تصحیحات کایبراسیون دستگاه مشاهدات ژئودتیک ..... ۷۷
- ۲-۳-۱-تصحیحات کایبراسیون فواصل مشاهداتی با طول یاب ..... ۷۸
- ۲-۳-۲-تصحیحات کایبراسیون آزیموت های ژيروسکوپي (آزیموت های نجومی) ..... ۸۱
- ۲-۳-۳-تصحیحات کالیبراسیون ترازابی ..... ۸۱
- ۲-۴-تصحیحات ثقل سنجی ..... ۸۲
- ۲-۴-۱-تصحیحات گراویمتری آزیموت های ژيروسکوپي ..... ۸۳
- ۲-۴-۲-تصحیحات گراویمتری امتداد و زوایای قائمه ..... ۸۴
- ۲-۴-۳-تصحیحات گراویمتری فواصل زینتی ..... ۸۴
- ۲-۴-۴-تصحیحات گراویمتری مشاهدات ترازیبایی ..... ۸۵
- ۲-۵-تبدیل هندسی مشاهدات به سطح بیضوی منبسط ..... ۸۵
- ۲-۵-۱-تبدیل فواصل ..... ۸۶
- ۲-۵-۲-تبدیل مشاهدات زاویه ..... ۹۳
- ۲-۶-تبدیل مشاهدات در نگاشت مشابه ..... ۹۴

|          |                                                                          |
|----------|--------------------------------------------------------------------------|
| ۹۵.....  | ۱-۶-۲. تبدیل فواصل ژئودتیک در نگاشت.....                                 |
| ۹۷.....  | ۲-۶-۲. تبدیل آزیموت های ژئودتیک به صفحه تصویر.....                       |
| ۹۸.....  | ۳-۶-۲. تبدیل امتدادها و زوایای افقی به صفحه تصویر.....                   |
| ۹۹.....  | ۲-۲-۷. تبدیل مختصات GPS و مؤلفه های خط مبنا.....                         |
| ۱۰۷..... | فصل ۳ (پایش مشاهدات قبل از سرشکنی).....                                  |
| ۱۰۷..... | ۳-۱-۳. هدف.....                                                          |
| ۱۰۹..... | ۳-۱-۳. مفاهیم آزمون آماری.....                                           |
| ۱۰۹..... | ۳-۲-۱. فرضیه صفر و مقابل.....                                            |
| ۱۱۰..... | ۳-۲-۲. سطوح نوع اول و دوم.....                                           |
| ۱۱۲..... | ۳-۲-۳. فرآیند آزمون آماری.....                                           |
| ۱۱۶..... | ۳-۳-۳. کشف اشتباهات از طریق خطای بست معادلات شرط.....                    |
| ۱۲۳..... | ۳-۴-۳. سنجش سازگاری مشاهدات آماری.....                                   |
| ۱۲۷..... | فصل چهارم (سرشکنی کمترین مربعات).....                                    |
| ۱۲۹..... | ۴-۱-۴. مدل کردن مشاهدات.....                                             |
| ۱۳۰..... | ۴-۱-۱-۴. مدل سازی مشاهدات در سیستم ژئودتیک محلی با استفاده از بردار..... |
| ۱۴۱..... | ۴-۱-۲-۴. مدل سازی مشاهده روی یک صفحه تصویر متشابه.....                   |
| ۱۴۱..... | ۴-۱-۳-۴. جایگزینی امتدادهای مستقل مشاهداتی در ایستگاه با زوایای.....     |
| ۱۴۴..... | همبسته.....                                                              |
| ۱۴۶..... | ۴-۲-۴. دیتوم شبکه ژئودتیک.....                                           |
| ۱۴۶..... | ۴-۲-۱-۴. تعاریف و پارامترها.....                                         |

|     |                                                                                    |
|-----|------------------------------------------------------------------------------------|
| ۱۴۹ | ۴-۲-۲. تعریف دیتوم براساس مشاهدات خارجی.....                                       |
| ۱۵۳ | ۴-۲-۳. تعریف دیتوم با حداقل قیود.....                                              |
| ۱۵۹ | ۴-۲-۴. تعریف دیتوم با قیود داخلی.....                                              |
| ۱۶۳ | ۴-۳. مدل‌سازی و جواب سرشکنی کمترین مربعات.....                                     |
| ۱۶۳ | ۱-۳-۱. مسئله تعیین موقعیت با جواب واحد در مقابل مسئله فرامعین.....                 |
| ۱۶۵ | ۴-۳-۲. مدل گوس-مارکوف.....                                                         |
| ۱۶۷ | ۳-۳. معادلات سرشکنی کمترین مربعات.....                                             |
| ۱۷۰ | ۴-۳-۴. جواب سرشکنی شبکه ناسازگار.....                                              |
| ۱۷۵ | ۵-۳-۴. تبدیلات $S$ .....                                                           |
|     | فصل پنجم (گزینش داده پس از سرشکنی، کشف اشتباه و محلی‌سازی خطاهای فاحش).....        |
| ۱۷۷ | ۵-۱. باقیمانده‌ها، داده‌های پرت و خطاهای فاحش.....                                 |
| ۱۸۴ | ۵-۲. تعریف فرض صفر و فرض مقابل برای کشف فاحش.....                                  |
| ۱۸۷ | ۵-۳. آزمون کلی و پایش داده.....                                                    |
| ۱۸۸ | ۵-۳-۱. آزمون کلی روی فاکتور واریانس ثانویه.....                                    |
| ۱۹۲ | ۵-۳-۲. جست‌وجوی داده برای باقیمانده‌های منفرد.....                                 |
| ۱۹۶ | ۵-۳-۳. خطاهای فاحش غیرقابل کشف.....                                                |
| ۲۰۳ | ۵-۳-۴. انتخاب سطوح معنی‌دار $\alpha$ و $\alpha_0$ و توان آزمون $1 - \beta_0$ ..... |
| ۲۰۴ | ۵-۴. آزمون $\chi^2$ .....                                                          |
| ۲۰۶ | ۵-۵. روش پیشنهادی.....                                                             |

|     |                                                                    |
|-----|--------------------------------------------------------------------|
| ۲۰۶ | ۵-۵-۱. خلاصه و جمع‌بندی.....                                       |
| ۲۱۰ | ۵-۵-۲. روش پیشنهادی کشف outliers و حذف خطاهای فاحش.....            |
| ۲۱۵ | فصل ششم (اندازه‌گیری کیفیت شبکه).....                              |
| ۲۱۶ | ۶-۱-۶-میزان دقت شبکه.....                                          |
| ۲۱۷ | ۶-۱-۱. معیارهای کلی دقت.....                                       |
| ۲۲۷ | ۶-۱-۲. اندازه‌گیری محلی دقت.....                                   |
| ۲۴۶ | ۶-۱-۳. معیارهای قابلیت اعتماد شبکه.....                            |
| ۲۴۷ | ۶-۲-۱. بهریت اعتماد داخلی.....                                     |
| ۲۴۸ | ۶-۲-۲. قابلیت اعتماد خارجی.....                                    |
| ۲۵۳ | فصل هفتم (آنالیز شبکه‌ها).....                                     |
| ۲۵۳ | ۷-۱-هدف شبکه‌های پایایی در شکل.....                                |
| ۲۵۵ | ۷-۲-پارامترهای پایه و مدل تغییرات.....                             |
| ۲۶۰ | ۷-۳-روش‌های ژئودتیکی و غیرژئودتیکی پاسخ تغییر شکل.....             |
| ۲۶۲ | ۷-۳-۱. روش‌های ژئودتیکی.....                                       |
| ۲۶۶ | ۷-۳-۲. روش‌های غیرژئودتیکی.....                                    |
| ۲۶۹ | ۷-۴-آنالیز هندسی تغییر شکل.....                                    |
| ۲۶۹ | ۷-۴-۱. رابطه تابعی بین مدل‌های تغییر شکل و کمیت‌های مشاهده‌ای..... |
| ۲۷۳ | ۷-۴-۲. برآورد پارامترهای تغییر شکل.....                            |
| ۲۷۴ | ۷-۴-۳. آزمون آماری مدل‌های تغییر شکل و انتخاب بهترین مدل.....      |
| ۲۷۶ | ۷-۵-انتخاب بهترین مدل تغییر شکل.....                               |

|                                                            |     |
|------------------------------------------------------------|-----|
| فصل هشتم (طراحی بهینه شبکه‌های ژنودتیک).....               | ۲۷۷ |
| ۸-۱- شرح مسئله.....                                        | ۲۷۷ |
| ۸-۲- روش "آزمون و خطا" و شبیه‌سازی کامپیوتری.....          | ۲۸۰ |
| ۸-۳- روش‌های تحلیلی.....                                   | ۲۸۱ |
| ۸-۳-۱ جواب طراحی مرتبه دوم از طریق معکوس تعمیم‌یافته.....  | ۲۸۲ |
| ۸-۳-۲ برنامه‌نویسی خطی.....                                | ۲۸۴ |
| ۸-۳-۳ معکوس درجه دوم.....                                  | ۲۸۶ |
| ۸-۳-۴ معکوس هم‌پایه تکراری.....                            | ۲۸۸ |
| ۸-۳-۵ روش جدید.....                                        | ۲۹۰ |
| فصل نهم (فرمول‌بندی معیارها، بهینه‌سازی).....              | ۲۹۳ |
| ۹-۱- معیارهای بهینگی دقت.....                              | ۲۹۴ |
| ۹-۱-۱ تابع اسکالر ریسک.....                                | ۲۹۴ |
| ۹-۱-۲ ماتریس‌های محک.....                                  | ۲۹۷ |
| ۹-۲- معیار بهینگی برای قابلیت اطمینان.....                 | ۳۰۶ |
| ۹-۳- معیار بهینگی برای هزینه.....                          | ۳۰۸ |
| فصل دهم (فرمول‌بندی و حل مسائل بهینه‌سازی).....            | ۳۱۱ |
| ۱۰-۱- آزمون و خطا در مقابل روش تحلیلی برای طراحی شبکه..... | ۳۱۲ |
| ۱۰-۲- شرایط اساسی برای شبکه بهینه.....                     | ۳۱۵ |
| ۱۰-۲-۱ شرط لازم دقت.....                                   | ۳۱۶ |
| ۱۰-۲-۲ شرط لازم قابلیت اعتماد.....                         | ۳۲۲ |

|     |                                                      |
|-----|------------------------------------------------------|
| ۳۲۵ | ۱۰-۲-۳. شرط لازم هزینه                               |
| ۳۲۶ | ۱۰-۲-۴. قیدهای فیزیکی                                |
| ۳۲۹ | ۱۰-۳-۱. مشتقات                                       |
| ۳۲۹ | ۱۰-۳-۱. مشتق گیری از ماتریس طرح در سیستم سه بعدی RLG |
| ۳۳۳ | ۱۰-۳-۲. مشتقات ماتریس طرح در سیستم مختصات صفحه نقشه  |
| ۳۳۶ | ۱۰-۳-۳. مشتقات ماتریس D و H                          |
| ۳۳۷ | ۱۰-۳-۴. مشتق ماتریس وزن                              |
| ۳۴۰ | ۱۰-۴. مدل ریاضی بهینه سازی                           |
| ۳۴۳ | ۱۰-۵. مدل های ریاضی                                  |
| ۳۴۴ | ۱۰-۵-۱. تعریف ماتریس و بردار نرم                     |
| ۳۴۵ | ۱۰-۵-۲. انتخاب نرم                                   |
| ۳۴۷ | ۱۰-۵-۳. روش های حل                                   |
| ۳۴۸ | ۱۰-۶. مدل های بهینه سازی چند هدفه                    |
| ۳۴۹ | ۱۰-۶-۱. تعریف بهینه سازی چند هدفه                    |
| ۳۵۲ | ۱۰-۶-۲. مدل بهینه سازی چند هدفه برای شبکه های رتیک   |
| ۳۵۹ | فهرست لغات                                           |
| ۳۶۷ | منابع                                                |