

رفتار سنجی ژئودتیک

(میکروژئودزی)

اداره کل نظارت، کنترل فنی و استاندارد سازمان نقشه برداری کشور

اداره نظارت ژئودزی و آبنگاری

آبان ماه ۱۴۰۳



معرفی کلی

° رفتارسنجی ژئودتیک، مجموعه عملیاتی است که با استفاده از مشاهدات و محاسبات ژئودتیک، برای آشکارسازی حرکات و جابجایی عوارض اعم از مصنوعی و طبیعی (انواع سازه‌ها، معادن، گودها، مناطق زمین‌لغزش و فرونشست و گسل‌ها) به کار می‌رود و مکمل سایر روش‌های مهندسی تعیین جابجایی و تغییر شکل است.

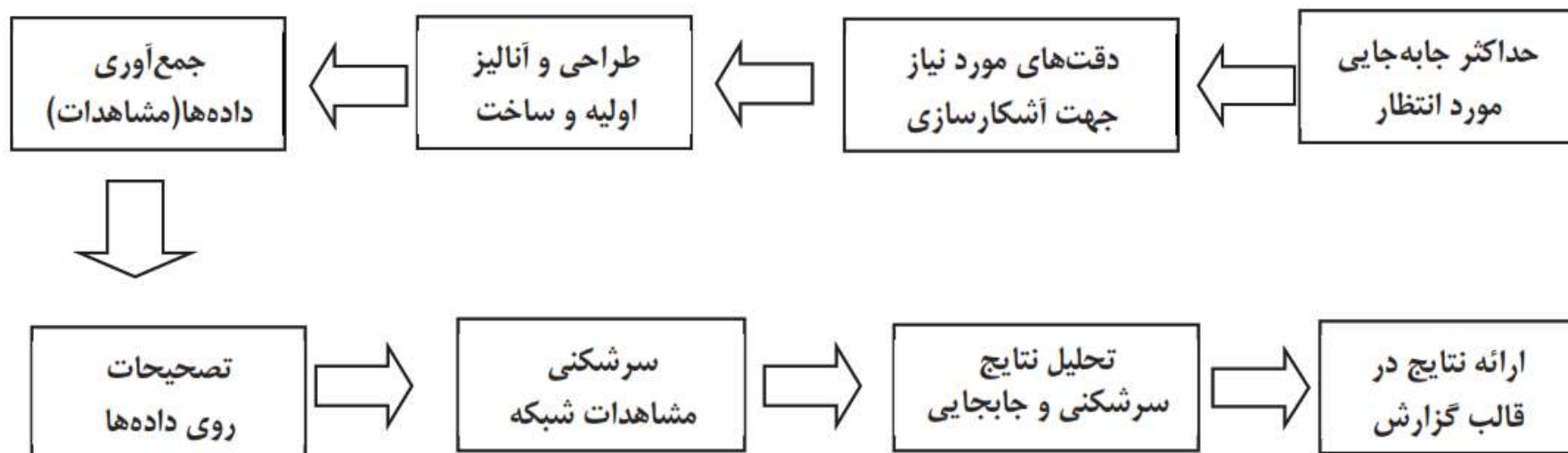
° شبکه‌های رفتارسنجی ژئودتیک:

- اطلاعات مورد نیاز برای بررسی ایمنی سازه‌ها
- بررسی صحت پارامترهای طراحی و کیفیت مصالح استفاده شده
- بررسی روند جابجایی‌ها و حرکات ناشی از پدیده‌های طبیعی و مصنوعی



معرفی کلی

نمودار یک پروژه رفتارسنجی ژئودتیک:



معرفی کلی

° شبکه‌های کلاسیک:

مشاهدات: طول مایل، زاویه زنیتی و امتداد افقی

سیستم مختصات: دکارتی محلی (سه‌بعدی: X, Y, Z دوبعدی: X, Y یک‌بعدی: Z)

° شبکه‌های ماهواره‌ای (GNSS): (دوره‌ای، پیوسته)

مشاهدات: طول بازها (baseline)

سیستم مختصات: زمین مبنا



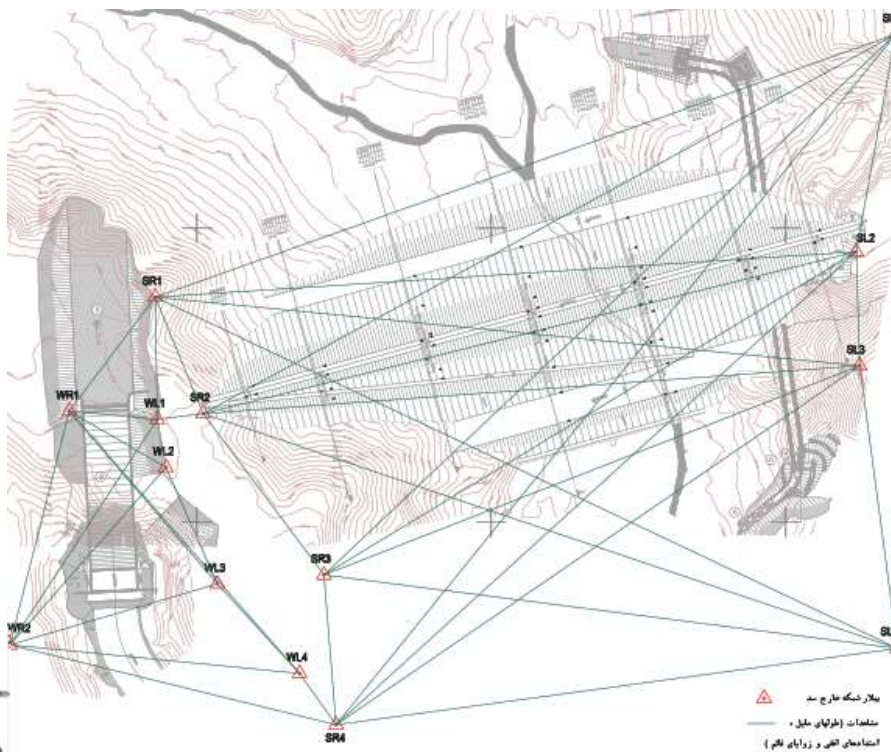
طراحی و آنالیز اولیه

◦ گزارش فنی طراحی شامل:

- طرح مشاهدات
- دقت‌ها
- قابلیت آشکارسازی شبکه
- تجهیزات مورد استفاده
- طرح ساخت نقاط

◦ معیارهای طراحی:

- قابلیت آشکارسازی
- اقتصادی بودن طرح
- ماندگاری نقاط



طراحی و آنالیز اولیه

° بیضی خطا

- یکی از روش‌های مرسوم برای بیان و نمایش دقت مطلق شبکه‌های دو بعدی استفاده از بیضی‌های خطای مطلق است.

- ابعاد (نیم قطر بزرگ و نیم قطر کوچک) و توجیه بیضی خطای مطلق هر نقطه بر اساس ماتریس وریانس-کوریانس موقعیت آن نقطه محاسبه می‌شوند.

$$a^2 = \lambda_1 = \frac{\sigma_x^2 + \sigma_y^2}{2} + \frac{1}{2} \sqrt{(\sigma_x^2 - \sigma_y^2)^2 + 4\sigma_{xy}^2}$$
$$b^2 = \lambda_2 = \frac{\sigma_x^2 + \sigma_y^2}{2} - \frac{1}{2} \sqrt{(\sigma_x^2 - \sigma_y^2)^2 + 4\sigma_{xy}^2}$$
$$\tan 2\psi = \frac{2\sigma_{xy}}{\sigma_x^2 - \sigma_y^2}$$



طراحی و آنالیز اولیه

◦ قابلیت آشکارسازی

$\sqrt{2} \times$ حداکثر نیم قطر بزرگ بیضی خطای نقاط شبکه در سطح اطمینان ۹۵٪ $\geq$ قابلیت آشکارسازی

جدول ۱-۲ حداکثر نیم قطر بزرگ بیضی خطای جابه‌جایی نقاط در سطح اطمینان ۹۵٪

نوع سازه	مسطحاتی	ارتفاعی
سازه بتنی از جمله سد بتنی	۲٫۵ میلی‌متر	۳ میلی‌متر
سازه‌های بتنی سد خاکی	۲٫۵ میلی‌متر	۳ میلی‌متر
سد خاکی	۷ میلی‌متر	۵ میلی‌متر
گالری	سد خاکی	۵ میلی‌متر
	سد بتنی	۷ میلی‌متر
منطقه زمین‌لغزش	۵ میلی‌متر	۵ میلی‌متر
توده صخره‌ای	۵ میلی‌متر	۵ میلی‌متر

- توانایی یک شبکه در نشان دادن میزان جابجایی‌ها است.
- تابع پارامترهای مختلفی چون نوع و حساسیت عارضه، وسعت و توپوگرافی منطقه، سرعت و مقادیر جابجایی پیش‌بینی شده در زمان طراحی سازه، بازه‌های زمانی مشاهداتی مورد نیاز، روش و نوع تجهیزات اندازه‌گیری
- مقدار آن معمولا در سطح اطمینان ۹۵٪ ذکر می‌شود.



نقاط میکروژئودزی

° پیلار

- نقاط خارج عارضه

- امکان استقرار تجهیزات نقشه برداری

- برخورداری از استحکام و پایداری کافی در بلند مدت

- معمولا به صورت بتنی-فلزی

° نقطه نشانه

- نقاط روی عارضه

- امکان استقرار تارگت، رفلکتور و ...

- برخورداری از استحکام و پایداری (حداقل در زمان مطالعه)



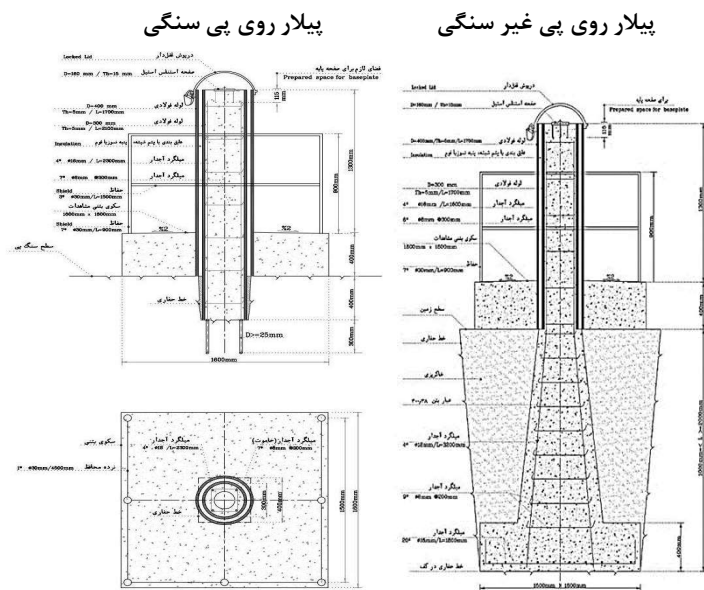
ساخت نقاط

◦ الزامات جانمایی نقاط خارج سازه

- حتی الامکان در خارج عارضه مورد مطالعه بنا می‌شود.
- امکان استقرار و استفاده نمودن از تجهیزات نقشه‌برداری دقیق روی آن فراهم باشد.
- از استحکام و پایداری نسبی کافی برخوردار باشد به طوری که با توجه به شرایط محیطی منطقه، نوع بستر، محل ساخت و ... ، حداقل تا مدت زمان بهره‌برداری یا مطالعه، عارضه مربوطه در معرض تغییر شکل، تخریب، استهلاک و ... نباشد.
- در بسیاری از مطالعات رفتار سنجی، پیلارها معمولاً به صورت بتنی-فلزی ساخته می‌شوند که مشخصات آن بسته به نوع بستر آن تعریف میشود.
- حالت خاصی از نقاط خارج عارضه که صرفاً مورد استفاده در ترازبایی مستقیم هستند بنچ مارک نامیده می‌شود.



ساخت نقاط



سازمان نقشه‌برداری کشور

مشاهدات



برنامه زمان بندی دوره‌ای مشاهدات رفتار سنجی

° بر اساس عمر سازه

پیش از ساخت

در حین ساخت

آبگیری اولیه

قبل از حالت پایداری

پس از پایداری

° بر اساس خطر پذیری سازه

با وقوع رخداد های طبیعی نظیر سیل و زلزله و یا بالا آمدن آب مخزن در مدت کوتاه یا تخلیه سریع آب و در دوران خشک سالی به ویژه در سدهای خاکی لازم است بلافاصله یک دوره اندازه گیری برنامه ریزی و اجرا گردد.

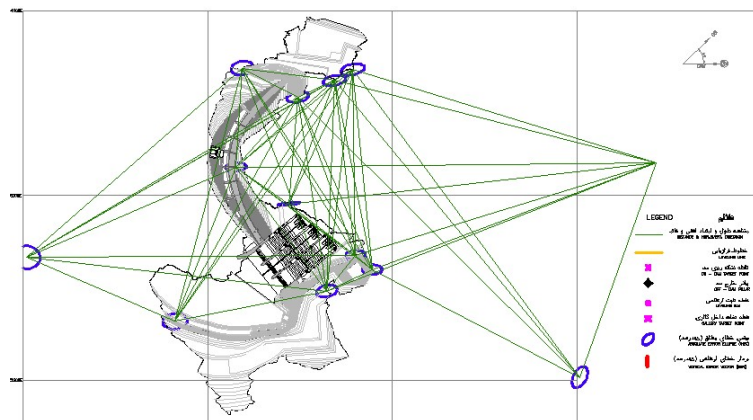
محاسبات

تصحیح مشاهدات

- طول : تصحیح شرایط جوی ، تصحیح ناشی از اختلاف ارتفاع دوربین و منشور ، اثر هم محور نبودن طولیاب و زاویه یاب در حالت ترکیبی ، تصویر طول‌های افقی بر ارتفاع یکسان منطقه
- امتداد افق :عدم توازی خطوط قائم
- زاویه قائم : تصحیح انکسار ، تصحیح ناشی از اختلاف ارتفاع دوربین و تارگت ، عدم توازی خطوط قائم
- اختلاف ارتفاع

سرشکني

- شبکه خارج : قبل از تعیین نقطه پایدار **inner constraint** و بعد از تعیین نقاط پایدار **minimum constraint**
- شبکه روی سد : با ثابت یا وزن دار گرفتن نقاط خارج سد به صورت **over constraint or weighted**
- شبکه ترازبایی : با ثابت گرفتن **benchmark** مناسب و دور از عوامل جابجایی به صورت **minimum constraint**



محاسبات

آزمون‌های آماری پس از سرشکنی

- آزمون فاکتور واریانس ثانویه
- آزمون باقیمانده‌های استاندارد شده
- بررسی قابلیت اطمینان واقعی شبکه
- بررسی قابلیت آشکارسازی شبکه

سرشکنی

- آنالیز جابجایی:
- استفاده از بیضی جابه‌جایی
- تست ثبات کلی
- IWST
- آنالیز استرین



نظارت

۳	نوع گیرنده و آنتن	☐	☐	☐
۴	ماسک زاویه ارتفاعی ماهواره ای ۱۵ درجه	☐	☐	☐
۵	نرم افزار (پردازش هر دو موج L1 و L2)	☐	☐	☐
۶	میانگین و انحراف معیار قابل قبول باقیمانده ها	☐	☐	☐
۷	انحراف معیار استاندارد در راستای X, Y, Z	☐	☐	☐
۸	فاکتور وریاسی پردازش (بین ۰.۵ تا ۲)	☐	☐	☐
۹	نسبت بین RMS نقاط فیکس با ابهام فاز حل شده	☐	☐	☐
۱۰	و نقاط شناور (بزرگتر از ۷)	☐	☐	☐
۱۱	فاصله طولی بیسی خطا در هر نقطه	☐	☐	☐
۱۱	تستهای شبکه	☐	☐	☐
۱	شبکه خارج سد به روش inner constraint یا minimum constraint و شبکه روی سازه به روش over constraint	☐	☐	☐
۲	آزمون فاکتور وریاسی	☐	☐	☐
۳	آزمون باقیمانده های استاندارد	☐	☐	☐
۴	بررسی قابلیت اطمینان نهایی	☐	☐	☐
۵	بررسی قابلیت آشکارسازی	☐	☐	☐
۱	تخمین نقاط پایدار	☐	☐	☐
۲	سرشکنی مجدد دو مرحله و تعیین جایجایی	☐	☐	☐

نتیجه :
طراحی اولیه : تایید ☐ عدم تایید ☐ توضیح :
تاریخ :
نام و امضا :

مشاهدات و محاسبات : تایید ☐ عدم تایید ☐ توضیح :
تاریخ :
نام و امضا :

بندهای قرارداد شامل بندهای :
توضیحات/خدمات اضافی :
مورد تایید است.

نتیجه نهایی : تایید ☐ عدم تایید ☐ توضیح :
تاریخ :
نام و امضا :

فرم شماره ۱۶

چک لیست کنترل دقتی مدارک رفتارسنجی ژئودینامیک

شماره قرارداد : مشاور : نوع سد :	موضوع : منطقه : تعداد شبکه :	مورد : تاریخ شروع عملیات : تاریخ دریافت مدارک :		
نوع شبکه :				
مورد کنترل	ردیف	جهت بررسی	نتیجه بررسی	توضیحات
آبشار اولیه	۱	دقت با توجه به نوع سازه و نظر کارفرما	☐	☐
	۲	نیازمندیهای قرارداد	☐	☐
	۳	قابلیت اطمینان	☐	☐
	۴	قابلیت آشکارسازی	☐	☐
	۵	گواهی کالیبراسیون دستگاهها	☐	☐
خار	۱	خطای معیار $\sqrt{2(a^2 + b^2 + c^2)}$	☐	☐
	۲	تصحیح شرایط جوی	☐	☐
	۳	تصحیح ناشی از اختلاف ارتفاع دوربین و منشور	☐	☐
	۴	تصحیح اثر هم محور نبودن طولیاب و زاویه یاب	☐	☐
	۵	تصویر طولیای افقی بر ارتفاع یکسان منطقه	☐	☐
زیبایی قائم	۱	حد مجاز حاصل از سرشکنی ایستگاهی 1"	☐	☐
	۲	تفاوت زوایای رفت و برگشت	☐	☐
	۳	تصحیح انکسار (شبکه سه بعدی)	☐	☐
	۴	تصحیح ناشی از اختلاف ارتفاع دوربین و منشور	☐	☐
	۵	تصحیح عدم توالی خطوط قائم	☐	☐
استاندهای افقی	۱	حد مجاز حاصل از سرشکنی ایستگاهی 0.7"	☐	☐
	۲	خطای یست نیم دور (نسبت به امتداد صفر) 5"	☐	☐
	۳	خطای یست مثلث 2.5"	☐	☐
	۴	تصحیح عدم توالی خطوط قائم	☐	☐
	۱	دقت اندازه گیری	☐	☐
ترازیابی	۲	قابلیت آشکارسازی	☐	☐
	۳	اختلاف میان رفت و برگشت	☐	☐
	۴	خطای یست لوب	☐	☐
	۵	خطای یست مسیر ترازیابی بین دو نقطه معلوم	☐	☐
	۱	دقت اندازه گیری	☐	☐
GPS	۲	مدت زمان مشاهده	☐	☐



نظارت

فرم شماره ۱۹

گزارش نظارت میدانی انجام مشاهدات شبکه‌های رفتارسنجی ژئودینامیک

موضوع قرارداد :				
نام منطقه :				
نام استان :		کارفرما :		
مشاور :				
تاریخ شروع عملیات :				
مورد کنترل	شبکه خارج از سد	شبکه روی سد	شبکه روی سرریز و ...	شبکه ارتعاشی
میزان و ابعاد جدار محل نقاط				
بند و ارتفاعهای مورد استفاده				
Base line یا bolt یا				
مشاهدات				
دقت و صحت مشاهدات				
کیفیت دستگاهها				
زمان انجام مشاهدات				
وضعیت : دید				
تجهیزات مورد استفاده (شماره سریال) :				
ملاحظات :				
توضیحات :				
تأخرین :				
انتهای نظر نهایی :				
تاریخ نظارت :				
انتهای نظر نهایی :				

فرم شماره ۱۸

گزارش نظارت بر ساخت نقاط شبکه‌های رفتارسنجی ژئودینامیک

موضوع قرارداد :				
نام منطقه :				
نام استان :		کارفرما :		
مشاور :				
تاریخ شروع عملیات :				
مورد کنترل	شبکه خارج از سد	شبکه روی سد	شبکه روی سرریز و ...	شبکه ارتعاشی
میزان و ابعاد جدار محل نقاط				
بند و ارتفاعهای مورد استفاده				
Base line یا bolt یا				
مشاهدات				
دقت و صحت مشاهدات				
کیفیت دستگاهها				
زمان انجام مشاهدات				
وضعیت : دید				
تجهیزات مورد استفاده (شماره سریال) :				
ملاحظات :				
توضیحات :				
تأخرین :				
انتهای نظر نهایی :				
تاریخ نظارت :				
انتهای نظر نهایی :				

فرم شماره ۱۷

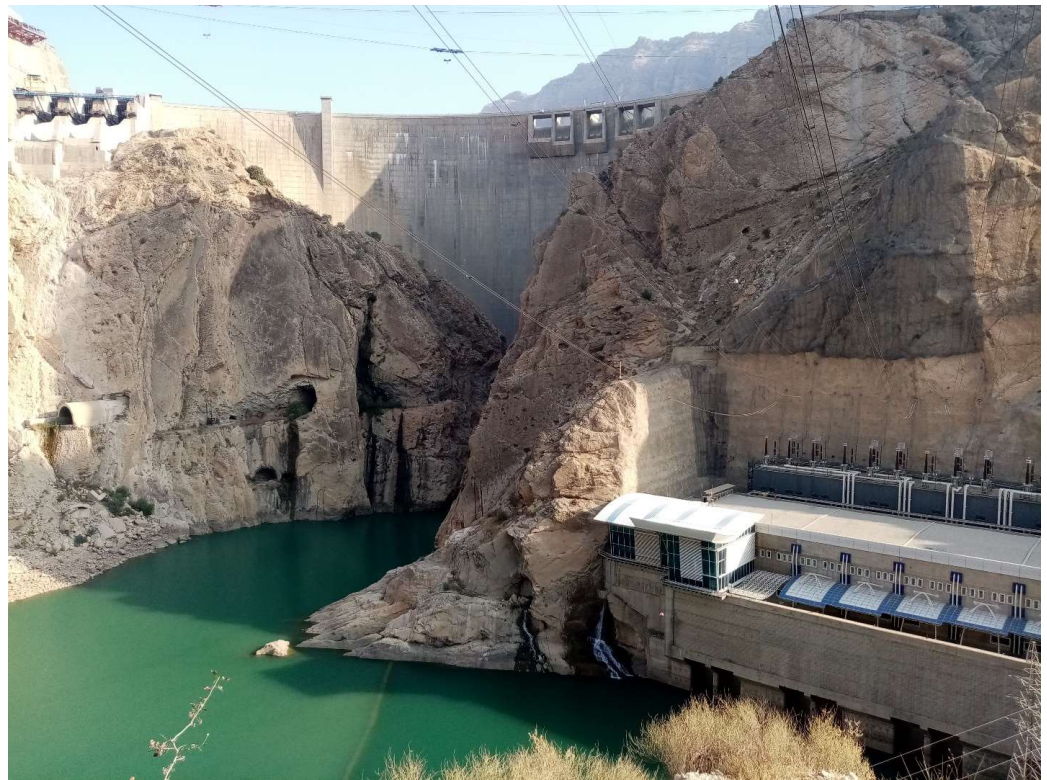
گزارش نظارت میدانی طراحی و آنالیز اولیه شبکه‌های رفتارسنجی ژئودینامیک

موضوع قرارداد :				
نام منطقه :				
نام استان :		کارفرما :		
مشاور :				
تاریخ شروع عملیات :				
مورد کنترل	شبکه خارج از سد	شبکه روی سد	شبکه روی سرریز و ...	شبکه ارتعاشی
وضعیت هندسی شبکه				
طرح مشاهدات				
دستگاههای مورد استفاده				
وضعیت دید نقاط				
روش اندازه‌گیری				
تجهیزات مشاهدات				
زمان نقاط و محل آنها				
پایه‌های محل نقاط				
محاسبات و پردازش				
تجهیزات مورد استفاده				
توضیحات :				
تأخرین :				
انتهای نظر نهایی :				
تاریخ نظارت :				
انتهای نظر نهایی :				



سازمان نقشه‌برداری کشور

سیاس از توجه شما



سازمان نقشه‌برداری کشور