



جمهوری اسلامی ایران  
Islamic Republic of Iran  
سازمان ملی استاندارد ایران

Iranian National Standardization Organization



استاندارد ملی ایران

۲۱۲۵۶-۱

چاپ اول

۱۳۹۵

INSO

21256-1

1st.Edition

2016

تحقیقات و آزمون‌های ژئوتکنیک -  
پایش ژئوتکنیک با استفاده از ابزار دقیق میدانی  
- قسمت ۱: قوانین کلی

**Geotechnical Investigation and Testing -  
Geotechnical Monitoring by  
Field Instrumentation -  
Part 1: General Rules**

ICS: 13.080.20; 93.020

## سازمان ملی استاندارد ایران

تهران، ضلع جنوب غربی میدان ونک، خیابان ولیعصر، پلاک ۲۵۹۲

صندوق پستی: ۶۱۳۹-۱۴۱۵۵ تهران - ایران

تلفن: ۵-۸۸۸۷۹۴۶۱

دورنگار: ۸۸۸۸۷۱۰۳ و ۸۸۸۸۷۰۸۰

کرج، شهر صنعتی، میدان استاندارد

صندوق پستی: ۱۶۳-۳۱۵۸۵ کرج - ایران

تلفن: ۸-۳۲۸۰۶۰۳۱ (۰۲۶)

دورنگار: ۳۲۸۰۸۱۱۴ (۰۲۶)

رایانامه: [standard@isiri.org.ir](mailto:standard@isiri.org.ir)

وبگاه: <http://www.isiri.org>

### **Iranian National Standardization Organization (INSO)**

No.1294 Valiasr Ave., South western corner of Vanak Sq., Tehran, Iran

P. O. Box: 14155-6139, Tehran, Iran

Tel: + 98 (21) 88879461-5

Fax: + 98 (21) 88887080, 88887103

Standard Square, Karaj, Iran

P.O. Box: 31585-163, Karaj, Iran

Tel: + 98 (26) 32806031-8

Fax: + 98 (26) 32808114

Email: [standard@isiri.org.ir](mailto:standard@isiri.org.ir)

Website: <http://www.isiri.org>

## به نام خدا

### آشنایی با سازمان ملی استاندارد ایران

سازمان ملی استاندارد ایران به موجب بند یک ماده ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، مصوب بهمن ماه ۱۳۷۱ تنها مرجع رسمی کشور است که وظیفه تعیین، تدوین و نشر استانداردهای ملی (رسمی) ایران را به عهده دارد.

تدوین استاندارد در حوزه‌های مختلف در کمیسیون‌های فنی مرکب از کارشناسان سازمان، صاحب‌نظران مراکز و مؤسسات علمی، پژوهشی، تولیدی و اقتصادی آگاه و مرتبط انجام می‌شود و کوششی همگام با مصالح ملی و با توجه به شرایط تولیدی، فناوری و تجاری است که از مشارکت آگاهانه و منصفانه صاحبان حق و نفع، شامل تولیدکنندگان، مصرف‌کنندگان، صادرکنندگان و واردکنندگان، مراکز علمی و تخصصی، نهادها، سازمان‌های دولتی و غیردولتی حاصل می‌شود. پیش‌نویس استانداردهای ملی ایران برای نظرخواهی به مراجع ذی‌نفع و اعضای کمیسیون‌های مربوط ارسال می‌شود و پس از دریافت نظرها و پیشنهادهای در کمیته ملی مرتبط با آن رشته طرح و در صورت تصویب، به عنوان استاندارد ملی (رسمی) ایران چاپ و منتشر می‌شود.

پیش‌نویس استانداردهایی که مؤسسات و سازمان‌های علاقه‌مند و ذی‌صلاح نیز با رعایت ضوابط تعیین شده تهیه می‌کنند در کمیته ملی طرح، بررسی و در صورت تصویب، به عنوان استاندارد ملی ایران چاپ و منتشر می‌شود. بدین ترتیب، استانداردهایی ملی تلقی می‌شود که بر اساس مقررات استاندارد ملی ایران شماره ۵ تدوین و در کمیته ملی استاندارد مربوط که در سازمان ملی استاندارد ایران تشکیل می‌شود به تصویب رسیده باشد.

سازمان ملی استاندارد ایران از اعضای اصلی سازمان بین‌المللی استاندارد (ISO)<sup>۱</sup>، کمیسیون بین‌المللی الکتروتکنیک (IEC)<sup>۲</sup> و سازمان بین‌المللی اندازه‌شناسی قانونی (OIML)<sup>۳</sup> است و به عنوان تنها رابط<sup>۴</sup> کمیسیون کدکس غذایی (CAC)<sup>۵</sup> در کشور فعالیت می‌کند. در تدوین استانداردهای ملی ایران ضمن توجه به شرایط کلی و نیازمندی‌های ویژه کشور، از آخرین پیشرفت‌های علمی، فنی و صنعتی جهان و استانداردهای بین‌المللی بهره‌گیری می‌شود.

سازمان ملی استاندارد ایران می‌تواند با رعایت موازین پیش‌بینی شده در قانون، برای حمایت از مصرف‌کنندگان، حفظ سلامت و ایمنی فردی و عمومی، حصول اطمینان از کیفیت محصولات و ملاحظات زیست‌محیطی و اقتصادی، اجرای بعضی از استانداردهای ملی ایران را برای محصولات تولیدی داخل کشور و/یا اقلام وارداتی، با تصویب شورای عالی استاندارد، اجباری کند. سازمان می‌تواند به منظور حفظ بازارهای بین‌المللی برای محصولات کشور، اجرای استانداردهای کالاهای صادراتی و درجه‌بندی آن را اجباری کند. همچنین برای اطمینان بخشیدن به استفاده‌کنندگان از خدمات سازمان‌ها و مؤسسات فعال در زمینه مشاوره، آموزش، بازرسی، ممیزی و صدور گواهی سامانه‌های مدیریت کیفیت و مدیریت زیست‌محیطی، آزمونگاه‌ها و مراکز واسنجی (واسنجی) و وسایل سنجش، سازمان ملی استاندارد این‌گونه سازمان‌ها و مؤسسات را بر اساس ضوابط نظام تأیید صلاحیت ایران ارزیابی می‌کند و در صورت احراز شرایط لازم، گواهینامه تأیید صلاحیت به آن‌ها اعطا و بر عملکرد آن‌ها نظارت می‌کند. ترویج دستگاه بین‌المللی یکاها، واسنجی و وسایل سنجش، تعیین عیار فلزات گرانبها و انجام تحقیقات کاربردی برای ارتقای سطح استانداردهای ملی ایران از دیگر وظایف این سازمان است.

1- International Organization for Standardization

2- International Electrotechnical Commission

3- International Organization for Legal Metrology (Organisation Internationale de Metrologie Legals)

4- Contact point

5- Codex Alimentarius Commission

## کمیسیون فنی تدوین استاندارد

### «تحقیقات و آزمون‌های ژئوتکنیک -

### پایش ژئوتکنیک با استفاده از ابزار دقیق میدانی - قسمت ۱: قوانین کلی»

#### رئیس:

سید کلبادی، سید مهدی

(کارشناسی ارشد مهندسی عمران-سازه)

#### سمت و/یا محل اشتغال:

شرکت آب منطقه ای گلستان

#### دبیر:

سید کلبادی، سید محمد

(کارشناسی ارشد مهندسی عمران-زلزله)

شرکت پویاب محیط شمال

#### اعضا: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)

ابطحی، سید محمد

(کارشناسی مهندسی مکانیک)

شرکت هپکو اراک

اطعامی، مهران

(کارشناسی مهندسی عمران-زمین‌شناسی)

کانون انجمن‌های شرکت‌های حفاری چاه‌های آب

الوند، رمضانعلی

(کارشناسی ارشد مهندسی عمران-سازه)

شرکت آب منطقه‌ای گلستان

امیر کافی، رضا

(کارشناسی مهندسی مکانیک)

سازمان ملی استاندارد

انتظاری هرسینی، اعظم

(دکتری زمین‌شناسی)

دانشگاه پیام نور

باقرزاده خلخالی، احد

(دکتری زمین‌شناسی)

دانشگاه تهران

بهمنی، علی

(کارشناسی ارشد مهندسی محیط زیست)

سازمان توسعه و نوسازی معادن و صنایع معدنی ایران

تات هشت تیکه، ولی

(کارشناسی مهندسی عمران)

شرکت آزمایشگاه مکانیک خاک استان گلستان

جعفری، مسعود

(کارشناسی نقشه‌برداری)

شرکت آب منطقه‌ای گلستان

<u>اعضا:</u> (اسامی به ترتیب حروف الفبا)	<u>سمت و/یا محل اشتغال:</u>
حسینی، سید حسین (کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک-ساخت و تولید)	شرکت ایده پردازان نارین
حسینی، سید مرتضی (کارشناسی مهندسی صنایع)	شرکت گرگان زمین
حشمتی، محمود (دکتری مهندسی مکانیک-طراحی)	دانشگاه صنعتی کرمانشاه
حشمتی، مسعود (دکتری مهندسی عمران-سازه)	دانشگاه آزاد سنقر
داودیان، حیدر (کارشناسی ارشد مهندسی مدیریت ساخت)	شرکت آب منطقه‌ای گلستان
رضایی، محمد (کارشناسی ارشد مهندسی محیط زیست)	شرکت آب و فاضلاب گلستان
سلامت، امیر سعید (کارشناسی زمین شناسی)	مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی
سلطانی، سارا (کارشناسی مهندسی کامپیوتر)	خانه صنعت، معدن و تجارت استان گلستان
سلطانی، فرشته (کارشناسی ارشد پژوهش)	اداره کل استاندارد استان گلستان
صادقی، آرمان (فوق دکتری مهندسی مکانیک-تبدیل انرژی)	دانشگاه کردستان
صادقی، سعید (کارشناسی ارشد مهندسی صنایع)	سازمان ملی استاندارد
عالیشاهی، حمید رضا (کارشناسی ارشد فیزیک)	اداره کل استاندارد استان گلستان
کاهه، مصطفی (کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک-تبدیل انرژی)	شرکت ایران خودرو
کولیوند، فرشید (دکتری مکانیک سنگ)	دانشگاه لرستان

**اعضا:** (اسامی به ترتیب حروف الفبا)

عنایت، مسعود

(دکتری زمین شناسی مهندسی)

گلستانی، علیرضا

(کارشناسی ارشد مهندسی عمران-ژئوتکنیک)

محمدی، صابر

(دکتری شیمی نفت)

مصطفوی، مجید

(کارشناسی ارشد مهندسی عمران-راه)

ناوی، پدram

(دکتری زمین شناسی)

نجفی فرد، غلامرضا

(کارشناسی مکانیک سنگ)

یخکشی، محمد ابراهیم

(دکتری زمین شناسی)

**ویراستار:**

عباسی رزگله، محمدحسین

(کارشناسی مهندسی مواد-سرامیک)

**سمت و/یا محل اشتغال:**

شرکت آب منطقه‌ای گلستان

شرکت آب و فاضلاب روستایی استان گلستان

پژوهشکده نفت

شرکت آب کاوان زیما

سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی ایران

شرکت مهندسی مشاور مهتاب قدس

شرکت آب منطقه‌ای مازندران

سازمان ملی استاندارد ایران

## فهرست مندرجات

صفحه	عنوان
ط	پیش‌گفتار
ی	مقدمه
۱	۱ هدف و دامنه کاربرد
۲	۲ مراجع الزامی
۲	۳ اصطلاحات و تعاریف، نمادها و کوتاه‌نوشت‌ها
۲	۳-۱ اصطلاحات و تعاریف
۶	۳-۲ نمادها و کوتاه‌نوشت‌ها
۷	۴ الزامات کلی
۷	۴-۱ ارتباط پایش ژئوتکنیک با طراحی ژئوتکنیک
۷	۴-۲ پایش ژئوتکنیک در ارتباط با سوالات ویژه
۷	۴-۳ الزامات یک پروژه پایش ژئوتکنیک
۹	۴-۴ سنجش‌های زمین‌سنجی
۹	۴-۵ الزامات ایمنی
۹	۵ الزامات سامانه پایش ژئوتکنیک
۹	۵-۱ کلیات
۱۰	۵-۲ استحکام
۱۰	۵-۳ عوامل موثر
۱۱	۵-۴ فراوانی
۱۱	۵-۵ پایداری نشانک حس‌گر
۱۱	۵-۶ کنترل عملکرد و واسنجی
۱۲	۶ موقعیت نقاط سنجش و پارامترهای ژئوتکنیک
۱۲	۶-۱ موقعیت نقاط سنجش
۱۲	۶-۲ سنجش و پایش پارامترهای ژئوتکنیک
۱۲	۷ انجام سنجش
۱۴	۸ پردازش داده‌ها و راستی‌آزمایی
۱۵	۹ گزارش‌دهی

صفحه	عنوان
۱۵	۱-۹ گزارش نصب
۱۶	۲-۹ گزارش پایش
۱۸	پیوست الف (آگاهی دهنده) حداقل الزامات برای محتوای برگه‌های داده‌های ابزار دقیق
۲۰	پیوست ب (آگاهی دهنده) سنجش‌های ژئوتکنیک در گمانه‌ها
۲۳	پیوست پ (آگاهی دهنده) سنجش‌های میدانی و ارتباط آن با طراحی و ساخت سازه‌های ژئوتکنیک
۲۵	پیوست ت (آگاهی دهنده) سنجش و پایش پارامترهای کلیدی ژئوتکنیک
۲۷	پیوست ث (آگاهی دهنده) انواع مرسوم روش‌های پایش و ابزار دقیق‌ها
۳۴	کتاب‌نامه



## پیش‌گفتار

استاندارد «تحقیقات و آزمون‌های ژئوتکنیک - پایش ژئوتکنیک با استفاده از ابزار دقیق میدانی - قسمت ۱: قوانین کلی» که پیش‌نویس آن در کمیسیون‌های مربوط توسط سازمان ملی استاندارد ایران تهیه و تدوین شده است و در مهندسی ساختمان و فرآورده‌های ساختمانی اجلاس کمیته ملی استاندارد شش‌صد و بیست و ششمین مورخ ۱۳۹۵/۰۸/۱۰ مورد تصویب قرار گرفته است، اینک به استناد بند یک ماده ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، مصوب بهمن ماه ۱۳۷۱، به عنوان استاندارد ملی ایران منتشر می‌شود.

استانداردهای ملی ایران بر اساس استاندارد ملی شماره ۵ (استاندارد ملی ایران - ساختار و شیوه نگارش) تدوین می‌شوند. برای حفظ همگامی و هماهنگی با تحولات و پیشرفت‌های ملی و جهانی در زمینه صنایع، علوم و خدمات، استانداردهای ملی ایران در مواقع لزوم تجدید نظر خواهد شد و هر پیشنهادی که برای اصلاح و تکمیل این استانداردها ارائه شود، هنگام تجدید نظر در کمیسیون فنی مربوط مورد توجه قرار خواهد گرفت. بنابراین، باید همواره از آخرین تجدید نظر استانداردهای ملی استفاده کرد.

منبع و مأخذی که برای تهیه این استاندارد مورد استفاده قرار گرفته به شرح زیر است:

ISO 18674-1: 2015, Geotechnical investigation and testing - Geotechnical monitoring by filed instrumentation - Part 1: General rules

این استاندارد یک قسمت از مجموعه استانداردهای «تحقیقات و آزمون‌های ژئوتکنیک - پایش ژئوتکنیک با استفاده از ابزار دقیق میدانی» است. این استاندارد، قوانین کلی برای پایش عملکرد زمین، سازه‌های دارای اندرکنش با زمین، پرکننده‌های ژئوتکنیک و فعالیت‌های ژئوتکنیک را ارائه می‌کند.

## تحقیقات و آزمون‌های ژئوتکنیک - پایش ژئوتکنیک<sup>۱</sup> با استفاده از ابزار دقیق میدانی<sup>۲</sup> - - قسمت ۱: قوانین کلی

### ۱ هدف و دامنه کاربرد

۱-۱ هدف از تدوین این استاندارد، ارائه اصول کلی برای پایش رفتار<sup>۳</sup> خاک، سازه‌های که با خاک اندرکنش دارند، (سازه‌های در اندرکنش با خاک) خاکریزها و فعالیت‌های ژئوتکنیک به عنوان بخشی از تحقیقات و آزمون ژئوتکنیک می‌باشد.

۲-۱ در این استاندارد، به‌طور ویژه به ابزاربندی و سنجش‌های میدانی<sup>۴</sup> اختصاص دارد (داده شده است) که در موارد زیر به‌کار می‌رود:

- تحقیقات ساختگاهی<sup>۵</sup> خاک و سنگ؛

- روش طراحی مشاهداتی<sup>۶</sup>؛

- عملکرد سازه‌های ژئوتکنیک، قبل، بعد و نیز در حین ساخت؛

- ارزیابی رفتار زمین، به عنوان مثال شیب‌های ناپایدار<sup>۷</sup> و تحکیم<sup>۸</sup>؛

- ثبات یا پایش وضعیت جدید تعادل خاک بعد از برهم زدن حالت طبیعی آن با اقدامات ساخت و ساز (به‌عنوان مثال بارهای پی، حفاری خاک و احداث تونل)؛

- ثبات یا پایش پایداری، قابلیت بهره‌برداری و ایمنی سازه‌ها و عملیات‌هایی که ممکن است تحت تاثیر ساخت و سازه‌های ژئوتکنیک قرار گیرند؛

- به‌منظور حفظ مدارک؛

- به‌منظور ارزیابی و کنترل فعالیت های ژئوتکنیک.

- 
- 1- Geotechnical monitoring
  - 2- Field instruments
  - 3 - Performance monitoring
  - 4- Field instrumentation
  - 5- Site investigation
  - 6- Observational design procedures
  - 7- Unstable slops
  - 8- Consolidation

## ۲ مراجع الزامی

از مراجع الزامی زیر در متن این استاندارد ملی استفاده شده است. بدین ترتیب مقررات آن‌ها جزئی از این استاندارد ملی محسوب می‌شود. در صورتی که به مرجعی با ذکر تاریخ انتشار ارجاع داده شده باشد، اصلاحیه‌ها و تجدید نظرهای بعدی آن مورد نظر این استاندارد ملی نیست اما در مورد مراجعی که بدون ذکر تاریخ انتشار به آن‌ها ارجاع داده شده است، همواره آخرین تجدید نظر و اصلاحیه‌های بعدی آن مورد نظر است. استفاده از مراجع زیر برای این استاندارد الزامی است:

- ۱-۲ استاندارد ملی ایران شماره ۲۸۶۸: سال ۱۳۸۶، درجات حفاظت تأمین شده توسط محفظه‌ها (کد IP)
- 2-2 ISO 14688-1: 2002, Geotechnical investigation and testing - Identification and classification of soil - Part 1: Identification and description
- 2-3 ISO 14689-1: 2003, Geotechnical investigation and testing - Identification and classification of rock - Part 1: Identification and description
- 2-4 ISO 22475-1: 2006, Geotechnical investigation and testing - Sampling methods and groundwater measurements - Part 1: Technical principles for execution
- 2-5 ISO/IEC Guide 99: 2007, International vocabulary of metrology - Basic and general concepts and associated terms (VIM)

## ۳ اصطلاحات و تعاریف، نمادها و کوتاه‌نوشت‌ها

### ۱-۳ اصطلاحات و تعاریف

در این استاندارد، علاوه بر اصطلاحات و تعاریف ارائه شده در استاندارد ISO/IEC Guide 99:2007، اصطلاحات و تعاریف زیر نیز به کار می‌رود:

۱-۱-۳

### پایش ژئوتکنیک

#### Geotechnical monitoring

به مشاهدات رفتار زمین و/یا عملکرد سازه‌های ژئوتکنیک قبل، حین و بعد ساخت، گفته می‌شود.

یادآوری ۱- پایش ژئوتکنیک یک بخش اصلی از فرآیند طراحی بر مبنای مشاهدات است.

یادآوری ۲- پایش ژئوتکنیک بر مبنای مشاهدات میدانی شامل بررسی ساختگاه، استوار است.

## ابزار میدانی

**Field instrument**

به وسایل (ابزار) سنجش به منظور پایش ژئوتکنیک گفته می‌شود. یادآوری - پایش با استفاده از ابزار میدانی شامل سنجش پارامترهای فیزیکی و در مواردی سنجش تغییرات در مقادیر پارامترها می‌باشد.

## پارامترهای کلیدی ژئوتکنیک

**Geotechnical key parameter**

پارامترهای فیزیکی بیانگر مسائل (مورد نظر بوده) ژئوتکنیک مورد نظر بوده و با پایش ژئوتکنیک مرتبط هستند. مثال: جابجایی (مطلق و یا نسبی)، کرنش، انحراف از محور قائم، تنش، فشار آب حفره‌ای، فشار زمین، نیرو، سرعت، شتاب و دما.

## پروژه پایش ژئوتکنیک

**Geotechnical monitoring project**

تمامی اقداماتی که در یک پروژه ویژه به پایش ژئوتکنیک مربوط هستند. یادآوری - پروژه پایش ژئوتکنیک دربرگیرنده برنامه‌ریزی، ارزیابی خطر، شناسایی، تدارکات، تحویل و نیز راه‌اندازی سامانه پایش یک پروژه، پردازش، ارزیابی و نیز گزارش داده‌های پایش می‌باشد.

## مفهوم پایش ژئوتکنیک

**Geotechnical monitoring concept**

نقشه (برنامه ریزی) مقدماتی برای سنجش پارامترهای کلیدی ژئوتکنیک در مرحله طراحی مفهومی شکل می‌گیرد. شناسایی اهداف مشخص از قبیل کاهش خطر باید توسط پایش، در نظر گرفتن نوع سنجش، مکان‌های سنجش، و نیز برنامه مشخص برای سنجش انجام گیرد.

۶-۱-۳

### طرح پایش ژئوتکنیک

#### Geotechnical monitoring plan

به توسعه مفهوم پایش در مشخصات مرحله طراحی گفته می‌شود.

۷-۱-۳

### سامانه پایش ژئوتکنیک

#### Geotechnical monitoring system

به سخت‌افزار و نرم‌افزار لازم برای گردآوری داده‌های میدانی گفته می‌شود.

یادآوری ۱- این سامانه شامل نشانک<sup>۱</sup> وسایل، ابزار انتقال (مانند کابل‌های الکتریکی)، جمع‌آوری داده و واحدهای کمکی است.

یادآوری ۲- عملکرد (دقت، پایداری، صحت) سامانه پایش ژئوتکنیک لزوماً یکسان با عملکرد مولفه‌های سامانه نیست.

۸-۱-۳

### برنامه پایش ژئوتکنیک

#### Geotechnical monitoring program

به تمامی بخش‌های یک پروژه پایش شامل نقشه و سامانه پایش که قابلیت برنامه‌ریزی نظام‌مند را دارد، گفته می‌شود.

۹-۱-۳

### راه‌اندازی

#### Commissioning

به مشاهده و پذیرش عملکرد صحیح سامانه پایش مورد استفاده گفته می‌شود.

یادآوری - ضوابط راه‌اندازی معمولاً در نقشه پایش تعریف می‌شود.

۱۰-۱-۳

برگه داده وسایل

### Instrument data sheet

دفترچه راهنما که شامل مشخصات فنی ابزار است.

۱۱-۱-۳

سنجش مقدماتی

### Initial measurement

به اولین سنجش بعد از نصب گفته می‌شود. (به شکل ۱ مراجعه شود)

۱۲-۱-۳

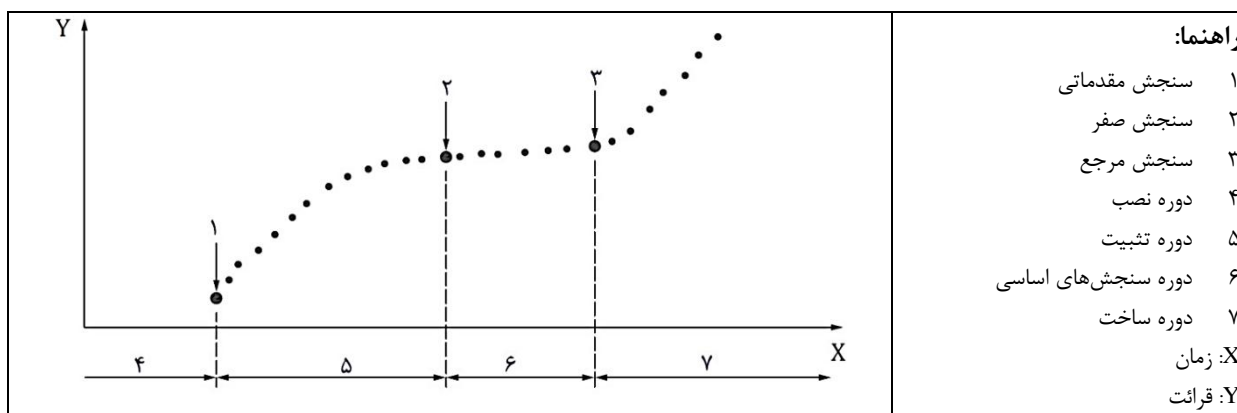
سنجش صفر

### Zero measurement

به سنجش‌هایی که بعد از تثبیت اثرات نصب انجام می‌گیرد، گفته می‌شود.

یادآوری ۱- سنجش صفر به عنوان مرجع سنجش‌های بعدی منظور می‌شود که مرتبط با مختصات زمانی و مکانی است.

یادآوری ۲- سنجش صفر معمولا با افزایش تعداد سنجش‌ها برای حصول به داده‌های قابل اعتماد برای سنجش‌های بعدی حاصل می‌شود، مانند تکرار سنجش‌ها.



شکل ۱- تعریف نقاط برجسته سنجش در طول یک پروژه پایش ژئوتکنیک، در یک دوره کامل شامل دوره (مرحله) ساخت

## سنجش‌های خط اساس

**Baseline measurements**

برای کمک به تعریف تغییراتی که به واسطه عواملی غیر از ساخت و ساز ایجاد می‌شوند، سنجش‌ها، پیرو سنجش صفر، در یک دوره زمانی قبل از شروع هر عملیات ساخت و ساز، اعمال می‌گردند.

**مثال:** تغییرات فصلی در تراز آب‌های زیرزمینی، تغییرات در مقدار بخار آب، تغییرات آب و هوایی نظیر دما و تشعشعات خورشیدی.

## سنجش مرجع

**Reference measurement**

به سنجشی که به عنوان مبنای سنجش‌ها در نظر گرفته می‌شود، گفته می‌شود.

یادآوری ۱- سنجش مرجع با نام سنجش داده نیز شناخته می‌شود.

یادآوری ۲- اغلب یک سنجش مرجع جدید، برای یک دوره ساخت جدید، استفاده می‌شود.

یادآوری ۳- سنجش مرجع معمولاً از چندین سنجش حاصل می‌شود.

## سنجش تغییر در مقادیر

**Value change measurement**

به اختلاف میان یک سنجش و سنجش مرجع گفته می‌شود.

## سنجش نقطه‌ای

**Point measurement**

به سنجش یک پارامتر فیزیکی در یک نقطه گفته می‌شود.



مثال: تغییر مکان یک نقطه، نیروی یک میل‌مه‌ار<sup>۱</sup> در سر آن، حالت تنش خاک<sup>۲</sup>، فشار آب حفره‌ای، نرخ (میزان) افت آب<sup>۳</sup> در پایین‌دست و در پنجه سد.

۱۷-۱-۳

### سنجش خطی

#### Line measurement

به سنجش یک پارامتر فیزیکی در طول یک خط گفته می‌شود.

#### ۲-۳ نمادها و کوتاه‌نوشت‌ها

در این استاندارد، نمادها طبق جدول ۱ به کار می‌رود:

جدول ۱- نمادها

واحد	نام	علامت
متر	قطر گمانه <sup>۴</sup>	$d$
-	تعداد، جهت یا نقطه سنجش	$i$
متر	فاصله	$l$
متر	مولفه‌های تغییر مکان به ترتیب در جهت X , y , Z	$u, v, w$
پاسکال	فشار آب حفره‌ای <sup>۵</sup>	$u$
متر	مختصات محلی	$x, y, z$
متر	تراز پیزومتریک <sup>۶</sup>	$z_w$
درجه یا میلی‌متر بر متر	زاویه، انحراف <sup>۷</sup>	$\alpha$
-	کرنش عمود بر صفحه سنجش	$\underline{\varepsilon}_n$
-	کرنش عمودی مرتبط با مختصات گمانه	$\varepsilon_y \varepsilon_x \varepsilon_z$
-	کرنش برشی مرتبط با مختصات گمانه	$\gamma_{xy} \gamma_{yz} \gamma_{zx}$
پاسکال	تنش‌های اصلی	$\sigma_1 \sigma_2 \sigma_3$
پاسکال	تنش عمودی مرتبط با صفحه سنجش	$\sigma_n$
پاسکال	مولفه‌های تنش عمودی مرتبط با مختصات گمانه	$\sigma_x \sigma_y \sigma_z$
پاسکال	مولفه‌های تنش برشی مرتبط با مختصات گمانه	$\tau_{xy} \tau_{yz} \tau_{zx}$

یادآوری - علائم با بیش از یک مفهوم (مانند u) در هنگام استفاده آن در متن قابل تشخیص است.

- 1- Anchor
- 2- Embankment
- 3- Water discharge rate
- 4- Borehole
- 5- Pore water pressure
- 6- Piezometric
- 7- Inclination

## ۴ الزامات کلی

### ۱-۴ ارتباط پایش ژئوتکنیک با طراحی ژئوتکنیک

پایش ژئوتکنیک باید در ارتباط با طراحی ژئوتکنیک طراحی، اجرا و ارزیابی شود.

یادآوری - شکل پ ۱، نمایانگر موقعیت پایش ژئوتکنیک و ارتباط آن با طراحی و ساخت سازه‌های ژئوتکنیک است. روش‌های مشاهداتی را در زیربند ۷-۲ از استاندارد EN 1997-1: 2004، ملاحظه کنید.

### ۲-۴ پایش ژئوتکنیک در ارتباط با سوالات ویژه

هر پروژه پایش ژئوتکنیک باید بر اساس پاسخ به یک سوال ویژه باشد. این سوال باید در ابتدای هر پروژه نظام-مند شده و با داده به دست آمده به واقعیت نزدیک شود.

یادآوری - پایش فرایند ساخت و پایش بلند مدت سازه‌های حساس موجود را دربر می‌گیرند.

### ۳-۴ الزامات یک پروژه پایش ژئوتکنیک

۱-۳-۴ در یک پروژه پایش ژئوتکنیک، تمامی موارد<sup>۱</sup> تعریف شده در زیربندهای ۱-۴-۳، ۷-۳-۴ و ۲-۳-۴ باید در نظر گرفته شود.

۲-۳-۴ در مرحله طراحی مقدماتی<sup>۲</sup> برای موضوعات ژئوتکنیک، باید مرجع مشخص شده و پارامترهای کلیدی باید مشخص شده و محدوده<sup>۳</sup> آن تخمین زده شود. دقت و عدم قطعیت<sup>۴</sup> در پارامترهای کلیدی باید سنجیده شده و حدود رواداری‌های<sup>۵</sup> ژئوتکنیک آن‌ها مشخص شود.

۳-۳-۴ در مرحله طراحی مفهومی<sup>۶</sup>، یک ایده درباره چگونگی سنجش پارامترهای کلیدی مسئله ژئوتکنیک مورد نظر، باید توسعه یابد.

یادآوری - ملاحظات، شامل ماهیت وسایل، تعدا دفعات سنجش، نوسانات سامانه<sup>۷</sup>، زمان عملکرد پیش‌بینی شده برای سامانه پایش و نیز خطر بالقوه عملیات پایش است.

۴-۳-۴ در مرحله طراحی مشخصات<sup>۱</sup>، مفهوم پایش باید به یک برنامه پایش جامع، منتقل شود. مفاهیمی که باید در این مرحله در نظر گرفته شوند، شامل انتخاب وسیله بر اساس برگه داده، همراه با کارایی میدانی مورد انتظار و نیز فرآیند نصب دستگاه است.

- 
- 1- Items
  - 2- Preliminary design phase
  - 3- Range
  - 4- Uncertainty
  - 5- Tolerable
  - 6- Conceptual design phase
  - 7- Redundancy in the system

یادآوری ۱- نقشه پایش<sup>۲</sup>، شامل فرآیند پایش ژئوتکنیک، موقعیت نقاط پایش، برنامه پایش و نوع جمع آوری داده می‌باشد.

یادآوری ۲- فرآیند سنجش باید شامل اصول سنجش (اصول فیزیکی سنجش، به عنوان مثال اصول تار مرتعش<sup>۳</sup>) و نیز روش سنجش (به عنوان مثال روش‌های جایگزین، روش رقومی یا قیاسی) باشد.

یادآوری ۳- وسایل سنجش میدانی، شامل انواع گوناگون حس‌گر با اصول سنجش مختلف هستند که بسته به نوع کاربرد، هر کدام معایب و مزایای ویژه خود را دارند. مثالی از حس‌گرها با اصول سنجش متفاوت (شامل) سیم‌های لرزان، حلقه جریانی<sup>۴</sup>، القایی<sup>۵</sup>، خازنی، کرنش‌سنج مقاومتی و حس‌گر فیبر نوری<sup>۶</sup> می‌باشد.

۴-۳-۵ در حین مرحله نصب دستگاه‌ها و جمع‌آوری داده‌ها باید از موارد زیر اطمینان حاصل کرد:

– سامانه ابزار دقیق باید سریع و قبل از ساخت و ساز برای سنجش‌های پایه نصب شود<sup>۵</sup>؛

– نصب باید به گونه‌ای انجام شود که همخوانی خوبی با وسایل سنجش داشته باشد.

یادآوری – دقت مناسب در مقادیر سنجیده‌شده توسط ابزار دقیق نصب‌شده، در صورتی مطلوب ارزیابی می‌شود که در صورت وجود تغییرات در داده‌ها، دارای اختلافات ناچیزی باشد.

– دستگاه‌ها طبق دستوالعمل کارخانه راه‌اندازی می‌شوند؛

– سامانه پایش به طور منظم بازرسی شده و در برابر فعالیت‌های در دست اقدام در سایت که ممکن است بر عملکرد دستگاه تاثیر بگذارند، محافظت می‌شود.

۴-۳-۶ در زمان پردازش، ارزیابی و گزارش‌دهی داده‌ها، باید توجه داشت که داده‌های پایش، اغلب توسط دستگاه، فعالیت‌های مربوط به نصب و اثرات محیطی (زیربند ۳-۵) تحت تاثیر قرار می‌گیرند. در فرآیند ارزیابی، کنترل‌های منطقی برای داده‌های پایش باید انجام گیرد. این کنترل باید دستگاه‌ها و نیز جنبه‌های ژئوتکنیک را شامل شوند (زیربند ۵-۸).

۴-۳-۷ نتایج پایش باید با توجه به شرایط ژئوتکنیک مورد ارزیابی قرار گیرد.

#### ۴-۴ سنجش‌های زمین‌سنجی<sup>۷</sup>

به منظور حفاظت، ارزیابی و نیز کنترل سنجش‌های ژئوتکنیک باید مرجعی برای سنجش‌های زمین‌سنجی ایجاد شود.

یادآوری ۱- به استاندارد ISO 18674-9 مراجعه کنید.

- 
- 1- Specification design phase
  - 2- Monitoring plan
  - 3- Vibrating wire principle
  - 4- Current-loop
  - 5- Inductive
  - 6- Fiber-optical sensors
  - 7- Geodetic

یادآوری ۲- برای مقایسه سنجش‌های زمین‌سنجی و ژئوتکنیک جدول پ ۱ را مشاهده کنید.

#### ۵-۴ الزامات ایمنی

مقررات ایمنی در محل و نیز مقررات کلی باید رعایت شود.

مثال‌ها: آیین‌نامه‌هایی برای حصول اطمینان از موارد زیر:

- بهداشت شخصی و تجهیزات ایمنی؛
- هوای تازه در صورتی که کار در فضای بسته باشد؛
- اطمینان از ایمنی سامانه سنجش و مولفه‌های آن.

#### ۵ الزامات سامانه پایش ژئوتکنیک

##### ۱-۵ کلیات

۱-۱-۵ سامانه پایش ژئوتکنیک، وابسته به شرایط ویژه‌ای است که باید در برنامه پایش و ارزیابی داده‌های پایش در نظر گرفته شود. این شرایط شامل موارد زیر است:

- اندرکنش‌های مکانیکی، هیدرومکانیکی یا ترمومکانیکی<sup>۱</sup> بین مولفه‌های بحرانی سامانه سنجش ژئوتکنیک (به عنوان مثال حس گرها، خطوط سنجش) و محیطی که متعلقات سامانه در آن قرار می‌گیرند؛
- شرایط محیطی (به عنوان مثال گازها یا آب‌های زیرزمینی با قابلیت خوردگی<sup>۲</sup>، فشار روسازه<sup>۳</sup>، آشفته‌گی‌های الکترومغناطیسی) که می‌تواند اجزای موجود را تحت تاثیر قرار دهد؛
- آسیب‌پذیری ارسال داده‌ها در سامانه پایش (به‌عنوان مثال خطوط طویل سنجش که اغلب از نواحی ساختگاهی عبور می‌کنند).

۲-۱-۵ نمادها قراردادی<sup>۴</sup> و نیز یکاهای مورد استفاده باید به طور واضح بیان شود.

۳-۱-۵ الزامات زیربندهای ۲-۵ تا ۶-۵ باید مستند گردند.

یادآوری - مستندات سازنده دستگاه، به عنوان مثال برگه داده وسایل (پیوست الف)، راهنمای خوبی برای انتخاب وسایل است.

---

1- Thermo-mechanical  
2- Aggressive  
3- High ground pressure  
4- Sign conventions

## ۲-۵ استحکام<sup>۱</sup>

۱-۲-۵ متعلقات سامانه باید به اندازه کافی مستحکم باشند تا بتوانند عملکرد مستقل خود را جدا از شرایط محیطی و نیز شرایط ساخت و ساز، در طول عمر سامانه به صورت موثر ایفا کنند.

**یادآوری** - این الزامات، با مصالح استفاده شده (به عنوان مثال کیفیت کابل سنجش، مقاومت حس گرما در برابر خوردگی)، روش ساخت واحدهای نصب شده و نیز امنیت کل سامانه پایش، به عنوان مثال، ولتاژ بالا (سیتم حفاظت در برابر رعد و برق)، اختلال در محل ساختگاه و خرابکاری مرتبط است.

۲-۲-۵ خرابی در وسایل ارتباطی، به عنوان مثال کابل‌ها و خطوط رادیویی<sup>۲</sup> یک مشکل بالقوه است. در هنگام طرح‌ریزی سامانه پایش ژئوتکنیک، این مشکلات باید مدیریت گردند.

**مثال:** در سامانه‌های پایش خودکار، تدارک لازم برای خرابی در سامانه‌های ارتباطی و نیز پایین آمدن سطح انرژی در نظر گرفته شود.

۳-۲-۵ در مکان‌هایی که احتمال خرابی وجود دارد و نیز برای محافظت دستگاه‌ها، نیاز به جایگزینی و تعمیر تجهیزات باید در نظر گرفته و این امر باید در نقشه پایش گنجانده شود.

## ۳-۵ عوامل موثر

۱-۳-۵ برای ارزیابی سنجش‌های ژئوتکنیک، تمامی عوامل موثر بر نشانک حس گرما باید در نظر گرفته شوند. به عبارتی باید بین عوامل تاثیرگذار مستقیم و غیرمستقیم بر کمیت‌های فیزیکی سنجیده شده، تفاوت قائل شد. **یادآوری ۱-** تاثیرات مستقیم مربوط به موضوعاتی است که در حال پایش هستند و تاثیرات غیرمستقیم مربوط به سامانه پایش است.

**یادآوری ۲-** عوامل موثر بر سامانه پایش شامل تغییرات در فشار اتمسفر و دما است.

**یادآوری ۳-** سامانه پایش ممکن است توسط عواملی همچون خطوط با ولتاژ بالا، اختلالات الکترومغناطیسی و لرزش‌های زمین تحت تاثیر قرار گیرد.

۲-۳-۵ الزاماتی باید برای تفاوت قائل شدن بین اثرات نسبی عوامل تاثیرگذار بر سامانه پایش و هدف پایش<sup>۳</sup> در نظر گرفت.

**مثال‌ها:** انتخاب مبدل جابجایی حرارتی - تقویت‌شده<sup>۴</sup>، پیزومترهای تقویت‌شده فشار<sup>۵</sup>، میله‌های کشش‌سنج<sup>۱</sup> با ضریب انتقال حرارت پایین، پیش‌بینی نشانگرهای تنش و کرنش صفر، اصلاح دمای سنجش نوار همگرایی<sup>۲</sup> (به استاندارد ISO 18674-2 مراجعه شود).

- 
- 1- Robustness
  - 2- Radio links
  - 3- monitoring object
  - 4- Temperatur-compensated
  - 5- pressure-compensated piezometer

## ۴-۵ فراوانی<sup>۳</sup>

سنجش‌های ژئوتکنیک باید دارای فراوانی کافی باشند تا از ادامه عملکرد سامانه علی‌رغم نقص در مولفه‌ها، مطمئن بود. فراوانی در سنجش داده‌ها باید برای شناسایی قرائت‌های اشتباه و نیز اصلاح داده‌ها انجام گیرد.

**مثال‌ها:** (برای افزایش میزان فراوانی):

- قرائت‌های متعدد؛
- نصب تعداد حس‌گرهای بیشتر از آنچه از لحاظ تئوری لازم است. به‌عنوان مثال بیش از ۳ حس‌گر در پایش تنش دو بعدی،
- دو برابر کردن حس‌گرها؛
- استفاده از اصول سنجش متفاوت برای یک کمیت یکسان (تنوع).

## ۵-۵ پایداری نشانک حس‌گر

از آنجا که واسنجی مجدد<sup>۴</sup> (زیربند ۶-۵) حس‌گرهای مدفون<sup>۵</sup>، به سختی امکان‌پذیر است. در پایداری نشانک دریافتی از حس‌گرها و نیز فراوانی سامانه پایش باید دقت نمود.

باید اطمینان حاصل کرد که نشانک‌ها در طول مدت پروژه پایش، در حد قابل قبول پایدار باشند.

**یادآوری** - سازه‌های ژئوتکنیک با حساسیت بالا مانند تونل‌ها و سدها، به پایش بلند مدت نیازمندند.

## ۶-۵ کنترل عملکرد<sup>۶</sup> و واسنجی

کنترل عملکرد و/یا واسنجی ابزارها باید انجام شود و در مراحل بعدی پروژه پایش، مستند سازی<sup>۷</sup> شود.

- قبل از حمل، مسولیت بر عهده سازنده بوده و باید در گواهی<sup>۸</sup> واسنجی قید شود؛
- قبل از نصب، آزمون‌های پذیرش پیش از نصب<sup>۹</sup> باید در یک گواهی، مستند شود. در صورت ممکن این مرحله باید دربرگیرنده کنترل نقاط صفر و مقیاس مولفه‌های سامانه باشد؛
- پس از نصب (آزمون‌های پذیرش پس از نصب).

- 
- 1- Extensometer rods
  - 2- Temperature correction of convergence tape measurements
  - 3- Redundancy
  - 4- Re-calibration
  - 5- Embedded sensors
  - 6- Function check
  - 7- Documented
  - 8- Certificates
  - 9- Pre-installation acceptance tests

یادآوری - آزمون‌های پذیرش پیش از نصب و پس از نصب، بخشی از راه‌اندازی<sup>۱</sup> هستند.

- در طول دوره سرویس‌دهی، مولفه‌های سامانه پایش که قابل دسترسی هستند باید در بازه‌های زمانی ویژه مجدداً واسنجیده گردند. بازه بین دو واسنجی مجدد باید با در نظر گرفتن توصیه‌های کارخانه سازنده، موارد استفاده دستگاه و نیز شرایط محیطی در برنامه واسنجی مشخص شود. در صورت وجود شک منطقی<sup>۲</sup> در اعتبار یا دقت دستگاه، باید واسنجی‌های بیشتری انجام گیرد. واسنجی‌های مجدد ممکن است در سنجش‌های ویژه لازم باشد.

یادآوری - به استاندارد ISO 18674-2 مراجعه شود.

## ۶ موقعیت نقاط سنجش و پارامترهای ژئوتکنیک

### ۱-۶ موقعیت نقاط سنجش

۱-۱-۶ نقاط سنجش می‌تواند در سطح آزاد یا در بین سطح مشترک<sup>۳</sup> دو محیط، یا در داخل یک محیط قرار گرفته باشد.

۲-۱-۶ نقاط سنجش واقع در داخل زمین در گمانه‌ها نصب می‌شوند. سنجش در این نقاط باید مرتبط با مختصات محلی گمانه مورد نظر باشد (پیوست ب).

یادآوری - گمانه‌ها، امکان نصب حس‌گرها در نقاط هدف و نیز امکان دسترسی به نقاط سنجش را فراهم می‌کنند.

### ۲-۶ سنجش و پایش پارامترهای ژئوتکنیک

۱-۲-۶ پایش ژئوتکنیک باید بر پایه سنجش پارامترهای کلیدی ژئوتکنیک باشد.

یادآوری - مثال‌هایی از پارامترهای کلیدی ژئوتکنیک و سنجش آن‌ها در جدول ت ۱ و نیز پیوست ث ارائه شده است.

۲-۲-۶ پایش ژئوتکنیک، مقدار پارامتری می‌سنجد که مقدار تغییرات این پارامتر را می‌توان با مقایسه مقادیر بدست آمده با سنجش صفر یا مرجع مشخص کرد (زیربندهای ۳-۱-۱۲ و ۳-۱-۱۴).

یادآوری - مثال‌هایی از تغییر پارامترها و اندازه‌گیری آن‌ها در جدول ت-۱ و پیوست ث آمده است.

---

1- Commissioning.  
2- Reasonable doubt  
3- interface

## ۷ انجام سنجش

۷-۱ سنجش‌ها در حالت ایده‌آل باید توسط یک نفر یا یک گروه ثابت، در کل مدت پروژه پایش انجام گیرد. اگر وظیفه سنجش از یک شخص یا گروه، به دیگری واگذار شود باید یک هم‌پوشانی انجام گیرد که در آن هر دو شخص در یک سنجش یا یک گروه سنجش، حضور داشته باشند. پرسنل مسئول سنجش باید با اهداف پروژه پایش، که شامل برآورد پاسخ زمین به ساخت و ساز است آشنا باشند.

۷-۲ جدول زمانی<sup>۱</sup> سنجش باید در نقشه پایش مشخص باشد. جدول زمانی می‌تواند با پیشروی ساخت و ساز و یا نگرش‌های جدید<sup>۲</sup> حاصل شده در پروژه پایش تنظیم شود. دلایل و توجیهات برای هر تغییر در جدول زمانی باید ثبت شود.

۷-۳ برای پیوستگی در قرائت پارامترهای کلیدی ژئوتکنیک، تاریخ و زمان برای هر سری سنجش باید ثبت شود. در صورت امکان، دمای محل سنجش باید ثبت شود.

یادآوری ۱- ثبت شرایط محل و نیز نوع فعالیت‌های ساخت و ساز می‌تواند مفید واقع شود.

یادآوری ۲- زمان و تاریخ، برای ارتباط بین سنجش‌ها با مراحل ساخت مورد نیاز است.

یادآوری ۳- ثبت دما، مبنایی برای مشخص کردن فاکتورهای تاثیرگذار (زیربند ۳-۵) و نیز تصحیح نشانک‌های سنجش است.

یادآوری ۴- ممکن است داده‌های دیگری برای سنجش‌های ویژه مورد نیاز باشد، از قبیل فشارسنجی بارومتریک<sup>۳</sup> با استفاده از سنجش‌های پیزومتری<sup>۴</sup>.

۷-۴ هنگام سنجش، هر موردی که در ارزیابی سنجش‌ها ممکن است مهم باشد، از قبیل موارد زیر باید ثبت شود:

- تغییرات در شرایط آب‌های زیرزمینی (به‌عنوان مثال نقاط مرطوب جدید<sup>۵</sup> یا خشک شدن چشمه‌ها)؛
- نشانه‌های تنش‌زدایی<sup>۶</sup>، تغییرشکل‌های زیاد، یا تنش‌افزایی<sup>۷</sup> در المان‌های محافظ مانند میخ‌های سنگی و خاکی<sup>۸</sup>، شمع کوبی‌ها<sup>۹</sup>، میل‌مه‌ارها<sup>۱۰</sup>، قوس‌های فلزی<sup>۱۱</sup> و گوه‌ها<sup>۱</sup>؛

- 
- 1- Schedule
  - 2- New insights
  - 3- Barometric pressure
  - 4- Piezometer measurements
  - 5- Wet spots
  - 6- De-stressing
  - 7- Over-stressing
  - 8- Soil or rock nails
  - 9- Sheet piles
  - 10- Anchors
  - 11- Steel arches



- حرکات زمین (به عنوان مثال بازشدگی در درزه‌ها<sup>۲</sup>، فعالیت در صفحات برش، جابجایی بلوک‌های سنگی)؛
- گسترش پروفیل‌های تحتانی و فوقانی، نواحی نرم‌شوندگی، و نواحی گسلی در ساخت و سازهای زیرزمینی.
- پیدایش ترک‌ها (در عرض یا طول و حرکت نسبی)، به عنوان مثال در دیوارهای دیافراگمی<sup>۳</sup> یا پوشش‌های بتن‌پاشی شده<sup>۴</sup>.
- ۷-۵ در هنگام قرائت، یا بلافاصله پس از یک مرحله سنجش، داده سنجیده شده باید کنترل شود. در مورد داده‌های غیرعادی و یا متناقض<sup>۵</sup>، سنجش باید سریعاً تکرار شود.

## ۸ پردازش داده‌ها و راستی‌آزمایی<sup>۶</sup>

- ۸-۱ تحلیل سریع و مقدماتی داده باید برای شناسایی هرگونه تغییراتی که اقدامات ضروری را می‌طلبد، انجام گیرد.
- ۸-۲ پردازش داده، شامل انتقال مقادیر سنجیده شده (به عنوان مثال، مقادیر موجود بر روی نشانگر، بسامد نشانک حس‌گر الکتریکی) از طریق ضرایب واسنجی مرتبط با یکاهای مهندسی است. اگر خطاهای نظام‌مند<sup>۷</sup> سنجش، قابل شناسایی باشند و تنظیم داده‌ها باعث قرار گرفتن اندازه‌ها در بازه خارج از دقت مورد نیاز نشود، پردازش داده‌ها باید فرآیند تنظیم داده‌های سنجیده شده را نیز دربر بگیرد. در جاهایی که این تنظیمات اعمال می‌شود، باید گزارش گردند.
- یادآوری - به‌طور کلی نتیجه یک سنجش به عنوان یک مقدار منفرد و همراه با عدم قطعیت بیان می‌شود. اگر عدم قطعیت سنجش بنا به دلایلی ناچیز در نظر گرفته شود، نتیجه سنجش می‌تواند به عنوان یک مقدار منفرد منظور شود (به استاندارد ISO/IEC Guide 99:2007 مراجعه شود).

۸-۳ تمامی نتایج سنجش باید در جداول یا نمودارهایی که شامل موارد زیر هستند ثبت گردند:

الف- برای هر پیمایش<sup>۸</sup> سنجش:

- خصوصیات پروژه؛

- 
- 1- Wedges
  - 2- Discontinuities
  - 3- Diaphragm walls
  - 4- Shotcrete linings
  - 5- Unexpected or contradicting data
  - 6- Verification
  - 7- Systematic errors
  - 8- Survey

- تعداد پیمایش‌های سنجش، به منظور افزایش نظم عددی در هر سنجش؛
  - زمان و تاریخ پیمایش؛
  - ویژگی پیمایش مرجع ( معمولاً سنجش مرجع).
- ب- برای هر نقطه سنجش:

- علامت مشخصه، مثلاً یک عدد؛
- موقعیت (نسبی یا مطلق)؛
- نتیجه سنجش.

پ- برای هر نوع سنجش:

- محاسبه عدم قطعیت در صورت امکان.

۴-۸ تمامی مقادیر سنجیده شده، باید در یک پیش‌نویس استاندارد<sup>۱</sup> ثبت شود و مستقل از نرم افزار سنجش، قابل خواندن باشد.

۵-۸ در مورد نتایج غیرمعمول<sup>۲</sup>، پردازش سریع داده‌ها و ارزیابی آن‌ها باید انجام گیرد. نتایج غیرمعمول (شامل شامل هشدارهای اشتباه) ممکن است توسط یک یا ترکیبی از سه عامل زیر حاصل شود:

- ۱- عملکرد ناکارآمد دستگاه؛
  - ۲- نصب نادرست، عملکرد نامناسب یا نگهداری ناکارآمد؛
  - ۳- مدل‌های ژئوتکنیک ناصحیح و یا ناکافی مانند رفتار غیرمنتظره زمین.
- برای شناسایی سه عامل فوق، موارد بالقوه تاثیرگذار، باید به وضوح به دلایلی که در زیربند ۱-۱-۵ آمده، از هم تفکیک شوند.

۶-۸ نتایج سنجش باید با توجه به قابلیت اطمینان و تأثیر آن‌ها، مورد بحث و ارزیابی قرار گیرند.

## ۹ گزارش

### ۱-۹ گزارش نصب

۱-۱-۹ گزارش نصب باید سریعاً بعد از راه‌اندازی سامانه پایش ارائه شود.

۲-۱-۹ گزارش نصب باید در حد امکان دربرگیرنده اطلاعات زیر باشد:

الف- کارفرمای<sup>۳</sup> پروژه ژئوتکنیک؛

---

1- Standard protocol  
2- Unexpected measuring results  
3- Owner

ب- نام و محل پروژه ژئوتکنیک؛

پ- نام شرکتی که پروژه پایش را انجام می دهد؛

ت- نام و تعداد پروژههای پایش؛

ث- برگه های واسنجی<sup>۱</sup> و مشخصات (زیربند ۵-۶)؛

ج- جزییات نصب، شامل نصب و اندازه گیری های مقدماتی در دوره تثبیت<sup>۲</sup> ابزار ( به شکل ۱ مراجعه شود)؛

چ- ثبت راه اندازی پروژه پایش؛

ح- گمانه برای نصب ابزارها:

- سربرگ حفاری<sup>۳</sup> مطابق با استاندارد ISO 22457-1؛

- تعیین خصوصیات و توصیف خاک، مطابق با استاندارد ISO 14688-1 و سنگ، مطابق با استاندارد ISO 14689-1.

خ- محل و تاریخ ارسال گزارش؛

د- نام و امضای مسئول پروژه پایش.

## ۲-۹ گزارش پایش

۱-۲-۹ یک گزارش پایش باید تمامی جنبه های پروژه پایش، به ویژه نتایج پایش را پوشش دهد.

یادآوری ۱- یک گزارش پایش، فراهم کننده بستری برای پاسخ به سوالات ژئوتکنیک رابطه مند شده در ابتدای پروژه ژئوتکنیک و نیز راه حل های ژئوتکنیک مطابق با استاندارد EN 1997-1: 2004 است.

یادآوری ۲- در بسیاری از موارد، یک خلاصه گزارش یک صفحه ای از اطلاعات مهم، مفید خواهد بود.

یادآوری ۳- گزارش کلی<sup>۴</sup>، یک نمونه ویژه از گزارش پایش است و جزییات آن معمولاً در طرح پایش تعریف می شود.

## ۲-۲-۹

هر گزارش پایش باید در صورت امکان شامل موارد زیر باشد:

- 
- 1- Calibration sheets
  - 2- Stabilization period
  - 2- Drilling head sheet
  - 4- Close-out

الف- خلاصه‌ای از فعالیت های اجرایی؛

ب- سوالات ژئوتکنیک مطرح شده در پروژه پایش (زیربند ۲-۴)؛

پ- فرآیندهای پایش با ارجاع به این استاندارد ملی، در مفهوم ویژه، پیاده‌سازی و ارزیابی پروژه پایش مطابق زیربند ۱-۴-۳؛

ت- نتایج اصلی پروژه پایش؛

ث- توضیح در این مورد که چه میزانی از دقت و عدم قطعیت مشخص شده در زیربند ۲-۳-۴ حاصل شده است؛

ج- ارزیابی و بررسی نتایج سنجش؛

چ- حقایق و مشاهداتی که ممکن است در قضاوت داده‌های سنجیده شده در زمینه زمین‌شناسی، طراحی ژئوتکنیک و نیز فعالیت‌های ساخت و ساز و نگهداری<sup>۱</sup> پروژه پایش مهم باشد؛

ح- مکان و تاریخ ارائه گزارش؛

خ- نام و امضاء شخص، (به‌ویژه) مسئول پروژه پایش.

مستند جزئیات پایش باید پیوست شود. این امر به طور ویژه، شامل موارد زیر می‌شود:

- گزارش نصب مطابق با زیربند ۱-۹؛

- فهرست مقادیر سنجیده شده؛

- تاریخ، موقعیت (مثلا شماره گمانه) و تعداد سنجش‌ها؛

- شرایط محیطی (مانند دما)؛

- ارائه جدولی و نموداری نتایج پایش؛

- نتایج پایش و ارتباط آن با مراحل ساخت؛

- حوادث و مشاهدات ویژه در زمان سنجش.

## پیوست الف

(آگاهی دهنده)

حداقل محتویات الزامی بر گه مربوط به داده‌های ابزار

به استاندارد ISO/IEC Guide 99:2007 ارجاع داده شده است.

### الف-۱ مقادیر و سنجش‌ها

الزامی:

اصول سنجش

دامنه

دقت

تکرارپذیری<sup>۱</sup>

پایداری

وضوح<sup>۲</sup>

پسماند<sup>۳</sup>

فرا تر از محدوده<sup>۴</sup>

بسامد رادیویی بلااستفاده<sup>۵</sup>

اختیاری:

### الف-۲ الکتريکی

الزامی:

منبع تغذیه

خروجی

میزان حساسیت

- 
- 1- Repeatability
  - 2- Resolution
  - 3- Hysteresis
  - 4- Over range
  - 5- Dead band

اختیاری:

زمان راه‌اندازی<sup>۱</sup>

الف-۳ محیط زیست

الزامی:

مواد

محدوده دما

رده IP<sup>۲</sup> مطابق استاندارد ملی ایران شماره ۲۸۶۸

رده ATEX<sup>۳</sup> (مرجع ۷)

اختیاری:

الف-۴ سایر موارد

الزامی:

حوزه‌های پیشنهادی برای کاربرد

- 
- 1- Warm-up time
  - 2- International Protection Marking
  - 3- Certified Electrical Equipment for Explosive Atmospheres

## پیوست ب

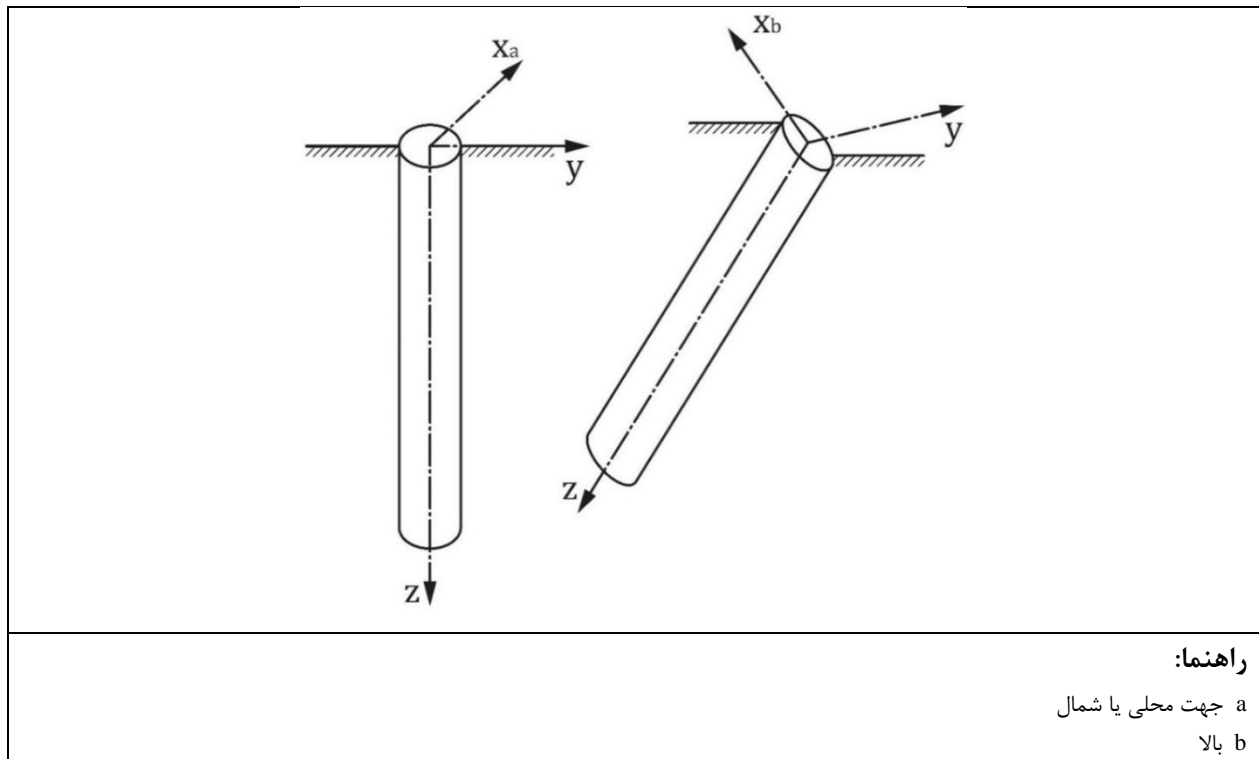
### (آگاهی‌دهنده)

#### سنجش‌های ژئوتکنیک در گمانه‌ها

ب-۱ سنجش‌های ژئوتکنیک در گمانه‌ها باید به یک سامانه مختصات محلی گمانه مورد نظر مرتبط باشد. معادلات تبدیل<sup>۱</sup> مربوطه برای تبدیل مقادیر سنجیده شده از دستگاه مختصات محلی به دستگاه مختصات کلی، مورد استفاده قرار گرفته‌اند.

یادآوری - برای یک تعریف کامل از یک سامانه مختصات، داده زیر مورد نیاز است: مبدا، جهت محورهای مختصات و واحد دستگاه مختصات (مانند مقیاس)

ب-۲ سامانه مختصات متعامد راست‌گرد<sup>۲</sup> باید انتخاب شود. در مواردی که مبدا سامانه مختصات در دهانه<sup>۳</sup> گمانه قرار می‌گیرد، محورهای مختصات  $x$ ،  $y$  و  $z$  باید مطابق شکل ب-۱ تعریف شوند.



شکل ب-۱ - سامانه مختصات محلی برای گمانه‌های قائم (سمت چپ) و گمانه‌های افقی یا مایل (راست)

- 1- Transformation equations
- 2- Right-hand rectangular coordinate
- 3- Collar

ب-۳ در حالت‌های کلی سه‌بعدی، تغییر مکان یک نقطه روی زمین که توسط یک گمانه قابل دسترسی است، باید با استفاده از متوسط سه مولفه مستقل جابجایی  $u$ ،  $v$  و  $w$  تعیین شود.

یادآوری ۱- جدول ب-۱، فرآیندهای سنجش و ابزار دقیق موجود در گمانه‌ها را که می‌تواند برای سنجش مولفه‌های جابجایی مورد استفاده قرار گیرد، گردآوری نموده است.

یادآوری ۲- بنا به دلایل فنی، باید بین گمانه‌های قائم و مایل/افقی تفاوت قائل شد. برای سنجش جابجایی، موارد زیر باید در نظر گرفته شود:

در طول محور گمانه: کشش سنج‌های گمانه؛

در عرض محورهای گمانه: شیب‌سنج و یا تغییر شکل سنج.

### جدول ب-۱- پارامترها و وسایل موجود در گمانه برای اندازه‌گیری تغییر مکان‌ها

ابزاری که می‌تواند مورد استفاده قرار گیرند	پارامتر سنجیده شده	مبدأ محور گمانه	مولفه جابجایی	مختصات گمانه	
				محور	جهت (+)
الف گمانه‌های عمودی					
زاویه سنج قائم (ISO 18674-3)	تغییرات در جهت زاویه محور گمانه	در عرض	U	جهت ۱ (کلی یا محلی)	x
زاویه سنج قائم (ISO 18674-3)	تغییرات در جهت زاویه محور گمانه	در عرض	V	جهت ۲ (کلی یا محلی)	y
کشش سنج (ISO 18674-2)	تغییرات در فاصله بین دو نقطه محورهای گمانه	در طول	W	پاشنه گمانه	z
ب گمانه‌های قائم و افقی					
زاویه سنج قائم (ISO 18674-3)	تغییرات در جهت زاویه محور گمانه	در عرض	U	راس	x
زاویه سنج قائم (ISO 18674-3)	تغییرات در جهت زاویه محور گمانه	در عرض	V	افقی	y
کشش سنج (ISO 18674-2)	تغییرات در فاصله بین دو نقطه محورهای گمانه	در طول	W	پنجه گمانه*	z
راهنما:					
* جهت مقدماتی در محور دهانه گمانه که برای گمانه‌های منحنی مناسب است					

ب-۴ در حالت سه‌بعدی، تنش یک نقطه در داخل گمانه باید در قالب تنش مولفه مستقل تنش بیان شود.



**یادآوری ۱-** با توجه به سامانه مختصات گمانه،  $\sigma_x$ ،  $\sigma_y$  و  $\sigma_z$  مولفه‌های تنش عمودی و  $\tau_{xz}$ ،  $\tau_{xy}$  و  $\tau_{yz}$  مولفه‌های تنش برشی هستند. معادلات انتقال برای تشریح<sup>۱</sup> مولفه‌های تنش، در قالب تغییر تنش‌های اصلی  $\Delta\sigma_1$ ،  $\Delta\sigma_2$  و  $\Delta\sigma_3$  با توجه به جهت و اندازه ثبت شده استفاده می‌شوند.

**یادآوری ۲-** جدول ب-۲ شامل دستگاه‌هایی است که می‌تواند در داخل گمانه برای پایش تنش در خاک و سنگ مورد استفاده قرار گیرد. باید میان فرآیند سنجش مستقیم و غیرمستقیم تنش، تفاوت قائل شد. در فرآیند مستقیم، مقدار تنش و در فرآیند غیرمستقیم، مقدار کرنش ثبت می‌شود. در حالت دوم، مقدار کرنش سنجیده شده، با یک رابطه صحیح تنش-کرنش به تنش تبدیل می‌شود.

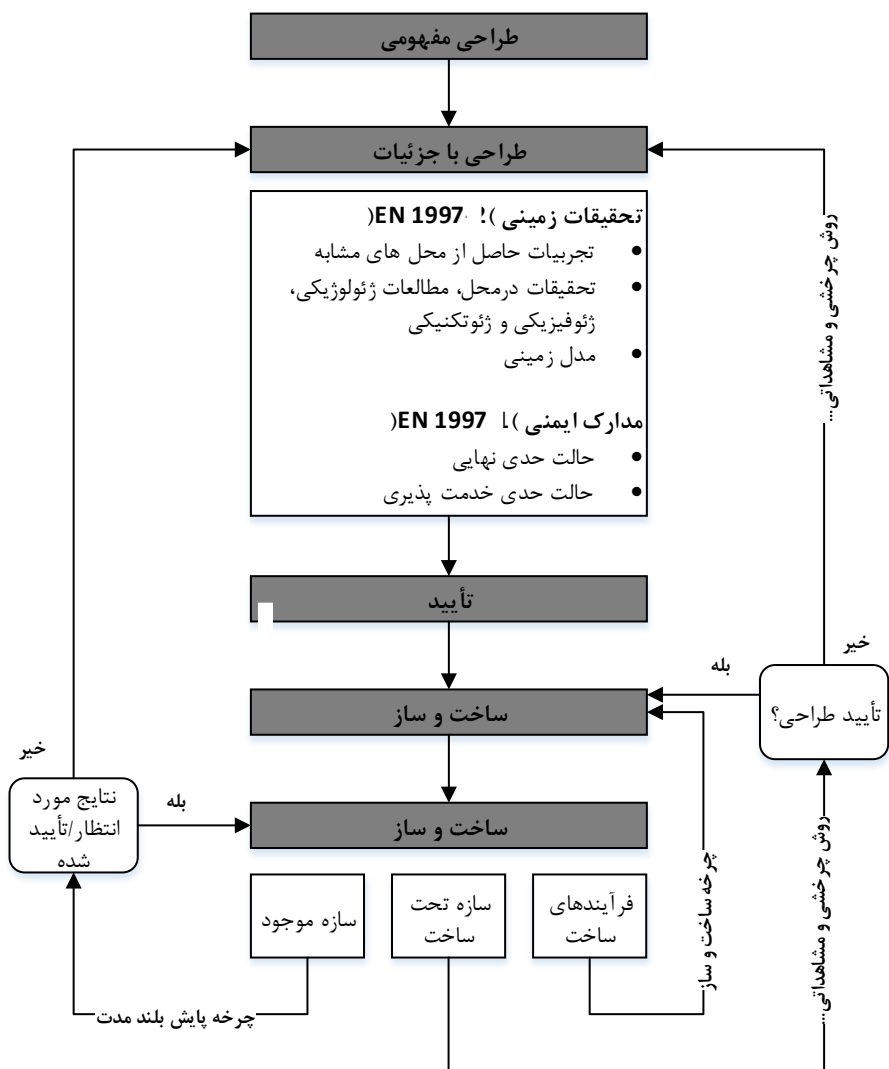
**یادآوری ۳-** تنش موثر را نمی‌توان به طور مستقیم سنجید اما با سنجش تنش اصلی و فشار آب حفره‌ای قابل محاسبه است.

### جدول ب-۲- پارامترها و ابزار برای پایش تنش در گمانه

ملاحظات	پارامتر هدف**	پارامتر سنجیده شده*	روش سنجش	
			سنجش تغییرات تنش کل در خاک و سنگ نرم (ISO 18674-5)	$\Delta\sigma_1 \Delta\sigma_2$
ضروری برای تعیین تنش موثر (ISO 18674-4)	$\Delta u$	$u$	پیزومتر	
سنجش تغییر تنش در سنگ	$\Delta\sigma_1 \Delta\sigma_2$	$\Delta d_i$	تنش سنج اندازه گیر تغییر شکل	غیرمستقیم
<b>راهنما:</b>				
* پارامتر سنجیده شده در محل.				
** در سنجش‌های تنش گمانه، پارامترهای هدف معمولاً تغییرات تنش‌های اصلی شامل مقدار و جهت است.				

پیوست پ  
(آگاهی‌دهنده)

سنجش‌های میدانی و ارتباط آن با طراحی و ساخت سازه‌های ژئوتکنیک



شکل پ-۱- موقعیت سنجش‌های میدانی و ارتباط آن با طراحی و ساخت سازه‌های ژئوتکنیک

جدول پ-۱- سنجش‌های ژئوتکنیک و زمین‌سنجی

اندازه‌گیری‌های ژئودتیک	اندازه‌گیری‌های ژئوتکنیک	مقادیر اندازه‌گیری شده
موقعیت زمانی و مکانی نقاط اندازه‌گیری	تمام انواع پارامترها	مقادیر اندازه‌گیری شده (به‌طور کلی)
<p>- تمامی وسایل اندازه‌گیری از راه دور، پویشگرهای لیزری، تداخل‌سنج راداری (InSar، زمینی یا هوایی)</p> <p>-</p> <p>-</p> <p>در اندازه‌گیری‌های ژئودتیک به حساب نمی‌آیند</p>	<p>به وسیله:</p> <p>- تنش‌سنج (ISO 18674-2)، انحراف‌سنج و تغییر شکل‌سنج ISO 18674-3، نشانگر سطح مایع، پاندول (نرمال و وارونه)، شیب‌سنج و نشانگر کرنش</p> <p>- شتاب‌سنج، ژئوفن</p> <p>- شتاب‌سنج</p> <p>- سلول فشار کلی (ISO 18674-5)</p> <p>- پیزومتر، سلول تنش/کرنش، سلول بار میل‌مهار</p> <p>- جریان‌سنج، سرریز سنجش جریان</p>	<p>مقادیر اندازه‌گیری شده (ویژه)</p> <p>- شامل تغییر مکان نقاط اندازه‌گیری شده. موارد ویژه شامل مولفه‌های جابجایی قائم (نشست یا بلند شدگی) و یا پارامترهای استنتاجی مانند انحراف یا کرنش</p> <p>- سرعت</p> <p>- شتاب (ارتعاش)</p> <p>- فشار</p> <p>تنش</p> <p>نیرو</p> <p>- جریان</p>
در سطوح قابل مشاهده	<p>- در سطوح قابل مشاهده</p> <p>- در داخل گمانه‌ها</p> <p>- مدفون (به عنوان مثال، سد خاکی)</p>	موقعیت نقاط اندازه‌گیری
رایج در همه پروژه‌های ساخت و ساز	بند ۵	الزامات و تمهیدات بیشتر

## پیوست ت

(آگاهی‌دهنده)

### سنجش و پایش پارامترهای کلیدی ژئوتکنیک

ت-۱ پارامترهای کلیدی ژئوتکنیک و سنجش آن‌ها

جدول ت-۱ پارامترهای کلیدی ژئوتکنیک و مثال‌هایی از ابزارهای سنجش

پارامتر	واحد مرسوم	جزئیات/مثال	ابزار (مثال)، (پیوست ت)
موقعیت	m	طول جغرافیایی، عرض جغرافیایی، ارتفاع نقطه سنجش (معمولا مرتبط با دستگاه مختصات کلی = سنجش مطلق)	- کل ایستگاه - تراز ارتفاعی دستگاه
فاصله	m	فاصله بین دو نقطه اندازه‌گیری	- تنش سنج نواری
انحراف	درجه	انحراف یک خط سنجش (به عنوان مثال، در طول محور گمانه)	- انحراف سنج گمانه - زنجیره‌ای از حس‌گرهای طرازسنج
جهت	درجه	جهت یک خط سنجش (به عنوان مثال، زاویه انحراف یک میل‌مهار در داخل گمانه)	- تغییر مکان سنج گمانه - ژيروسکوپ <sup>۱</sup>
نیرو	kN	نیروهای مقطعی المان‌های سازه‌ای (مانند میل‌مهارها، ستون‌ها، میله‌ها، ورقه‌های فولادی)	- سلول‌های بار - کرنش سنج میله‌های فولادی
تنش	kPa	خاک نرم، بتن و در سطح تماس (مانند صفحه فونداسیون)	- سلول فشار کلی (TPC)
	MPa	در خاک سخت و سنگ	- تجهیزات هیدرولیکی برای شکافت خاک - سلول‌های کرنش
فشار	kPa	فشار آب حفره‌ای فشار سیال	- پیرومتر (مطلق یا نسبی) - نشانگر فشار
دما	°C	پارامتری که بر سامانه‌های سنجش ژئوتکنیک تاثیرگذار است	- مقاومت‌سنج‌های الکترو-گرمایی
نرخ جریان	l/s	نرخ جریان آب	- سرریز جریان سنج، جریان سنج
سرعت	m/s	سرعت ذرات	- ژئوفن
شتاب	m/s <sup>2</sup>	ارتعاشات ناشی از: زلزله انفجار	- شتاب‌سنج

ت-۲ پایش پارامترهای کلیدی ژئوتکنیک (سنجش تغییرات مقادیر)

جدول ت-۲ پارامترهای کلیدی ژئوتکنیک و مثال‌هایی از وسایل پایش

فرآیند پایش/دستگاه‌های پایش (مثال) (پیوست ت)	پارامتر مهم		
<p>روش‌های زمین‌سنجی (جدول پ-۱)</p> <p>برای مولفه قائم به وسیله:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- ابزار دقیق مناسب</li> <li>- سامانه تراز سیال</li> <li>- اندازه‌گیر نشست هیدرواستاتیکی</li> </ul> <p>برای مولفه‌های افقی به وسیله:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- پاندول (نرمال یا وارونه)</li> </ul> <p>ترک‌سنج:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- ترک‌سنج یک‌بعدی</li> <li>- ترک‌سنج سه‌بعدی</li> </ul>	<p>تغییر در موقعیت: تغییر مکان یک نقطه (حالت سه‌بعدی کلی، مطلق یا نسبی)</p> <p>فقط مولفه‌های عمودی:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- نشست</li> <li>- تورم</li> </ul> <p>تنها مولفه‌های افقی:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- تغییر مکان‌های افقی</li> </ul> <p>تغییر در موقعیت: جابجایی درزه (فقط نسبی)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- عمود بر درزه (به صورت باز و بسته شدن)</li> <li>- در طول درزه (دو جهت مستقل)</li> </ul>	سنجش‌ها در یک نقطه	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- سلول بار میل‌مهار</li> <li>- المان‌های سازه‌ای رفتارنگاری شده توسط اندازه‌گیر کرنش</li> </ul>	تغییر در شدت نیرو		
<ul style="list-style-type: none"> <li>- سلول فشار کلی</li> </ul>	برای خاک، بتن	تغییر تنش	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- تنش‌سنج گمانه (نفوذ سخت)</li> <li>- اندازه‌گیر تغییر شکل گمانه</li> </ul>	برای سنگ		
<ul style="list-style-type: none"> <li>- پیژومتر</li> </ul>	تغییر در فشار آب حفره‌ای		
<ul style="list-style-type: none"> <li>- سرریز مشاهده</li> </ul>	تغییر در نرخ جریان		
<ul style="list-style-type: none"> <li>- کشش‌سنج</li> <li>- اندازه‌گیر کرنش</li> <li>- نوار همگرا</li> <li>- انحراف‌سنج</li> <li>- زاویه‌سنج</li> <li>- تغییر شکل‌سنج</li> <li>- قطب‌نما</li> </ul>	<p>تغییرات در فاصله (بزرگ/کوچک شدن) (سنجش در طول یک خط)</p> <p>تغییر در انحراف (کج‌شدگی) (در یک صفحه قائم)</p> <p>(سنجش در عرض یک خط):</p> <p>تغییر در جهت (در صفحه افقی)</p> <p>(سنجش در عرض یک خط):</p>		سنجش با توجه به یک خط

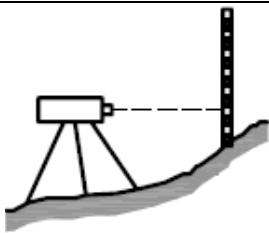
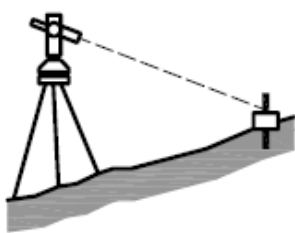
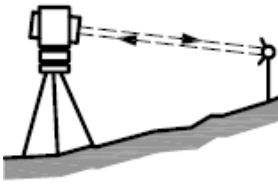
## پیوست ث

### (آگاهی‌دهنده)

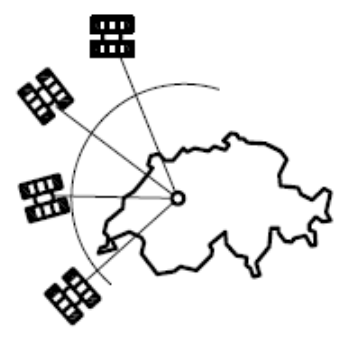
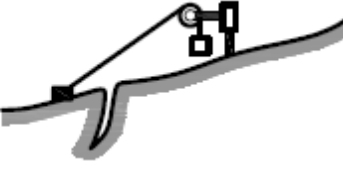
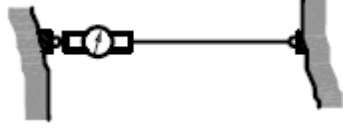
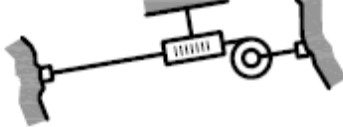
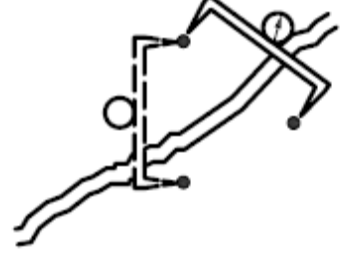
#### انواع مرسوم روش‌های پایش و ابزارها

جدول ث-۱ فهرستی از ابزارها همراه با توضیح مختصر و یک طرح کلی از اصول سنجش، بازه سنجش و عدم قطعیت در سنجش که در کاربردهای ژئو-مهندسی مرسوم است را فراهم می‌کند. این فهرست، در انتخاب سامانه‌های پایش کمک می‌کند و همچنین اجازه مقایسه کلی سامانه‌های پایش که توسط کارخانجات سازنده پیشنهاد می‌شود را می‌دهد.

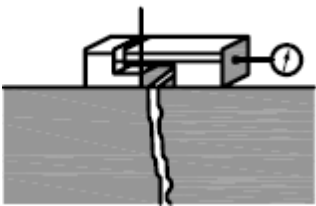

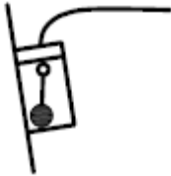
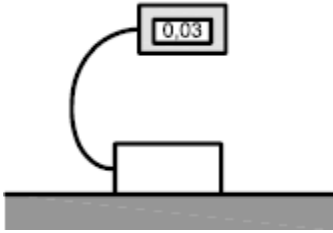
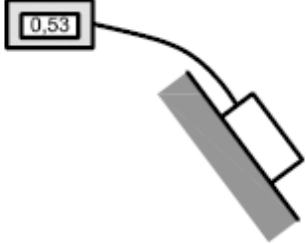
#### جدول ث-۲- پارامترهای کلیدی ژئوتکنیک و مثال‌هایی از وسایل پایش

الف- تغییر مکان در روی سطح			
ابزار سنجش	طرح	بازه سنجش	عدم قطعیت سنجش (بازه تعاملی / معمولی)
سطح سطح دقت $\Delta z$		خیلی بزرگ	۰٫۵ mm تا ۲ mm (بسته به آرایش نقاط سنجش)
ایستگاه کلی $\Delta x, \Delta y, \Delta z$ $\Delta l$ غیرمستقیم		خیلی بزرگ	۱ mm تا ۵ mm (بسته به فاصله سنجش)
فاصله سنج الکتریکی $\Delta l$		خیلی بزرگ	۰٫۵ mm تا ۳ mm (بسته به فاصله سنجش)

جدول ت-۲- (ادامه) پارامترهای کلیدی ژئوتکنیک و مثال‌هایی از وسایل پایش

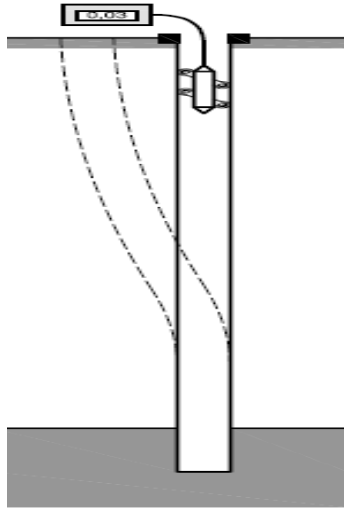
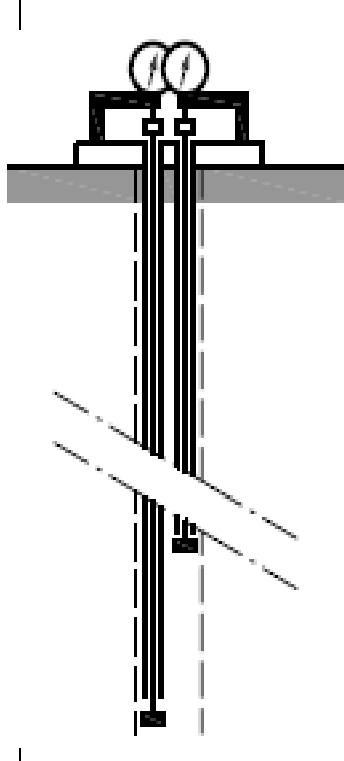
الف- تغییر مکان در روی سطح			
ابزار سنجش	طرح	بازه سنجش	عدم قطعیت سنجش (بازه تعاملی / معمولی)
سامانه موقعیت‌یاب جهانی GPS  $\Delta x, \Delta y, \Delta z$		خیلی بزرگ	۲۰ mm (با چهار ماهواره و یک دریافت-کننده در نقطه مبنا)
سیم ضد انبساطی تنیده شده با نیروی وزن $\Delta l$		۳ m (خیلی بزرگ در صورت اضافه کردن سیم، بسته به شرایط محلی)	۱۰ mm (بسته به طول سیم)
فاصله سنج با سیم ضد انبساطی $\Delta l$		۱۰۰ mm	۰٫۱ mm
ابزار همگرایی با نوار فولادی $\Delta l$		۵۰ mm (شماره‌گیر)	۱ mm
ترک‌سنج یک‌بعدی و سه‌بعدی  $\Delta x, \Delta y$		۵ mm تا ۵۰ mm	۰٫۱ mm تا ۰٫۱ mm

جدول ت-۲- (ادامه) پارامترهای کلیدی ژئوتکنیک و مثال‌هایی از وسایل پایش

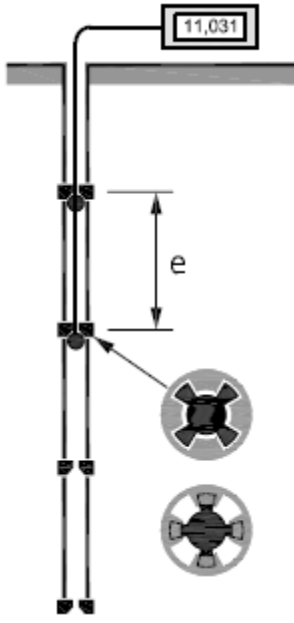
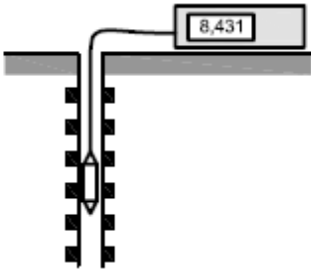

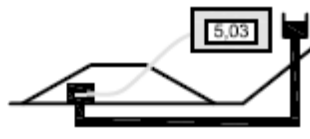
الف- تغییر مکان در روی سطح			
ابزار سنجش	ابزار سنجش	ابزار سنجش	ابزار سنجش
۰٫۲ mm تا ۰٫۰۲ mm	۵۰ mm تا ۵ mm		ترک سنج سه‌بعدی  $\Delta x, \Delta y, \Delta z$
۱ mm به ازای هر ۱ m	۱۰۰		شیب‌سنج با سطح دقت بالا  $\Delta\alpha$
۰٫۵٪ دامنه سنجش	بسته به سامانه و دامنه سنجش، معمولاً: ۳۰۰/۲۰۰/۱۰۰/۵۰		شیب‌سنج با حس گر پاندولی  $\Delta\alpha$
۰٫۲٪ دامنه سنجش	بسته به سامانه و دامنه سنجش، معمولاً: ۹۰۰/۴۵۰/۳۰۰/۱۵۰/۱۰		شیب‌سنج دقیق با فرمان‌یار شتاب‌سنج  $\Delta\alpha$
۰٫۵٪ تا ۱٪ دامنه سنجش	۶۰۰/۴۵۰/۱۰۰/۱۰		شیب‌سنج الکترو سطح  $\Delta\alpha$



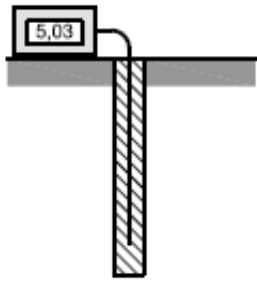
جدول ت-۲- (ادامه) پارامترهای کلیدی ژئوتکنیک و مثال‌هایی از وسایل پایش

ب- تغییرمکان در داخل زمین و یا در درون سازه			
وسایل سنجش	طرح	دامنه سنجش	عدم قطعیت در سنجش
<p>انحراف سنج (غلاف) در داخل گمانه</p> <p><math>\Delta\alpha</math></p> <p>(تغییرمکان بدست آمده از سنجش)</p>		<p>۰.۰ تا ۳۰.۰</p> <p>۰.۰ تا ۹۰.۰</p>	<p>۱ mm - ۲ mm در ۱۰ m</p>
<p>لوله کشش سنج گمانه</p> <p><math>\Delta l</math></p>		<p>انبساط ۵۰ mm</p> <p>انقباض ۳۰ mm</p>	<p>۰.۱ mm</p>

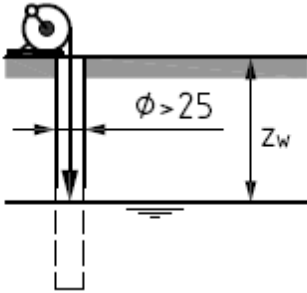
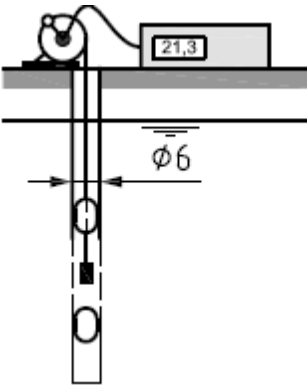
جدول ت-۲- (ادامه) پارامترهای کلیدی ژئوتکنیک و مثال‌هایی از وسایل پایش

ب- تغییرمکان در داخل زمین و یا در درون سازه			
وسایل سنجش	طرح	دامنه سنجش	عدم قطعیت در سنجش
کشش سنج متحرک (دو نقطه‌ای)  $\Delta l/e$ (تعیین تغییرمکان‌ها در طول یک لوله سنجشدر جهت افزایش $e$ = مبنای سنجش))		۵ mm تا ۱۰۰ mm	۰,۱ mm/m - ۰,۰۰۵ mm
کاوشگر نشست (کشش- سنج متحرک یک نقطه- ای)  $\Delta l$		۳۰ mm - ۵۰ mm/m	۳ mm - ۵ mm
نشانهگر سطح سیال  $\Delta z$		۱۰۰ mm - ۲۰۰ mm	۱ mm
نشانهگر نشست همراه با مبدل فشار  $\Delta z$		نامحدود	۵ mm - ۱۰ mm (۰,۱٪ دامنه سنجش مبدل فشار)

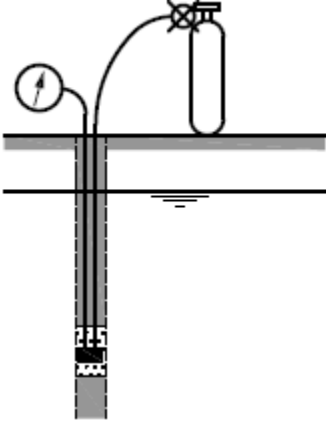
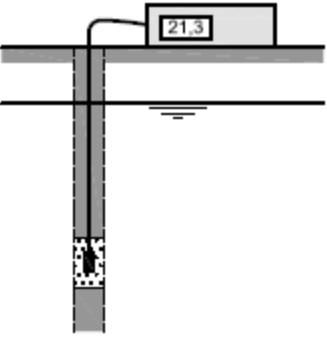
جدول ت-۲- (ادامه) پارامترهای کلیدی ژئوتکنیک و مثال‌هایی از وسایل پایش

ب- تغییرمکان در داخل زمین و یا در درون سازه			
وسایل سنجش	وسایل سنجش	وسایل سنجش	وسایل سنجش
۰٫۰۱ mm	۱٪ طول موثر فیبر		کشش سنج فیبر نوری  $\Delta l$

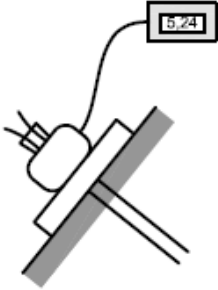
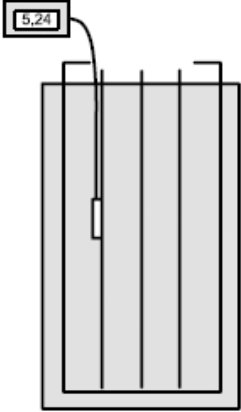
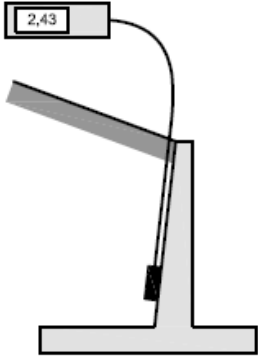
جدول ت-۲ پارامترهای کلیدی ژئوتکنیک و مثال‌هایی از وسایل پایش (ادامه)

پ- آب و فشار حفره‌ای			
وسایل سنجش	طرح	دامنه سنجش	عدم قطعیت در سنجش
چاهک یا لوله قائم با دهانه باز همراه با نشانگر ارتفاعی  $Z_w$		خیلی بزرگ	۱۰ mm
میکروپیزومتر باز همراه با نشانگر ارتفاعی  $Z_w$		خیلی بزرگ	۱۰ mm

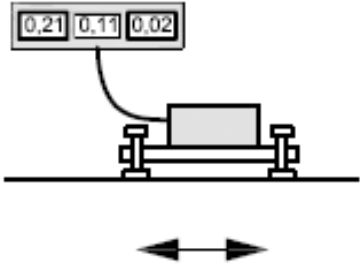
جدول ت-۲ پارامترهای کلیدی ژئوتکنیک و مثال‌هایی از وسایل پایش (ادامه)

پ- آب و فشار حفره‌ای			
وسایل سنجش	طرح	دامنه سنجش	عدم قطعیت در سنجش
پیزومتر، بادی (سیتم بسته)  u		خیلی بزرگ <math>1 \text{ MPa}</math>	۰٫۵٪ دامنه سنجش
پیزومتر، الکتریک (سامانه بسته)  u		۰٫۲-۰٫۵ MPa	۰٫۱٪ دامنه اندازه‌گیری

جدول ت-۲- (ادامه) پارامترهای کلیدی ژئوتکنیک و مثال‌هایی از وسایل پایش (ادامه)

ت- نیروها و تنش‌ها			
وسایل اندازه‌گیری	طرح	دامنه اندازه‌گیری	عدم قطعیت در اندازه‌گیری
سلول بار (غیرمدفون)  F		۵۰۰۰ تا ۱۰۰ kN	۱٪ دامنه اندازه‌گیری
سلول بار (مدفون)  F		۵۰۰۰ تا ۱۰۰ kN	۱٪ دامنه اندازه‌گیری
سلول فشار کل برای اندازه‌گیری تنش‌های تماسی بین سطح تماس خاک و سنگ با بتن یا بین لایه‌های زمین  $\sigma_n$		$۳۵ \text{ MPa} >$	عدم قطعیت اندازه‌گیری قابل توجه، بسته به شرایط مدفون بودن دستگاه

جدول ث-۲ پارامترهای کلیدی ژئوتکنیک و مثال‌هایی از وسایل پایش (ادامه)

ث- دیگر ابزارها			
وسایل اندازه‌گیری	طرح	دامنه اندازه‌گیری	عدم قطعیت در اندازه‌گیری
ژئوفن <sup>۱</sup> شتاب سنج  سرعت شتاب			ارتعاشات - شتاب: $0.1 \text{ m/s}^2$ - سرعت: $0.01 \text{ mm/s}$ - تغییر مکان: $10 \mu\text{m}$

## کتابنامه

- [1] Dunnycliff J. Geotechnical Instrumentation for Monitoring Field Performance. John Wiley, New York, 1993, p.
- [2] Marr W.A. 2007. Why monitor performance? – Proceed. 7th Int. FMGM Sympos., Boston, 28 p., Geotech. Special Publ., No. 175, Reston (ASCE)
- [3] International Tunnelling and Underground Space Association ITA. 2011. Monitoring and control in tunnel construction. – 23 p., ITA Report No. 009 (Nov. 2011) (ISBN 978-2-9700776-3 3)
- [4] British Tunnelling Society BTS. Monitoring underground construction – A best practice guide. ICE Publ, London, 2011, p.
- [5] Dunnycliff J., Marr W.A., Standing J. Principles of geotechnical monitoring. – ICE Manual of Geotechnical Engineering. Chapter 94. ICE Publ, London, 2012
- [6] Dunnycliff J. Types of geotechnical instrumentation and their usage. – ICE Manual of Geotechnical Engineering. Chapter 95. ICE Publ, London, 2012
- [7] Directive 94/9/EC on equipment and protective systems intended for use in potentially explosive atmosphere (ATEX). – Official Journal of the European Communities, April 1994
- [8] EN 1997-1, Eurocode 7, Geotechnical design – General rules
- [9] EN 1997-2, Eurocode 7, Geotechnical design – Ground investigation and testing