پایان نامه کارشناسی ارشد

رشته مهندسی عمران - مکانیک خاک و پی

استفاده از الگوریتم ژنتیک در بدست آوردن سطح لغزش بحرانی و ضریب پایداری شیروانی های خاکی

استاد راهنما :

دکتر حمیدرضا رازقی

استاد مشاور :

دکتر حبیب شاه نظری

دانشجو:

محمود رهسپار

خدای سبحان را سپاس می‌گویم که توانستم با تلاش و کوشش این پایان نامه را در حدی که موجب رضایت استادان بزرگوارم باشد به پایان برسانم بی‌شک موفقیت اینجانب مرهون ارشاد و راهنمایی‌های دلسوزانه اساتید گرانقدرم جناب آقای دکتر رازقی و جناب آقای دکتر شاه‌نظری می‌باشد که پیوسته گره‌گشای مشکلاتم بوده است یقین دارم خاطره آشنایی و همراهی با این بزرگواران که برایم نعمتی ارزنده و افتخاری بزرگ است همیشه پایدار خواهد ماند.

جناب آقای دکتر عطار نژاد و جناب آقای دکتر حشمتی، شما که با توجه خاص قضاوتِ زحمات وتلاش بنده را در جهت ارائه کارم مبذول داشتید و کاستی‌ها را با ارشاد و راهنمایی در جهت پر بارتر شدن پایان‌نامه‌ام اعلام نظر فرمودید بی‌نهایت سپاسگزارم، امید است در تمام امور زندگی موفق ومؤید باشید.

محمود رهسپار

تقدیم به پدر بزرگوار و مادر دلسوز
و خواهران مهربانم
و
تقدیم به همسر فداکارم که همیشه یار و یاورم بوده است
و
تقدیم به روح پر فتوح آیت ا... نسابه و تمامی شهیدان میهن

چکیده

محاسبه ضریب اطمینان و یافتن سطح شکست بحرانی در شیروانی‌های خاکی یکی از کارهای معمول در مهندسی ژئوتکنیک است. تقریباً تمام روش‌هایی که امروزه استفاده می‌گردند مبتنی بر روشهای تحلیل تعادل حدی می‌باشند که بطور دقیق و واقعی مکانیزم شکست در شیب‌ها را شبیه سازی نمی‌کنند. با این حال تحلیل پایداری شیب بر پایه روشهای تعادل حدی یک مسئله غیره پیچیده است و به همین منظور بیشتر مورد توجه قرار گرفته است.

مطالعاتی که برای یافتن سطح لغزش بحرانی انجام شده اکثراً با استفاده از روشهای بهینه‌یابی بوده است که بیشتر آنها مبتنی بر روشهای ریاضی می‌باشد. یکی از معایب بهینه‌یابی با روش ریاضی این است که دائماً با مشتق تابع و گرادیان آن سر و کار داریم و اگر تابعی مشتق پذیر نباشد عملیات بهینه‌یابی با مشکل مواجه می‌شود و دیگر آنکه ممکن است در دام نقاط بهینه موضعی بیفتد و قادر به تعیین جواب بهینه کلی نباشد که البته برای این موضوع راه حلهایی وجود دارد ولی نیازمند صرف وقت و زمان زیادی می‌باشد. در این تحقیق از الگوریتم ژنتیک برای جستجوی سطح لغزش بحرانی استفاده شده است. مزیتی که این روش دارد آن است که به مشتق تابع وابسته نیست و دیگر آنکه با توجه به ابزارهایی که در اختیار دارد، امکان فرار از نقاط بهینه موضعی برای آن فراهم است و احتمال یافتن جواب بهینه کلی بسیار زیاد می‌باشد. همچنین در این تحقیق برای یافتن ضریب اطمینان پایداری شیروانی از روش GLE (General Limit Equilibrium) استفاده گردیده است در این روش نیروهای بین قطعه‌ای در نظر گرفته و تعادل تمامی نیروها و ممانها ارضاء می‌شود که این موجب دقت بیشتر در روند محاسبات می‌گردد.

برای نوشتن برنامه کامپیوتری مورد نیاز از زبان برنامه نویسی فرترن استفاده شده است و چندین مثال توسط برنامه نوشته شده حل گردیده و نیز برای تمامی مولفه‌های مقاومتی خاک تحلیل پارمتریک انجام گرفته است و در پایان نیز با انجام یک آزمایش سانتریفوژ و بدست آوردن سطح لغزش واقعی یک مدل، صحت جوابهای بدست آمده از برنامه نوشته شده، با نتیجه آزمایش مقایسه گردیده است.

فهرست مطالب

عنوان ..... صفحه

فصل اول: مقدمه ۱

۱-۱- ضرورت مطالعه پایداری شیروانی‌ها ۲

۱-۲- اهداف پایان‌نامه ۴

فصل دوم: سطح گسیختگی بحرانی در شیروانی‌های خاکی ۶

۲-۱- مقدمه ۷

۲-۲- نحوه پدید آمدن گسیختگی‌ها ۸

۲-۳- دلایل مختلف گسیختگی ۹

۲-۴- طبقه‌بندی لغزش‌های زمین ۱۰

۲-۵- تعاریف ضریب ایمنی ۱۳

۲-۵-۱- نیروهای قابل بسیج و نیروهای وارد ۱۴

۲-۵-۲- مشخصات حقیقی و مشخصات کاهش یافته ۱۶

۲-۵-۳- اصلاح نیروهای وارد ۱۹

۲-۶- معرفی چند روش تحلیل شیروانی ۲۱

۲-۷- روشهای تعیین سطح لغزش بحرانی ۲۴

۲-۷-۱- روش (Celestion-Duncon,1981) ۲۵

۲-۷-۳- روش (Nguyen,1985) ۲۷

۲-۷-۴- روش (Chen-shao,1987) ۲۹

۲-۷-۵- روش گرکو (Greco,1996) ۳۱

۲-۷-۶- روش ملکاوی (Malkawi,2001) ۳۲

۲-۷-۷- روش انتونی گوه (Goh, 2000) ۳۳
۲-۷-۸- روش فخیمی (Fakhimi 2001) ۳۴
فصل سوم: اصول الگوریتم ژنتیک ۳۶
۳-۱- مقدمه ۳۷
۳-۲- الگوریتم ژنتیک ساده ۳۸
۳-۳- چگونگی عملکرد الگوریتم ژنتیک ۴۰
۳-۴- اصول ریاضی الگوریتم ژنتیک ۴۶
۳-۴-۱- اسکیم (الگوی تشابه) ۴۷
۳-۴-۲- اثر عملگر انتخاب بر تعداد اسکیم ۴۸
۳-۴-۳- اثر عملگر پیوند بر تعداد اسکیم ۴۹
د) اثر عملگر جهش بر تعداد اسکیم ۵۰
۳-۵- قضیه اسکیم ۵۱
۳-۶- روش‌های انتخاب ۵۲
۳-۶-۲- نمونه برداری تصادفی با جایگزینی ۵۳
۳-۶-۳- نمونه برداری تصادفی بدون جایگزینی ۵۳
۳-۶-۴- نمونه برداری تصادفی باقیمانده با جایگزینی ۵۴
۳-۶-۵- نمونه‌برداری تصادفی باقیمانده بدون جایگزینی ۵۴
۳-۶-۶- انتخاب مسابقه‌ای ۵۵
۳-۷- روش‌های پیوند ۵۵
۳-۷-۱- پیوند با یک نقطه برش ۵۵
۳-۷-۲- پیوند با چند نقطه برش ۵۵
۳-۷-۳- پیوند یکنواخت ۵۵

۳-۹- معیار همگرائی ۵۸

۳-۱۰- الگوریتم‌های پیشرفته ۵۹

الف) الگوریتم ژنتیک وفقی ۵۹

ب) الگوریتم ژنتیک اصلاح شده ۶۱

فصل چهارم: استفاده از الگوریتم ژنتیک برای بدست آوردن سطح شکست غیر دایره ای و حداقل ضریب اطمینان ۶۲

۴-۱- مقدمه ۶۳

۴-۲- مراحل اجرای الگوریتم ژنتیک ۶۳

۴-۲-۱- واردن نمودن مشخصات شیب و دادن مختصات هندسی آن به نرم افزار ۶۳

۴-۲-۲- تعیین حدود تغییرات متغیرهای در نظر گرفته شده در طول رشته مشخص کننده سطح شکست احتمالی ۶۴

۴-۲-۳- تولید جمعیت اولیه سطوح شکست محتمل ۶۹

۴-۲-۴- ارزیابی هر سطح و تعیین ضریب پایداری آن ۶۹

۴-۲-۵- تعیین معادلات تعادل ۶۹

۴-۲-۵- اعمال عملگر انتخاب بر روی رشته‌های تولید شده ۷۸

۴-۲-۶- اعمال عملگر تزویج (تقطیع) بر روی جمعیت انتخابی ۷۸

۴-۲-۷- اعمال عملگر جهش ۸۰

۴-۲-۸- تولید نسل برای تکرار بعدی ۸۰

۴-۲-۹- کنترل شرط توقف ۸۰

۴-۳- مثال‌های حل شده ۸۲

مثال یک ۸۲

مثال دو ۸۶

مثال سه ۸۹

مثال چهار ۹۱

مثال پنج ۹۲
فصل پنجم: تحلیل پارامتریک شیبهای خاکی با استفاده از الگوریتم ژنتیک ۹۳
۵-۱- مقدمه ۹۴
۵-۲- بررسی تغییرات چسبندگی خاک ۹۵
۵-۳- بررسی تغییرات زاویه اصطکاک خاک ۹۸
۵-۴- تغییرات زاویه شیب ۱۰۰
۵-۵- تاثیر ترک در سطح گسیختگی ۱۰۳
۵-۶- تفاوت گسیختگی دایره ای و غیر دایره ای ۱۰۴
۵-۷- تأثیر تغییرات شتاب زلزله در تحلیل شبه استاتیکی ۱۰۵
۵-۷- مقایسه سطح گسیختگی به دست آمده از الگوریتم ژنتیک و آنچه از آزمایش سانتریفوژ بدست آمده ۱۰۷
۵-۷-۱- انجام آزمایش سانتریفوژ ۱۰۸
۵-۷-۲- خروجی های برنامه نوشته شده ۱۰۹
فصل ششم: نتایج ۱۱۱
۶-۱- نتایج ۱۱۲
۶-۲- پیشنهاد برای کارهای آینده: ۱۱۴
مراجع ۱۱۵

فهرست اشکال و جداول

عنوان صفحه

شکل (۲-۱) نمایش ساده انواع گسیختگی ۱۰

شکل (۲-۲) اصول محاسبه پایداری شیروانیها ۱۵

شکل (۲-۳) مقاومت برشی با مشخصات کاهش یافته ۱۷

شکل (۲-۴) ضرایب ایمنی ۱۹

شکل (۲-۵) نیروهای وارد شده به یک قطعه نمونه در روش معمولی قطعات ۲۱

شکل (۲-۶) نیروهای وارد شده در بیشاپ ساده شده ۲۲

شکل (۲-۷) منحنی برای تعیین $M_i(\theta)$ ۲۳

شکل (۲-۸) (a)سطح لغزش و نیروهای روی المان در روش جانبو(b) ضریب تصحیح f_0 ..... ۲۴

شکل (۲-۹) روش دانکن و سلسشن ۲۵

شکل (۲-۱۰) روش گرادیان مزدوج ۲۶

(Rao-1994) ۲۶

شکل(۲-۱۱) شکل الگوریتم روش سیمپلکس (Rao-1994) ۲۹

شکل (۲-۱۲) نمودار روش تندترین شیب (Rao, 1994) ۳۰

شکل (۲-۱۳) روش ملکاوی ۳۳

شکل(۳-۱) روش انتخاب چرخ طیار ۵۳

شکل(۳-۲) نمونه‌ای از پیوند با یک نقطه برش ۵۶

شکل(۳-۳) نمونه‌ای دیگر از پیوند با یک نقطه برش ۵۶

شکل (۴-۱) شکل نمونه معرفی هندسه و لایه بندی شیب ۶۴

شکل(۴-۲) ترتیب وارد نمودن مختصات سطح زمین ۶۵

شکل (۴-۳) زاویه شکست دو انتهای سطح لغزش ۶۶

شکل (۴-۴) سطح لغزش در حالتی که $y_b<y_i<y_g$ ۶۷

شکل (۴-۵) روش تولید سطح لغزش در این تحقیق ۶۸

شکل (۴-۶) شکل نمونه یک رشته (V نشان دهنده متغیر می‌باشد) ۶۹

شکل (۴-۷) یک توده لغزش از یک شیب خاکی ۷۰

شکل(۴-۸) نیروهای وارد بر یک قطعه نمونه ۷۰

شکل(۴-۹) مثال‌هایی از تابع‌های استفاده شده برای توزیع زاویه نیروهای بین قطعه ای ۷۱

شکل (۴-۱۰) (a) سطح لغزش قطعه قطعه شده (b) جسم آزاد یک قطعه نمونه ۷۴

شکل (۴-۱۱) فلوچارت بدست آوردن F_s و λ ۷۷

شکل (۴-۱۲) نمودار Fs در برابر تعداد نقاط تقاطع در عملگر تقطیع ۷۹

شکل (۴-۱۳) نمودار Fs در برابر Pc با گامهای ۰/۰۱ ..... ۷۹

شکل (۴-۱۴) نمودار Fs در برابر Pm با گامهای ۰/۰۰۵ ..... ۸۰

شکل (۴-۱۵) فلوچارت برنامه نوشته شده ۸۱

جدول (۴-۱) مقایسه نتایج مثال یک در تحقیقات قبلی با این تحقیق ۸۳

شکل (۴-۱۶) شکل گسیختگی بحرانی بدست آمده در مثال یک ۸۳

شکل (۴-۱۷) سطح گسیختگی مثال یک بدون در نظر گرفتن ترک کششی ۸۴

شکل (۴-۱۸-a) تعدادی از سطوح اولیه تولید شده در مثال یک ۸۴

شکل (۴-۱۸) روند بهبود سطوح تولید شده در تکرار (b) دهم، (c) پنجاهم و(d) صدم در مثال یک ۸۵

شکل(۴-۱۹) شکل سطح گسختگی با حداقل ضریب پایداری در مثال دو ۸۶

جدول(۴-۲) مقایسه نتایج مثال دو در تحقیقات قبلی با این تحقیق ۸۷

شکل (۴-۲۰) روند کاهش Fs در طول اجرای برنامه در مثال دو ۸۷

شکل (۴-۲۱-a) تعدادی از سطوح اولیه تولید شده در مثال دو ۸۷

شکل (۴-۲۱) روند بهبود سطوح تولید شده در تکرار (b) دهم، (c) پنجاهم و(d) صدم در مثال دو ۸۸

شکل (۴-۲۲) سطح گسیختگی مثال یک بدون در نظر گرفتن ترک کششی.....۸۹

شکل (۴-۲۳) شکل شیب مثال سه ۹۰

شکل (۴-۲۴) شکل شیب مثال چهار ۹۱

شکل (۴-۲۵) شکل شیب مثال پنج ۹۲

شکل (۴-۲۶) روند کاهش Fs نسبت به تکرار در مثال پنج.....۹۲

شکل (۵-۱) نسبت D/L در یک سطح لغزش نمونه ۹۵

شکل (۵-۲) تغییرات سطح گسیختگی در برابر تغییرات چسبندگی ۹۶

شکل (۵-۳) نمودارتغییرات نسبت D/L در برابر چسبندگی.....۹۶

شکل (۵-۴) نمودار الگاریتم تغییرات نسبت D/L در برابر چسبندگی ۹۷

شکل (۵-۵) نمودار تغییر چسبندگی در برابر ضریب اطمینان ۹۷

شکل (۵-۶) نمودار تغییرات سطح گسیختگی در برابر زاویه اصطکاک داخلی ۹۹

شکل (۵-۷) تغییرات نسبت D/L در برابر زاویه اصطکاک داخلی ۱۰۰

شکل (۵-۸) نمودار تغییرات ضریب اطمینان در برابر زاویه اصطکاک..... ۱۰۰

شکل (۵-۹) تغییرات سطح لغزش در برابر تغییرات زاویه شیب شیروانی در خاک همگن..... ۱۰۱

شکل (۵-۱۰) نمودار نسبت D/L در برابر تغییرات شیب شیروانی برای چند خاک مختلف ۱۰۱

شکل(۵-۱۱) نمودار تغییرات سطح لغزش در برابر زاویه شیب شیروانی در خاک دو لایه..... ۱۰۲

شکل (۵-۱۲) تفاوت سطح لغزش دایره ای و غیر دایره ای در خاک همگن ۱۰۴

شکل (۵-۱۳) تغییرات سطح لغزش نسبت به شتا ب افقی زلزله..... ۱۰۵

شکل (۵-۱۴) نمودار تغییرات D/L نسبت به شتاب افقی زلزله ۱۰۶

شکل (۵-۱۵) نمودار تغییرات ضریب اطمینان در برابر شتاب افقی زلزله ۱۰۶

شکل (۵-۱۶) تصویر مدل قبل از گسیختگی در سانتریفوژ..... ۱۰۸

شکل (۵-۱۷) تصویر مدل بعد از گسیختگی در سانتریفوژ..... ۱۰۸

شکل (۵-۱۸) مقایسه جواب بدست آمده از برنامه و سطح لغزش حاصل از آزمایش سانتریفوژ ۱۱۰

مقدمه

۱-۱- ضرورت مطالعه پایداری شیروانی‌ها

رشد روز افزون دانش در زمینه‌های مکانیک سنگ و مکانیک خاک سبب تکامل مسائل مربوط به پایداری شیب‌ها در مهندسی ژئوتکنیک شده است. بطور کلی شیب‌ها به دو دسته شیب‌های طبیعی و مصنوعی طبقه‌بندی می شوند. بدنبال تکامل زندگی بشر و دخل و تصرف انسان در طبعیت که باعث به هم خوردن تعادل ذاتی و ظریف شیب‌های خاکی شده انسان با مسئله پایداری شیب‌ها مواجه گردیده است. افزایش نیاز جهت خاکبرداری و خاکریزی به منظور انجام پروژه‌های عمرانی سبب تحریک بشر به کسب دانش جهت تحلیل پایداری شیب‌های خاکی و ایجاد وسایل و ابزارآلات مناسب جهت اجرای مناسب شیب‌های پایدار خاکی شده است.

در اغلب موارد به منظور طراحی‌های اقتصادی و مطمئن جهت اجرای خاکبرداری‌ها، خاکریزی‌ها، سدهای خاکی و توده‌های دستی خاک از روش تحلیل پایداری شیب استفاده می‌شود. همچنین اکثر پروژه‌هایی را که با مسایلی از قبیل شیارها، دره‌ها و عوارض طبیعی زمین مواجه هستند می توان با مبحث تحلیل پایداری شیب‌ها مرتبط دانست. بسیاری از شیب‌های طبیعی که برای سالیان دراز پایدار بوده‌اند، بر اثر تغییرات توپوگرافی، زلزله، جریانهای آب زیرزمینی، از دست دادن مقاومت، تغییرات تنش و فرسایش مستعد زوال ناگهانی هستند. عموماً مراحل اولیه این زوال‌ها به دلیل محدودیت مطالعات بدرستی تشخیص داده نمی‌شود، تا اینکه شکست بصورت ناگهانی رخ دهد.

پک (Peck, 1976) معتقد است که در بسیاری از حالات در مورد پایداری شیب‌های طبیعی نمی‌توان با اطمینان کافی قضاوت کرد[۱]:

"هرگاه منطقه تحت مطالعه شامل یک بازه از یک زمین لغزش قدیمی باشد بطوری که در مورد آن قبلاً مطالعات به قدر کافی صورت گرفته باشد می توان راجع به پایداری شیب‌های طبیعی منطقه قضاوت‌های مبتنی بر واقعیت انجام داد در غیر اینصورت با اطمینان کافی نمی‌توان در این باره قضاوت نمود."

مسائل مربوط به پایداری شیب‌های طبیعی با موارد مشابه مرتبط به شیب‌های ساخته شده بشر بسیار متفاوت است.بررسی برخورد با خاکبرداری‌ها و خاکریزها باید بطور کلی با توجه به ماهیت متفاوت آنها انجام شود. تفاوت‌های عمده آنها عبارتند از: ۱) ماهیت و طبیعت مواد تشکیل دهنده آنها، ۲) تاثیرات فعالیت‌های انسان و محیط زیست که وابسته به تاریخچه زمین‌شناسی و شرایط آب و هوایی است که می‌تواند آنها را در آینده یا فی‌الحال تحت تاثیر قرار دهد.

در هنگام طراحی شیب‌ها، مهندسان باید اطلاعات و دانش کافی در مورد طبیعت و همگنی مواد تشکیل دهنده و مولفه‌های آنها را داشته باشند. اگر چه روشهای بی‌شماری برای تحلیل در دست می‌باشد ولی

روش کلی برای تحلیل همه شیب‌ها وجود ندارد، زیرا تنش داخلی در زمین و روابط تنش و کرنش در یک شیب قبل یا هنگام شکست نمی تواند با اطمینان کامل بیان گردد.

تقریباً تمام روش‌هایی که امروزه استفاده می‌گردند مبتنی بر روشهای تحلیل تعادل حدی می‌باشند که بطور دقیق و واقعی مکانیزم شکست در شیب‌ها را شبیه سازی نمی‌کنند با این حال تحلیل پایداری شیب بر پایه روشهای تعادل حدی یک مسئله غیر پیچیده است و به همین منظور بیشتر مورد توجه قرار گرفته است. این روشها شامل دو مرحله هستند:

۱) محاسبه ضریب اطمینان برای یک سطح لغزش مشخص با استفاده از روش قطعات

۲) یافتن سطح لغزش بحرانی از میان سطوح لغزش متحمل که دارای کمترین ضریب اطمینان است

در طول ۳۰ سال گذشته مرحله اول بیشتر مورد توجه قرار گرفته است ولی متاسفانه در ارتباط با مرحله دوم تحقیقات زیادی انجام نشده است. در این تحقیق علاوه بر ارائه روش کلی برای مرحله اول برای جستجوی بحرانی‌ترین سطح لغزش غیر دایره‌ای از الگوریتم ژنتیک بهره گرفته شده است.

۱-۲- اهداف پایان‌نامه

هدف از این تحقیق، یافتن بحرانی‌ترین سطح لغزش غیر دایره‌ای (که کمترین ضریب اطمینان را دارد) می‌باشد. در این نوشته روش General Limit Equilibrium (GLE) به عنوان روش تعادل حدی در نظر گرفته شده است. بدین منظور پس از بیان اهمیت مسئله در فصل اول، در فصل دوم مروری بر مطالعات گذشته خواهیم داشت. در فصل سوم به بررسی اصول الگوریتم ژنتیک می‌پردازیم در فصل چهارم تعیین ضریب اطمینان و روش یافتن بحرانی‌ترین سطح لغزش غیر دایره‌ای با کمک الگوریتم ژنتیک به همراه چند مثال ارائه می‌شود. فصل پنجم به شرح تحلیل پارامتریک شیبهای خاکی با استفاده از الگوریتم ژنتیک و

مقایسه سطح گسیختگی بدست آمده از الگوریتم ژنتیک و آنچه از آزمایش سانتریفیوژ بدست آمده پرداخته شده و فصل ششم به نتیجه گیری و پیشنهادات تخصیص داده شده است.

فصل دوم

سطح گسیختگی بحرانی در شیروانی‌های خاکی

۲-۱- مقدمه

یکی از مهم‌ترین و در عین حال مشکل‌ترین مباحث مکانیک خاک مساله پایداری شیروانی‌ها است. لغزش‌های زمین در شرایط بسیار متفاوتی به وقوع می‌پیوندد. این لغزش‌ها ممکن است شیب‌های طبیعی را در برگیرد و یا موجب به هم خوردن پایداری شیروانی‌های حاصل از عمل انسان‌ها شود. وقوع این لغزش‌ها ممکن است یکباره صورت گیرد و یا چندین ماه و حتی سال‌ها به طول انجامد.

لغزش‌ها غالبا طی سطوح مشخصی که بیشتر استوانه‌ای هستند پدید می‌آید. آغاز این نوع لغزش‌ها همواره با پیدایش شکاف‌هائی در سطح فوقانی شیروانی همراه است.

نوع دیگری از لغزش هیچ گونه شکل مشخصی ندارد و دلیل آن هم ظاهراً معلوم نمی‌باشد.

دلیل لغزش ممکن است نیروهای ثقل، و یا جریان‌های آب باشد. می توان مثال‌های بی‌شماری ارائه