

به نام خداوند بخشنده مهربان



دانشکده شیلات و محیط زیست

پایان نامه جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد در رشته  
محیط زیست، گرایش ارزیابی و آمایش سرزمین

**ارزیابی اثرات لگدکوبی گردشگران بر مشخصه‌های کیفیت خاک در مسیرهای  
پیاده‌روی (مطالعه موردی: مسیرهای پیاده‌روی سفید چشمه و خوش دره  
حوضه آبخیز زیارت)**

پژوهش و نگارش  
زهره حلاجی کلهرودی

اساتید راهنما:  
دکتر مرجان محمدزاده  
دکتر عبدالرسول سلمان ماهینی

اساتید مشاور:  
دکتر علی نجفی نژاد  
دکتر فرشاد کیانی

تابستان ۱۳۹۳

تقدیم به استاد گرانقدرم

دکتر سعید نادری

او که اقیانوسی از معنایون یک حرف از کلام با کمالش است...

## پاس و قدردانی

پاس و ستایش خداوند انانی که کسره مهر و لطفش بر همه موجودات، هستی ساید اکنده و بار دیگر توفیق علم آموزی را ارزانیم داشت...

در اینجا بر خود لازم میدانم از تمامی کسانی که در این پیمان نامه لطف و عنایتشان را شامل حال اینجانب کردند، پاسگذاری کنم؛

از خانواده عزیزم که تمام دارایی زندگی من هستند و همیشه از تشویق و حمایتشان برخوردار شدم، بی نهایت سپاسگزارم.

از استاد راهنمای عزیز و محبوبم سرکار خانم دکتر مرجان محمدزاده بر پاس زحمات بی دریغشان در اجرای این تحقیق سپاسگزارم.

از استاد راهنمای صبورم دکتر عبدالرسول سلمان مایینی بر پاس کمک های ارزنده ای که به اینجانب ارزانی داشتند سپاسگزار می کنم.

از استاد مشاور مهربانم؛ دکتر علی نجفی نژاد بر پاس کمک های ارزنده بسیار سپاسگزارم.

از استاد مشاور دلسوز و مهربان و خداکارم؛ دکتر فریادگیانی که سهم بسزایی در پیشبرد و اجرای این تحقیق داشتند، خانانده و خالصانه قدردانی می کنم.

از دوستان و بکلاسی هایم که قدرم که دوستی را بر ایتم معنا کردند، از خانم باعطیه فرخانی و فائزه هدایتی را دو آقایان جعفر نژاد و سردار آبادی، مهران

خورشیدی و محمد مهبینی، خانم معصومه احمدی، مسما مظلوم، زهره جعفری، ابو الفضل شریفیان و کوهنوردان کرامی آقایان فانی و حسینی، آقایان

مهندس جعفری و فرج اللهی و نیز عزیزانم احمد مسجدی و خشیارداوودی فرقدردانی می کنم.

## چکیده

با وقوع انقلاب صنعتی و افزایش جمعیت، نیاز و تمایل افراد برای استفاده از محیط‌های طبیعی و فعالیت‌های تفریحی رو به فزونی گذاشته است. هر چند پیاده‌روی یکی از محبوب‌ترین فعالیت‌های تفریحی گردشگران در طبیعت محسوب می‌شود اما اثراتی را از طریق لگدکوبی بر روی مسیرهای پیاده‌روی بر جای می‌گذارند. روش‌های متعددی برای بررسی اثرات لگدکوبی گردشگران بر مسیرهای پیاده‌روی وجود دارد. در این مطالعه اثرات لگدکوبی گردشگران بر ویژگی‌های کیفیت خاک شامل بافت خاک، ساختمان خاک، چگالی ظاهری و حقیقی خاک، فشردگی، تخلخل، واکنش خاک، هدایت الکتریکی، مواد آلی و تنفس میکروبی در سه مسیر پیاده‌روی سفید چشمه حوضه آبخیز زیارت با تراکم متفاوت گردشگر (کم، متوسط و زیاد) و مکانی بدون عبور گردشگر به عنوان شاهد مورد بررسی قرار گرفت. در هر مسیر پیاده‌روی ۲۰ نقطه کاملاً تصادفی انتخاب و نمونه‌برداری از خاک مسیرها انجام شد و پارامترهای کیفی مذکور اندازه‌گیری گردید. نتایج حاصل از کار آزمایشگاهی با تحلیل واریانس یک طرفه (ANOVA) و آزمون دانکن جهت برآورد معنی‌داری تغییرات پارامترها در مسیرهای مورد مطالعه با نرم‌افزار SPSS.16 مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. از ویژگی‌های کیفی اندازه‌گیری شده در تمام نمونه‌ها در بافت خاک تغییری دیده نشد. ساختمان خاک در مسیرها و محل شاهد تغییر کرد. چگالی ظاهری در مکان شاهد کمترین میزان و در مسیر پر تراکم دارای بیشترین میزان است. ماده آلی در مکان شاهد بیشترین میزان و در مسیر پر تراکم کمترین میزان را دارد. پارامتر تنفس میکروبی در محل شاهد بیشترین میزان و در محل پر تراکم و کم تراکم کمترین میزان را دارد. نتایج نشان داد ویژگی‌های کیفیت خاک در مسیرهای مورد مطالعه فقط متأثر از شدت لگدکوبی نیست و عامل توپوگرافی نیز خصوصیات کیفیت خاک را کنترل می‌کند. عواملی همچون ارتفاع، شیب و جهت در مسیرهای مورد مطالعه متفاوتند که این تفاوت به ویژه بر خصوصیات شیمیایی خاک (واکنش خاک و هدایت الکتریکی خاک) و نیز پارامتر چگالی حقیقی خاک (پارامتر فیزیکی خاک) تأثیر گذاشته است. نتایج این تحقیق می‌تواند جهت مدیریت و ایجاد فرصت‌های گردشگری در مسیرهای پیاده‌روی و محیط‌های طبیعی مطلوب گردشگران در راستای حفظ خاک و جنبه‌های زیبایی شناختی طبیعت در بخش مدیریت منابع انسانی مفید باشد.

**کلمات کلیدی:** ارزیابی، لگدکوبی، مسیرهای پیاده‌روی، کیفیت خاک، گردشگران

فصل اول

۲	۱-۱- مقدمه .....
۲	۱-۱-۱- بیان مسئله .....
۵	۲-۱- تعاریف و مفاهیم .....
۵	۱-۲-۱- کیفیت خاک .....
۵	۲-۲-۱- تعریف خصوصیات خاک .....
۷	۳-۱- تعریف پارامترهای کیفیت خاک .....
۱۰	۴-۱- روش‌های ارزیابی و پایش اثرات لگدکوبی گردشگران در مسیرهای پیاده‌روی .....
۱۹	۵-۱- فرضیه‌ها .....
۱۹	۶-۱- اهداف .....
۲۰	۷-۱- جمع‌بندی .....

فصل دوم

۲۲	۱-۲- مرور منابع .....
۲۲	۱-۱-۲- تحقیقات انجام شده در زمینه اثرات لگدکوبی با ارزیابی همزمان خاک و پوشش گیاهی ..
۲۵	۲-۱-۲- بررسی اثرات لگدکوبی با ارزیابی خاک مسیرها .....
۲۸	۲-۲- جمع‌بندی .....

فصل سوم

۳۰	۱-۳- مواد و روش‌ها .....
۳۰	۱-۱-۳- منطقه مورد مطالعه .....
۳۱	۱-۱-۳-۱- مشخصات توپوگرافی .....

## فهرست مطالب

عنوان	صفحه
..... خاک شناسی ۲-۱-۱-۳	۳۱
..... زمین شناسی ۳-۱-۱-۳	۳۱
..... اقلیم ۴-۱-۱-۳	۳۱
..... پوشش گیاهی ۵-۱-۱-۳	۳۲
..... معرفی مسیرهای پیاده روی مورد مطالعه ۲-۱-۳	۳۲
..... روش مطالعه ۲-۳	۳۵
..... انتخاب پارامترهای کیفیت خاک و نحوه نمونه برداری ۱-۲-۳	۳۵
..... روش اندازه گیری پارامترها در آزمایشگاه ۲-۲-۳	۳۶
..... روش اندازه گیری بافت خاک ۳-۲-۳	۳۶
..... روش اندازه گیری چگالی خاک ۴-۲-۳	۳۹
..... چگالی ظاهری ۱-۴-۲-۳	۳۹
..... چگالی حقیقی ۲-۴-۲-۳	۴۰
..... محاسبه تخلخل ۵-۲-۳	۴۱
..... اندازه گیری فشردگی ۶-۲-۳	۴۱
..... طرز تهیه گل اشباع ۷-۲-۳	۴۱
..... محاسبه درصد رطوبت اشباع ۸-۲-۳	۴۲
..... اندازه گیری واکنش خاک (pH) ۹-۲-۳	۴۳
..... اندازه گیری هدایت الکتریکی (EC) ۱۰-۲-۳	۴۴
..... مواد آلی ۳-۳	۴۵
..... تنفس میکروبی ۴-۳	۴۷
..... تحلیل آماری داده ها ۵-۳	۴۸
..... جمع بندی ۶-۳	۴۹

### فصل چهارم

۵۲	۱-۴- نتایج
۵۲	۱-۱-۴- نتایج حاصل از اندازه‌گیری بافت خاک
۵۲	۲-۱-۴- نتایج حاصل از تعیین ساختمان خاک
۵۳	۳-۱-۴- نتایج حاصل از اندازه‌گیری چگالی ظاهری
۵۳	۴-۱-۴- نتایج حاصل از اندازه‌گیری چگالی حقیقی
۵۳	۵-۱-۴- نتایج حاصل از اندازه‌گیری تخلخل
۵۴	۶-۱-۴- فشردگی
۵۴	۷-۱-۴- نتایج حاصل از اندازه‌گیری مواد آلی خاک
۵۴	۸-۱-۴- نتایج حاصل از اندازه‌گیری پارامتر EC (هدایت الکتریکی)
۵۵	۹-۱-۴- نتایج حاصل از اندازه‌گیری pH (واکنش خاک)
۵۵	۱۰-۱-۴- نتایج حاصل از اندازه‌گیری پارامتر تنفس میکروبی
۵۶	۲-۴- جمع بندی

### فصل پنجم

۵۸	۱-۵- بحث
	۱-۱-۵- بررسی نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل یک طرفه (ANOVA) پارامتر چگالی حقیقی در
۵۹	مسیرهای تیمار و محل شاهد
	۲-۱-۵- بررسی نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل یک طرفه (ANOVA) پارامتر چگالی ظاهری
۶۰	در مسیرهای تیمار و محل شاهد
	۳-۱-۵- بررسی نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل یک طرفه (ANOVA) پارامتر تخلخل در
۶۱	مسیرهای تیمار و محل شاهد



## فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۶۲	۴-۱-۵- بررسی نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل یک طرفه (ANOVA) پارامتر مواد آلی در مسیره‌های تیمار و محل شاهد.....
۶۳	۵-۱-۵- بررسی نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل یک طرفه (ANOVA) پارامتر هدایت الکتریکی (EC) در مسیره‌های تیمار و محل شاهد.....
۶۴	۶-۱-۵- بررسی نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل یک طرفه (ANOVA) پارامتر واکنش (pH) در مسیره‌های تیمار و محل شاهد.....
۶۵	۷-۱-۵- بررسی نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل یک طرفه (ANOVA) پارامتر تنفس میکروبی در مسیره‌های تیمار و محل شاهد.....
۶۶	۸-۱-۵- تجزیه و تحلیل نتایج بافت خاک.....
۶۶	۹-۱-۵- تجزیه و تحلیل نتایج ساختمان خاک.....
۶۶	۱۰-۱-۵- بررسی همبستگی چگالی حقیقی و مواد آلی در مسیره‌های تیمار و محل شاهد.....
۶۷	۱۱-۱-۵- درصد تغییرات پارامترها نسبت به محل شاهد.....
۶۸	۱۲-۱-۵- پاسخ به سوال‌های تحقیق و بررسی فرضیه‌ها.....
۶۹	۲-۵- نتیجه‌گیری کلی.....
۷۰	۳-۵- پیشنهادها.....
۷۰	۱-۳-۵- پیشنهادهای پژوهشی.....
۷۰	۲-۳-۵- پیشنهادهای اجرایی.....
۷۲	منابع.....
۷۶	پیوست‌ها.....

## فهرست جدول‌ها

عنوان	صفحه
جدول ۱-۱- طبقه بندی متغیرهای مورد بررسی در روش نمونه برداری زمان مینا.....	۱۴
جدول ۱-۲- سیستم طبقه بندی برای ارزیابی شرایط مسیرهای پیاده روی.....	۱۶
جدول ۱-۳- شرایط اندازه گیری شده برای مسیرهای پیاده روی در ایسلند.....	۱۷
جدول ۳-۱- محاسبه عامل f جهت تعیین EC خاک در روش درجه رقت (۱:۵).....	۴۵
جدول ۴-۱- درصد اجزای خاک (شن، رس و سیلت) در مسیرهای تیمار و محل شاهد.....	۵۲
جدول ۴-۲- نتایج حاصل از اندازه گیری چگالی ظاهری در مسیرهای تیمار و محل شاهد.....	۵۳
جدول ۴-۳- نتایج حاصل از اندازه گیری تخلخل در مسیرهای تیمار و محل شاهد.....	۵۳
جدول ۴-۴- نتایج حاصل از اندازه گیری پارامتر مواد آلی در مسیرهای تیمار و محل شاهد.....	۵۴
جدول ۴-۵- نتایج حاصل از اندازه گیری پارامتر EC (هدایت الکتریکی) در مسیرهای تیمار و مکان شاهد.....	۵۵
جدول ۴-۶- نتایج حاصل از اندازه گیری pH (واکنش خاک) در مسیرهای تیمار و مکان شاهد.....	۵۵
جدول ۴-۷- نتایج حاصل از اندازه گیری پارامتر تنفس میکروبی در مسیرهای تیمار و مکان شاهد.....	۵۵
جدول ۵-۱- نتایج حاصل از اندازه گیری همبستگی بین پارامتر ماده آلی خاک و چگالی حقیقی ..	۶۷
جدول ۵-۲- درصد تغییرات پارامترها در مسیرهای تیمار نسبت به شاهد (درصد).....	۶۷

## فهرست شکل‌ها

عنوان	صفحه
شکل ۳-۱- موقعیت جغرافیایی حوضه آبخیز زیارت و مسیرهای پیاده‌روی مورد مطالعه و موقعیت شهرستان گرگان در استان گلستان و ایران.....	۳۰
شکل ۳-۲- مسیر پیاده‌روی اصلی سفید چشمه (پر تراکم).....	۳۳
شکل ۳-۳- مسیر پیاده‌روی خوش دره (تراکم متوسط).....	۳۳
شکل ۳-۴- مسیر پیاده‌روی فرعی منشعب از مسیر اصلی سفید چشمه (کم تراکم).....	۳۴
شکل ۳-۵- نگاره کلی از مراحل انجام تحقیق.....	۳۴
شکل ۵-۱- نمودار حاصل از تجزیه و تحلیل یک طرفه (ANOVA) پارامتر چگالی حقیقی بین مسیرهای تیمار و محل شاهد.....	۵۹
شکل ۵-۲- نمودار تحلیل واریانس یک طرفه (ANOVA) پارامتر چگالی ظاهری بین مسیرهای تیمار و محل شاهد.....	۶۰
شکل ۵-۳- نمودار تحلیل واریانس یک طرفه (ANOVA) پارامتر تخلخل در مسیرهای تیمار و محل شاهد.....	۶۱
شکل ۵-۴- نمودار حاصل از تحلیل یک طرفه (ANOVA) نتایج پارامتر مواد آلی در مسیرهای تیمار و شاهد.....	۶۲
شکل ۵-۵- نمودار حاصل از تحلیل یک طرفه (ANOVA) پارامتر هدایت الکتریکی (EC) در مسیرهای تیمار و شاهد.....	۶۳
شکل ۵-۶- نمودار تحلیل یک طرفه (ANOVA) حاصل از نتایج واکنش (pH) در مسیرهای تیمار و محل شاهد.....	۶۴
شکل ۵-۷- نمودار تحلیل یک طرفه (ANOVA) نتایج حاصل از پارامتر تنفس میکروبی در مسیرهای تیمار و محل شاهد.....	۶۵

فصل اول

مقدمه و کلیات

## ۱-۱-۱- مقدمه

در این فصل از تحقیق به بیان مسئله و سوالات، فرضیه‌ها و اهداف و همچنین کلیات و مفاهیم مربوط به تحقیق پرداخته شده است.

## ۱-۱-۱- بیان مسئله

با وقوع انقلاب صنعتی و افزایش جمعیت، نیاز مردم به خصوص شهر نشینان به طبیعت و استفاده از موهبت‌های آن منجر به افزایش شمار بازدیدکنندگان از مناطق طبیعی شده است. در این بین مسیرهای پیاده‌روی به عنوان یک فعالیت تفریحی پرطرفدار که امکان ارتباط متقابل با طبیعت را برای بازدیدکنندگان مناطق طبیعی فراهم می‌کند، توجه زیادی را به خود جلب کرده‌اند (مجنونیان، ۱۳۷۷). برای مثال در ایالات متحده آمریکا ۲/۳ از جمعیت برای اوقات فراغت به پیاده‌روی کوتاه و حدود ۱/۴ پیاده‌روی طولانی و اردوزنی را انتخاب می‌کنند (کردل و سوپر<sup>۱</sup>، ۲۰۰۰). همچنین در ایسلند از زمان‌های قدیم، پیاده‌روی یکی از فعالیت‌های پر طرفدار بوده است (اولافسدوتیر و رانستروم<sup>۲</sup>، ۲۰۱۳). با رشد گردشگری، اثرات جهانی آن نیز افزایش یافته و آگاهی‌های محیط‌زیست منجر به افزایش تقاضا برای طرح‌ریزی پایدار و مدیریت توریسم به خصوص در مناطق آسیب پذیر شده است (اولافسدوتیر و رانستروم، ۲۰۱۳ به نقل از نیوسام و همکاران<sup>۳</sup>، ۲۰۱۳).

معمولا مناطق شکننده و آسیب پذیر که از نظر اکولوژیک بسیار ارزشمند هستند، برای توریست‌ها هم بسیار جذاب هستند (تامزیک<sup>۴</sup>، ۲۰۱۱). بیشترین اثرات بیان شده روی گیاهان، جانوران، خاک و منابع آب معمولا در مکان‌های توسعه یافته و با تمرکز بازدیدکنندگان، به ویژه در مسیرهای پیاده‌روی و محل‌های اردوزنی اتفاق می‌افتد (لئونگ و ماریون<sup>۵</sup>، ۲۰۰۰، الیو و ماریون<sup>۶</sup>، ۲۰۰۹). معمولا لگدکوبی گیاهان و خاک به عنوان دو نمایه اصلی اثرات استفاده‌های انسانی در این نوع مکان‌ها مورد بررسی قرار می‌گیرد.

<sup>1</sup> Cordell and Super

<sup>2</sup> Ólafsdóttir and Runnström

<sup>3</sup> Newsome and *et al.*

<sup>4</sup> Tomczyk

<sup>5</sup> Leung & Marion

<sup>6</sup> Olive and Marion

اثرات لگدکوبی همچنین روی گیاهان به صورت کوبیدگی، له‌شدگی، انحراف از مسیر رویش و ریشه‌کنی بروز می‌کند. همچنین کاهش ارتفاع گیاهان، کاهش طول ساقه و سطح برگ و در گیاهان گلدار به صورت کاهش تعداد گل‌های رؤوس هر گیاه و کاهش تولید دانه از دیگر اثرات لگدکوبی است (لیدل<sup>۱</sup>، ۱۹۹۷). کاهش ارتفاع و سطح برگ، سطح فتوسنتزی گیاهان را کاهش می‌دهد و منجر به تهی شدن ذخایر کربوهیدرات می‌شود (هارتلی<sup>۲</sup>، ۱۹۹۹). این تغییرات، قدرت گیاه و تولید دانه را کاهش می‌دهد. بسیاری از گیاهان با لگدکوبی از بین می‌روند. در مواقعی که لگدکوبی شدید اتفاق می‌افتد، پوشش گیاهی و زیتوده و غنای گونه‌ای کاهش می‌یابد و رقابت گونه‌ها تغییر می‌کند.

بیشترین اثرات معنی‌دار پیاده‌روی روی خاک‌های بومی و گیاهان با مسیرهای فرعی که توسط گردشگران در طول جاده‌ها و مکان‌هایی که پیاده‌روی صورت نگرفته است، همبستگی دارد. لنس و همکاران<sup>۳</sup> در سال ۱۹۸۹ این فرآیند را در اسکاتلند توصیف کردند. آن‌ها بیان کردند توسعه مسیر معمولاً با شکل‌گیری یک مسیر تنها آغاز می‌شود. همچنانکه این مسیر عریض و سائیده می‌شود، دومین مسیر ایجاد می‌شود. این مسیرها عریض و با مسیرهای دیگر ادغام می‌شوند و نهایتاً شبکه‌های در حال فرسایش را ایجاد می‌کنند.

لگدکوبی حداقل دو اثر دارد؛ فرسایش افق‌های آلی خاک و فشردگی خاک (لیدل، ۱۹۹۷). لگدکوبی، خاک را فشرده می‌کند و تخلخل و نیز تعداد منافذ درشت را کاهش می‌دهد (مونتلی و مکیتاش<sup>۴</sup>، ۱۹۷۹). این مسئله، ظرفیت نگهداری آب توسط خاک را (به جز در بعضی از خاک‌های درشت بافت) کاهش می‌دهد. فشردگی، نرخ نفوذ آب را کاهش می‌دهد و منجر به افزایش رواناب و پتانسیل فرسایش می‌شود. این تغییر، فیزیک، شیمی و ویژگی‌های زیستی خاک را تغییر می‌دهد؛ هر چند چنین تغییراتی به صورت ناچیزی قابل مشاهده هستند. خاک‌های فشرده مانع رویش دانه‌ها و رشد گیاه می‌شوند. آلسا و ارنهارت<sup>۵</sup> (۲۰۰۰)، همچنین نشان دادند که گیاهان در خاک‌های فشرده به دلیل اینکه ریشه‌های اصلی

<sup>1</sup> Liddle

<sup>2</sup> Hartley

<sup>3</sup> Lance and *et al.*

<sup>4</sup> Monti & Mackintosh

<sup>5</sup> Alessa and Earnhart

و جانبی رشد کمتری خواهند داشت و نیز جریان سیتوپلاسمی درون انشعابات ریشه کاهش می‌یابد؛ به کاهش قابلیت جهت استفاده از مواد مغذی دچار می‌شوند. اثر فشردگی خاک با سایش و کاهش افق آلی خاک (افق آلی متضمن حفاظت افق معدنی خاک از فشردگی و فرسایش مفرط است)، تشدید می‌شود. کمبود مواد آلی مستقیماً بر جمعیت گیاهان و جانوران، هم در سطح و هم زیر سطح زمین اثر می‌گذارد. هنگامی که گونه‌های گیاهی ویژه رویش می‌کنند، بیشترین فراوانی را روی سطوح آلی خاک دارند. فرسایش بستر خاک باعث می‌شود در رقابت بین گونه‌ها، گونه‌هایی که بیشترین فراوانی را روی خاک‌های معدنی دارند، رویش کنند. به طور مثال، کمبود مواد آلی در خاک ظرفیت نگهداری آب توسط خاک را کاهش می‌دهد و اثر ناسازگار روی جمعیت میکروبی خاک که بستگی به مواد آلی خاک و ترشحات ریشه از گیاهان روی زمین برای تامین انرژی‌شان دارند، می‌گذارد. زابینسکی و گانون<sup>۱</sup> در سال ۱۹۹۷ کاهش اساسی در عملکرد جمعیت‌های متفاوت میکروبی روی نواحی حومه شهری محل‌های اردوزنی را گزارش دادند. جمعیت‌های میکروبی شرکت کننده در عملکرد اکوسیستم با متابولیسم مواد غذایی، انتقال مواد آلی خاک و ساخت هورمون‌های گیاهی در شبکه‌های غذایی شرکت می‌کنند. ضخامت افق‌های آلی در محل‌های اردوزنی، حدود ۱/۳ ضخامت محل‌های کنترل شده هستند و خاک‌های معدنی در بیشتر محل‌های اردوزنی دچار فرسایش شده بود. خاک‌های معدنی فشرده شده و فرسایش یافته، چگالی ظاهری و مقاومت به نفوذ را افزایش می‌دهند. در بعضی از محل‌ها که جاده‌های قابل دسترس وجود دارند، برای کاهش اثرات پیاده‌روی، استفاده گردشگران فقط در مسیرهای طراحی شده اجازه داده می‌شود.

در این تحقیق، سعی بر آن است که اثرات لگدکوبی گردشگران بر ویژگی‌های کیفیت خاک در مسیرهای پیاده‌روی با تراکم متفاوت گردشگر مورد ارزیابی قرار گیرد.

---

<sup>۱</sup> Zabinski and Gannon

## ۲-۱- تعاریف و مفاهیم

در این بخش تعاریف و مفاهیم مطرح شده در این مطالعه شرح داده شده است.

### ۱-۲-۱- کیفیت خاک

کیفیت خاک به عنوان ظرفیت خاک برای عملکرد در اکوسیستم‌های طبیعی یا تحت مدیریت جهت پایداری گیاهان، بهبود کیفیت آب و هوا، حمایت و سلامت انسان و محیط زیست تعریف می‌شود. استفاده از این مفهوم به عنوان ابزاری برای ارزیابی و تاثیر استراتژی‌های خاک روی شاخصه‌های فیزیکی، شیمیایی، بیولوژیک و فرآیندهایی که در خاک رخ می‌دهد؛ پیشنهاد شده است. ارزیابی کیفیت خاک می‌تواند در مورد اثرات محیط زیستی و فعالیت‌های کشاورزی در بهبود منابع خاک کمک شایانی نماید (کارلن و همکاران<sup>۱</sup>، ۱۹۹۷).

### ۲-۲-۱- تعریف خصوصیات خاک

بررسی خصوصیات خاک به طور معمول از نظر فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیک انجام می‌شود.

#### • خصوصیات فیزیکی خاک:

خاک مرکب از سه فاز یا حالت جامد، مایع و گاز است که به مطالعه فیزیکی سه فاز مذکور، فیزیک خاک گفته می‌شود. به طور کلی فیزیک خاک شامل؛ وزن مخصوص ظاهری و حقیقی، خلل و فرج، بافت، ساختمان، رنگ، ظرفیت نگهداری آب، حد اشباع و نفوذ پذیری است. هر چند بیشتر خصوصیات فیزیکی توارثی بوده و ریشه در خصوصیات فیزیکی خاک مادری دارد ولی انسان به منظور افزایش حاصلخیزی خاک برخی از این خصوصیات را تغییر می‌دهد (حق پرست، ۱۳۸۶ به نقل از تروئه و همکاران، ۱۹۹۸).

#### • خصوصیات شیمیایی خاک:

شیمی خاک در فهم تشکیل و حاصلخیزی خاک نقش مهمی دارد. چگونگی شکسته شدن سنگ‌ها و کانی‌ها و تبدیل آن‌ها به ترکیبات جدید برای درک چگونگی هوا دیدگی و فرسایش خاک ضروری

<sup>1</sup> Karlen and *et al.*



است که از جمله مباحث مربوط به تشکیل و تکامل فیزیکی خاک به حساب می‌آید ولی چگونگی تبدیل و تشکیل مواد معدنی خاک که در نهایت منجر به حاصلخیزی آن می‌شود از مباحث مربوط به خصوصیات و روش‌های برتر آزمایش‌های شیمیایی خاک است (حق پرست، ۱۳۸۶ به نقل از تروئه و همکاران، ۱۹۹۸).

#### • خصوصیات بیولوژیکی خاک

اثرات متقابل بین موجودات مختلف با خاک موجب ایجاد تغییراتی در آن می‌گردد که منجر به پدید آمدن ویژگی‌های مشخصی می‌شود که به آن‌ها خصوصیات بیولوژی خاک گفته می‌شود. به طور مثال وجود کرم‌های خاکی موجب افزایش حاصلخیزی و نفوذپذیری خاک می‌شوند و یا همزیستی بین ریشه گیاهان با باکتری‌های موجود در خاک باعث تثبیت ازت در آن می‌گردد. در واقع در بیولوژی خاک اقدام به مطالعه موجودات زنده در خاک می‌شود. به عبارت دیگر از آنجایی که تعداد زیادی باکتری، قارچ، اکتومیسست، کرم‌ها، حشرات، پستانداران و جوندگان کوچک در خاک زندگی می‌کنند؛ از این رو موجب تغییر در محیط خاک می‌گردند. همانطور که بیان شد، بسیاری از موجودات زنده در خاک به تامین حاصلخیزی آن می‌پردازند که همین امر به واسطه تجزیه باقیمانده‌های گیاهی و جانوری که منجر به گردش مجدد عناصر غذایی می‌شود؛ کمک می‌کنند. نکته مهم اثرات موجودات زنده موجود در خاک این است که باعث فراهم شدن محیط مناسب برای استقرار، رشد و نمو گیاهان و تولیدات گیاهی می‌شود. بنابراین هر گونه تغییری در خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک از جمله کوبیده و فشرده شدن خاک مستقیماً باعث تغییر خصوصیات بیولوژیکی آن می‌شود (حق پرست، ۱۳۸۶ به نقل از هاکانسون و وورهیس، ۱۹۹۷).

### ۱-۳- تعریف پارامترهای کیفیت خاک

در این بخش به تعریف پارامترهای کیفیت خاک مورد بررسی در این تحقیق پرداخته شده است.

#### ▪ پارامترهای فیزیکی

##### بافت خاک:

بافت خاک کلاس دانه‌بندی ذرات خاک و نمایانگر اندازه ذرات خاک است. به طور تجربی و در عرصه بافت خاک را می‌توان بدون کار آزمایشگاهی با کمک لمس معرفی کرد (سایت (Glossary.org. updated: 2014).

##### ساختمان خاک:

ساختمان خاک به آرایش و ساختار اجتماع ذرات خاک (خاکدانه‌ها) که توسط چسب‌های طبیعی خاک مانند گچ، مواد آلی، آلومینوسیلیکات‌ها ایجاد شده است، اطلاق می‌شود (سایت (Glossary.org. updated: 2014).

##### چگالی ظاهری:

چگالی ظاهری اندازه‌گیری غیر مستقیمی از خلل و فرج است. اگر منافذ بین یا درون خاکدانه‌های یک خاک افزایش پیدا کند، خلل و فرج نیز افزایش می‌یابد و وزن در واحد حجم خاک کاهش خواهد یافت. چگالی خاک‌های معدنی با بافت ریز معمولاً بین ۱/۳-۱ گرم بر سانتی‌متر مکعب و خاک‌های شنی بین ۱/۷-۱/۳ متغیر است. همچنین مقدار آن در خاک‌های آلی معمولاً خیلی کمتر از خاک‌های معدنی است و ممکن است حتی تا ۰/۴ گرم بر سانتی‌متر مکعب هم برسد (علمایی، م؛ علاالدین، م، ۱۳۹۰).

##### چگالی حقیقی:

به جرم واحد حجم ذرات خاک بدون در نظر گرفتن خلل و فرج بین ذرات خاک اطلاق می‌شود. در کارهای فنی معمولاً به صورت تن در هر متر مکعب یا گرم در هر سانتی‌متر

مکعب بیان می‌شود (سایت [Glossary.org](http://Glossary.org), updated:2014). چگالی خاک‌های معدنی تا اندازه‌ای به مقدار ماده آلی موجود و نیز تا حد کمتری به چگالی مواد مادری بستگی دارد که هر چه مقدار ماده آلی یک خاک بیشتر باشد، چگالی آن کمتر خواهد بود. به علت وجود کانی‌های معمول در خاک که چگالی حقیقی آن‌ها بین ۲/۵-۲/۸ متغیر است، به طور متوسط میزان آن را ۲/۶۵ فرض می‌نمایند (علمایی، م؛ علاالدین، م. ۱۳۹۰).

#### درصد تخلخل خاک:

تخلخل<sup>۱</sup>؛ آن قسمت از حجم خاک است که توسط ذرات جامد خاک اشغال نشده است. این فضایی است که توسط آب و هوا اشغال می‌شود. عواملی که بر درصد حفرات خاک اثر می‌گذارند همان عواملی هستند که بر جرم حجمی موثرند؛ بافت و ساختمان خاک از مهمترین این عوامل به شمار می‌روند. اندازه هر حفره مستقل بستگی به ساختمان خاک دارد ولی کل حفرات خاک علاوه بر ساختمان به بافت خاک نیز وابسته است. اندازه حفرات مستقل معمولاً نشان دهنده میزان حرکت آب و تهویه خاک است، در حالی که کل حفرات بر نگهداری آب خاک تاثیر می‌گذارد (علمایی، م؛ علاالدین، م. ۱۳۹۰).

#### فشاردگی:

تراکم خاک در حقیقت تخریب یا تهدید ساختار فیزیکی خاک در نتیجه اعمال فشارهای مکانیکی است. طبیعت و دامنه تغییرات ایجاد شده تابعی از چگونگی توزیع فشارهای اعمال شده می‌باشد؛ به طوری که شدت فشارها و به ویژه میزان تفاوت خاک در مقابله با آن‌ها عوامل اصلی تغییر شکل خاک هستند (حق پرست، ف. ۱۳۸۶).

<sup>۱</sup> Prosimy

▪ پارامترهای شیمیایی

**مواد آلی:**

زندگی موجودات در خاک بستگی کامل به وجود مواد آلی برای انرژی و عناصر غذایی دارد. با این حال اگر خاک منحصرًا از مواد آلی تشکیل شده باشد، به طور طبیعی غیر حاصلخیز است. علاوه بر کربن در ترکیب ماده آلی خاک؛ عناصر هیدروژن، اکسیژن، فسفر، ازت و گوگرد وجود دارد. فسفر، ازت و گوگرد برای رشد گیاهان ضروری است. گیاهان؛ خود یک گونه مهم از ماده آلی خاک به حساب می‌آیند. ریشه‌های زنده یا مرده گیاه، بدن جانداران خاکزی و میکروارگانیسم‌ها گونه‌های متفاوتی از مواد آلی خاک به شمار می‌روند (علمایی، م؛ علاالدین، م. جزوه آزمایشگاه خاک‌شناسی عمومی). در تعریف دیگری ماده آلی همان هوموس نامیده می‌شود؛ که شکلی از برگ‌های پوسیده، گیاهان و سایر مواد زنده تجزیه شده خاک هستند (سایت [Glossary.org](http://Glossary.org). updated: 2014).

**هدایت الکتریکی (EC):**

ظرفیت یک ماده برای هدایت یا انتقال جریان الکتریکی است. در خاک و آب بر حسب زیمنس بر متر (غالبًا دسی زیمنس بر متر) که مرتبط با مواد محلول یونیزه شده است، اندازه‌گیری می‌شود (سایت [Glossary.org](http://Glossary.org). updated: 2014).

**واکنش خاک (pH):**

به منفی لگاریتم فعالیت یون هیدروژن در خاک واکنش خاک اطلاق می‌کنند. درجه واکنش خاک یا قلیائیت خاک توسط الکتروود مناسب یا شاخصی در رطوبت مشخص یا نسبت آب به خاک بیان می‌شود (سایت [Glossary.org](http://Glossary.org). updated: 2014). عوامل موثر در اندازه‌گیری واکنش خاک شامل نسبت خاک به آب در اندازه‌گیری، نوع نمک، الکتروولیت و نیز میزان کربن دی اکسید موجود در محیط و خطاهای ناشی از استاندارد نمودن دستگاه و نیروی پتانسیل اتصال مایع بین الکتروود و کلئیدهای سوسپانسیون خاک است (علمایی، م؛ علاالدین، م، ۱۳۹۰).