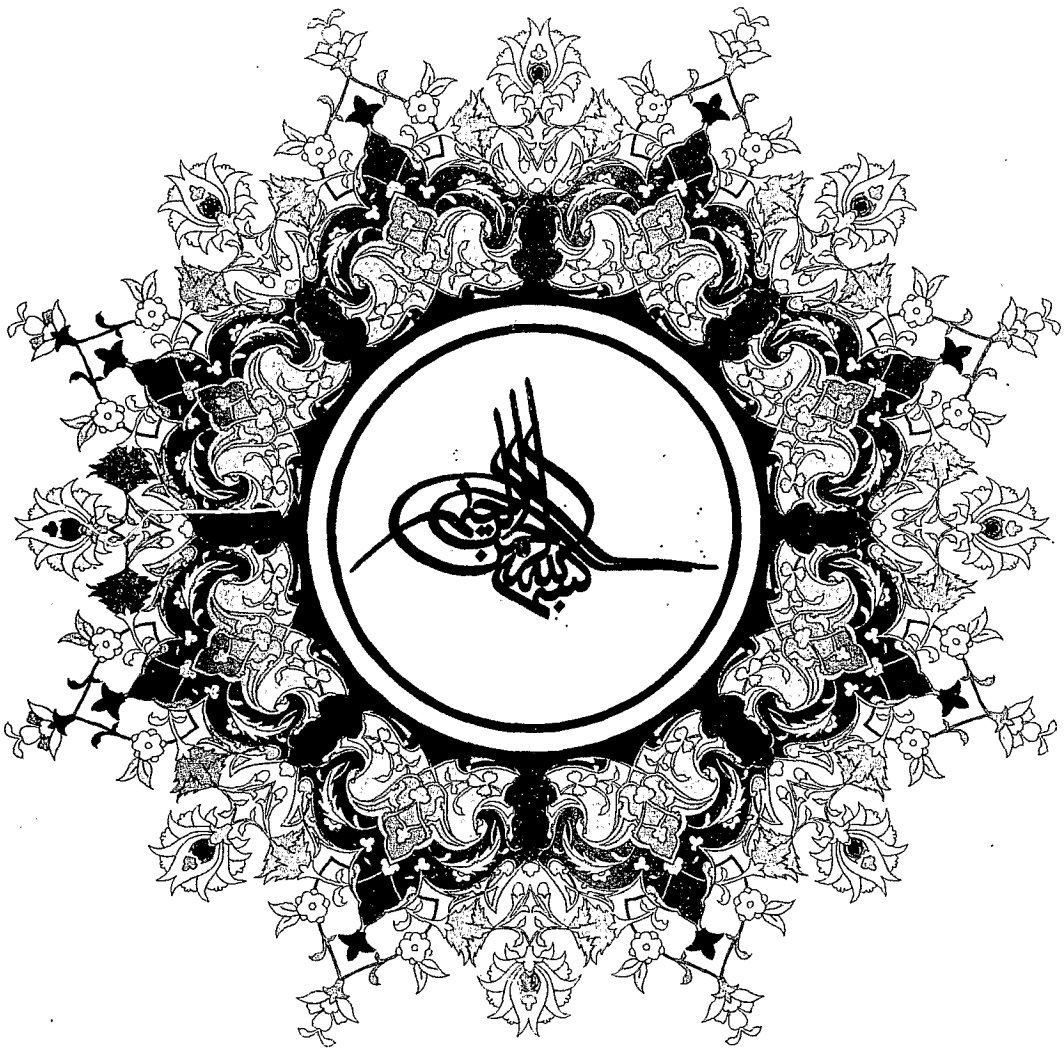

۱۱۸۲۳۱

دانشگاه مازندران
مجتمع علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
دانشکده منابع طبیعی

# مقایسه عملکرد بولدوزر و بیل‌هیدرولیکی در ساخت جاده‌های جنگلی درجه ۲

(مطالعه موردی: سری‌های لت‌تالار، لولت و میانا از جنگل‌های تحت پوشش شرکت صنایع چوب و کاغذ مازندران)

جهت دریافت درجه کارشناسی ارشد
رشته مهندسی منابع طبیعی گرایش جنگلداری

**استاد راهنما :**
دکتر سید عطاالله حسینی

**اساتید مشاور:**
دکتر مجید لطفعلیان
دکتر حمید جلیل‌وند

**پژوهش و نگارش :**
آیدین پارساخو

۱۳۸۸/۳/۱۰
تهیه مدارک

دی ۱۳۸۷

۱۱۸۲۳۱

# تقدیر و سپاسگزاری

درود و سپاس یزدان پاک را که موهبت خودشناسی را به انسان عطا فرمود و نشانه‌های هدایت‌گر خود را همچون چراغی فرا راهش قرار داد تا به حقیقت و معرفت برسد.

از استاد راهنما جناب آقای دکتر سید عطاالله حسینی که در تمامی مراحل انجام این پایان نامه، اینجانب را از راهنمایی‌های ارزنده علمی و معنوی خود محروم ننمودند، صمیمانه تشکر و قدردانی می‌کنم.

از اساتید بزرگوار مشاور جناب آقای دکتر مجید لطفعلیان و جناب آقای دکتر حمید جلیل‌وند به خاطر زحمات و کمک‌های بی دریغ شان در مراحل مختلف انجام این پایان نامه تشکر می‌کنم.

از کارکنان بخش راه‌سازی شرکت صنایع چوب و کاغذ مازندران آقایان مهندس ذلیکانی، مهندس کشیری، مهندس حبیبی و مرحوم مهندس رئیسی کمال تشکر را دارم.

از استاد بزرگوار جناب آقای دکتر محمد رضا پورمجیدیان به خاطر نظرات و راهنمایی‌های ارزنده‌شان در انجام این پایان نامه تشکر می‌کنم.

در پایان سپاس فراوان خود را نسبت به خانواده و تمامی معلمین عزیزم ابراز داشته ودست یکایک آنان را می بوسم.

آیدین پارساخو

تقدیم به

کسانی که در راه سربلندی و سرافرازی

این مرز و بوم، نیک اندیشیده

و نیکو عمل کرده اند

## چکیده

مقایسه عملکرد ماشین‌آلات خاکبرداری در پروژه ساخت جاده‌های جنگلی مستلزم ارزیابی شاخص‌های فنی، اجرایی، اقتصادی و زیست محیطی است. در این پژوهش به منظور بررسی شاخص فنی پروژه، اقدام به برداشت پروفیل طولی و عرضی جاده‌های ساخته شده با بولدوزر و بیل‌هیدرولیکی در جنگل سری لت‌تالار شد. شاخص اجرایی با بررسی نرخ تولید و کارکرد چند منظوره ماشین‌آلات، شاخص اقتصادی با برآورد هزینه تولید و شاخص زیست محیطی با محاسبه سطح برداشت و جابجایی خاک در کلاسه‌های شیب ۳۰-۵۰ و ۵۰-۷۰ درصد سری‌های لولت و میانا (جنگل‌های تحت پوشش شرکت صنایع چوب و کاغذ مازندران) مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد که پروفیل‌های عرضی ساخته شده با بولدوزر، ۸۴/۸۱ درصد با مقادیر استاندارد تطابق داشتند. این رقم برای بیل‌هیدرولیکی ۸۹/۹۶ درصد بدست آمد. تطابق پروفیل طولی مسیر ساخته شده توسط بولدوزر و بیل‌هیدرولیکی با خط پروژه استاندارد به ترتیب ۹۲/۷۳ و ۸۳/۶۷ درصد بود. متوسط مقدار تولید بولدوزر در کلاسه‌های شیب ۳۰-۵۰ و ۵۰-۷۰ درصد به ترتیب ۱۵۰/۴۲ و ۱۶۹/۸۴ متر مکعب در ساعت برآورد شد. همچنین مقدار تولید بیل‌هیدرولیکی در کلاسه‌های شیب ۳۰-۵۰ و ۵۰-۷۰ درصد به ترتیب ۶۶/۵۸ و ۶۸/۷۹ متر مکعب در ساعت بود. هزینه هر متر مکعب عملیات خاکی با بولدوزر و بیل‌هیدرولیکی به ترتیب ۷۸۷ و ۱۵۸۳ ریال بدست آمد. سطح برداشت و جابجایی خاک با بولدوزر در کلاسه شیب ۳۰-۵۰ و ۵۰-۷۰ درصد به ترتیب ۱۰/۶۸ و ۲۰/۸۳ درصد بیشتر از بیل‌هیدرولیکی بود. سرانجام با تحلیل سلسله مراتبی معیارهای فوق در نرم افزار Expert Choice مشخص شد که در کلاسه شیب ۳۰-۵۰ درصد استفاده از بولدوزر برای انجام عملیات خاکی نسبت به بیل‌هیدرولیکی ارجح است، اما در کلاسه شیب ۵۰-۷۰ درصد، وزن نهایی بیل‌هیدرولیکی بر بولدوزر برتری یافت.



**واژه‌های کلیدی:** بولدوزر، بیل‌هیدرولیکی، جاده جنگلی، شاخص ارزیابی عملکرد، کلاسه شیب

## فهرست مطالب

عنوان صفحه


**فصل اول: مقدمه و کلیات ..... ۲۰-۱**

۱-۱- مقدمه ..... ۲

۱-۱-۱- مسئله ..... ۴

۱-۱-۲- فرضیات ..... ۵

۱-۱-۳- اهداف ..... ۵

۱-۲- تعاریف و مفاهیم ..... ۵

۱-۲-۱- جاده جنگلی درجه یک ..... ۵

۱-۲-۲- جاده جنگلی درجه دو ..... ۶

۱-۲-۳- جاده جنگلی درجه سه ..... ۶

۱-۲-۴- مسیر پیش‌بر (تافرو) ..... ۷

۱-۲-۵- ماشین‌آلات خاکبرداری ..... ۷

۱-۲-۵-۱- بیل‌هیدرولیکی ..... ۷

۱-۲-۵-۲- بولدوزر ..... ۸

۱-۲-۶- پروفیل عرضی و مشخصات مربوط به آن ..... ۸

۱-۲-۷- پروفیل طولی و مشخصات مربوط به آن ..... ۱۰

۱-۲-۸- مشخصات فنی استاندارد جاده‌های جنگلی ..... ۱۱

۱-۲-۹- محاسبه حجم عملیات خاکی ..... ۱۲

۱-۲-۹-۱- محاسبه سطوح مقاطع عرضی به روش تحلیلی شطرنجی ..... ۱۲

۱-۲-۹-۲- محاسبه حجم عملیات خاکی در مسیرهای مستقیم ..... ۱۳
۱-۲-۹-۳- محاسبه حجم عملیات خاکی در محل قوس ..... ۱۴
۱-۲-۱۰- روش‌های مختلف عملیات خاکی در زمین‌های معمولی و خرده سنگی ..... ۱۴
۱-۲-۱۱- عوامل مؤثر بر تولید ماشین‌آلات (حجم عملیات خاکی در واحد زمان) ..... ۱۵
۱-۲-۱۲- هزینه ساعتی ماشین‌آلات ساختمانی ..... ۱۶
۱-۲-۱۳- زمان سنجی ..... ۱۶
۱-۲-۱۳-۱- روش مطالعات زمانی زمان پیوسته ..... ۱۶
۱-۲-۱۳-۲- زمان‌های قابل پیش‌بینی در حین انجام کار ..... ۱۷
۱-۲-۱۴- بازده زمانی ..... ۱۹
۱-۲-۱۵- سطح برداشت و جابجایی خاک ..... ۱۹
۱-۲-۱۶- مدیریت امانی و پیمانی ..... ۱۹
۱-۲-۱۷- انتخاب ماشین خاکبرداری به روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP) ..... ۱۹

**فصل دوم: پیشینه تحقیق ..... ۲۱-۳۲**

۲-۱- بررسی پژوهش‌های انجام شده در خارج ..... ۲۲
۲-۲- بررسی پژوهش‌های انجام شده در داخل کشور ..... ۲۹
۲-۳- جمع‌بندی نظرات ارائه شده ..... ۳۲

**فصل سوم: مواد و روش‌ها ..... ۳۳-۶۰**

۳-۱- مواد ..... ۳۴
۳-۱-۱- سری لت‌تالار ..... ۳۴
۳-۱-۱-۱- وضعیت اقلیم و هواشناسی ..... ۳۵

۳-۱-۱-۲- هیدرولوژی ..... ۳۵
۳-۱-۱-۳- مشخصات زمین‌شناسی ..... ۳۵
۳-۱-۱-۴- ژئومورفولوژی ..... ۳۵
۳-۱-۱-۵- مشخصات خاکشناسی ..... ۳۶
۳-۱-۱-۶- راه‌های دسترسی ..... ۳۸
۳-۱-۲- سری لولت ..... ۳۹
۳-۱-۲-۱- وضعیت اقلیم و هواشناسی ..... ۴۰
۳-۱-۲-۲- هیدرولوژی ..... ۴۰
۳-۱-۲-۳- مشخصات زمین‌شناسی ..... ۴۰
۳-۱-۲-۴- ژئومورفولوژی ..... ۴۱
۳-۲-۲-۵- مشخصات خاکشناسی ..... ۴۱
۳-۱-۳- سری میانا ..... ۴۲
۳-۱-۳-۱- وضعیت اقلیم و هواشناسی ..... ۴۳
۳-۱-۳-۲- هیدرولوژی ..... ۴۳
۳-۱-۳-۳- مشخصات زمین‌شناسی ..... ۴۳
۳-۱-۳-۴- ژئومورفولوژی ..... ۴۴
۳-۱-۳-۵- مشخصات خاکشناسی ..... ۴۴
۳-۲- روش انجام پژوهش ..... ۴۵
۳-۲-۱- نمونه‌برداری از خاک ..... ۴۵
۳-۲-۲- مشخصات ماشین‌آلات خاکبرداری و نوع قرارداد پروژه‌ها ..... ۴۷
۳-۲-۳- ارزیابی مشخصات فنی جاده‌های جنگلی ..... ۴۷
۳-۲-۳-۱- جمع‌آوری اطلاعات و برداشت‌های مقدماتی ..... ۴۷

۳-۲-۳-۲- نحوه محاسبه و انتخاب تعداد نمونه پروفیل عرضی ..... ۴۸
۳-۲-۳-۳- برداشت پروفیل عرضی ..... ۵۳
۳-۲-۳-۴- طرح آماری ..... ۵۳
۳-۲-۳-۵- برداشت پروفیل طولی ..... ۵۴
۳-۲-۴- تولید (کارکرد) بولدوزر و بیل‌هیدرولیکی در پروژه عملیات خاکی ..... ۵۵
۳-۲-۴-۱- زمان سنجی عملیات خاکی ..... ۵۵
۳-۲-۴-۲- برداشت پروفیل‌ها و محاسبه احجام خاکبرداری و خاکریزی ..... ۵۶
۳-۲-۵- هزینه تولید بولدوزر و بیل‌هیدرولیکی در پروژه عملیات خاکی ..... ۵۷
۳-۲-۵-۱- محاسبه هزینه ثابت ..... ۵۸
۳-۲-۵-۲- محاسبه هزینه متغیر ..... ۵۹
۳-۲-۵-۳- محاسبه هزینه تولید ..... ۵۹
۳-۲-۶- سطح برداشت و جابجایی خاک در پروژه عملیات خاکی ..... ۶۰
۳-۲-۷- انتخاب ماشین خاکبرداری ..... ۶۰

**فصل چهارم: نتایج ..... ۸۰- ۶۱**

۴-۱- ارزیابی مشخصات فنی جاده‌های جنگلی ..... ۶۲
۴-۱-۱- اثر شیب دامنه و ماشین‌آلات خاکبرداری بر مشخصات فنی پروفیل‌های عرضی ..... ۶۲
۴-۱-۲- مقایسه مشخصات فنی پروفیل‌های عرضی در کلاسه‌های مختلف شیب ..... ۶۳
۴-۱-۳- مقایسه عملکرد بولدوزر و بیل‌هیدرولیکی در ساخت پروفیل عرضی استاندارد ..... ۶۴
۴-۱-۴- مقایسه عملکرد بولدوزر و بیل‌هیدرولیکی در ساخت خط پروژه استاندارد ..... ۶۶
۴-۲- تولید (کارکرد) بولدوزر و بیل‌هیدرولیکی در پروژه عملیات خاکی ..... ۶۸
۴-۲-۱- مشخصات فیزیکی خاک ..... ۶۸

۴-۲-۲- زمان‌سنجی عملیات خاکی ..... ۶۸
۴-۲-۳- مقایسه تولید (حجم و طول عملیات در واحد زمان) بولدوزر و بیل‌هیدرولیکی ..... ۷۰
۴-۳- هزینه تولید بولدوزر و بیل‌هیدرولیکی در پروژه عملیات خاکی ..... ۷۲
۴-۴- سطح برداشت و جابجایی خاک در پروژه عملیات خاکی ..... ۷۳
۴-۵- کارکرد چند منظوره ..... ۷۴
۴-۶- انتخاب ماشین خاکبرداری ..... ۷۵

**فصل پنجم: بحث و نتیجه‌گیری ..... ۹۶-۸۱**

۵-۱- بحث ..... ۸۲
۵-۱-۱- ارزیابی مشخصات فنی جاده‌های جنگلی ..... ۸۲
۵-۱-۱-۱- مقایسه مشخصات فنی پروفیل‌های عرضی در کلاسه‌های مختلف شیب ..... ۸۲
۵-۱-۱-۲- مقایسه عملکرد بولدوزر و بیل‌هیدرولیکی در ساخت پروفیل عرضی استاندارد ..... ۸۴
۵-۱-۱-۳- مقایسه عملکرد بولدوزر و بیل‌هیدرولیکی در ساخت خط پروژه استاندارد ..... ۸۵
۵-۱-۲- تولید (کارکرد) بولدوزر و بیل‌هیدرولیکی در پروژه عملیات خاکی ..... ۸۶
۵-۱-۲-۱- زمان‌سنجی عملیات خاکی ..... ۸۶
۵-۱-۲-۲- مقایسه تولید (حجم و طول عملیات در واحد زمان) بولدوزر و بیل‌هیدرولیکی ..... ۸۷
۵-۱-۳- هزینه تولید بولدوزر و بیل‌هیدرولیکی در پروژه عملیات خاکی ..... ۹۰
۵-۱-۴- سطح برداشت و جابجایی خاک در پروژه عملیات خاکی ..... ۹۱
۵-۲- نتیجه‌گیری ..... ۹۲
۵-۳- پیشنهادات ..... ۹۳

**منابع ..... ۱۰۶-۹۷**

**ضمائم** ..... **۱۱۸-۱۰۷**

چکیده انگلیسی ..... ۱۱۹

## فهرست جداول

**عنوان** **صفحه**


جدول ۱-۱- شیب استاندارد شیروانی‌های خاکبرداری ..... ۱۲

جدول ۱-۲- شیب استاندارد شیروانی‌های خاکریزی ..... ۱۲

جدول ۱-۳- استانداردهای مقاطع طولی و عرضی راه‌های جنگلی ..... ۱۲

جدول ۳-۱- مشخصات فنی ماشین‌آلات ساختمانی به کار رفته در مناطق مورد مطالعه ..... ۴۷

جدول ۳-۲- مشخصات جاده‌های جنگلی مورد مطالعه در سری‌های لت‌تالار، لولت و میانا ..... ۵۱

جدول ۳-۳- ضرایب تبدیل حجم خاک در حالات مختلف آن ..... ۵۷

جدول ۳-۴- مقیاس رتبه‌دهی ..... ۶۰

جدول ۴-۱- اثر ماشین‌آلات خاکبرداری و شیب دامنه بر مشخصات پروفیل‌های عرضی ..... ۶۲

جدول ۴-۲- مقایسه عملکرد بیل‌هیدرولیکی و بولدوزر در کلاسه شیب ۳۰-۴۰ و ۴۰- ۵۰ درصد ... ۶۳

جدول ۴-۳- مقایسه عملکرد بیل‌هیدرولیکی و بولدوزر در کلاسه شیب ۵۰-۶۰ و ۶۰- ۷۰ درصد .... ۶۴

جدول ۴-۴- ضرایب هم‌بستگی پیرسن بین مشخصات پروفیل‌های عرضی ..... ۶۴

جدول ۴-۵- درصد انطباق پروفیل عرضی ساخته شده توسط بیل‌هیدرولیکی با مقادیر استاندارد .. ۶۶

جدول ۴-۶- درصد انطباق پروفیل‌های عرضی ساخته شده توسط بولدوزر با مقادیر استاندارد ..... ۶۶

جدول ۴-۷- عملکرد بولدوزر و بیل‌هیدرولیکی در ساخت محور طولی جاده‌های جنگلی ..... ۶۷

جدول ۴-۸- مشخصات فیزیکی خاک مسیرهای مورد مطالعه ..... ۶۸

جدول ۴-۹- بازده زمانی بولدوزر و بیل‌هیدرولیکی در کلاسه‌های مختلف شیب ..... ۶۹

جدول ۴-۱۰- کارکرد بولدوزر و بیل‌هیدرولیکی در کلاسه‌های مختلف شیب ..... ۷۱

جدول ۴-۱۱- هزینه ساعتی سیستم و بولدوزر چرخ زنجیری کوماتسو $D_{60}$ ..... ۷۲

جدول ۴-۱۲- هزینه ساعتی سیستم و بیل‌هیدرولیکی چرخ زنجیری کوماتسو $PC_{220}$ ..... ۷۳

جدول ۴-۱۳- متوسط عرض برداشت و جابجایی خاک توسط ماشین‌آلات خاکبرداری ..... ۷۴
جدول ۴-۱۴- ماتریس مقایسه زوجی گزینه‌ها برای کلاسه‌های متفاوت شیب ..... ۷۶
جدول ۴-۱۵- ماتریس مقایسه زوجی معیارها برای کلاسه‌های متفاوت شیب ..... ۷۷

## فهرست شکل‌ها

**عنوان** **صفحه**


شکل ۱-۱- بیل‌هیدرولیکی چرخ زنجیری و بولدوزر چرخ زنجیری ..... ۸

شکل ۱-۲- انواع پروفیل‌های عرضی از نظر ارتفاع ..... ۹

شکل ۱-۳- اجزاء یک پروفیل عرضی سه ارتفاعی متعادل ..... ۱۰

شکل ۱-۴- مشخصات پروفیل‌های عرضی جاده‌های جنگلی درجه دو ..... ۱۱

شکل ۱-۵- مراحل روش خاکبرداری جانبی فقط با بولدوزر ..... ۱۴

شکل ۱-۶- زمان‌های مختلف قابل پیش‌بینی در حین اجرای کار ..... ۱۸

شکل ۳-۱- روند جاده‌سازی شرکت صنایع چوب و کاغذ مازندران از سال ۱۳۶۲ تا ۱۳۸۵ ..... ۳۴

شکل ۳-۲- نقشه جاده‌های موجود و پیش‌بینی شده در سری لت‌تالار ..... ۳۹

شکل ۳-۳- روش برداشت نمونه خاک، توزین و خشک نمودن آن در کوره الکتریکی آزمایشگاه ..... ۴۷

شکل ۳-۴- موقعیت مناطق مورد مطالعه ..... ۵۰

شکل ۳-۵- وضعیت نیمرخ طولی و خط پروژه مسیر احداث شده توسط بولدوزر ..... ۵۲

شکل ۳-۶- وضعیت نیمرخ طولی و خط پروژه مسیر احداث شده توسط بیل‌هیدرولیکی ..... ۵۲

شکل ۳-۷- برداشت مشخصات پروفیل‌های عرضی به کمک متر فلزی، شیب سنج و شاخص ..... ۵۳

شکل ۳-۸- برداشت پروفیل طولی جاده به روش ترازیابی با دوربین نیو و شاخص ۶ متری ..... ۵۵

شکل ۳-۹- زمان‌سنجی عملیات خاکی با کرنومتر ..... ۵۶

شکل ۴-۱- مقایسه عرض بستر مسیرهای احداث شده با مقادیر استاندارد ..... ۶۵

شکل ۴-۲- مقایسه مشخصات پروفیل‌های عرضی برداشت شده با مقادیر استاندارد ..... ۶۵

شکل ۴-۳- نقشه پروفیل طولی مسیر احداث شده توسط بولدوزر ..... ۶۷

شکل ۴-۴- نقشه پروفیل طولی مسیر احداث شده توسط بیل‌هیدرولیکی ..... ۶۷

شکل ۴-۵- مقایسه عدد پروژه محور طولی مسیرهای احداث شده توسط بولدوزر و بیل‌هیدرولیکی با مقدار استاندارد ..... ۶۸
شکل ۴-۶- اجزای کار مفید روزانه با بولدوزر کوماتسو $D_{60}$ در سری لولت ..... ۶۹
شکل ۴-۷- اجزای کار غیر مفید روزانه با بولدوزر کوماتسو $D_{60}$ در سری لولت ..... ۶۹
شکل ۴-۸- اجزای کار مفید روزانه با بیل‌هیدرولیکی کوماتسو $PC_{220}$ در سری میانا ..... ۷۰
شکل ۴-۹- اجزای کار غیرمفید روزانه با بیل‌هیدرولیکی کوماتسو $PC_{220}$ در سری میانا ..... ۷۰
شکل ۴-۱۰- مقایسه کارکرد بیل‌هیدرولیکی و بولدوزر در کلاسه‌های مختلف شیب ..... ۷۱
شکل ۴-۱۱- مقایسه سطح برداشت و جابجایی خاک در کلاسه‌های مختلف شیب ..... ۷۴
شکل ۴-۱۲- سلسله مراتبی انتخاب ماشین خاکبرداری ..... ۷۵
شکل ۴-۱۳- وزن گزینه‌ها نسبت به معیارها در کلاسه‌های شیب ۳۰-۵۰ و ۵۰-۷۰ درصد ..... ۷۷
شکل ۴-۱۴- وزن معیارها نسبت به هدف در کلاسه‌های متفاوت شیب ..... ۷۸
شکل ۴-۱۵- وزن نهایی گزینه‌ها با استفاده از حالت Ideal در کلاسه‌های متفاوت شیب ..... ۷۹
شکل ۴-۱۶- روش تحلیل حساسیت بر اساس کارایی برای کلاسه شیب ۳۰-۵۰ درصد ..... ۷۹
شکل ۴-۱۷- روش تحلیل حساسیت بر اساس کارایی برای کلاسه شیب ۵۰-۷۰ درصد ..... ۸۰
شکل ۵-۱- تداخل عملیات خاکی با تراکتورهای حامل چوب و ماشین‌آلات چوبکشی (HSM) ..... ۹۴
شکل ۵-۲- کابین بیل‌هیدرولیکی و بولدوزر، کابین ایده‌آل، لزوم نصب حفاظ نرده‌ای ..... ۹۵
شکل ۵-۳- نصب تجهیزات به ماشین‌آلات خاکبرداری جهت ارتقاء توان عملیاتی و بازدهی آنها .... ۹۶
شکل ۵-۴- سرویس ماشین‌آلات ..... ۹۶

## فهرست جدول‌های ضمیمه

**عنوان** **صفحه**


جدول ضمیمه ۱- جدول صحرایی ثبت پروفیل طولی جاده خاکبرداری شده با بولدوزر ..... ۱۰۹

جدول ضمیمه ۲- جدول صحرایی ثبت پروفیل طولی جاده خاکبرداری شده با بیل‌هیدرولیکی ... ۱۱۰

جدول ضمیمه ۳- نحوه محاسبه احجام خاکبرداری و خاکریزی پروفیل‌های عرضی ..... ۱۱۲

جدول ضمیمه ۴- حجم عملیات (مترمکعب در ساعت) بولدوزر چرخ زنجیری در شرایط عادی ... ۱۱۳

جدول ضمیمه ۵- هزینه ساعتی روغن، گریس و فیلتر بولدوزر کوماتسو $D_{60}$ در منطقه ..... ۱۱۳

جدول ضمیمه ۶- هزینه ساعتی قطعات تحت فرسایش بولدوزر کوماتسو $D_{60}$ در منطقه ..... ۱۱۳

جدول ضمیمه ۷- هزینه ساعتی روغن، گریس و فیلتر بیل‌هیدرولیکی کوماتسو $PC_{220}$ ..... ۱۱۴

جدول ضمیمه ۸- هزینه ساعتی قطعات تحت فرسایش بیل‌هیدرولیکی کوماتسو $PC_{220}$ ..... ۱۱۴

جدول ضمیمه ۹- فرم پیشنهادی F.A.O ضریب تعمیر، عمر کاری و مدلی ماشین‌آلات ..... ۱۱۴

## فهرست شکل‌های ضمیمه

**عنوان** **صفحه**


شکل ضمیمه ۱- نقشه‌های خاکشناسی و زمین‌شناسی سری لولت ..... ۱۰۸

شکل ضمیمه ۲- نقشه‌های خاکشناسی و زمین‌شناسی سری لت‌تالار ..... ۱۰۸

شکل ضمیمه ۳- نقشه‌های خاکشناسی و زمین‌شناسی سری میانا ..... ۱۰۸

شکل ضمیمه ۴- ساختن سلسله مراتبی ..... ۱۱۵

شکل ضمیمه ۵- مقایسه به روش ارجحیت عددی ..... ۱۱۵

شکل ضمیمه ۶- ماتریس مقایسه زوجی گزینه‌ها ..... ۱۱۶

شکل ضمیمه ۷- ماتریس مقایسه زوجی معیارها ..... ۱۱۶

شکل ضمیمه ۸- وزن معیارها نسبت به هدف ..... ۱۱۷

شکل ضمیمه ۹- وزن نهایی گزینه‌ها ..... ۱۱۷

شکل ضمیمه ۱۰- نحوه محاسبه عرض عملیات خاکی از منظر فضایی ..... ۱۱۸

# فصل اول

# مقدمه و کلیات

## ۱-۱- مقدمه

جاده مهمترین منبع تولید رسوب در عرصه‌های جنگلی محسوب می‌شود (کچسن[1] و همکاران، ۱۹۹۹). برداشت و جابجایی خاک طی عملیات خاکبرداری با ماشین‌آلات راه‌سازی موجب از میان رفتن قشر آلی، پویا و حاصلخیز خاک و میکرو ارگانیزم‌های موجود در آن شده و بدین ترتیب خاک در معرض عوامل فرساینده قرار می‌گیرد. مسلماً هرچه سطح برداشت و جابجایی خاک و یا حجم عملیات خاکی[2] بیشتر باشد، نرخ وقوع فرسایش و آسیب‌های وارده به اجزای آلی و غیرآلی خاک بسته به تیپ، بافت و ساختمان خاک بیشتر خواهد بود و حتی ممکن است دامنه صدمات و آلودگی‌ها تا اکوسیستم رودخانه پایین دست جاده نیز گسترش یابد (رید و دان[3]، ۱۹۸۴؛ آرتور[4] و همکاران، ۱۹۹۸). گستردگی این صدمات، نتیجه نادیده گرفتن جوانب زیست محیطی از سوی کارفرما و مجری، پایین بودن کیفیت نظارت بر اجرای پروژه، زمان نامناسب انجام عملیات، تجربه و مهارت کم راننده و عدم تناسب مدل، اندازه و وزن ماشین‌آلات به کار گرفته شده با شرایط رویشگاه می‌باشد (سلیمان نژاد، ۱۳۸۴). لذا در سال‌های اخیر بحث ساخت جاده‌های جنگلی، ارزیابی و مقایسه عملکرد ماشین‌آلات خاکبرداری و نهایتاً انتخاب بهینه آنها به دلیل نگرانی‌های عمومی از سرنوشت محیط زیست جنگل به مباحثه‌ای جدال آمیز در کشورهایی چون ترکیه و ایران بدل شده است.

مقایسه عملکرد ماشین‌آلات از جنبه‌های فنی، اقتصادی، اجرایی و زیست‌محیطی و ارزیابی عملکرد آنها بر اساس استانداردهای فنی در تمامی مراحل طراحی، بهره‌برداری و نگهداری جاده‌های جنگلی به عنوان یک اصل در مدیریت پروژه و انتخاب بهینه ماشین‌آلات در عرصه‌های جنگلی محسوب می‌شود (بی نام، ۱۳۸۳). این فرآیند با رویکرد کاهش هزینه، کاهش صدمات زیست‌محیطی (گاردنر[5]، ۱۹۹۷)، ارتقاء دوام، کیفیت و امنیت جاده (عسکری، ۱۳۷۴؛ فتحی، ۱۳۷۶)، اصلاح پایداری خاک و جریانات هیدرولوژیکی (ابیلی[6] و همکاران، ۲۰۰۰) همراه است.

1- Ketcheson 2- Earthwork volume 3- Reid and Dunne 4- Arthur 5- Gardner 6-Abeli

با پایان یافتن جنگ جهانی دوم، نوسازی اقتصادی به شعار اصلی همه دستگاه‌های سیاسی و مردمی اروپا تبدیل شد. آنها برای نیل به این هدف، بهره‌برداری از منابع طبیعی کشورشان خصوصاً جنگل‌ها را در اولویت قرار دادند. بدین ترتیب چوب به عنوان یک محصول پایه در پیشبرد برنامه‌های اقتصادی و اجتماعی دولت‌ها مورد توجه قرار گرفت. اما مشکل عمده، عدم امکان دسترسی به منابع جنگلی بود و این موضوع بهره‌برداران را ملزم به ساخت جاده‌های جنگلی نمود. نخستین بار عملیات خاکی پروژه‌های جاده‌سازی توسط نیروی انسانی انجام شد. کیفیت فنی جاده‌ها و راندمان کاری در این روش بسیار پایین بود (هر مرد ۲ تا ۴ مترمکعب در روز) و هزینه سنگینی را جهت سازماندهی و تشکیل کارگروه‌ها متوجه مجریان ساخت. از سال ۱۹۶۰ با مکانیزه شدن امور، تغییرات شگرفی در عملیات جاده‌سازی در عرصه‌های جنگلی به وجود آمد و ماشین‌آلات ساختمانی ابتدایی و به تدریج بولدوزرها[۷]، بیل‌های هیدرولیکی[۸]، لودرها و ... پای به عرصه نهادند (آسمرندی و کیزن[۹]، ۱۹۹۶).

بیل‌هیدرولیکی توانایی احداث ابنیه فنی، حفاری، لایروبی، ریشه‌کنی کنده‌ها، ریزش‌برداری، خرد کردن صخره‌ها و سنگ‌ها به کمک چکش هیدرولیک را دارا می‌باشد (نیجی[۱۰]، ۱۹۷۸، فیلیپسن و اریکسون[۱۱]، ۱۹۸۹). ناکارآمدی بولدوزرهای سبک $D_6$ و $D_7$ در زمین‌های باتلاقی، سنگی، صعب‌العبور، پرشیب و مملو از کنده‌های قطور و همچنین وارد آمدن آسیب به توده، خاک و زادآوری در نتیجه بکارگیری بولدوزرهای سنگین $D_8$ موجب شده است تا در این قبیل مناطق از بیل‌هیدرولیکی برای انجام عملیات خاکی استفاده شود (پارساخو و همکاران، ۱۳۸۶). لذا با توجه به کاربرد فراوانی که ماشین‌آلات خاکبرداری بیل‌هیدرولیکی و بولدوزر در عرصه‌های جنگلی شمال ایران دارند، مقایسه عملکرد این دو دستگاه از نظر میزان سطح خاک برداشت شده و جابجا شده به عنوان شاخص زیست محیطی، کیفیت فنی پروژه به اجرا درآمده به عنوان شاخص فنی، راندمان کاری (حجم عملیات خاکی در واحد زمان)، بازده زمانی و کارکرد چند منظوره به عنوان شاخص اجرایی و

---

7- Bulldozer 8- Hydrulic Excavator 9- Asmarandei and Cazan 10- Nagy 11- Filipsson and Eriksson