

جمهوری اسلامی ایران

معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رییس جمهور

راهنمای طرح، اجرا و بهره‌برداری

راه‌های جنگلی

نشریه شماره ۱۳۱

(تجدید نظر اول)

معاونت نظارت راهبردی

امور نظام فنی

nezamfanni.ir

۱۳۹۰



بسمه تعالی

ریاست جمهوری
معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رییس جمهور

شماره:	۲۰/۵۶۵۳
تاریخ:	۱۳۹۱/۱/۲۹

بخشنامه به دستگاه‌های اجرایی، مهندسان مشاور و پیمانکاران

موضوع: راهنمای طرح، اجرا و بهره‌برداری راه‌های جنگلی

به استناد ماده (۲۳) قانون برنامه و بودجه و ماده (۶) آیین‌نامه استانداردهای اجرایی طرح‌های عمرانی مصوب سال ۱۳۵۲ و در چارچوب نظام فنی و اجرایی کشور (موضوع تصویب‌نامه شماره ۴۲۳۳۹/ت ۳۳۴۹۷ هـ، مورخ ۱۳۸۵/۴/۲۰ هیأت محترم وزیران)، به پیوست نشریه شماره ۱۳۱ (تجدید نظر اول) امور نظام فنی، با عنوان «راهنمای طرح، اجرا و بهره‌برداری راه‌های جنگلی» از نوع گروه دوم ابلاغ می‌شود.

رعایت مفاد این ضابطه برای دستگاه‌های اجرایی، مشاوران، پیمانکاران و سایر عوامل ذی‌نفع نظام فنی و اجرایی، از تاریخ ۱۳۹۱/۴/۱ اجباری است.

این دستورالعمل جایگزین دستورالعمل شماره ۴۴۳۷-۱۳۲۱/۵۶-۱۰۲ مورخ ۱۳۷۳/۴/۷ می‌شود.

محمد مهدی رحمتی
معاون نظارت راهبردی

اصلاح مدارک فنی

خواننده گرامی

امور نظام فنی معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رییس جمهور، با استفاده از نظر کارشناسان برجسته مبادرت به تهیه‌ی این نشریه کرده و آن را برای استفاده به جامعه‌ی مهندسی کشور عرضه نموده است. با وجود تلاش فراوان، این اثر مصون از ایرادهایی نظیر غلط‌های مفهومی، فنی، ابهام، ابهام و اشکالات موضوعی نیست.

از این‌رو، از شما خواننده‌ی گرامی صمیمانه تقاضا دارد در صورت مشاهده‌ی هرگونه ایراد و اشکال فنی مراتب را به صورت زیر گزارش فرمایید:

۱- شماره‌ی بند و صفحه‌ی موضوع مورد نظر را مشخص کنید.

۲- ایراد مورد نظر را به صورت خلاصه بیان دارید.

۳- در صورت امکان متن اصلاح شده را برای جایگزینی ارسال نمایید.

۴- نشانی خود را برای تماس احتمالی ذکر فرمایید.

کارشناسان این امور نظرهای دریافتی را به دقت مطالعه نموده و اقدام مقتضی را معمول خواهند داشت. پیشاپیش از همکاری و دقت نظر جنابعالی قدردانی می‌شود.

نشانی برای مکاتبه: تهران، میدان بهارستان، خیابان صفی علی‌شاه - مرکز تلفن ۳۳۲۷۱ معاونت برنامه‌ریزی و

نظارت راهبردی رییس جمهور، امور نظام فنی

Email: info@nezamfanni.ir

web: nezamfanni.ir

بسمه تعالی

بهره‌برداری اصولی از جنگل مستلزم بکارگیری علوم تخصصی جنگل، برنامه‌ریزی دقیق و همچنین ایجاد امکان برداشت چوب از تمام سطح جنگل، هماهنگ با رویش سالانه در واحد سطح می‌باشد، به نحوی که نه تنها موجودیت جنگل، بلکه کمیت و کیفیت و بقای آن نیز تأمین گردد.

برای دستیابی به چنین حالت بهینه‌ای، ایجاد شبکه‌ای از جاده‌های جنگلی با تراکم کافی برای افتتاح جنگل و دسترسی به تمام نقاط و سطح آن لازم و ضروری است.

دفتر تحقیقات و معیارهای فنی سازمان برنامه و بودجه که طبق ماده ۲۳ قانون برنامه و بودجه مسئولیت تهیه دستورالعمل و مشخصات فنی و نقشه تیپ اجرائی برای طرحهای عمرانی کشور را عهده‌دار است باتوجه به ضرورت تهیه ضوابط و مشخصات فنی مورد نیاز راههای جنگلی نسبت به تدوین "راهنمای طرح، اجرا و بهره‌برداری راههای جنگلی" اقدام نمود.

از اعضای هیئت علمی دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران، آقای دکتر نصرت‌اله ساریخانی فصول "معیارهای فنی طراحی راههای جنگلی و به علاوه نگهداری و زه‌کشی آن" و آقای دکتر باریس مجنونیان "مشخصات فنی ساختمانی راهها، بازسازی راههای مستهلک شده و تثبیت دیواره‌ها" را تهیه نموده‌اند.

از دفتر تحقیقات و معیارهای فنی سازمان برنامه و بودجه آقای مهندس علیرضا دولتشاهی به عنوان کارشناس مسئول، وظیفه جمع‌بندی و تنظیم و تطبیق مطالب و آقای علی اصغر طیبی‌زاده کار ترسیم اولیه شکلها را، عهده‌دار بوده‌اند.

آقای مهندس سید اکبر هاشمی مدیر کل دفتر تحقیقات و معیارهای فنی با اظهار نظرهای سازنده خود، به این نشریه غنای خاص بخشیده‌اند و آقایان مهندس امیدوار و مهندس دبیری کار نقد و بررسی نشریه را به عهده داشته و شرکت سیگماسیستم کار حروف‌چینی، صفحه‌بندی، تهیه جداول و اشکال را بصورت کامپیوتری انجام داده‌اند.

دفتر تحقیقات و معیارهای فنی به این وسیله از زحمات تمامی دست‌اندرکاران تشکر و قدردانی نموده و توفیق روز افزون آنان را در ارتقای سطح دانش فنی کشور آرزو مینماید و انتظار دارد متخصصین محترم، سازمانهای ذیربط دولتی و نیز کارشناسان مطلع، این دفتر را از نظریات سازنده خود آگاه نمایند.

دفتر تحقیقات و معیارهای فنی

تابستان ۷۳

پیشگفتار دوم

جنگل موهبتی الهی است که موجودیت آن نقش‌های پر اهمیتی در محیط‌زیست انسان بازی می‌کند، از اهم نقش‌های جنگل در اکوسیستم می‌توان به این موارد اشاره کرد: تنظیم جریان آب‌ها، حفاظت از خاک، حفاظت در مقابل بهمن و سیلاب‌های خانمان برانداز، حفاظت در مقابل باد، حفاظت از حیات‌وحش، تلطیف هوا، تفریح و تفرج، شکل دادن و تنوع بخشیدن به زیبایی‌های طبیعت و بالاخره تولید چوب و مواد سلولزی که به‌عنوان ماده اولیه مورد مصرف صنایع بی‌شماری می‌باشد.

از این رو بهره‌برداری انسان از جنگل چند جانبه و مضاعف بوده و شامل استفاده‌های مادی، حفاظتی و فرهنگی می‌شود. هریک از نقش‌های یاد شده بسته به شرایط منطقه و قدرت رویشگاه جنگلی می‌توانند اهمیت بیشتری پیدا کرده و مورد توجه قرار گیرند. به هر حال نقش‌های غیر تولیدی جنگل را که به‌طور مستقیم یا غیرمستقیم مورد استفاده عموم قرار می‌گیرند، نباید کم اهمیت انگاشته و تحت‌الشعاع نقش تولیدی آن قرار داد.

عدم دسترسی به سطح جنگل در اثر کمبود و یا فقدان یک شبکه کافی از جاده‌های جنگلی از دلایل اصلی عدم گسترش طرح‌های جنگل‌داری به تمام سطح جنگل‌های شمال است. علاوه بر آن کمبود جاده در جنگل‌های شمال باعث شده است تا از ۱/۵ میلیون متر مکعب چوب برداشت شده در طرح‌های جنگل‌داری فعال کشور، قسمت اعظم آن به‌صورت چوب‌های تبدیل شده به الوار و تراورس از جنگل خارج شود، که این خود کاهش ارزش افزوده، بالا رفتن ضایعات و حیف و میل چوب‌های با ارزش را در پی دارد. البته خوشبختانه نسبت میزان چوب‌آلات تبدیل شده به تدریج کاهش یافته، بطوریکه امروزه تنها ۶٪ چوب‌آلات استحصال شده در جنگل‌های شمال چوب‌های تبدیلی و بقیه به صورت گرده بینه می‌باشند.

بنابراین برای بهره‌برداری اصولی از جنگل‌ها و اجرای طرح‌های جنگل‌داری علمی، به طوری که:

الف: تولید مستمر و دائم را در جنگل تضمین نماید.

ب: ارزش افزوده تولیدات را به حداکثر رساند.

پ: از حیف و میل محصولات جلوگیری نماید.

ت: حفاظت موثر از جنگل را ممکن سازد،

وجود یک شبکه مناسب راه لازم بوده و اساسی‌ترین رکن جنگل‌داری علمی است.

امور نظام فنی با توجه به اهمیت سرمایه‌گذاری اصولی در این بخش از اقتصاد کشور در سال ۱۳۷۱ نسبت به تهیه دستورالعمل طرح و اجرا راه‌های جنگلی اقدام نمود.

تغییرات بوجود آمده و استقبال مهندسين و دانشجویان فعال در این رشته و نظرهای سازنده کارشناسان و تحولات حادث شده از نظر روش‌های اجرا و علمی باعث شد که تجدید نظر نشریه فوق با توجه به وظایف قانونی محول شده طبق ماده ۲۳ قانون برنامه و بودجه و نظام فنی اجرایی کشور (مصوب شماره ۴۲۳۳۹/ت/۳۳۴۹۷ هـ - مورخ ۱۳۸۵/۴/۲۰ هیات محترم وزیران) در دستور کار امور نظام فنی قرار گیرد.

تجدید نظر نشریه فوق حول سه محور اساسی بوده است:

- تطبیق روش اجرا راه‌های جنگلی با نظام فنی اجرایی کشور ابلاغی سال ۱۳۸۵

- توضیح و اضافه نمودن واژگان مرتبط با فعالیتهای تهیه طرحهای جنگلی و راه سازی در جنگل

- اعمال اصلاحات در متن و اضافه نمودن فصل روشهای طراحی و ارزیابی شبکه راههای جنگلی

بدین وسیله معاونت نظارت راهبردی از تلاش و جدیت تمامی کارشناسان و متخصصان همکار که در امر تجدیدنظر و نهایی نمودن این نشریه همکاری داشته اند، تشکر و قدردانی می نماید و از ایزد منان توفیق روزافزون آنان را آرزومند می باشد. امید است متخصصان و کارشناسان با ابراز نظرهای خود در خصوص این نشریه ما را در اصلاحات بعدی یاری فرمایند.

معاون نظارت راهبردی

پاییز ۱۳۹۰

تهیه و کنترل

تهیه کننده:

دکتر باریس مجنونیان استاد و عضو هیات علمی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

تطبیق با نظام فنی اجرایی کشور:

مهندس علیرضا دولتشاهی معاون امور نظام فنی اجرایی معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رییس جمهور

باز خوانی و اعمال اصلاحات طبق دستور العمل دفتر نظام فنی اجرایی:

خانم مهندس ساناز سرافراز کارشناس دفتر نظام فنی اجرایی

خانم مهندس آوازه دولتشاهی کارشناس آزاد

بررسی و تصویب:

مهندس علیرضا دولتشاهی معاون دفتر نظام فنی اجرایی معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رییس جمهور

مهندس عقیقی مدیر کل دفتر طرح‌ریزی و هماهنگی معاونت آبخیزداری سازمان جنگل‌ها، مراتع

و آبخیزداری کشور

تعاریف: مراحل تکامل مطالعات طرح

مراحل مطالعات طرح‌های تفصیلی - اجرایی جنگل شامل مطالعات جامع حوزه آبخیز

مطالعات برنامه‌ریزی جنگل، مطالعات طرح‌های تفصیلی-اجرایی جنگلداری جنگل‌های شمال کشور، مرحله اجرا است که باید به ترتیب انجام شود. مطالعات جامع حوزه آبخیز در مطالعات شناسایی حوزه‌های آبخیز کشور با مقیاس ۱/۲۵۰۰۰۰ انجام شده است و مطالعات توجیهی آبخیزداری با مقیاس ۱/۵۰۰۰۰ برای اکثر حوزه‌های کشور انجام شده است دستگاه اجرایی می‌تواند در صورت نیاز، برای جلوگیری از دوباره کاری به آنها مراجعه نماید.

در شروع مطالعات مرحله‌ای از طرح که مطالعه مرحله پیش از آن انجام شده و نتایج آن به تصویب رسیده است، مطالعات طرح باید در چارچوب گزارش مصوب مرحله پیشین آن انجام شود، از این رو مشاور و یا مجری باید گزارش مصوب مرحله پیش را مطالعه نموده تا بتواند ادامه مطالعات طرح را بر مبنای آن انجام دهد و در صورتی که نظری برای تکمیل، اصلاح و یا بهنگام نمودن آن دارد به دستگاه اجرایی اعلام کند و براساس تصمیم دستگاه اجرایی اقدام نماید. هر گاه به دلایل زیر:

- مطالعات مرحله پیش، با شرح خدماتی متفاوت با شرح خدمات تعیین شده در این مجموعه انجام شده باشد.
- مطالعات مرحله پیش، توسط مشاور دیگری انجام شده باشد.
- از اتمام مطالعات مرحله پیش، زمان قابل توجهی گذشته باشد و یا به هر دلیل موجه دیگر، دستگاه اجرایی بخواهد که مشاور و یا مجری، مطالعات مرحله پیش را مورد بازبینی، اصلاح، تکمیل و در نهایت تایید قرار دهد، باید لزوم انجام این خدمات را در شرح خدمات قرارداد تصریح نماید تا مشاور و یا مجری با مطالعه گزارش مرحله پیشین، خدمات مورد نیاز را برآورد کرده و هزینه‌ی مربوط به آن را در حق‌الزحمه پیشنهادی خود منظور نماید.
- مطالعات طراحی احداث راه پس از پایان مطالعات برنامه‌ریزی جنگل و پذیرش طرح و انتخاب یک کRIDOR برای ادامه مطالعات و طراحی راه جنگلی به عنوان کRIDOR مصوب و در راستای هدف تعیین شده در مطالعات برنامه‌ریزی جنگل انجام می‌شود.
- در این مطالعات، با جمع‌آوری اطلاعات لازم و انجام بازدیدهای محلی و مطالعات دفتری، کلیات طرح و اجزای آن تعیین و گزینه‌های مسیر در کRIDOR مصوب مشخص می‌گردد و با مقایسه این گزینه‌ها بر پایه فنی و اقتصادی، گزینه‌ی بهینه مسیر انتخاب و نسبت به اجرای آن تصمیم‌گیری می‌شود، از این رو، مطالعات طراحی تفصیلی طرح باید دارای دقت کافی برای تصمیم به اجرا یا عدم اجرای طرح و تعیین جذابیت آن برای سرمایه‌گذاری و اجرا باشد و تمام اجزای طرح را توصیف نموده و برآورد هزینه‌ها و زمانبندی آن، دقت کافی برای تنظیم موافقتنامه اجرایی طرح را داشته باشد.
- در هر مرحله از مطالعات طرح، برای تصمیم‌گیری در مورد طرح باید گزینه‌های طرح با گزینه «هیچ کاری انجام ندادن» یا ادامه وضع موجود که گزینه پایه نامیده می‌شود، مقایسه گردد.

- در مطالعات طراحی تفصیلی طرح، جزییات فنی و مهندسی اجرای زیرسازی و روسازی و سایر ارکان طرح تهیه و اسناد مناقصه آماده می‌گردد به گونه‌ای که تغییرات احتمالی افزایش و یا کاهش مقادیر کار و برآورد هزینه‌ها به حداکثر ۱۰ درصد در هنگام عملیات ساخت محدود شود.
- ضوابط مندرج در دستورالعمل برای مطالعات بهره‌برداری و جاده‌سازی در مطالعات برنامه‌ریزی جنگل و طرح‌های تفصیلی اجرایی جنگل‌های شمال کشور می‌باشد.
- شرح خدمات مطالعات برنامه‌ریزی و طرح‌های تفصیلی- اجرایی جنگل‌های شمال کشور در نشریه شماره ۳۰۵ معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی طی بخشنامه شماره ۱۰۱/۵۷۰۴۵ مورخ ۱۳۸۴/۴/۴ ابلاغ گردیده است.
- دستورالعمل تهیه پروژه راه‌های جنگلی شمال کشور در نشریه شماره ۱۴۸ معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی طی بخشنامه شماره ۱۰۲/۵۷۶۷-۵۴/۴۸۵۸ مورخ ۱۳۷۸/۹/۱۴ ابلاغ گردیده است.

۷ الزامات کلی

با وجود این که سعی شده است دستورالعمل حاضر جامع باشد و مواردی که به نحوی بر دقت مطالعات تاثیرگذار هستند، در آن در نظر گرفته شده است، دستگاه اجرایی باید دستورالعمل حاضر را با نیازهای طرح مورد نظر تطبیق دهند و در صورتی که خدمات تکمیلی، تفصیل نمودن برخی از خدمات را در لازم بدانند، با نظر هیات متشکل از کارشناسان ارشد دستگاه اجرایی آنها را، اعمال نمایند، مشاوران نیز باید پیش از ارایه پیشنهاد، شرح خدمات دریافتی از سوی دستگاه اجرایی را بررسی نموده و اگر نظری برای تکمیل آن دارند در مهلت‌های تعیین شده به دستگاه اجرایی اعلام کنند و در صورتی که در حین انجام خدمات نیز تغییراتی را در شرح خدمات در جهت حصول نتایج بهتر و دقیق‌تر ضروری تشخیص می‌دهند، به دستگاه اجرایی پیشنهاد نموده و طبق نظر دستگاه اجرایی اقدام کنند. در هر صورت، شرح خدمات ناقص نمی‌تواند توجیه کننده مطالعات ناقص طرح باشد.

در هر مقطعی از مطالعات در صورتی که برای مشاور عدم توجیه اجرای طرح محرز گردد، باید مراتب را به صورت مستند به کارفرما اعلام نماید در این حالت، ادامه مطالعات، منوط به ابلاغ دستگاه اجرایی خواهد بود.

با توجه به این که وسعت حوزه نفوذ راه‌های جنگلی در میزان مطالعات و هزینه آن تاثیر دارد، دستگاه اجرایی باید، حوزه‌ی نفوذ راه را تعیین نماید. هر گاه مطالعاتی خارج از حوزه‌ی نفوذ لازم باشد، باید به صورت مشخص در شرح خدمات پیش‌بینی گردد.

در این شرح خدمات و دستورالعمل، موارد زیر در نظر گرفته نشده است و برحسب نیاز طرح مورد نظر باید به شرح خدمات اضافه گردد:

مطالعات ریسک.

مطالعات ایمنی.

با وجود این که عمر واقعی طرح بیش از ده سال است ولی مطالعات برنامه‌ریزی و تفصیلی جنگل در دوره‌ی ده ساله بهره‌برداری در نظر گرفته می‌شود.

در طراحی محور راه، باید از آخرین آیین نامه‌ها و نشریات و ابلاغیه‌های سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور و وزارت راه و ترابری استفاده شود. استفاده از آیین نامه‌های معتبر دیگر کشورها با تایید کارفرما مجاز است.

مشاور و یا مجری باید نهایت سعی و کوشش خود را برای کامل بودن مطالعات طرح انجام دهد و به این منظور موارد زیر باید با دقت مورد کنترل قرار گیرد:

استفاده از آخرین آمارها و اطلاعات معتبر و در دسترس در بخش‌های مختلف مطالعات. هماهنگی طرح با مستحدثات و طرح‌های در دست اقدام در منطقه و هماهنگی با دیگر مشاوران یا پیمانکاران معرفی شده از سوی کارفرما.

توجه به ویژگی‌ها، شرایط محیطی منطقه و محدودیت‌های زیست‌محیطی در مسیر طرح. مشاور و یا مجری موظف به پیگیری مستمر کار برای کسب اطلاعات لازم، ارایه بموقع گزارش‌ها، پیگیری کار در واحدهای اداری و دفاع از گزارش در مراجع ذیربط از جمله سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور و سازمان حفاظت محیط زیست و انجام اصلاحات مورد نظر آن سازمان‌ها با هماهنگی دستگاه اجرایی است.

در صورتی که دستگاه اجرایی در نظر دارد طرح را به صورت طرح و ساخت اجرا نماید، باید تصمیم خود را در این زمینه از پیش به مشاور اعلام نماید تا مشاور بتواند اسناد مناقصه طرح را بر این اساس تهیه و هزینه تهیه اسناد مناقصه به روش طرح و ساخت را در پیشنهاد حق الزحمه خود منظور نماید.

فهرست مطالب

صفحه

عنوان

۱	فصل ۱- هدف و دامنه کاربرد
۱-۱-۱	۱-۱-۱- مقدمه
۵	۲-۱- نکات ویژه مربوط به راه‌های جنگلی
۵	۱-۲-۱- نکات فنی
۵	۲-۲-۱- نکات اقتصادی
۶	۳-۲-۱- نکات مربوط به نحوه مدیریت جنگل
۶	۴-۲-۱- نکات زیست محیطی
۶	۳-۱- طبقه‌بندی راه‌های جنگلی
۶	۱-۳-۱- طبقه‌بندی از نظر استقرار در طبیعت
۶	۲-۳-۱- طبقه‌بندی راه از نظر ساخت آن
۷	۳-۳-۱- انواع راه جنگلی از نظر طراحی و کاربرد
۷	۱-۳-۳-۱- راه‌های اصلی درجه یک
۷	۲-۳-۳-۱- راه‌های جنگلی درجه دو یا راه‌های جنگلی اصلی یکطرفه
۷	۳-۳-۳-۱- راه‌های فرعی جنگلی یا راه‌های درجه سه
۸	۴-۳-۳-۱- راه‌های تراکتور رو و مسیرهای چوب‌کشی
۸	۴-۱- تعریف کاربردی در شرح خدمات و مطالعات راه‌سازی جنگل
۱۷	فصل ۲- معیارهای فنی راه‌های جنگلی و مشخصات آنها
۱۹	۱-۲- مشخصات هندسی مقطع عرضی راه‌های جنگلی
۱۹	۱-۱-۲- عرض روسازی شده
۲۱	۲-۱-۲- عرض شانه‌ها
۲۱	۳-۱-۲- ابعاد کانال کناری در راه‌های جنگلی
۲۳	۴-۱-۲- تاج راه
۲۴	۵-۱-۲- شیب ویژه
۲۴	۲-۲- مشخصات هندسی مقاطع طولی راه‌های جنگلی
۲۴	۱-۲-۲- مشخصات و ابعاد هندسی پلان در راه‌های جنگلی
۲۴	۱-۱-۲-۲- تانژانت در محور افقی یا پلان راه
۲۵	۲-۱-۲-۲- شعاع در قوس‌های افقی
۲۷	۳-۱-۲-۲- مقدار تعریض در قوس‌های افقی
۲۷	۴-۱-۲-۲- فاصله اطمینان دید برای سبقت و توقف در قوس‌های افقی
۳۰	۲-۲-۲- مشخصات نیم‌رخ طولی خط پروژه
۳۰	۱-۲-۲-۲- شیب‌های طولی در راه‌های جنگلی
۳۳	۲-۲-۲-۲- قوس‌های قائم و فاصله اطمینان دید و مشخصات آن برای راه‌های جنگلی

۳۷	..... نقاط عبوری، دور زدن و محل‌های دپوی چوب
۳۷	..... نقاط عبوری و مشخصات هندسی آن
۴۰	..... نقاط دورزدن
۴۰	..... محل‌های دپو و انبار چوب
۴۳	فصل ۳ - مشخصات فنی ساختمان راه‌های جنگلی
۴۵	..... ۱-۳- زیسازای راه‌های جنگلی
۴۶	..... ۱-۱-۳- آمده کردن مسیر راه
۴۹	..... ۱-۱-۱-۳- روش‌های بیرون آوردن کنده‌های مسیر راه
۴۹	..... ۲-۱-۱-۳- حذف صخره سنگ‌های آزاد مسیر راه
۵۱	..... ۳-۱-۱-۳- کنار زدن لایه هوموس مسیر راه
۵۱	..... ۲-۱-۳- عملیات خاکبرداری و خاکریزی
۵۱	..... ۱-۲-۱-۳- عملیات خاکبرداری در زمین‌های خرده سنگی و خاک‌های نرم
۵۳	..... ۲-۲-۱-۳- خاکبرداری در زمین‌های ضخره‌ای
۵۵	..... ۳-۱-۳- تثبیت بستر راه
۵۷	..... ۱-۳-۱-۳- متراکم کردن خاک
۵۷	..... ۲-۳-۱-۳- تثبیت مکانیکی خاک
۵۸	..... ۳-۳-۱-۳- تثبیت خاک به وسیله آهک
۵۸	..... ۲-۳- روسازای راه‌های جنگلی
۵۹	..... ۱-۲-۳- مصالح ساختمانی
۵۹	..... ۱-۱-۲-۳- شن و ماسه
۶۰	..... ۲-۲-۳- روش‌های مختلف روسازی
۶۱	..... ۲-۱-۲-۳- مصالح ساختمانی یا مواد تثبیت کننده
۶۲	..... ۱-۲-۲-۳- روسازای راه‌های جنگلی با بستر طبیعی
۶۴	..... ۲-۲-۲-۳- روسازای راه‌های جنگلی به روش سنگ چین کلاسیک
۶۷	..... ۳-۲-۲-۳- روسازای راه‌های جنگلی به روش سنگ چین مکانیزه
۶۷	..... ۴-۲-۲-۳- روسازای راه‌های جنگلی با شن و ماسه مخلوط دانه‌بندی شده
۶۹	..... ۵-۲-۲-۳- روسازای راه‌های جنگلی روی زمین طبیعی کم مقاومت
۷۱	فصل ۴ - تثبیت شیروانی‌های راه
۷۳	..... ۱-۴- تعریف
۷۳	..... ۲-۴- اهمیت ساختمان و تثبیت شیروانی‌های خاکبرداری و خاکریزی در راه‌های جنگلی
۷۳	..... ۳-۴- شیروانی‌های کناری راه‌های جنگلی در مناطق مسطح و تپه‌ماهور
۷۴	..... ۴-۴- شیروانی‌های کناری راه در مناطق جنگلی کوهستانی
۷۴	..... ۵-۴- تثبیت شیروانی‌های راه‌های جنگلی کوهستانی
۷۴	..... ۱-۵-۴- شیب شیروانی‌ها در راه‌های جنگلی کوهستانی و روش‌های اجرایی آن
۷۵	..... ۲-۵-۴- تثبیت بیولوژیک شیروانی‌های خاکی در راه‌های جنگلی
۷۶	..... ۱-۲-۵-۴- تثبیت سطحی شیروانی‌های خاکی
۷۷	..... ۲-۲-۵-۴- روش‌های تثبیت عمقی شیروانی‌های خاکی

۸۰	..... تثبیت برش‌ها و خاکریزها با چوب، بتن و سنگ
۸۰	..... دیوارهای چوبی
۸۰	..... گابیون بندی
۸۳	فصل ۵ - زه‌کشی راه‌های جنگلی
۸۵	..... ۱-۵ کلیات
۸۵	..... ۲-۵ انواع زه‌کشی
۸۵	..... ۱-۲-۵ زه‌کشی عمقی
۸۷	..... ۲-۲-۵ زه‌کشی سطح‌الارض
۸۷	..... ۲-۲-۲-۵ زه‌کشی آب‌های سطح راه
۸۷	..... ۲-۲-۲-۵ زه‌کشی سطحی برای جمع‌آوری آب دامنه‌های بالادست راه
۸۸	..... ۳-۵ لوله‌گذاری برای هدایت آب کانال‌های کنار راه
۸۹	..... ۱-۳-۵ لوله‌های چوبی
۹۰	..... ۲-۳-۵ لوله‌های سیمانی
۹۱	..... ۳-۳-۵ لوله‌های گالوانیزه
۹۱	..... ۴-۳-۵ لوله‌های آلومینیومی
۹۲	..... ۵-۳-۵ لوله‌های پولیکا
۹۲	..... ۶-۳-۵ سرریزها
۹۲	..... ۴-۵ مطالعات هیدرولوژیکی در رابطه با لوله‌گذاری در مسیر راه‌های جنگلی
۹۳	..... ۱-۴-۵ شدت جریان آب و ضریب ریسک
۹۴	..... ۵-۵ تعیین میزان شدت جریان آب
۱۰۱	..... ۶-۵ مطالعات هیدرولیکی در لوله‌گذاری کانال‌های طبیعی
۱۰۳	..... ۱-۶-۵ انتخاب قطر مناسب لوله
۱۰۹	..... ۷-۵ اصول کلی نصب لوله در راه‌های جنگلی
۱۱۳	فصل ۶ - بازسازی راه‌های جنگلی مستهلک شده
۱۱۵	..... ۱-۶ مقدمه و هدف
۱۱۵	..... ۲-۶ روش تعیین شاخص ضخامت روسازی راه
۱۱۷	فصل ۷ - تعمیر و نگ‌هداری راه‌های جنگلی
۱۱۹	..... ۱-۷ کلیات
۱۱۹	..... ۲-۷ تعمیر و نگاهداری راه‌های خاکی و شنی
۱۲۰	..... ۱-۲-۷ تعمیرات اساسی روسازی
۱۲۰	..... ۲-۲-۷ مبارزه با غبار در راه‌های جنگلی
۱۲۱	..... ۳-۷ تعمیر و نگهداری شانه‌ها، کانال‌ها و دیواره‌ها
۱۲۲	..... ۴-۷ اقدامات حفاظتی راه
۱۲۲	..... ۱-۴-۷ حفاظت در مقابل رویش علف‌های هرز
۱۲۳	..... ۲-۴-۷ حفاظت راه در مقابل یخبندان
۱۲۳	..... ۳-۴-۷ کنترل برف و یخ
۱۲۵	فصل ۸ - روش‌های طراحی شبکه راه‌های جنگلی

۱۲۷	۱-۸- مقدمه.....
۱۲۷	۲-۸- روش سنتی طراحی شبکه راه.....
۱۲۷	۳-۸- روش‌های GIS پایه طراحی شبکه راه.....
۱۲۸	۴-۸- معیار Segebaden در ارزیابی گزینه‌ها.....
۱۳۲	۵-۸- استفاده از روش تن در کیلومتر در ارزیابی گزینه‌ها.....
۱۳۳	۶-۸- استفاده از روش تن در کیلومتر تصحیح شده در ارزیابی گزینه‌ها.....
۱۳۴	۷-۸- ارزیابی چند معیاری.....
۱۳۸	۸-۸- سایر روش‌های ارزیابی.....
۱۳۹	فصل ۹ - مراحل مطالعه و اجرا در طرح‌های جنگلداری.....
۱۴۱	۱-۹- مراحل اجرای طرح جنگلداری.....
۱۴۲	۲-۹- تعاریف و اصطلاحات.....
۱۵۳	فصل ۱۰ - منابع.....

فهرست جداول

عنوان	صفحه
جدول ۱-۲- مقدار S1 برای سرعت‌های مختلف.....	۱۹
جدول ۲-۲- محاسبه عرض سواره رو راه‌های دو طرفه جنگلی برای سرعت‌های مختلف.....	۱۹
جدول ۳-۲- عرض عبور در راه‌های یک طرفه جنگلی شوسه بسته به سرعت طرح.....	۱۹
جدول ۴-۲- عرض شانه در راه‌های جنگلی.....	۲۱
جدول ۵-۲- شیب تاج راه با توجه به نوع راه.....	۲۴
جدول ۶-۲- طول شعاع قوس بر حسب نوع راه.....	۲۵
جدول ۷-۲- فاصله اطمینان دید.....	۲۸
جدول ۸-۲- مقدار M	۲۹
جدول ۹-۲- مقدار شیب طولی در امتداد قوس‌ها.....	۳۱
جدول ۱۰-۲- مقدار حداکثر و حداقل شیب در جاده‌های جنگلی.....	۳۲
جدول ۱۱-۲- شیب جاده با توجه به سرعت طرح.....	۳۲
جدول ۱۲-۲- تغییرات شیب طولی قوس‌های قائم در خط پروژه.....	۳۳
جدول ۱-۳- غلطک‌های مناسب تراکم کردن انواع خاکها.....	۵۷
جدول ۱-۴- شیب مناسب شیروانی‌های خاکی راه‌های جنگلی در خاکهای مختلف.....	۷۵
جدول ۱-۵- ضریب زبری در فرمول مانینگ.....	۹۷
جدول ۱-۸- میزان فاکتور تصحیح برای مناطق مختلف.....	۱۳۲
جدول ۲-۸- مقادیر ترجیحات برای مقایسه زوجی.....	۱۳۷
جدول ۱-۹- تطبیق مطالعات جنگل با مراحل مطالعات ابلاغی نظام فنی اجرایی کشور.....	۱۵۰

فهرست اشکال

عنوان	صفحه
شکل ۱-۲- اجزای مقطع عرضی راه‌های جنگل.....	۱۹
شکل ۲-۲- کانال کناری با مقطع دوزنقه.....	۲۲
شکل ۳-۲- کانال کناری با مقطع V.....	۲۲
شکل ۴-۲- تاج راه‌های جنگلی.....	۲۳
شکل ۵-۲- مشخصات قوس در راه‌های جنگلی.....	۲۶
شکل ۶-۲- فاصله دید و مقدار M در جاده‌های یک خطه.....	۲۹
شکل ۷-۲- فاصله دید در شب و روز.....	۳۳
شکل ۸-۲- فاصله توقف در جاده‌های یک خطه دو طرفه و طول قوس قائم بر حسب فوت.....	۳۵
شکل ۹-۲- فاصله توقف در راه‌های دو خطه و طول قوس قائم بر حسب فوت.....	۳۶
شکل ۱۰-۲- فاصله دید نور چراغ در شب و طول قوس در قوس‌های قائم مقعر بر حسب فوت.....	۳۷
شکل ۱۱-۲- نیمرخ عرض راه‌های جنگلی در روی یال‌ها.....	۳۹
شکل ۱۲-۲- فاصله گذرگاه‌ها در راه با ترافیک همگن.....	۳۹
شکل ۱۴-۲- فرم و ابعاد گذرگاه در روی قوس.....	۴۰
شکل ۱۵-۲- ابعاد محل‌های دور زدن.....	۴۱
شکل ۱-۳- قسمت‌های مختلف زیرسازی راه.....	۴۵
شکل ۲-۳- تعیین عرض حریم ساختمانی راه‌های یک طرفه.....	۴۷
شکل ۳-۳- تعیین حریم ساختمانی راه‌های دو طرفه.....	۴۷
شکل ۳-۳- الف- تعیین عرض حریم راه با استفاده از پروفیل‌های عرضی.....	۴۸
شکل ۴-۳- روش‌های منفجر کردن کنده.....	۵۰
شکل ۵-۳- روش‌های منفجر کردن سنگ‌های آزاد.....	۵۰
شکل ۶-۳- خاکبرداری جانبی با بولدوزر و ماشین‌های دیگر خاکبرداری.....	۵۲
شکل ۷-۳- روش خاکبرداری جانبی فقط با بولدوزر.....	۵۲
شکل ۸-۳- روش خاکبرداری طبقه‌ای.....	۵۳
شکل ۹-۳- روش انفجار عمودی.....	۵۴
شکل ۱۰-۳- روش انفجار افقی.....	۵۵
شکل ۱۱-۳- محدوده دانه‌بندی مناسب برای انواع تثبیت خاک.....	۵۶
شکل ۱۲-۳- منحنی‌های دانه‌بندی مناسب برای روسازی راه‌های جنگلی.....	۶۱
شکل ۱۳-۳- مراحل ساخت راه‌های جنگلی با بستر طبیعی.....	۶۴
شکل ۱۴-۳- روسازی راه‌های جنگلی به روش سنگ چین کلاسیک.....	۶۶
شکل ۱۵-۳- روسازی راه‌های جنگلی با شن و ماسه مخلوط دانه‌بندی شده.....	۶۸
شکل ۱۶-۳- روسازی راه‌های جنگلی روی زمین طبیعی کم مقاومت.....	۷۰
شکل ۱-۴- شیروانی‌های خاکبرداری و خاکریزی.....	۷۳

- شکل ۲-۴- طرز نمایش شیب شیروانی‌ها در راه‌های جنگلی ۷۴
- شکل ۳-۴- تثبیت بیولوژیک شیروانی‌های خاکی در راه‌های جنگلی ۷۶
- شکل ۴-۴- استفاده از بافته‌های پلاستیکی درشت برای تثبیت سطحی شیروانی‌های خاکی ۷۷
- شکل ۵-۴- تثبیت دامنه‌ها و شیروانی‌های خاکی به روش کشت نهال در بانکت ۷۸
- شکل ۶-۴- تثبیت شیروانی‌های خاکبرداری به روش کشت قلمه در بانکت ۷۹
- شکل ۷-۴- تثبیت شیروانی‌های خاکریزی به روش کشت قلمه در بانکت ۷۹
- شکل ۸-۴- حفاظت و تثبیت شیروانی‌ها با مصالح چوبی ۸۱
- شکل ۹-۴- حفاظت و تثبیت شیروانی‌های راه بوسیله گابیون بندی ۸۱
- شکل ۱-۵- نوعی زهکشی عمقی معمولی ۸۶
- شکل ۲-۵- بند کف کانال **d** ۸۸
- شکل ۳-۵- لوله‌های چوبی ۹۰
- شکل ۴-۵- اثرات قطع درختان جنگلی در جریان آبهای سیلابی ۹۳
- شکل ۵-۵- مشاهده وضع کانال و داغاب ۹۵
- شکل ۷-۵- وضعیت کنترل ورودی و خروجی آب در حالت غوطه‌ور ۱۰۲
- شکل ۱-۶- نمودار تعیین شاخص ضخامت روسازی ۱۱۶
- شکل ۲-۶- تصویر تقویت روسازی یک جاده با روش تعیین شاخص ضخامت لایه‌های روسازی ۱۱۶
- شکل ۱-۸- منطقه مدل بک‌موند ۱۲۹
- شکل ۲-۸- عرض سطح پوشش یا عرض چوب‌گیری ۱۳۱

فهرست اشکال

عنوان	صفحه
نمودار ۲-۵- ارتفاع باران در رابطه با تداوم و دوره برگشت در منطقه ماین جنوبی قابل تطبیق برای شرایط گیلان	۱۰۰
نمودار ۳-۵- ارتفاع یا عمق باران در رابطه با تداوم و دوره برگشت در منطقه ماین شمالی در ایالات متحده آمریکا قابل تطبیق برای شرایط مازندران	۱۰۰
نمودار ۸-۵- ارتفاع آب برای لوله‌های فلزی کرک‌های در کنترل ورودی	۱۰۴
نمودار ۹-۵- ارتفاع آب برای لوله‌های فلزی کرک‌های ناودانی یا تاقی شکل در کنترل ورودی	۱۰۵
نمودار ۱۰-۵- ارتفاع آب برای لوله‌ها و مجاری چهار گوش در کنترل ورودی	۱۰۶
نمودار ۱۱-۵- ارتفاع آب برای لوله‌های سیمانی در کنترل ورودی	۱۰۷
نمودار ۱۲-۵- ارتفاع آب برای لوله‌های سیمانی بیضی شکل در کنترل ورودی	۱۰۸
نمودار ۱-۹- فرآیند کلی مطالعات جنگل	۱۴۵
نمودار ۲-۹- مطالعات برنامه‌ریزی حوزه‌های آبخیز جنگل‌های شمال کشور	۱۴۶
نمودار ۳-۹- جایگاه مطالعات راه‌سازی و بهره‌برداری جنگل در طرح‌های جنگلداری	۱۴۷

فصل ۱



کلیات

۱-۱- مقدمه

جنگل موهبتی است الهی که موجودیت آن منبع و منشا خیر و برکات بی‌شمار و بسیار پر ارزش برای انسان است. از جمله نقش‌های پر اهمیتی که جنگل در محیط‌زیست انسان بازی می‌کند، می‌توان به این موارد اشاره کرد: تنظیم جریان آبها، حفاظت از خاک، حفاظت در مقابل بهمن و سیلاب‌های خانمان برانداز، حفاظت در مقابل باد، حفاظت از حیات‌وحش، تلطیف هوا، تفریح و تفرج، شکل دادن و تنوع بخشیدن به زیبایی‌های طبیعت و بالاخره تولید چوب و مواد سلولزی که به‌عنوان ماده اولیه مورد مصرف صنایع بی‌شماری می‌باشد. از این رو بهره‌برداری انسان از جنگل چند جانبه و مضاعف بوده و شامل استفاده‌های مادی، حفاظتی و فرهنگی می‌شود. هریک از نقش‌های یاد شده بسته به شرایط منطقه و قدرت رویشگاه جنگلی می‌توانند اهمیت بیشتری پیدا کرده و مورد توجه قرار گیرند. به هر حال نقش‌های غیر تولیدی جنگل را که به‌طور مستقیم یا غیرمستقیم مورد استفاده عموم قرار می‌گیرند، نباید کم اهمیت انگاشته و تحت‌الشعاع نقش تولیدی آن قرار داد.

جنگل‌های نیم‌رخ شمالی البرز که عمدتاً محدوده جغرافیایی موضوع این نشریه می‌باشد با داشتن رویشگاه مناسب و شرایط مساعد در صورت مدیریت صحیح می‌توانند تمام نقش‌های جنگل اعم از تولیدی، حفاظتی و یا تفرجی را به‌خوبی و به صورت مستمر و دایم ایفا کنند.

این منطقه به عنوان مهمترین قطب تولید چوب‌های صنعتی کشور مطرح بوده و اهمیت زیادی برای صنایع سلولزی و چوب کشور دارد سطح جنگل‌های این منطقه طبق آمار سال ۱۳۴۲ سازمان جنگل‌ها و مراتع ۱/۹ میلیون هکتار می‌باشد. بنابراین در مقایسه با وسعت و جمعیت، کشور ما از نظر صنایع جنگلی که قادر به تولید چوب‌های صنعتی در مقیاس تجارتي باشند نسبتاً فقیر است و به‌همین جهت باید در اداره و بهره‌برداری این صنایع دقت و توجه بیشتری شود. البته سطح کل جنگل‌های کشور طبق آمار F.A.O حدود ۱۲ میلیون هکتار برآورد می‌شود که شامل جنگل‌های شمال، عمان و بالاخره جنگل‌های شور کویری است. ولی همان‌طور که گفته شد فقط جنگل‌های شمالی نیم‌رخ البرز که به جنگل‌های شمال معروف است به لطف شرایط مطلوب و رویشگاه مناسب قادر به ایفای تمام نقش‌های خود از جمله نقش تولید چوب در سطح تجارتي است به‌طوری که هرگونه سرمایه‌گذاری زیربنایی و از جمله جاده‌سازی در آن توجیه‌پذیر است. امروزه بیشتر به اهمیت جنگل‌های شمال از نظر محیط‌زیستی، ذخیره‌گاه ژنتیکی، تنوع زیستی و غیره تأکید می‌شود و این موضوع نه تنها اهمیت جاده سازی را کاهش نمی‌دهد بلکه بخاطر افزایش نقش خدماتی، حفاظتی و اجتماعی جنگل اهمیت آن افزایش نیز یافته است.

اهمیت بقیه جنگل‌ها بخاطر شرایط سخت رویشگاهی بیشتر از نقطه‌نظر نقش‌های حفاظتی و خدماتی است و تولید چوب آنها از نظر کمی و کیفی به مقداری نیست که بتوان به‌صورت تجاری از آنها استفاده کرد.

تاکنون برای بیش از یک میلیون هکتار از جنگل‌های تجارتي شمال طرح جنگل‌داری تهیه و اجرا شده است. از اجرای این طرح‌ها سالانه بیش از ۱/۵ میلیون مترمکعب چوب از جنگل‌های زیر طرح، بهره‌برداری شد که البته بعلت تخریب جنگل‌ها و کاهش حجم موجودی در هکتار آن مخصوصاً کاهش کیفیت موجودی سرپا که عمدتاً بعلت عدم حل مسایل اقتصادی و اجتماعی و حضور همزمان دام، انسان، فعالیت بهره‌برداری، قاچاق چوب و غیره اتفاق افتاده و امروزه برای حفظ جنگل‌ها برداشت کاهش یافته و به زیر یک میلیون متر مکعب در سال رسیده است. این مقدار قسمتی از احتیاجات منابع چوب کشور را تامین میکند. همواره مقداری چوب

نیز به وسیله اهالی محلی و روستاییان حاشیه جنگل به‌طور پراکنده و نامنظم از این جنگل‌ها برداشت می‌شود که به مصرف سوخت و ساخت خانه‌های روستایی می‌رسد، ولی از مقدار این نوع بهره‌برداری آمار درستی در دست نیست.

عدم دسترسی به سطح جنگل در اثر کمبود و یا فقدان یک شبکه کافی از جاده‌های جنگلی از دلایل اصلی عدم گسترش طرح‌های جنگل‌داری به تمام سطح جنگل‌های شمال است. علاوه بر آن کمبود جاده در جنگل‌های شمال باعث شده است تا از ۱/۵ میلیون متر مکعب چوب برداشت شده در طرح‌های جنگل‌داری فعال کشور، قسمت اعظم آن به‌صورت چوب‌های تبدیل شده به الوار و تراورس از جنگل خارج شود، که این خود کاهش ارزش افزوده، بالا رفتن ضایعات و حیف و میل چوب‌های با ارزش را در پی دارد. البته خوشبختانه نسبت میزان چوب‌آلات تبدیل شده به تدریج کاهش یافته، بطوریکه امروزه تنها ۶٪ چوب‌آلات استحصال شده در جنگل‌های شمال چوب‌های تبدیلی و بقیه به صورت گرده بینه می‌باشند.

بنابراین برای بهره‌برداری اصولی از جنگل‌ها و اجرای طرح‌های جنگل‌داری علمی، به طوری که:

الف: تولید مستمر و دائم را در جنگل تضمین نماید.

ب: ارزش افزوده تولیدات را به حداکثر رساند.

پ: از حیف و میل محصولات جلوگیری نماید.

ت: حفاظت موثر از جنگل را ممکن سازد، وجود یک شبکه مناسب راه لازم بوده و اساسی‌ترین رکن جنگل‌داری علمی است.

جاده وسیله‌ای است که به‌طور دائم و در تمام فصول، دسترسی به قسمت‌های مختلف جنگل، حمل و نقل وسایل و نیروی کار و خدمات را به داخل جنگل و همین‌طور خروج محصولات جنگلی تولید شده را به خارج از جنگل ممکن می‌سازد. به همین جهت سایر امکانات و وسایل از قبیل سیستم‌های کابلی در درازمدت نمی‌توانند جایگزینی برای جاده بوده و فقط به‌عنوان مکمل آن می‌توانند مطرح باشند.

در حال حاضر تراکم جاده برای دستیابی به اهداف چندمنظوره تولید در جنگل‌های تجارتي شمال بسیار پائین بوده و از یک تا دو متر در هکتار در جنگل‌های فاقد طرح تا حداکثر و به ندرت ۲۰ متر در هکتاری در جنگل‌ها زیر طرح نوسان دارد.

اگر حداکثر تراکم فعلی در جنگل‌های تجاری زیر طرح بهره‌برداری یعنی ۲۰ متر در هکتار راه را برای شرایط فعلی هدف خود قرار دهیم، برای رسیدن به آن در تمام ۱/۳ میلیون هکتار جنگل‌های تجارتي قابل بهره‌برداری شمال، حجم کار فوق‌العاده عظیمی را که از نظر جاده‌سازی جنگل در پیش روی مسوولین جنگل‌داری کشور قرار دارد، می‌توان به راحتی پیش‌بینی کرد که این حجم کار نیز خود معیار دیگری برای درک اهمیت وجود ضوابط و مشخصات فنی اجرایی خاص این نوع راه‌ها می‌باشد. لازم به توضیح است که تراکم بهینه برای هر منطقه بر مبنای شرایط آن منطقه متفاوت است و تعیین ضوابط تراکم بهینه به علت اهمیت می‌تواند موضوع پژوهش و بحث جداگانه‌ای قرار گیرد.

راه‌سازی در جنگل‌های شمال کشور تا به حال تابع هیچ‌گونه ضابطه‌ای نبوده اکثر طبق اعمال سلیقه‌های شخصی و عمدتاً براساس ضرورت‌های فوری و بسته به توان مالی مجری، راه‌هایی با استانداردهای متفاوت و بدون در نظر گرفتن نیازهای جنگل و اهداف دراز مدت جنگل‌داری و در بهترین حالت با استفاده از تجربیات و معیارهای موجود در راه‌سازی عمومی، ساخته شده‌اند و به‌همین جهت عمدتاً با نیازهای طرح‌های جنگل‌داری و اهداف دراز مدت آن منطبق نیستند و اصولاً تهیه و اجرای شبکه راه‌ها و

پروژه‌های راه‌های جنگلی نیز مانند معیارهای فنی راه‌های جنگلی به صورت ناقص و بدون در نظر گرفتن اصول و فنون خاص این راه‌ها و بی‌توجه به اهداف جنگل‌داری بوده است.

در این نشریه، معیارهای فنی و دستورالعمل‌های لازم در رابطه با طراحی راه‌های جنگلی مورد بحث قرار می‌گیرد. برای دو بخش دیگر یعنی برنامه‌ریزی شبکه راه‌های جنگلی و تهیه پروژه برای راه‌های جنگلی که در واقع مکمل این بخش هستند، باید ضوابط و معیارهای دیگری تهیه گردد تا مجموع این ضوابط به عنوان راهنمای مفیدی برای کار عظیمی که در پیش رو است در اختیار جنگلبانان و دست‌اندرکاران تهیه طرح‌های جنگل‌داری، مجریان و مدیران طرح‌های جنگل‌داری قرار گیرد.

۱-۲- نکات ویژه مربوط به راه‌های جنگلی

۱-۲-۱- نکات فنی

از آنجاکه راه‌های جنگلی از جنبه‌های مختلف دارای ویژگی‌های مربوط به خود هستند لذا لازم است نکات زیر در طراحی راه‌های جنگلی مد نظر قرار گیرد.

- شیب: رعایت حدود منطقی شیب طولی و عرضی باعث حمل آسانتر چوب از عرصه جنگل خواهد شد. کنترل فرسایش و رسوب در راه‌های جنگلی از دیگر دلایل مهم رعایت حدود منطقی شیب می‌باشند.

- سرعت: محدود نگاهداشتن سرعت در طراحی راه جنگلی به منظور جلوگیری از احداث قوس‌های با شعاع بزرگ است. بی‌توجهی به این نکته و ایجاد بریدگی و برش‌های عمیق در اراضی حاصلخیز و بسیار حساس منجر به لغزش و رانش در جنگل خواهد شد.

- حجم و مقدار ترافیک: در راه‌های جنگلی حجم ترافیک معمولاً بسیار اندک است و بستگی به حجم و یا وزن چوبی دارد که باید از روی راه عبور نماید. از آنجا که درصد بیشتری از طول راه‌های جنگلی (در کل شبکه و در یک واحد بهره‌برداری) آنهایی هستند که چوب کمتری را از نظر سرویس نقل و انتقالات و حمل در بر می‌گیرند، سعی می‌شود راه جنگلی به صورت یک طرفه ساخته شود. فقط در مناطقی که ضروری است و تناژ بار و حجم ترافیک از حد معینی تجاوز نماید می‌توان اقدام به احداث راه‌های جنگلی دوطرفه نمود.

۱-۲-۲- نکات اقتصادی

- دسترسی

شبکه راه‌های جنگلی که در یک جنگل گسترده‌اند و یک منطقه وسیع را به یک نقطه خروجی متصل می‌سازند باید به گونه‌ای طراحی گردند که ضمن ایجاد امکان دسترسی هر چه بیشتر، نزدیکتر و راحت‌تر به تمامی نقاط جنگل، سطح کمتری زیر راه قرار گیرد و یا به عبارت دیگر با طول و تراکم بهینه حداکثر پوشش را در سطح جنگل ایجاد گردد.

- کیفیت راه

ایجاد راه با کیفیت متناسب با وظیفه راه، می‌تواند از صرف هزینه‌های اضافی در ساختمان راه جلوگیری و همچنین هزینه‌های تعمیر و نگهداری را کاهش دهد.

۱-۲-۳- نکات مربوط به نحوه مدیریت جنگل

- رعایت اصول زیر در حقیقت در برنامه‌ریزی و طراحی جاده‌های جنگلی اثر گذار است:
- روش‌های جنگل‌شناسی و پرورش جنگل و طرح‌های جنگلداری
- سیستم‌های بهره‌برداری
- گونه‌های درختی

۱-۲-۴- نکات زیست محیطی

- حداقل تخریب در طبیعت:
- راه‌های جنگلی اگر درست طراحی نشوند از عوامل مهم اختلال در اکوسیستم و تخریب طبیعت خواهد بود.
- قرار گرفتن راه در طبیعت بطور هماهنگ با شکل طبیعت می‌تواند تخریب را کاهش دهد.

۱-۳-۳- طبقه‌بندی راه‌های جنگلی

۱-۳-۳-۱- طبقه‌بندی از نظر استقرار در طبیعت

- راه‌های جنگلی به لحاظ استقرار در طبیعت به سه دسته تقسیم می‌شوند.
- الف- راه‌های میان دره‌ای (Vally roads): راه‌هایی هستند که در نزدیکی امتداد خط‌القعر قرار دارند.
- ب- راه‌های دامنه‌ای (Slope roads): راه‌هایی هستند که حدوداً در حد فاصل بین خط‌الراس و خط‌القعر قرار گرفته‌اند.
- پ- راه‌های روی یال (Ridge roads): راه‌هایی هستند که روی خط‌الراس قرار دارند.

۱-۳-۳-۲- طبقه‌بندی راه از نظر ساخت آن

- راه‌های جنگلی از نظر ساخت به چهار دسته تقسیم می‌شوند که عبارتند از:
- الف- راه‌های سخت: راه‌هایی هستند که زیرسازی و روسازی اساسی در آن انجام گرفته و در تمام طول سال قابل عبور و مرور هستند.
- ب- راه‌های نیمه سخت: راه‌هایی هستند که در آنها عملیات شن‌ریزی مختصری صورت گرفته ولی تراکم کافی برای عبور و مرور در فصول مرطوب را ندارند.
- پ- راه‌های نرم: راه‌هایی هستند که در آنها فقط عملیات خاک‌برداری و خاک‌ریزی انجام گرفته و بستر طبیعی به‌عنوان عرض سواره رو در نظر گرفته شده است.
- ت- راه‌های چوب‌کشی (Skid roads): مسیرهایی هستند با مقدار کمی خاک‌برداری، عرض کم و بدون زیرسازی و برای عبو تراکتورهای جنگلی (Forwarder, Skidder) است.

س- راه‌های تراکتور رو (Strip roads): مسیرهایی هستند اغلب بدون عملیات خاکی و منحصر به عبور تراکتورهای جنگلی (Skidder) می‌باشند.

۱-۳-۳- انوع راه جنگلی از نظر طراحی و کاربرد

۱-۳-۳-۱- راه‌های اصلی درجه یک (Main Access Roads)

این نوع راه‌ها اغلب ارتباط شبکه راه جنگلی (در محدوده خروج چوب از جنگل) به راه‌های عمومی را عهده‌دار هستند. راه‌های اصلی درجه یک گذشته از سرویس‌دهی به جنگل و نقل و انتقالات چوب گاه وظیفه ارتباط بین دهات و شهرها و حمل و نقل محصولات کشاورزی را نیز به عهده دارند. راه‌های اصلی درجه یک اغلب دارای همان مشخصات راه‌های عمومی هستند یعنی به صورت دوطرفه و با زیرسازی و روسازی خوب و گاه آسفالت‌ه احداث می‌شوند.

ممکن است در مناطقی که راه جنگلی حوزه چوب‌گیر یا منطقه‌ای وسیع را پوشش می‌دهد و یا در نزدیکی مرز خروجی از جنگل واقع است و تراکم ترافیک در آن نسبتاً زیاد است، به صورت راه اصلی درجه یک دو طرفه ساخته شود. اصل کلی آن است که راه‌های اصلی درجه یک در داخل جنگل ساخته نشوند مگر آنکه ضرورت ایجاب نماید. اتخاذ تصمیم در این زمینه تنها مبتنی بر اصول اقتصادی نیست حفظ محیط زیست، حفظ موجودیت جنگل و جلوگیری از خطرات ناشی از احداث راه‌های عریض در جنگل نیز از عوامل مهم در تصمیم‌گیری است.

۱-۳-۳-۲- راه‌های جنگلی درجه دو یا راه‌های جنگلی اصلی یک طرفه (Main Roads)

این جاده‌ها دارای مشخصات فنی خاص خود می‌باشند که اساساً یک بانندی ساخته شده و برای تامین امکان عبور کامیون‌های حامل چوب از مقابل هم، در آنها گذرگاه‌هایی به فواصل معین احداث می‌شوند. راه‌های اصلی درجه دو ارتباط بین راه‌های ارتباطی درجه یک و درجه سه یا فرعی را برقرار می‌کنند.

مشخصات راه‌های اصلی درجه دو باید چنان باشد که کامیون‌های حامل چوب که در روی راه‌های عمومی حرکت می‌کنند بتوانند از روی آنها نیز عبور نموده و در هر زمان از اوقات سال چوب‌ها را از جنگل به خارج منتقل نمایند. در این راه‌ها سرعت به حدود ۲۰ کیلومتر در ساعت محدود می‌گردد. محدودیت سرعت به دلیل عرض کم و کوچک بودن شعاع قوس‌ها است. از نظر ساختمانی این راه‌ها دارای زیرسازی و روسازی مشابه راه‌های اصلی درجه یک هستند و اغلب روسازی آنها با مصالح شنی انجام گرفته است.

۱-۳-۳-۳- راه‌های فرعی جنگلی (Secondary Roads) یا راه‌های درجه سه

این راه‌ها به منظور دستیابی به پارسل‌های قطع و خروج چوب آنها احداث می‌گردد. پارسل واحد برنامه‌ریزی در طرح‌های جنگل‌داری بوده و وسعت آن حدود ۲۰ تا ۵۰ هکتار است. راه‌های فرعی امکانات خروج چوب یک یا چند پارسل را که وزن آن از چند صد تن در سال تجاوز نمی‌کند فراهم می‌آورند. این چوب پس از گذر از مرز پارسل به راه اصلی درجه دو و از آنجا به راه‌های اصلی درجه یک و راه‌های عمومی (تا مرکز فروش و مصرف) حمل و منتقل می‌شود.

در ساختن راه‌های فرعی (درجه سه) تنها به عملیات خاک‌برداری و خاکریزی اکتفا گشته و حتی کوبیدن خاک اغلب به عهده کامیون‌هایی که هر از چندگاه روی آن عبور می‌کنند واگذار می‌شود. گاه نوعی زیرسازی و روسازی ساده و مختصر نیز بسته به

اهمیت شرایط منطقه و خاک صورت می‌گیرد. مشخصات فنی این نوع راه‌ها از نظر طراحی و اجرا با جاده‌های درجه یک و دو کاملا متفاوت است. این راه‌ها ارتباط یک یا چند پارسل را با راه‌های اصلی برقرار می‌سازند. چوب‌های بهره‌برداری شده معمولا در کنار این راه‌ها دپو می‌شوند تا از آنجا (در زمان مناسب) بارگیری و به محل انبار (داخل جنگل) و یا مستقیما به محل مصرف حمل شوند. با توجه به اینکه تراکم عبور در این راه‌ها کم است، مشخصات فنی آن نیز در سطحی پایین‌تر قرار دارد به طوری که فقط بتوان در ایام خشک سال از روی آن تردد نمود. تردد کامیون‌ها، فورواردر (Forwarder)، اسکیدر و تراکتورها از روی راه‌های فرعی باید منحصر به ایامی باشد که به سلامت راه زیاد قابل ملاحظه‌ای وارد نشود. این ایام عبارتند از روزهای خشک تابستان و یا روزهای سرد و یخبندان در فصل زمستان.

برای رعایت اصل فوق لازمست مقررات شدیدی وضع شود تا وسایل نقلیه نتوانند در هر زمان بر روی این راه‌ها تردد نمایند. در غیر این صورت شیارهای ایجاد شده در زیر چرخ‌ها مقدمات فرسایش‌های شدید را فراهم می‌کنند. ترمیم خرابی‌های فوق هزینه‌های زیادی را در بر خواهد داشت. عدم انجام تعمیرات لازم موجبات تخریب شدیدتر و نهایتا بلا استفاده شدن راه را فراهم می‌کند.

۱-۳-۳-۴- راه‌های تراکتور رو و مسیره‌های چوب‌کشی

علاوه بر سه نوع راه‌های جنگلی که به آن اشاره شد، یک نوع راه یا مسیر دیگری نیز در جنگل ساخته می‌شود که به تردد کامیون‌ها اختصاص نداشته بلکه منحصرمخصوص عبور اسکیدرها و تراکتورهای جنگلی است. این مسیرها نیز مشخصات فنی خود را دارند و با کمترین عملیات خاکبرداری و خاکریزی احداث می‌شوند که آنها را راه‌های تراکتور رو (Strip Roads, Skidtrail) می‌نامند. این راه‌ها مشابه مسیره‌هایی هستند که خود به خود در اثر چند بار رفت و آمد از یک نوار مشخص (برای کشیدن چوب توسط تراکتور) در سطح جنگل به وجود می‌آیند که آنها را مسیره‌های چوب‌کشی می‌نامند (Skidd ways) مسیره‌های چوب‌کشی قبل از شروع عملیات بهره‌برداری توسط مسوولین مشخص می‌شود تا تراکتورها و اسکیدرها در آن رفت و آمد کنند و به کل عرصه پارسل، درختان و نهال‌ها زیان نرسانند که گاه به برداشت موانع (مانند سنگ و غیره) در مسیر چوب‌کشی اقدام و اکتفا می‌شود. با توجه به نکات فوق، مهمترین نوع راه‌های جنگلی (از نظر طول و اهمیت) راه‌های جنگلی درجه دوم اصلی است که به آن توجه بیشتری خواهد شد.

۱-۴- اصطلاحات کاربردی در شرح خدمات و مطالعات راه سازی جنگل:

- آبزیان Fish:

ماهیان و جانوران آبی را که بطور غیراهلی در برکه‌ها، رودخانه‌ها، دریاچه‌ها، دریاها یا اقیانوس‌ها زندگی می‌کنند، آبزیان می‌نامند.

- اراضی جنگلی Forest Lands:

تعریف اراضی جنگلی براساس قانون حفاظت و بهره‌برداری از جنگل‌ها و مراتع به شرح زیر می‌باشد:

الف- زمین‌هایی که در آنها آثار و شواهد وجود جنگل از قبیل نهال یا پاجوش یا بوته یا کنده درختان جنگلی وجود داشته باشد، مشروط بر آنکه در تاریخ ملی شدن جنگل‌ها (۱۳۴۱/۱۰/۲۷) تحت کشت یا آیش نبوده و تعداد کنده در هر هکتار از بیست و یا تعداد

نهال یا بوته جنگلی در هر هکتار جداگانه یا مجموعاً از یکصد عدد و یا مجموع تعداد نهال و بوته و کنده در هر هکتار از یکصد عدد متجاوز باشد.

ب- زمین‌هایی که در آنها درختان خودروی جنگلی بطور پراکنده وجود داشته باشد و حجم درختان موجود در شمال (از حوزه آستارا تا گلیداغی) در هر هکتار کمتر از پنجاه متر مکعب و در سایر مناطق ایران کمتر از بیست متر مکعب باشد. مشروط بر آنکه در تاریخ ملی شدن جنگل‌ها تحت کشت یا آیش نبوده باشد.

- استر Stere:

مقدار هیزمی است که یک متر مکعب فضا را اشغال نماید و هر استر معادل شش دهم متر مکعب چوب می‌باشد.

- اشکوب Crown classes:

درختان از نظر طبقات ارتفاعی به کلاس‌های متمایز (تقریباً هم ارتفاع) تقسیم می‌شوند. به هر یک از کلاس‌ها اشکوب می‌گویند.

- اکوتیپ Ecotype:

عبارت است از کلاسه زیر گونه که ممکن است به علت تفرق صفات یا به دلیل تغییرات مشخصات اقلیمی بوجود آمده و نسبت به محیط آدابت شده است. اکوتیپ ممکن است به دلیل تغییرات جغرافیایی، اقلیمی، ارتفاعی یا خاک بوجود آید.

- اکولوژی جنگل Forest Ecology:

مطالعه روابط و تاثیرات متقابل درختان و نباتات جنگلی با یکدیگر و با محیط اطراف خود را اکولوژی جنگل می‌گویند.

- بر بلندی:

شیب عرضی یکسره روسازی در امتداد شعاع پیچ.

- بستر روسازی راه:

سطح تمام شده خاکی راه که مصالح لایه‌های روسازی روی آن قرار می‌گیرد.

- پارک Park:

مجموعه‌ای از گردشگاه، تفرجگاه برای قدم زدن، انجام یک یا انواع بازی‌ها، سرگرمی‌ها، بازدیدها، تماشاها و غیره را پارک می‌نامند.

- تجدید حیات جنگل Forest Regeneration:

نهال‌های مستقر شده در توده‌های جنگلی را که به سن برداشت (قطع به منظور بهره‌برداری) نرسیده باشند تجدید حیات می‌گویند. تجدید حیات یا به طریق جنسی (با بذر) و یا به طریق غیرجنسی (با جنست) صورت می‌پذیرد.

- ترافیک متوسط روزانه یکسال:

حجم کل ترافیک عبوری از محل معین یک راه در یکسال تقسیم بر ۳۶۵ روز.

- تفرج Outdoor Recreition:

بازی یا سرگرمی و نظایر آن که فقط در هوای آزاد و در خارج از محیط سکونت انجام شود.

- تفرجگاه Recreation Area:

محل انجام بازی یا سرگرمی‌ها در فضای باز و محیط طبیعی.

- تفریح Recreation:

انجام هر نوع بازی و سرگرمی در فضای باز و یا فضای بسته را تفریح می‌گویند.

- تقاطع:

محل تلاقی هم سطح دو یا چند راه.

- تلفیق جنگل و زراعت Agro- Forestry:

عبارت است از مدیریت توأم محصولات زراعتی و جنگل در روی بستر مشترک.

- تلفیق جنگل و علوفه Silvo- pastoral:

عبارت است از مدیریت توأم محصولات علوفه‌ای و جنگل در روی بستر مشترک.

- توده جنگلی Forest Mass:

قطعات مجزایی از جنگل یا مرتع مشجری هست که وسعت سطح آن کمتر از ده هکتار و حجم درختان جنگلی موجود بیش از سیصد متر مکعب در هکتار باشد.

- جامعه جنگلی Forest Association:

اراضی پوشیده از درختان جنگلی را که در حال حاضر شامل یک گونه یا حداکثر دو گونه درخت بوده باشد جامعه جنگلی یا رویشگاه می‌نامند.

- جداکننده بیرونی:

آن بخش از عرض راه که بین لبه سواره‌روهای راه جانبی و مسیر اصلی قرار گرفته است.

- جنگل انبوه High Density Stands:

جنگل‌هایی هستند که پوشش تاج درختان بیش از $\frac{2}{3}$ سطح جنگل را می‌پوشاند.

- جنگل تنگ Low Density Stands:

جنگلی است که پوشش تاج درختان کمتر از $\frac{1}{3}$ سطح جنگل را می‌پوشاند.

- جنگل نرمال Blanced Stands:

به جنگلی گفته می‌شود که کلاسه‌های سنی مختلف در آن از پراکنش سطحی مشابهی برخوردار باشند.

- جنگل نیمه انبوه Medium Density Stands:

جنگلی است که پوشش تاج درختان بین $\frac{1}{3}$ تا $\frac{2}{3}$ از سطح جنگل را می‌پوشاند.

- جنگل‌های مخروبه Dagraged Forest:

جنگل‌هایی است که بر اثر عملیات یا دخالت‌های نادرست (اعم از دخالت‌های انسانی، حیوانی یا طبیعی) پوشش درختی آن از نظر کیفی و کمی از حالت نرمال خارج شده و سیر قهقرایی دارد.

– جنگلداری Forest Management:

علم و هنر طراحی و هدایت بهره‌برداری از جنگل به‌منظور بدست آوردن تولید مستمر برای مصارف چوبی مورد نیاز (اعم از کارخانجات و استفاده عموم) بدون اینکه به‌هستی جنگل آسیبی وارد گردد.

– حاشیه راه:

اراضی حدفاصل بستر راه و منتهی‌الیه حریم و همچنین اراضی حدفاصل بستر راه‌های رفت و برگشت در راه‌های مجزا.

– حیات وحش Wild Life:

مجموعه جانوران پرونده، دونده، جهنده و خزنده را که در منابع طبیعی وجود داشته و بطور غیراهلی زندگی می‌کنند، حیات وحش می‌نامند.

– خم (قوس قائم)

تغییر شیب طولی، به صورت تدریجی و به‌وسیله خم صورت می‌پذیرد. این خم تامین‌کننده مسافت دید کافی، تخلیه مناسب آب سطحی، ایمنی، آسایش راننده و زیبایی ظاهر راه خواهد بود. چنانچه مقدار تغییر شیب طولی 0.5% یا کمتر باشد، قرار دادن خم در محل تغییر شیب ضروری نیست. انواع خم‌های سهمی در شکل ۵-۹ نشان داده شده است.

– معیارهای علاوه بر عوامل کنترل‌کننده‌ای که در بندهای قبل در مورد شیب طولی مسیر راه ذکر شد. عوامل کلی دیگری نیز در نظر گرفته می‌شود. در زیر رهنمودهای کلی برای نیمرخ طولی مسیر راه آمده است.

الف) یک خط شیب یکنواخت با تغییرهای تدریجی شیب، هماهنگ با نوع راه و پستی و بلندی طول مسیر، بر خطی شکسته متشکل از قطعه‌های کوچک با شیب‌های متفاوت برتری دارد.

ب) باید به جای نیمرخ طولی با خ‌های گنبدی و کاسه‌ای پی در پی و یا تک گودهای غیرمنتظره، از شیب‌های تدریجی استفاده شود.

پ) باید از ایجاد خط سرپایینی موج‌دار با طول زیاد که موجب افزایش سرعت خودرو سنگین در سرپایینی می‌شود، احتراز شود.

ت) بهتر است از ایجاد سرپایینی با قطعه‌های تغییر شیب متوالی هم برای اجتناب شود.

ث) در سرپالایی طولانی، به‌ویژه در راهی با سرعت طرح کم، بهتر است شیب در نزدیکی قله کاهش داده شود.

ج) در شرایطی که یک تقاطع همسطح در یک قطعه شیب‌دار راهی با شیب متوسط یا زیاد قرار دارد، بهتر است از شیب قطعه در محل تقاطع و حوالی آن کاسته شود.

چ) از بکار بردن خم کاسه‌ای در ترانشه‌ها (خاکبرداری‌ها) اجتناب می‌شود مگر آنکه تخلیه مناسب آب‌های سطحی راه امکان‌پذیر باشد.

– دامدار روستایی یا کتول چر:

دامداریست که در روستا ساکن بوده و معمولاً دامداری فعالیت جنبی او به‌شمار می‌رود و عمدتاً از مراتع حریم روستایی برای تعلیف دام‌های خود استفاده می‌کند.

– دامدار ساکن:

دامداریست که ساکن بوده و علوفه مورد نیاز دام را در محل استقرار از مراتع طبیعی یا کاشت علوفه تامین می‌کند.

- دامدار متحرک:

دامداریست که برای تعلیف دام‌های خود کوچ می‌کند ولی از بافت اجتماعی عشایری تبعیت نمی‌نماید.

- دامدار نیمه محرک:

دامداریست که در یک محل ساکن بوده و فقط در یک فصل (تابستان یا زمستان) دام‌های خود را به خارج از محل سکونت خود (بیلاق یا قشلاق) منتقل می‌نماید.

- درخت Tree:

رستنی خشبی با تنه اصلی قابل تمیز و شاخه‌های مشخصی که تشکیل تاج می‌دهند. ارتفاع آن از ۷ متر متجاوز است.

- درختچه Shrub:

رستنی‌های خشبی که ساقه آنها بطور طبیعی کمی بالاتر از سطح خاک منشعب شده باشد و ارتفاع آن کمتر از ۷ متر می‌باشد.

- دهکده مجاور جنگل:

دهکده‌ایست که اراضی آن حداقل از یک طرف به جنگل متصل باشد.

- راه دسترسی:

راهی برای تامین دسترسی به زمین‌های کنار و یا نزدیک راه.

- رشد سالیانه (Annual Growth) Growth Per Year:

مقدار رشد در یک مقطعی از تحول سنی درخت یا توده جنگلی را رشد سالیانه می‌گویند. به عبارت دیگر رشد متوسط سالیانه عبارتست از نسبت کل رشد در طی سن به طول سن درخت یا توده جنگلی.

- روش دانه‌زاد High-Forest Method:

در این روش تکثیر درختان جنگلی از طریق تجدید حیات به طریق جنسی (با بذر) انجام می‌گیرد.

- روش شاخه‌زاد Coppice Forest Method:

در این روش تکثیر درختان جنگلی به طریق غیرجنسی (باجست) صورت می‌گیرد.

- روش شاخه و دانه‌زاد Coppice and High Forest Method:

در این روش تکثیر درختان از طریق جنسی و غیر جنسی انجام می‌گیرد.

- سال بذردهی Seed Year:

سالی است که درخت شروع به بذردهی می‌کند. سال بذردهی در گونه‌های متفاوت متغیر می‌باشد.

- سرعت طرح:

سرعتی است که طراحی هندسی راه براساس آن صورت می‌گیرد.

- سواره‌رو:

آن بخش از کف راه که برای عبور وسایل نقلیه اختصاص داده شده است.

- سیکل بذردهی Cycle of Seed Production:

حد فاصل دو بذردهی کلی را سیکل بذردهی می‌گویند. در واقع در انتهای سیکل بذردهی درخت بیشترین بذر را تولید می‌کند.

- شاخه قطور Thick Branch:

شاخه‌ایست که قطر آن در محل انشعاب بیش از ۵ سانتیمتر باشد.

-شانه:

آن بخش از کف راه که برای توقف اضطراری وسایل نقلیه اختصاص داده شده است.

-طرح هندسی:

طرح‌بخش‌های قابل رویت مانند مسیر افقی، نیمرخ طولی، فاصله‌های دید، شیب‌ها و نیمرخ عرضی.

-علایم ترافیک:

کلیه علایمی که برای دادن اطلاعات، جلب توجه به وضع راه و یا مقررات نصب می‌شود.

-عملیات اصلاحی جنگل Forest Improvement Action:

شامل کلیه عملیات فیزیکی و مکانیکی که برای ایجاد تسهیلات اعمال مدیریت صحیح و همچنین افزایش کیفی و کمی تولید چوب می‌باشد. مانند تنگ کردن، برداشت‌های بهداشتی، آزاد کردن و غیره.

-فاصله دید:

تامین فاصله دید کافی برای کنترل سرعت خودرو اجتناب از برخورد با موانع غیرمنتظره و تصادف هنگام سبقت‌گیری، از اهمیت بسیاری برخوردار است.

در طرح هندسی راه، از این بخش به منظور تامین فاصله دید کافی در موقعیت‌های مختلف استفاده می‌شود. در تمام طول مسیر، با سرعت طرح باید دید کافی، برای رانندگان تامین و مناطق بدون فاصله دید کافی، با خط‌کشی و علایم، مشخص شود.

- انواع فواصل دید:

فواصل دید در راه به سه دسته زیر تقسیم می‌شود (برای فاصله دید در تقاطع‌ها به فصل هفتم مراجعه گردد).

الف - فاصله دید توقف

ب - فاصله دید سبقت

پ - فاصله دید انتخاب

- فاصله دید توقف:

فاصله دید توقف مسافتی است که خودرو در حال حرکت، پس از مشاهده مانع توسط راننده و عمل ترمز در مسیر خود، طی می‌کند و قبل از برخورد با مانع متوقف شود. این فاصله مجموع دو فاصله است: یکی مسافت طی شده و مدت مشاهده تصمیم‌گیری و واکنش، و دیگری مسافت طی شده پس از ترمز.

- پیچ (قوس افقی)

- معیارهای کلی

تامین ایمنی و جریان مداوم ترافیک برای سرعت طرح معین، دو اصل اساسی طرح هندسی راه است. بنابراین در طرح هندسی ضرورت دارد که کلیه عوامل محدودکننده این دو اصل به گونه‌ای حذف شود یا در صورت امکان، اثر آن‌ها کاهش داده شود. شعاع پیچ از یک طرف به سرعت طرح و از طرف دیگر به پستی و بلندی محل وابسته است.

سرعت طرح، فاصله دید را تعیین می‌کند و از طرف دیگر، فاصله دید همراه با پستی و بلندی محل مورد توجه قرار می‌گیرد زیرا اغلب، فاصله دید، شعاع پیچ بزرگتری را نسبت به سرعت طرح طلب می‌کند. همه عامل‌های ذکر شده مد نظر قرار می‌گیرد تا مشخصات هندسی پلان و نیمرخ طولی و نیمرخ عرضی راه، ایمن، اقتصادی، هماهنگ با طبیعت منطقه و گنجایش راه و متناسب با درجه‌بندی راه باشد.

مشخصات هندسی راه، تعیین‌کننده فاصله دید توقف و گنجایش خواهد بود.

- شیب طولی

- اصول کلی

شیب طولی به شیب سطح تمام شده راه در امتداد مسیر گفته می‌شود. این شیب همان شیب طولی خط پروژه است و بطور عمده به وسیله پستی و بلندی، درجه راه، پیچ، قدرت وسایل نقلیه سنگین، هزینه تملک حریم راه، ایمنی، مسافت دید. هزینه‌های ساخت راه و زهکشی، فرهنگ رانندگی و منظرآرایی کنترل می‌شود. در تمام طول راه، تامین فاصله دید توقف براساس سرعت طرح، ضروری است.

تخلیه آب‌های سطحی بر تعیین شیب طولی راه اثر می‌گذارد. در مناطق هموار، شرایط تخلیه آب‌های سطحی غالباً تعیین‌کننده ارتفاع خط پروژه است. در نواحی تپه ماهور، شیب طولی متغیر و هماهنگ با پستی و بلندی زمین، هزینه ساخت را کم می‌کند، ولی در عین حال کاربرد آن اغلب مطلوب نیست. در نواحی کوهستانی نیز موقعیت مسیر راه، تعیین‌کننده شیب طولی آن است. به هر حال، مقایسه اقتصادی شیب‌های طولی مختلف برای تعیین گزینه بهینه، ضروری است.

- فاصله دید توقف:

حداقل فاصله‌ای که وسیله نقلیه از لحظه مشاهده مانع توسط راننده، تا توقف طی می‌کند.

- قرق جنگل Forest Enclosure:

عبارتست از از محصور نمودن یا ممنوع نمودن قطعه‌ای از جنگل برای چرای دام یا هر گونه دخل و تصرف غیر مجاز، به‌منظور احیای جنگل یا مطالعات اکولوژیک و بررسی تغییرات پوشش گیاهی در شرایط طبیعی.

- کف راه:

آن بخش از سطح راه که برای عبور و توقف اضطراری وسایل نقلیه اختصاص داده شده است.

- کنده Stump:

آن قسمت از تنه درخت که پس از قطع یا شکسته شدن یا سوختن در زمین باقی بماند کنده نامیده می‌شود.

- گرایش جنگل Forest Trend:

جهت تغییرات وضعیت جنگل را گرایش جنگلی می‌گویند.

- گنجایش:

گنجایش به بیشترین تعداد وسایل نقلیه‌ای گفته می‌شود که انتظار می‌رود بتواند ظرف مدت یک ساعت، با کیفیت معین ترافیک و راه از یک مقطع یا طول یکنواختی از یک خط عبور یا راه بگذرد.

- گونه Species:

گروهی از نباتات که اورگانیزم هم‌شکلی داشته و قادر به تلقیح با همدیگر می‌باشند، ضمناً از نظر جغرافیایی کم و بیش مشخص بوده و از نظر ظاهری مشخصات یک شکل دارند و قابل تمیز از سایر گونه‌ها می‌باشند.

- گونه‌های سازگار Adapted Species:

گونه‌هایی هستند که نیازهای اکولوژیک آنها با شرایط محیطی موجود در یک منطقه خاص هم‌آهنگ باشد و قدرت رویش، استقرار و ادامه حیات را در منطقه مورد نظر داشته باشند.

- گونه‌های جنگلی Forest Species:

عبارتند از گونه‌های گیاهی درختی و درختچه‌ای و بوته‌ای که بطور خودرو در اراضی جنگلی می‌رویند.

- مثلث دید:

در تقاطع‌ها به مثلثی گفته می‌شود که یک راس آن در محل فرضی چشم راننده، راس دیگر در محل فرضی وسیله نقلیه مسیر متقاطع و راس سوم آن در محل برخورد دو امتداد عبور قرار دارد.

- محصولات فرعی جنگل Non Wood Production Harvesting:

تولیدات غیرچوبی جنگل نظیر بذور انواع میوه‌ها، قارچ‌ها، ذغال، صمغ و سایر شیره‌های نباتی که در صنایع شیمیایی مورد استفاده قرار می‌گیرند بنام محصولات فرعی جنگل می‌نامند.

- مصارف روستایی:

مصارف روستایی عبارت از مصارف چوبی و سوختی است که مورد نیاز فردی یا دست جمعی ساکنین دهکده‌های مجاور جنگل و جنگل‌نشینان باشد از قبیل مصارف ساختمان‌های مسکونی، مساجد، درمانگاه‌ها، مدارس، انبار، اصطبل، سدهای چوبی، پل، آبدنگ، پادنگ، تلمبار پایه برای محصور کردن مزارع و باغات و محوطه‌ها و امثال آنها.

- مناطق توریستی Tourist Area:

مناطق توریستی هستند که به دلیل جاذبه خاص اعم از جاذبه‌های طبیعی، ملی، تاریخی، تفریحی و تفریحی مورد بازدید یا استفاده افراد غیربومی قرار می‌گیرند.

- مناطق جنگلی Forest Area:

مناطق جنگلی است که در آنها جنگل یا بیشه یا اراضی جنگلی یا بوته‌زارهای جنگلی طبیعی بطور انبوه یا پراکنده وجود داشته باشد.

- نهال Seedling:

درخت جوانی است که دارای ساقه مشخصی بوده و قطر بن آن کمتر ۵ سانتی‌متر و در مورد گونه شمشاد کمتر از ۳ سانتی‌متر باشد.

– هماهنگی پلان و نیمرخ طولی مسیر

امتدادهای افقی و قائم مسیر راه نمی‌تواند مستقل از یکدیگر طراحی شود، بلکه مکمل یکدیگر است. یک ترکیب بد می‌تواند نکته‌های خوب هر یک را از بی‌بردد و معایب را تشدید کند. هرگاه طرح امتدادهای افقی و قائم به‌طور توأم انجام شود، ایمنی راه بیشتر، سرعت یکنواخت‌تر و ظاهر راه خوش‌منظرتر می‌شود. تقریباً همواره می‌توان این اقدام‌ها را بدون تحمیل هزینه‌های اضافی انجام داد.

دستیابی به ترکیب مناسب امتداد افقی و قائم، با مطالعه فنی و در نظر گرفتن کنترل‌های کلی زیر امکان‌پذیر است. الف) بهتر است که تعادل مناسبی بین پیچ و نیمرخ طولی راه موجود باشد (پیچ با شعاع کم با نیمرخ طولی با شیب کم متعادل نیست).

ب) در یک خم گنبدی نباید پیچ تند در قله خم قرار گیرد.

پ) در یک خم کاسه‌ای نباید پیچ تند در کف کاسه قرار گیرد.

ت) در راه دوخطه دوطرفه، لزوم تامین امکان سبقت خودرو به‌طور کاملاً ایمن، معمولاً در قطعه‌های قابل ملاحظه‌ای از طول راه، ایجاد می‌کند که از ترکیب پیچ و خم صرف‌نظر شود.

ث) پیچ و نیمرخ طولی راه باید تا حد امکان در تقاطع و حوالی آن به صورت افقی و ملایم باشد.

ج) در راه جدا شده، بهتر است تغییر در عرض میانه و به کارگرفتن نیمرخ جدا برای هر یک از دو جهت ترافیک مورد توجه قرار گیرد تا طرح راه و عملکرد ترافیک از مزایای راه یک طرفه برخوردار شود.

– Sampling Plot

سطح کوچک و معینی (معمولاً ۱۰ آر) از جنگل که گیاهان و کیفیت و کمیت آنها به‌دقت مورد مطالعه و تحلیل قرار می‌گیرد و نتایج بدست آمده به سطح کل تعمیم داده می‌شود.

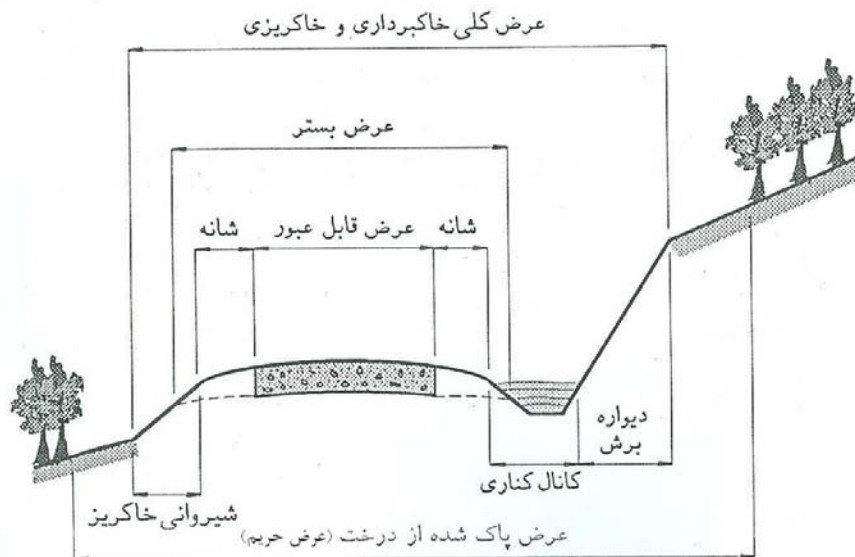
فصل ۲

معیارهای فنی راه‌های جنگلی و

مشخصات آنها

۱-۲- مشخصات هندسی مقطع عرضی راه‌های جنگلی

مقطع عرضی راه‌های جنگلی همانطور که در شکل ۱-۲ نشان داده شده دارای عرض روسازی شده قابل عبور، عرض شانه‌های خاکی، عرض کانال کناری، عرض خاکبرداری، خاکریزی، عرض خالی شده از درخت و عرض حریم راه، شیب عرضی (تاج راه)، بانکت‌ها یا شانه‌های خاکی، شیب دیواره‌ها و فرم مقطع کانال، شیب دیواره‌های خاکبرداری و خاکریزی می‌باشد.



شکل ۱-۲- اجزای مقطع عرضی راه‌های جنگل

۱-۱-۲- عرض روسازی شده (سواره رو Travel Lane)

فاکتورهای موثر در تعیین عرض روسازی شده عبارتند از:

- نوع و ابعاد وسایط نقلیه (به عرض ۲/۲ تا ۲/۵ متر) که ۲/۴ متر را مبنا در نظر می‌گیریم.
- تراکم ترافیک که در مورد راه‌های جنگلی منجر به تصمیم در ایجاد راه‌های یک طرفه و دو طرفه میشود.
- سرعت عبور، که در تعیین میزان فضای اطمینان موثر است و به لحاظ مسایل مربوط به حفظ محیط زیست و جنبه‌های اقتصادی آن سرعت را در راه‌های جنگلی محدود می‌کند.

فضای اطمینان که بستگی به سرعت طرح دارد دو نوع است:

الف- فضای اطمینان بین چرخ و حاشیه راه با لبه داخلی شانه (S1)

ب- فضای اطمینان بین دو کامیون که از پهلوی هم می‌گذرند (S2) که مقادیر هر کدام از این فاکتورها از فرمول ۱-۲ قابل

محاسبه می‌باشد:

$$S_1 = \frac{1/3 \times V^2}{V^2 + V_{10}}$$

(رابطه ۱-۲)

$V =$ سرعت طرح به کیلومتر در ساعت

جدول ۲-۱- مقدار $S1$ برای سرعت‌های مختلف

سرعت طرح Km/h	$S1$ به متر
۱۰	۰/۱۶
۱۵	۰/۳۱
۲۰	۰/۴۶
۳۰	۰/۷۵

فضای بین دو کامیون در عبور متقابل (در راه‌های دو طرفه) را بیشتر برابر با $(S1)$ در نظر می‌گیرند ($S1=S2$) در راه‌های فرعی یا راه‌های جنگلی فاقد شانه مقدار $S1$ را به تناسب باید بیشتر از ارقام داده شده در جدول یک منظور نماییم.

عرض سواره رو در راه‌های جنگلی دو طرفه از فرمول ۲-۲ قابل محاسبه است:

رابطه (۲-۲)

$$F=3S1+2(B-0.32)$$

$B =$ عرض کامیون (به متر)

$F =$ عرض سواره رو (به متر)

جدول ۲-۲- محاسبه عرض سواره رو راه‌های دو طرفه جنگلی برای سرعت‌های مختلف

سرعت طرح Km/h	عرض سواره رو F به متر
۶۰	۷/۲
۴۰	۶/۸
۳۰	۶/۲
۲۰	۵/۵

البته سرعت‌های بالاتر از ۳۰ کیلومتر در ساعت برای راه‌های جنگلی آسفالت، بتونی و ارتباطی مطرح است. برای راه‌های جنگلی دو طرفه عادی و معمولی در شرایط ایران عرض ۶/۲ الی ۶/۵ متر کافی است.

برای راه‌های جنگلی یک طرفه بنا به سرعت طرح بسته به اینکه راه آسفالت، بتونی و یا شوسه باشد عرض معبر از جدول ۲-۳ قابل استخراج است.

جدول ۲-۳- عرض عبور در راه‌های یک طرفه جنگلی شوسه بسته به سرعت طرح

سرعت طرح Km/h	عرض سواره رو m
۴۰	۳/۹
۳۰	۳/۵
۲۰	۳/۲

باید توجه داشت که سرعت‌های بالاتر از ۲۰ تا ۳۰ کیلومتر در ساعت برای راه‌های اصلی جنگلی مطرح نبوده و سرعت‌های بالاتر در راه‌های جنگلی بتونی و آسفالته برای استفاده از تورسیم یا ارتباط روستاها در نظر گرفته می‌شود. باتوجه به جمیع جهات، عرض سواره رو برای راه‌های اصلی یک باندی (یک طرفه) ۳/۵ متر و در راه‌های اصلی دوطرفه ۶/۲ متر می‌باشد.

۲-۱-۲- عرض شانه‌ها

عرض شانه‌های خاکی در دو سمت راه‌های اصلی درجه دوم (یک باندی) جنگلی معمولاً ۰/۵ متر و برای راه‌های اصلی دوباندی (دوطرفه) جنگلی یا راه‌های اصلی درجه یک ۰/۶ تا ۰/۷ متر است. شانه‌ها که در طرفین عرض روسازی شده قرار دارند، چند وظیفه را عهده‌دار هستند. این وظایف عبارتند از: حفاظت مواد متشکله سطح راه (جلوگیری از پرت شدن مصالح به خارج از باند عبور در اثر ضربات چرخها) و تامین عرض اضافی برای موارد اضطراری و در عین حال شانه به منظور حفاظت جان عابران احتمالی (پیاده رو) و توقف اتومبیل در مواقع اضطراری مورد استفاده قرار می‌گیرد. عرض شانه خاکی رابطه مستقیمی با عرض راه و خصوصیات آن دارد. در مواردی که احتمال تعریض راه وجود دارد بهتر است از ابتدا عرض شانه‌ها بزرگتر از ارقام استاندارد اختیار شوند.

جدول ۲-۴- عرض شانه‌ها در راه‌های جنگلی

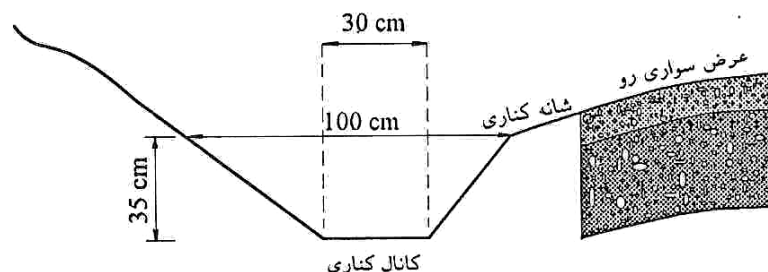
وضعیت دامنه	نوع جاده	عرض شانه در هر طرف
اراضی کم شیب	دو طرفه	۱ متر
	یک طرفه	۰/۷ متر
تپه ماهوری و کوهستانی	دو طرفه	۰/۶ متر
	یک طرفه	۰/۵ متر

در راه‌های جنگلی با توجه به فراوانی باران، شانه‌ها باید هم ارتفاع سطح و لبه سواره رو باشند. عرض شانه نیز مانند عرض سواره رو در پیچ‌های تند و قوس‌ها، باید قدری بیشتر در نظر گرفته شود. راه‌های فرعی جنگلی فاقد شانه و کانال کناری هستند و به طور کلی عرض شانه به وضعیت دامنه و شیب عرضی بستگی دارد. شیب عرضی شانه‌ها حدود ۵ درصد است (کمی بیشتر از شیب عرضی روسازی شده قابل عبور) در صورتی که شانه‌ها دارای پوشش نیز باشند، شیب عرضی آن تا حدود ۸ درصد نیز در نظر گرفته می‌شود.

۲-۱-۳- ابعاد کانال کناری در راه‌های جنگلی

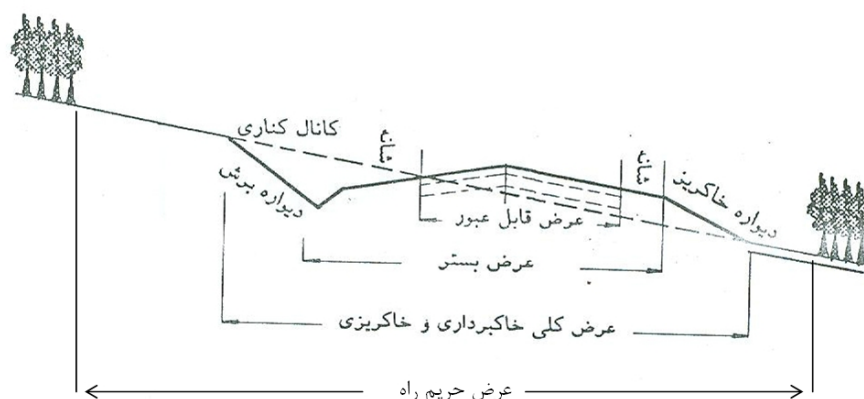
کانال کناری از اجزای بسیار مهم راه‌های جنگلی است زیرا راه‌های جنگلی در مناطق نسبتاً پر باران ساخته می‌شوند. کانال کناری در طول مسیر راه عموماً در سمت دیواره برش یا سمت دامنه احداث می‌گردد. کف کانال باید روی زمین طبیعی قرار گرفته و حتی‌المقدور صاف باشد. کانال وظیفه جمع‌آوری آب‌های سطحی جاری روی دامنه مشرف به راه و نیز آب‌های سطحی راه را به عهده دارد. در مناطق مسطح و در صورتیکه هر دو طرف جاده دامنه خاکبرداری دارد. این کانال باید در هر دو طرف جاده ساخته شود.

مقاطع عرضی کانال در راه‌های جنگلی بسته به روش اجرا و ماشین‌های مورد نظر برای احداث راه و انجام تعمیرات بعدی بصورت V یا دوزنقه ساخته می‌شود.



شکل ۲-۲- کانال کناری با مقطع دوزنقه

عملیات اجرایی و تعمیر و نگهداری کانال‌های با مقطع V آسانتر بوده، لیکن امکان ریزش یا گیر کردن شاخ و برگ در آنها بیشتر است.



شکل ۲-۳- کانال کناری با مقطع V

با آنکه عمق و عرض کانال‌های کناری به میزان آبی که باید از کانال عبور کند بستگی دارد لیکن در راه‌های جنگلی معمولاً ابعاد آن ثابت است، زیرا آب کانال را به خاطر حفظ تعادل جریان طبیعی آب‌های سطح الارضی، جلوگیری از کم آبی موضعی در دامنه‌های پایین دست و جلوگیری از خروج آب زیاد از یک نقطه و جلوگیری از فرسایش موضعی باید به فواصل کم (۵۰ تا ۷۰ متر) از زیر راه (به وسیله آب‌روها) عبور داد و این یک اصل مهم در احداث راه‌های جنگلی به شمار می‌رود.

شیب دیواره کانال باید در حدی باشد که پایداری دیواره‌های طرفین تامین شود (رجوع به فصل ۴). از طرفی کانال‌ها نباید عرض و حریم کلی راه را بیش از یک مقدار منطقی اشغال کنند. در دامنه‌های کم شیب می‌توان شیب دیواره را کمتر (مثلاً یک به چهار) اختیار کرد. در دامنه‌های پرشیب می‌توانیم شیب دیواره را زیادتر کنیم و با اجرای عملیات ساختمانی و محافظتی از ریزش آن جلوگیری نماییم.

عرض کف کانال با مقطع دوزنقه‌ای حداقل ۳۰ سانتیمتر برای تسهیل عملیات پاک‌سازی کف کانال در نظر گرفته می‌شود. حداقل عمق کانال ۳۵ سانتیمتر بوده و کف کانال نباید از سطح زیرسازی راه بالاتر باشد.

۲-۱-۴- تاج راه (Crown)

منحنی فوقانی سطح راه در مقطع عرضی را تاج راه می‌نامند. شیب عرضی در تاج معمولاً ۲ تا ۴ درصد است. این شیب ممکن است به صورت دو خط متقاطع به شکل ۸ باشد. ولی بهتر است تاج به صورت یک قوس محدب دایره‌ای و یا دارای فرم پارابولیک باشد.

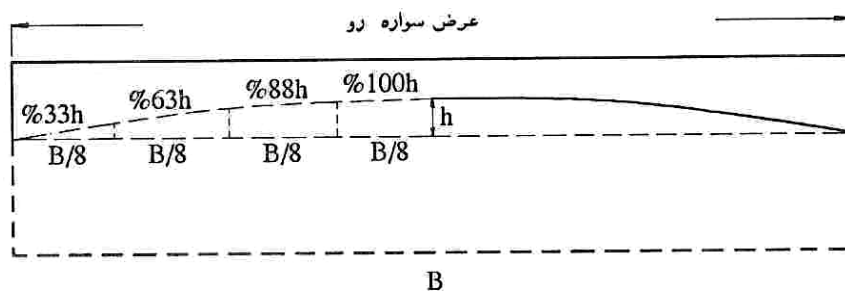
اختلاف ارتفاع بین لبه سواره‌رو و بالاترین نقطه تاج را تاج کلی می‌نامند. (Total Crown) مقدار تاج کلی تقسیم بر فاصله لبه راه تا بالاترین نقطه در سطح راه را درجه تاج (Rate of Crown) گویند. به این ترتیب مقدار تاج کلی را می‌توان با در دست داشتن شیب عرضی تاج و عرض سواره رو از فرمول ۲-۳:

$$\text{رابطه (۲-۳):}$$

شیب عرضی \times عرض سواره رو $= \frac{1}{2}$ تاج کلی

محاسبه کرد و بر مبنای آن اقدام به زیرسازی و روسازی راه نمود. این کار از نظر محافظت راه در مقابل خطرات آب باران و برف حایز اهمیت است. با آنکه فرم ۸ بهترین فرم تاج راه از نظر زهکشی آب‌های سطحی است، لیکن امکان لغزش چرخ‌ها به کناره راه هنگام برف و یخبندان و نازیب بودن آن از جمله معایب این فرم به حساب می‌آید. تاج به صورت منحنی، رانندگی را قابل اطمینان و جاده را زیباتر می‌کند.

مقدار شیب در تاج در عین حال به شیب طولی آن بستگی دارد. در قسمت‌هایی از راه که شیب طولی زیاد است (۸٪) شیب ۲٪ برای تاج کافی است ولی در قسمت‌های کم‌شیب‌تر (با شیب طولی ۳ تا ۴٪) شیب تاج را حدود ۴٪ در نظر می‌گیرند.



شکل ۲-۴- تاج راه‌های جنگلی

با توجه به عرض سواره رو (B) و شیب در مقطع عرضی راه (p) مقدار ارتفاع تاج (h) از رابطه ۲-۴ بدست می‌آید.

رابطه ۲-۴ :

$$h = \frac{B \times P}{2}$$

شیب تاج علاوه بر شیب طولی، به نوع راه و روسازی (جدول شماره ۲-۵) نیز بستگی دارد.

جدول ۲-۵- شیب تاج راه با توجه به نوع راه

شیب تاج	نوع راه
۱/۵ تا ۳ درصد	آسفالته
۱/۵ تا ۱ درصد	بتونی
۲ تا ۵ درصد	شنی و شوسه
۵ تا ۷ درصد	خاکی

شیب‌های بیشتر علاوه بر آنکه اشکالاتی در موقع رانندگی به وجود می‌آورند، موجبات ساییدگی یک طرفه لاستیک را نیز فراهم می‌کنند. لازم است شیب تاج در قسمت زیرسازی راه نیز رعایت شود. معمولاً شیب مقطع عرضی در زیرسازی را قدری بیشتر از شیب تاج در نظر می‌گیرند. شیب تاج در راه‌های جنگلی با توجه به محدودیت سرعت بیشتر از راه‌های عمومی است. این شیب در قوس‌ها با شیب در محورهای مستقیم راه تفاوت دارد. در قوس‌ها شیب عرضی یک طرفه است تا با نیروی گریز از مرکز مقابله کند که به آن شیب ویژه می‌گویند.

۲-۱-۵- شیب ویژه (Super Elevation)

شیب ویژه به سرعت طرح، شعاع قوس و ضریب اصطکاک سطح راه بستگی دارد. مقدار شیب ویژه نباید از ۰.۸٪ بیشتر شود زیرا در شیب‌های بیشتر، خطراتی برای رانندگانی که با سرعت کم عبور می‌کنند به وجود می‌آید. مقدار شیب ویژه از ۲ تا ۳ درصد نباید کمتر باشد. در راه‌های جنگلی، به‌ویژه برای شعاع‌های بزرگتر از ۲۵ متر، شیب ویژه لازم نبوده و کافی است شیب تاج یک طرفه در نظر گرفته شود.

۲-۲- مشخصات هندسی مقاطع طولی راه‌های جنگلی

۲-۲-۱- مشخصات و ابعاد هندسی پلان در راه‌های جنگلی

پلان راه همان محور طولی است که در عکس‌های هوایی و نقشه‌های اراضی وضعیت مسیر راه را نشان می‌دهد و متشکل است از خطوط مستقیم (تانزانته‌ها) که دارای امتدادهایی مختلف هستند و یکدیگر را در نقاطی قطع می‌کنند، مهم‌ترین اجزا در پلان راه عبارتند از تانزانته‌های محور افقی، مشخصات هندسی قوس افقی، تعریض در قوس‌های افقی و فاصله اطمینان دید.

۲-۱-۲-۱- تانژانت در محور افقی یا پلان راه

هر قدر طول تانژانت‌ها (خطوط مستقیم در محور طولی افقی) بیشتر و قوس‌های متصل کننده آنها (قوس‌های افقی) با شعاع بزرگتری باشد کیفیت راه از نظر سهولت و امنیت عبور بهتر است. رسیدن به این هدف در راه‌های جلگه‌ای آسان است. در راه‌های جنگلی کوهستانی به تناسب دشواری منطقه و پستی و بلندی‌ها، ناگزیر باید از این اصل صرف‌نظر کرد و طول تانژانت‌ها و شعاع قوس‌ها را در محدوده امکانات (از نظر صرفه جویی‌های اقتصادی و جلوگیری از تخریب سطح جنگل در اثر خاکبرداری و خاکریزی) کوچکتر انتخاب نمود. در عین حال باید تا حد امکان از ایجاد پیچ‌های تند و پشت سرهم (تانژانت‌های کوتاه) و تغییر جهت‌های پی در پی خسته کننده و مخفی از دید راننده که احتمال بروز تصادف‌ها را بالا می‌برد، پرهیز گردد.

در راه‌های جنگلی کوهستانی باید تا حد امکان از ورود قسمتی از راه با تانژانت‌های بلند به قسمتی با تانژانت‌های کوتاه و متناوب با تغییر جهت‌های زیاد جلوگیری شود.

بدیهی است در تنظیم تانژانت‌ها باید به مقدار زیاد از خطوط میزان پیروی کرد. طول تانژانت‌ها نباید از حداقل معینی کمتر باشد. این حداقل به زوایای بین تانژانت‌ها و طول شعاع مورد نظر بستگی دارد بطور کلی لازم است بین دو قوس متوالی یک حداقل فاصله مستقیم برابر ۱۰ متر وجود داشته باشد.

جدول ۲-۶- طول شعاع قوس بر حسب نوع راه

نوع راه	حداقل طول شعاع (متر)
اصلی درجه یک (دوطرفه یا دو بانده)	۲۲ متر
اصلی درجه دو (یک طرفه یا یک بانده)	۱۶ متر
فرعی یا درجه سه (یک طرفه)	۱۲ متر

هر قدر پیچ تنگ‌تر (و یا درجه قوس بیشتر) باشد، عبور وسایط نقلیه مشکل‌تر خواهد بود. در قوسی به شعاع r بین زاویه مرکزی β طول L رابطه ۵-۲ برقرار خواهد بود:

رابطه ۵-۲:

$$\beta = \frac{57/3L}{r}$$

در رابطه فوق چنانچه r و L از یک واحد اختیار شود، مقدار β (زاویه قوس) بر حسب درجه خواهد بود.

۲-۱-۲-۲- شعاع در قوس‌های افقی

به‌طور کلی حداقل طول شعاع قوس‌های افقی به عوامل زیر بستگی دارد:

- سرعت طرح (Design Speed)

- فرم و وضعیت زمین از نظر شرایط توپوگرافیک و شیب دامنه‌ها

- وضعیت خاک

- حدود و امکانات استفاده از شیب ویژه

- طول کامیون‌های حامل چوب
- طول گرده بینه‌ها یا تنه‌ها
- امکانات مالی
- اهمیت جنگل از نظر حفاظتی، زیست محیطی، سیاحتی و غیره
- شیب طولی راه (حداکثر شیب)

در اراضی کوهستانی طراحی قوس‌های افقی و در اراضی جلگه‌ای طراحی قوس‌های قائم حایز اهمیت بیشتری است. در اراضی کم شیب بهتر است به جای تانژانت‌های بلند و قوس‌های با شعاع کم از تانژانت‌های کوتاه‌تر و قوس‌های با شعاع بیشتر استفاده شود.

چگونگی ورود تانژانت‌ها به قوس‌های افقی در راه‌های عمومی دارای اهمیت است ولی در راه‌های جنگلی (به علت سرعت کم) قابل توجه نیست. مناسب‌ترین فرم قوس در راه‌های جنگلی فرم دایره‌ای است (جدول ۶ حداقل شعاع قوس در راه جنگلی شمال ایران). در راه‌های جنگلی لازمست حداقلی برای طول قوس ملاک عمل قرار گیرد. توصیه می‌شود حداقل طول قوس در محور وسط جاده معادل ۱۵ متر انتخاب شود.

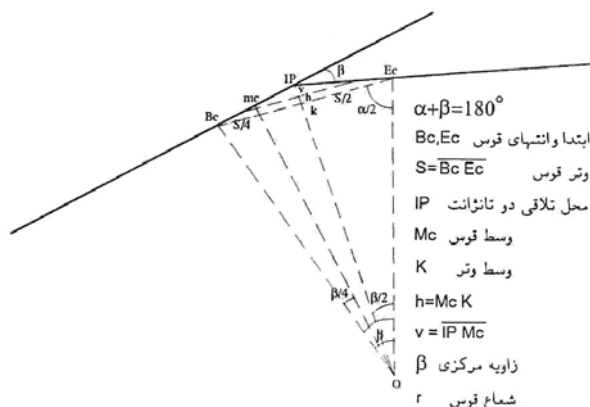
برای رعایت حداقل طول قوس لازم است در مواقعی که زاویه مرکزی قوس کوچک است مقدار حداقل طول شعاع محاسبه شود. برای محاسبه حداقل طول شعاع در این موارد می‌توان از رابطه ۲-۶ استفاده نمود.

رابطه ۲-۶:

$$r_{\min} = \frac{15}{\operatorname{tg} \frac{\beta}{2}}$$

که در آن r_{\min} حداقل طول شعاع برای تامین طول یک قوس به اندازه ۱۵ متر و β زاویه مرکزی قوس (شکل ۲-۵) است و این حالت موقعی پیش می‌آید که زاویه α از حدود ۱۶۰ درجه بزرگتر باشد.

در شکل ۲-۵ مشخصات استاندارد مربوط به قوس داده شده است. لازم به ذکر است که کلیه ارقام استاندارد در محور طولی راه به محور وسط جاده مربوط می‌شود.



شکل ۲-۵- مشخصات قوس در راه‌های جنگلی

۲-۲-۱-۳- مقدار تعریض در قوس‌های افقی

در راه‌های جنگلی به‌خصوص در صورتی که عبور کامیون‌های دارای طول زیاد و تریلرها لازم باشد، بهتر است راه در محل قوس‌های افقی تعریض شود.

دلیل این کار آنست که معمولاً در شرایط فوق، به ویژه اگر شعاع قوس کوچک باشد، مسیر چرخ‌های عقب کامیون از مسیر چرخ‌های جلو آن (به سمت داخلی قوس) منحرف می‌شود و خطرات و ضایعاتی را برای کامیون و راه به وجود می‌آورد.

مقدار تعریض برای مقابله با این پدیده در طول قوس‌های افقی را می‌توان از استانداردهای آمریکایی برای راه‌های جنگلی از رابطه ۲-۷ محاسبه کرد.

رابطه ۲-۷:

$$W = \frac{250}{r}$$

که در آن W مقدار تعریض و r شعاع قوس هر دو برحسب فوت و ۲۵۰ عددی ثابت است. فرمول فوق در سیستم متریک به صورت رابطه ۲-۸ نوشته می‌شود:

$$W = \frac{250}{9r}$$

رابطه ۲-۸:

که در آن مقادیر W و r به متر است.

بهتر است مقدار تعریض در قسمت داخلی قوس (سمت مرکز دایره) واقع شود تا با انحراف چرخ‌های عقب متناسب باشد و در ضمن به ایجاد قوس‌های مضاعف در دو قسمت خارجی نیاز نباشد.

در پیچ‌های متوالی و خلاف جهت بهتر است نصف مقدار تعریض در قسمت داخلی و نصف دیگر آن ($W/2$) در قسمت خارجی قوس منظور گردد. قسمت تعریض شده در طول قوس را باید در دو قسمت قوس در فاصله‌ای معین مستهلک نمود. این فاصله معادل نصف طول قوس مناسب است. برای محاسبه نصف طول قوس، طول لبه قوس (لبه خارجی برای سمت خارج و لبه داخلی برای سمت داخلی قوس) در نظر گرفته می‌شود. این فاصله نباید از $7/5$ متر کمتر و از 15 متر بیشتر باشد.

۲-۲-۱-۴- فاصله اطمینان دید برای سبقت و توقف در قوس‌های افقی

رعایت فاصله اطمینان دید لازمست، تا راننده بتواند قبل از برخورد با مانع احتمالی، وسیله نقلیه را کنترل نماید. فاصله دید عامل مهمی در امنیت عبور می‌باشد و لازمست با توجه به سرعت طرح، حداقلی برای آن منظور شود.

حداقل فاصله دید برای راه‌های یک طرفه و راه‌های دو طرفه (سبقت ممنوع) و همچنین راه‌های سبقت مجاز متفاوت است. بطور کلی در راه‌های جنگلی کوهستانی اعم از یک طرفه و دو طرفه سبقت ممنوع است و برای سبقت گرفتن لازم است اتومبیل جلویی کنار کشیده و توقف نماید.

فاصله دید برای راه‌های یک طرفه و راه‌های دو طرفه سبقت ممنوع، فاصله دید توقف نامیده می‌شود.

فاصله دید توقف تحت تاثیر دو عامل قرار دارد، یکی سرعت طرح و دیگری مقدار ضریب اصطکاک چرخ و سطح راه. این ضریب برای راه‌های جنگلی شنی و شوسه معمولاً برابر $0/4$ است. در صورت لزوم بهتر است ضریب واقعی در محل از طریق آزمایش بدست

آید. مقدار ضریب، خود بستگی به سرعت طرح دارد و هر قدر سرعت طرح بیشتر باشد ضریب اصطکاک در یک راه و محل مشخص کاهش می‌یابد. به عنوان مثال این ضریب برای پوشش آسفالت در حالت خشک بودن سطح راه و سرعت ۵۰ کیلومتر در ساعت حدود ۰/۶۲ است در حالی که در همان شرایط برای سرعت ۱۱۰ کیلومتر به ۰/۵۵ تقلیل می‌یابد. (برای همین پوشش آسفالت در حالت مرطوب بودن، ضریب اصطکاک به ترتیب ۰/۳۶ و ۰/۲۹ کاهش می‌یابد).

با توجه به مراتب فوق فاصله اطمینان دید برای توقف با در نظر گرفتن سرعت طرح و ضریب اصطکاک چرخ با سطح راه منظور می‌گردد. در مورد راه‌های جنگلی شمال ایران که دارای حداقل طول شعاع معادل ۱۶ متر می‌باشند (راه‌های اصلی درجه ۲ یا یک طرفه) سرعت در پیچ‌های با شعاع کم به حداقل تقلیل داده می‌شود (برای مقابله با نیروی گریز از مرکز) و به این ترتیب فاصله اطمینان دید که بستگی به عامل سرعت نیز دارد کاهش می‌یابد. از این رو سعی شده است فاصله اطمینان دید، برای توقف در راه‌های اصلی یک طرفه را مطابق کوچکترین استانداردهای موجود (و مناسب) انتخاب تا بدینوسیله تا حد امکان از عقب نشینی دیواره‌های راه و تخریب جنگل جلوگیری شود. (جدول شماره ۲-۷) در تعیین فاصله دید مطمئن یکی از معیارهای قابل قبول رابطه ۲-۹ است:

رابطه ۲-۹:

$$S = V + \frac{0.13V^2}{30F}$$

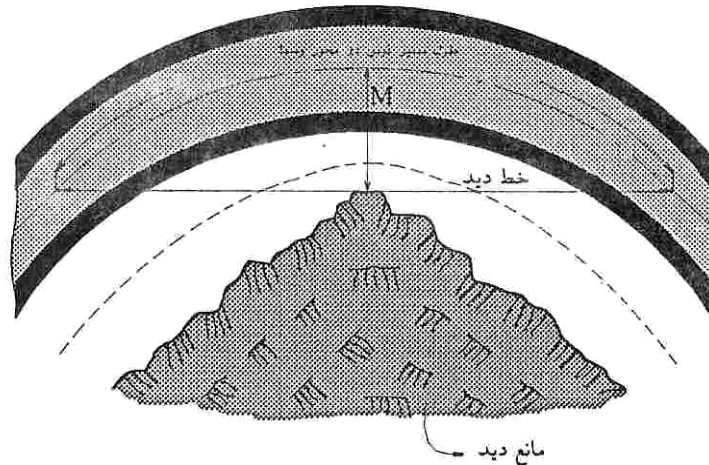
که در آن S فاصله دید بر حسب متر، V سرعت بر حسب کیلومتر در ساعت و F ضریب اصطکاک چرخ و سطح راه (درصد) است.

جدول ۲-۷- فاصله اطمینان دید

S فاصله دید برای توقف (متر)			سرعت مجاز کیلومتر در ساعت
F = ۰/۲	F = ۰/۳	F = ۰/۴	
۱۲	۱۱/۵	۱۱	۱۰
۲۰	۱۸	۱۷/۵	۱۵
۲۹	۲۶	۲۵	۲۰
۳۹	۳۴	۳۲	۲۵
۵۰	۴۳	۴۰	۳۰
۶۱	۵۳	۴۸	۳۵
۷۵	۶۳	۵۷	۴۵

فاصله اطمینان دید برای راه‌های دو طرفه سبقت ممنوع معادل $\frac{2}{3}$ فاصله دید برای راه‌های اصلی یک طرفه است. مقادیر S فاصله اطمینان دیدی است که تا قبل از برخورد به مانع احتمالی بتوان اتومبیل را کنترل نمود. در قسمت‌های مستقیم راه فاصله دید در حد کافی تامین است و در صورتی که موانعی مانند شاخه و تاج درختان کناره راه، مانع دید کافی شود باید آن را از میان برداشت. فاصله دید، در سر قوس‌ها بخصوص قوس‌هایی که از روی یال‌ها می‌گذرد (در سمت دیواره برش) به علت وجود دیواره‌ها دچار اشکال

می‌شود. در صورتی که این دیواره‌ها مانع دید راننده (در حد فاصله دید لازم) شود ناچار باید دیواره را قدری عقب برد که در این صورت عملیات خاکبرداری زیاد می‌شود. برای جلوگیری از خاکبرداری و تخریب بیش از حد جنگل دیواره را از ارتفاع ۱/۲ متر به بالا به اندازه‌ای عقب می‌بریم که حداقل فاصله اطمینان دید تامین شود. برای محاسبه این مقدار باید مقدار فاصله محور راه و نقطه تماس خط دید با مانع طبیعی (M) محاسبه شود.



شکل ۲-۶- فاصله دید و مقدار M در جاده‌های یک خطه (Single line)

مقدار (M) از رابطه ۱-۱۰ قابل محاسبه است:

رابطه ۲-۱۰:

$$M = r(1 - \cos \frac{\beta}{2}) - (\frac{W}{2} + 1.5)$$

که در آن شعاع قوس، W عرض سواره رو و M همگی برحسب متر و β زاویه مرکزی قوسی به طول شعاع دید می‌باشد. در جدول شماره ۲-۸ مقادیر M را برای راه‌های یک طرفه اصلی، که در آن W برابر ۳/۵ متر، سرعت طرح ۲۰ کیلومتر در ساعت و ضریب اصطکاک چرخ و زمین ۰/۴ در نظر گرفته شده، نشان می‌دهد.

جدول ۲-۸- مقدار M

M برحسب متر	$\beta/2$ برحسب درجه	جدول شعاع برحسب متر
۱/۴	۴۴/۷	۱۶
۱/۱۵	۴۲/۱	۱۷
۰/۹۰	۳۹/۸	۱۸
۰/۷۰	۳۷/۷	۱۹
۰/۵۰	۳۵/۸	۲۰
۰/۴۰	۳۴/۱	۲۱
۰/۲۰	۳۲/۳	۲۲

در راه‌های جنگلی با کم شدن ضریب اصطکاک سطح راه و لاستیک وسایط نقلیه مقدار M زیاد خواهد شد که نتیجه آن افزایش عملیات خاکبرداری دیواره‌ها در قوس‌ها و تخریب جنگل خواهد بود و برعکس. به همین جهت در روسازی راه‌های جنگلی باید چنان عمل شود که ضریب اصطکاک سطح از $0/4$ کمتر نباشد.

ضمناً باید توجه داشت که با توجه به میل دیواره‌ها و این واقعیت که دیواره‌ها از ارتفاع $1/2$ متر به بالا عقب برده می‌شوند (ارتفاع دید راننده)، مقدار عقب نشینی کمتر از مقدار M خواهد شد (تنها در صورتی که دیواره کاملاً عمودی باشد مقدار عقب نشینی برابر M است).

در راه‌های جنگلی دوطرفه در مقایسه با راه‌های یک طرفه با توجه به کوچکتر بودن S و بزرگتر بودن r عقب نشینی دیواره‌ها عملاً برای ضریب $F=0/4$ لازم نیست. لازم است عقب نشینی در دیواره‌ها به طول $7/5$ متر (حدود $1/2$ طول کامیون با بار) از دو سمت قوس یعنی قبل از شروع قوس و بعد از خاتمه قوس ادامه یابد، به طوری که در انتهای آن مقدار M مستهلک شود.

۲-۲-۲- مشخصات نیمرخ طولی خط پروژه (محور راه)

نیمرخ طولی محور راه همان خط پروژه است که آن را $grade\ line$ نیز می‌نامند. این محور از تعدیل نیمرخ طولی مسیر راه ناشی از تراز یابی محور راه بدست می‌آید و باید دارای مشخصات و معیارهای مخصوص به خود باشد.

مهمترین اجزای نیمرخ طولی عبارتند از:

- شیب‌های طولی
- قوس‌های قائم
- فاصله اطمینان دید در قوس‌های قائم

۲-۲-۲-۱- شیب‌های طولی در راه‌های جنگلی

حداکثر شیب مجاز در طراحی راه‌ها بستگی به نوع ماشین‌ها، چگونگی تردد و سرعت طرح دارد. گذشته از آن عواملی چون وضعیت توپوگرافیک منطقه، جهت حمل بار، آستانه فرسایش (فرسایش آبی)، نوع خاک، نوع روسازی و درجه اطمینان عبور، از عوامل تعیین کننده شیب طولی به شمار می‌روند.

در راه‌های عمومی ازدیاد شیب، کندی حرکت (حمل بار از دو سمت) و افزایش هزینه‌های عبور و تعمیرات را موجب می‌شود. در راه‌های جنگلی نیز که بار در یک جهت (از سمت کوه و جنگل به خارج) حمل می‌شود، شیب طولی را نمی‌توان از حدود منطقی و اقتصادی بیشتر (یا کمتر) گرفت زیرا شیب زیاد مستلزم ترمزهای شدید، متوالی و خطرناک است و نهایتاً هزینه‌های استهلاک سطح راه و لاستیک‌ها را افزایش داده و خطرات فرسایش آبی را تشدید می‌نماید.

از آنجایی که اتومبیل‌ها و وسایل مختلف جنگلی از قبیل کامیون‌ها و تراکتورها و غیره عمل و عکس‌العمل‌های مختلفی در مقابل شیب طولی دارند، در تنظیم شیب طولی راه‌های جنگلی باید خصوصیات این وسایل در نظر گرفته شود. به عنوان مثال شیب در مسیرهای چوب‌کشی خیلی بیشتر از مسیر راه‌های اصلی است.

در راه‌های جنگلی با توجه به یک طرفه بودن جهت حمل حداکثر طول مسیر با شیب ۸ درصد منفی را، ۱۵۰ متر در نظر می‌گیرند. شیب ۸/۵ تا ۹ درصد در فواصل کوتاه یعنی کمتر از ۵۰ متر، در صورت اضطراری قابل تحمل است. آستانه فرسایش آبی در سطح راه‌های شوسه جنگلی شیب ۸ درصد است.

در راه‌های اصلی درجه یک (دوطرفه) جنگلی حداکثر شیب طولی ۸ درصد است. در راه‌های ارتباطی شیب طولی تابع شرایط برون مرزی جنگل و نیز شرایط راه‌های عمومی و استانداردهای مربوطه است.

در راه‌های فرعی جنگل (راه خاکی یک طرفه) شیب حداکثر در جهت حمل بار (شیب منفی) معادل ۱۲- درصد و در صورت اضطراری تا ۱۴- است.

حداکثر شیب مثبت در راه‌های جنگلی ۵ تا ۶ درصد و در مواقع اضطراری تا ۷ درصد خواهد بود.

در راه‌های فرعی تردد باید به ایام یخبندان یا ایام خشک و گرم محدود باشد. در مسیرهای چوب‌کشی و تراکتور رو حداکثر شیب طولی ۱۵- درصد و در صورت لزوم تا حداکثر ۲۰- درصد خواهد بود. گاه شیب‌های بیش از ۲۰- درصد نیز، اگر تدابیر لازم برای مقابله با خطرات فرسایش آبی اتخاذ شده باشد (مانند ایجاد شیارهای مورب برای گذر آب در فواصل مناسب، تسطیح و بذریاشی پس از حمل چوب) مجاز خواهد بود.

از آنجا که شیب طولی راه پس از ساختن راه غیر قابل اصلاح است، لازم است در مورد آن دقت بیشتری به عمل آید. صرفه‌جویی در عرض راه گاه منطقی است ولی صرفه‌جویی با انتخاب شیب بیشتر همیشه غیرعقلانه است.

لازم است شیب طولی راه‌های جنگلی را در امتداد قوس‌های با شعاع کوچک (۱۶ متر) به ۵ درصد کاهش داد. کاهش شیب از فاصله ۳۰ متری قوس، شروع و تا ۳۰ متر پس از قوس (در مسیر تانژانتی) مستهلک می‌شود. در جدول شماره ۲-۹ مقدار شیب طولی، در قوس‌های راه‌های اصلی یک باندی به تناسب طول شعاع داده شده است. جدول شماره ۲-۱۰ مقادیر حداقل و حداکثر شیب در راه‌های جنگل را نشان می‌دهد.

جدول ۲-۹- مقدار شیب طولی در امتداد قوس‌ها

طول شعاع به متر	حداکثر شیب طولی %
۲۰ تا ۱۶	۵
۲۵ تا ۲۰	۶-۷
۳۰ تا ۲۵	۷-۸
بیشتر از ۳۰	۸

جدول ۲-۱۰- مقدار حداکثر و حداقل شیب در جاده‌های جنگلی

مقدار شیب	نوع جاده	حداکثر شیب منفی %	حداکثر شیب مثبت %	حداقل شیب %
اصلی دوطرفه		۷-(-۸)	۵+(۶تا۷+)	±۲
اصلی یک طرفه		۸-(-۹)	۵+(۶تا۷+)	بیشتر از ۳% یا کمتر از ۳%
فرعی		۱۲-(-۱۴)	۵+(۶تا۷+)	بیشتر از ۵% یا کمتر از ۵-%
مسیرهای چوب کنشی		۱۵-(-۲۰)	۱۰+(۱۲+)	بیشتر از ۵% یا کمتر از ۵-%
ارتباطی	تابع شرایط جاده‌های عمومی			

حداکثر شیب طولی در مسیر سرسره چوب در اراضی خشک تا ۲۵- درصد (حداکثر تا ۴۰ درصد در کار تابستانه) می‌باشد.
حداکثر شیب طولی در مسیر سرسره چوب در اراضی مرطوب ۶- تا ۵- درصد (حداکثر ۲۵ درصد در کار زمستانه، روی برف و یخ) می‌باشد.

در مقام مقایسه، حداکثر شیب در اتوبان ۴ درصد است که در موارد استثنایی و در فواصل کم این مقدار تا ۸ درصد نیز افزایش می‌یابد. در راه‌های جنگلی، برای اینکه آب باران و برف با سرعت بیشتری از سطح راه خارج و امکان نفوذ آب و تخریب راه کمتر شود، رعایت شیب به عنوان حداقل ضروریست.

این حداقل برای راه‌های اصلی ۴ درصد است، در صورتی که راه از روی دامنه با شیب کمتر از ۴ درصد می‌گذرد، بهتر است شیب ±۳ درصد در نظر گرفته می‌شود. (جدول ۲-۱۰)

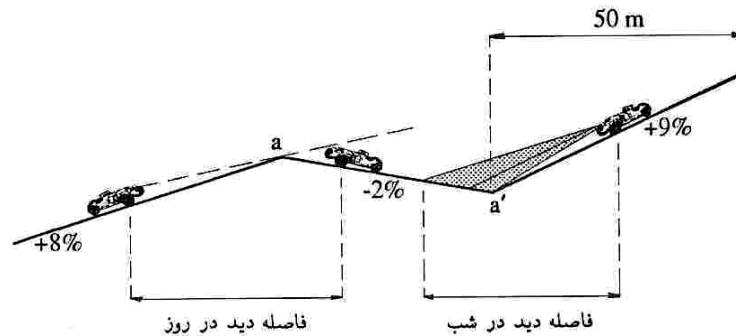
به‌عنوان مقایسه، درصد شیب راه‌های جنگلی در ارتباط با سرعت طرح و نوع کامیون‌های حامل چوب براساس استانداردهای آمریکایی در جدول ۲-۱۱ آورده شده است استفاده از ارقام جدول ۲-۱۱ مناسب جنگل‌های شمال ایران نیست و فقط به منظور نشان دادن ارتباط سرعت طرح و شیب راه جنگلی می‌باشد.

جدول ۲-۱۱- شیب جاده با توجه به سرعت طرح

شیب جاده‌های جنگلی (درصد)			سرعت طرح بر حسب مایل در ساعت
کامیون ۵ محور حمل چوب	کامیون ۳ محور حمل چوب	کامیون ۲ محور حمل چوب	
۶	۱۱	۱۵	۱۰
۴/۵	۸	۱۲/۵	۱۵
۳	۶	۱۰	۲۰
۲/۲	۴/۲	۷/۸	۲۵
۱/۶	۳/۳	۶/۳	۳۰

۲-۲-۲-۲- قوس‌های قائم و فاصله اطمینان دید و مشخصات آن برای راه‌های جنگلی

از برخورد خطوط مستقیم نیمرخ محور طولی (خط پروژه یا Grade line) که دارای شیب‌های مختلفی هستند زوایایی به وجود می‌آید که مانع دید رانندگان در فاصله لازم خواهد بود. این زوایا ممکن است برآمده (Crest) و یا مقعر (Sag) باشند. در شکل ۷-۲ این وضعیت‌ها نشان داده شده است.



شکل ۷-۲- فاصله دید در شب و روز

در طراحی این قوس‌ها ابتدا باید فاصله اطمینان دید برای توقف (Stopping Sight distance) برای جلوگیری از برخورد وسیله نقلیه با ماشین یا وسیله دیگری که در روبرو قرار دارد، و یا فاصله اطمینان دید برای سبقت در راه‌های دو یا چند خطه و در شرایط سبقت مجاز (Passing Sight distance) معین شود. عواملی چون سرعت طرح، ضریب اصطکاک سطح راه، تفاضل جبری شیب در دو سمت (در شکل ۷-۲ در دو سمت نقاط a یا a')، ویژگی رانندگان، سرعت معمولی وسایل سبقت گیرنده و مورد سبقت (در فاصله دید برای سبقت مجاز) و غیره از جمله عواملی هستند که در تعیین فاصله دید موثرند و باید مورد توجه قرار گیرند.

برای راه‌های جنگلی درجه یک انتخاب فاصله اطمینان برای سبقت، در کلیه نقاطی که این امر به علت لزوم انتخاب فواصل دید طولانی (در حدود چهار برابر فاصله دید برای توقف) و طراحی قوس‌های قائم با شعاع بزرگ، موجبات بالا بردن حجم عملیات خاکی غیرموجه را فراهم می‌کند مطرح نخواهد بود و لازمست به طور کلی در نقاطی که فاصله دید برای سبقت مساله‌ساز است تابلوی سبقت ممنوع نصب شود.

بطور کلی برای راه‌های جنگلی در صورتی که در مسیریابی مسیر هادی و بخصوص در تنظیم خط پروژه، اصول مربوط به طراحی این خطوط رعایت شود، قوس‌های قائم با مشخصات مطلوب در محور طولی (Grade line) بخودی خود ایجاد می‌گردد. رعایت این اصول مبتنی بر تغییرات شیب در مسیر هادی معادل حداکثر یک درصد در حداقل ۱۰ متر فاصله و در خط پروژه در جدول شماره ۱۲-۲ آمده است :

جدول ۱۲-۲- تغییرات شیب طولی قوس‌های قائم در خط پروژه

نوع جاده	حداکثر تغییر شیب در یک نقطه	حداقل فاصله بین دو نقطه با تغییر شیب	طول شعاع قوس قائم
راه درجه یک جنگلی (یک طرفه)	۲درصد	۱۰متر	۵۰۰متر
راه درجه دو جنگلی (یک طرفه)	۲/۵درصد	۱۰متر	۳۰۰-۴۰۰متر
راه فرعی جنگلی	۴درصد	۵متر	۲۵۰متر

همچنین برای طراحی قوس‌های عمودی می‌توان به خوبی از استانداردهای آمریکایی مربوط به راه‌های شوسه و خاکی جنگلی که مشخصات آن در شکل‌های ۲-۸، ۲-۹، ۲-۱۰ نقل شده است استفاده کرد.

در شکل‌های ۲-۸، ۲-۹، ۲-۱۰ فاصله دید برای توقف در راه‌های یک طرفه و دو طرفه براساس سرعت طرح (مایل در ساعت) و طول قوس‌های قائم داده شده است. خط نقطه چین نشان دهنده زمانی است که فاصله دید با طول قوس عمودی برابر می‌باشد. برای محاسبه طول شعاع قوس قائم می‌توان از رابطه ۲-۱۱ استفاده کرد:

رابطه ۲-۱۱:

$$r = \frac{100L}{A}$$

که در آن L طول قوس قائم (موقعی که مقدار آن برابر فاصله دید است یعنی $S=L$)، r طول شعاع قوس قائم و A تفاضل جبری شیب در دو سمت نقطه تغییر شیب می‌باشد. به عنوان مثال در نقطه a شکل ۲-۷ مقدار A برابر است با $A=9-(-2)=11$

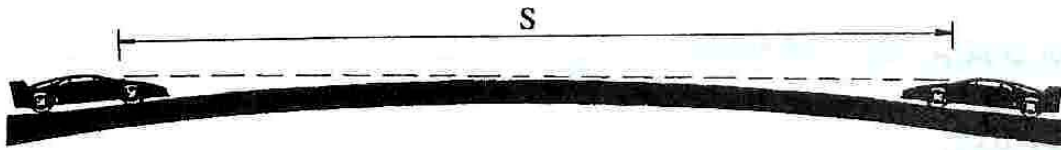
براساس استانداردهای فوق طول شعاع قوس قائم برای راه‌های اصلی دو خطه (درجه یک) یا دو طرفه جنگلی برای سرعت طرح معادل ۲۰ مایل در ساعت و فاصله دید برای توقف حدود ۱۱۳۵ فوت یعنی ۳۸۰ متر خواهد بود. طول شعاع قوس قائم راه‌های یک خطه (درجه ۲) برای هر سرعت طرح ۱۵ مایل، برابر ۱۲۰۰ فوت یعنی حدود ۴۰۰ متر در نظر گرفته شده است.

شکل ۲-۸ فاصله توقف در جاده‌های یک خطه دو طرفه و طول قوس قائم (S) برحسب فوت را نشان می‌دهد.

ارتفاع چشم راننده ۱۲۰ و ارتفاع اتومبیل مقابل ۱۵۰ سانتیمتر در نظر گرفته می‌شود.

شکل ۲-۹ فاصله توقف در راه‌های دو خطه و طول قوس قائم (S) برحسب فوت را نشان می‌دهد.

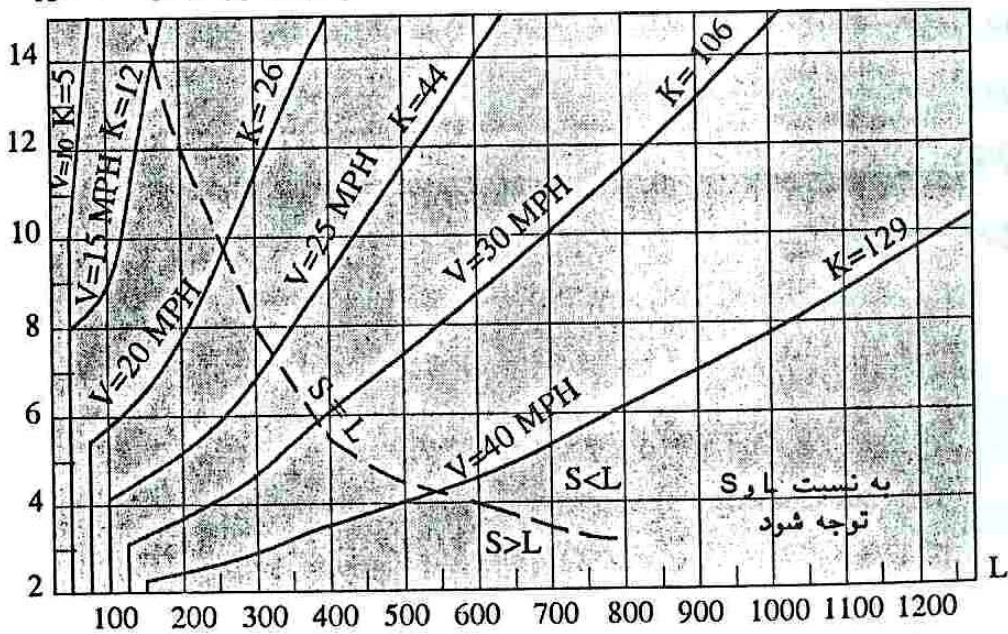
ارتفاع شیبی مقابل خودرو ۱۶ و ارتفاع چشم راننده از سطح راه ۱۲۰ سانتیمتر فرض شده است.



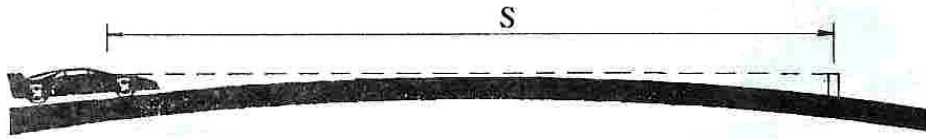
L = طول قوس قائم FEET
 A = تفاضل جبری شیب در دو سمت (%)
 S = فاصله دید (FT)
 V = سرعت طرح (M.P.H) "S"
 $S > L$ $L = 2S \cdot \frac{2350}{A}$
 $S < L$ $L = \frac{AS^2}{2350}$
 $L = KA$ به تقریب

سرعت به مایل در ساعت V IN M.P.H	فاصله دید به فوت S IN FEET
10	100
15	170
20	250
25	320
30	400
40	550

A = تفاضل جبری شیب در دو سمت

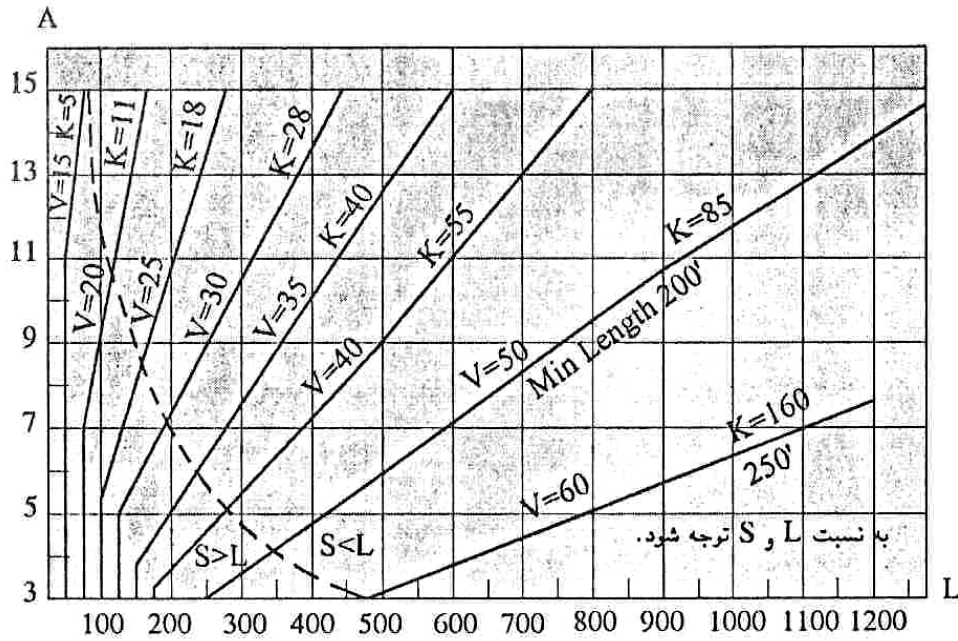


شکل ۲-۸- فاصله توقف در جاده‌های یک خطه دو طرفه و طول قوس قائم (S) بر حسب فوت

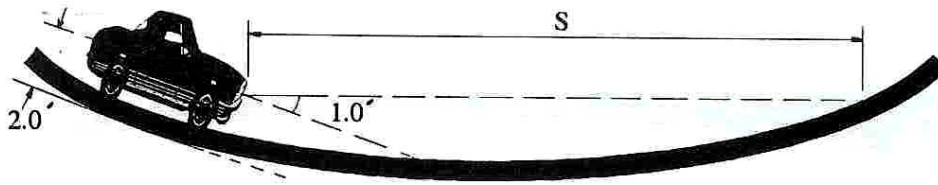


L= طول قوس قائم FEET
 A= تفاضل جبری شیب در دو سمت (%)
 S= فاصله دید (FT)
 V= سرعت طرح (M.P.H) "S"
 $S > L \quad L = 2S \cdot \frac{1398}{A}$
 $S < L \quad L = \frac{AS^2}{1398}$
 به تقریب $L = KA$

سرعت به مایل در ساعت V (M.P.H)	فاصله دید به فوت S (FEET)
10	50
15	85
20	125
25	160
30	200
40	275
50	350
60	475

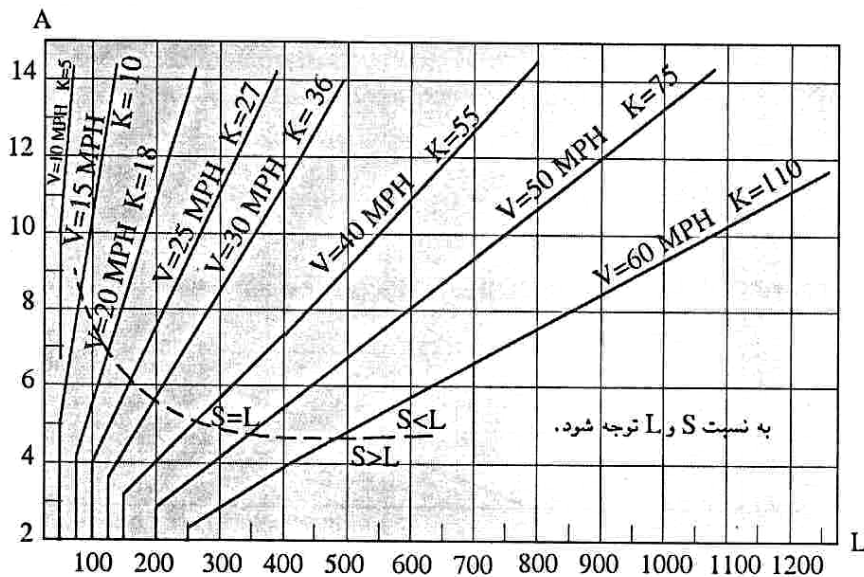


شکل ۲-۹- فاصله توقف در راه‌های دو خطه و طول قوس قائم (s) برحسب فوت را نشان می‌دهد.



L = طول قوس قائم (FT)
 A = تفاضل جبری شیب در دو سمت (%)
 S = فاصله دید
 V = سرعت طرح (M.P.H) "S"
 $S > L$ $L = 2S - \frac{400 + 3.5S}{A}$
 $S < L$ $L = \frac{AS^2}{400 + 3.5S}$
 $L = KA$ به تقریب

سرعت به مایل در ساعت V (M.P.H)	فاصله دید به فوت S (FEET)
15	85
20	125
25	160
30	200
40	275
50	350
60	475



شکل ۲-۱۰- فاصله دید نور چراغ در شب (فاصله توقف) و طول قوس در قوس های قائم مقعر بر حسب فوت را نشان می‌دهد.

۲-۲-۳- نقاط عبوری، دور زدن و محل‌های دپوی چوب

۲-۲-۳-۱- نقاط عبوری و مشخصات هندسی آن (گذرگاه‌ها)

در راه‌های جنگلی درجه دوم (یک خطه) لازمست امکان عبور کامیون‌های حامل چوب از مقابل هم تامین شود. از این رو گذرگاه‌هایی در فواصل معین در طول مسیر ایجاد می‌شود. فاصله گذرگاه‌ها از یکدیگر باید به اندازه‌ای باشد که کامیون‌های مخصوص حمل چوب که از دو طرف مقابل بر روی راه تردد می‌نمایند، بتوانند به موقع و بدون بروز اختلال زیاد در ترددشان از مقابل هم عبور نمایند. به‌طور کلی کامیون خالی که از محیط خارج به داخل جنگل در حرکت است باید به محض دیدن کامیون حامل چوب در محل گذرگاه پارک کند تا کامیون حامل چوب بدون اشکال عبور نماید.

در راه‌های فرعی نیز وجود این گذرگاه‌ها لازم است. البته می‌توان در این راه‌ها از محل دپوی چوب که در کنار راه احداث می‌شود به این منظور استفاده نمود همچنین می‌توان با تنظیم حرکت کامیون‌ها (باتوجه به ترافیک سبک این راه) از بروز اشکال جلوگیری به عمل آورد. غالباً تعریض قسمتی از مسیر، به‌ویژه در قسمت‌های دارای شیب عرضی کمتر و بخصوص هنگام گذر راه از روی یال‌ها به حل مشکل کمک می‌نماید. این کار با صرف هزینه‌ای اندک و بدون ایجاد زخم‌های عمیق بر روی زمین جنگل امکان‌پذیر است. بدین ترتیب ضمن تسهیل عبور و مرور، موجودیت جنگل از نظر خاکبرداری و تخریب، کمتر دستخوش تهدید واقع می‌شود. فواصل گذرگاه‌ها به امکانات دید رانندگان و تراکم ترافیک در هر قسمت از راه بستگی دارد. بخصوص در مسیرهای پرپیچ و خم و دارای نقاط کور، فاصله گذرگاه‌ها کمتر در نظر گرفته می‌شود.

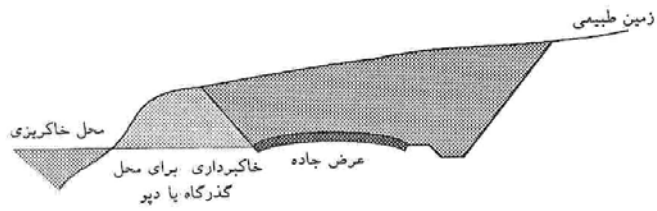
در شرایط معمولی فواصل گذرگاه‌ها حدود ۲۰۰ تا ۳۰۰ متر است هر قدر تراکم ترافیک بیشتر باشد، توقف کامیون‌های خالی بر روی گذرگاه‌ها بیشتر و در نتیجه فواصل گذرگاه‌ها کمتر در نظر گرفته می‌شود. گاه برای ایجاد امکان عبور عادی کامیون‌های پر و کامیون‌های خالی در ترافیک سنگین، فواصل گذرگاه‌ها به اندازه‌ای کم می‌شود که اقتصادی‌تر آنست که راه جنگلی کلا تعریض و به‌صورت دو خطه احداث شود. ایجاد راه‌های دوخطه در قسمت‌های نزدیک به نقطه خروج محمولات از جنگل، در جنگل‌های وسیع، اغلب به این دلیل غیرقابل اجتناب است. در این رابطه لازمست حفاظت جنگل، سرعت عبور و مرور و حمل چوب، هزینه‌های احداث به‌صورت یک خطه یا دو خطه و تراکم ترافیک مورد توجه قرار گیرد تا فقط در صورت نیاز نسبت به ایجاد جاده‌های دوخطه اقدام شود.

بهتر است گذرگاه‌ها در نزدیکی قوس‌های افقی و قوس‌های قائم (نقاط کور) ایجاد گردند. طول گذرگاهی که در مسیر قوس‌های افقی (احیاناً) احداث می‌گردد، از طول گذرگاهی که در مسیر مستقیم ساخته می‌شود. قدری بیشتر در نظر گرفته شده تا کامیون به راحتی در آن جا گرفته و توقف نماید زیرا در گذرگاه‌های واقع در مسیر قوس‌های افقی احتیاج به مانور بیشتری برای پارک کردن خواهد بود.

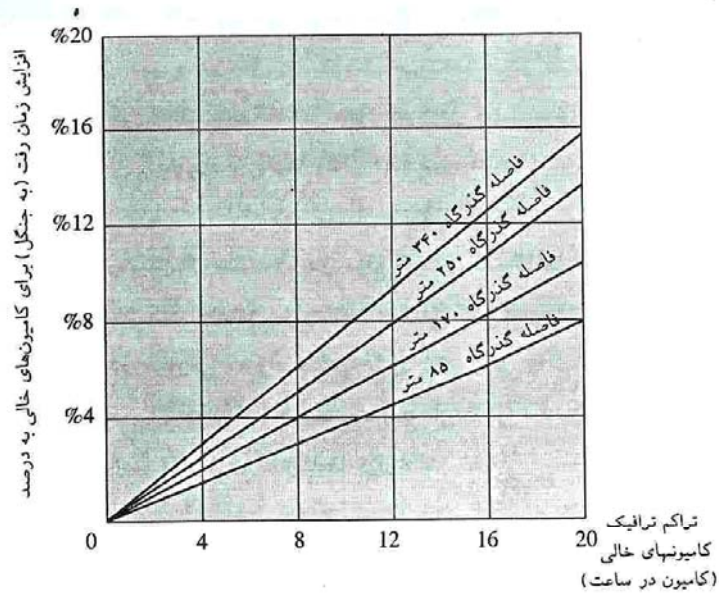
بهتر است احداث محل‌های دپوی چوب و محل گذرگاه‌ها همزمان با عملیات خاکبرداری و خاکریزی و قبل از شروع عملیات زیرسازی و روسازی راه باشد. این کار از تخریب غیرموجه جنگل و بعلاوه در هم‌آهنگ کردن گذرگاه و محل دپو و در کل در کاهش هزینه‌ها موثر است. در شکل ۲-۱۱ چگونگی ایجاد گذرگاه (یا محل دپو) در قسمت‌های مناسب راه و بخصوص در محل گذر راه از یال‌ها نشان داده شده است.

طول و عرض بیش از حد لازم در موقع احداث گذرگاه‌ها، کمکی به حل مشکل ترافیک نمی‌کند و عامل موثر، تعداد کافی گذرگاه و انتخاب محل‌های مناسب است. در صورتی که راه جنگلی مورد نظر راهی با ترافیک همگن و یکنواخت باشد، می‌توان زمان‌های بدست آمده از شکل ۲-۱۲ را ملاکی برای محاسبه فواصل اقتصادی گذرگاه‌ها قرار داد.

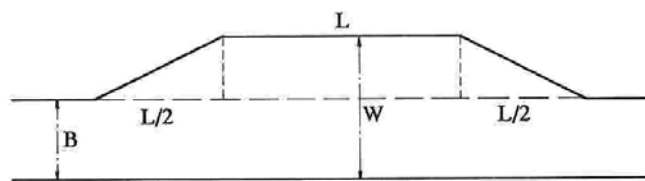
در شکل ۲-۱۳ فرم و ابعاد استاندارد گذرگاه‌های مخصوص راه‌های جنگلی یک خطه در قسمت‌های مستقیم و در شکل ۲-۱۴ برای احداث گذرگاه در امتداد قوس‌های افقی راه نشان داده شده است.



شکل ۲-۱۱- نیم‌رخ عرضی راه‌های جنگلی در روی یال‌ها



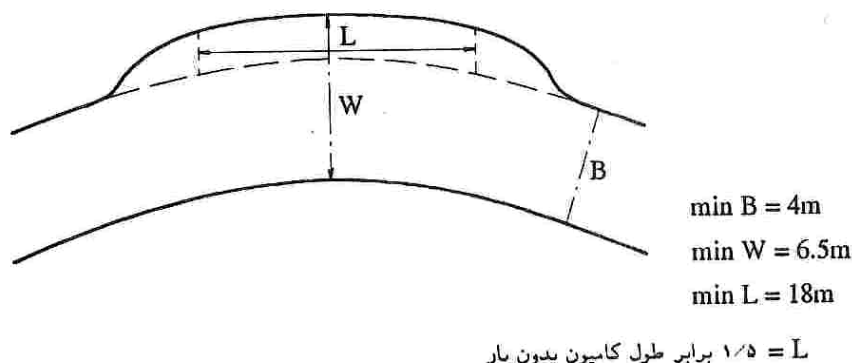
شکل ۲-۱۲- فاصله گذرگاه‌ها در راه با ترافیک همگن



L برابر $1/25$ طول کامیون خالی ($L=15m$)

$B=3.5m$ عرض کلی گذرگاه $W=6m$

شکل ۲-۱۳- فرم و ابعاد گذرگاه در مسیرهای مستقیم



شکل ۲-۱۴- فرم و ابعاد گذرگاه در روی قوس

۲-۲-۳-۲- نقاط دورزن

در انتهای هر مسیر، و در صورت لزوم در طول مسیر، باید نقاطی را برای دور زدن کامیون‌ها تعبیه کرد. این امر در راه‌های فرعی بیشتر اهمیت دارد زیرا راه‌های فرعی معمولاً بن بست هستند. در راه‌های اصلی، از محل‌های دیو و از محل‌های انشعاب راه‌ها نیز می‌توان به عنوان نقاط دور زدن استفاده کرد. در شکل ۲-۱۵ ابعاد معمولی محل‌های دور زدن داده شده است. محل دور زدن ممکن است بصورت دایره‌ای نیز باشد که برای دامنه‌های کم شیب و یا تراس‌های طبیعی مناسب است.

ابعاد محل‌های دور زدن، در صورتی که استفاده از تریلرهای حامل چوب لازم باشد، باید به تناسب افزایش یابد. بهترین جا برای احداث محل‌های دور زدن در راه‌های فرعی انتهایی راه است، در هر راه باید از قسمت‌های کم شیب‌تر (شیب عرضی دامنه کمتر) و نقاطی که عرض راه بطور طبیعی بیشتر است برای احداث محل دور زدن استفاده شود تا هزینه‌های خاکبرداری و تخریب جنگل کاهش یابد.

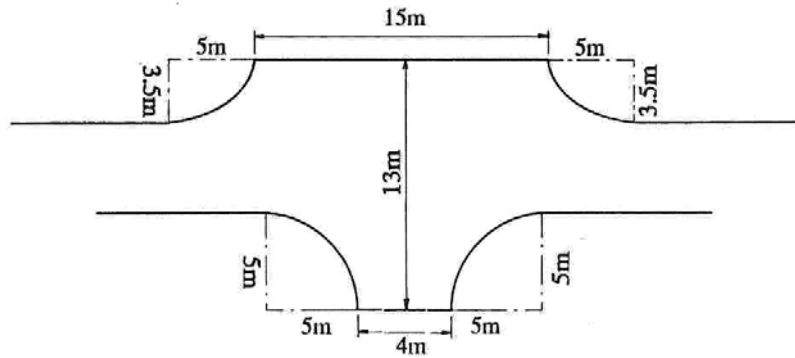
در انتخاب محل دور زدن باید دید رانندگان، امنیت عبور، مساله سیر و سیاحت و نظایر آن مورد توجه قرار گیرد و از تابلوهای راهنما استفاده به عمل آید تا خطری در موقع دور زدن متوجه رانندگان نشود.

۲-۲-۳-۳- محل‌های دیو و انبار چوب

از اجزای بسیار مهم راه‌های جنگلی، مکان‌های دیو و انبار است که باید در طول مسیر و در نقاط مناسب احداث گردد. محل‌های دیو باید در نقاطی انتخاب شوند که اولاً از نظر جمع‌آوری چوب‌های تنه‌ای، گرده‌بینه‌ها، سرشاخه‌ها و فواصل کشیدن چوب در وضع منطقی قرار گرفته باشند، ثانیاً تمامی جوانب از نظر عملیات خاکبرداری، خاکریزی، حفظ محیط جنگل و تخریب در آنها مورد توجه قرار گرفته باشد. این مکان‌ها باید در دامنه‌های کم شیب، تراس‌های طبیعی و محل انشعاب راه‌ها ساخته شوند. ظرفیت مکان‌های دیو و انبار، باید با حجم چوب‌هایی که قرار است حمل و در آنها جمع‌آوری شوند، متناسب باشد. حداقل ظرفیت محل‌های دیو و انبار چوب معادل ظرفیت یک کامیون یا تریلر خواهد بود. در صورتیکه ترافیک راه کم باشد در بیشتر موارد می‌توان محل انبار، دیو، گذرگاه و دور زدن را به‌نحوی با هم تلفیق کرد. چون محل‌های دیو در کنار راه احداث می‌شوند، می‌توان عرض راه را نیز در شرایط خاص جزو قلمرو انبار به حساب آورد. انبار، معمولاً با تعریض قسمتی از راه و احیاناً پوشانیدن و مسقف کردن کانال

کناری قابل احداث است. البته ترجیحاً نباید از سطح راه و قسمتی از عرض آن به عنوان انبار استفاده شود، مگر در موارد خاصی که امکان ایجاد انبار جداگانه نیست، مثلاً در طول مسیر راه‌هایی که شیب دامنه آن زیاد است.

حداقل طول انبار چوب ۲۵ متر و حداقل عرض آن (بدون احتساب عرض راه) ۱۲ متر است. در صورتیکه محل دپوی چوب یا انبار در طرف دامنه باشد لازمست امکان عبور کامیون‌ها و اسکیدرها از روی کانال کنار راه فراهم گردد.



شکل ۲-۱۵- ابعاد محل‌های دور زدن

فصل ۳

مشخصات فنی ساختمان راه‌های

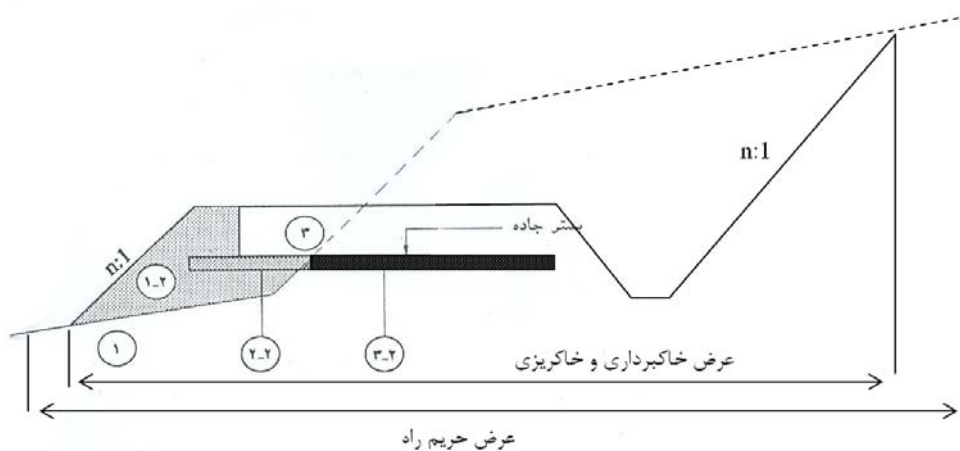
جنگلی

مباحث مربوط به ساختمان راه‌های جنگلی را می‌توان به دو بخش زیرسازی و روسازی تقسیم و هر بخش را به طور مجزا مورد توجه قرار داد.

۳-۱- زیرسازی راه‌های جنگلی

زیرسازی راه‌های جنگلی عبارتست از مجموعه کارهایی که منجر به ساختمان کف و بستر راه، شیروانی‌ها در برش‌ها و خاکریزها و همین‌طور دیواره‌های حفاظتی راه می‌شود. در این مرحله کارهای زیر صورت می‌گیرد:

- آماده کردن مسیر راه و حریم آن
 - خاکبرداری و خاکریزی
 - زهکشی
 - تثبیت بستر راه
 - تثبیت شیروانی‌ها در برش‌ها و یا در خاکریزها
 - ایجاد دیواره‌ها و بناهای حفاظتی
- مجموع کارهای فوق منجر به ایجاد پروفیل نیمرخ عرضی راه ساخته شده خواهد شد (مراجعه شود به شکل ۳-۱).



شکل ۳-۱ قسمت‌های مختلف زیرسازی راه

مفاهیم به کار رفته در شکل (۳-۱) عبارتند از:

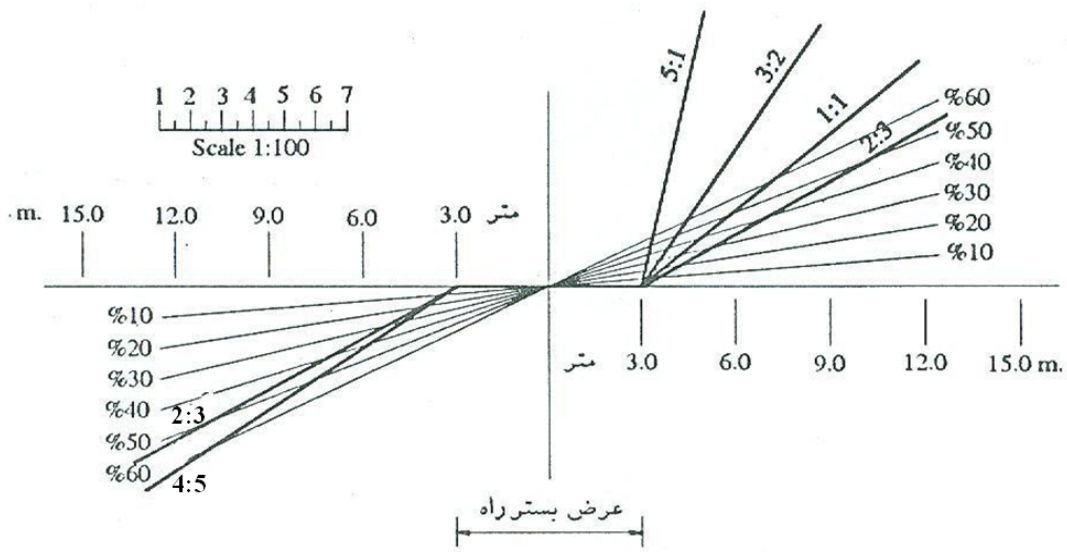
- ۱- زمین مادری یا زمین طبیعی: عبارت است از خاک طبیعی موجود در محل که ممکن است خرد شده سنگی، صخره‌ای و یا خاکی باشد و به عنوان پی برای روسازی مورد استفاده قرار می‌گیرد.
- ۲-۱ خاکریز: قسمتی از راه که از ریختن خاک کنده شده از طرف کوه و یا آورده شده از مکان دیگر ایجاد شده باشد.
- ۲-۲ و ۳-۲ بستر راه: سطح صاف شده زمین مادری است که بعد از عملیات خاکی به وجود می‌آید. از آنجا که لایه‌های روسازی روی بستر قرار می‌گیرند و کلیه بارهای وارده به روسازی را باید تحمل کند از اهمیت زیادی برخوردار است.

حریم ساختمانی راه: عبارت است از عرض نواری از جنگل که برای کارهای راه‌سازی، قطع یکسره شده و از وجود درخت پاک می‌شود که بسته به اهمیت، نوع جاده و شرایط منطقه عرض آن متغیر است. (رجوع به شکل ۲-۳، ۲-۱) مراحل مختلف زیرسازی عبارتند از:

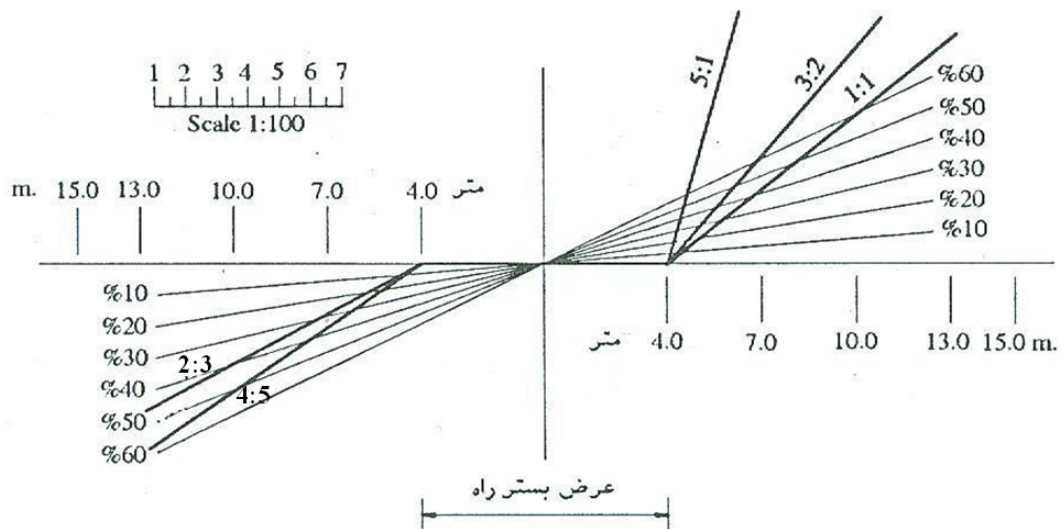
۳-۱-۱- آماده کردن مسیر راه

با توجه به عرض کلی راه شکل ۲-۱ و ۲-۳ عرض حریم ساختمانی راه تعیین و درختان مسیر راه در این حریم ساختمانی نشانه‌گذاری و قطع می‌گردد. تعیین عرض حریم ساختمانی راه به‌طور کلی با استفاده از نمودارهای (۳-۲) و (۳-۳) با توجه به شیب کلی منطقه انجام می‌گیرد. بدیهی است در این روش چون شیب متوسط منطقه در نظر گرفته شده است حریم واقعی هر نقطه به‌دست نخواهد آمد و بسته به اینکه شیب منطقه نسبت به شیب متوسط کم یا زیاد است حریم واقعی بیشتر یا کمتر از حد تخمین یافته خواهد بود. در نتیجه در قسمت‌هایی بیش از حد لازم و در قسمت‌هایی کمتر از حد لازم بعنوان حریم جنگل تراشی خواهد شد. برای جلوگیری از پاک تراشی بیش از حد جنگل بعنوان حریم که عموماً منجر به خاکبرداری و خاکریزی اضافی و تخریب غیر ضروری طبیعت نیز می‌شود، بهتر است عرض حریم ساختمان راه برای هر کدام از نیمرخ‌های عرضی به‌طور انفرادی و مجزا مشخص می‌گردد تا شرایط خاص توپوگرافی و شیب منطقه مورد توجه قرار گرفته و از جنگل تراشی بیش از حد ضروری و کمتر از حد ضروری بعنوان حریم جاده جلوگیری می‌شود. شکل ۳-۳ الف

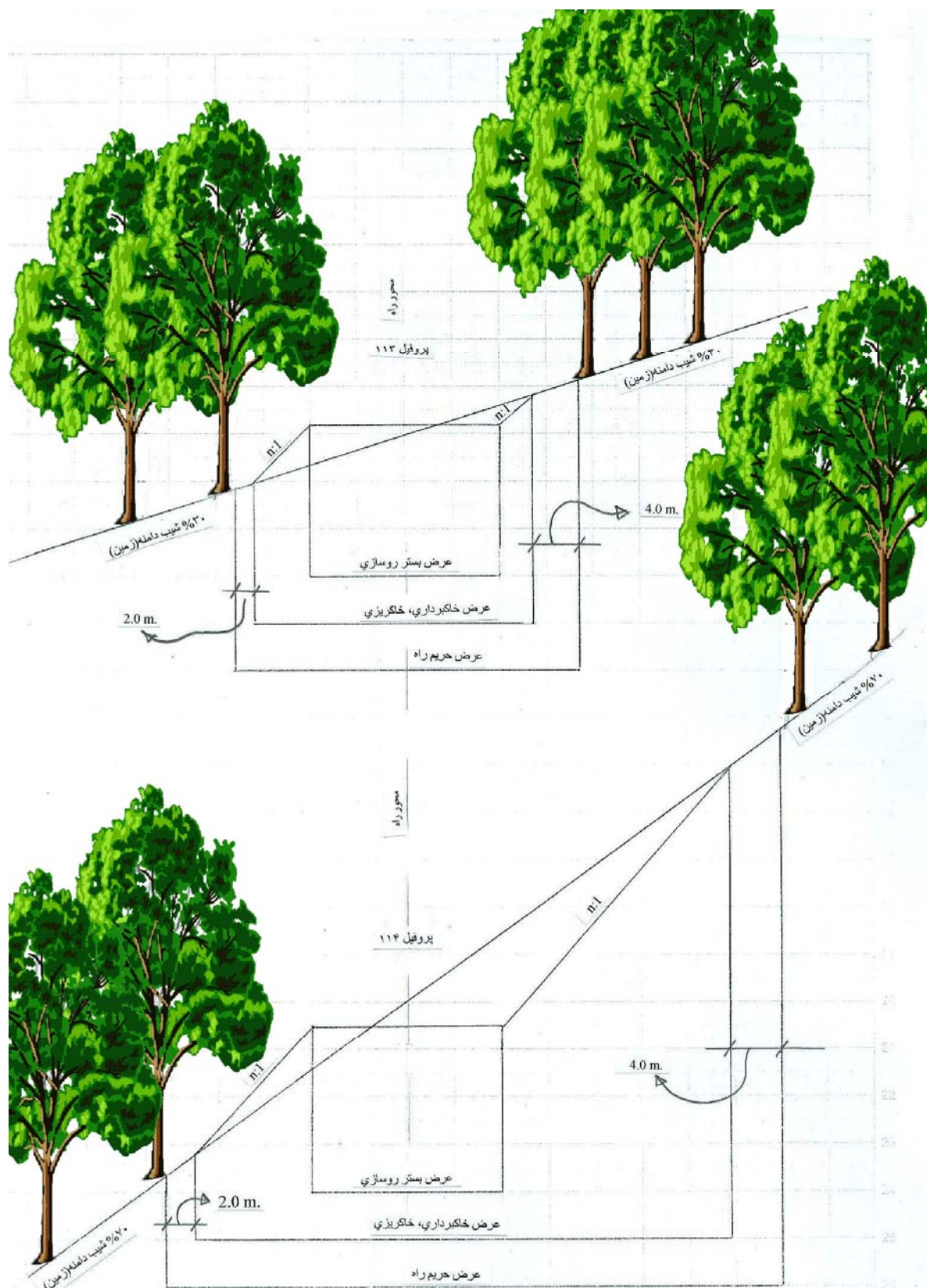
پس از قطع درختان واقع در حریم ساختمانی راه، نسبت به ریشه‌کن کردن کنده‌های باقیمانده اقدام خواهد شد. این کار معمولاً در مورد کنده‌هایی که سطح بالایی آنها پس از ساخت پروفیل عرضی کمتر از ۷۰ سانتیمتر با سطح خاک بستر راه فاصله دارد انجام می‌گیرد. ریشه‌کنی کنده‌هایی که پس از عملیات خاکبرداری و خاکریزی و ساخت نهایی پروفیل عرضی در عمق بیشتری قرار دارند ضروری نیست. از اقدامات دیگر برای آماده کردن مسیر راه، حذف صخره‌سنگ‌های آزاد موجود در مسیر راه به‌وسیله انفجار است که می‌توانند در عملیات ساختمان راه وقفه ایجاد کنند.



شکل ۲-۳ تعیین عرض حریم ساختمانی راه‌های یک طرفه



شکل ۳-۳ تعیین عرض حریم ساختمانی راه‌های یک طرفه



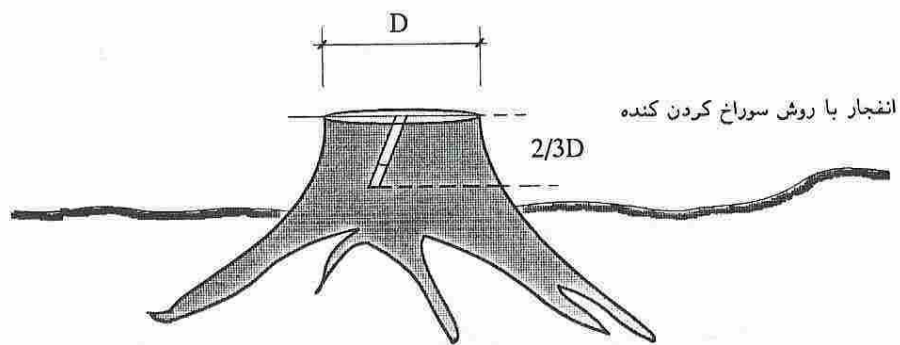
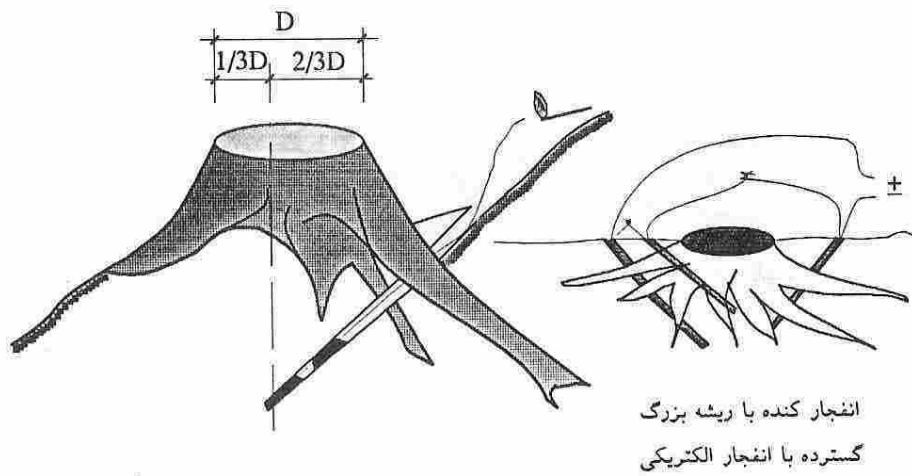
شکل ۳-۳-الف: تعیین عرض حریم راه با استفاده از پروفیل های عرضی به منظور مطابقت حریم راه با شرایط اختصاصی (شیب) منطقه

۳-۱-۱-۱- روش‌های بیرون آوردن کنده‌های مسیر راه

الف: بیرون آوردن کنده توام با انداختن درخت: در این روش از تنه درخت به عنوان اهرم استفاده می‌شود.
ب: بیرون آوردن کنده پس از قطع درخت به روش مکانیکی: در این روش ضمن خالی کردن اطراف کنده و قطع ریشه‌های بزرگ جانبی با تبر و یا اره‌موتوری، می‌توان با استفاده از وینچ و تیغه بولدوزر، کنده را ریشه‌کن کرد در صورتی که موقع قطع درختان مسیر راه، ارتفاع کنده‌ها را بیشتر از حد معمول در نظر بگیریم، استفاده از این روش می‌تواند نتیجه‌ی بهتری بدهد.
ج: بیرون آوردن کنده با استفاده از عملیات انفجاری: در این روش، مواد منفجره را به مقدار کافی در زیر کنده و یا در داخل سوراخ ایجاد شده به‌وسیله مته، در بدنه کنده قرار داده و منفجر می‌کنند. حتی اگر در اثر انفجار، کنده کاملاً ریشه‌کن نشده باشد، به‌علت شکافتن و سست شدن اتصال آن با زمین در عملیات خاکبرداری راحت‌تر بیرون خواهد آمد. در شکل ۳-۴ روش‌های مختلف منفجر کردن کنده نشان داده شده است.

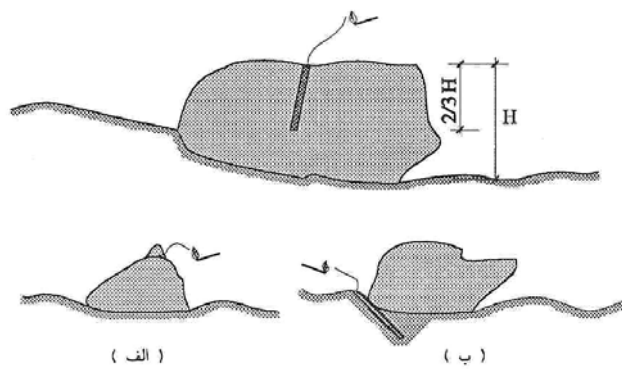
۳-۱-۱-۲- حذف صخره‌سنگ‌های آزاد مسیر راه

این صخره‌سنگ‌ها یا به‌صورت طبیعی در مسیر راه قرار دارند و یا این که در حین عملیات خاکبرداری و انفجار از کوه جدا شده و در مسیر راه قرار می‌گیرند. در هر دو حالت وجود آنها در مسیر راه می‌تواند کار ماشین‌های خاکبرداری را مختل کرده و باعث اتلاف وقت بشوند (مخصوصاً اگر ماشین‌های خاکبرداری مورد استفاده متوسط و ضعیف باشند). برای پاک کردن مسیر راه از وجود این سنگ‌ها، می‌توان آنها را منفجر کرد. انفجار این نوع سنگ‌ها می‌تواند به‌روش سوراخ کردن سنگ و قرار دادن ماده منفجره در داخل سوراخ و یا به‌روش قرار دادن ماده منفجره در زیر و یا روی سنگ، بدون سوراخ کردن انجام گیرد. به‌رحال نتیجه عمل، در حالت سوراخ کردن سنگ بهتر بوده و در مصرف مواد منفجره نیز صرفه‌جویی می‌شود. در شکل ۳-۵ روش‌های مختلف منفجر کردن سنگ‌های آزاد مسیر راه نشان داده شده است.



شکل ۳-۴ روش‌های منفجر کردن کنده

منفجر کردن صخره سنگهای آزاد بروش سوراخ کردن سنگ



انفجار صخره سنگهای آزاد بدون سوراخ کردن

شکل ۳-۵ روش‌های منفجر کردن سنگ‌های آزاد

۳-۱-۱-۳- کنار زدن لایه هوموس (خاک نباتی) مسیر راه

در صورتی که مقدار هوموس، یا خاک نباتی در مسیر راه زیاد بوده و لایه ضخیمی را تشکیل بدهد، باید آن را قبل از عملیات خاکبرداری و خاکریزی برداشت و در پایین دست راه انبار کرد به طوری که در حین عملیات خاکبرداری با خاک بستر و خاکریز جاده مخلوط نشود. خاک نباتی اصولاً بر روی قابلیت‌های مکانیکی خاک بستر راه تاثیر منفی می‌گذارد.

۳-۱-۲- عملیات خاکبرداری و خاکریزی

پس از بیرون آوردن کنده‌های درختان مسیر راه و کنار زدن لایه هوموس (خاک نباتی)، عملیات خاکبرداری و خاکریزی شروع و تا رسیدن به رقوم و ترازهای تعیین شده در نقشه‌های اجرایی ادامه می‌یابد (برای اطلاعات بیشتر به نشریه ۱۴۸ مراجعه شود). روش‌های انجام این عملیات بسته به بافت و ساختمان زمین مادری و شرایط منطقه متفاوت است که تشریح خواهد شد.

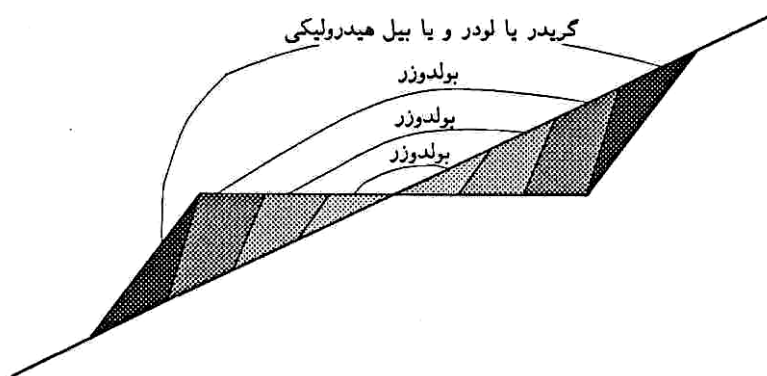
۳-۱-۲-۱- عملیات خاکبرداری در زمین‌های خرده‌سنگی و خاک‌های نرم

مهمترین ماشین‌های مورد استفاده در خاکبرداری زمین‌های خرده‌سنگی، در راه‌های جنگلی عبارتند از: بولدوزر (انگلدوزر)، لودر چرخ زنجیری، بیل هیدرولیکی و گریدر. ظرافت کار خاکبرداری به ترتیب از بولدوزر به گریدر افزایش، ولی بازده کار کاهش و در نتیجه هزینه‌های خاکبرداری افزایش می‌یابد. از این جهت جز در موارد استثنایی که کار با سایر ماشین‌آلات ضرورت پیدا می‌کند، بولدوزر بهترین ماشین خاکبرداری و خاکریزی در زمین‌های خرده‌سنگی، از نظر هزینه و بازده محسوب می‌شود، البته امروزه با طرح شدن معیارهای محیط زیستی و جاده‌سازی همگام با طبیعت به تدریج بیل هیدرولیکی باید جایگزین بولدوزر شود تا تخریب کمتری در کارهای خاکبرداری و خاکریزی اتفاق بیافتد. عملیات خاکبرداری و خاکریزی در زمین‌های خرده‌سنگی به صورت‌های مختلف انجام می‌پذیرد. دو روشی که در زیر تشریح می‌شود مهمترین آنها است و بیشتر مورد استفاده قرار می‌گیرد.

الف- روش خاکبرداری جانبی

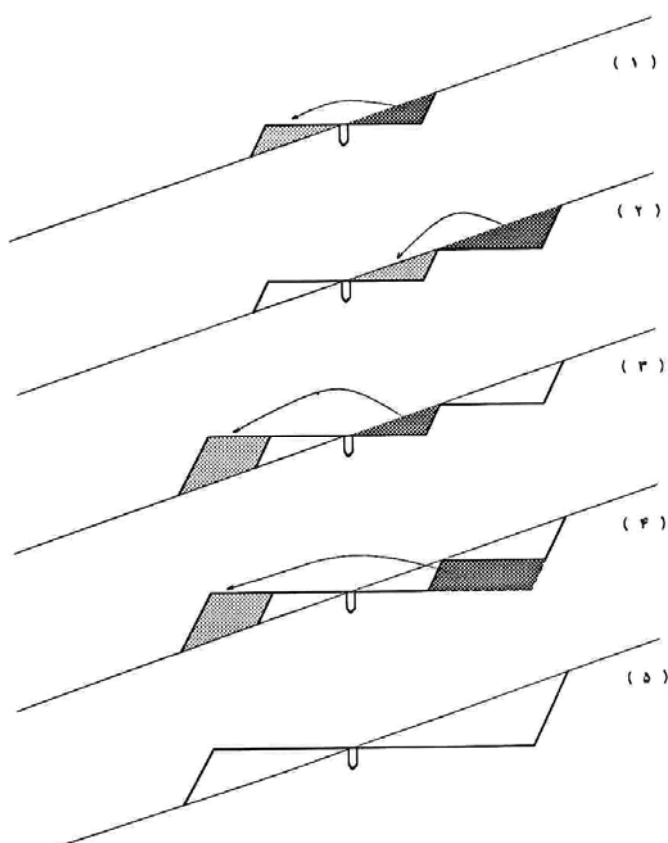
این نوع خاکبرداری، روش کار کاملاً مشخص بولدوزر (انگلدوزر) برای ساختن راه‌های جنگلی کوهستانی (دامنه‌ای) است و انجام آن به دو صورت امکان‌پذیر می‌باشد.

حالت اول: در این حالت بولدوزر فقط کار خاکبرداری و خاکریزی را انجام می‌دهد و تمام سطح بستر راه را به تدریج می‌سازد ولی تنظیم و ساختن شیروانی جاده باید با وسیله دیگری مثل گریدر، لودر و یا بیل هیدرولیکی انجام شود. جریان کار به ترتیب، مطابق شکل ۳-۶ به شرح زیر انجام می‌گیرد. کار خاکبرداری از روی محور راه شروع می‌شود. با مورب قرار دادن تیغه بولدوزر (انگلدوزر) دامنه کوه به تدریج بریده و در دره ریخته می‌شود. در این روش، کار از عرض کم شروع و تا اندازه‌های لازم ادامه می‌یابد.



شکل ۳-۶ خاکبرداری جانبی با بولدوزر و ماشین‌های دیگر خاکبرداری

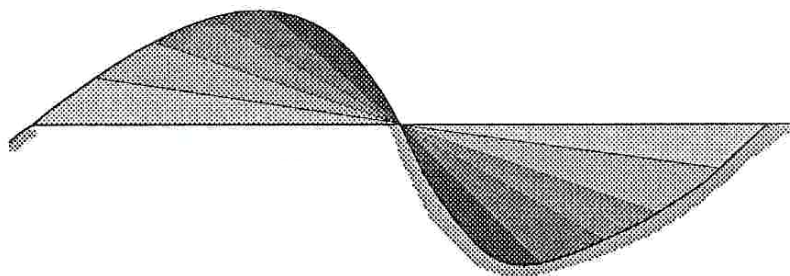
حالت دوم: در حالت دوم تکنیک کار پیشرفته‌تر است و با داشتن راننده بولدوزر ماهر، می‌توان حتی شیروانی راه را نیز با بولدوزر ساخت. مراحل کار در شکل ۳-۷ به ترتیب نشان داده شده است.



شکل ۳-۷ روش خاکبرداری جانبی فقط با بولدوزر

ب- روش خاکبرداری طبقه‌ای

این روش خاکبرداری در زمین‌های تپه‌ماهور و یا در مواردی که احتیاج به جابجایی خاک در طول‌های نسبتاً زیاد باشد انجام می‌گیرد. در این روش، به صورت مرحله‌ای، سطح خاک بالا آمده را که باید برداشته شود به تدریج تراشیده و به محل‌های گود و فرور رفته حمل می‌نمایند. شکل ۳-۸ هرچه طول نقل مکان خاک بیشتر باشد امکان بارگیری بولدوزر محدودتر خواهد بود، چون هرچه طول حمل بیشتر باشد، خاک کنده شده از دو طرف بیل بولدوزر به هدر رفته و بازده کار کمتر می‌گردد. به همین جهت در این روش برای حمل‌های طولانی خاک، بهتر است از وسایل دیگری چون لودر استفاده شود. در زمین‌های سبک، گریدر نیز می‌تواند این کار را به نحو احسن انجام دهد.



شکل ۳-۸ روش خاکبرداری طبقه‌ای

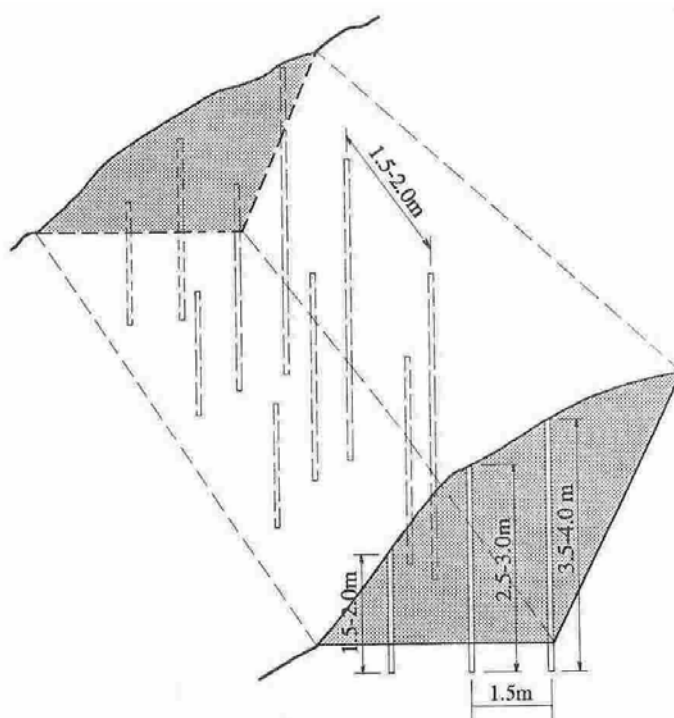
۳-۱-۲-۲- خاکبرداری در زمین‌های صخره‌ای

بدیهی است در این نوع زمین‌ها، بدون متلاشی کردن بافت متراکم صخره‌سنگ‌ها، امکان ساختن پروفیل عرضی راه وجود ندارد. بعد از اینکه بافت این نوع زمین‌ها به روش‌های مختلف (اکثراً انفجار) متلاشی شد، ماشین‌ها و روش‌های کار خاکبرداری بیشتر همان است که در همان زمین‌های خرده‌سنگی به آن‌ها اشاره شد. بنابراین در اینجا فقط به تشریح چند روش انفجار متداول در احداث راه‌های جنگلی اشاره می‌شود. هرچند روش‌های انفجار میبختی بسیار وسیع است که اشاره به تمام جزئیات آن در این فصل ممکن نیست. به عنوان مواد منفجره، می‌توان از مواد منفجره ژلاتینی (دینامیت) و یا مواد پودری (باروت سیاه) استفاده کرد. بدیهی است نتیجه و بازده کار با دینامیت خیلی بهتر از باروت می‌باشد.

الف- روش انفجار عمودی

در این روش، حجم منشور مثلث القاعده صخره‌ای که باید منفجر و برداشته شود تا بستر راه ساخته شود، به طور منظم مطابق شکل ۳-۹ به طور عمودی از بالا به پایین سوراخ می‌شود (به وسیله مته‌های دستی). بعد همه سوراخ‌ها با مواد منفجره بارگذاری شده و به طور همزمان با انفجار کننده‌های الکتریکی منفجر می‌شوند، اگر از چاشنی‌های تاخیری استفاده شود نتایج بهتری به دست می‌آید. با استفاده از چاشنی‌های تاخیری، سوراخ‌های ردیف‌های جلو، وسط و آخر (طرف کوه) با تاخیر چند هزارم ثانیه به ترتیب منفجر می‌شوند. حجم کار در این روش با توجه به تعداد سوراخ‌های ایجاد شده، فوق‌العاده زیاد است و به همین جهت در راه‌سازی‌هایی که حجم کار انفجاری کمی دارند این روش مناسب است.

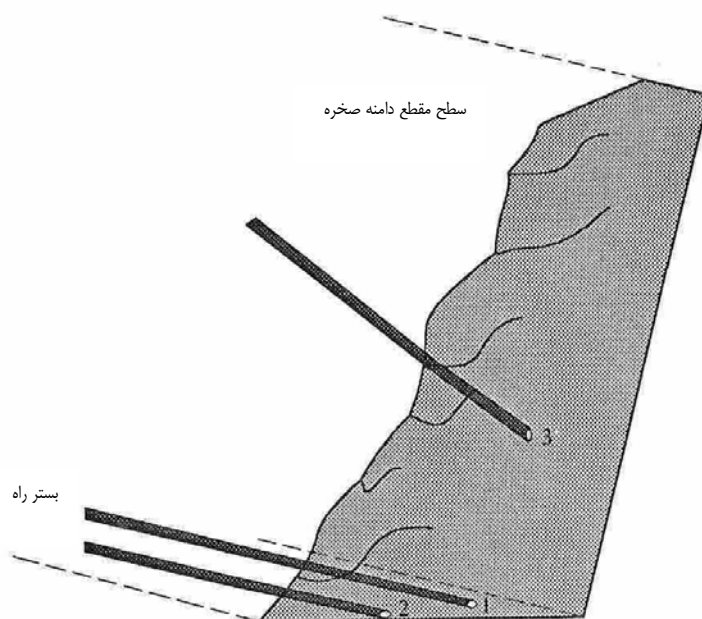
اگر امکانات انفجار الکتریکی موجود نباشد، در این صورت باید تراکم سوراخ‌ها در واحد سطح بیشتر باشد و لازم است آنها را به تدریج از جلو به عقب منفجر کرد. بازده کار در این صورت البته پایین خواهد بود ولی در کارهای کوچک انفجاری، پاسخگوی نیاز می‌باشد.



شکل ۳-۹ روش انفجار عمودی

ب- روش انفجار افقی (بادبزنی)

در این روش سه سوراخ افقی در طول راه ایجاد می‌شود که دو سوراخ به موازات هم در کف راه و سوراخ سوم در بالای آنها، به‌طور مایل به طرف بالا حفر می‌شود، شکل ۳-۱۰ بسته به شدت انفجار لازم، تمام یا قسمتی از طول سوراخ را با مواد منفجره بارگذاری و با منفجر کننده‌های الکتریکی به‌طور همزمان و یا با فتیله، به‌طور منفرد منفجر می‌کنند.



شکل ۳-۱-۳ روش انفجار افقی (باد بزنی)

۳-۱-۳- تثبیت بستر راه

پس از خاتمه خاکبرداری و ساختن بستر و شیروانی‌های راه، در صورتی که زمین بستر راه دارای مقاومت کافی نباشد، باید آن را تثبیت نمود تا بتواند فشار ناشی از روسازی و بار ترافیک را تحمل کند.

تثبیت خاک، مجموعه اقداماتی است که برای بالا بردن و حفظ مقاومت خاک در مقابل نیروهای مکانیکی، آب و عمل یخبندان انجام می‌گیرد. در این کار خواص خاک از طریق:

- اصلاح دانه‌بندی

- اضافه کردن مواد چسباننده

- اضافه کردن مواد شیمیایی

به‌نحوی عوض می‌شود که خاک به‌عنوان یک ماده ساختمانی، نیازها را برآورده سازد. خاک‌ها از نظر قابلیت تثبیت و پایداری به سه دسته تقسیم می‌شوند.

الف: خاک‌های پایدار: در مقابل عوامل جوی (آب و یخبندان) پایدار هستند و هیچ‌گونه تغییری در مقاومت و حجم آنها در اثر رطوبت، خشکی و یخبندان به‌وجود نمی‌آید. مانند خاک‌های SP, GP, SW, GW^۱ خاک‌های درشت دانه.

^۱ روش طبقه‌بندی متحد خاک (U.S.C.S) unifield soil classification system

ب: خاک‌های ناپایدار ولی قابل تثبیت: مانند خاک‌های درشت دانه همراه با ۵-۵۰ درصد خاک‌ریزدانه، نظیر خاک‌های GM, GC, (GM-ML) و (GC-CL) و همین‌طور خاک‌های ریزدانه رسی نظیر CH, CL.
ج: خاک‌های ناپایدار و از نظر اقتصادی غیرقابل تثبیت: مانند بعضی خاک‌های ریزدانه به‌صورت لای، نظیر MC, MH و نیز خاک‌های با منشا آلی مانند OH, OL.

همان‌طور که گفته شد با تثبیت، مقاومت خاک افزایش می‌یابد. این عمل در اثر بالا بردن میزان چسبندگی خاک از یک طرف و افزایش اصطکاک دانه‌های خاک از طرف دیگر انجام می‌شود. چسبندگی خاک را می‌توان با کم کردن میزان رطوبت موجود در آن (خشکاندن) و بالا بردن فشردگی خاک (تراکم) بالا برد. دومین عامل مقاومت خاک یعنی میزان اصطکاک دانه‌ها را می‌توان با متراکم کردن، تصحیح دانه‌بندی و همچنین با افزودن مواد تثبیت‌کننده زیاد کرد. هدف از تثبیت خاک، حفظ و نگهداری مقاومت ایجاد شده در خاک از طریق ثابت نگهداشتن میزان آب (رطوبت) و تراکم آن است.

بسته به نوع خاک بستر و دانه‌بندی آن می‌توان روش‌های مختلفی را برای تثبیت خاک در پیش گرفت. شکل ۳-۱۱

به‌طور کلی روش‌های تثبیت خاک عبارتند از:

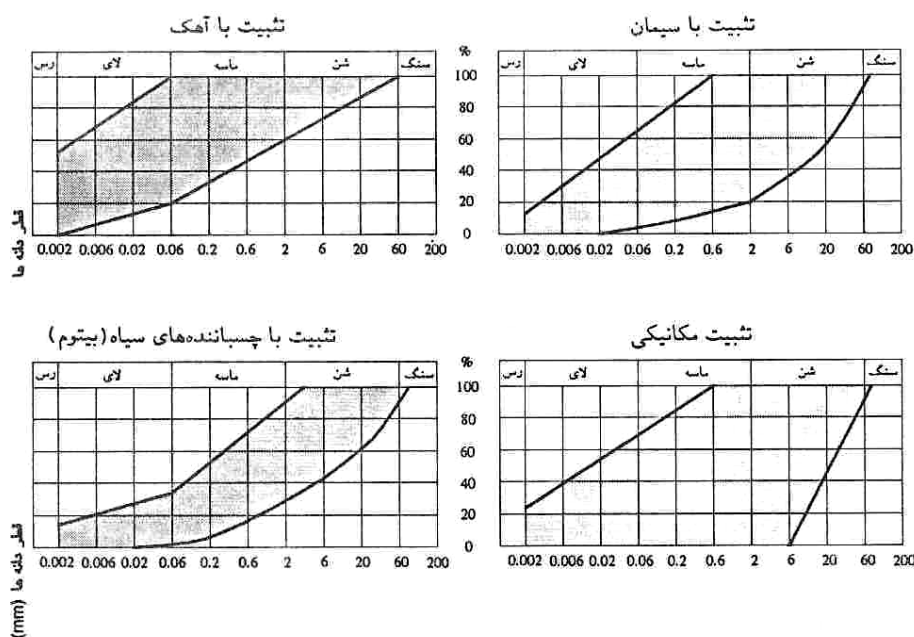
- متراکم کردن (غلطک زدن)

- تثبیت مکانیکی

- تثبیت به‌وسیله آهک

- تثبیت به‌وسیله سیمان

- تثبیت به‌وسیله چسباننده‌های سیاه (بیتوم)



شکل ۳-۱۱ محدوده دانه‌بندی مناسب برای انواع تثبیت خاک

۳-۱-۳-۱- متراکم کردن خاک (غلطک زدن)

بعد از اتمام کار خاکبرداری و ساختن بستر و شیروانی‌های راه، در صورتی که خاک بستر راه تراکم‌پذیر باشد، باید باتوجه به نوع خاک بستر، با غلطک‌های مناسب آن‌را متراکم نمود. غلطک‌های مناسب برای متراکم کردن انواع خاک‌ها و مصالح راه‌سازی در جدول شماره ۳-۱ نشان داده شده است.

جدول ۳-۱- غلطک‌های مناسب متراکم کردن انواع خاک‌ها

نوع غلطک	غلطک‌های استوانه‌ای صاف	غلطک‌های چرخ لاستیکی	غلطک پاچه‌بزی	صفحات ارتعاشی	غلطک ارتعاشی	ماشین‌آلات سنگین زنجیردار
زمین‌های رسی		*	*			
ماسه با دانه‌بندی پیوسته		*				
شن خاک‌دار		*	*	*	*	
مخلوط شن و ماسه خاک‌دار		*		*	*	
مخلوط شن و ماسه رودخانه با دانه‌بندی پیوسته	*	*		*	*	
ماسه یک دست				*	*	*
سنگ شکسته	*			*	*	

۳-۱-۳-۲- تثبیت مکانیکی خاک

هدف از تثبیت مکانیکی بستر راه، آن است که در لایه فوقانی بستر، مصالحی به‌وجود آید که دارای دانه‌بندی مناسب باشد، به‌طوری که قابلیت غلطک خوردن و متراکم شدن آن فزونی یابد. به‌همین جهت با آزمایش‌های مکانیک خاک و تعیین دانه‌بندی می‌توان کمبودهای خاک را تشخیص داد و نسبت به اصلاح دانه‌بندی آن اقدام نمود. برای رسیدن به این هدف بسته به دانه‌بندی خاک بستر راه، برای اصلاح دانه‌بندی، ممکن است تا ۳۰۰ کیلوگرم در مترمربع از سطح راه شن و ماسه لازم باشد. مراحل مختلف کار در تثبیت مکانیکی به شرح زیر است:

الف: تهیه مخلوطی با دانه‌بندی مناسب

ب: حمل و ریختن مخلوط روی بستر راه

ج: پهن کردن مخلوط روی بستر راه (به‌وسیله گردیدر لودر و بولدوزر و غیره)

د: اختلاط مصالح حمل شده با خاک بستر

ه: غلطک زدن به وسیله غلطک‌های مناسب

در تمام مراحل مخلوط کردن و غلطک زدن، رطوبت خاک باید در حد بهینه باشد تا عمل تراکم به بهترین وجه انجام گیرد.

۳-۱-۳- تثبیت خاک به وسیله آهک

تجربه نشان می‌دهد که بهترین روش برای تثبیت و بالا بردن مقاومت خاک‌های ریزدانه استفاده از آهک است. مخلوط کردن آهک با این خاک‌ها علاوه بر این که مقاومت خاک را افزایش می‌دهد، قابلیت کاربرد خاک را نیز بهبود می‌بخشد. برای این کار می‌توان از آهک زنده یا آهک آب گرفته Ca(OH)_2 استفاده کرد. تاثیر آهک روی خاک یک اثر فیزیکی و شیمیایی است که موجب چسبیدن ذرات رس به یکدیگر می‌شود. آهک زنده و آب گرفته، هر دو برای تثبیت خاک‌های حاوی رس فراوان، مانند خاک‌های SC، CH، CH-CL و GC-CL مناسب هستند.

برای تثبیت خاک‌های ریزدانه فاقد رس و یا خاک‌هایی که حاوی مقدار کمی رس هستند، مانند خاک‌های SM-ML، ML و GM-ML باید از آهک آب گرفته استفاده شود.

مراحل کار در تثبیت خاک به وسیله آهک به شرح زیر است:

الف: آماده کردن بستر راه (شامل جمع‌آوری سنگ‌های درشت، ریشه، چوب و نظایر آن).

ب: حمل و پخش آهک روی بستر راه.

ج: مخلوط کردن آهک با خاک بستر به صورتی همگن و به ضخامت حداقل ۱۵ سانتی‌متر.

د: تراکم کردن مخلوط آهک و خاک بستر با غلطک مناسب.

مقدار مصرف آهک برای تثبیت خاک بسته به نظر طراح ممکن است از ۳ تا ۱۲ درصد تغییر نماید.

۳-۲- روسازی راه‌های جنگلی

با خاکبرداری مسیر راه و تنظیم جریان آب (زهکشی راه)، ساخت و تثبیت شیروانی‌های خاکبرداری و خاکریزی راه و نیز تثبیت بستر راه، زیرسازی راه‌های جنگلی به‌تمام می‌رسد. ولی عملیات انجام یافته از قبیل تثبیت و تراکم بستر راه، هنوز شرایط مناسب را برای تحمل نیروهای وارده از ترافیک روی راه‌های جنگلی، فراهم نمی‌سازد. این رو اختلاف مقاومت باربری زیرسازی راه و مقاومت مورد نظر در راه‌های جنگلی را عملاً باید با روسازی مناسب پر کرد. در شرایط حاضر که اکثر کارهای راه‌سازی به کمک ماشین‌آلات صورت می‌گیرد و مصالح مختلفی در اختیار سازندگان است، بسته به امکانات واحدهای جنگل‌داری می‌توان روش مناسبی را برای احداث راه‌های جنگلی و روسازی راه انتخاب نمود. اگرچه از تجربیات راه‌سازی در راه‌های عمومی کشور، به مقدار زیادی در احداث راه‌های جنگلی استفاده می‌شود، ولی تنها اتکا به روش‌ها و تکنیک‌های راه‌سازی عمومی در احداث راه‌های جنگلی کافی نخواهد بود زیرا، در راه‌های غیرجنگلی معمولاً مصالح ساختمانی با استانداردهای معین و مشخصی در مراکز تولید مصالح، ساخته و با مقادیر معینی به محل راه حمل و به کار گرفته می‌شوند و از این رو تمامی عوامل تحت کنترل قرار دارند. ولی در راه‌های جنگلی چنین نیست. در جنگل زمین طبیعی مسیر راه اکثراً نقش پی (فونداسیون) و مصالح ساختمانی را همزمان عهده‌دار است. از این رو زمین (خاک) طبیعی مسیر راه از دو نظر دارای اهمیت است.

به‌عنوان زمین طبیعی، از نظر ظرفیت باربری* (CBR)، میزان نشست و حساسیت به فرسایش و به‌عنوان مصالح ساختمانی از نظر حساسیت در برابر یخبندان و بارندگی و قابلیت تراکم از اهمیت فراوان برخوردار است. به علاوه جنگلبانان معمولاً به شبکه‌ای از راه‌های جنگلی نیاز دارند که حتی‌الامکان با مصالح ارزان و هزینه کم ساخته و امکان بازسازی، تعمیر و نگهداری آن با ابزار ساده و هزینه کم وجود داشته باشد، حال آن که در راه‌های عمومی معمولاً بازسازی و نگهداری در فواصل زمانی طولانی‌تر و با هزینه بیشتر دارای ارجحیت است. برخلاف تصور عموم، راه‌های جنگلی حتی نباید با راه‌های روستایی اشتباه شوند، این راه‌ها باتوجه به نوع ترافیک و شرایط طبیعی مختلفی که دارند از نظر ساختمانی باید کاملاً متفاوت باشند. در راه‌های جنگلی معمولاً بارهای سنگین حمل می‌شود و فشار وارد بر واحد سطح (فشار محور کامیون) در آنها خیلی بالاتر از باری است که روی راه‌های روستایی حمل می‌شود. به علاوه راه‌های روستایی، اکثراً در مناطق مسطح و در فضای باز بدون سایه قرار دارند، حال آنکه راه‌های جنگلی اکثراً در مناطق کوهستانی واقع‌اند و سایه درختان جنگلی، همیشه روی آنها است که فرآیند خشک شدن جاده بعد از بارندگی‌ها را کند می‌کند. به‌همین جهت نوع مصالح ساختمانی که در راه‌های جنگلی روستایی به کار می‌رود متفاوت است.

۳-۲-۱- مصالح ساختمانی

تهیه و انتخاب مواد و مصالح ساختمانی برای روسازی راه‌های جنگلی، به لحاظ فنی و اقتصادی، دارای اهمیت زیادی است. این موضوع مخصوصاً در جنگل‌های شمال ایران که اکثراً با لایه ضخیمی از خاک ریزدانه پوشیده شده‌اند و خاک منطقه نمی‌تواند به عنوان ماده ساختمانی مناسب برای روسازی راه به کار گرفته شود، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. از این رو در راه‌های جنگلی هزینه روسازی، قسمت عمده‌ای از هزینه‌ها را تشکیل می‌دهد.

به منظور صرفه‌جویی در هزینه‌ها و با این هدف که امکانات مالی طرح برای توسعه راه‌های بیشتری به کار گرفته شود، باید حمل و نقل مواد و مصالح ساختمانی در فواصل دور، به حداقل ممکن کاهش یابد. از این رو قبل از شروع عملیات ساختمانی باید مساله تهیه مواد ساختمانی برای روسازی راه، به‌عنوان یکی از نکات مهم مورد توجه قرار گیرد. استفاده از روش‌های مناسب تثبیت خاک می‌تواند در کاهش مصرف مواد ساختمانی در روسازی راه موثر باشد، طبیعی است برای این که بتوان با حداقل هزینه حداکثر مقاومت را برای روسازی راه تامین کرد، باید مطالعات مکانیک خاک، زمین‌شناسی و خاک‌شناسی بستر راه و تعیین ویژگی‌های مصالح ساختمانی مورد نظر برای روسازی صورت گیرد تا تصمیم صحیحی در مورد انتخاب روش کار و ترکیب مواد و مصالح ساختمانی اتخاذ گردد. هزینه‌های مربوط به این مطالعات، بخش بسیار کوچکی از هزینه‌های روسازی را تشکیل می‌دهد، در حالی که صرفه‌جویی‌های حاصل از نتیجه این تحقیقات، قابل توجه و تعیین کننده هستند.

۳-۲-۱-۱- شن و ماسه

شن و ماسه یا به‌صورت طبیعی از رودخانه استخراج می‌شود یا با شکستن سنگ کوهی در سنگ‌شکن به‌دست می‌آید. مصالح شکسته دارای ظرفیت باربری بیشتری نسبت به مصالح رودخانه‌ای است. قبل از به کار بردن مصالح معدنی باید آنها را از نظر قابلیت‌هایشان برای روسازی، مورد آزمایش قرار داد. مشخصاتی که باید مورد بررسی قرار گیرند عبارتند از: دانه‌بندی، مقاومت در

مقابل سایش و تمیزی. هریک از مشخصات یاد شده بسته به این که مصالح برای ساختن طبقات زیرین، میانی و یا بالایی روسازی به کار می‌روند، دارای ویژگی‌های معینی است. این ویژگی‌ها در دیگر نشریات دفتر تحقیقات و معیارهای فنی ذکر شده و می‌تواند در راه‌های جنگلی نیز مورد استفاده قرار گیرد. در انتخاب مشخصات مصالح باید توجه داشت که راه‌های جنگلی اکثراً در نواحی کوهستانی و ارتفاعات ساخته می‌شوند و خطر یخبندان در این مناطق همیشه موجود است. در دانه بندی مصالح معدنی (شن و ماسه) مقدار مواد ریزدانه مخصوصاً رسی (رد شده از الک شماره ۲۰۰، دانه‌های با قطر کمتر از ۰/۰۷۵ میلی‌متر) نباید از ۵ درصد تجاوز کند، در غیر این صورت راه‌های ساخته شده در معرض خطر تورم ناشی از یخبندان خواهند بود. در راه‌های جنگلی که در ارتفاعات پایین‌تر احداث می‌شوند و خطر یخبندان وجود ندارد، می‌توان درصد مواد ریزدانه را بیشتر اختیار نمود. منحنی دانه‌بندی مناسب که برای روسازی راه‌های جنگلی کشورهای اروپای مرکزی، مثل آلمان و اتریش مورد استفاده قرار می‌گیرد در شکل ۳-۱۲ داده شده است. باتوجه به تشابه شرایط طبیعی منطقه جنگلی شمال ایران با این کشورها، می‌توان این منحنی‌ها را عیناً به عنوان معیاری برای روسازی راه‌های جنگلی ایران انتخاب و توصیه کرد. اعداد ذکر شده در منحنی‌ها ارقامی متوسط هستند که در عمل می‌توانند تا ± 10 درصد نوسان داشته باشند.

۳-۲-۲- روش‌های مختلف روسازی

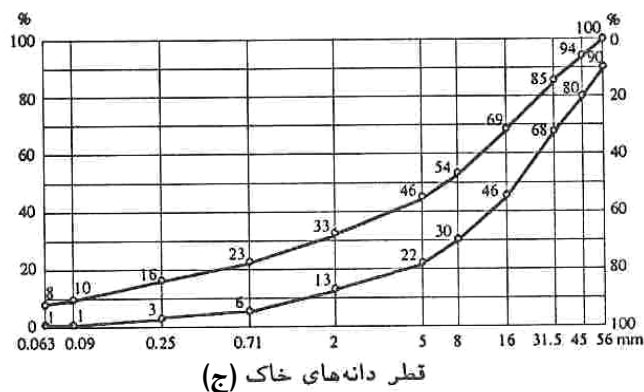
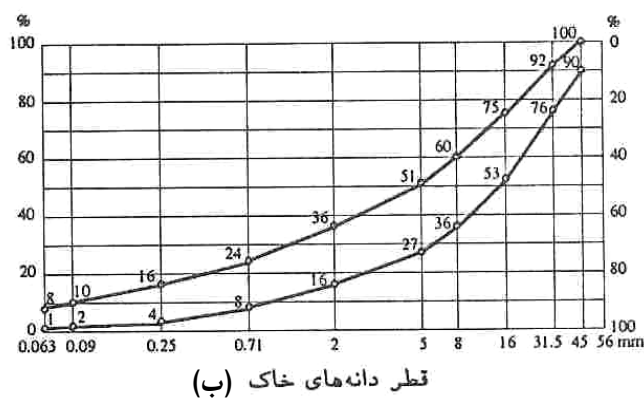
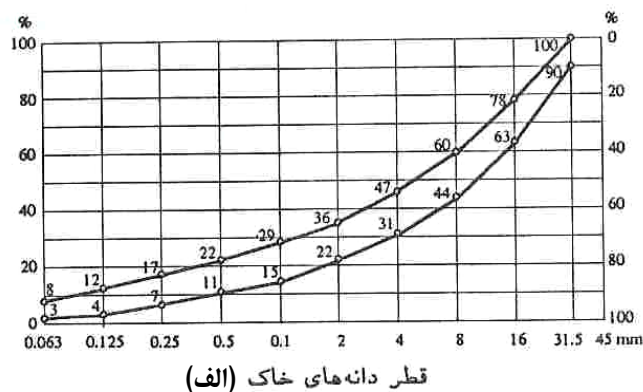
روسازی عبارت است از لایه‌های مختلفی از مصالح ساختمانی که برای جبران کمبود ظرفیت باربری بستر راه، در روی آن ساخته می‌شود. تعداد، ضخامت و جنس این لایه‌ها بستگی به عوامل زیر دارد:

الف: مقاومت خاک بستر راه

ب: نوع، وزن و تعداد وسایل نقلیه استفاده کننده از راه

ج: شرایط جوی منطقه (رطوبت و خشکی)

د: نوع مصالح به کار رفته در روسازی



شکل ۳-۱۲ منحنی‌های دانه‌بندی مناسب برای روسازی راه‌های جنگلی

۳-۲-۲-۱- مصالح ساختمانی یا مواد تثبیت کننده

مواد تثبیت کننده خاک عمدتاً عبارتند از: آهک، سیمان، قیر و مواد شیمیایی. غیر از آهک که می‌تواند برای تثبیت خاک بستر راه در جنگل‌های ایران، با موفقیت و تاثیر فوق‌العاده به کار گرفته شود (به علت وجود مواد ریزدانه رسی زیاد در خاک جنگل‌های ایران) بقیه مواد تثبیت کننده، به دلیل هزینه‌های زیاد و ویژگی راه‌های جنگلی قابل استفاده نیستند. در مورد تثبیت با آهک به مبحث تثبیت بستر راه مراجعه شود.

بنابراین هر قدر مقاومت خاک بستر کمتر، بار ترافیک بیشتر، شرایط جوی منطقه نامساعدتر و نوع مصالح به کار رفته نامرغوب‌تر باشد، تعداد و ضخامت لایه‌های روسازی بیشتر خواهد بود. در راه‌های جنگلی حرکت ماشین‌های سنگین، به‌ویژه ماشین‌های چرخ زنجیری برای جابجایی چوب، باعث استهلاک سریع روسازی، مخصوصاً در محل‌های انبار چوب و تقاطع جاده‌های چوب‌کشی و راه‌های جنگلی می‌شود. بنابراین غیر از راه‌های نفوذی و محوری که از آنها در تمام طول سال برای حمل و نقل چوب به‌وسیله کامیون و رساندن خدمات استفاده می‌شود، و به‌همین دلیل باید دارای روسازی خوبی باشد. روسازی بقیه راه‌های جنگلی را بسته به اهمیت‌شان از نظر مدت و زمان استفاده در طول سال، باید حتی‌الامکان ارزان و با استفاده از مصالح موجود در منطقه و یا حداکثر شن و ماسه رودخانه‌ای ساخت. در این حالت تعمیر و نگهداری مستمر راه به‌ویژه در فصول نامساعد (رطوبی) الزامی است.

باتوجه به این که محصولات جنگل در سطح گسترده‌ای پراکنده است و راه‌های جنگلی باید به‌صورت شبکه‌ای، تمام سطح جنگل را گشوده و جمع‌آوری محصولات را در سطح وسیعی ممکن سازد، بنابراین این طول مجموع راه‌های اصلی و فرعی خیلی زیاد بوده و امکان صرف هزینه‌های سنگین برای روسازی این راه‌ها که نهایتاً باید از محل درآمدهای جنگل (طرح‌های جنگلداری) تامین شود، وجود نخواهد داشت و انجام آن از نظر اقتصادی قابل توجیه نمی‌باشد. به علاوه بعضی از راه‌های جنگلی (جاده‌های فرعی و چوب‌کشی)، فقط در روزهای معدودی از سال و آن هم فقط چند سالی از یک دوره طرح جنگلداری (۱۰-۲۰ سال) مورد استفاده قرار می‌گیرند، بنابراین می‌توان در شرایط نامساعد جوی، از ورود ماشین‌آلات در آنها جلوگیری کرده و از استهلاک آنها کاست. بستن ورودی این نوع راه‌ها در فصول نامساعد الزامی است. باتوجه به مطالب یاد شده، نوع روسازی راه‌های جنگلی متأثر از عوامل زیر می‌باشد:

الف: اهمیت راه (محوری، نفوذی، اصلی، فرعی و غیره)

ب: حجم تردد

ج: وسایل و ماشین‌های استفاده‌کننده از راه (کامیون‌های چرخ لاستیکی حمل چوب، ماشین‌های چوب‌کشی لاستیکی و چرخ زنجیری)

د: زمان استفاده از راه (فصول خشک یا مرطوب)

در ایران برای روسازی راه‌های جنگلی اکثراً از مصالح شنی استفاده می‌شود که امکان بازسازی‌های مکرر و نسبتاً ارزان را به‌وجود می‌آورد. آهک به‌عنوان ماده تثبیت‌کننده برای تحکیم بستر راه، مخصوصاً در زمین‌های رسی، مناسب بوده و می‌تواند با موفقیت به‌کار گرفته شود. استفاده از آسفالت و بتون به‌علت گران بودن آنها و نیز به‌علت پرهزینه بودن بازسازی‌های بعدی در جنگل‌های ایران معمول نیست و در این مبحث نیز ذکری از روش‌های روسازی با این مصالح به‌میان نخواهد آمد. در ادامه روش‌های مختلف کلاسیک و مدرن روسازی در راه‌های جنگلی که با مصالح معدنی و شنی قابل اجرا است تشریح می‌شود.

۳-۲-۲-۲- روسازی راه‌های جنگلی با بستر طبیعی

جاده با بستر طبیعی محکم، جاده‌ای است که بعد از عملیات خاکبرداری، بستر راه به اندازه‌ای محکم باشد که برای روسازی آن به لایه‌های اضافی شنی و ماسه نیازی نبوده و یا مقدار کمی شن و ماسه پاسخگوی کمبود مقاومت باشد. به‌همین دلیل این نوع راه‌ها به معنی واقعی دارای روسازی نبوده و ظرفیت باربری بستر آنها به خصوصیات خاک (سنگ) منطقه وابسته است. شرط موفقیت

در احداث این راه‌ها داشتن بستر طبیعی با ظرفیت باربری بالا و ایجاد زه‌کشی خوب و موثر است. مراحل ساخت این راه‌ها به ترتیب به شرح شکل ۳-۱۳ عبارت است از :

الف: برداشتن و کنار زدن خاک نباتی (قشر رویی خاک) در صورتی که مقدار آن قابل ملاحظه باشد شکل ۳-۱۳ الف : برای انجام این کار بسته به وضعیت توپوگرافیکی منطقه می‌توان از بولدوزر، بیل‌هیدرولیکی و یا گریدر استفاده کرد. خاک نباتی بعد از برداشت در طرف دره خارج از محدوده عرض زیرسازی راه، ریخته می‌شود.

ب: خاکبرداری و ساختن بستر راه شکل ۳-۱۳ ب در اینجا نیز می‌توان از تمام ماشین‌های خاکبرداری که در ردیف (الف) ذکر شد استفاده کرد (رجوع شود به قسمت روش‌های خاکبرداری و ساختن بستر راه).

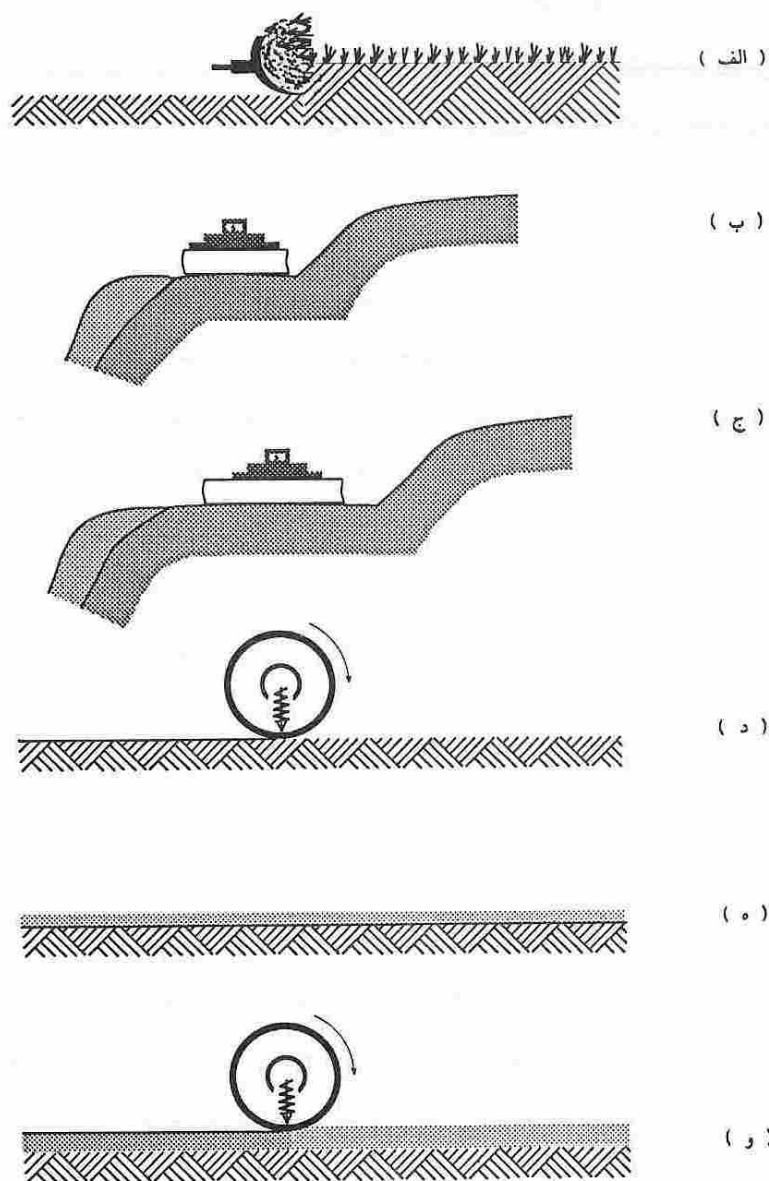
ج: تکمیل ساختن بستر راه، تسطیح بستر و ساختن آبروهای کناری، شانه‌های راه و شیروانی‌های خاکبرداری و خاکریزی (شکل ۳-۱۳ ج) برای انجام این کارها می‌توان از گریدر به بهترین نحوی استفاده کرد. چنانچه قرار باشد کانال کناری راه، عمیق ساخته شود باید از بیل‌هیدرولیکی کمک گرفت.

د: غلطک زدن بستر راه با غلطک ویبره در دفعات کافی شکل ۳-۱۳ د.

ه: ریختن قشر نازکی از شن و ماسه نرم در روی بستر راه شکل ۳-۱۳ ه.

و: غلطک زدن قشر شن و ماسه با غلطک ویبره شکل ۳-۱۳ و.

توضیح اینکه در ساختن راه‌های با بستر طبیعی، باید نسبت به ایجاد شیب‌های عرضی و طولی، بیش از دیگر راه‌ها دقت شود تا آب باران در روی راه جریان یافته و از سطح راه خارج شود. زه‌کشی در این راه‌ها از اهمیت زیادی برخوردار است و باید به نحو احسن صورت گیرد.



شکل ۳-۱۳ مراحل ساخت راه‌های جنگلی با بستر طبیعی

۳-۲-۲-۳- روسازی راه‌های جنگلی به روش سنگ چین کلاسیک:

این روش یکی از قدیمی‌ترین روش‌های راه‌سازی در دنیاست. رومی‌ها این روش را در بیش از ۲۰۰۰ سال قبل به عالی‌ترین حد تکاملی خود رسانده و آن را به‌طور وسیعی به کار می‌بستند.

روسازی به روش سنگ‌چین، تا حدود ۴۰ سال قبل، از طرق متداول در احداث راه‌های جنگلی دنیا بود، ولی از زمان شروع مکانیزاسیون در راه‌سازی، به‌تدریج منسوخ شد. بنابراین علت درج این روش در این نشریه آن است که، چنانچه بعضی از طرح‌های

جنگل‌داری با تورم کارگر روبرو و از داشتن ماشین‌آلات محروم بودند بتوانند از این روش به‌طور مقطعی و برای مسیرهای کوتاه راه‌سازی استفاده و در عین حال ساعات کار کارگران خود را به‌طور مفید پر نمایند.

روسازی راه‌های جنگلی به‌روش سنگ‌چین کلاسیک به شرح زیر است شکل ۳-۱۴:

الف: برداشتن و کنار زدن قشر رویی خاک (خاک نباتی) در صورتی که مقدار آن قابل ملاحظه باشد، شکل ۳-۱۴ الف این کار بسته به وضعیت توپوگرافیک منطقه مسیر راه، می‌تواند به‌وسیله بولدوزر، لودر، بیل مکانیکی و یا گریدر انجام گیرد. خاک نباتی بعد از برداشت در سمت دره و خارج از محدوده عرض روسازی، ریخته می‌شود.

ب: تکمیل ساختن بستر راه شکل ۳-۱۴ ب. رجوع شود به قسمت روش‌های خاکبرداری و ساختن بستر راه.

ج: تکمیل ساختن بستر راه، تسطیح بستر، ساختن آبروهای کناری، شانه‌ها و شیروانی‌های خاکبرداری و خاک‌ریزی راه شکل ۳-۱۴ ج.

د: ریختن یک لایه نازک شن و ماسه نرم در بستر راه شکل ۳-۱۴ د.

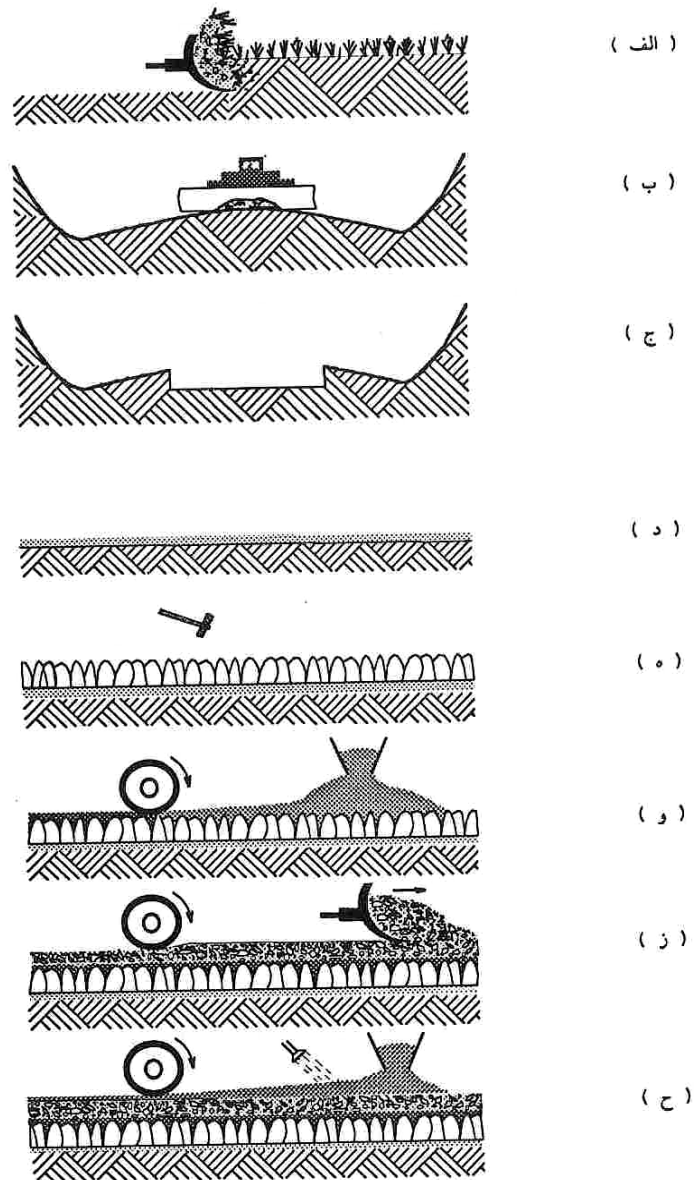
ه: چیدن سنگ‌های هرمی شکل به ارتفاع ۲۰ تا ۳۰ سانتیمتر روی بستر راه، به‌طوری که قاعده سنگ‌ها در روی بستر و نوک آنها روبه بالا قرار گیرد.

و: کوبیدن نوک سنگ‌های هرمی با پتک به‌منظور شکسته شدن سر سنگ‌ها و ریختن قطعات خرد شده در لابلای سنگ‌های چیده شده به ترتیبی که، سنگ چین مهار شده و خلل و فرج آن پر شود شکل ۳-۱۴ ه.

ز: ریختن یک لایه شن و ماسه درشت به قطر (۶۰-۳۰ میلی‌متر) روی سنگ‌چین و غلطک زدن آن با غلطک استوانه‌ای صاف تا حصول سطحی هموار شکل ۳-۱۴ و.

ح: ریختن لایه دیگری از شن و ماسه ریزتر از بند (ز) و پخش و غلطک زدن آن با غلطک استوانه‌ای صاف شکل ۳-۱۴ ز.

ط: ریختن لایه‌ای ماسه نرم روی لایه قبلی و غلطک زدن آن همراه با آب پاشی به عنوان لایه انتهایی شکل ۳-۱۴ ح.



شکل ۳-۱۴ روسازی راه‌های جنگلی به روش سنگ چین کلاسیک

توضیح این که هر قدر تعداد لایه‌های روسازی بیشتر بوده و قطر دانه بندی مصالح به کار رفته از پائین به بالا تدریجا کاهش یابد، کار دارای کیفیتی بهتر است و مجموعه طبقات، حجمی فشرده با کمترین فضای خالی را تشکیل خواهند داد.

۳-۲-۲-۴- روش‌های جنگلی به روش سنگ‌چین مکانیزه

با ارتقاء سطح دستمزدهای روسازی راه‌های جنگلی به روش سنگ‌چین، که بخش قابل توجهی از آن با دست و به‌وسیله کارگران انجام می‌گرفت، این روش دیگر مقرون به صرفه نبود از این رو به تدریج روش‌های مکانیزه روسازی متداول شد. در این راستا اولین فکر، مکانیزه کردن روش سنگ‌چین بود. در این روش روسازی همانند روش سنگ‌چین با دست است، با این تفاوت که در اینجا طبقات روسازی مخصوصاً طبقه زیرین، به‌دقت و ظرافت کاردستی در روش سنگ‌چین کلاسیک انجام نمی‌گیرد، بلکه همانند طبقات دیگر در روی بستر پخش شده و غلطک می‌خورد.

۳-۲-۲-۵- روش‌های جنگلی با شن و ماسه مخلوط دانه‌بندی شده

این روش به دنبال کوشش‌های مربوط به ماشینی کردن و بهینه ساختن کارهای راه‌سازی در جنگل شکل گرفت. این روش به خاطر سهولت انجام کار، امکان اجرای تمام مراحل کار با ماشین و نیز به‌دلیل امکان استفاده از مصالح موجود در طبیعت، نظیر شن و ماسه رودخانه‌ای و معدنی و امکان تهیه این مصالح به‌صورت مصنوعی و در مقیاس بزرگ مانند مراکز تهیه شن و ماسه شکسته، رواج یافت و به دلیل نگهداری و بازسازی مکانیزه این راه‌ها، هزینه نگهداری آن نیز خیلی کمتر از انواع دیگر روسازی بوده و این نکته در راه‌های جنگلی حائز اهمیت فراوان است. نکات مهم در این نوع روسازی به شرح زیر است:

- در این روش سطح بستر باید حتی‌الامکان صاف باشد تا بتوان ضخامت روسازی را در تمام سطح راه یکنواخت نگهداشت.
- چنانچه از سنگ‌های شکسته موجود در طبیعت، به‌عنوان معدن شن و ماسه استفاده شود، باید سنگ‌های تشکیل دهنده آن از مقاومت کافی برخوردار باشند.

- هر قدر دانه‌بندی مخلوط شن و ماسه بهتر باشد، تراکم آن بهتر صورت می‌گیرد.

- مخلوط شن و ماسه شکسته (تیز گوشه) بعد از تراکم، دارای مقاومت برشی بهتری نسبت به مخلوط شن و ماسه گردگوشه (شن و ماسه رودخانه‌ای) است.

- بسته به ضخامت روسازی، مخلوط شن و ماسه دانه‌بندی شده را در یک، دو یا سه لایه روی هم ریخته و با غلطک متراکم می‌کنند.

- برای متراکم کردن لایه‌های مخلوط شن و ماسه بندرت از غلطک‌های استوانه‌ای صاف (استاتیکی) استفاده می‌شود، استفاده از غلطک‌های ویبره برای متراکم کردن مخلوط شن و ماسه نتایج بهتری به‌دنبال دارد.

در این نوع روسازی مراحل انجام کار به‌ترتیب به شرح زیر است:

الف: برداشتن و کنار زدن قشر رویی خاک (خاک نباتی) در صورتی که مقدار آن قابل ملاحظه باشد. شکل ۳-۱۵ الف

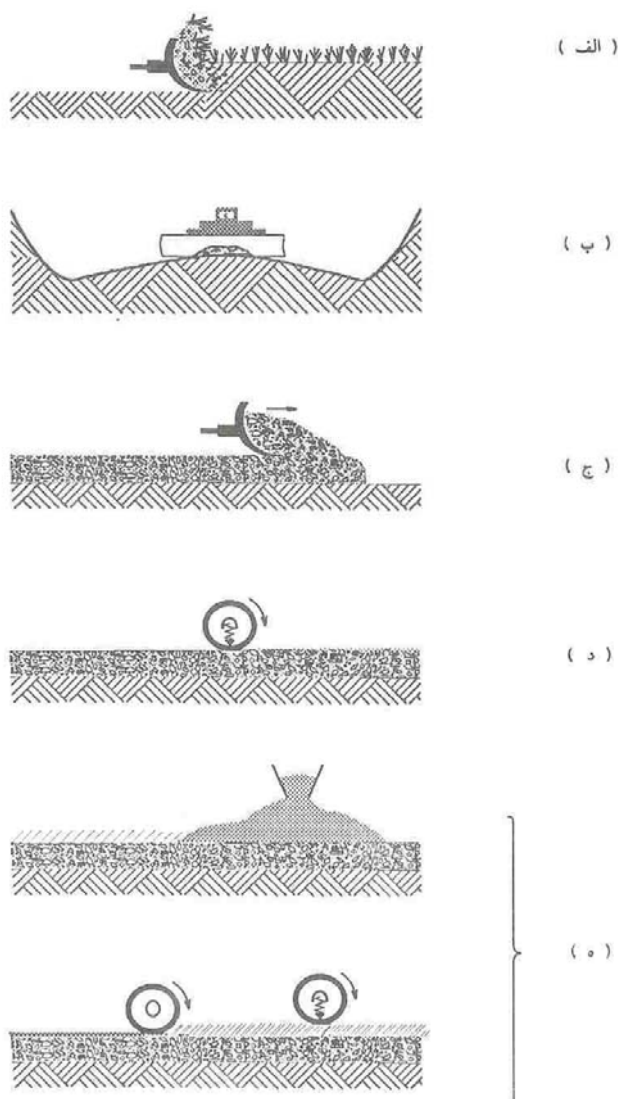
ب: خاکبرداری، آماده ساختن بستر راه و ساختن آبروها، شانه‌ها و شیروانی‌های خاکبرداری و خاکریزی راه. شکل ۳-۱۵ ب

ج: ریختن لایه‌های مخلوط شن و ماسه دانه‌بندی شده به مقدار کافی (باتوجه به ظرفیت باربری بستر و فشار چرخ‌ها) روی بستر

صاف و تسطیح و پخش آن. شکل ۳-۱۵ ج

د: متراکم کردن لایه‌های شن و ماسه با استفاده از غلطک ویبره (ارتعاشی). شکل ۳-۱۵ د

ه: پخش و تسطیح ماسه شکسته به‌عنوان آخرین لایه (لایه پوششی) و متراکم ساختن آن با غلطک ویبره و سپس غلطک استوانه‌ای صاف، لایه پوششی علاوه بر حفاظت از لایه‌های زیرین نقش تسطیح ظریف سطح راه را نیز به‌عهده دارد. هر قدر لایه زیر درشت‌دانه‌تر و سطح آن ناصاف‌تر باشد، به‌همان نسبت ضخامت لایه پوششی باید بیشتر باشد. به‌علاوه هر قدر نگهداری راه منظم‌تر و با وسایل مناسب‌تر صورت گیرد، ضخامت لایه پوششی می‌تواند کمتر انتخاب شود، به‌نحوی که پس از تراکم، ضخامت به حداکثر ۳ سانتیمتر برسد. اگر نگهداری راه به‌طور دوره‌ای و با وسایل سنگین انجام گیرد، باید در آن صورت ضخامت لایه پوششی بیشتر اختیار شود، به‌نحوی که پس از تراکم، ضخامت لایه به ۶ تا ۸ سانتیمتر بالغ شود. شکل ۳-۱۵ هـ.



شکل ۳-۱۵ - روسازی راه‌های جنگلی با شن و ماسه مخلوط دانه‌بندی شده

۳-۲-۲-۶- روسازی راه‌های جنگلی روی زمین طبیعی کم مقاومت

در زمین‌های با ظرفیت باربری کم، قبل از اجرای روسازی، باید خواص مکانیکی خاک بستر را به‌عنوان لایه‌ای که تمام نیروهای وارده به روسازی به آن منتقل می‌شود بهبود بخشید و مقاومت آن را بالا برد تا بتواند وزن طبقات روسازی و نیروهای وارده را به خوبی تحمل کند. بدین منظور از روش‌های مختلفی به شرح زیر استفاده می‌شود:

- تثبیت و بهبود خواص مکانیکی خاک با آهک
- تثبیت و بهبود خواص مکانیکی خاک با سیمان
- تثبیت و بهبود خواص مکانیکی خاک با چسباننده‌های سیاه
- تثبیت و بهبود خواص مکانیکی خاک با مواد شیمیایی
- تثبیت و بهبود خواص مکانیکی خاک با قرار دادن لایه‌ای از پلاستیک و یا حصیرهای الیاف مصنوعی ژئوتکستایل Geotextil به‌عنوان لایه جداکننده لایه‌های خاک طبیعی بستر راه، از لایه‌های روسازی و جلوگیری از نفوذ رطوبت به لایه روسازی.

قبلاً روش تثبیت با آهک به عنوان مناسب‌ترین روش تثبیت خاک‌های ریزدانه شرح داده شد. روش‌های دیگر با توجه به بالا بودن هزینه کار، کمتر در احداث راه‌های جنگلی مورد استفاده قرار می‌گیرد. محدوده مناسب دانه‌بندی خاک‌ها برای روش‌های مختلف تثبیت در شکل ۳-۱۱ نشان داده شده است، در اینجا روش آخر یعنی روش استفاده از فرش‌های پلاستیکی و حصیرهای الیاف مصنوعی، که کمتر شناخته شده است، تشریح می‌شود. هنوز تجربیات عملی در مورد استفاده از این روش در خاک‌های کم مقاومت راه‌های جنگلی ایران وجود ندارد، ولی در راه سازی‌های جنگل در کشورهای اروپای مرکزی استفاده از این روش به دلیل سهولت اجرای آن رواج دارد. شکل ۳-۶

مراحل کار در احداث راه‌های جنگلی با این روش به شرح زیر است:

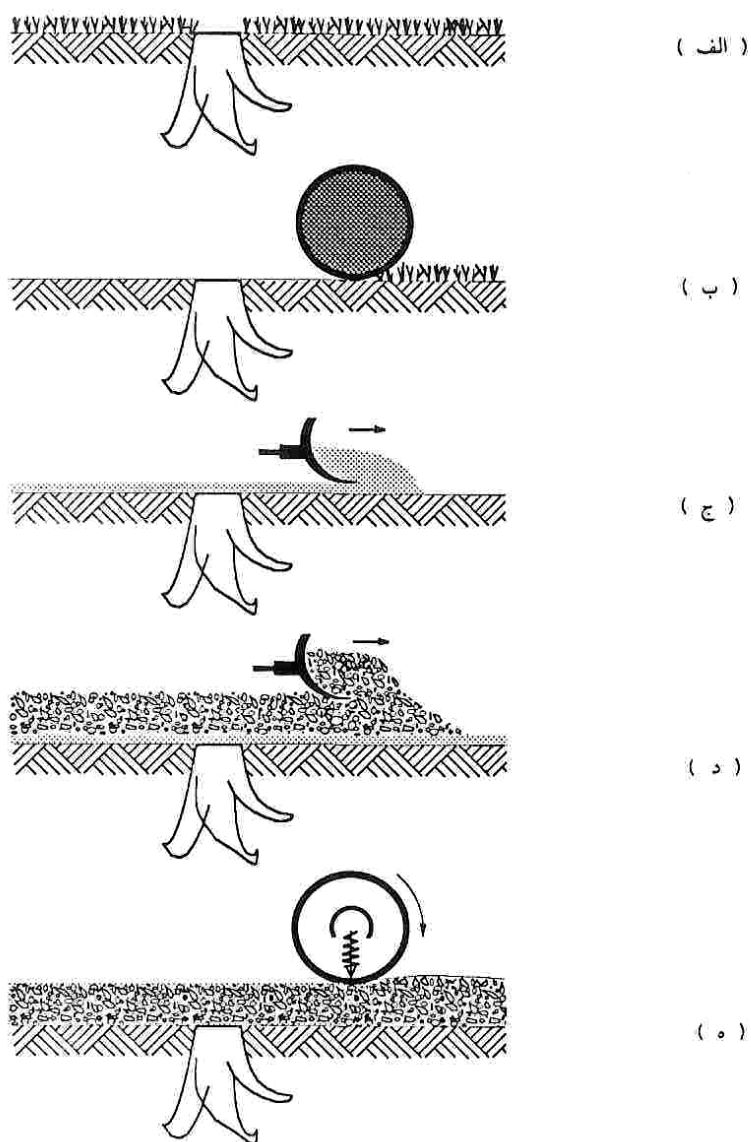
الف: برخلاف سایر روش‌های تثبیت خاک، در این روش احتیاجی به برداشت لایه هموموسی (خاک نباتی)، گیاهان سطح جاده و ریشه‌کن کردن کنده درختان نیست، فقط باید کنده درختان مسیر راه را، هم‌سطح خاک بستر راه قطع کرد تا باعث پاره شدن فرش پلاستیکی که روی آن پهن می‌گردد نشوند. سپس فرش الیاف مصنوعی را که به‌صورت توپ است، به اندازه عرض روسازی راه، مسیر راه پهن میکنند. شکل ۳-۱۶- الف و ب

ب: در صورتی که مصالح مورد استفاده برای روسازی از مواد شکسته نباشد، می‌توان بلافاصله روی این لایه پلاستیکی جداکننده، لایه روسازی را مطابق روش روسازی با مخلوط شن و ماسه دانه‌بندی شده، اجرا نمود. (رجوع شود به بخش ۳-۲-۲-۴).

ج: در صورتی که شن و ماسه مورد استفاده، از مصالح شکسته به‌دست آمده باشد، باید قبلاً لایه‌ای ماسه به ضخامت ده سانتیمتر روی فرش پلاستیکی پهن کرد. شکل ۳-۱۶ ج

د: بعد از ریختن لایه ماسه روی فرش الیاف مصنوعی، شن و ماسه مخلوط را به ضخامت لازم روی لایه ماسه ریخته و پخش می‌کنند. شکل ۳-۱۶ د

ه: بعد از پخش شن و ماسه، مخلوط دانه‌بندی شده آن را با غلطک ویبره متراکم می‌کنند در خاتمه کار تراکم، لایه پوششی نازکی از ماسه، روی روسازی پهن کرده آن را با غلطک ویبره و سپس غلطک استوانه‌ای صاف، متراکم می‌سازند. شکل ۳-۱۶ ه



شکل ۳-۱۶ روسازی راه‌های جنگلی روی زمین طبیعی کم مقاومت

فصل ۴

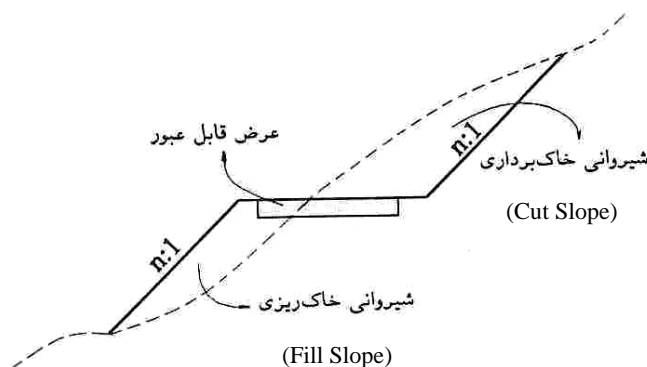
تثبیت شیروانی‌های راه

۴-۱- تعریف

شیروانی‌های راه (ترانشه)، عبارتند از سطوح شیب‌داری که در اثر خاکبرداری و خاکریزی ایجاد می‌شوند. شیروانی‌های راه به دو گروه متمایز تقسیم می‌شوند:

الف: شیروانی‌های خاکبرداری که در اثر خاکبرداری (برش) خاک طبیعی ایجاد و خاک آن به‌طور طبیعی متراکم است (شکل ۴-۱).

ب: شیروانی‌های خاکریزی که در اثر خاکریزی ایجاد می‌شوند و خاک آنها بعلت بهم‌خوردن وضع طبیعی، سست و شیب آنها کمتر از شیب شیروانی‌های خاکبرداری است (شکل ۴-۱).



شکل ۴-۱ شیروانی‌های خاکبرداری و خاکریزی

۴-۲- اهمیت ساختمان و تثبیت شیروانی‌های خاکبرداری و خاکریزی در راه‌های جنگلی

از طریق شیروانی‌های خاکبرداری و خاکریزی، راه‌های جنگلی به جنگل یا طبیعت متصل می‌شوند محل بریدگی و زخمی کردن طبیعت (خاکبرداری و خاکریزی)، در راه‌های جنگلی از اهمیت بسزایی برخوردار است. باتوجه به اینکه بریدگی‌ها، تعادل و ثبات طبیعی دامنه را بهم می‌زنند، چنانچه از نظر فنی به‌طور صحیح و از نظر تعادل طبیعی به فرم قابل قبولی ساخته نشوند و پایداری آنها مدنظر قرار نگیرد، می‌تواند باعث خرابی و بی‌نظمی در ساختمان و تعادل راه شود، در نهایت این امر ممکن است باعث لغزش‌هایی از طرف کوه به سطح راه و یا نشست بدنه راه در طرف دره (خاکریز) گردد. باتوجه به اینکه راه‌های جنگلی به‌ویژه راه‌های دامنه‌ای، جریان طبیعی آب را روی دامنه‌ها بهم می‌زنند در کنار سایر تاسیسات هدایت جریان آب (زه کشی راه)، ثبات شیروانی‌های کناری نیز یکی از شرایط لازم برای حسن هدایت جریان آب و تامین امنیت، تداوم کار و انجام وظیفه راه‌های جنگلی است.

۴-۳- شیروانی‌های کناری راه‌های جنگلی در مناطق مسطح و تپه‌ماهور

در احداث راه‌های مناطق مسطح و تپه‌ماهور، احتیاج چندانی به تثبیت شیروانی‌های کناری راه‌های جنگلی نیست، چون عملیات خاکبرداری و خاکریزی در این مناطق باعث ایجاد شیروانی‌های پرشیب نمی‌شود. شیروانی‌های خاکبرداری و خاکریزی کوتاه با سطح کوچک، که در اثر احداث راه در این مناطق به‌وجود می‌آیند. اگر با شیب مناسبی ساخته شوند، دارای ثبات طبیعی بوده و ایجاد مشکل نخواهند نمود. البته طبیعت نیز زخم‌های کوچک حاصل از عملیات خاکبرداری و خاکریزی را به سرعت التیام بخشیده و آنها را با

گیاهان و علف‌ها می‌پوشاند و بدین ترتیب ثبات شیروانی‌های راه را دوام می‌بخشد. از این رو در احداث راه در مناطق مسطح و تپه ماهور اکثراً نیازی به احداث ابنیه فنی و اقدامات زیست مهندسی (Bioengineering) یا SoilBioengineering (خاک زیست مهندسی) برای تثبیت و مهار شیروانی‌های کناری.

۴-۴- شیروانی‌های کناری راه در مناطق جنگلی کوهستانی

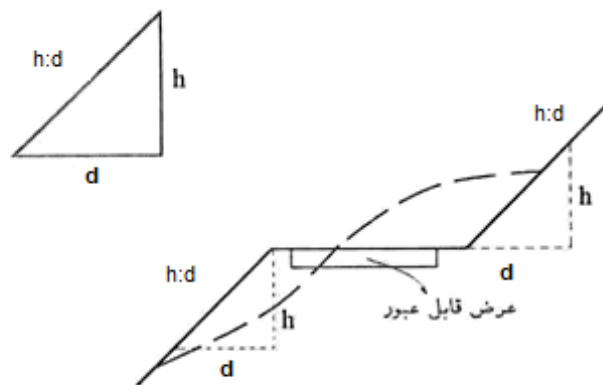
وضعیت شیروانی‌های کناری راه‌های مناطق جنگلی کوهستانی و پرشیب، مخصوصاً کوهستان‌های مرتفع، یعنی نقاطی که امروزه جنگل‌ها اکثراً در آنجا مستقر هستند، با مناطق مسطح و تپه ماهور کاملاً متفاوت است. احداث راه و عملیات خاکبرداری در این مناطق، اکثراً باعث ایجاد برش‌ها و خاکریزی‌های مرتفع در طبیعت خواهد شد. پایداری و ثبات شیروانی‌های حاصل از این برش‌ها و خاکریزی‌ها، در راه‌های جنگلی کوهستانی برای حفظ امنیت حمل و نقل و تداوم امر پرورش، حفاظت و بهره‌برداری از جنگل، از اهمیت زیادی برخوردار است. از این رو باید در تمام مراحل راه‌سازی در این مناطق، یعنی تعیین مسیر شبکه راه‌ها، تهیه پروژه و ساختمان راه، مساله پایداری و ثبات شیروانی‌ها مورد توجه قرار گیرد. در این بخش روش‌های مناسب برای تثبیت شیروانی‌های راه‌های جنگلی کوهستانی که تا به حال با موفقیت مورد استفاده قرار گرفته تشریح خواهد شد. انتخاب هر یک از روش‌ها به شرایط طبیعی منطقه بستگی دارد.

۴-۵- تثبیت شیروانی‌های راه‌های جنگلی کوهستانی

۴-۵-۱- شیب شیروانی‌ها در راه‌های جنگلی کوهستانی و روش‌های اجرایی آن

اولین قدم در ایجاد شیروانی‌های پایدار در راه‌های جنگلی کوهستانی، انتخاب شیب مناسب است. شکل ۴-۲، از آنجا که خاک‌های مختلف، دارای شیب‌های طبیعی متفاوتی هستند، باید در ایجاد شیروانی‌ها، به‌ویژه شیروانی‌های خاکریز، حتی‌الامکان شیب شیروانی همان شیب طبیعی خاک منطقه باشد.

ارقام تجربی مندرج در جدول ۴-۲ شیب مناسب شیروانی‌های کناری راه‌های جنگلی، در خاک‌های مختلف را نشان می‌دهد.



شکل ۴-۲- طرز نمایش شیب شیروانی‌ها در راه‌های جنگلی

جدول ۴-۱ شیب مناسب شیروانی‌های خاکی راه‌های جنگلی در خاک‌های مختلف

ردیف	نوع خاک	شیب دامنه (نسبت ارتفاع به قاعده دامنه) h:d
۱	ماسه نرم	۱:۲ تا ۱:۱/۷
۲	ماسه درشت همراه با لای	۱:۱/۷ تا ۱:۱/۴
۳	شن متراکم	۱:۱ تا ۱:۱/۲۵
۴	لای و رس خشک	۱:۱ تا ۱:۱/۵
۵	سنگ ریزه	۱:۱ تا ۱:۱/۲۵
۶	صخره سنگ	۱:۱/۵ تا ۰:۱/۱

بطور کلی شیروانی‌های خاکریزی باید کم شیب‌تر از شیروانی‌های خاکبرداری ساخته شوند. چون شیروانی‌های خاکبرداری که عموماً خاک‌های با تراکم طبیعی هستند، می‌توانند حتی با شیب بیشتر ثبات و پایداری خود را حفظ کنند. برای اطمینان از انتخاب شیب مناسب در شیروانی‌های خاکبرداری و خاکریزی، می‌توان از شیروانی‌های خاکی راه‌های جنگلی که قبلاً در منطقه ساخته شده‌اند و دارای خاک مشابهی هستند بطور کلی تجربی کمک گرفت.

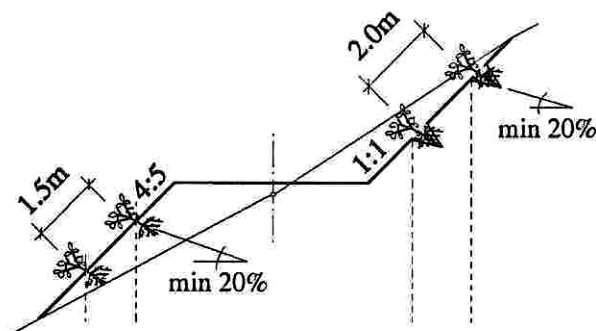
۴-۵-۲- تثبیت بیولوژیک شیروانی‌های خاکی در راه‌های جنگلی

چنانچه شیروانی‌های خاکی راه‌های جنگلی باتوجه به نوع خاک منطقه با شیب مناسب ایجاد، ولی پایداری کامل حاصل نشود، باید با روش‌های زیست مهندسی^۲ اقدامات تکمیلی در جهت تثبیت شیروانی‌های خاکی راه انجام گیرد. این مسئله در اکثر راه‌های جنگلی که از مناطق پرشیب عبور می‌کنند، مطرح است. در مناطق جنگلی با شرایط اکولوژیکی مناسب، مانند نیمرخ شمالی البرز، باتوجه به قدرت رویش و تجدید حیات رویشگاه، شیروانی‌های خاکی وسیع هم بعد از گذشت چند سالی دوباره سبز شده و تثبیت می‌شوند چنانچه بطور طبیعی این عمل انجام نشود می‌توان گیاهان بومی مناسب را به‌راحتی در روی این شیروانی‌های خاکی کاشت. در مناطق جنگلی با شرایط اکولوژیکی سخت، مانند نیمرخ جنوبی و ارتفاعات بالای نیمرخ شمالی البرز و جنگل‌های غرب، بدون یاری دادن به طبیعت و کشت مستقیم گیاهان مناسب، امکان تثبیت شیروانی‌های خاکبرداری و خاکریزی راه، توسط طبیعت همیشه ممکن نیست. این کار با روش‌های مختلف ساختمانی و جنگلکاری، به کمک گیاهان مناسب انجام می‌گیرد. بطور کلی تمامی کارهای ساختمانی که به کمک مصالح زنده، یعنی گیاهان علفی و چوبی، برای تثبیت شیروانی‌های خاکی راه‌ها و یا طبیعت و محافظت آنها از خطر لغزش‌های سطحی و فرسایش انجام می‌گیرد، اصطلاحاً اقدامات زیست مهندسی یا خاک زیست مهندسی^۳ نامیده می‌شود. به کمک تکنیک‌های زیست-مهندسی، می‌توان اکثر دامنه‌های لخت و عاری از پوشش گیاهی را که در اثر عملیات خاکبرداری و یا فعالیت‌های دیگر در مناطق پرشیب به‌وجود می‌آید، تثبیت و مهار کرد و بدین‌ترتیب تا حد امکان از ایجاد دیوارهای حایل بتنی یا بنایی اجتناب ورزید. بدین طریق نه تنها به زیبایی طبیعت خدشه‌ای وارد نمی‌آید، بلکه در هزینه‌های سنگین دیواره‌سازی نیز صرفه‌جویی خواهد شد شکل ۴-۳. روش‌ها و تکنیک‌های تثبیت شیروانی‌های خاکبرداری و خاکریزی بطور اخص و دامنه‌های

^۲ - Bioengineering

^۳ - Bioengineering, Soil Bioengineering

لغزنده فرسایشی و ریزشی بطور اعم، مبحثی است مفصل که در اینجا امکان ذکر جزییات و شرح تمامی تکنیک‌های آن وجود نداشته و خود احتیاج به بررسی و مطالعه جداگانه دارد. در این مبحث فقط به ذکر چند روش و تکنیک مناسب برای تثبیت شیروانی‌های خاکی راه‌های جنگلی اکتفا می‌شود.



شکل ۴-۳ تثبیت بیولوژیک شیروانی‌های خاکی در راه‌های جنگلی

۴-۵-۲-۱- تثبیت سطحی شیروانی‌های خاکی

این روش برای تثبیت قسمت‌های سطحی شیروانی‌ها و جلوگیری از فرسایش و ریزش سطوح برش و خاکریز، پس از عملیات خاکبرداری و خاکریزی به کار گرفته می‌شود. انجام این کار با کشت گیاهان مناسب منطقه در سطح شیروانی‌ها صورت می‌پذیرد. بذرداری را می‌توان به صورت‌های زیر انجام داد:

الف: کاشتن بذر در شیارهایی که بدین منظور روی شیروانی‌ها ایجاد می‌شود.

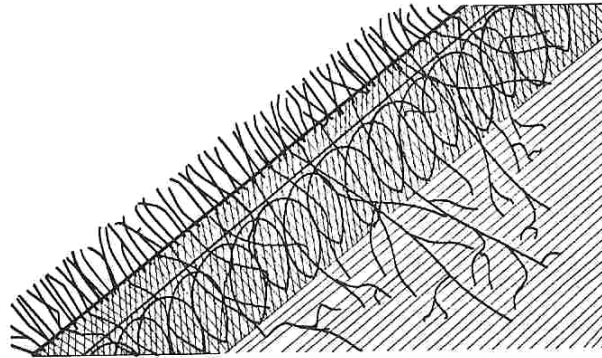
ب: پاشیدن بذر روی شیروانی‌ها بطور آزاد و یا با مواد چسباننده.

اگر استقرار بذر روی شیروانی‌های خاکی مشکل است، می‌توان بذر را به کمک یک لایه پوششی از کلش و علف، در روی شیروانی‌ها مستقر کرد. به هر حال انتخاب نوع بذر (از نوع گرامینه و لگومینوز) باید با توجه به شرایط محلی و از گونه‌های محلی انجام گیرد.

برای جلوگیری از شسته شدن بذرهای کاشته شده روی شیروانی‌های خاکی در اثر بارندگی‌های شدید، می‌توان به کمک پوششی از یک لایه سرشاخه‌های نازک و یا پوشش حصیری، نسبت به تثبیت و استقرار بذر در روی شیروانی‌های خاکی اقدام کرد. روی لایه‌های پوششی فوق‌الذکر میتوان لایه‌ای از هوموس (خاک نباتی) پهن کرد. البته این روش نسبت به روش‌های قبل پرهزینه‌تر خواهد بود.

لایه هوموس مورد استفاده در این روش را می‌توان قبل از عملیات خاکبرداری از سطح رویی خاک جنگل جمع‌آوری کرد. چنانچه ضخامت لایه هوموس خاک مسیر راه جنگلی زیاد باشد، باید قبل از اجرای عملیات خاکبرداری، این لایه را کنار زد تا با خاک بستر راه مخلوط نشود. مخلوط شدن خاک نباتی (هوموس) با خاک بستر راه، روی خواص مکانیکی خاک، اثر نامطلوب دارد و باعث کاهش ظرفیت باربری خاک خواهد شد. از خاک هوموسی جمع‌آوری شده می‌توان بعداً در بازسازی و تثبیت شیروانی‌های خاکبرداری و خاکریزی راه استفاده کرد. بافته‌های پلاستیکی عنوان شده در بخش ۳-۲-۲-۵، مخصوصاً انواع درشت بافت که تار و پود آن دارای سوراخ‌های بزرگ می‌باشد، برای جلوگیری از ریزش خاک سطح رویی شیروانی‌های کناری و نیز برای تثبیت بذرداری با بذر گیاهان

خانواده گرامینه و لگومینوز در روی شیروانی‌ها مناسب است. استفاده از این بافته‌های پلاستیکی بنا به تجربیات بدست آمده، زیبایی‌های طبیعت را خدشه‌دار نمی‌سازد، چون به مرور زمان در زیر خاک نباتی (هوموس) که روی آن ریخته می‌شود و نیز گیاهانی که بعداً روی آن سبز می‌شوند از نظرها پنهان می‌شود. استفاده از این روش مخصوصاً از آن جهت مفید است که سرعت جریان آب را در روی شیروانی‌ها کاهش داده و به آرامی به سمت پایین هدایت می‌کند. شکل ۴-۴.



شکل ۴-۴ استفاده از بافته‌های پلاستیکی درشت بافت برای تثبیت سطحی شیروانی‌های خاکی

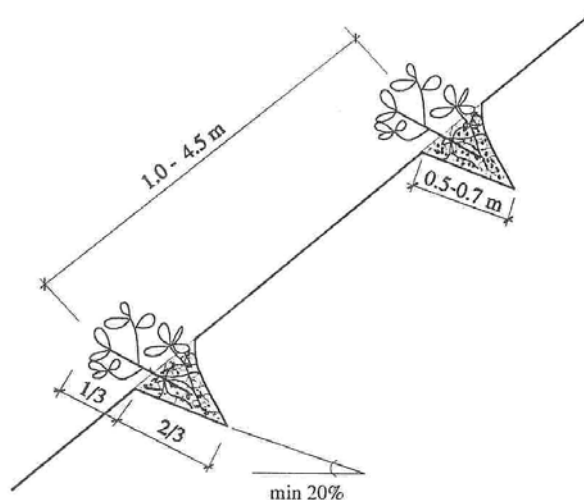
۴-۵-۲-۲- روش‌های تثبیت عمقی شیروانی‌های خاکی

۴-۵-۲-۲-۱- کشت نهال در بانکت

روش کار: روی شیروانی‌های خاکی و دامنه‌هایی که باید تثبیت شوند، بانکت‌هایی که عرض کف آن بین ۵۰ تا ۷۰ سانتیمتر است ایجاد می‌شود. نهال‌های ریشه‌دار گیاهان چوبی مناسب منطقه را به صورت پرپشت روی کف بانکت در کنار هم قرار می‌دهند (برای هر متر از طول بانکت حدود ۵ تا ۲۰ عدد نهال ضروری است). بانکت‌ها را می‌توان به صورت دستی یا ماشینی حفر نمود. برای ساخت بانکت و کشت نهال در آن، باید ابتدا پایین‌ترین ردیف بانکت را حفر و نهال‌ها را در کف آن قرار داده و روی آنها را با خاک برداشت شده از بانکت ردیف دوم پوشانند. بعد از خاتمه کشت، نهال‌ها در قسمت‌هایی که با خاک پوشیده شده است شروع به ریشه دوانی می‌کند و بدین ترتیب دامنه‌ها و شیروانی‌های خاکی، سرسبز و به وسیله شبکه ریشه نهال‌ها تثبیت می‌شود. نکته قابل توجه آن است که کف بانکتی که نهال در روی آن قرار می‌گیرد باید حداقل ۲۰ درصد به سمت داخل، شیب داشته باشد شکل ۴-۵.

نظم کار: در این روش معمولاً بانکت‌ها را بطور افقی و به موازات هم در روی دامنه‌ها و شیروانی‌های خاکی می‌سازند. اگر لازم باشد این بانکت‌ها می‌توانند وظیفه زه‌کشی را نیز در دامنه‌های مربوط به عهده گیرند، در آن صورت باید بانکت‌ها را روی دامنه به صورت شیب‌دار ساخت. فاصله دو بانکت متوالی از هم در روی یک دامنه به صورت شیب‌دار ساخت. فاصله دو بانکت متوالی از هم در روی یک دامنه از یک متر در مورد خاک‌های غیرچسبنده، تا ۴/۵ متر در مورد خاک‌های چسبنده تغییر می‌کند شکل ۴-۵.

کاربرد و موارد استفاده: این روش روی دامنه‌ای با خاک غنی و در مناطقی که بتوان از قلمه در ختانی چون بید برای تثبیت دامنه‌ها استفاده کرد به کار گرفته می‌شود. در این روش مقدار زیادی نهال مورد استفاده قرار می‌گیرد و به همین جهت هزینه اجرای آن نسبت به سایر روش‌ها زیاد است.



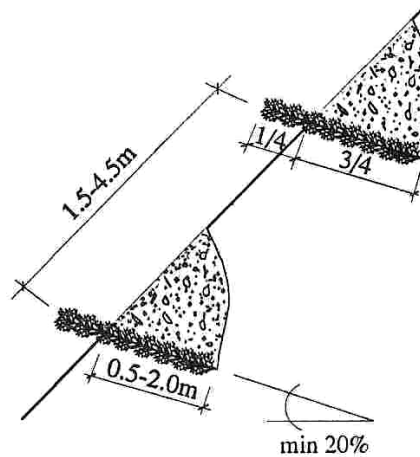
شکل ۴-۵ تثبیت دامنه‌ها و شیروانی‌های خاکی به روش کشت نهال در بانکت

۴-۵-۲-۲-۲-۲-۲ کشت قلمه در بانکت

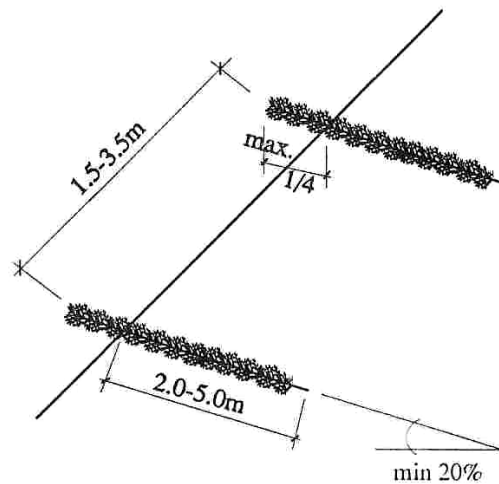
روش کار: نحوه کار در این روش مانند روش قبل است. با این تفاوت که به جای استفاده از نهال‌های ریشه‌دار، از قلمه گیاهان چوبی، که قابلیت کشت به صورت قلمه را دارند (مانند انواع بید و صنوبر) برای کاشت در بانکت‌ها استفاده می‌شود. برای انجام این کار، در شیروانی‌های خاکی راه و همچنین در روی دامنه‌های طبیعت که قرار است تثبیت شود بانکت‌هایی که عرض کف آن ۵۰ تا ۱۰۰ سانتیمتر است حفر می‌شود. روش ساخت در اینجا نیز مانند ردیف ۴-۵-۲-۲-۲-۲ می‌باشد شکل ۴-۶ در شیروانی‌های خاکریزی، به کارگیری این روش ساده و آسانتر است. برای انجام این کار قلمه‌هایی بطول ۲ تا ۵ متر را با تمام شاخه‌ها در پایین‌ترین قسمت خاکریزی قرار داده و به تدریج کار خاکریزی صورت می‌گیرد تا روی قلمه‌ها پوشیده شود. پس از آنکه روی قلمه‌های پایین‌ترین ردیف به اندازه کافی خاک ریخته شد ردیف‌های بعد نیز به همین ترتیب اجرا می‌شود شکل ۴-۷. بعد از خاتمه خاکریزی، کارهای غلطک‌زنی و متراکم کردن خاکریز صورت می‌گیرد. این کار صدمه‌ای به رویش قلمه‌ها نمی‌زند، چون زخم‌های کوچک وارده به قلمه‌ها تاثیری در جوانه زدن آنها ندارد. در این روش نیز چه در شیروانی‌های خاکبرداری و چه در شیروانی‌های خاکریزی، قلمه‌ها را باید با شیب حداقل ۲۰ درصد در کف بانکت قرار داد اشکال ۴-۶ و ۴-۷.

نظم مکانی کار: در خاکریزی‌ها بجز موارد استثنایی، کاشتن قلمه‌ها در ردیف‌های افقی صورت می‌گیرد. فاصله ردیف‌ها از هم نباید از ۱/۵ متر کمتر باشد اشکال ۴-۶ و ۴-۷. در دامنه‌های مرطوب که احتیاج به زه‌کشی دارند، کشت قلمه در بانکت را می‌توان به صورت شیب‌دار نیز انجام داد. شیب ردیف‌ها می‌تواند از ۱۵ تا ۶۰ درصد تغییر کند.

کاربرد و موارد استفاده: این روش بیشتر برای تثبیت ریزش در دامنه‌های ناپایدار و حساس به فرسایش و لغزش بکار می‌رود.



شکل ۴-۶- تثبیت شیروانی‌های خاکبرداری (برش) به روش کشت قلمه در بانکت



شکل ۴-۷- تثبیت شیروانی‌های خاکریزی (خاکریز) به روش کشت قلمه در بانکت

۴-۵-۲-۳- روش کشت مختلط قلمه و نهال در بانکت

روش کار: روش حفر بانکت مانند روش‌های قبل است. در این روش بجای استفاده از نهال تنها، که هزینه‌های زیادی را در بر دارد و یا به‌جای استفاده از قلمه تنها، که محدودیت انتخاب نوع گیاه در آن مطرح است، مخلوطی از قلمه و نهال برای کشت در بانکت مورد استفاده قرار می‌گیرد و بدین ترتیب از تعداد نهال‌های ریشه‌دار کاسته می‌شود.

نظم مکانی: مانند روش‌های قبل می‌باشد.

کاربرد و موارد استفاده: این روش امروزه متداول‌ترین روش تثبیت دامنه‌ها با گیاهان چوبی است و در هر آب و هوایی که گیاهان چوبی در آن بتوانند رشد و نمو نمایند، می‌تواند بکار گرفته شود.

۴-۵-۳- تثبیت برش‌ها و خاکریزها با چوب، بتن و سنگ

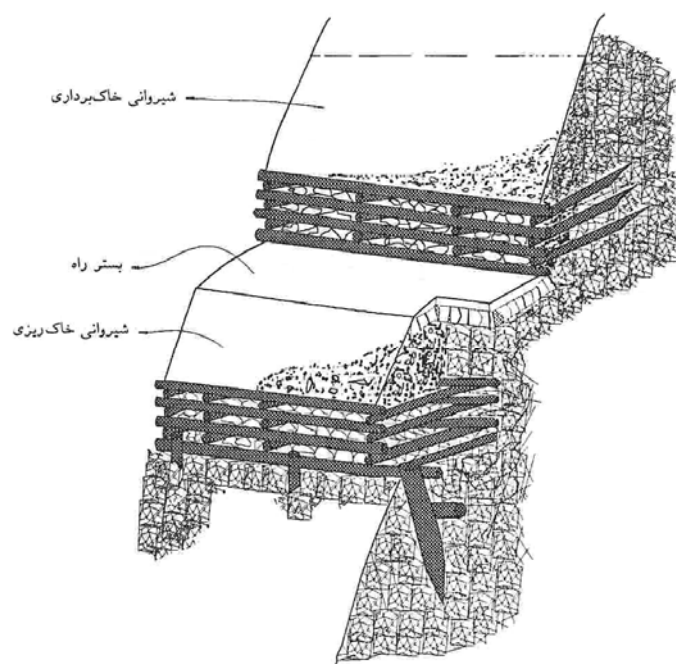
تثبیت درازمدت و مطمئن شیروانی‌ها در راه‌های جنگلی با مصالحی نظیر چوب، بتن، سنگ ممکن نیست. از این رو روش‌های تثبیت بیولوژیک با استفاده از تکنیک‌های زیست-مهندسی ارجحیت دارند. فقط در مواردی که شیب شیروانی‌ها (برش و خاکریز) اجباراً باید بیش از شیب طبیعی خاک منطقه ساخته شود می‌توان با استفاده از دیواره‌های چوبی، بتنی و یا سنگی نسبت به تثبیت برش و خاکریزهای راه اقدام نمود.

۴-۵-۳-۱- دیواره‌های چوبی

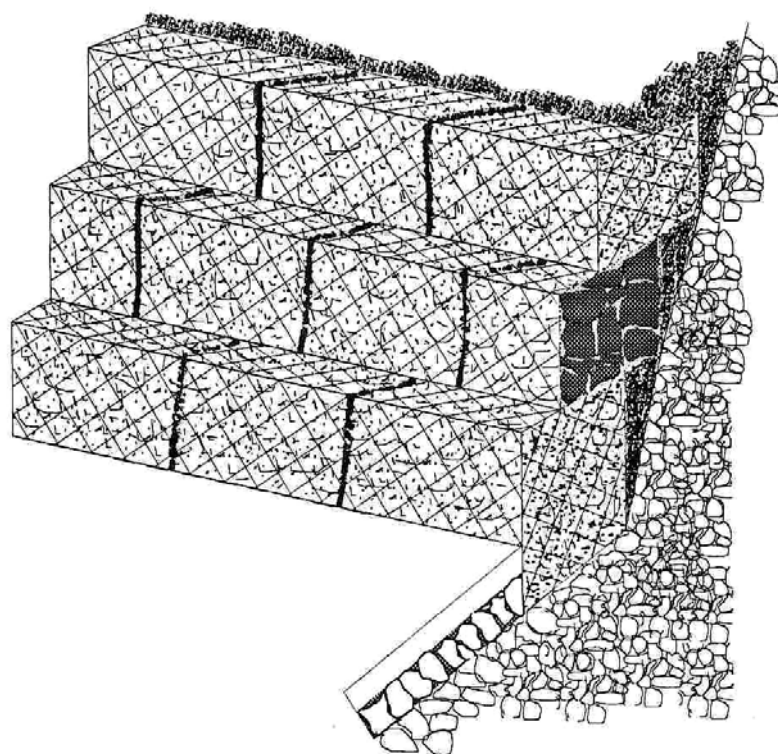
ساده‌ترین روش حفاظت، نگهداری و تثبیت شیروانی‌ها در راه‌های جنگلی احداث دیواره‌های چوبی است شکل ۴-۸. مصالح مورد استفاده در این روش چوب‌های گرد جنگلی است. قبل از بکار بردن چوب‌ها باید آنها را با مواد شیمیایی آغشته و اشباع کرد (مثلاً با ماده کروئزوت)، تا بدین ترتیب دوام آنها در مقابل پوسیدگی (حمله قارچ‌ها و حشرات) افزایش یابد. اگر اشباع چوب‌ها در کارخانه امکان نداشته باشد، می‌توان آنها را در محل به کمک غوطه‌ور کردن در ماده شیمیایی عمل آورد. بدیهی است در این صورت کیفیت کار پایین خواهد بود. بعد از تهیه چوب‌های گرد آغشته یا اشباع شده با مواد شیمیایی حفاظتی، می‌توان کار ساختمان دیواره را به کمک یک نفر نجار ماهر و یک نفر بنا مطابق شکل ۴-۸ انجام داد.

۴-۵-۳-۲- گابیون بندی

گابیون بندی عبارت است از سیدی بافته شده از سیم آهنی گالوانیزه که داخل آنرا با قلوه‌سنگ و سنگریزه پر می‌کنند. از قرار دادن و اتصال این سبدها به یکدیگر دیواره‌ای به وجود می‌آید که از آن برای تثبیت و حفاظت شیروانی خاکبرداری و خاکریزی راه‌های جنگلی استفاده می‌شود. در این کار، سبدها را باید با سیم‌های گالوانیزه به یکدیگر متصل نمود و ریشه و پایه آنرا در روی زمین طبیعی قرار داد شکل ۴-۹. گابیون در عین به وجود آوردن دیواره‌ای محافظ، به هیچ وجه مانع عمل زه‌کشی شیروانی‌ها نمی‌شود. گابیون‌ها در برابر نیروهای وارده نمی‌شکنند، بلکه از خود انعطاف نشان می‌دهند.



شکل ۴-۸ حفاظت و تثبیت شیروانی‌ها (برش و خاکریز) با مصالح چوبی



شکل ۴-۹ حفاظت و تثبیت شیروانی‌های راه بوسیله گایون بندی

فصل ۵

زه‌کشی راه‌های جنگلی

۱-۵- کلیات

آب بزرگترین دشمن راه‌های جنگلی بوده و بیشتر کارشناسان معتقدند حداقل ۸۰ درصد کل رسوبات فرسایشی در محیط جنگل ناشی از وجود راه‌های جنگلی است. راه همانند یک کانال عمل کرده و رسوبات را به طرف پایین به حرکت در می‌آورد. طبق اطلاعات موجود از کشورهای پیشرفته حدود ۲۵٪ از کل هزینه‌های ایجاد راه صرف عملیات زه‌کشی می‌شود.

آب باران و برف در صورت عدم کارایی سیستم زه‌کشی به جسم راه نفوذ می‌کند و از این رو ساختمان کانال‌ها اهمیت زیادی دارند.

آب قسمت‌های تحتانی راه نیز می‌تواند وارد جسم راه شود که این امر بستگی به مشخصه آب‌های زیرزمینی، مشخصات فنی راه و طبقات زیرین آن دارد. جسم راه‌های جنگلی باید از مصالحی که خاصیت جذب آب کمتری دارند ساخته شود.

بطور کلی برای خارج کردن آب‌های نفوذی به جسم راه، از زه‌کشی استفاده می‌شود.

زه‌کشی عبارت است از دور کردن آب‌هایی که به نحوی برای راه‌های جنگلی زیان‌آور می‌باشند. آب یکی از عوامل تخریب راه محسوب می‌شود و زه‌کشی نادرست نیز می‌تواند موجبات فرسایش، لغزش و رانش را فراهم آورد.

زه‌کشی به طرق زیر امکان‌پذیر است:

الف: خارج کردن آب از روی سطح راه با ایجاد تاج و به کمک شیب‌های عرضی یا ایجاد موانع عرضی، برای هدایت آب سطحی راه به خارج از عرض سواره رو.

ب: نصب لوله برای هدایت آب کانال‌های کناری و آب‌های موجود در سطح بالای دیواره خاکبرداری از زیر راه که به اصطلاح آن را آبرو گویند.

پ: هدایت آب نهرها، خط‌القورها و دره‌هایی که راه را قطع می‌کنند، به وسیله ایجاد پل‌ها یا لوله‌گذاری (آبراهه‌ها).

ت: پایین بردن سطح آب‌های زیرزمینی (Ground water surface) که به نحوی برای راه مضر هستند، از طریق کانال‌کشی و زه‌کشی در قسمت‌های مختلف (زه‌کشی در بالای دیواره خاکبرداری شده یا در زیر دیواره خاکریزی و غیره).

۲-۵- انواع زه‌کشی

بطور کلی دو نوع زه‌کشی در راه‌های جنگلی مطرح است:

- الف- زه‌کشی آب‌های عمقی
- ب- زه‌کشی آب‌های سطح‌الارضی

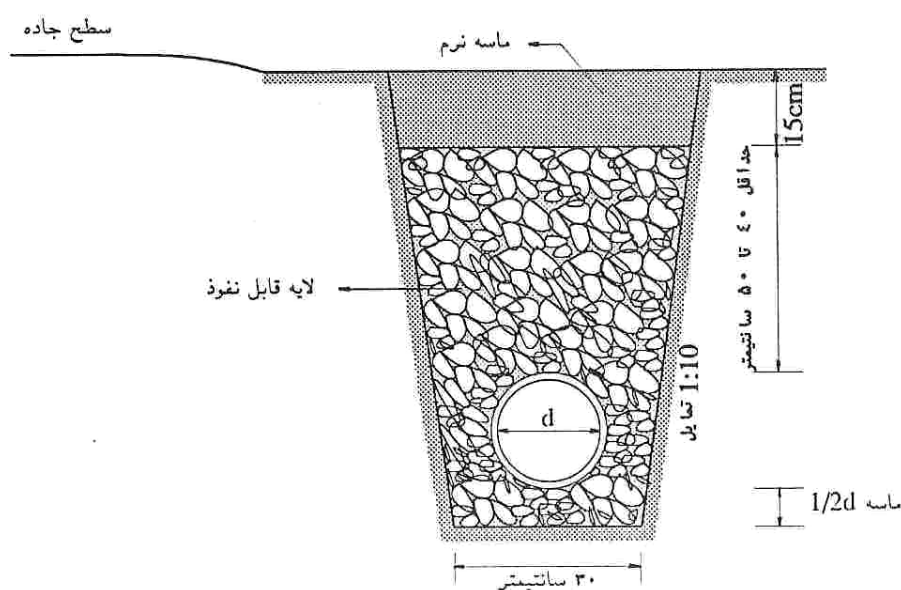
۱-۲-۵- زه‌کشی عمقی

آب زیرزمینی به دو صورت وجود دارد، آب‌های آزاد و آب‌های ثابت یا کاپیلاری (Capillary) زه‌کشی عمقی در راه‌سازی زمانی مطرح است که سطح آب‌های آزاد زیرزمینی کمتر از حدود ۷۰ سانتی‌متر با سطح راه فاصله داشته باشد باید توجه داشت که آب‌های کاپیلاری را نمی‌توان زه‌کشی نمود، ولی با بالا آوردن خط پروژّه یا پایین بردن سطح آب‌های آزاد می‌توان مقدار آن را کاهش داد.

زه‌کشی عمقی، عمری محدود دارد و به‌ویژه اثر آن در بعضی فصول به‌علت یخ زدن، پر شدن منافذ، لجن زدگی و نظایر آن کم می‌شود.

معمولی‌ترین روش زه‌کشی عمقی تعبیه لوله‌ایست متخلخل در عمق کافی که سطح آب را تا ۷۰ سانتی‌متر زیر سطح راه پایین ببرد. اطراف لوله متخلخل با خرده سنگ قابل نفوذ برای آب، پر می‌شود. حداقل قطر این لوله‌ها ۱۵ سانتی‌متر است. در راه‌های جنگلی گاهی اوقات برای صرفه‌جویی، از گذاشتن لوله‌های متخلخل صرف‌نظر می‌شود. در این حالت قسمت تحتانی کانال زه‌کشی عمقی را از سرشاخه و یا سنگ‌های درشت پر می‌کنند و روی آنرا با ماسه و شن می‌پوشانند. بهتر است پوشش طوری باشد که خاک نرم نتواند از بالا به عمق نفوذ کند. این کار را می‌توان از طریق ریختن چندین لایه از سنگ‌های درشت متوسط و ریز انجام داد. (لایه‌های زیر از سنگ‌های درشت و بتدریج دانه‌های کوچکتر تا سطح بالا از ماسه نرم و خاک استفاده می‌شود).

لوله متخلخل می‌تواند از جنس سیمان، گل پخته، مصالح حاصل از فرآیندهای پتروشیمی یا آهن سفید باشد. موادی که دور لوله و روی آن ریخته می‌شود باید به دقت انتخاب شوند تا عبور آب را به سادگی ممکن ساخته و به علاوه از نفوذ ذرات ریز به داخل لوله و مسدود شدن آن جلوگیری کرده و خود لجنی نشوند.



شکل ۵-۱ نوعی زه‌کشی عمقی معمولی

در زیر لوله‌های عمقی باید لایه‌ای از شن و ماسه به ضخامت حداقل $\frac{1}{2}$ قطر لوله ریخته شود. حداقل دهانه لوله ۱۵ سانتی‌متر است.

۵-۲-۲- زه‌کشی سطح الارض

۵-۲-۲-۱- زه‌کشی آب‌های سطح راه

این آب‌ها اکثراً در اثر بروز بارندگی به‌صورت باران و برف در سطح راه جاری شده و یا در چاله‌ها باقی می‌مانند و خطرات زیادی را بخصوص در راه‌های جنگلی که میزان بارندگی زیاد است، به‌وجود می‌آورند. از این رو باید در مورد خارج کردن هرچه سریعتر این آب‌ها اقدام شود، تا در جسم راه نفوذ نکنند. نفوذ این آب‌ها موجب سست کردن بافت روسازی و زیرسازی راه خواهد شد. تابش آفتاب کمک موثری برای خشک شدن سریع سطح راه پس از بارندگی خواهد بود. از این رو باید تمامی درختانی را که در ساعت ۱۱ تا ۱۲ روی راه سایه می‌اندازند قطع نمود.

با ایجاد تاج، در پروفیل عرضی راه، می‌توان آب سطحی را خارج و به کانال‌های کناری یا خارج از بستر راه هدایت نمود که میزان شیب عرضی برای راه‌های آسفالت‌ه و شوسه و خاکی در فصل دوم ذکر شده است. بهتر است در زیرسازی راه‌های جنگلی نیز انحنایی تقریباً مشابه انحنای تاج راه به‌وجود آید، تا آب‌های نفوذی از روی سطح شیب‌دار در قسمت زیرسازی شده عبور نموده و خارج گردد.

هنگام ساختن راه‌های جنگلی باید از نفوذ آب‌های سطحی به جسم راه به شدت جلوگیری شود زیرا این آب‌ها که در جنگل فراوان نیز هستند، جسم راه را در عملیات خاکبرداری و خاکریزی به شدت مرطوب و بی‌ثبات ساخته و در نتیجه عملیات راه‌سازی را فوق‌العاده مشکل می‌سازند. تردد ماشین‌ها از روی راه قبل از پایان روسازی اکیداً ممنوع است بخصوص در ایام بارندگی تردد ماشین‌ها قبل از روسازی، باعث ایجاد شیارها و چاله‌های آب خواهد شد. آب جمع شده در گودال‌ها باید از طریق ایجاد جویچه از سطح راه دور شود. همچنین قبل از شروع عملیات خاکبرداری باید آب‌های سطحی دامنه‌های بالاتر، به خارج از حوزه عملیات هدایت شود. این کار با نصب تیرهای چوبی بخوبی مقدور است در راه‌های فرعی جنگلی برای عبور دادن آب سطح راه به خارج اغلب از تیرهای چوبی استفاده می‌شود، که به دو صورت یک عددی یا دو عددی قرار می‌گیرند. هرچند یک بار باید تیرها تعویض شوند تا کار آنها در اثر پوسیدگی مختل نگردد. بهتر است این تیرها اشباع شده، قطر آنها ۱۵-۲۰ سانتیمتر و طول آنها معادل عرض راه باشد. علت استفاده از تیرهای چوبی در زه‌کشی، فراوانی چوب در جنگل است. باید توجه داشت در مسیرهای چوب‌کشی، بجز موارد استثنایی عملیات زه‌کشی انجام نمی‌شود.

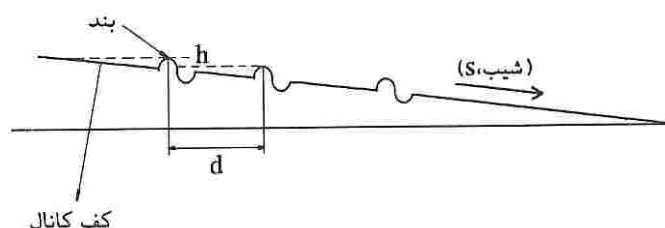
۵-۲-۲-۲- زه‌کشی سطحی برای جمع‌آوری آب دامنه‌های بالادست راه

کانال‌های کناری راه برای جمع‌آوری آب دامنه بالا دست و نیز آب‌های سطحی راه، احداث می‌شود. این آب‌ها در اثر ریزش باران و ذوب برف به‌طرف راه حرکت می‌کنند و باید قبل از رسیدن به سطح راه، به‌وسیله کانال‌های کناری جمع‌آوری شوند. در راه‌های جنگلی به‌دلیل شیب زیاد اراضی، برخلاف راه‌های جلگه‌ای مساله کمبود شیب طولی کانال وجود ندارد. آب کانال‌های کناری باید در نقاط مناسب به‌وسیله آبروهایی از زیر راه بطرف دامنه پایین‌دست هدایت شوند. توصیه می‌شود فاصله آبروها حدود ۵۰ تا ۷۰ متر باشد. در دامنه‌های پرشیب بهتر است آب کانال کناری به کانال طبیعی (خط‌القدرها) هدایت شوند زیرا در صورت استفاده از آبرو، خطر فرسایش، ریزش، لغزش و رانش خاک به وجود می‌آید. در صورتی که آب‌های سطحی زیاد و مقطع کانال کناری، کافی نبوده و یا به هر ترتیب خطر تخریب کانال وجود داشته باشد بهتر است یک کانال اضافه، در سطح بالا دست دیواره کناری (طرف خاکبرداری)

ایجاد شود. این کار در مواردی که خاک‌های مرطوب در دیواره‌های کناری وجود دارد نیز می‌تواند موثر باشد. سطح مقطع و شیب کانال باید برای حداقل سرعت آستانه فرسایش طراحی شود. در صورت بالاتر بودن سرعت آب از سرعت آستانه فرسایش باید اقداماتی در جهت کاهش سرعت آب به عمل آید. یکی از راه‌های کاهش سرعت آب ایجاد بند و یا ایجاد پوشش بتنی و گیاهی می‌باشد. در صورت استفاده از بند می‌توان برای محاسبه فاصله دو بند از فرمول ۵-۱ زیر استفاده نمود:

$$d = \frac{100h}{s - s_a} \quad \text{رابطه (۵-۱)}$$

که در آن h ارتفاع بند- d فاصله بین دو بند، S شیب کانال و S_a شیب آستانه فرسایش است.
شکل ۵-۲.



شکل ۵-۲ بند کف کانال d

۵-۳- لوله‌گذاری برای هدایت آب کانال‌های کنار راه

در راه‌های جنگلی به علت شیب زیاد و علیرغم پیشگیری‌های لازم، باید در نقاط مناسب آبرو احداث گردد، تا آب کانال قبل از تجمع زیاد، ازدیاد سرعت و ایجاد خطرات فرسایشی کف و دیواره‌ها به خارج راه منتقل شود. فواصل آبروها، به شدت جریان آب‌های سطح‌الارض، شیب راه، جنس خاک و موادی که در ساختمان کانال بکار رفته بستگی دارد.

بطور کلی در راه‌های جنگلی در فواصل حدود ۵۰ تا ۷۰ متر لازم است لوله عرضی (آبرو) احداث گردد. انتخاب قطر لوله بستگی به دبی آب کانال دارد.

در صورت استفاده از لوله‌های سیمانی بهتر است قطر لوله از ۴۰ سانتیمتر کمتر نباشد. اگر لوله در محل خط‌القعر واقع شود، شیب طولی لوله، به شیب طبیعی خط‌القعر بستگی خواهد داشت. بطور کلی بهتر است شیب لوله از ۶ درصد کمتر و از ۱۵ درصد بیشتر نباشد. شیب بیش از ۲۰ درصد موجب افزایش طول لوله شده و خطر جدا شدن لوله‌ها از یکدیگر را بدنبال دارد. در صورتی که شیب بیشتر برای لوله لازم باشد باید اتصال‌ها به یکدیگر از استحکام لازم برخوردار باشند. محل خروج آب در دیواره خاکریز، به وسیله دیواره‌های بنایی سنگی، در برابر فرسایش محافظت می‌شود. لوله‌گذاری در مسیر راه باید در محل‌هایی صورت گیرد که شیب عرضی دامنه زیاد نباشد.

- انواع لوله

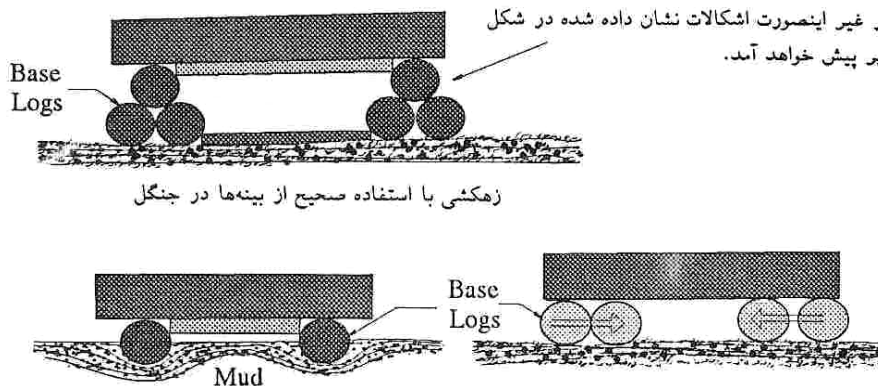
لوله‌های مورد استفاده در راه‌سازی جنگل را از نظر شکل و از نظر جنس می‌توان به انواع زیر تقسیم‌بندی نمود:

- از نظر جنس، لوله‌های بتنی، فلزی، سفالی، پولیکا، چوبی و لوله‌های ساخته شده از الیاف آغشته به قیر یا قطران.
- از نظر شکل، لوله‌هایی با مقاطع دایره‌ای، بیضی، مربع، کرکراهی و با مقطع نیمه‌دایره وجود دارد که هر کدام در شرایط خاص خود، دارای مزایایی است که طراح راه بسته به شرایط می‌تواند از آنها استفاده نماید.

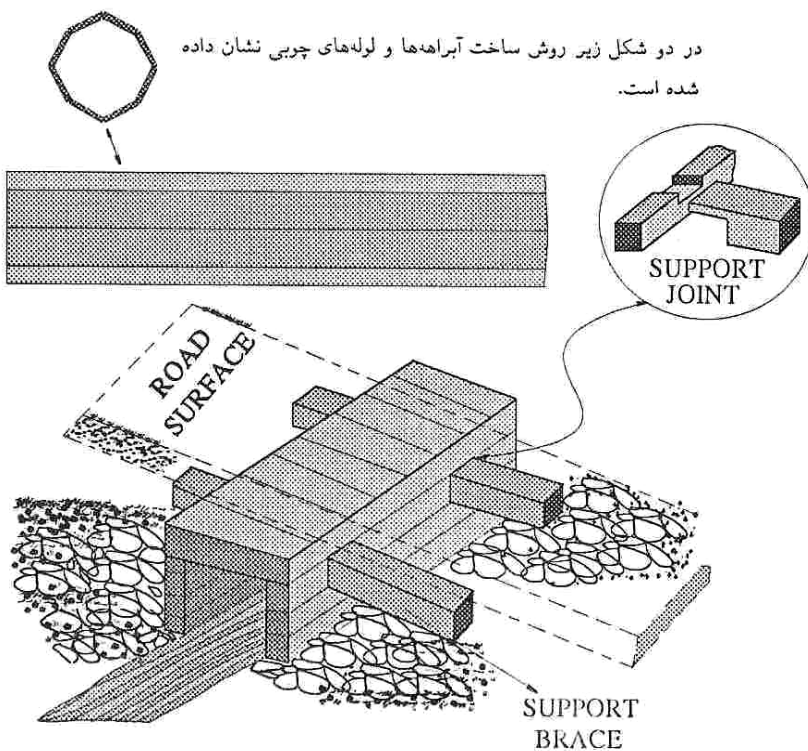
۵-۳-۱- لوله‌های چوبی (شکل ۵-۳)

این لوله‌ها بیشتر برای زه‌کشی موقت بخصوص حین عملیات راه‌سازی در جنگل مورد استفاده قرار می‌گیرند. در راه‌های فرعی نیز می‌توان از لوله‌های چوبی استفاده کرد. در این صورت لازم است چوب‌ها اشباع و در مقابل پوسیدگی و حمله قارچ‌ها و حشرات محافظت شوند. این لوله‌ها معمولاً مقاطع مربعی شکل داشته و از کوبیدن چهار تخته با مقطع چهارگوش به‌وجود می‌آیند.

باید در قسمت بالا و در زیر بینه‌ها موانع چوبی برای جلوگیری از فرو رفتن و یا جمع شدن آنها تعبیه شود. در غیر اینصورت اشکالات نشان داده شده در شکل زیر پیش خواهد آمد.



زهکشی با استفاده صحیح از بینه‌ها در جنگل



در دو شکل زیر روش ساخت آبراهه‌ها و لوله‌های چوبی نشان داده شده است.

شکل ۳-۵ لوله‌های چوبی

۵-۳-۲- لوله‌های سیمانی

بطور کلی بهتر است قطر لوله‌های سیمانی از ۳۰ سانتیمتر و ترجیحا از ۴۰ سانتیمتر بیشتر باشد. استفاده از لوله‌های سیمانی در مناطقی خوب است که PH آب و خاک بالا و اسیدیته آب کم باشد. در مناطقی که اسیدیته آب زیاد است خطر خورده شدن جسم لوله وجود دارد که این امر از دوام لوله می‌کاهد. در سایر موارد لوله‌های سیمانی در مقابل اکسیداسیون و غیره بسیار مقاوم هستند. لوله‌های سیمانی را معمولا به قطعاتی به طول ۸۰ سانتیمتر می‌سازند که با داشتن زائده‌های

به اصطلاح نر و ماده در هر سر، بخوبی بهم جفت و متصل می‌گردند. در غیر این صورت خطر حرکت و جابجایی نسبی دهانه و کم شدن ظرفیت آبدهی وجود دارد.

بهتر است لوله‌های سیمانی، به قطرهای مختلف در نزدیکی محل مصرف و در جنگل با استفاده از قالب‌های مخصوص ساخته شوند تا ضمن کم شدن هزینه حمل و نقل خطر ترک خوردن و شکستن آن حین نقل و انتقالات کاهش یابد. به علاوه در محیط مرطوب جنگل، عمل‌آوری لوله‌ها بهتر صورت می‌گیرد و لوله‌ها استحکام بیشتری پیدا می‌کنند. آب پاشی لوله‌ها به‌منظور جمع‌آوری، به‌ویژه تا هفت روز پس از بتن‌ریزی لازم است.

حداکثر قطر لوله‌های سیمانی را حدود ۱۰۰ سانتیمتر در نظر می‌گیرند زیرا قطرهای بیشتر، بالا رفتن هزینه‌های ساخت و نصب را موجب می‌گردند. لوله سیمانی تا قطر ۱۰۰ سانتیمتر، بدون آرماتور و از حدود ۱۰۰ سانتیمتر به بالا دارای آرماتور است. برای قطرهای بیشتر از حدود ۱۰۰ سانتیمتر بهتر است از قطعات سیمانی (با آرماتور) که در محل ساخته می‌شوند استفاده شود که از نصب آنها آبراهه با مقطع مربع به‌وجود می‌آید.

سطح مقطع خارجی لوله، اغلب دایره‌ای است ولی گاه مقاطع به شکل‌های دیگر ساخته می‌شود تا کار گذاشتن لوله روی زمین‌های سنگی، بتنی و سفت ممکن و از فشار زاید بر یک نقطه از محیط آن جلوگیری شود (مثلا مقطع لوله با سطح صاف در یک سمت که روی زمین قرار می‌گیرد).

لوله‌های بتنی در مقابل مواد شیمیایی محلول در آب به ویژه اکسیدکننده‌ها مقاوم‌ترند ولی در مقابل اسیدپتیه آب حساس هستند. مشخصات لوله‌های بتنی باید با شرایط مندرج در آشتو M170 برای لوله‌های بتن آرمه و M86 برای لوله‌های بتنی بدون آرماتور تطبیق داشته باشد.

آب پاشی روزانه، روی لوله‌های بتنی ریخته شده، به مدت دو هفته دارای اهمیت فوق‌العاده است. بسته به شرایط محیطی (رطوبت نسبی زیاد هوا، سایه و خشک بودن محیط) ممکن است عمل‌آوری و مراقبت لوله‌های بتنی، از دو هفته کمتر و همانطور که گفته شد به یک هفته تقلیل یابد.

۵-۳-۳- لوله‌های گالوانیزه

این لوله‌ها از آهن گالوانیزه که برای استحکام، کرکره‌ای هستند ساخته می‌شوند. برای اتصال صفحات در قطعات بزرگ و دهانه‌های قطور، آنها را به کمک پیچ و مهره به هم متصل می‌کنند. در پاره‌ای موارد در دهانه‌های بزرگ که ارتفاع کافی، برای کار گذاشتن لوله وجود نداشته باشد، لوله را به‌صورت نیم‌دایره نصب می‌کنند. در این حالت قسمت زیرین آبراهه مسطح و از بتن و بدنه و سقف آن از آهن گالوانیزه است که به‌صورت نیم‌دایره یا ناودانی وارونه قرار می‌گیرد. در صورت استفاده از لوله‌های گالوانیزه در مناطقی که اسیدپتیه خاک و آب بالا است، بهتر است سطح زیرین این لوله‌ها آسفالت یا قیر و گونی شود. همچنین در صورت وجود شن و ماسه همراه آب، بهتر است کف لوله از داخل آسفالت شود.

۵-۳-۴- لوله‌های آلومینیومی

این لوله‌ها سبک بوده و به راحتی قابل نصب هستند. خطر زنگ زدن و اکسیداسیون آن کم و مقاومتش در مقابل خوردگی خوب است. عیب این لوله‌ها حساسیت آنها در مقابل فشار و ضربه است.

۵-۳-۵- لوله‌های پولیکا

از مزایای بزرگ لوله‌های پولیکا سهولت حمل و نقل است. این لوله‌ها به علت سبکی و دوام و ارزانی، روز بروز اهمیت بیشتری می‌یابند، مقاومت آنها در مقابل آثار شیمیایی بسیار بالا است و به علت پایین بودن اصطکاک، خطر گرفتگی در آنها کم بوده و آب را به خوبی عبور می‌دهند. به علاوه نصب آنها بسیار ارزان و ساده است و در مقابل، مقاومت آنها هنگام ضربه و فشار چندان زیاد نیست و در مورد نصب آن باید دقت کافی مبذول گردد. در لوله‌های پولیکا خطر رسوب‌گیری بسیار کم است. اگرچه از این لوله‌ها امروز کمتر استفاده می‌شود، ولی به نظر می‌رسد در آینده مصرف آنها فزونی یابد. لوله‌های پولیکا معمولاً بطول ۶ متر ساخته می‌شود و نصب و اتصال آنها با چسب‌های مخصوص به‌سادگی صورت می‌گیرد و برش با اره دستی یا موتوری است.

از دیگر مزایای مهم لوله‌های پولیکا مقاومت در مقابل ساییدگی است. لوله پولیکا دیرتر از سایر لوله‌ها یخ می‌زنند و یخ آنها زودتر از دیگر لوله‌ها ذوب می‌شود.

۵-۳-۶- سرریزها

در نقاط خشک که سیلاب‌های موضعی بندرت پیش می‌آیند می‌توان بجای لوله‌گذاری از سرریز استفاده کرد. سرریز یا آب نما عبارتست از ایجاد انحنايي ملایم در کف راه (در جهت پروفیل طولی) که آب بتواند از روی آن رد شود. سطح سرریز و سطح دیواره‌های کناری که آب از روی آن عبور می‌کند، باید به وسیله بنایی سنگی محکم شود، تا آب به آن آسیبی نرساند. در احداث سرریز آب، باید مقدار شیب دو سمت سرریز را باتوجه به شیب طولی راه تنظیم نمود. استفاده از سرریز در راه‌های اصلی کم ترافیک و راه‌های فرعی راه حلی مناسب و متداول بوده و در صورت استفاده از آن نصب تابلوهای هشدار دهنده، در دو طرف سرریز لازم است. اگر در محل احداث سرریز، جریان آب کم و دایمی نیز وجود داشته باشد. بهتر است علاوه بر سرریز، لوله‌ای نیز برای هدایت این آب از زیر راه تعبیه و با این ترتیب آبرو و سرریز با هم تلفیق گردد. در راه‌های جنگلی به‌ویژه در راه‌های اصلی با ترافیک کم و راه‌های فرعی از روش تلفیقی بالا استفاده می‌شود.

۵-۴- مطالعات هیدرولوژیکی در رابطه با لوله‌گذاری در مسیر راه‌های جنگلی

بطور کلی حرکت آب از اتمسفر به سطح زمین و داخل خاک و بالاخره برگشت دوباره آن به اتمسفر را گردش هیدرولوژیکی می‌نامیم. حرکت آب روی سطح زمین یکی از اجزای این گردش است. در واقع جریان سطح‌الارضی باقیمانده آب نزولات آسمانی است که بخش‌هایی از آن در اثر تبخیر، جذب و ذخیره‌سازی (بطور موقت یا دائم) از سیکل خود خارج شده است.

آب‌های نشتی و آب‌های چشمه‌ها، در میزان و چگونگی جریان آب‌های سطح‌الارضی دخالت نداشته و اکثراً قابل اغماض هستند. تعیین ابعاد لوله‌ها هنگام لوله‌گذاری برای هدایت آب نهرها و خط‌القعرها، در درجه اول، بستگی به شدت جریان آب یا میزان دبی آب دارد.

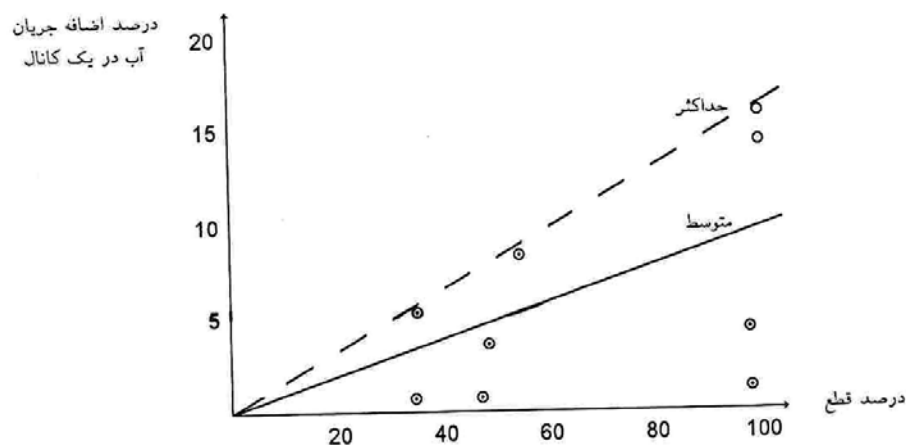
نوع، شکل سطح مقطع لوله، ابعاد آن و نیز شرایط مختلف عبور آب نظیر شیب، طول، ارتفاع آب در دهانه ورودی و ارتفاع آب در دهانه خروجی لوله نیز در محاسبه قطر دهانه لوله موثر است.

۵-۴-۱- شدت جریان آب (Run off) و ضریب ریسک

مهمترین عامل تعیین کننده ابعاد لوله‌ها دبی با حداکثر جریان هرز آب ادواری است. این حداکثر برای یک دوره زمانی معین (دوره برگشت) در نظر گرفته می‌شود. دوره برگشت باید معادل زمان موردنظر برای استفاده از تاسیسات باشد، که در راه‌های جنگلی این دوره، ۲۵ سال فرض می‌شود.

بطور کلی عوامل موثر در شدت جریان آب عبارتند از:

- میزان بارندگی یا شدت بارندگی
 - دوام بارندگی
 - پوشش خاک
 - نوع خاک و قابلیت نفوذ
 - شرایط خاک و قابلیت آن از نظر ذخیره کردن آب (هوموس - کاپیلار و غیره)
 - وضعیت زمین از نظر امکانات اسکان دادن آب (تالاب، استخرها، دریاچه‌ها)
 - شیب دامنه و وضعیت توپوگرافیک زمین (به‌عنوان مثال در یک دامنه پرشیب، سرسره‌ای و سفت ۹۰ درصد آب باران به‌طور سطح‌الارضی جریان می‌یابد در حالیکه در یک جنگل کم شیب فقط حدود ۱۰ درصد آن جاری می‌شود).
 - وسعت دامنه و حوزه آبخیز
 - شکل حوزه آبخیز (پست و بلند، یکپارچه یا چندپارچه و غیره)
 - شیب خط‌القعر و شرایط هیدرولیکی آن
- عوامل دیگری نیز ممکن است در وضعیت و چگونگی جریان آب‌های سطح‌الارضی دخالت داشته باشند برای مثال اگر جنگل را قطع یکسره کنیم، رژیم آب‌های سطحی دستخوش تغییرات عمده خواهد شد.



شکل ۵-۴- اثرات قطع درختان جنگلی در جریان آب‌های سیلابی

در پاره‌ای موارد، از تعمیم شدت جریان آب در مسیل‌های مشابه و نزدیک به محل موردنظر، نتایج استخراج و مورد استفاده قرار می‌گیرد. استفاده از لوله‌گذاری‌ها، یا پل‌سازی‌های موجود در بالاتر یا پایین‌تر از مسیل مورد نظر نیز می‌تواند کمک موثری باشد که البته باید در این رابطه، به احتمال بروز باران، دوره برگشت و درصد اطمینانی که ملاک محاسبات بوده توجه شود. واحد شدت بارندگی به سانتی‌متر در ساعت یا به اینچ در ساعت بیان می‌شود. حداکثر دبی آب پس از بروز باران‌های شدید مداوم حاصل شده، معمولاً هر قدر شدت باران بیشتر باشد طول مدت بارش کوتاه‌تر است. ممکن است از روش‌های آماری برای محاسبه حداکثر شدت بارندگی و دبی آب، در اثر بروز باران‌های ادواری یا دوره‌های احتمال برگشت مشخص (مثلاً ۲۵ یا ۵۰ سال) استفاده نمود.

اگر شدت باران را برابر (i) در نظر بگیریم مقدار $i = \frac{I}{D}$ خواهد شد که در آن I ارتفاع یا عمق باران و D مدت زمان بارندگی بر حسب ساعت است.

شدت باران در طول مدت ریزش تغییر می‌کند و به همین دلیل متوسط آن ملاک عمل خواهد بود. طول دوره برگشت (Return Period یا Recurrence) متوسط مدت زمانی است که در آن، شدت بارندگی به حد نصاب مشخص و تعیین شده (در طراحی زه‌کشی و لوله‌گذاری) رسیده و یا از آن فراتر می‌رود.

تناسب طول دوره برگشت و احتمال بروز باران در هر سال از رابطه $T = \frac{1}{P}$ قابل محاسبه است، که در آن T متوسط طول دوره برگشت و P احتمال وقوع است. با در دست داشتن میزان احتمال بروز باران با شدت مشخص، می‌توان احتمال بروز نکردن آنرا از رابطه $(1-P)^n$ بدست آورد. با توجه به مراتب فوق احتمال آنکه بارانی با شدت مشخص طی n سال بروز نخواهد کرد از رابطه $(1-P)^n$ بدست می‌آید و احتمال اینکه بارانی با شدت مشخص طی n سال بروز خواهد نمود از رابطه ۵-۲ بدست می‌آید:

$$R = 1 - (1 - P)^n \quad \text{رابطه (۵-۲)}$$

R = ضریب ریسک می باشد.

یکی از عوامل مهم در تعیین ابعاد تاسیسات زه‌کشی (پل، لوله، کانال و غیره) محاسبه درصد ریسک می‌باشد. ضریب ریسک را باید حتی‌الامکان و مخصوصاً به تناسب بالا رفتن اهمیت راه، کوچکتر در نظر گرفت به‌ویژه اگر قرار است ضایعات تخریب، نواحی و اراضی پر اهمیت مسکونی کشاورزی یا صنعتی را تحت تاثیر قرار دهد.

۵-۵- تعیین میزان شدت جریان آب

از آنجا که شدت جریان آب بر پایه روش‌های تقریبی صورت می‌گیرد، طراح باید با اطلاع از تمامی روش‌ها، راهی را که برای شرایط خاص وی مناسبتر است انتخاب کرده و در محاسبات، ابتکار عمل به خرج دهد. بطور کلی بررسی‌های اولیه برای طراحی زه‌کشی، به یکی از روش‌های زیر صورت می‌گیرد.

- تعیین دبی آب از طریق فرمول‌ها، جداول، آمار و محاسبات

این روش چون متکی به آمار دقیق هواشناسی می‌باشد با توجه به فقدان این اطلاعات و به علاوه شرایط ناهماهنگ هر منطقه، در جنگل چندان مورد استفاده نخواهد بود و بهتر است در شرایط فعلی طراحان از طریق بازدید محلی اقدام نمایند.

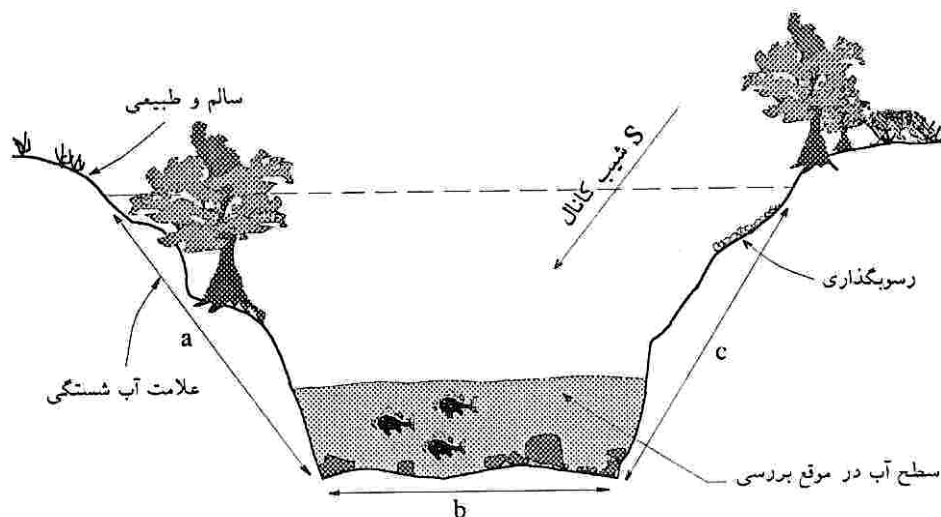
- تعیین میزان شدت جریان آب از طریق بازدید محلی

براساس این روش لازم است در بازدید محلی پاسخ سوالات زیر تهیه شود:

- ۱- چه تاسیسات زه‌کشی در محل وجود دارد؟
- ۲- آیا این تاسیسات خوب کار کرده‌اند؟ اگر نه به چه دلیل؟
- ۳- آیا گزارش‌ها در مورد حداکثر دبی آب در چه حد است و چه مقدار سندیت دارد؟
- ۴- آیا شرایط جریان آب تغییر کرده است؟
- ۵- چه تغییراتی پس از انجام طرح فعلی بروز خواهد کرد؟
- ۶- آیا داغاب بر روی موانع (مثلا تنه درختان) و دیواره‌ها وجود دارد؟
- ۷- آیا این داغاب جریان واقعی را نشان می‌دهد؟
- ۸- آیا اندازه‌گیری ارتفاع آب با حداکثر شدت باران در یک پریود قابل قیاس است؟

در آنالیز کانال باید یک قسمت از کانال را که شیب و مقطع حدوداً یکنواختی دارد حداقل در طولی معادل ۷۰ متر مورد بررسی قرار داده و سطح مقطع جریان آب، از طریق مشاهده داغاب و بررسی علامت‌های حاصله، مانند گیر کردن الیاف به بوته‌ها (شکل ۵-۵) مشخص شود. مسلماً وضع جریان آب در موقع مشاهده نمی‌تواند زیربنای محاسبه دبی آب در دوره برگشت موردنظر باشد.

کانالی که مورد بررسی قرار می‌گیرد می‌تواند حرکت دبی آب را برای همان باران حادث شده، بطور تقریب نشان دهد و این در صورتی است که آب از مقطع کلی کانال بیرون نروده و به اراضی هموار سرایت نکرده باشد. لازم است در عین حال شدت و دوام بارانی را که موجب چنین طغیانی شده است اندازه‌گیری کرد. در این رابطه به شکل ۵-۵ توجه شود.



شکل ۵-۵ مشاهده وضع کانال و داغاب

بازدید محلی بهتر است بلافاصله بعد از یک بارندگی شدید (که شدت آن II نیز اندازه‌گیری شده است) صورت گیرد. در بازدید محلی، باید مقطع عرضی کانال، به دقت اندازه‌گیری و رسم شود. داشتن این مقطع عرضی برای پیدا کردن سطح مقطع آب، ضروری است. در برداشت مقطع عرضی، باید طول خط خیس شده از آب نیز، به دقت اندازه‌گیری شود. پس از برداشت پروفیل عرضی، می‌توان مقطع آب در سیلابی شدن را با استفاده از ارقام بدست آمده محاسبه کرد. همچنین می‌توان مقدار متوسط ارتفاع آب (h) را از فرمول ۳-۵ بدست آورد:

$$h = \frac{A}{P} \quad a+b+c=P \quad \text{شکل ۵-۵} \quad \text{رابطه (۳-۵)}$$

در مطالعه بستر کانال باتوجه به نوع پوشش و وضعیت آن، ضریب زبری (n) نیز مشخص می‌شود. مقدار دبی آب براساس فرمول ۴-۵ زیر محاسبه می‌شود:

$$QL = AV \quad \text{رابطه (۴-۵)}$$

در رابطه فوق QL دبی آب، A سطح مقطع آب و V سرعت جریان است. مقدار V از رابطه زیر بدست می‌آید. (فرمول مانینگ)

$$V = \frac{1.486h^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}}}{n} \quad \text{رابطه (۵-۵)}$$

که در آن V سرعت آب (فوت بر ثانیه) h ارتفاع متوسط آب شیب کانال و بالاخره (n) ضریب زبری کانال است (به جدول ۵-۱ ضریب زبری کانال در فرمول مانینگ مراجعه شود).

B کانال‌های باز بدون پوشش سبز		
نوع پوشش سطح کانال	Good Condition	Poor Condition
1. Natural Streams کانال‌های طبیعی		
a. Clean, straight bank, full state, no rifts or deep pools	.025	.033
b. Same as (a) but some weeds and stones	.030	.040
c. Clean, winding, some pools and shoals	.033	.045
d. Same as (c) . lower stages, more ineffective slope and sections	.040	.055
e. Same as (c) , some weeds and stones	.035	.050
f. Same as (d) , stony sections	.045	.060
g. Sluggish river reaches, weedy or with very deep pools	.050	.080
h. Very weedy reaches	.075	.150
i. Coarse gravel, weeds on banks	.025	.033
j. Fine, weel-packed gravel	.020	
2. خاک		
a. Bare, straight, uniform, good condition	.017	.025
b. Dredged , rough bed	.025	.033
c. Winding sluggish	.023	.030
d. Earth bottom, rubble sides	.028	.035
3. سنگ طبیعی		
a. Cuts smooth and uniform	.025	.035
b. Cuts jagged and irregular	.035	.045
4. سنگ کاری		
a. Dressed ashler	.013	.017
b. Dry rubble (riprap)	.025	.035
c. Cement rubble	.017	.030
5. بنائی		
a. Concrete finished	.011	.014
b. Concrete unfinished	.015	.020
c. Brick	.012	.017
6. چوب		
a. Planed	.010	.014
b. unplanned	.011	.015
7. فلز		
a. Smooth	.011	.015
b. Corrugated	.022	.030

جدول ۵-۱- ضریب زبری (n) در فرمول مانینگ

A کانال‌های باز یا پوشش سبز		
Type of Lining	Trapezoidal Channels with Depth > 1 ft	Wide shallow Channels or Swales with Depth < 1 ft
8. سبزه با پوشش خوب		
a. Longer than 24 in.	.09	.30
b. 10 to 24 in.	.06	.15
c. 6 to 10 in.	.04	.08
d. Shorter than 6 in.	.035	.06
If stand is only fair, use value of n in next lower line; e.g., for a fair stand 24 in. in trapezoidal channel, use n = .06.		
C لوله‌های بسته		
پوشش لوله	شرایط خوب	شرایط مناسب
9. لوله با مقطع دایره‌ای		
a. Concrete	.010	.016
b. Corrugated metal (Plain)	.021	.025
c. Corrugated metal (Paved invert)	.019	
d. Cast iron (uncoated)	.011	.015
e. Vitrified clay	.011	.014
10. لوله با مقطع چهار گوش		
a. Concrete	.013	.015
b. Brick	.012	.017
c. Cemented rubble	.017	.030

ادامه جدول ۵-۱- ضریب زبری (n) در فرمول مانینگ (ادامه)

با در دست داشتن مقدار QL، یعنی شدت جریان آب در بارندگی مشاهده شده، می‌توان مقدار مثلاً Q25 (حداکثر دبی دوره برگشت ۲۵ سال) را با استفاده از روش زیر برآورد نمود.

برای تعیین مقدار QL محاسبه شده، به مقدار Qy (در دوره برگشت یک ساله)، لازم است اندازه‌گیری‌های دقیق و علمی در محل، با استفاده از باران سنج (حداقل در یکسال) به عمل آید تا حداکثر شدت بارندگی نیم ساعته یا یک ساعته معلوم شود.

بدین ترتیب می‌توان مقدار Qy (دبی آب در شدیدترین بارندگی سالیانه) را از فرمول $Q_y = Q_L \frac{I_y}{I_L}$ به دست آورد که در آن، Qy

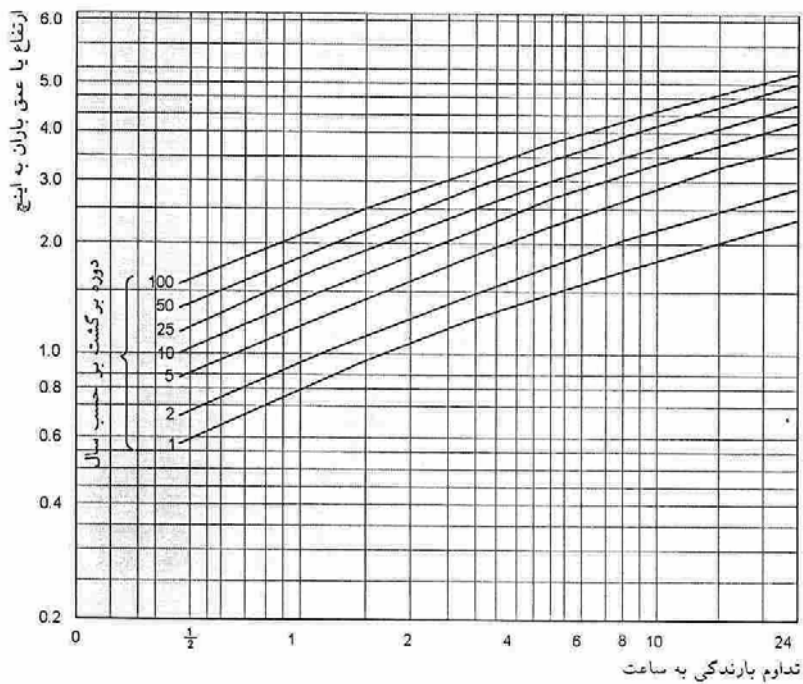
حداکثر دبی قابل انتظار پس از بروز شدیدترین بارندگی با دوره برگشت سالیانه، QL دبی محاسبه شده از بازدید محلی، II شدت بارندگی مربوط به بازدید محلی و Iy حداکثر شدت بارندگی سالیانه برای نیم ساعت یا یک ساعت می‌باشد. پس از محاسبه و اندازه‌گیری‌های فوق باید مقدار دبی را برای شرایط ریزش باران‌های شدید، در پیرودی مثلا ۲۵ ساله (پیرودی طرح) تعمیم داد.

برای تعیین شدت بارندگی در دوره‌های برگشت ۱، ۲، ۵، ۱۰، ۲۵، ۵۰، ۱۰۰ ساله از منحنی‌های مربوط به ایالت Main در شمال شرقی ایالات متحده استفاده می‌شود. با این فرض که قابلیت استفاده برای شرایط جنگل‌های شمال ایران را دارد. مخصوصا با این دلیل که بنظر می‌رسد نسبت‌های افزایش شدت بارندگی در دوره‌های برگشت یک تا صد ساله، در همه نقاط دنیا تقریبا به هم شبیه است (همانطور که از دو منحنی مربوط به دو منطقه دیده می‌شود نسبت‌ها تقریبا یکسان است. به جدول‌های ۲-۵ و ۳-۵ توجه شود).

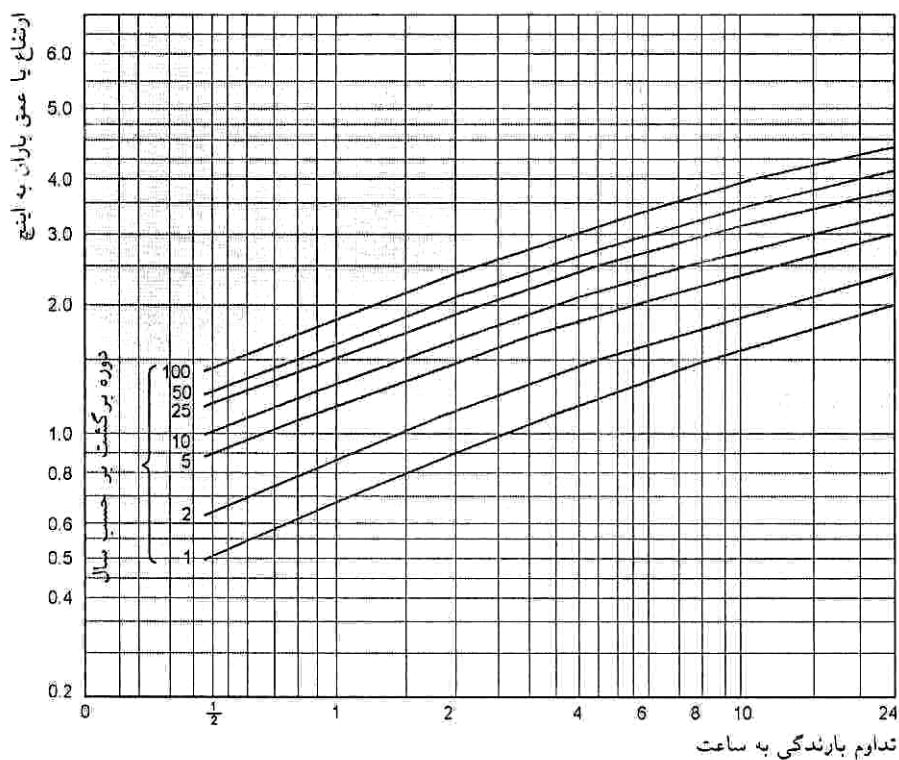
در ضمن همانطور که از منحنی‌های فوق دیده می‌شود نسبت ازدیاد ارتفاع باران در شدت‌های نیم‌ساعته تا ۲۴ ساعته نیز، در تواتر برگشت یک ساله تا یکصد ساله شبیه است (خطوط تقریبا موازی) از خاصیت فوق برای تخمین شدت بارندگی در پیرودی مورد نظر (مثلا ۲۵ ساله) در مواردی که روش دقیق‌تری وجود ندارد می‌توان استفاده نمود.

کافیست نسبت شدت باران (نیم‌ساعته یا یک‌ساعته یا دو ساعته و غیره را) در پیرودی برگشت یک‌ساله و پیرودی ۲۵ ساله را از جدول ۱۶ و ۱۷ بدست آوریم.

این نسبت برای پیرودی یک‌ساله و ۲۵ ساله (در مدت بارندگی ۳۰ دقیقه) برابر است با $\frac{1.2}{0.59}$ که حدودا ۲ می‌باشد. حال کافیست مقادیر دبی آب محاسبه شده را (Qy) در عدد ۲ ضرب کنیم تا دبی آب شدیدترین باران، در یک پیرودی ۲۵ ساله بدست آید. این روش محاسباتی البته تخمینی است، زیرا محققا اگر شدت بارندگی دو برابر شود، مقدار دبی آب از دو برابر بیشتر خواهد شد. در کلیه فرمول‌های مطالعه شده (مثلا تالبوت) نیز وضع به همین ترتیب است.



جدول ۵-۲- ارتفاع باران در رابطه با تداوم و دوره برگشت در منطقه ماین جنوبی قابل تطبیق برای شرایط گیلان



جدول ۵-۳- ارتفاع یا عمق باران در رابطه با تداوم و دوره برگشت در منطقه ماین شمالی در ایالات متحده آمریکا، قابل تطبیق برای شرایط

مازندران

۶-۵- مطالعات هیدرولیکی در لوله‌گذاری کانال‌های طبیعی

قطر لوله با توجه به حداکثر دبی آب در پی‌رود مورد نظر، ارتفاع مجاز آب هنگام ورود به لوله، فرم دهانه و حوضچه و احتمال گرفتگی لوله در اثر رسوبات، انتخاب می‌شود. عمر مفید لوله به محل و اهمیت راه بستگی دارد. عمر مفید مناسب در لوله‌گذاری راه‌های اصلی جنگلی حداقل ۲۵ سال و در مورد راه‌های مهمتر ۵۰ سال می‌باشد.

قطر دهانه لوله‌ها براساس حداقل هزینه تعیین می‌شود. در صورت انتخاب لوله با دهانه بیش از حد لازم، هزینه‌های اضافه قابل توجهی به وجود خواهد آمد و در صورتی که قطر لوله از حد لازم کمتر باشد نمی‌تواند آب موجود را عبور دهد و موجبات تخریب راه فراهم می‌شود.

بطور کلی محاسبه ظرفیت آبدهی لوله‌ها در آبروها و آبراهه‌ها، مبتنی بر کنترل ورودی و خروجی لوله است. کنترل ورودی آب (محاسبه مقدار ورود براساس مشخصات حوضچه ورودی) معمولاً موقعی صورت می‌گیرد که شیب لوله کافی بوده و آب در قسمت خروجی جمع نشود. کنترل خروجی بالعکس برای مواقعی خوب است که آب در قسمت خروجی جمع شده به طوری که دهانه لوله در قسمت خروجی زیر آب غوطه‌ور شود.

هر قدر ارتفاع آب در قسمت ورودی بیشتر باشد، میزان آبدهی لوله بیشتر و بالعکس هر قدر ارتفاع آب در قسمت خروجی بیشتر باشد، آبدهی کمتر است. ارتفاع آب (HW) عبارت است از فاصله عمودی جدا داخلی لوله (در پایین) تا سطح آب. در راه‌های جنگلی حداکثر ارتفاع آب در قسمت ورودی (Inlet) دو برابر دهانه لوله بوده و در مجموع، توصیه می‌شود ارتفاع آب در ورودی، از ۱/۵ الی ۲/۰ متر بیشتر نباشد.

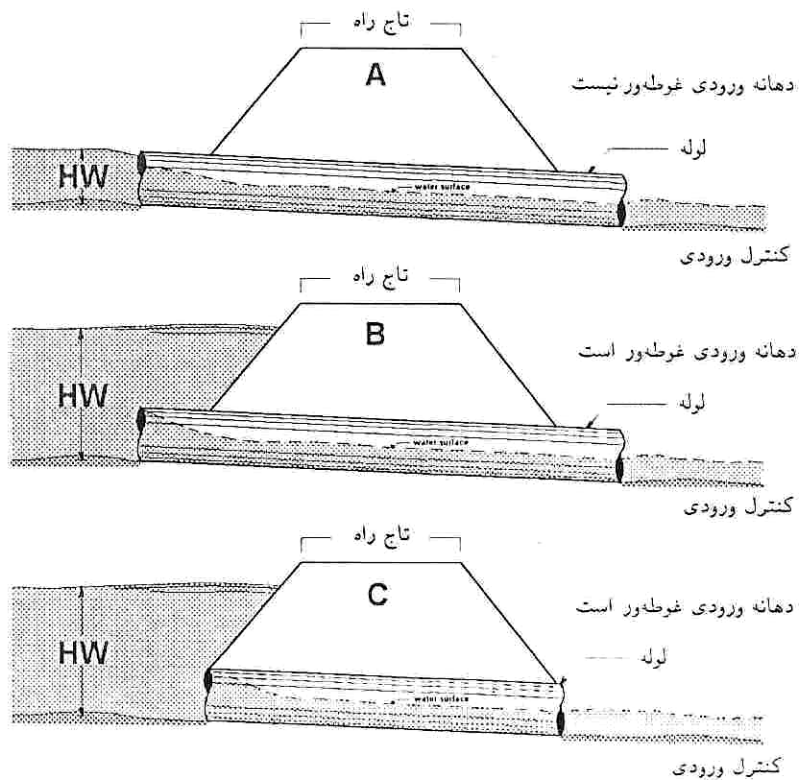
فاصله سقف لوله تا سطح زیرسازی راه (در محل لوله‌گذاری) نیز حداکثر ارتفاع آب را مشخص می‌کند. برای مثال اگر فاصله بالای لوله از سطح زیرسازی ۵۰ سانتیمتر و قطر دهانه ۶۰ سانتیمتر باشد حداکثر ارتفاع مجاز آب کمتر از ۱۱۰ سانتیمتر خواهد بود. حداکثر ارتفاع آب در عین حال، اندازه‌ای است که بستگی به ضریب اطمینان نیز دارد.

در کنترل ورودی عواملی چون سطح مقطع دهانه، ارتفاع آب در سمت ورودی (HW) فرم دهانه و نوع لوله در میزان آبدهی موثرند.

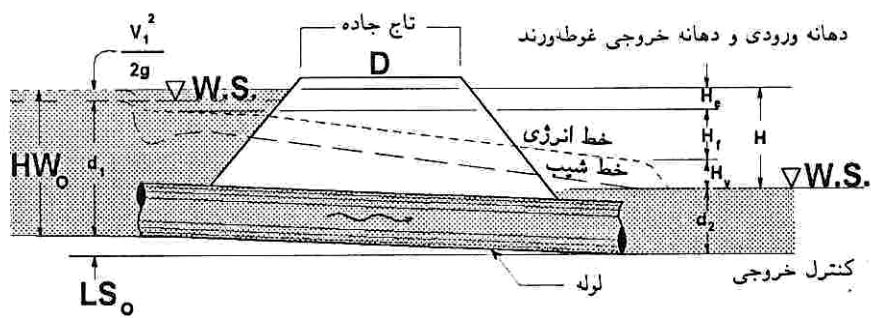
در کنترل خروجی، علاوه بر موارد فوق به عواملی مانند ارتفاع آب در دهانه خروجی (Tailwater) طول لوله و ضریب زبری لوله احتیاج خواهد بود. در شکل‌های (۵-۶-۷) وضعیت کنترل ورودی و خروجی نشان داده شده است. از آنجا که در احداث راه‌های جنگلی در شمال ایران دامنه‌ها نسبتاً شیبدار است، کنترل خروجی تقریباً بلااستفاده می‌نماید، از این رو در این جا تنها در زمینه مبانی محاسبه قطر دهانه لوله در روش کنترل ورودی بحث خواهد شد.

در مورد کنترل ورودی می‌توان از سرعت اولیه آب در موقع ورود به لوله، که اثر جزئی دارد صرف نظر کرد. در صورت موجود بودن شرایط کنترل ورودی (یعنی جمع شدن آب در قسمت خروجی) میزان شیب در آبدهی اثر قابل توجهی ندارد و از آن نیز صرف نظر می‌شود.

در کنترل ورودی نیز شیب لوله می‌تواند ارتفاع آب در حوضچه ورودی را تا حدودی پایین آورد، ولی اثر قابل ملاحظه‌ای ندارد (بطور کلی در شیب‌های بیش از حدود ۳ درصد عامل شیب تقریباً اثر خود را از دست می‌دهد).



شکل ۵-۶- وضعیت کنترل ورودی و خروجی آب در حالت معمولی



شکل ۵-۷- وضعیت کنترل ورودی و خروجی آب در حالت غوطه‌ور

۵-۶-۱- انتخاب قطر مناسب لوله

مساله مهم در انتخاب قطر لوله آن است که بتواند دبی آب تخمین زده شده برای یک دوره برگشت معین را بدون احتمال خطر انبار شدن و بالا آمدن آب از ارتفاعی مشخص (HW) و بخصوص بدون ایجاد طغیان، بالا زدن و احیانا عبور آب از روی سطح راه عبور دهد.

لوله باید طوری انتخاب و کار گذاشته شود، که خطر رسوب گذاری و بسته شدن آن وجود نداشته باشد، به طوری که وظیفه خود را طی عمر مفید پروژه ایفا نماید. در صورت کنترل ورود آب، عوامل زیر باید بررسی و ملحوظ گردند:

- سطح مقطع لوله
- شکل مقطع لوله
- انتخاب دوره برگشت موردنظر (پریود طرح)
- تعیین حداکثر دبی قابل انتظار براساس آنچه قبلا ذکر شد برای حداکثر باران مورد انتظار در پریود طرح. این مقدار دبی، بستگی به سطح حوزه آبخیز، نوع پوشش، شیب متوسط، شدت و دوام بارندگی و پریود طرح دارد.
- مطالعه اراضی محل لوله‌گذاری و تهیه پروفیل عرضی راه، پروفیل عرضی دره و پروفیل عرضی کانال.
- تعیین ارتفاع لوله در ابتدا و انتهای آن، جهت تشخیص شیب لوله
- در تمام مواردی که شیب می‌تواند بیش از حدود ۳ درصد باشد، کنترل ورودی قابل استفاده است. شیب بیش از ۳ درصد در راه‌های جنگلی ایران تقریبا در همه موارد وجود دارد.
- تعیین طول لوله باتوجه به مقطع عرضی خاکبرداری و خاکریزی.
- تعیین ارتفاع مجاز آب (HW) در دهانه ورودی، باتوجه به حداقل و حداکثر ممکن، ضریب اطمینان و پروفیل عرضی راه
- انتخاب نوع لوله و فرم دهانه و حوضچه ورودی
- انتخاب قطری تخمینی و مناسب برای عبور دادن آب در شرایط فوق به یکی از سه روش زیر:

۱- انتخاب کاملا تخمینی

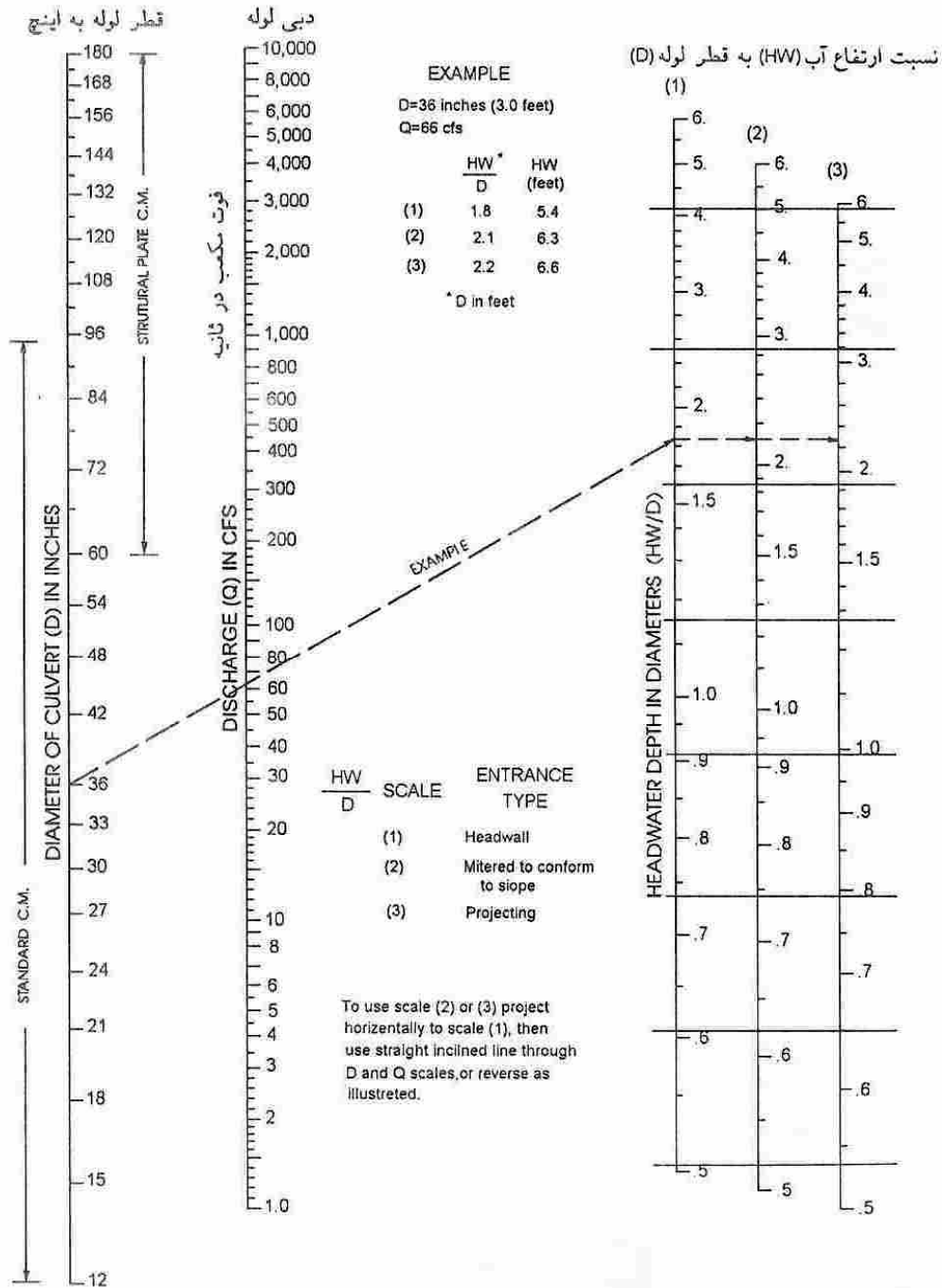
$$2- \text{انتخاب سطح مقطع لوله براساس } \frac{Q}{10}$$

$$3- \text{درنظر گرفتن رابطه منطقی ارتفاع آب، تقسیم بر قطر دهانه برابر } \frac{HW}{D} = 1.5 \text{ (یعنی)}$$

پس از انتخاب قطر لوله بطور تخمینی، باید ارتفاع آب را با استفاده از نوموگراف‌های (۵-۸) تا (۵-۱۲) مشخص نمود. از

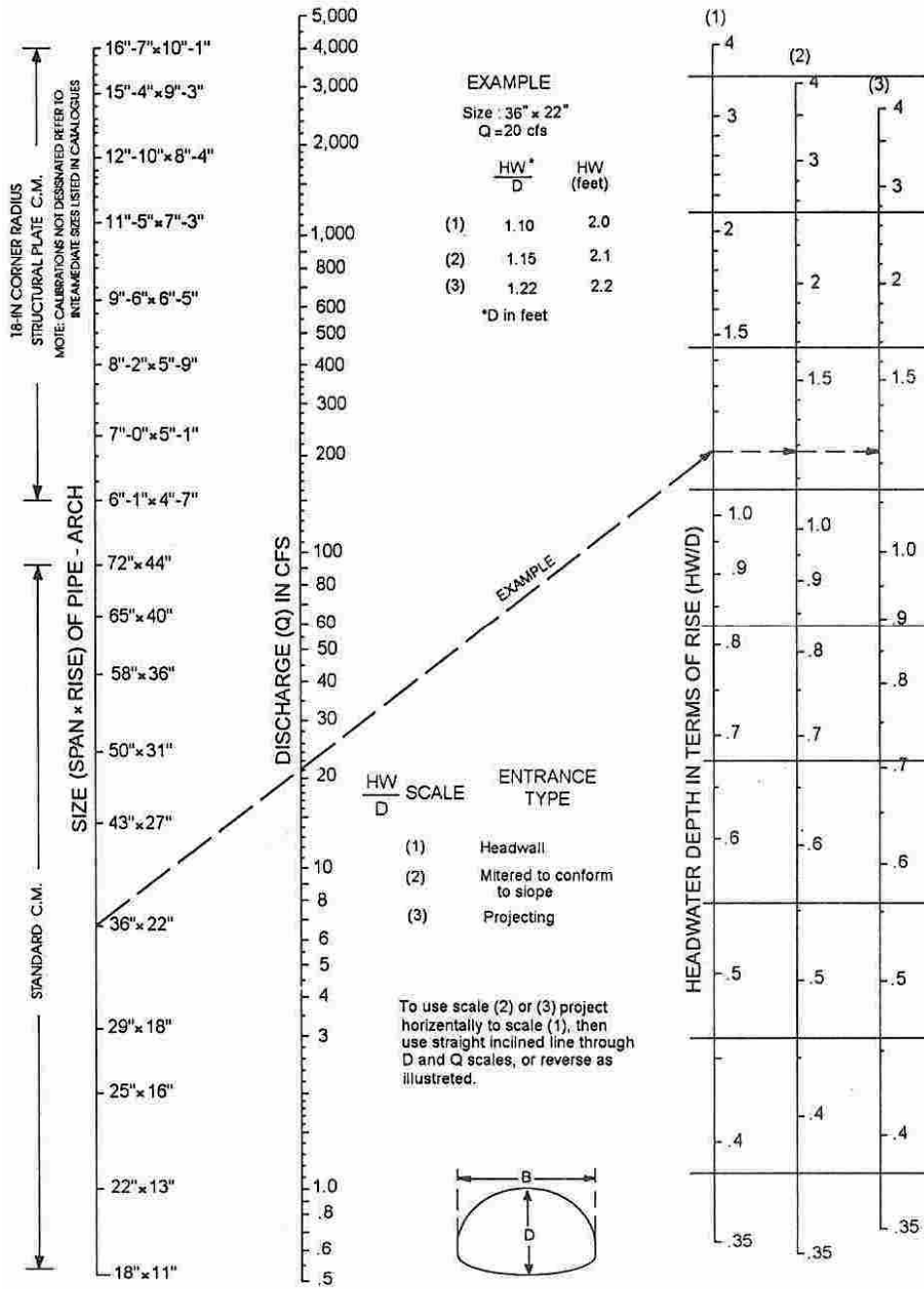
نوموگراف‌های فوق نسبت $\frac{HW}{D}$ قابل استخراج است که با در دست داشتن آن و قطر لوله تخمینی (D)، می‌توان مقدار HW را محاسبه و درجه صحت تخمین قطر لوله را کنترل نمود.

اگر ارتفاع آب از میزان مجاز بیشتر باشد، باید دهانه بزرگتری را انتخاب کرد تا سرانجام قطر لوله متناسب معین شود. در صورتی که مقدار HW از ارتفاع آب مجاز به اندازه قابل ملاحظه‌ای کمتر باشد باید قطر لوله کوچکتری را به روالی که شرح داده شد امتحان کرد تا قطر متناسب بدست آید.

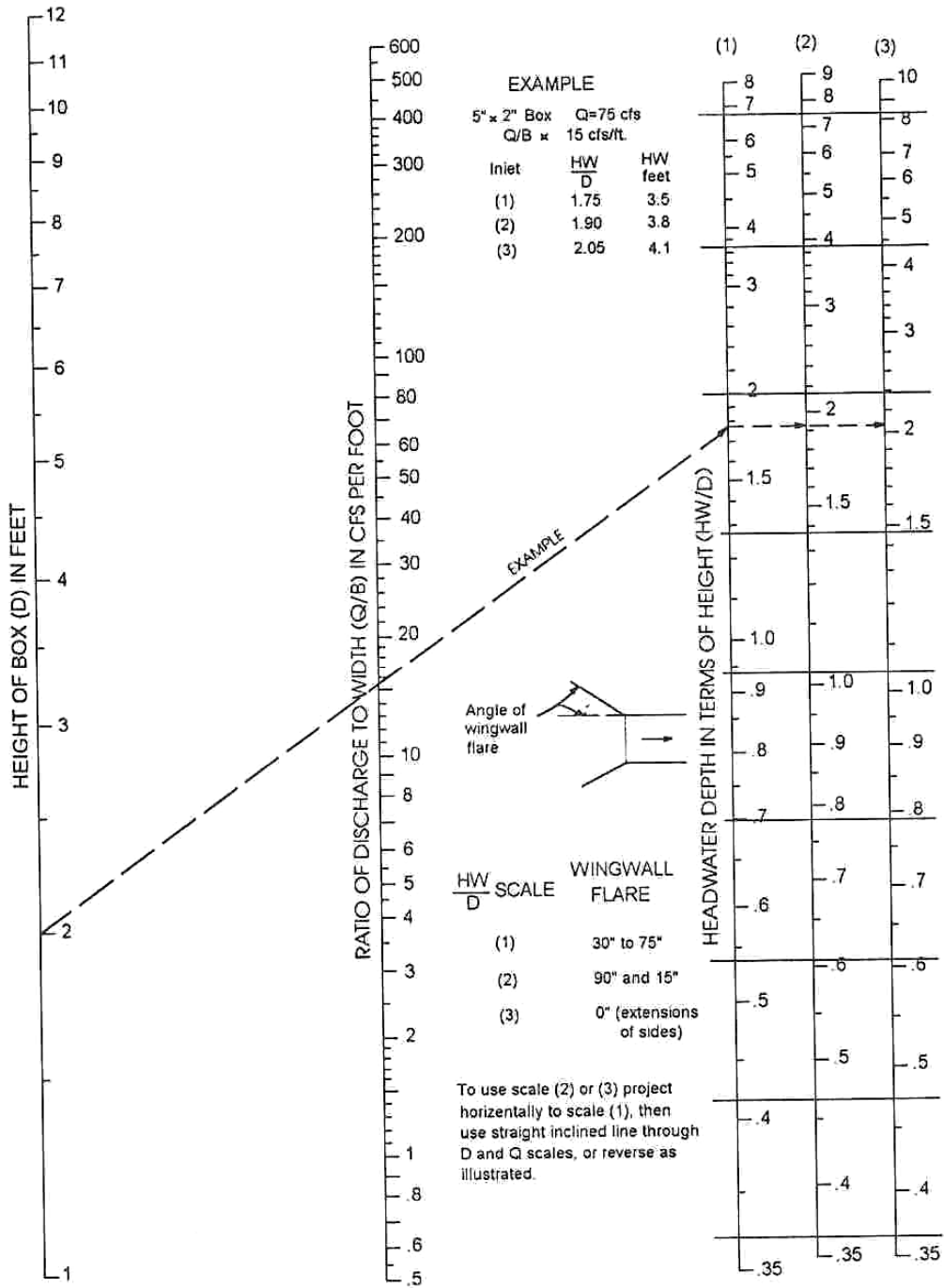


نوموگراف ۵-۸- ارتفاع آب (HW) برای لوله‌های فلزی کرک‌های در کنترل ورودی

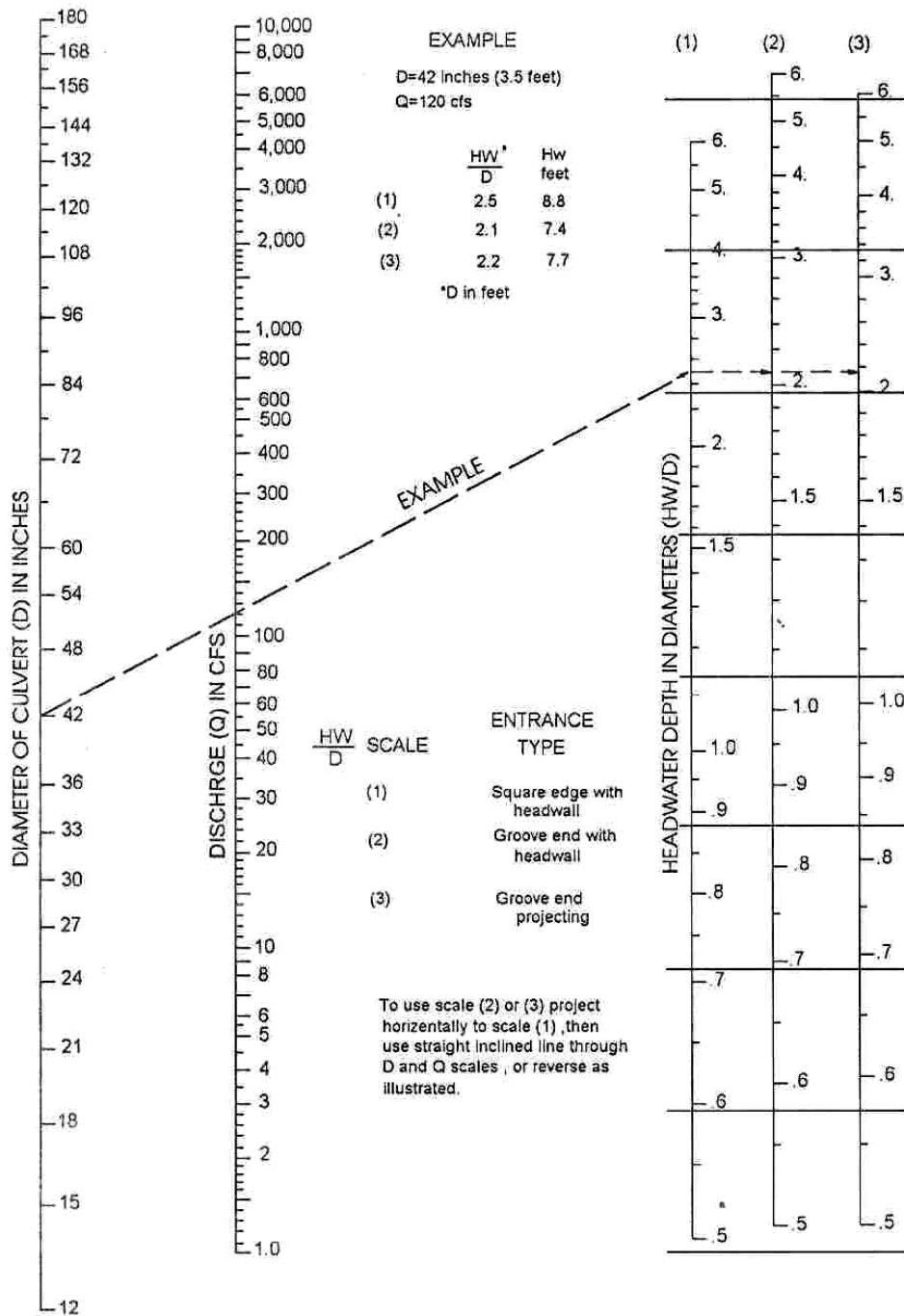
کنترل ورودی



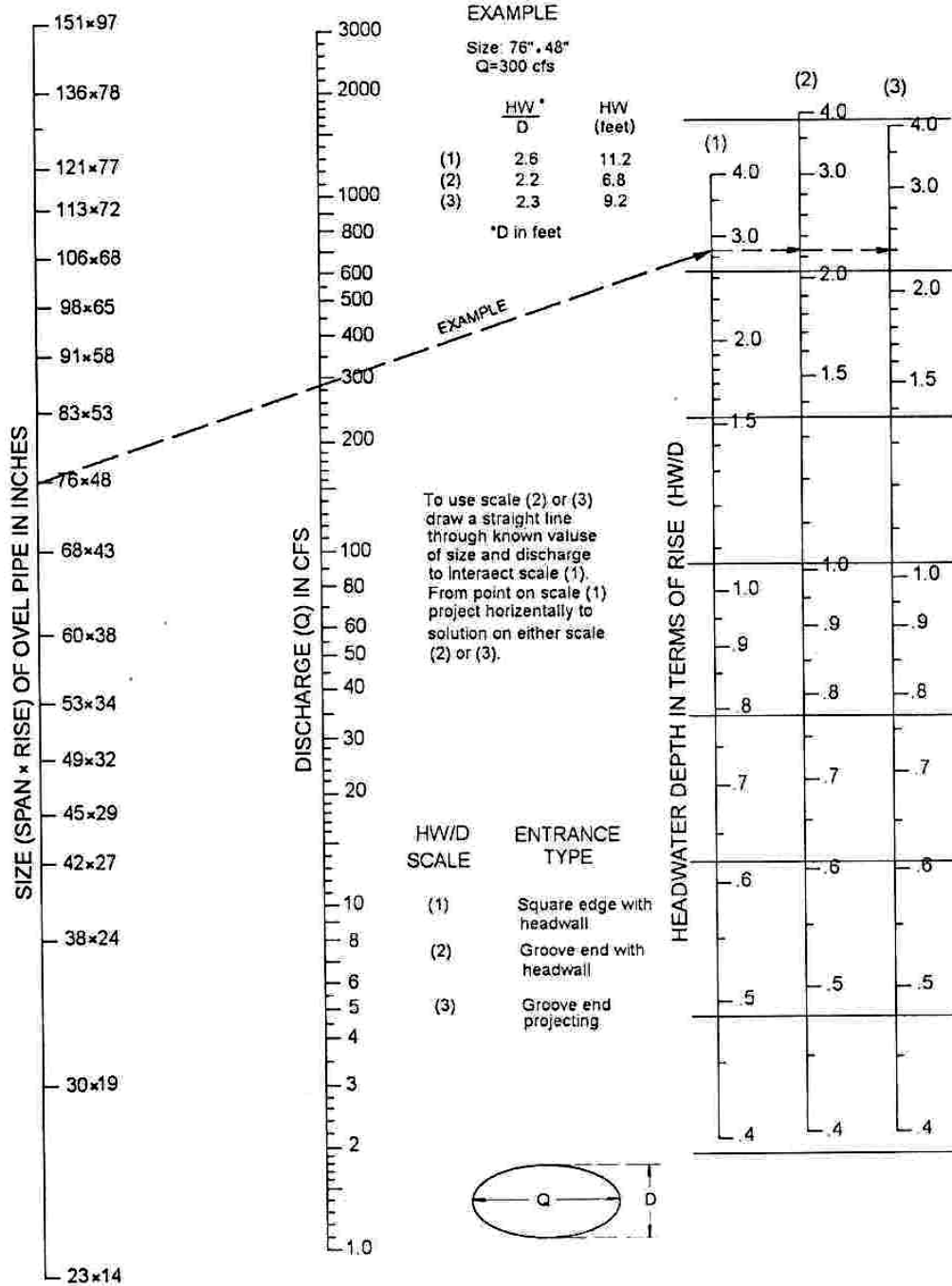
نوموگراف ۵-۹- ارتفاع آب (HW) برای لوله‌های فلزی کرک‌ه‌ای ناودانی یا تاقی شکل در کنترل ورودی



نوموگراف ۵-۱۰-۱- ارتفاع آب (HW) برای لوله‌ها و مجاری چهارگوش در کنترل ورودی



نوموگراف ۵-۱۱- ارتفاع آب (HW) برای لوله‌های سیمانی در کنترل ورودی



نوموگراف ۵-۱۲- ارتفاع آب (HW) برای لوله‌های سیمانی بیضی شکل در کنترل ورودی

۷-۵- اصول کلی نصب لوله در راه‌های جنگلی

بطور کلی باید دقت شود تا آب براحتی و بدون خطر فرسایش و تخریب وارد آبرو گردد.

برای کار گذاشتن لوله در خاک‌های مناسب با دانه بندی خوب، لازم است کانالی به عرض $1\frac{1}{4}$ قطر لوله، و عمق دو برابر قطر لوله، حفر گردد. کف این کانال باید با لایه‌ای از مخلوط خوب که دانه‌های درشت‌تر از $\frac{3}{5}$ سانتیمتر نداشته باشد پر و کوبیده شود. سپس لوله روی آن قرار گرفته و اطراف آن با همان مخلوط پر و روی آن با مصالح زیرسازی راه بدون سنگ پوشانده شود به طوری که ضخامت مصالح روی لوله حداقل دو برابر قطر لوله باشد. در مصالح با دانه‌بندی مناسب، حداقل این ضخامت برای لوله‌های فلزی سخت ۳۵ سانتیمتر و برای لوله‌های سیمانی کم قطر ۷۰ سانتیمتر است. در اراضی مرطوب باید سنگ‌های بزرگ را برای سر خروجی لوله بکار برد تا خاک را در جای خود نگاهدارد. برای این کار از بینه‌ها نیز می‌توان استفاده کرد ولی چوب عمر نسبتاً کوتاهی دارد و در اثر پوسیدگی ممکن است به لوله و خاکریز لطمه وارد شود. کار گذاشتن لوله در عمق زیاد (نسبت به کف کانال در قسمت خروجی) ضمن ایجاد مشکل در عبور آب، ممکن است خطر رسوب‌گذاری را افزایش دهد. چنانچه لوله به درستی نصب نشده باشد، ممکن است در اثر ضربات سنگین چرخ کامیون‌ها نشست کرده یا بشکند. در صورت استفاده از لوله‌های فلزی محکم و بخصوص کم قطر، بهتر است محل اتصال دو قطعه لوله، در زیر چرخ قرار نگیرد و در وسط مسیر واقع شود تا خطر شکستگی طولی لوله به وجود نیاید. خطر شکستن لوله (از طول) بستگی به نوع خاک، ضخامت خاکریز روی لوله و وزن کامیون‌های حامل چوب دارد که در هر شرایط باید مورد توجه قرار گیرد.

- سنگ‌هایی که فاصله‌شان با لوله از ۳۰ سانتیمتر کمتر است (بخصوص در زیر لوله) باید برداشته شوند. موادی که روی لوله و اطراف آن ریخته می‌شود دارای اهمیت بوده و نباید خاصیت خمیری شدن، جذب آب، یخ زدن و یا تورم داشته باشند. مواد هوموسی نباید اطراف لوله ریخته شود. موادی که با آن اطراف لوله را پر می‌کنیم، نباید دارای دانه‌های درشت‌تر از ۳۵ میلی‌متر بوده و مواد و میزان کوبیدگی اطراف لوله باید با استاندارد AASHTOT99 طبقه C مطابقت داشته باشد.

در موقع نصب لوله و بخصوص ارتفاع خاکریز روی لوله‌ها که در رابطه با جنس، ضخامت جدا دیواره لوله و قطر لوله تفاوت می‌کند باید به استانداردهای مربوطه مراجعه شود. به‌طور کلی ارتفاع خاکریز روی لوله‌های سیمانی در جنگل‌های شمال ایران، حداقل ۲ برابر قطر لوله خواهد بود. این ارتفاع هیچگاه نباید از ۷۰ سانتیمتر کمتر باشد. مواد ریخته شده در اطراف لوله علاوه بر دارا بودن مشخصات لازم باید به خوبی تا حصول تراکم ۹۸ درصد کوبیدگی، به روش آشتو T180 متد D کوبیده شود.

- مصالح را ابتدا در لایه‌های ۱۵ سانتیمتری اطراف لوله ریخته و هر لایه باید بخوبی کوبیده شود. پس از پر شدن اطراف لوله روی آنرا نیز پر می‌کنیم. در بستر سنگ‌دار لازم است زیر لوله را تا عمق ۱۵ سانتیمتری برداشته و با مواد مناسب (مثلاً شن و ماسه) پر کنیم.

- اطراف دهانه ورودی لوله‌ها، باید در لایه‌های حداکثر ۱۵ سانتیمتر با مصالح مناسب پر و متراکم گردد.

- گاه لازم است برای نصب لوله در آبراهه‌ها (و پل سازی) نسبت به اصلاح مسیر کانال آب اقدام شود.

- در کوهستان‌های پرنشیب و فراز بهتر است امتداد لوله از امتداد کانال طبیعی پیروی نماید.

- در صورتی که کانال طبیعی، محور راه را با زاویه‌ای غیر از ۹۰ درجه قطع می‌کند امتداد لوله نیز باید مورب باشد. در انتخاب

نباید برای صرفه‌جویی در طول لوله، امتداد لوله‌گذاری، عمود بر محور طولی راه اختیار گردد. چنانچه کانال طبیعی، در طول قابل

توجهی به موازات راه جریان دارد باید در نقطه‌ای مناسب از زیر راه عبور داده شود. بهتر است این کار هر چه زودتر صورت گیرد تا کانال موازی راه کوتاهتر شود.

- در صورتی که کانال دارای شکل مارپیچ باشد بهتر است مسیر آن اصلاح شود. اصلاح مسیر باید با دقت زیاد صورت گیرد.
- در بعضی مواقع برای تبعیت از مسیر کانال طبیعی انحنا یا شکستگی در مسیر لوله ضرورت دارد. در محل شکستگی لازم است صندوقچه‌های محکم بتونی تعبیه شود تا سرعت آب باعث تخریب نگردد. در این شرایط باید از دخول و نفوذ چوب و شاخه به داخل لوله جلوگیری به عمل آورده و اگر این خطر وجود دارد، از ایجاد انکسار و انحنا صرف‌نظر شود.
- در اراضی کم شیب لازم نیست لوله‌گذاری در بستر طبیعی انجام شود بلکه باید در طرفین آن چند مسیر لوله اضافی تعبیه شود تا در صورت عوض شدن بستر راه عبور آب باز باشد.
- لوله باید از شیب کانال طبیعی پیروی کرده یا اندکی کمتر از آن باشد. در اراضی کم شیب و مسطح، اگر شیب لوله بیشتر باشد موجبات رسوب‌گذاری در دهانه خروجی را فراهم می‌آورد.
- چنانچه آب در بستر سنگی از دهانه لوله خارج می‌شود، احتیاج به عملیات اضافی نیست ولی اگر دهانه لوله در دیواره خاکریز (بخصوص خاکریزهای بلند) و در مکان‌هایی واقع است که خطر فرسایش وجود دارد، باید محل آبریز با سنگ و ملات تثبیت شود.
- اتصال لوله‌ها باید محکم باشد (در لوله‌های سیمانی زبانه و شیار، در لوله‌های کرکره‌ای نوار اتصال با عرض کافی).
- در جاییکه در قسمت خروجی آب، اختلاف ارتفاع بین سطح داخلی لوله و سطح کانال وجود دارد باید با قرار دادن سنگی بزرگ و تخت در زیر آبریز اثر فرسایشی آب مهار شود.
- بهتر است سنگ‌های بزرگ و تخت را در قسمت خروجی روی لوله نیز قرار دهیم.
- در جاییکه ارتفاع لوله یا ارتفاع کانالی که لوله داخل آن قرار می‌گیرد کافی نباشد، می‌توان از لوله‌های تاقی شکل استفاده کرد. برای استفاده از لوله‌های تاقی شکل لازم است کف کانال سنگی یا بتونی باشد. لوله‌های تاقی شکل مقطع نیم دایره‌ای دارند که به شکل ناودان وارونه روی زمین قرار می‌گیرند. در مقاطع با خاکریز بلند لازم است، برای جلوگیری از شکستگی لوله در اثر نشست خاک، از لوله‌های محکم و مقاوم بتنی یا فولادی استفاده شود. در این موارد باید مقدار نشست احتمالی خاک (حدود ۵٪ نشست نسبت به ارتفاع دیواره در زیر لوله) و شیب لوله باتوجه به مقدار نشست محاسبه شود تا خمش احتمالی لوله شیب آن را بهم نزنند و خروج آب در هر جا ممکن باشد. در این شرایط می‌توان لوله را در امتداد یک منحنی که اندکی تحدب به سمت بالا دارد نصب نمود.
- در مورد آبروها (لوله‌های با فواصل حدود ۷۰متر در طول مسیر)، بهتر است لوله‌گذاری در قسمت‌های پرشیب (شیب دامنه زیاد) صورت نگیرد و آب کانال به قسمت‌های کم شیب‌تر هدایت و در آنجا به آبروها یا آبراهه‌ها بریزد (آبراهه‌ها محل‌های طبیعی گذر آب مانند خط‌القعرها و نهرها هستند).

- بهتر است شیب لوله معادل شیب کانال، از چند متر بالاتر تا چند متر پایین‌تر از ابتدا و انتهای لوله باشد.

- در نواحی کوهستانی حداقل شیب لوله ۶درصد است و در شیب‌های کمتر از ۴درصد خطر گیر کردن قلوه سنگ وجود دارد.
- در شیب‌های تند خطر ساییده شدن کف لوله وجود دارد. برای جلوگیری از فرسایش باید کف لوله با تن یا آسفالت محکم شود.
- در اراضی باتلاقی و سست باید در زیر و پهلوها و بالای لوله تعدادی تنه درخت کار گذاشته و روی آن با مخلوط مناسب پوشیده شود. در اراضی باتلاقی در صورتی که روی لوله خوب پوشیده شود به چوب لطمه‌ای وارد نخواهد شد.

- در اراضی باتلاقی، باید گل‌را تا عمق کافی کنارزده، زیر لوله را با مخلوط مناسب (حداقل ۳۰ سانتیمتر) پر و سپس لوله را نصب نمود. در صورتی که ریختن مخلوط ممکن نباشد، بهتر است زیر لوله را ابتدا به وسیله چوب و سر شاخه پوشانیده و سپس لوله را روی آن نصب و اطراف آن را با مخلوط مناسب بپوشانیم. در بستر سنگی بهتر است ابتدا در زیر لوله لایه‌ای از مخلوط با دانه‌بندی مناسب، حداقل به ضخامت $\frac{1}{3}$ قطر لوله ایجاد شود.

- در مورد نصب لوله در آبراهه‌های طبیعی باید به مساله عبور ماهی (بخصوص جهت تخم‌ریزی) توجه کافی مبذول شود.

فصل ۶

بازسازی راه‌های جنگلی مستهلک

شده

۶-۱- مقدمه و هدف

هدف از بازسازی راه آنست که روسازی راه به قسمی تقویت شود، که بتواند عبور و مرور وسایل نقلیه را در طول عمر راه بخوبی ممکن سازد. در اینجا منظور از طول عمر راه، تعداد دفعات عبور چرخ (محور) وسایل نقلیه‌ای است که بعد از آن تعداد عبور، جاده قابلیت عبور آسان و ایمن را از دست می‌دهد. در طول این مدت گرچه جاده بطور مرتب تعمیر و نگهداری شده و کاملاً از بین نرفته ولی با این وجود بازسازی اساسی آن برای تامین امنیت و راحتی تردد لازم و ضروری است. این بازسازی شامل تقویت روسازی و هموار کردن رویه راه است.

برای تعیین میزان و نحوه بالا بردن مقاومت، در راه‌هایی که، مرور زمان قابلیت استفاده ایمن و راحت را از آنها سلب کرده است روش‌های مختلفی وجود دارد که در اینجا فقط به ذکر یک روش کاربردی اکتفا می‌گردد.

۶-۲- روش تعیین شاخص ضخامت روسازی راه

در این روش شاخص ضخامت اولیه SN1 و شاخص ضخامت فعلی لایه‌های روسازی راه SN0 تعیین می‌شود. از تفاضل این دو $SN1 - SN0 = \Delta SN$ ، شاخص ضخامت لایه تقویتی روسازی بدست می‌آید که باید با بازسازی راه آنرا جبران نمود تا وضعیت راه از نظر راحتی عبور و مرور و ایمنی، به وضع قابل قبول (اولیه) باز گردد. بدین منظور راهی را که قرار است بازسازی شود، مانند راهی در نظر گرفته می‌شود که ساخته نشده و زیرسازی و روسازی آن هنوز انجام نگرفته است. بنابراین تمام عوامل موثر در احداث راهی جدیدی در نظر گرفته می‌شود و با استفاده از رابطه ۶-۲ یا نمودار پیوست شکل ۶-۱ شاخص ضخامت نهائی لایه‌های روسازی راه SN1 تعیین می‌شود. عوامل موثر در ساختمان راه جدید عبارتند از:

الف: مقاومت خاک بستر راه (CBR%)

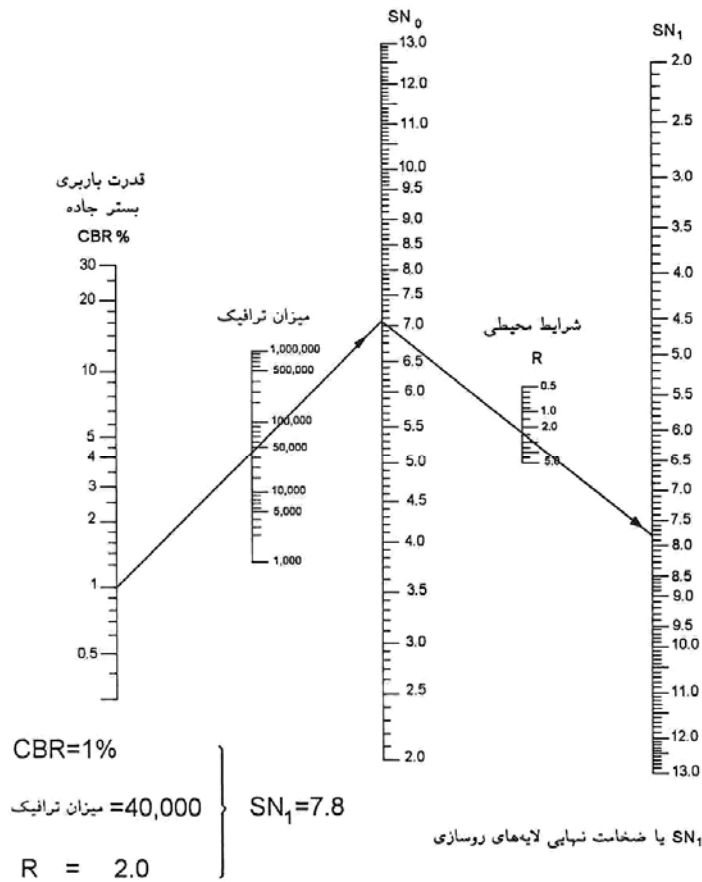
ب: حجم عبور و مرور (آمد و شد) پیش بینی شده در طول عمر مفید راه W، برای فشار محور چرخ استاندارد ۸۲ کیلو نیوتن.

ج: فاکتور شرایط محیط R، (۰/۵ برای شرایط مناسب، ۵/۰ برای شرایط نامناسب). (رجوع شود به شکل ۶-۱ و رابطه ۶-۲).

$$SN_1 = \frac{2.67(W.R)^{0.1068}}{10^{0.1647 \log CBR - 0.0655}} - 2.54 \quad \text{رابطه (۶-۲)}$$

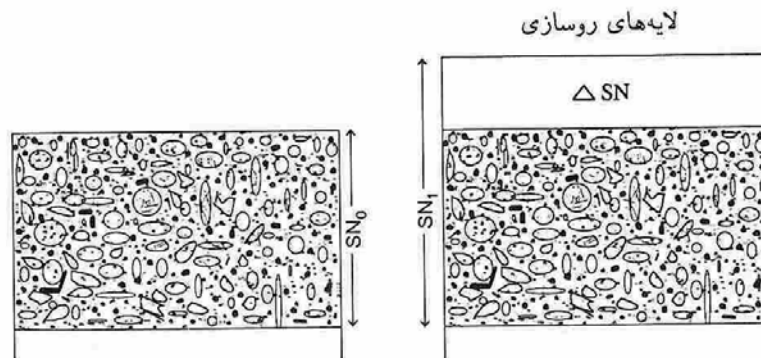
در رابطه فوق SN1 برحسب اینچ است.

برای تعیین شاخص ضخامت لایه‌های روسازی راه موجود، یعنی راهی که مستهلک شده و باید بازسازی شود SN0 کافی است از این لایه‌ها و خاک بستر نمونه برداری شده و نتایج را مورد بررسی و ارزیابی قرار داد. در این ارزیابی، تعداد و ضخامت لایه‌ها و نیز کیفیت مصالح بکار رفته در ساختمان روسازی راه مدنظر خواهد بود. تعیین مقاومت خاک بستر و لایه‌های موجود روسازی و همین طور نمونه برداری از لایه‌های روسازی و زیرسازی راه، بطور سیستماتیک از عرض جاده و در تمام طول راه انجام می‌گیرد. در صورت برداشت تعداد نمونه کافی، می‌توان ارقام اندازه گیری شده را از طریق آماری مورد ارزیابی و تجزیه و تحلیل قرار داد.



شکل ۶-۱ نمودار تعیین شاخص ضخامت روسازی

تفاوت مقادیر SN_0, SN_1 ، مقدار ΔSN را بدست می دهد که همان شاخص ضخامت لایه تقویتی روسازی است که باید با باسازی به شاخص ضخامت لایه‌های روسازی راه موجود یا مستهلک شده SN_0 اضافه شده تا راحتی عبور و مرور و ایمنی راه حاصل گردد شکل ۶-۲.



شکل ۶-۲ تصویر تقویب روسازی یک جاده با روش تعیین شاخص ضخامت لایه‌های روسازی

فصل ۷

تعمیر و نگاهداری راه‌های جنگلی

۷-۱- کلیات

تعمیر و نگهداری راه دوام و عمر آن را فزونی بخشیده، در عین حال امنیت و سرعت عبور و مرور را تضمین می‌نماید. تعمیرات باید به گروهی متخصص و مسوول واگذار گردد که لوازم و دستگاه‌های موردنیاز را در اختیار داشته باشند. اصل اول در تعمیر و نگهداری راه، بازرسی مرتب و اطلاع از وضعیت آن است تا به محض مشاهده آثار تخریب، نسبت به ترمیم آن قبل از آن که خسارات با سرعت تشدید گردد، اقدام شود. بهتر است بازدیدهای اساسی برای تعمیرات غیرفوری، در اواخر اسفند و اوایل شهریور صورت گیرد. به‌طور کلی، بازدید پس از بروز هر بارندگی شدید لازم است. بازدید روزانه نیز برای هر ۱۰ کیلومتر از طول مسیر راه به‌وسیله یک کارگر مسوول ضروری است. بهترین روش بازرسی دائم، بررسی وضع کانال‌ها، دهانه آبروها، سطح راه، پل‌ها و دیواره برش دیواره خاکریز و محل‌های خروجی آب از آبروها می‌باشد.

در صورتی که تعمیر دیوار خاکریز در زمستان لازم باشد، بهتر است در صورت امکان آن را با مالچ پاشی موقتا حفظ کنیم و در بهار تعمیر و از طریق بذرپاشی تثبیت شود.

تعمیر و نگهداری راه موارد زیر را نیز شامل می‌شود:

- اقدام برای کاهش خسارات ناشی از استفاده‌های خارج از توان راه مانند عبور وسایط سنگین‌تر از حد مجاز.
- تعمیرات به منظور ترمیم خسارات ناشی از اثر عوامل مخرب طبیعی مانند آب، یخبندان، رویش علوفه، حرکت و نشست خاک و نیز صدمات وارده در اثر تردد وسایط معمولی مانند ایجاد چاله‌ها و کرکره‌ای شدن سطح راه.

۷-۲- تعمیر و نگهداری راه‌های خاکی و شنی

مهمترین اصول در تعمیر راه‌های شنی و خاکی که شامل تعمیر و نگهداری رویه راه، شانه‌ها، کانال‌ها، آبروها و دیواره‌ها می‌شوند عبارتند از:

- حفظ تاج راه و فرم شیب عرضی
 - حفظ ضخامت روسازی و ترمیم مرتب آن
 - جلوگیری از ایجاد گرد و غبار حاصل از تردد وسایط نقلیه
 - در تعمیر راه‌های شنی انجام کارهای زیر ضروری است:
 - تیغ زنی، تسطیح و برگردان مصالح بر روی راه و ترمیم مواد از دست رفته
 - تعمیر قسمت‌های سست، چاله‌ها و کنترل برف و یخ در زمستان
 - توجه به زه‌کشی، که دارای اهمیت فوق العاده‌ای است.
- برای تسطیح و برگردان مواد روی سطح راه می‌توان از وسایل دستی استفاده کرد. گرچه امروزه استفاده از گردیدره‌های خودرو متداول است، لکن باید برای آن، حجم کار متناسب، محاسبه و در نظر گرفته شود. به‌وسیله گریدر حتی کانال‌های V فرم قابل ترمیم است.

صاف کردن سطح راه‌های شنی از مهمترین امور در حفظ آن است. در این کار باید شکل تاج راه ترمیم و به‌صورت اول حفظ گردد. این کار در عین حال از کرک‌های شدن سطح راه جلوگیری می‌کند. صاف کردن سطح راه باید به مواقعی موکول شود که سطح آن بیش از حد مرطوب یا خشک نباشد. بهترین موقع زمانی است که درصد رطوبت به حدود رطوبت بهینه از نظر قابلیت کوبیدگی برسد. ترمیم چاله‌ها در درجه اول با زه‌کشی درست انجام می‌گیرد. اگر زه‌کشی کارساز نباشد، زیرسازی با استفاده از دانه‌بندی درشت‌تر اصلاح می‌شود. اصلاح دانه‌بندی در زیرسازی و یا روسازی بسیار موثر است.

برای ترمیم چاله‌های سطحی، اگر اصلاح دانه‌بندی لازم باشد، چاله را به‌صورت مربعی با دیواره‌های قائم خالی کرده سپس مواد را در طبقات لازم می‌ریزیم و خوب متراکم می‌نماییم. دانه‌بندی موادی که در چاله ریخته می‌شود باید مشابه دانه‌بندی مواد قبلی در روسازی راه باشد. اگر عمق چاله از ۱۲ سانتیمتر بیشتر بود، باید مصالح را در لایه‌های مختلف ریخت و متراکم نمود. اگر وسعت چاله‌ها زیاد و یا روسازی راه به کلی از بین رفته باشد، باید در تعمیر، روش دیگری در پیش گرفته شود که بعداً به آن اشاره خواهد شد. گاه چاله‌ها در اثر سایه‌های موضعی درختان و تاخیر در خشک شدن پاره‌ای قسمت‌ها به وجود می‌آیند که در این صورت، لازم است درختان مزاحم قطع شوند.

۷-۲-۱- تعمیرات اساسی روسازی

این کار در صورت وجود چاله‌های بزرگ و متعدد و یا کرک‌های شدن سطح راه لازم خواهد بود اگر میزان خرابی سطح به‌حدی برسد که عبور وسایط به‌سادگی مقدور نباشد، آنگاه تعمیرات اساسی سطح راه باید انجام گیرد. برای این کار ابتدا سطح راه شخم زده و خراش داده می‌شود. در این مرحله باید سعی نمود که خاک شانه‌ها با مواد دانه‌بندی شده سطح راه مخلوط نشده، سپس دانه‌های درشت باید شکسته و یا از مخلوط جدا شوند. در این مرحله معمولاً اصلاح دانه‌بندی مصالح روسازی ضرورت پیدا می‌کند. اصلاح دانه‌بندی در هر نقطه احتیاج به بررسی دارد. پس از شخم زدن و اضافه کردن مواد، می‌توان مواد را به کمک گریدر و یا فرزهای مخصوص مخلوط و در سطح راه پخش کرد. پس از ترمیم و اصلاح شکل تاج، سطح راه کوبیده می‌شود. عمل کوبیدن می‌تواند به عهده کامیون‌های حامل چوب واگذار شود، لیکن بهتر است برای این کار از غلطک استفاده شود.

تخریب سطح راه گاه با ایجاد جویچه فرسایشی شروع می‌شود. اگر این جویچه‌ها در مرحله ابتدایی باشند (به عرض حداکثر ۱۵ سانتیمتر)، می‌توان آنها را بلافاصله بعد از مشاهده با وسایل دستی به شکل اولیه بازگردانید. برای ترمیم جویچه‌های بزرگتر لازم است آن را با مواد دانه‌بندی شده پر و به شکل اولیه درآورد.

۷-۲-۲- مبارزه با غبار در راه‌های جنگلی

گردوغبار گذشته از کاهش امنیت عبور، سرعت تخریب را در سطح راه افزایش می‌دهد و از این رو باید با آن مبارزه کرد. گردوغبار در اثر ضربات چرخ‌ها و لق کردن ذرات و سپس ایجاد حالت مکش در عبور چرخ (بلند شدن ذرات) به‌وجود می‌آید. این امر به نسبت خشکی خاک و تراکم ترافیک، ابعاد وسیع‌تری پیدا می‌کند و بافت خاک را از نظر دانه‌بندی و استحکام بهم می‌زند. مساله تخریب در راه‌های جنگلی با ترافیک بیش از ۷۵ وسیله در روز، جنبه جدی به خود می‌گیرد.

از مهمترین مواد مورد استفاده برای مقابله با این پدیده کلرید کلسیم و مواد قطرانی است. در بعضی موارد کاربرد کلرید سدیم (نمک طعام) نیز نتایج خوبی دارد. آب و رطوبت نیز گرچه اثر مثبت دارند ولی دوره تاثیرشان کوتاه است. کلرید کلسیم ماده‌ای است

سفیدرنگ که رطوبت هوا را جذب کرده و در مناطق جنگلی که رطوبت نسبی بالا است وسیله بسیار خوبی به‌شمار می‌رود. این ماده را میتوان به صورت خشک با دستگاه‌های پودرپاش روی سطح راه پخش کرد. بهترین موقع ریختن آن شب‌ها، صبح‌های زود، پس از ریزش باران و یا پس از اتمام کارهای ترمیم و تیغ زدن سطح راه است در صورت لزوم ممکن است قبل از ریختن کلرید کلسیم، سطح راه را آب پاشی نمود. همچنین می‌توان کلرید کلسیم را در آب حل کرده به‌وسیله ماشین‌های آب پاش روی سطح راه پاشید. در این حالت ۳۰۰ تا ۱۰۰۰ گرم کلرید کلسیم برای هر مترمربع سطح راه لازم خواهد بود که آن را در اواسط بهار ریخته و در تابستان قدری به آن اضافه می‌کنیم. در قسمت‌هایی از راه که سایه‌گیر است، به پاشیدن کلرید کلسیم نیازی نیست. طول اثر این ماده روی راه‌های خاکی بیشتر از راه‌های شنی است. اگر نمک طعام مورد استفاده قرار بگیرد، آب پاشی قبلی سطح راه بیشتر لازم خواهد بود. البته استفاده از این مواد شیمیائی تاثیرات منفی محیط زیستی در پی خواهد داشت و به همین جهت استفاده از این روشها محدودیت‌هایی خواهد داشت که باید به آن توجه کرد.

از قیر به‌صورت امولسیون و از مازوت و مواد قطرانی نیز می‌توان به خوبی استفاده کرد. این مواد سطح راه را در مقابل تبخیر ایزوله می‌کنند و در ضمن به ذرات چسبندگی می‌دهند. مقدار مصرف مواد یاد شده برای راه‌های شنی خوب، یک و برای راه‌های سست و خاکی تا دو لیتر در متر مربع است. مواد نفتی مایع با وسایل مناسب روی سطح راه پاشیده می‌شوند. سطح راه قبل از پاشیدن مواد نفتی و قطرانی باید کاملاً خشک و عاری از ذرات گرد و غبار باشد. پس از پاشیدن مواد، باید چند ساعتی از تردد وسایط نقلیه جلوگیری به عمل آید و اگر این کار ممکن نباشد لازم است مقداری ماسه درشت روی مواد تثبیت کننده ریخته شود.

گاه از لیگنین حاصل از کارخانجات کاغذسازی نیز (به مقدار ۲ لیتر در مترمربع) به‌منظور تثبیت سطح راه استفاده می‌شود. عمق نفوذ قیر ۲/۵ سانت و مقدار مصرف حدود ۵/۵ تا ۲/۵ لیتر در هر مترمربع است. انتخاب درجه حرارت مناسب برای ماده‌ای که پاشیده می‌شود اهمیت دارد.

قبل از پاشیدن مواد باید نیم‌رخ عرضی راه، تنظیم و پس از پاشیدن مواد، ۵ تا ۱۵ کیلوگرم شن نرم در ازای هر مترمربع روی سطح راه ریخته شود. بهترین زمان برای قیرپاشی روزهای گرم تابستان است که باد نوزد و سطح راه خشک باشد. البته چنانچه حرارت سطح راه خیلی زیاد باشد مواد در عمق بیشتری نفوذ می‌کند که این امر مصرف را افزایش می‌دهد.

به کار بردن مواد چسباننده مانند قیر برای راه‌های با ترافیک ۵۰ تا ۱۰۰ وسیله در روز ضروری است. اگر ترافیک از مرز ۳۰۰ وسیله در روز بگذرد، ریختن یک لایه آسفالت لازم خواهد بود و در صورتی که حجم عبور از ۵۰۰ وسیله در روز تجاوز نماید، راه جنگلی باید آسفالت شود.

۷-۳- تعمیر و نگهداری شانه‌ها، کانال‌ها و دیواره‌ها

بانکت‌ها یا شانه‌ها باید به‌طور مرتب مورد بازدید قرار گیرند تا همواره گذر آب از سطح راه به طرف کانال مقدور باشد. اگر سطح شانه‌ها از سطح راه بالاتر باشد امکان جریان آب (بین کناره مسیر عبور و لبه داخلی شانه‌ها) وجود دارد و بالعکس چنانچه سطح شانه پایین‌تر از سطح راه باشد، امنیت تردد کاهش می‌یابد.

سطح شانه‌ها باید کاملاً صاف و عاری از کنده درخت باشد، لازم است از رویش گیاهان بلند بر روی شانه‌ها جلوگیری شود تا دید رانندگان و عبور آب دچار اشکال نشود و برف زمستان زودتر ذوب و برکنار شود. گاه برای حفاظت شانه‌ها و دیواره‌های کانال و

سطوح مشابه، پوشش کوتاه چمن لازم خواهد بود. این کار به کمک کودهای آهکی (حدود ۵ تن کود آهکی منیزیوم دار برای سطحی معادل یک هکتار از دیواره‌ها) عملی می‌باشد. در این موارد باید قبل از اقدام، آزمایش خاک انجام شود.

از پیشروی علوفه و گراس به داخل عرض سواره رو باید جلوگیری به عمل آید. اگر جریان آبهای سطحی شیروانی‌ها را تهدید می‌کند، لازم است این آب‌ها در کانال‌هایی در بالا دست دیواره جمع‌آوری و از محل‌های معین ناودانی شکل بنایی شده به داخل کانال کناری راه و یا به بیرون از حریم راه‌هدایت شوند. در صورت وجود لغزش و حرکت در دیواره‌ها باید زه‌کشی این دیواره‌ها به‌دقت مورد توجه قرار گرفته پس از بررسی‌های لازم اصلاح شوند. در مرمت کانال‌های کناری نکات زیر مورد توجه قرار می‌گیرند:

- قسمت ورودی کانال (حوضچه) ممکن است به‌وسیله سرشاخه، چوب، سنگ و شن و ماسه مسدود شده باشد. از این رو برای پرهیز از بروز خسارات عمده باید حوضچه‌ها مورد بازرسی مستمر قرار داشته و دایماً پاک شوند. مسیر کانال باید پیوسته پاک شود تا جریان آب مختل نگردد.

- کانال‌های دوزنقه‌ای معمولاً با بیل و به‌وسیله کارگر پاک می‌شوند، کانال‌های V شکل که زودتر مسدود می‌شوند سریع‌تر نیز قابل پاک کردن (به‌وسیله گریدر) هستند. مواد حاصل از پاک کردن کانال، نباید روی شانه‌ها و عرض راه ریخته شود بلکه باید آن را به‌وسیله فرغون به محل مناسبی حمل کرد. اگر دیواره کانال بلند باشد، می‌توان آن را با فرزهای مخصوص نیز پاک کرد. استفاده از بیل‌های مکانیکی برای کانال‌های دارای دیواره‌های بلند مناسب‌تر است. بازرسی محل خروج آب نیز (خروجی آبروها) دارای اهمیت فراوانی است، زیرا پاکیزه بودن خروجی‌ها از رسوب مواد و نیز فرسایش دیواره‌ها قبل از جدی شدن خطر جلوگیری می‌کند. مراقبت از کانال‌ها از مهمترین بخش‌های تعمیر و نگاهداری راه‌های جنگلی است.

۷-۴- اقدامات حفاظتی راه

۷-۴-۱- حفاظت در مقابل رویش علف‌های هرز

بهتر است علف‌های هرز حاشیه راه را زمانی که ارتفاع آن به حد علف زنی می‌رسد با وسایل مناسب کوتاه نمود. سطح شانه‌ها را باید با وسایل مکانیکی و ماشین‌های علف زنی و سطح دیواره‌ها و کف کانال را باید با دست از علوفه بلند پاک کرد. علف زنی از ارتفاع چند سانتیمتری انجام می‌شود ولی از آنجا که وجود ریشه علف برای حفاظت حاشیه راه‌ها لازم نیست، می‌توان از علف‌کش استفاده کرد. علف‌کش‌ها با استفاده از سمپاش‌هایی که روی وسایلی مانند تراکتور نصب می‌شوند، پخش می‌گردند. زدن علوفه بلند بخصوص در محدوده قوس‌های با شعاع کم لازم است.

در صورت استفاده از ماشین‌های علف زنی بهتر است از ماشین‌های سبک استفاده شود تا نیمرخ شانه و کانال در اثر وزن این ماشین‌ها بهم نخورد. گاه لازم است درختان در حاشیه خارجی قوس‌ها باقی بمانند، این کار از نظر حفظ امنیت تردد ضروری است زیرا رانندگان آن را به عنوان دیواری در جلو خود تصور می‌کنند، این امر به مناسبت ایجاد دید بهتر در محل پیچ‌های تند دارای آثار مثبتی خواهد بود.

۷-۴-۲- حفاظت راه در مقابل یخبندان

وجود یخبندان و بلند شدن مواد سطح راه از اشکالات مهم است. در اثر یخ زدن و ذوب شدن متوالی آب موجود در لایه‌ها و سطح خارجی دانه‌ها، به جسم راه صدمه وارد می‌شود. بهترین راه جلوگیری از یخبندان ممانعت از نفوذ آب در جسم راه است. قبل از اقدام باید علت خرابی سطح راه به دقت مورد بررسی قرار گیرد. اگر دلیل خرابی، وجود دانه‌های ریز ماسه و خاک است، باید خاک نامناسب تعویض و به جای آن مواد با دانه بندی مناسب ریخته شود.

یکی دیگر از عوامل تخریب اصطلاحاً گلی شدن راه در اثر نفوذ آب‌های بهاره است. در این موارد برای ترمیم لازم است طبقه گل و شن برداشته و به جای آن مواد با دانه‌بندی درشت ریخته شود. برای این کار لازم است بدواً از ورود آب‌های مجاور به عرصه راه جلوگیری به عمل آید. همچنین در فصل بهار لازم است از تردد وسایل سنگین جلوگیری شود. ممکن است برای مقابله با این خطر سطح راه را با شن‌ریزی مضاعف قدری بالا آورد و با این ترتیب روسازی را تقویت نمود.

۷-۴-۳- کنترل برف و یخ

یخ و برف از مسایل عمده در راه‌های جنگلی به‌شمار می‌روند. برای مقابله با برف در مناطق برف‌گیر لازم است از وسایل برف روب استفاده و برف سطح راه و شانه‌ها کنار زده شود.

برف در تمام راه‌ها مساله ساز است، ولی یخ در راه‌های کم تردد چندان اهمیت ندارد. یکی از راه‌های جلوگیری از نشست برف روی راه، استفاده از چپر‌ها به‌عنوان بادشکن در حاشیه راه و در سمت وزش باد است. این دیوارها یا چپر‌ها به فواصل حدود ۲۰ تا ۴۰ متر و عمود بر محور راه ایجاد می‌شوند. در صورت یخبندان و برف نازک روی سطح صیقلی راه، بهتر است لایه‌ای از ماسه شکسته روی سطح راه پخش شود.

در خاتمه باید خاطر نشان کرد که انتخاب وسیله در موفقیت کار تعمیر و نگهداری راه بسیار موثر است. بهتر است وسایل مناسب، بادوام و چندکاره مورد استفاده قرار گیرند.

کامیون، گریدر و وانت از وسایل پراهمیت به‌شمار می‌روند. در صورت لزوم می‌توان وسایل دیگر را از طریق اجاره و پیمانکاری به کار گرفت.

حدوداً تعمیر و نگهداری هر یکصد کیلومتر راه جنگلی به یک گریدر احتیاج دارد. انتخاب گریدر با قدرت مناسب (سیک، متوسط و یا بزرگ) از مسایل مهم است. در صورت نیاز به چند دستگاه گریدر بهتر است تمامی انواع کوچک، متوسط و بزرگ تهیه شود. از تراکتور نیز می‌توان در عملیات به خوبی بهره گرفت.

فصل ۸

روش‌های طراحی و ارزیابی شبکه

راه‌های جنگلی

۸-۱- مقدمه

اصولاً مدیریت جنگل بدون وجود شبکه جاده مناسب، مدیریتی علمی و اقتصادی محسوب نمی‌شود و در حقیقت اساس مدیریت جنگل بهره‌برداری اصولی از آن شدیداً وابسته به برنامه‌ریزی شبکه راه جنگلی می‌باشد. با توجه به ضرورت احداث راه جنگلی در قالب یک مدیریت علمی و اقتصادی، لزوم برنامه‌ریزی علمی و دقیق در واحد طراحی و برنامه‌ریزی شبکه راه اجتناب‌ناپذیر است. از زمانیکه راه به عنوان یک عنصر جدایی‌ناپذیر در مدیریت جنگل شناخته شد، نیاز به طراحی و درک صحیح مفهوم شبکه راه جنگلی احساس گردید. حتی با مطرح شدن بحث پایداری جنگل نه تنها از اهمیت شبکه راه جنگلی کاسته نشد بلکه به عنوان عنصر جدایی‌ناپذیر مدیریت پایدار شناخته شد. گرچه احداث شبکه راه جنگلی باعث وارد شدن خساراتی به طبیعت می‌شود ولی اشراف به مزایای آن، ضرورت وجود آنرا توجیه و منطقی می‌کند. شبکه راه علاوه بر فراهم کردن امکان بهره‌برداری صنعتی، یکی از پیش‌نیازهای حفاظت و حمایت جنگل نیز می‌باشد. سابقاً معیار طراحی شبکه راه بر مبنای تولید چوب و فراهم آوردن امکان بهره‌برداری بود، ولی امروزه در طراحی به استفاده چند منظوره از شبکه راه توجه می‌شود. ضمناً عملیات راه‌سازی در جنگل با اختصاص حجم بالایی از سرمایه به خود مهمترین فاکتور هزینه در مدیریت جنگل می‌باشد که با طراحی مناسب شبکه راه می‌توان کارایی شبکه را افزایش و در عین حال هزینه‌های ساخت را کاهش داد. به این منظور مطالعه تعداد زیادی از گزینه‌ها در یک منطقه به منظور انتخاب گزینه بهینه بر مبنای هزینه و عملکرد ضروری است. این عمل با استفاده از روش‌های سنتی طراحی وقت‌گیر و پرهزینه است، در مقابل روش‌های نوین GIS پایه قابلیت خوبی در طراحی نشان داده‌اند. اصولاً با متنوع شدن گزینه‌ها بایستی معیارهای برای ارزیابی در اختیار داشته باشد. این معیارها می‌توانند با استفاده از تراکم طولی، تراکم فاصله‌ای محاسبه و به منظور ارزیابی به کار روند. تحقیق و بررسی در زمینه تراکم فاصله بین راه‌ها (RS) و فاصله چوبکشی (SD) با تاکید بر مسایل کاربردی در استفاده از فرمول‌های ریاضی جهت برنامه‌ریزی شبکه راه‌های جنگلی و امور بهره‌برداری از اواسط دهه ۱۹۳۰ در کشورهای اروپایی، آمریکا و کانادا آغاز گردید. از آن زمان تاکنون روش‌های مختلفی به منظور مطالعه و ارزیابی گزینه‌ها ارائه شده که در این فصل به شرح آنها پرداخته می‌شود.

۸-۲- روش سنتی طراحی شبکه راه

روش‌های سنتی طراحی شبکه جاده‌های جنگلی بر مبنای بازدیدهای مقدماتی از عرصه و استفاده از نقشه‌های توپوگرافی است. روی این نقشه‌ها به وسیله تکنیک گام پرگار از نقطه ابتدا تا انتها، مسیر راه طراحی می‌شود. طراح سعی می‌کند که از ساخت راه در مناطق حساس یا حفاظتی پرهیز کند.

به‌طور کلی طراحی به ۵ مرحله تقسیم می‌شود:

۱- جمع‌آوری اطلاعات مورد نیاز برای طراحی

۲- شناسایی و ارزیابی گزینه‌های مختلف

۳- انتخاب بهترین شبکه

۴- بررسی مسیرهای جاده

۵- بهبود مکانی مسیرهای راه و تصحیح آنها

مرحله چهارم می‌تواند با یک بررسی ساده مثل کنترل نقاط ویژه روی مسیر راه با پیمایش آن شروع شود و در گام‌های بعد شامل سطوح بالاتر پیمایش با استفاده از وسایل اندازه‌گیری دقیق‌تر نظیر تئودولیت باشد. مراحل (۴) و (۵) باید آنقدر تکرار شوند تا نتایج مطلوب و رضایت بخش حاصل شود.

در روش سنتی برای تلفیق اطلاعات از فن^۱ روی هم گذاری^۲ لایه‌های اطلاعاتی به روش دستی استفاده می‌شود. در تکنیک روی هم‌گذاری به روش دستی در انتخاب تعداد فاکتورها محدودیت وجود دارد و تعداد زیادی از داده‌های مکانی را نمی‌توانیم به کمک این فن تلفیق و مورد تجزیه و تحلیل قرار داد. روش‌های سنتی به دلیل سرعت و دقت پایین، قابلیت بکارگیری اطلاعات و داده‌های مکانی زیادی را ندارند و به همین دلیل امکان مقایسه گزینه‌های مختلف به راحتی وجود ندارد. از طرفی استفاده از لایه‌های مختلف اطلاعاتی و روی هم‌گذاری و تلفیق آنها مستلزم صرف وقت و دقت زیادی است. به همین دلیل در طراحی سنتی الزاماً از تعداد گزینه‌ها می‌کاهد تا طراحی و ارزیابی عملی شود. از یک طرف وجود این مشکلات و نواقص و از طرفی تغییر در اهداف مدیریتی جنگل و مطرح شدن معیارهای زیست محیطی و اقتصادی باعث ایجاد تفکر به کارگیری روش‌های نوین و با قابلیت و توانایی‌های بالاتر شد که طراحان را به سمت استفاده از کامپیوتر و در مرحله بعد GIS سوق داد.

۸-۳- روش‌های GIS پایه طراحی شبکه راه

سامانه اطلاعات جغرافیایی یک سامانه اطلاعاتی در رابطه با داده‌های مکانی می‌باشد. در نگاهی وسیع و عمومی این چنین سامانه‌ها ابزارهایی جهت پردازش داده‌های مکانی و تبدیل آنها به اطلاعات، جهت استفاده در تصمیم‌گیری هستند. سامانه اطلاعات جغرافیایی یک سامانه رایانه‌ای متشکل از سخت‌افزار، نرم‌افزار، داده و کاربر است که قادر می‌باشد داده‌های مکانی را به طریق رقومی کسب، نگهداری، بازیابی، مدلسازی و تجزیه و تحلیل نموده و به صورت متنی و گرافیکی ارائه نماید. سامانه اطلاعات جغرافیایی برای جمع‌آوری و تجزیه و تحلیل داده‌هایی استفاده می‌شود که موقعیت جغرافیایی آنها یک مشخصه اصلی و مهم محسوب می‌شود. با دانش و فن‌آوری GIS می‌توان اطلاعات متفاوت و از منابع مختلف را برای فرآیند طراحی مسیر در یک تحلیل مکانی ترکیب کرد و یک چهارچوب برای توسعه و روی هم‌گذاری لایه‌های اطلاعاتی ورودی و انجام تحلیل‌های مکانی فراهم کرد. سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی در دهه ۱۹۷۰ برای فراهم آوردن قدرت تجزیه و تحلیل مقادیر زیادی از داده‌های جغرافیایی توسعه یافتند.

مهمترین مزایای استفاده از GIS در طراحی راه شامل: امکان روی هم‌گذاری تعداد زیادی لایه اطلاعاتی، نداشتن محدودیت در تعداد لایه‌های مورد استفاده، قابلیت تحلیل حجم بالایی از اطلاعات، امکان استفاده از نقشه‌های رقومی با صحت بالا، امکان ویرایش راحت‌تر، سرعت عمل بالا، هزینه عملکردی پایین و ... است. وجود این مزایا باعث استفاده روزافزون از GIS شده است.

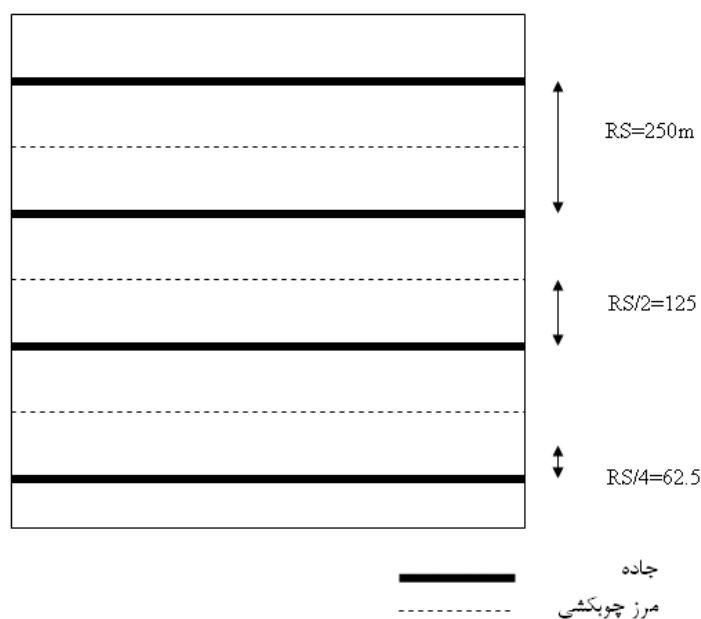
^۱ - Technique

^۲ - Overlay

روش‌های ارزیابی شبکه راه جنگلی

ارزیابی شبکه به روش بکمونند^۳

بکمونند یک مدل فرضی پیش‌بینی کرد که در آن منطقه مدل، یک منطقه مسطح و مربع شکل و اضلاع آن ۱۰۰۰ متر (سطحی معادل ۱۰۰ هکتار) می‌باشد و در آن چهار شاخه جاده موازی هر کدام به طول ۱۰۰۰ متر پیش‌بینی شده است. کلیه روابط بر مبنای این منطقه محاسبه شده است.



شکل ۸-۱ منطقه مدل بکمونند

معیارهای ارزیابی راه براساس روش بکمونند

علایم زیر جهت ارزیابی شبکه راه در یک منطقه مورد استفاده قرار می‌گیرند:

RD = تراکم جاده ۴	تراکم طولی
RS = فاصله جاده	- تراکم فاصله‌ای
SD	- فاصله چوبکشی (دستیابی)
OP% = درصد پوشش ۵	- درصد پوشش

³ - Backmund
⁴ - Road Density
⁵ - Opening Up

- تراکم راه (RD)

تراکم راه عبارتست از متوسط مقدار طول جاده به متر در هر هکتار از سطح منطقه که در مدل بالا عبارت است از:

$$RD = \frac{L}{S} \quad \frac{\text{طول جاده ها (متر)}}{\text{سطح کل جنگل}} \quad RD = \frac{L}{S} \quad \frac{4000m}{100ha} = 40m/ha$$

- فاصله راه‌ها از یکدیگر (RS)

فاصله راه از یکدیگر که فقط از طریق محاسبه بدست می‌آید دارای اهمیت خاصی از نظر دسترسی و بهره‌برداری و تعیین سطح پوشش است و با داشتن آن می‌توان به راحتی فاصله چوبکشی را بدست آورد.

مقدار RS از مدل ایده‌آل فرضی بالا در رابطه با RD عبارتست از:

$$RD \times RS = 10000$$

$$RS = \frac{10000}{RD}$$

برای تصحیح این فرمول از یک ضریب استفاده می‌شود. این ضریب برای مناطق جلگه‌ای ۱/۲۵، در شرایط کوهستانی ۱/۳-۱/۴ و در بدترین شرایط ۱/۸ است. (با توجه به اینکه در جنگل‌های کوهستانی جاده‌ها موازی و مستقیم نیستند و تا حدود زیادی از خطوط میزان پیروی می‌کنند به همین جهت برای تصحیح فاصله چوبکشی از ضرایب فوق استفاده می‌شود) پس:

$$RS = \frac{10000}{RD} \times$$

ضریب عدد ۱۰۰۰۰ از رابطه هر هکتار که معادل ۱۰۰۰۰ مترمربع است حاصل می‌شود. در اینصورت RS بدون در نظر گرفتن ضریب تصحیح برابر است:

$$RS = \frac{10000}{40} = 250m$$

- مرز چوبکشی (مرز چوبگیر)

مرزی که سطح چوبکشی جاده‌های مختلف را از یکدیگر جدا می‌سازد مرز چوبکشی نامیده می‌شود و معمولاً در وسط دو جاده قرار می‌گیرد. نوار محدود به دو مرز متوالی را نوار چوبگیر یا حوزه چوبگیر می‌نامند.

عرض این نوار معادل RS خواهد بود. برحسب نوع و بلندی موانع مرز چوبکشی گاهی در وسط دو جاده قرار می‌گیرد. معمولاً در نواحی کوهستانی یال و گاهی دره‌ها مرز چوبکشی را تشکیل می‌دهند و لذا در این حالت مرز چوبکشی در وسط دو جاده قرار ندارد.

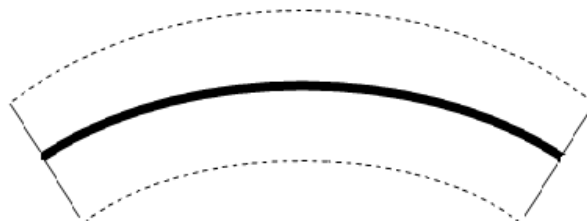
- فاصله چوبکشی (SD)

فاصله راه تا مرز چوبکشی فاصله چوبکشی را تشکیل می‌دهد و معمولاً برابر است با $SD = RS/2$. در عمل، فاصله چوبکشی به نوع پستی و بلندی منطقه، روش جنگل‌شناسی، جنگلداری و بهره‌برداری و خروج چوب از توده جنگلی بستگی دارد.

بطور خلاصه با در دست داشتن تراکم راه (RD) می‌توان از روش محاسباتی، متوسط فاصله راهها را از یکدیگر و فاصله چوبکشی را تعیین نمود.

- درصد پوشش (OP%) در روش بکمونند

برای آنکه بتوان شبکه راه‌سازی را مورد بررسی و ارزیابی قرار داد، از درصد پوشش استفاده می‌شود. برای محاسبه درصد پوشش بایستی با در دست داشتن سطح کل منطقه و طول کل راهها، تراکم جاده یعنی RD را محاسبه و از فرمول $RD.RS=10000$ مقدار RS را همانگونه که برای راههای موازی با یکدیگر تعیین می‌نمایند محاسبه و بدین وسیله حوزه چوبگیر (سطح پوشش جاده) تمام جاده‌ها را با رسم خطی بفاصله $RS/2$ در طرفین و بموازات جاده مشخص می‌نمایند.



شکل ۸-۲ عرض سطح پوشش یا عرض چوب‌گیری

سپس بوسیله پلانیمتر یا با استفاده از GIS سطح حاصله (سطح حوزه چوبگیر) محاسبه می‌شود. نسبت این سطح (سطح حوزه چوبگیر یا سطح پوشش جاده) به سطح کل منطقه برابر با درصد پوشش جاده در آن منطقه است. بر مبنای بررسی‌هایی که کارشناسان آلمانی بعمل آورده‌اند برای یک شبکه‌بندی ایده‌آل، درصد پوشش بین ۵۵٪ تا ۸۰٪ قرار دارد البته باید گفت که ۸۰٪ یک درصد پوشش بسیار خوب و عالی است. درصد پوشش بستگی زیاد به نوع و طرز طراحی شبکه جاده‌ها و شدت و ضعف تراکم جاده‌ها در یک منطقه دارد.

درصد پوشش OP% در یک سطح از توده جنگلی که تراکم جاده (RD) آن معین و مشخص است بستگی دارد به:

وضع و تنوع تقسیم‌بندی جاده‌ها (موازی بودن یا نبودن و انشعابات)

نوع، تعداد و نحوه قرار گرفتن انشعاب

شکل و بزرگی سطح منطقه

منظم یا نامنظم بودن مرزهای منطقه

درصد پوشش OP% به تراکم راه در هکتار نیز بستگی مستقیم دارد.

معیار دیگری که بکمونند برای اصلاح مدل خود معرفی نمود رقم بکمونند است که هر چه این رقم کمتر باشد شبکه کیفیت بهتری دارد یعنی که طول کمتری پوشش بیشتری را باعث شده است.

- رقم بکمونند

بکمونند مشخصات رقمی شبکه‌بندی با رقم مشخص کننده نوع و کیفیت و مرغوبیت شبکه‌بندی جاده را اینطور بیان می‌کند:

اولین رقم، تراکم جاده در هکتار و دومین رقم، مقدار درصد پوشش، رقم مشخص کننده کیفیت شبکه‌بندی را نشان می‌دهد یعنی

بصورت $RD/OP\%$

۸-۴- معیار Segebaden در ارزیابی گزینه‌ها

در برنامه‌ریزی‌های راه‌های جنگلی همواره دو جنبه مطرح می‌باشد. یکی جنبه مهندسی و دیگری جنبه اقتصادی است که در برنامه‌ریزی راه‌های جنگلی این دو جنبه بایستی مدنظر قرار گیرد. در جهت کاربرد صحیح معیارهای فنی و مهندسی برای راه‌های جنگلی (بعنوان مثال، عرض راه، شیب راه، شعاع قوسها، نوع روسازی و غیره) ضروری است که درباره هزینه‌ها و فواید حاصل از راه‌های جنگلی و تعادل بین آنها شناخت داشته باشیم. از فاکتورهای مهم در اپتیمم کردن این تعادل برآوردهای صحیح از تراکم طولی و تراکم فاصله‌ای جاده می‌باشد. باتوجه به اینکه فاصله چوبکشی (دستیابی) رابطه مستقیم با این دو فاکتور دارد، ولی برآورد متوسط فاصله چوبکشی (دستیابی) در روش بکمونند براساس تراکم طولی راه و مساحت تحت پوشش شبکه راه بصورت تئوریک عنوان می‌شود که در عمل مطابق با متوسط فاصله چوبکشی (دستیابی) واقعی نمی‌باشد. باتوجه به اینکه شبکه راه‌های کامیون رو و شبکه باریک حمل و نقل در ارتباط تنگاتنگ با یکدیگر هستند و نظر به اینکه اکثر عرصه‌های جنگلی شمال هنوز فاقد شبکه راه جنگلی مناسب می‌باشند لذا انجام مطالعات مقدماتی در دستیابی با فاکتورهای طراحی و برنامه‌ریزی شبکه راه‌های جنگلی و مطالعه گزینه‌های این شبکه می‌تواند در طراحی و برنامه‌ریزی شبکه افتتاحیه جنگل بسیار مفید باشد.

Segebaden (۱۹۷۴) با معرفی فاکتور تصحیح (T) فرمولی برای برآورد متوسط فاصله چوبکشی (دستیابی) واقعی ارائه داده است. (رابطه ۸-۱)

رابطه ۸-۱

$$SD_r = \frac{T \times 2500}{RD}$$

SDr = متوسط فاصله چوبکشی (دستیابی)

RD = تراکم طولی

T = فاکتور تصحیح

ضریب T بر اساس کلاس‌های مختلف شیب منطقه متفاوت خواهد بود. FAO^۶ برای شرایط توپوگرافی مختلف ضرایب زیر را در نظر گرفته است:

جدول (۸-۱) میزان فاکتور تصحیح برای مناطق مختلف

شرایط توپوگرافی	فاکتور T
خیلی کوهستانی	>۳/۶
کوهستانی و پر شیب	۲/۸-۳/۶
کوهستانی متوسط	۲-۲/۸
مسطح	۱/۶-۲

برای مقایسه گزینه‌های مختلف در روش‌های سنتی از روش آمارگیری نقطه‌ای با در نظر گرفتن معیار Segebaden استفاده می‌شود. در گزینه‌های با طول برابر راه، گزینه‌ای بهتر است که مجموع فواصل چوبکشی (دستیابی) در آن کمتر باشد ولی در

^۶ Food and Agriculture Organization

گزینه‌های با طول‌های متفاوت راه گزینه‌ای مناسب‌تر است که حاصلضرب طول راه‌های آن در مجموع فواصل چوبکشی (دستیابی) کمتر باشد (بدون وارد کردن حجم در هکتار در محاسبات).

در راه‌سازی در جنگل هدف این است که شبکه راهی پیاده شود که با حداقل طول، حداکثر پوشش را داشته باشیم، برای نیل به این مقصود باید سعی شود که:

طول مسیرهای شبکه راه حتی‌المقدور کوتاهتر شود.

این مسیرها با حداقل طول ممکن، حداکثر پوشش را داشته باشند و بیشترین سطح را بپوشانند. برای اینکه مشخص گردد کدام گزینه از جهات فوق بهتر است، هر گزینه‌ای که مجموع فواصل چوبکشی (دستیابی) کمتری داشته باشد مناسبتر است که در مورد گزینه‌های با طول مسیر مساوی این حالت درست می‌باشد و در مورد چند گزینه بهتر است که:

الف - طول مسیرهایش کمتر باشد.

ب- در عین حال مجموع فواصل چوبکشی (دستیابی) آن کمتر باشد. بنابراین از حاصلضرب طول راه‌های یک گزینه در مجموع فواصل چوبکشی (دستیابی) آن عددی بدست می‌آید که به‌عنوان شاخص مقایسه می‌توان از آن استفاده نمود.

۸-۵- استفاده از روش تن در کیلومتر در ارزیابی گزینه‌ها

این روش گزینه‌ها را از لحاظ قابلیت خروج چوب و قابلیت دسترسی ارزیابی می‌کند. به‌منظور ارزیابی، از شاخص مجموع حاصلضرب فاصله افقی نقاط تا نزدیکترین راه (برحسب کیلومتر) در میزان رویش توده‌ای که نقاط در آنها واقع‌اند (برحسب مترمکعب در هکتار) استفاده می‌شود (یعنی $\sum d_i v_i$ که d مسافت و v حجم می‌باشد). در گزینه‌های با تراکم مساوی، گزینه‌ای که $\text{km} \times \text{Ton}$ کمتری داشته باشد و در مورد گزینه‌های با تراکم مختلف گزینه‌ای که حاصلضرب عدد $\text{km} \times \text{Ton}$ در طول راه (به Km) کمتر باشد، مناسبتر است. این شاخص به‌طور مطلق مفهوم خاصی ندارد و صرفاً جهت ارزیابی گزینه‌ها به کار می‌رود. به جای رویش در هکتار می‌توان متوسط موجودی در هکتار هر نقطه را در کوتاهترین فاصله ضرب کرد. اغلب در این روش با طراحی شبکه آماربرداری فقط نمونه‌هایی از کل نقاط اندازه‌گیری می‌شوند ولی به دلیل قابلیت بالای GIS می‌توانیم محاسبات تئوری را برای تمام سلول‌ها انجام دهیم.

به‌منظور ارزیابی در محیط GIS مراحل زیر طی می‌شوند:

تهیه نقشه رستری حجم متوسط در هکتار (حجم در هکتار باید تبدیل به حجم در سلول شود چون ممکن است سطح هر سلول یک هکتار نباشد).

تعیین کوتاهترین فاصله هر سلول از شبکه جاده به کیلومتر

روی هم گذاری (حالت ضرب) نقشه‌های مرحله اول و دوم که حاصل آن نقشه تن در کیلومتر هر سلول است.

استخراج ارزش کل سلول‌ها (تن در کیلومتر هر واریانت) به‌منظور مقایسه گزینه‌ها

۸-۶- استفاده از روش تن در کیلومتر تصحیح شده در ارزیابی گزینه‌ها

این روش نیز گزینه‌ها را از لحاظ قابلیت خروج چوب و دسترسی ارزیابی می‌کند. روند ارزیابی در این روش تلفیقی از روش Segebaden و روش تن در کیلومتر است. به عبارت دیگر روند شبیه روش تن در کیلومتر است با این تفاوت که فواصل چوبکشی با استفاده از ضرایب تصحیح Segebaden تصحیح شده و سپس وارد محاسبات می‌شوند. به منظور ارزیابی در محیط GIS با استفاده از نرم افزار IDRISI مراحل زیر طی می‌شود:

تعیین کوتاهترین فاصله هر سلول از شبکه جاده برحسب کیلومتر و روی هم گذاری (حالت ضرب) آن با نقشه ضریب تصحیح روی هم گذاری (حالت ضرب) نقشه مرحله اول با نقشه حجم در هکتار استخراج ارزش کل سلول‌ها (تن در کیلومتر تصحیح شده هر گزینه) به منظور مقایسه گزینه‌ها

۸-۷- ارزیابی چند معیاری (MCEV)

معمولاً برای رسیدن به هدفی خاص معیارهای مختلفی باید ارزیابی شوند. این روند ارزیابی چند معیاری نامیده می‌شود و روشی برای مقایسه اهمیت لایه‌های مختلف نسبت به هم و تلفیق داده‌ها بنابر اهمیت‌شان در تصمیم‌گیری است. معمول‌ترین روش‌های ارزیابی چند معیاری ترکیب وزن دهی خطی^۸ و تحلیل سازگاری- ناسازگاری^۹ هستند. در روش اول هر مشخصه در وزن خود ضرب و سپس برای رسیدن به یک شاخص شایستگی^{۱۰} همه مشخصه‌های وزن دهی شده با هم جمع می‌شوند. در روش دوم هر جفت از گزینه‌ها از لحاظ برتری در مورد هر معیار تحلیل می‌شوند و برتری هر یک بر دیگری مشخص می‌شود. وقتی که تعداد گزینه‌ها زیاد باشد تحلیل سازگاری - ناسازگاری از لحاظ محاسبات غیرعملی می‌شود. ولی ترکیب وزن‌دهی خطی برخلاف تحلیل سازگاری- ناسازگاری به راحتی در یک GIS سلولی^{۱۱} انجام می‌گیرد.

اولین مساله در ارزیابی چند معیاره چگونگی ترکیب مشخصه‌های مختلف برای شکل دادن یک شاخص واحد برای ارزیابی است. در منطق بولی^{۱۲} (محدودیتها) راه حل روی هم گذاری اغلب بر گزینه اشتراک (OR) یا تقاطع (AND) استوار است. ولی در مورد مشخصه‌ها که حالت پیوسته دارند، اغلب ترکیب وزن دهی خطی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

در ترکیب وزن دهی خطی هر مشخصه در وزن خود ضرب می‌شود و سپس همه آنها با هم جمع می‌شوند تا یک نقشه شایستگی^{۱۳} را شکل دهند یعنی:

رابطه ۸-۲

$$S = \sum W_i X_i$$

⁷ Multi Criteria Evaluation

⁸ Weighted Linear Combination

⁹ Concordance – discordance analysis

¹⁰ Suitability Index

¹¹ Raster Base GIS

¹² Boolean

¹³ Suitability Map

$S =$ شایستگی

$W_i = i$ وزن مشخصه

$X_i = i$ مشخصه

در حالتی که محدودیت‌های مطلق نیز وجود داشته باشند، حاصلضرب نقشه‌های محدودیت در نقشه شایستگی حاصل از مشخصه‌ها ضرب می‌شود یعنی:

رابطه ۸-۳

$$S = \sum W_i X_i \times \prod C_j$$

$C_j = j$ محدودیت

$\Pi =$ حاصلضرب

به علت اینکه معیارها با مقیاس‌های مختلفی اندازه‌گیری می‌شوند لازم است مشخصه‌ها قبل از ترکیب استاندارد شوند. ساده‌ترین روش، استاندارد کردن خطی است که این استاندارد کردن قبل از اعمال وزن‌ها صورت می‌گیرد.

- وزن‌دهی مشخصه‌ها

فن‌های (تکنیک‌های) زیادی به منظور وزن‌دهی وجود دارند ولی یکی از رایج‌ترین آنها مقایسه‌های زوجی ۱۴ است که به وسیله ساعتی ۱۵ در سال ۱۹۷۷ به عنوان یک روش تصمیم‌گیری تحت عنوان تحلیل سلسله مراتبی ۱۶ ابداع گردید که اولین استفاده از آن در قالب GIS بوسیله Rao و همکاران در سال ۱۹۹۱ انجام شد.

- فرآیند تحلیل سلسله مراتبی AHP

فرآیند تحلیل سلسله مراتبی یکی از جامع‌ترین سیستم‌های طراحی شده برای تصمیم‌گیری با معیارهای چندگانه است، زیرا این تکنیک امکان فرموله کردن مساله را به صورت سلسله مراتبی فراهم می‌کند و همچنین امکان در نظر گرفتن معیارهای مختلف کمی و کیفی را در مساله دارد. این روش براساس نحوه تحلیل مغز انسان از مسایل پیچیده فازی پیشنهاد گردیده، به طوری که کاربردهای متعددی از آن زمان تاکنون برای این روش مورد بحث قرار گرفته است. این فرآیند مجموعه‌ای از قضاوت‌ها، تصمیم‌گیری‌ها و ارزش‌گذاری‌های شخصی با یک شیوه منطقی می‌باشد. می‌توان گفت که این فن از یک طرف وابسته به تصورات شخصی و تجربه جهت طرح‌ریزی سلسله مراتبی یک مساله است. از طرف دیگر به منطق و درک جهت تصمیم‌گیری نهایی مربوط می‌شود. امتیاز دیگر فرآیند سلسله مراتبی این است که ساختاری جهت همکاری و مشارکت گروهی در تصمیم‌گیری‌ها و حل مشکلات مهیا می‌کند. همچنین یک مدل ساده و انعطاف‌پذیر برای حل محدوده وسیعی از مسایل است که به راحتی قابل درک توسط همه می‌باشد. برای حل مسایل پیچیده، هم نگرش سیستمی و هم تحلیل جز به جز را به صورت توأم می‌توان به کار برد. این فرآیند کمک می‌کند که اهمیت مشخصه‌ها در یک سیستم در نظر گرفته شوند و بین آنها تعادل برقرار کرد و فرد را قادر می‌سازد که بهترین گزینه را با توجه به اهدافش انتخاب کند.

¹⁴ Pair-wise comparison

¹⁵ Saaty

¹⁶ Analytical Hierarchy Process

– اصول فرآیند تحلیل سلسله مراتبی

توماس ساعتی (بنیان‌گذار این روش) چهار اصل زیر را به عنوان اصول فرآیند تحلیل سلسله مراتبی بیان نموده و کلیه محاسبات، قوانین و مقررات را بر این اصول بنا نهاده است. این اصول عبارتند از:

اصل ۱: شرط معکوسی (Reciprocal Condition) – اگر ترجیح عنصر A بر عنصر B برابر n باشد، ترجیح عنصر B بر عنصر A برابر $1/n$ خواهد بود.

اصل ۲: اصل همگنی (Homogeneity) – عنصر A با عنصر B باید همگن و قابل مقایسه باشند. به بیان دیگر برتری عنصر A بر عنصر B نمی‌تواند بی‌نهایت یا صفر باشد.

اصل ۳: وابستگی (Dependency) – هر عنصر سلسله مراتبی به عنصر سطح بالاتر خود می‌تواند وابسته باشد و به صورت خطی این وابستگی تا بالاترین سطح می‌تواند ادامه داشته باشد.

اصل ۴: انتظارات (Expectations) – هرگاه تغییری در ساختمان سلسله مراتبی رخ دهد روند ارزیابی باید مجدداً انجام گیرد. توماس ساعتی در یکی از کتاب‌های خود تحت عنوان تصمیم‌گیری برای مدیران که در سال ۱۹۹۰ به چاپ رسانده است، ویژگی‌های فرآیند تحلیل سلسله مراتبی را به شرح زیر بیان می‌کند:

یگانگی و یکتایی مدل (Unity) – فرآیند تحلیل سلسله مراتبی یک مدل ساده و انعطاف‌پذیر برای حل محدوده وسیعی از مسایل است که به راحتی قابل درک برای همگان می‌باشد.

پیچیدگی (Complexity) – برای حل مسایل پیچیده، فرآیند تحلیل سلسله مراتبی هم نگرش سیستمی و هم تحلیل جز به جز را به صورت توأم به کار می‌برد. عموماً افراد در تحلیل مسایل یا کل‌نگری کرده و یا به جزئیات پرداخته و کلیات را رها می‌کنند. در حالی که فرآیند تحلیل سلسله مراتبی هر دو بعد را با هم به کار می‌بندد.

همبستگی و وابستگی متقابل (Interdependence) – فرآیند تحلیل سلسله مراتبی وابستگی را به صورت خطی در نظر می‌گیرد. ولی برای حل مسایلی که اجزا به صورت غیرخطی وابسته‌اند نیز به کار گرفته می‌شود.

ساختار سلسله مراتبی (Hierarchy Structuring) – فرآیند تحلیل سلسله مراتبی اجزای یک سیستم را به صورت سلسله مراتبی سازماندهی می‌کند. که این نوع سازماندهی با تفکر انسان تطابق داشته و اجزا در سطوح مختلف طبقه‌بندی می‌شوند.

اندازه‌گیری (Measurement) – فرآیند تحلیل سلسله مراتبی مقیاسی برای اندازه‌گیری معیارهای کیفی تهیه کرده و روشی برای تخمین و برآورد اولویت‌ها فراهم می‌کند.

سازگاری (Consistency) – فرآیند تحلیل سلسله مراتبی سازگاری منطقی قضاوت‌های استفاده شده در تعیین اولویت‌ها را محاسبه کرده و ارایه می‌نماید.

تلفیق (Synthesis) – فرآیند تحلیل سلسله مراتبی: منجر به برآورد رتبه نهایی هر گزینه می‌شود.

تبادل (Tradeoffs) – فرآیند تحلیل سلسله مراتبی اولویت‌های وابسته به مشخصه‌ها در یک سیستم را در نظر گرفته و بین آنها تبادل برقرار می‌کند و فرد را قادر می‌سازد که بهترین گزینه را براساس اهدافش انتخاب کند.

قضاوت و توافق گروهی (Judgment and Consensus) – فرآیند تحلیل سلسله مراتبی بر روی توافق گروهی اصرار و پافشاری ندارد ولی تلفیقی از قضاوت‌های گوناگون را می‌تواند ارایه نماید.

تکرار فرآیند (Process Repetition) - فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فرد را قادر می‌سازد که تعریف خود را از یک مساله تصحیح کند و قضاوت و تصمیم خود را بهبود دهند.

- مراحل وزن‌دهی معیارها در روش AHP

۷ ایجاد ساختار درختی پارامترها و رسم نمودار AHP

درک پدیده‌ها و مسایل بزرگ و پیچیده می‌توانند برای ذهن انسان مشکل‌ساز باشند. از این رو تجزیه یک مساله بزرگ به عناصر جزئی آن با استفاده از یک ساختار رده‌ای می‌تواند به درک آن کمک کند. در اینگونه ساختارها هر عنصر در یک سطح معین نیز تحت تسلط برخی یا کلیه عناصر موجود در سطحی بالاتر از آن می‌باشد. لذا اولین مرحله در AHP تعیین مشخصه‌ها و وضعیت آنها نسبت به هم می‌باشد.

۷ مقایسه دو به دو پارامترها با هم

پس از ایجاد ساختار درختی، مشخصه‌های هم سطح و مرتبط نسبت به هم دو به دو مقایسه می‌شوند. نتیجه این مقایسه‌ها به صورت یک مقدار کمی است که میزان آن بین ۱ تا ۹ می‌باشد که مفهوم هر یک در جدول زیر آورده شده است.

جدول (۸-۲) مقادیر ترجیحات برای مقایسات زوجی (اقتباس از قدسی پور ۱۳۷۹)

مقدار عددی	ترجیحات (قضاوت شفاهی)
۹	کاملاً مرجح یا کاملاً مهمتر یا کاملاً مطلوب‌تر
۷	ترجیح یا اهمیت یا مطلوبیت خیلی قوی
۵	ترجیح یا اهمیت یا مطلوبیت قوی
۳	کمی مرجح یا کمی مهمتر یا کمی مطلوبتر
۱	ترجیح یا اهمیت یا مطلوبیت یکسان
۱/۲ و ۱/۳ و ۱/۴ و ۱/۵ و ۱/۶ و ۱/۷ و ۱/۸ و ۱/۹	ترجیحات بین فواصل فوق

در نهایت جهت ترکیب نظرات مختلف کارشناسان قضاوت‌ها از طریق میانگین هندسی تبدیل به یک جواب می‌شود. برای تعیین اهمیت مشخصه‌ها، آنها دو به دو با یکدیگر به صورت کمی و کیفی و نظری مقایسه می‌شوند و نتیجه در ماتریس وارد می‌شود. عناصر این ماتریس همگی مثبت می‌باشند و باتوجه به اصل شروط معکوس اگر اهمیت i نسبت به j برابر k باشد، اهمیت عنصر j نسبت به i برابر $1/k$ خواهد بود. به منظور نرمال‌سازی ماتریس و تعیین وزن‌های نرمال شده برای هر مشخصه‌ای باید مقدار هر سلول به جمع ستونی (شامل همان سلول) تقسیم شود. سپس میانگین ارزش‌های هر سطر محاسبه شود و به عنوان وزن نسبی یا ضریب اهمیت برای مشخصه در محاسبات در نظر گرفته شود.

- ارزیابی

وزن‌های نسبی محاسبه شده در مرحله قبل در نقشه‌های مشخصه‌ها ضرب و نتایج با هم جمع می‌شوند. هدف نهایی بصورت مدلی است که متغیرهای آن مشخصه‌ها می‌باشند. در این مدل میزان اهمیت و وزن هر مشخصه با ضرایبی در کنار مشخصه‌ها مشخص شده که براساس آن گزینه‌های مختلف بررسی می‌شوند. فرم کلی مدل به صورت زیر می‌باشد:

رابطه ۸-۴

$$F = k_1x_1 + k_2x_2 + k_3x_3$$

در مدل نمایشی بالا k_1, k_2, k_3 به ترتیب وزن‌های مشخصه‌های x_1, x_2, x_3 می‌باشند که این وزن‌ها براساس نظر کارشناسان در روش AHP تعیین می‌شوند.

سپس نقشه شایستگی حاصل در تک تک محدودیت‌ها (با کد صفر و یک) ضرب می‌شود و مناطق دارای محدودیت، کد صفر می‌گیرند.

سپس ارزیابی بر مبنای نقشه شایستگی نهایی انجام می‌گیرد.

۸-۸- سایر روش‌های ارزیابی

از دهه ۸۰ میلادی در آمریکا و اروپا، استفاده از برنامه ریزی‌های ریاضی و الگوریتم‌های آزمون و خطا در طراحی، ارزیابی و بهینه‌سازی شبکه راه جنگلی آغاز گردید و تا امروز نیز در حال تکامل و پیشرفت می‌باشد که از این دسته از مطالعات به ندرت در ایران انجام گرفته است. یکی دیگر از موقعیت‌های پیش رو به منظور طراحی و ارزیابی استفاده از مدل‌های رقومی ارتفاع با دقت بالا حاصل از داده‌های LIDAR می‌باشد. نتایج پژوهش‌های انجام شده نشان داده‌اند که در متراکم‌ترین جنگل‌ها صحت ارتفاعی آن حدود ۲۵ سانتیمتر است که برای استفاده در مهندسی جنگل بسیار مناسب می‌باشد.

فصل ۹

راههای جنگلی در نظام مطالعه و

اجرای طرحهای جنگلداری

۹-۱- مقدمه

اگرچه در مطالعات علمی و عملی امروز مراحل و یا فازهای متعددی تعریف شده است ولی در طرح‌های جنگلداری از دیرباز و حداقل در ایران مطالعه به صورت متمرکز، تفصیلی اجرایی و در یک مرحله انجام شده است. مطالعه بخش‌های مختلف یک طرح جنگلداری همانند مهره‌های تسبیح با نخ طرح به هم متصلند و به صورت مجزا انسجام ندارند، به همین دلیل با اینکه در سال‌های اخیر برای اکثر حوزه‌های آبخیز مطالعات پایه (شناخت، توجیهی، نیمه تفصیلی و تفصیلی) انجام شده ولی باز هم در تهیه طرح‌های جنگلداری از همان روش گذشته استفاده می‌شود.

مراحل مطالعه طرح جنگلداری

تهیه یک طرح جنگلداری بطور کلی دارای مراحل زیر است:

۱- شناسایی منطقه

۲- مطالعات کتابخانه‌ای شامل: تهیه نقشه، جمع‌آوری سوابق مطالعات انجام شده قبلی، اطلاعات مربوط صاحبان حقوق ارتفاقی، مدارک و مستندات مالکیت هواشناسی - اقلیم و ...)

۳- مطالعات میدانی شامل: مطالعات زمین‌شناسی، خاکشناسی، هیدرولوژی، تعیین مسیر جاده، تقسیم‌بندی جنگل، آماربرداری از جنگل، مطالعات جنگل‌شناسی، مطالعات مربوط به دام و دامداری داخل جنگل، جنگل‌شناسان و ...)

۴- برنامه‌ریزی و تدوین طرح برای یک دوره حداکثر ۱۰ ساله

۵- تصویب طرح

معمولاً شناسایی منطقه و اولویت‌بندی در مطالعه توسط کارشناسان اداره منابع طبیعی استان صورت می‌گیرد. پس از مشخص شدن منطقه، عملیات تهیه طرح ممکن است بصورت امانی (توسط کارشناسان اداره کل منابع طبیعی) و یا پیمانی (توسط شرکت‌ها و یا مهندسين مشاور) انجام شود که در صورت اخیر یک‌بار دیگر عملیات شناسایی با ارایه منطقه توسط کارفرما (اداره منابع طبیعی) انجام خواهد شد.

پس از شناسایی و مشخص شدن محدوده کلی منطقه، نقشه آن با استفاده از نقشه‌های توپوگرافی ۲۵۰۰۰ : ۱ سازمان نقشه‌برداری و عکس‌های هوایی نقشه اختصاصی ناحیه طرح توسط اکپ تهیه طرح تهیه می‌گردد.

باتوجه به نقشه پایه، بقیه نقشه‌ها (شیب، هیپسومتري، جهت جغرافیائی، هواشناسی، شبکه هیدرولوژی، مسیر جاده‌های موجود و آینده، قطعه‌بندی، زمین‌شناسی، خاکشناسی، شبکه آمار، تیپ و تراکم تاج‌پوشش جنگل و ...) بتدریج و با پیشرفت عملیات میدانی تهیه می‌گردد. مراحل انجام کار توسط ناظر مقیم به‌طور مرتب نظارت و گزارش کار به کارفرما داده می‌شود^۱

همانطور که در مقدمه اشاره شد بخش‌های مختلف مطالعاتی طرح جنگلداری کاملاً به هم مرتبط است لذا تمامی عملیات برای تهیه یک طرح جنگلداری معمولاً توسط یک گروه انجام می‌شود. چنانچه بخواهیم بخش‌های مختلف مطالعاتی را بصورت مجزا انجام دهیم طرح انسجام لازم را نخواهد داشت و ممکن است بعضی از برنامه‌ها در تقابل باهم قرار گیرند.

^۱ - ناظر مقیم تا کنون دولتی بوده و توسط کارفرما به تهیه کننده طرح معرفی می‌گردد ولی امکان واگذاری این وظیفه نیز به بخش غیر دولتی مقدور می‌باشد.

عملیات تدوین و برنامه‌ریزی طرح معمولاً پس از اتمام کار تقسیم‌بندی طرح (قطعه‌بندی) به موازات سایر عملیات میدانی آغاز می‌گردد.

پس از تدوین نهایی طرح، تهیه‌کننده نسخه‌ای از آن را به اداره کل منابع طبیعی منطقه تحویل می‌دهد. اداره کل گزارش (کتابچه) طرح را به کمیته فنی ارسال داشته و کمیته پس از مطالعه و بررسی، اشکالات و ابهامات طرح را به تهیه‌کننده اعلام می‌نماید. پس از رفع این اشکالات طرح به کمیته فنی ستاد سازمان و در نهایت به شورای عالی جنگل، مرتع و آبخیزداری ارسال و چنانچه ایرادی نداشته باشد تصویب و با نظریه شورا به معاون ذی‌ربط^۲ در سازمان سازمان جنگلها، مراتع و آبخیزداری ابلاغ می‌گردد. مراحل فوق ممکن است توسط دولت بصورت امانی (توسط واحدهای سازمان جنگلها، مراتع و آبخیزداری یا شرکت‌های دولتی تابعه)، مشارکتی (بخشی بصورت دولتی و بخشی بصورت خصوصی) یا کالا توسط بخش خصوصی به‌انجام برسد ولی در هر حال تصویب طرح راساً توسط سازمان جنگلها، مراتع و آبخیزداری (شورای عالی جنگل، مرتع و آبخیزداری و یا کمیته‌های فنی استانی) انجام می‌شود.

۹-۲- مراحل اجرای طرح جنگلداری

بر اساس ماده ۲ قانون ملی شدن جنگلها "سازمان جنگلبانی مجاز است اجرای طرح‌های جنگلداری را از طریق مزایده به اشخاص واجد صلاحیت واگذار نماید" بر این اساس طرح‌های تهیه شده توسط هیات‌های مرکب از کارشناسان خبره فنی (این کارشناسان توسط معاون سازمان جنگلها انتخاب می‌شوند) در بخش جنگلداری و بهره‌برداری مورد بررسی قرار گرفته و باتوجه به نوع و میزان تولید طرح، هزینه‌های اجرایی و تعهدات فنی طرح ضریبی بعنوان ضریب پایه برای بهره‌مالکانه طرح جنگلداری مشخص می‌نمایند، سپس مشخصات طرح برای انتخاب مجری در یک روزنامه محلی و یک روزنامه کثیرالانتشار آگهی می‌شود^۳ پس از دریافت پیشنهادات متقاضیان و اتمام مهلت مندرج در آگهی در جلسه‌ای با حضور هیات‌های مرکب از معاون اداری و مالی، معاون فنی سازمان و مدیرکل منابع طبیعی منطقه پیشنهادات را بررسی نموده و مجری طرح دارای توانمندی لازم انتخاب می‌گردد. برنده مزایده پس از اطلاع از تصمیم هیات به اداره کل منابع طبیعی منطقه مراجعه و نسبت به عقد قرارداد ده ساله برای اجرای طرح جنگلداری اقدام و یک نسخه از کتابچه طرح از اداره کل تحویل می‌گیرد. علاوه بر این قرارداد هر سال پس از نشانه‌گذاری و هنگام صدور پروانه قطع درختان مجری طرح باید تصفیه حساب نموده و یک قرارداد یک ساله نیز که شامل تعهدات آن سال طرح جنگلداری می‌شود با اداره کل منعقد نماید.^۴

طبق قانون مجری طرح جنگلداری حق واگذاری تمام یا قسمتی از اجرای طرح را به غیر ندارد.

اداره کل منابع طبیعی برای نظارت بر حسن اجرای طرح به تعداد مورد نیاز و متناسب با سطح و میزان تعهدات مندرج در طرح ناظر و کمک‌ناظر تعیین می‌نماید.

^۲ - نظریه شورای عالی برای طرح‌های جنگلداری شمال کشور به معاون مناطق مرطوب و نیمه مرطوب و برای طرح‌های جنگلداری سایر استان‌ها به معاون امور مناطق خشک و نیمه خشک ابلاغ می‌گردد

^۳ - در سال‌های اخیر آگهی واگذاری اجرای طرح‌های جنگلداری در سایت اداره کل منابع طبیعی منطقه نیز قابل مشاهده می‌باشد.

^۴ - چنانچه طرح به صورت امانی اجرا شود پروانه قطع درختان سهمیه برای اداره بهره‌برداری اداره کل صادر می‌شود.

تعهدات الزام‌آور طرح برای به‌کارگیری نیروی انسانی معمولاً منحصر به قرقبان و در برخی موارد کارشناس بهره‌برداری است. قرقبان‌ها مستقیماً زیر نظر ناظر طرح فعالیت می‌کنند ولی دستمزد آنها توسط مجری طرح پرداخت می‌شود.

اگرچه سازمان جنگل‌ها و مراتع برای اجرا و مدیریت یک طرح جنگلداری سازمان کار پیش‌بینی نموده است و واقعا برای اجرای قابل قبول یک طرح جنگلداری به چنین سازمانی نیاز است ولی معمولاً مجریان طرح به دلیل هزینه بیشتر و مشکلات کارگری مایل به پیاده کردن سازمان کار نیستند و اغلب کارهای اجرایی طرح را به پیمانکاران واگذار می‌نمایند. این کارها عبارتند از:

- جاده‌سازی (تهیه خط پروژه، قطع درختان مسیر جاده، خاکبرداری، ابنیه‌سازی، خاکریزی، تسطیح و رگلاژ، شن‌ریزی)
- فنس‌کشی (سیم خاردار با پایه چوبی).
- قطع درختان (سه‌میه - و ضایعات قطع).
- شاخه‌زنی، بینه‌بری، تبدیل و حمل تولیدات از پای کنده تا دپوی موقت و حمل از دپو تا ایستگاه جمع‌آوری مقطوعات.
- دسته‌بندی و داراب کردن چوب‌آلات.
- جنگل‌کاری (پاک‌تراشی عرصه، خراش و بذریاشی، چاله‌کشی، نهال‌کاری)
- عملیات مراقبتی و پرورشی (قطع بوته‌های مزاحم، آزادسازی و تنک کردن نهال‌ها)

در فعالیت‌های فوق، بسته به حجم کار، دوری و نزدیکی محل و میزان هزینه، ممکن است بعضی از فعالیت‌ها توسط کارگران شاغل در طرح جنگلداری صورت گیرد. به‌عنوان مثال چون قطع درختان به‌صورت پیمانی بعثت عجله پیمانکار از دقت کمتری برخوردار است و ضایعات قطع را افزایش می‌دهد لذا، مجری طرح در این مورد از کارگران ثابت خود و یا نجار روزمزد استفاده می‌نماید. در مورد خروج گرده‌بینه از جنگل به دلیل نبود ماشین‌آلات کشنده گرده‌بینه نزد پیمانکاران مجری طرح ناچار است نسبت به خرید یا اجاره این قبیل ادوات کشنده (تله‌فریک، اسکیدر و...) اقدام نماید.

پس از عقد قرارداد اجرای طرح اقدامات زیر توسط مجری طرح صورت می‌گیرد.

احداث ایستگاه طرح

احداث ساختمان نظارت

به‌کارگیری قرقبانان طرح

احداث جاده بر اساس مصوبات طرح

خرید خودرو و موتورسیکلت مورد تعهد

تجهیز امکانات اطفای حریق

مرمت و نگهداری تاسیسات و ابنیه موجود و یا احداث شده در طرح

اقداماتی که قانوناً به عهده دولت است ولی معمولاً مجری طرح انجام می‌دهد

تامین خودرو ناظر طرح

تامین هزینه نشانه‌گذاری درختان سه‌میه سالانه

پرداخت هزینه چاپ صورت‌مجلس مختلف (پروانه قطع، پروانه حمل، فرم نشانه‌گذاری، استحصال، بازدید موجودی هیزم زغال

و ...)

اقداماتی که توسط اداره کل منابع طبیعی راسا و یا براساس درخواست مجری طرح انجام می‌شود:

صدور احکام ماموریت برای کارشناسان و گروه نظارت طرح و اعزام کارشناس برای (نشانه‌گذاری درختان، تجدید حجم، استحصال گرده‌بینه، چوب‌آلات، بازدیدهای موردی)

صدور پروانه قطع درختان

صدور مجوز حمل (پروانه حمل محمولات جنگلی) برای تولیدات به مناطق مختلف کشور

تهیه فرم کنترل (بازدید و تهیه گزارش زمانی از میزان و کیفیت تعهدات انجام شده)

صدور مجوز برای احداث کوره زغال

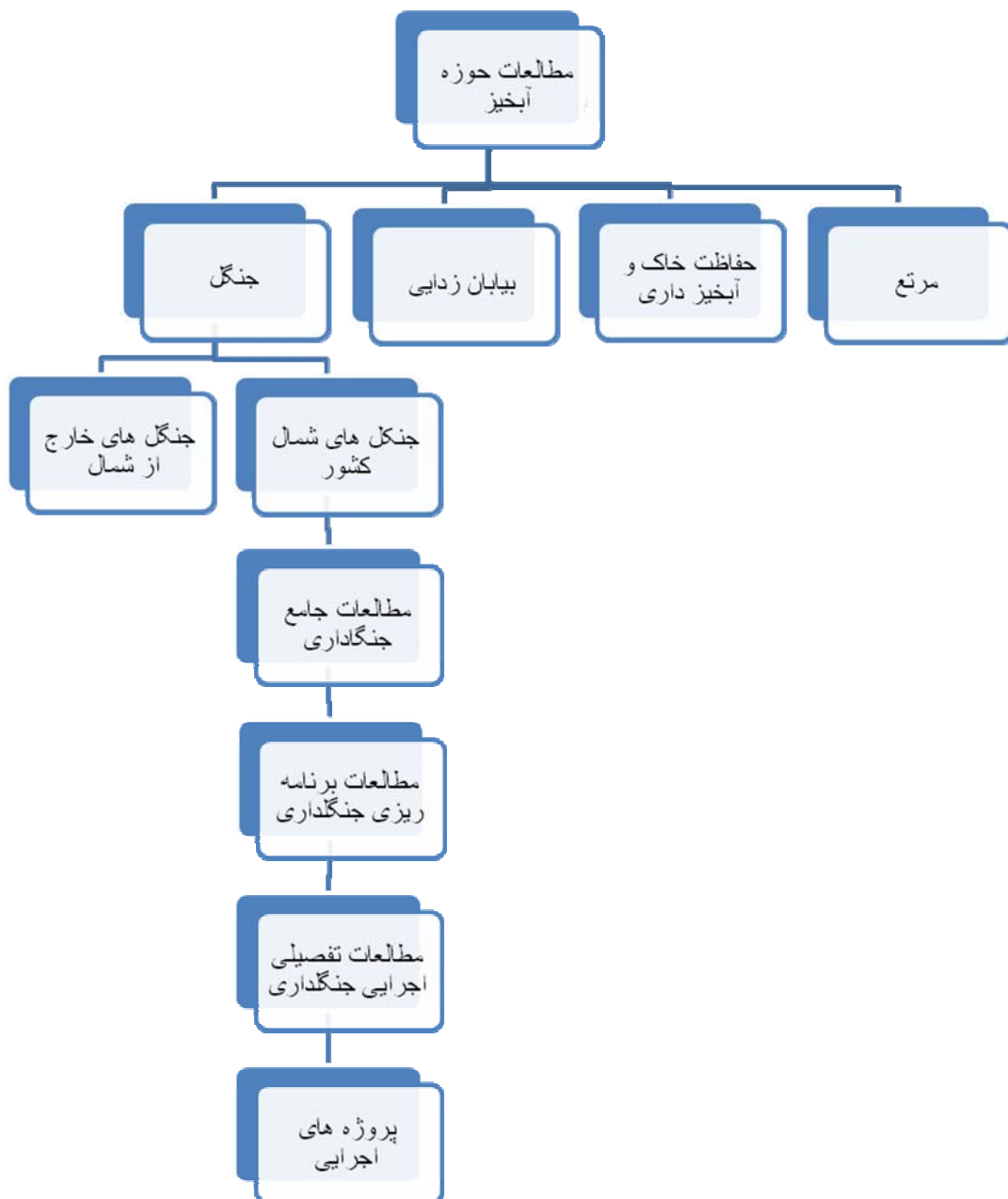
تنظیم صورتمجلس تجاوز و تخریب در عرصه طرح

پس از گذشت ده سال از اجرای طرح کلیه تاسیسات و جاده‌های ساخته شده در طرح که براساس مصوبات طرح احداث شده است متعلق به دولت خواهد بود و در صورت تمدید قرار داد مجری طرح می‌تواند به‌رایگان از این تاسیسات استفاده نماید.

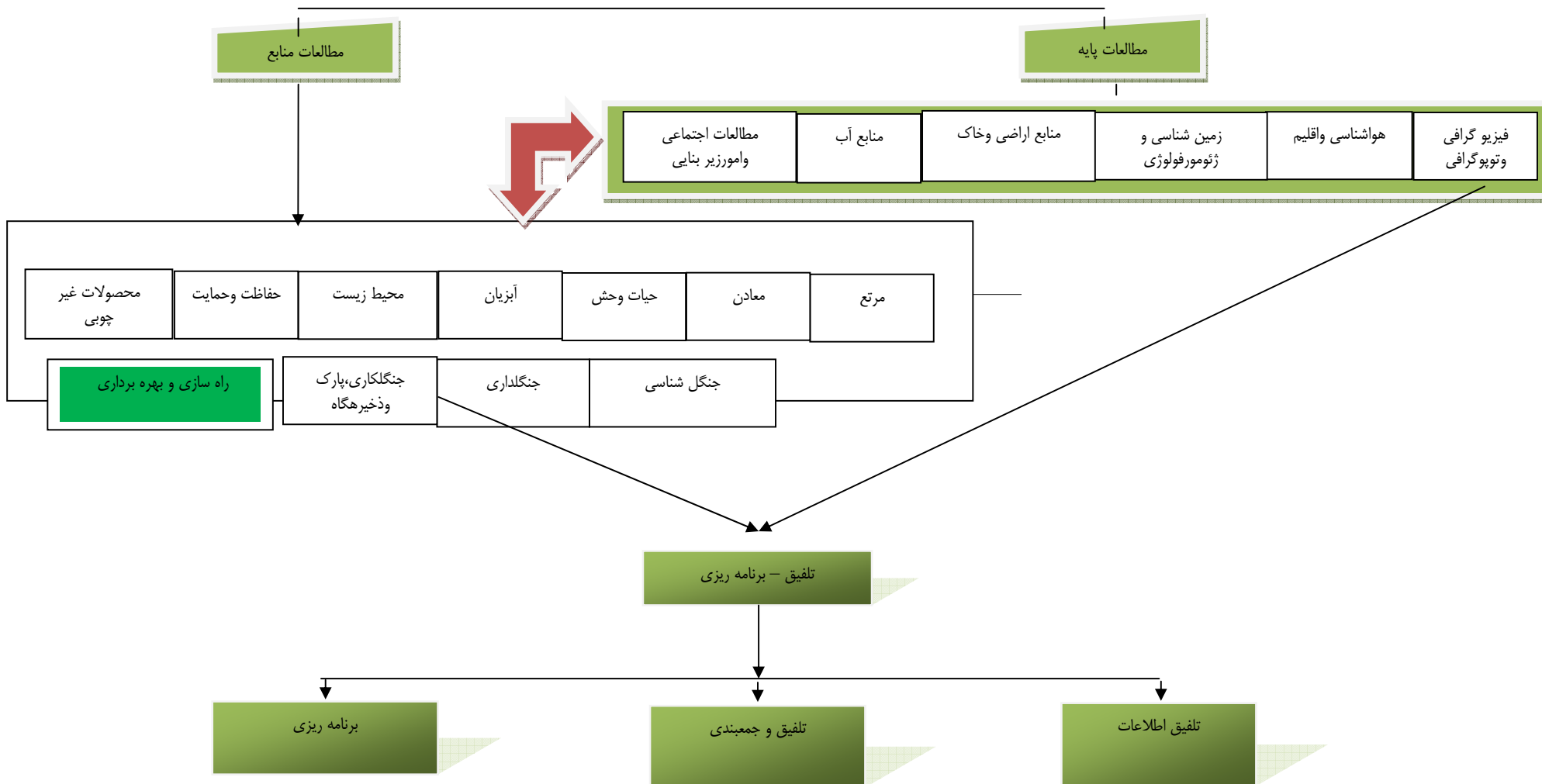
باتوجه به مراتب بالا و نظام فنی اجرایی مصوب هیات محترم وزیران در سال ۱۳۸۵ نمودار مطالعات در طرح‌های جنگلداری به

شرح زیر است.

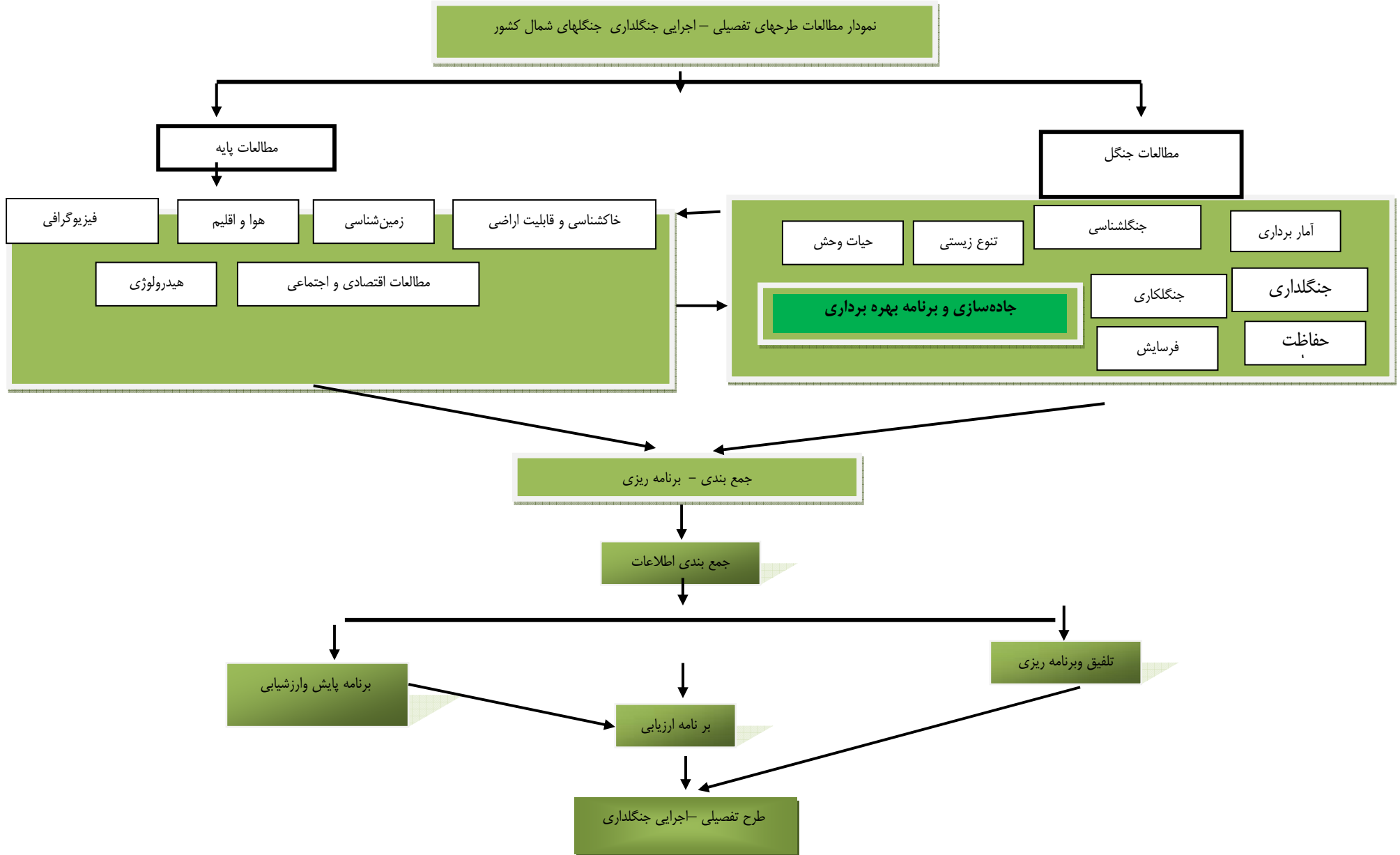
نمودار شماره ۹-۱- فرایند کلی مطالعات جنگل



نمودار شماره ۹-۲ مطالعات برنامه‌ریزی
حوضه‌های آبخیز جنگل‌های شمال کشور



نمودار شماره ۹-۳- جایگاه مطالعات راه سازی و بهره برداری جنگل در طرحهای جنگلداری



جدول شماره ۹-۱ تطبیق مطالعات جنگل با مراحل مطالعات ابلاغی

نظام فنی اجرایی کشور

عامل اجرا	روش سه عاملی	روش دو عاملی	(مراحل مطالعات پدیدآوری)
سازمان جنگلها و مراتع کشور(کارفرما)-مشاور	مطالعات جامع حوزه آبخیز	مطالعات جامع حوزه آبخیز	مرحله پیدایش
	تایید طرح	تایید طرح	
سازمان جنگلها و مراتع کشور(کارفرما)-مشاور	مطالعات برنامه ریزی جنگل	مطالعات برنامه ریزی جنگل	مرحله توجیهی
سازمان جنگلها و مراتع کشور(کارفرما)-مشاور		مناقصه EPC	
سازمان جنگلها و مراتع کشور(کارفرما)-مشاور	مطالعات طرحهای تفصیلی - اجرایی جنگلداری جنگلهای شمال کشور	مطالعات طرحهای تفصیلی - اجرایی جنگلداری جنگلهای شمال کشور	مرحله طراحی پایه و طراحی تفصیلی
	مناقصه		
سازمان جنگلها و مراتع کشور(کارفرما)-مجری و پیمانکاران	مرحله اجرا	مرحله اجرا	مرحله اجرا
سازمان جنگلها و مراتع کشور(کارفرما)-مجری و پیمانکاران	مرحله راه‌اندازی، تحویل و شروع بهره‌برداری	مرحله راه‌اندازی، تحویل و شروع بهره‌برداری	مرحله راه‌اندازی، تحویل و شروع بهره‌برداری
سازمان جنگلها و مراتع کشور	ممیزی	ممیزی	ممیزی

۹-۳- تعاریف و اصطلاحات:**نظام فنی و اجرایی کشور:**

مجموعه اصول، فرآیندها و اسناد مربوط به مدیریت، پدیدآوری و بهره‌برداری طرح‌ها و پروژه‌های سرمایه‌گذاری است.

اسناد:

واژه اسناد به‌جای مجموعه واژه‌های استانداردها، معیارهای فنی، ضوابط و مقررات، روش‌های اجرایی، دستورالعمل‌ها بکار برده شده است.

پدید آوری طرح یا پروژه:

مراحل پیدایش، مطالعات توجیهی، طراحی پایه، طراحی تفصیلی، اجرا، راه‌اندازی و تحویل و شروع بهره‌برداری است.

مرحله پیدایش:

مجموعه اقدامات لازم برای رسیدن به بهترین راه حل تبدیل تقاضا به طرح‌ها و پروژه‌های سرمایه‌گذاری و تعیین عنوان طرح یا پروژه به‌منظور ایفای الزامات مقرر در سند ملی آمایش سرزمین و اسناد ملی توسعه بخشی، توسعه استانی و ویژه است.

مرحله مطالعات توجیهی:

گردآوری اطلاعات و آمار، بررسی و تحلیل نیازها، بررسی‌های فنی و ارایه راه‌حل‌های مختلف برای تامین نیاز و تبدیل آن به طرح یا پروژه، تعیین گزینه‌های مطلوب طرح یا پروژه (در صورت موجه بودن)، تعیین گزینه برتر باتوجه به سودآوری اقتصادی و ملاحظات اجتماعی، زیست محیطی و ایمنی است.

یادآوری:

در طرح‌ها و پروژه‌هایی که به علت شرایط ژئوتکنیکی و زمین‌شناسی ساختگاه، لازم است مطالعات و طراحی تا حدی توسعه یابد که برآوردهای حاصله دقت مورد نیاز را پاسخگو باشد. مطالعات توجیهی نهایی آنها باید براساس طراحی پایه انجام شود.

مرحله طراحی پایه:

بخشی از فرآیند طراحی است که بر مبنای سیمای کلی طرح یا پروژه (مشخص شده در مرحله مطالعات توجیهی) و با بررسی کامل و میدانی و انتخاب دانش فنی مناسب در صورت نیاز و انجام محاسبات مهندسی، مشخصات اجزای اصلی طرح یا پروژه تعیین می‌شود.

مرحله طراحی تفصیلی:

بخشی از فرآیند طراحی است که براساس نتایج طراحی پایه و انجام محاسبات مهندسی، مشخصات و جزئیات طرح یا پروژه در بخش‌های مختلف طراحی شده و مدارک لازم برای عملیات اجرایی و نصب و راه‌اندازی مبتنی بر مهندسی ارزش تهیه شود.

مرحله اجرا:

انجام فعالیت‌های مربوط به تامین کالا، عملیات اجرایی (ساختمان و نصب) و سازماندهی برای بهره‌برداری است.

مرحله راه‌اندازی، تحویل و شروع بهره‌برداری:

فعالیت‌های پس از تکمیل عملیات اجرا (ساختمان و نصب) از قبیل اخذ مجوزها، آزمایشها، بازرسی‌ها، کنترل‌ها و به‌طور کلی انجام کارهای لازم برای قرارداد طرح یا پروژه در شرایط عملیاتی، به‌منظور شروع بهره‌برداری و صدور گواهی تحویل است.

فصل ١٠

منابع

منابع مورد استفاده:

- پویا، ک.، ب. مجنونیان، ج. فقهی، م. لطفعلیان و ا. عبدی. ۱۳۸۸. کارایی روش بکمونند در ارزیابی شبکه جاده جنگلی در روش چوبکشی زمینی با اسکیدرهای چرخ لاستیکی. مجله جنگل ایران. ۲۹-۲۲
- جمشیدی کوهساری، ا. مجنونیان، ب. زاهدی امیری، ق. و سید عطا اله حسینی. ۱۳۸۷. طبقه بندی خاک جنگل به منظور کاهش هزینه بررسی قابلیت‌های مکانیکی آن برای جاده سازی و ترابری مطالعه موردی جنگل آق مشهد. ۸۷۷-۸۸۸
- حبیبی بی بالانی، ق. و باریس مجنونیان. ۱۳۸۴. پایداری دامنه های در حال رانش با گونه درخت انجیلی (Parrotia persica). علوم محیطی. ۲۱-۲۸
- عبدی، ا.، مجنونیان، ب. و ع. ا. درویش صفت. ۱۳۸۶. ارزیابی اقتصادی شبکه جاده جنگلی از نظر هزینه ساخت با استفاده از روش ارزیابی چند معیاری مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی اصفهان. ۴۴: ۲۹۰-۲۷۹
- مجنونیان، ب. نیکوی سیاهکل محله، م. و محمد مهدوی. ۱۳۸۴. طراحی زهکشهای عرضی جاده های جنگلی در سری سیاهبیل حوزه آبخیز اسالم. مجله منابع طبیعی ایران. ۳۳۹-۳۵۰
- مجنونیان، ب. و بهروز صادقی. ۱۳۸۳. تعیین درصد بهینه آهک برای تثبیت و اصلاح خاک جاده های جنگلی سری نم خانه جنگل خیرودکنار. مجله منابع طبیعی ایران. ص ۶۷۳-۶۶۳
- مجنونیان، ب. جمشیدی کوهساری، ا. زاهدی امیری، ق. و سید عطا اله حسینی. ۱۳۸۷. بررسی قابلیت مکانیکی خاک در جاده جنگلی در حال ساخت به منظور بهره گیری های کار بردی. مجله منابع طبیعی ایران. ۱۲۳-۱۳۲
- مجنونیان، ب. شجاع، ر. و هوشنگ سبحانی. ۱۳۸۶. تعیین قابلیت‌های مکانیکی خاک جنگل برای عملیات جاده سازی و بهره برداری در سری گرازبن جنگل خیرود کنار. مجله منابع طبیعی ایران. ۵۳۷ - ۵۴۳
- مجنونیان، ب.، عبدی، ا. و ع. ا. درویش صفت. ۱۳۸۶. طراحی و ارزیابی فنی شبکه جاده جنگلی از لحاظ قابلیت خروج چوب با استفاده از GIS. مجله منابع طبیعی ایران. شماره ۶۰ (۳): ۹۱۹-۹۰۷.

Abdi, E., B. Majnounian & A. Darvishsefat., 2005, Forest Road Planning With Lowest Total Construction Costs Using GIS (A Case Study in Kheiroudkenar – Caspian Forest, Iran) Map Asia Conference. Indonesia. P 103.

Abdi, E., B. Majnounian, A. A. Darvishsefat, Z. Mashayekhi, & J. Sessions. A GIS-MCE based model for forest road planning. Journal of Forest Science- Prague.

Abegg, B. 1978. Estimation of the optimal forest road density in skidder terrain. Eidg. Anst. Forstl. Versuchswes., Mitt. 54: 101-213. (In German)

Abegg, B. 1988. Efficient opening-up of forests on steep slopes - basics for the evaluation of road-network alternatives. Eidg. Anst. Forstl. Versuchswes., Report No. 302. 176 pp, Swiss Federal Institute of Forestry Research, Zurich. (In German)

ABELI W.S., MEILUDIE O., KACHWELE R., 2000. Road alignment and gradient issues in the maintenance of logging roads in Tanzania. International Journal of Forest Engineering, 11: 22–29.

Abeli, W.S., 1993. Comparing productivity and costs of three upgrading machines. Journal of Forest Engineering. Vol.5 No.1: 33-39.

Akay, A. E., I. R. Karas, J. Sessions, A. Yuksel, N. Bozali & R. Gundogan. 2004. Using high-resolution digital elevation model for computer-aided forest road design.

Akay, A. E., O. Eradas and J. Sessions. 2004. Determining productivity of mechanized harvesting machines. Journal of Applied Sciences. Vol: 4(1): 100-105.

Akay, A., 2003. Minimizing total cost of construction, mainenance, and transportation costs with computer-aided forest road desogn. Dissertation for the degree of philosophy in forest engineering.

Alidoust, R. B, Majnounian & A, Darvishsefat. 2005. Planning and Studying Different Forest Road Network Variants in Order to Distinguish the Best Variant in GIS Environment. Map Asia Conference. Indonesia 2005. P 234.

Audrey, M. M., 2001. Development of envirogentle Routeing strategies for the management of forest access roads using GIS and GPS. PhD thesis, National University of Ireland, Dublin. 219 pp.

- Backmund, F. 1968. Indices for the degree of accessibility of forest districts via roads. Schweiz. Zeitschr. F. Forstw, 119 (11): 445-452.
- Baldwin, S.E. Hanson, M.J., and Thompson, M.A 1987. A computer model for developing road management strategies. In Transportation Research Record 1106. Proc. Fourth International Conference on Low-Volume Roads, August 16-20, 1987, Ithaca, N.Y., Vol. 2. TRB, National Research Council, Washington, D.C., 74-82.
- Benedict, K. & R. P. Watson. 2001. Rural road maintenance and safety enhancement. U. S. department of transportation.
- Bjorheden, R. and Thompson, M.A. 1995. An International Nomenclature for Forest Work Study. Paper presented at the XX IUFRO World Congress, Tampere, 6-12 August 1995. Manuscript. 16 p.
- Bowman, J.K. and Hessler, R.A. 1983. New look at optimum road density for gentle topography. In Transportation Research Record 898. Proc. Third International Low-Volume Roads Conference, July 24- 28, 1983, Tempe, Ariz. TRB, National Research Council, Washington, D.C., 30-36.
- CHUNG W., SESSIONS J., HEINIMANN H.R., 2004. An application of a heuristic network algorithm to cable logging layout design. International Journal of Forest Engineering, 15: 11-24.
- Chung, W. & J. Sessions. 2001. NETWORK 2001. Transportation planning under multiple objectives. The international mountain logging and 11th Pacific Northwest skyline symposium 2001.
- Chung, W. and Sessions, J. 2003. NETWORK 2000: a program for optimizing large fixed and variable cost transportation problems. In proceeding of the 24th council of Forest Engineering Conference, 15-19 July 2001, Snowshoe, West Virginia. Edited by J. Wang, M. Wolford, and J. McNeel. West Virginia University, Morgantown, W.V.
- Chung, W. Stuckelberger, J. Aruga, K. & Cundy, T.W. 2008. Forest road network design using a trade-off analysis between skidding and road construction. Can. J. For. Res. 38: 439-448.
- Clark, M.M, Meller, R.D., McDonald, T.P., and Ting, C.C. 1997. A new harvest operation cost model to evaluate forest harvest layout alternatives. Paper presented at the 1997 COFE meeting.

DEAN D.J., 1997. Finding optimal routes for networks of harvest site access roads using GIS-based techniques. *Canadian Journal of Forest Resources*, 27: 11–22.

Egan, A.F. and J. Baumgas. 2003. Ground skidding and harvested stand attributes in Appalachian Hardwood stands in West Virginia. *Forest products journal*. VOL: 53(9): 59-65.

ELIAS G.B., 2001. Guidelines for low impact forest roads. Bureau of Forest management Project, Indonesian Ministry of Forestry. 47pp.

EPSTEIN R., WEINTRAUB A., SESSIONS J.B., SESSIONS J., SAPUNAR P., NETO E., 2006. A combinatorial heuristic approach for solving real size machinery location and road design problems in forestry planning. *Operations Research*, 54: 1017–1027.

Epstein, R., Weintraub, A., Sapunar, P., Nieto, E., Sessions, J., 1995, “PLANEX: UN sistema para la Optima Habilitacion de Maquinaria de Cosecha”, *Actas V Taller de Produccion Forestal*, Concepcion, Noviembre

FAO, 2001. Environmentally sound road construction in mountainous terrain, applying advanced operating methods and tools. FAO forest harvesting case study 10. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, 54 pp.

FAO. 1977. Logging and log transport in tropical high forest. Rome. 90 p.

Ghafarian, R. and Sobhani, H. 2007. Optimization of an existing forest road network using NETWORK 2000. *Croatian Journal of Forest Engineering*. 28 (2). 185-193.

Heinimann, H.R. 1998. A computer model to differentiate skidder and cable-yarder based road network concepts on steep slopes. *J For. Res.* 3: 1-9.

Howard, A.F. and Tanz, J.S. 1990. Optimal road spacing for multistage cable yarding operations. *Can. J. For. Res.* 20: 669-673.

HUANG B., LONG C.R., YONG S.L., 2003. GIS_AHP model for HAZMAT routing with security considerations. *IEEE 6th International Conference on Intelligent Transportation System*. Shanghai, IEEE ITS Council: 1–6.

KIRBY M., HAGER W., WONG P., 1986. Simultaneous planning of wildland management and transportation alternatives. *Management Science and Studies*, 21: 371–387.

Kosir, B. & J. Kr. 2000. Where to place and build forest roads. University of Ljubljana, Slovenia.

- Lanford, B.L and Sobhani, H and Stokes, B.J, 1990. Tree length loading production rates for southern pine. Forest Products Journal. Vol: 33(10)
- Legault, R. and L.H. Powell, 1975. Evaluation of FMC 200 BG grapple skidder. Forest Engineering Research Institute of Canada.
- LIU K., SESSIONS J., 1993. Preliminary planning of road systems using digital terrain models. International Journal of Forest Engineering, 4: 27–32.
- Lussier, L.J. and Tardiff, G. 1964. Modern management techniques applied to forest industry. Laval University, Quebec, Canada. 401 p.
- Matthews, D.M. 1942. Cost control in the logging industry. Mc Graw-Hill, New York.
- McDonald, T. 1999. Time study of harvesting equipment using GPS-derived positional data. In: proc. Forestry engineering for tomorrow. Edinburgh University, Edinburgh. Scotland.
- McDonald, T. and B. Rummer. 2002. Automating time study of feller-buncher. In. proc: The 33rd Annual meeting of council of afforests Engineering, COFE. Corvallis. OR.
- Meng, C.H. 1984. A model for predicting logging machine productivity. Can. J. For. Res. V: 14: 191-194.
- Miyata. E.S. 1980. Determining fixed and operational costs of logging equipment. USDA Forest Service. General Technical Report. NC-55. 16 p.
- MURRAY A.T., 1998. Route planning for harvest site access. Canadian Journal of Forest Research, 28: 1084–1087.
- MURTHY A.R., 2003. Selection of least cost paths for extraction of forest produce using remote sensing and GIS. Map India Conference. New Delhi, GIS Development.
- Musa, A. K. A. & A. N. Mohamed. 2002. Alignment and locating forest road network by best-path modeling method. Malaysian Center for Remote Sensing.
- Pentek, T. Picman, D. Potocnik, I. Dvorscak, P. & Nevecerel, H. 2005. Analysis of an existing forest road network. Croatian Journal of Forest Engineering, 26 (1): 39-50.
- Peters, P.A. 1990. Optimum spur road layout near a forest boundary line. J. For. Eng. 1: 3-7.

PICARD N., GAZULL L., FREYCON V., 2006. Finding optimal routes for harvesting tree access. *International Journal of Forest Engineering*, 17: 35–48.

ROGERS L., 2001. PEGGER & ROADVIEW – A New GIS Tool To Assist Engineers in Operations Planning. *The International Mountain Logging and 11th Pacific Northwest Skyline Symposium*, Seattle, University of Washington: 177–182.

ROGERS L., 2005. Automating contour-based route projection for preliminary forest road designs using GIS. [MS Thesis.] Washington, University of Washington: 87.

Ryan T., Phillips H., Ramsay J. and Dempsey J., 2004. *Forest Road Manual, Guidelines for design, construction and management of forest roads*. National council for forest research and development. 156 pp.

Sanktjohanser, L. 1971. Contribution to the problem of optimal forest road density under mountainous conditions. *Forstw. Cbl.* 90: 142- 153. (In German)

Segebaden, G. V. 1964. Studies of cross-country transport distances and road net extension. *Studia forestalia suecica*, 18. 70 pp.

Sessions J. (Ed), 2007. *Forest Road Operations in the Tropics*. Springer Verlag Berlin, Heidelberg. 170 pp.

Sheng T.C., 1990. *Watershed management field manual Watershed survey and planning*. FAO CONSERVATION GUIDE 13/6. 188 pp.

Sobhani, H. and W.B. Staurt. 1991. Harvesting systems evaluation in Caspian Forest. *Journal of forest engineering*. Vol.2, No. 2, P: 21-24.

Soom, E. 1950. Skidding costs and the spacing of forest roads. *Schweiz. Z. Forstwes*: 546-560. (In German)

Suvinen, A., M. Saarilahti, & T., Tokola. 2003. *Terrain mobility model and determination of optimal off-Road route*. University of Helsinki, Finland.

Tan, J. 1999. Locating forest roads by a spatial and heuristic procedure using Microcomputers. *Journal of Forest Engineering*: 91-100 (1999).

Thompson, M. A. 1992. Considering overhead costs in road and landing spacing models. *Journal of Forest Engineering*, 3, 2:13-19.

Tucek, J. & E. Pacola. 1999. Algorithms for skidding distance modeling on a raster digital terrain model. Technical University Zvolen, Slovakia. Journal of Forest engineering: 67-79 (1999).

Wang, J. 2003. A computer-based time study system for timber harvesting operations. Forest Product Journal. Vol: 53(3). P: 47-53.

Wang, J. and Haarla. 2002. Production analysis of an Excavator-Based harvester: A case study in finish forest operation. Forest Product Journal. Vol: 53(3). P: 85

خواننده گرامی

امور نظام فنی معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رییس جمهور، با گذشت بیش از سی سال فعالیت تحقیقاتی و مطالعاتی خود، افزون بر پانصد عنوان نشریه تخصصی-فنی، در قالب آیین‌نامه، ضابطه، معیار، دستورالعمل، مشخصات فنی عمومی و مقاله، به صورت تالیف و ترجمه، تهیه و ابلاغ کرده است. نشریه حاضر در راستای موارد یاد شده تهیه شده، تا در راه نیل به توسعه و گسترش علوم در کشور و بهبود فعالیت‌های عمرانی به کار برده شود. فهرست نشریات منتشر شده در سال‌های اخیر در سایت اینترنتی nezamfanni.ir قابل دستیابی می‌باشد.

Islamic Republic of Iran
Vice presidency for Strategic Planning and Supervision

Forest Road Manual

Guideline for the Design, Construction and Operation of Forest Roads

No.131
(Revision 1)

Office of Deputy for Strategic Supervision
Department of Technical Affairs

Jihad-e- Agriculture Ministry
Agriculture Planning & Economic
Research Institute (APERI)

nezamfanni.ir

www.agri-peri.ir

2012

این نشریه

این نشریه با عنوان «راهنمای طرح، اجرا و بهره‌برداری راه‌های جنگلی» به منظور ایجاد یک شبکه مناسب راه در جنگل‌ها برای بهره‌برداری اصولی از آنها و اجرای طرح‌های جنگل‌داری علمی با هدف تولید مستمر در جنگل، به حداکثر رساندن ارزش افزوده تولیدات و حفاظت موثر از جنگل تهیه شده‌است. در این نشریه معیارهای فنی و دستورالعمل‌های لازم در رابطه با طراحی راه‌های جنگلی مورد بحث قرار می‌گیرد.