

# تعمیر و نگهداری جاده‌های جنگلی

تالیف

احسان عبدی

(دانشیار دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران)

باریس مجنونیان

(استاد دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران)



# بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

## فهرست مطالب

|  |   |
|--|---|
| پیشگفتار.....  | ش |
| مقدمه مؤلفان.....                                      | ص |
| <b>فصل اول - مقدمه</b> .....                           | ۱ |
| ۱-۱ اهداف کلی تعمیر و نگهداری جاده.....                | ۳ |
| ۲-۱ اهداف عملیاتی تعمیر و نگهداری جاده.....            | ۴ |
| ۳-۱ تبعات عدم تعمیر و نگهداری مناسب.....               | ۴ |
| ۴-۱ مزایای انجام عملیات تعمیر و نگهداری.....           | ۵ |
| ۵-۱ مراحل شکل‌گیری جاده‌های جنگلی و منابع طبیعی.....   | ۵ |
| ۱-۵-۱ طراحی شبکه جاده.....                             | ۶ |
| ۲-۵-۱ تهیه پروژه و نقشه‌های اجرایی شبکه جاده.....      | ۶ |
| ۱-۲-۵-۱ ردیابی مسیر هادی.....                          | ۶ |
| ۲-۲-۵-۱ تنظیم مسیر قطعی.....                           | ۶ |
| ۳-۲-۵-۱ پیاده کردن قوس‌ها.....                         | ۶ |
| ۴-۲-۵-۱ هکتومتری.....                                  | ۷ |
| ۵-۲-۵-۱ برداشت پروفیل طولی و عرضی مسیر.....            | ۷ |
| ۶-۲-۵-۱ عملیات دفتری و ارائه نقشه‌های اجرایی جاده..... | ۷ |
| ۳-۵-۱ ساخت شبکه جاده.....                              | ۷ |
| ۱-۳-۵-۱ تعیین حریم جاده در طبیعت.....                  | ۷ |
| ۲-۳-۵-۱ آماده‌کردن مسیر جاده.....                      | ۷ |
| ۳-۳-۵-۱ خاکبرداری و خاکریزی (عملیات خاکی).....         | ۸ |
| ۴-۳-۵-۱ ایجاد تأسیسات زهکشی و دیواره‌های حفاظتی.....   | ۸ |
| ۵-۳-۵-۱ تثبیت بستر.....                                | ۸ |
| ۶-۳-۵-۱ روسازی.....                                    | ۹ |

۱۱..... فصل دوم - مدیریت عملیات تعمیر و نگهداری جاده

- ۱-۲ آماربرداری جاده..... ۱۱
- ۱-۱-۲ جمع‌آوری اطلاعات..... ۱۲
- ۲-۱-۲ بخش‌بندی (قطعه‌بندی) جاده‌ها..... ۱۳
- ۳-۱-۲ روش اجرای آماربرداری..... ۱۵
- ۴-۱-۲ اجزای موردبرداشت در آماربرداری جاده..... ۱۶
- ۱-۴-۱-۲ آبرو..... ۱۶
- ۲-۴-۱-۲ جوی کناری..... ۱۷
- ۳-۴-۱-۲ سطح جاده..... ۱۸
- ۴-۴-۱-۲ - ترانشه‌های خاکبرداری و خاکریزی..... ۱۹
- ۲-۲ بازدید..... ۲۱
- ۳-۲ راهبردهای عملیات تعمیر و نگهداری..... ۲۲
- ۱-۳-۲ تعمیر و نگهداری پیشگیرانه..... ۲۳
- ۲-۳-۲ تعمیر و نگهداری اصلاحی لازم..... ۲۴
- ۴-۲ برنامه‌ریزی عملیات تعمیر و نگهداری..... ۲۴
- ۱-۴-۲ عوامل مؤثر در برنامه‌ریزی تعمیر و نگهداری..... ۲۴
- ۱-۱-۴-۲ استانداردهای طراحی جاده..... ۲۴
- ۲-۱-۴-۲ تناوب (دوره‌های تکرار) عملیات تعمیر و نگهداری..... ۲۵
- ۲-۴-۲ - اولویت‌بندی عملیات تعمیر و نگهداری..... ۲۶
- ۱-۲-۴-۲ استفاده از رتبه‌بندی ریسک..... ۲۷
- ۲-۲-۴-۲ استفاده از ارزیابی چندمعیاری مکانی در تعیین اولویت‌ها..... ۳۱
- ۳-۲-۴-۲ ارزیابی کمی وضعیت جاده شن‌ریزی به روش دفتر مهندسی ارتش آمریکا..... ۳۲
- ۳-۴-۲ زمان‌بندی عملیات..... ۴۵
- ۴-۴-۲ گزینه‌های اجرای عملیات تعمیر و نگهداری..... ۴۶
- ۵-۲ نظارت و کنترل تعمیر و نگهداری..... ۴۷
- ۶-۲ پایش..... ۴۸

۴۹..... فصل سوم - سیستم زهکشی جاده‌های جنگلی

- ۱-۳ زهکش‌های عمقی..... ۵۰

فهرست مطالب □ ج

|     |       |           |  |
|-----|-------|-----------|--|
| ۵۰  | ..... | ۱-۱-۳     | زهکش‌های فرانسوی                         |
| ۵۱  | ..... | ۲-۱-۳     | زهکش عمقی زیر روسازی                     |
| ۵۳  | ..... | ۳-۱-۳     | زهکش‌های ساده و پنجه‌ای                  |
| ۵۴  | ..... | ۲-۳       | زهکش‌های سطحی (غیر عمقی)                 |
| ۵۴  | ..... | ۱-۲-۳     | زهکش‌های طولی                            |
| ۵۴  | ..... | ۱-۱-۲-۳   | جوی کناری                                |
| ۵۶  | ..... | ۲-۱-۲-۳   | جوی انحرافی                              |
| ۵۷  | ..... | ۲-۲-۳     | زهکش‌های عرضی                            |
| ۵۷  | ..... | ۱-۲-۲-۳   | زهکش‌های عرضی زیر سطحی                   |
| ۵۷  | ..... | ۱-۱-۲-۲-۳ | آبرو                                     |
| ۶۲  | ..... | ۲-۱-۲-۲-۳ | آبروهای متقاطع با آبراهه (آبرو - آبراهه) |
| ۶۵  | ..... | ۳-۱-۲-۲-۳ | آبرو سری یا چندگانه                      |
| ۶۷  | ..... | ۴-۱-۲-۲-۳ | ملاحظات طراحی آبرو                       |
| ۶۸  | ..... | ۵-۱-۲-۲-۳ | مکان‌یابی آبروها                         |
| ۷۰  | ..... | ۶-۱-۲-۲-۳ | تعیین قطر مناسب آبرو                     |
| ۸۰  | ..... | ۲-۲-۲-۳   | زهکش‌های عرضی سطحی                       |
| ۸۲  | ..... | ۱-۲-۲-۲-۳ | افت و خیز پروفیل طولی                    |
| ۸۴  | ..... | ۲-۲-۲-۲-۳ | بندآب                                    |
| ۸۸  | ..... | ۳-۲-۲-۲-۳ | آبنما (سرریز)                            |
| ۸۸  | ..... | ۴-۲-۲-۲-۳ | آبنما - آبرو                             |
| ۹۰  | ..... | ۵-۲-۲-۲-۳ | آبروهای روباز                            |
| ۹۱  | ..... | ۶-۲-۲-۲-۳ | ملاحظات طراحی زهکش‌های عرضی سطحی         |
| ۹۲  | ..... | ۷-۲-۲-۲-۳ | مکان‌یابی زهکش‌های عرضی سطحی             |
| ۹۵  | ..... | ۳-۲-۳     | الگوی سواره‌رو                           |
| ۹۵  | ..... | ۱-۳-۲-۳   | الگوی شیب به داخل                        |
| ۹۹  | ..... | ۲-۳-۲-۳   | الگوی شیب به خارج                        |
| ۱۰۲ | ..... | ۳-۳-۲-۳   | الگوی تاجی                               |
| ۱۰۳ | ..... | ۴-۳-۲-۳   | شیب ویژه                                 |
| ۱۰۴ | ..... | ۵-۳-۲-۳   | انتخاب الگوی عرضی مناسب                  |

|     |   |
|-----|---|
| ۱۰۷ | فصل چهارم - ایرادهای جاده‌های جنگلی         |
| ۱۰۸ | ۱-۴ سیستم زهکشی                             |
| ۱۰۹ | ۱-۱-۴ جوی کناری                             |
| ۱۱۰ | ۱-۱-۱-۴ جوی ناکارآمد                        |
| ۱۱۱ | ۲-۱-۱-۴ فرسایش جوی                          |
| ۱۱۳ | ۳-۱-۱-۴ فرسایش کف جوی (عمیق و عریض شدن جوی) |
| ۱۱۴ | ۴-۱-۱-۴ فرسایش و ریزش دیواره‌های جوی        |
| ۱۱۴ | ۵-۱-۱-۴ مسدود شدن جوی                       |
| ۱۱۷ | ۶-۱-۱-۴ جوی بدون شیب طولی                   |
| ۱۱۷ | ۲-۱-۴ آبروها                                |
| ۱۱۹ | ۱-۲-۱-۴ آبرو مسدود                          |
| ۱۲۰ | ۲-۲-۱-۴ ناکارآمدی آبرو                      |
| ۱۲۰ | ۳-۲-۱-۴ آبرو شکسته                          |
| ۱۲۰ | ۴-۲-۱-۴ نفوذ آب از بدنه لوله به جسم جاده    |
| ۱۲۱ | ۵-۲-۱-۴ عبور آب از زیر یا اطراف ورودی لوله  |
| ۱۲۲ | ۶-۲-۱-۴ فرسایش زیر قسمت خروجی آبرو          |
| ۱۲۳ | ۳-۱-۴ پل‌ها                                 |
| ۱۲۴ | ۴-۱-۴ زهکش‌های عرضی سطحی                    |
| ۱۲۴ | ۱-۴-۱-۴ بندآب                               |
| ۱۲۴ | ۲-۴-۱-۴ افت و خیز پروفیل طولی               |
| ۱۲۴ | ۳-۴-۱-۴ آبرو روباز                          |
| ۱۲۵ | ۴-۴-۱-۴ آبنا                                |
| ۱۲۵ | ۵-۱-۴ الگوی عرضی سطح جاده                   |
| ۱۲۵ | ۱-۵-۱-۴ از بین رفتن الگوی عرضی جاده         |
| ۱۲۶ | ۲-۴ سطح روسازی                              |
| ۱۲۶ | ۱-۲-۴ شکست سطح جاده                         |
| ۱۳۱ | ۲-۲-۴ بارگذاری بیش از حد                    |
| ۱۳۳ | ۳-۲-۴ از بین رفتن مصالح                     |
| ۱۳۴ | ۴-۲-۴ موج‌دار یا کرکره‌ای شدن               |

فهرست مطالب □ خ

|     |   |        |
|-----|---|--------|
| ۱۳۷ | رد چرخ  | ۵-۲-۴  |
| ۱۳۹ | چاله‌ها   | ۶-۲-۴  |
| ۱۴۰ | پودر (آرد) شدن مصالح  | ۷-۲-۴  |
| ۱۴۱ | گردوغبار  | ۸-۲-۴  |
| ۱۴۲ | مصالح درشت‌دانه شل (ناپیوسته)   | ۹-۲-۴  |
| ۱۴۳ | کرمو شدن یا شن‌نما شدن روسازی   | ۱۰-۲-۴ |
| ۱۴۳ | لغزندگی (سطح لغزنده یا گلی)   | ۱۱-۲-۴ |
| ۱۴۵ | گود شدن   | ۱۲-۲-۴ |
| ۱۴۵ | قسمت‌های نرم در ساختمان جاده  | ۱۳-۲-۴ |
| ۱۴۶ | آبشویی سطحی   | ۱۴-۲-۴ |
| ۱۴۶ | فرسایش طولی سطح جاده  | ۱۵-۲-۴ |
| ۱۴۷ | فرسایش جانبی جاده   | ۱۶-۲-۴ |
| ۱۴۸ | تشکیل یخ روی سطح جاده   | ۱۷-۲-۴ |
| ۱۴۸ | ایرادات اساس  | ۱۸-۲-۴ |
| ۱۴۹ | شکست بستر روسازی  | ۱۹-۲-۴ |
| ۱۴۹ | رطوبت غیرطبیعی سطح و بستر   | ۲۰-۲-۴ |
| ۱۵۰ | شانه‌های جاده   | ۳-۴    |
| ۱۵۰ | نشست  | ۱-۳-۴  |
| ۱۵۱ | اختلال در عملکرد الگوی عرضی   | ۲-۳-۴  |
| ۱۵۱ | بلند شدن مصالح شانه   | ۳-۳-۴  |
| ۱۵۲ | وجود موانعی در شانه مانند سنگ‌های بزرگ، درختان یا شاخه‌ها، توده‌های خاک | ۴-۳-۴  |
| ۱۵۲ | شانه‌های بالاتر از سطح سواره‌رو یا دارای شکل ناصحیح                     | ۵-۳-۴  |
| ۱۵۲ | شانه‌های پایین‌تر از سواره‌رو، شیار افتادن یا فرورفتگی                  | ۶-۳-۴  |
| ۱۵۳ | ترانشه‌ها   | ۴-۴    |
| ۱۵۳ | ناپایداری ترانشه  | ۱-۱-۴  |
| ۱۵۶ | گالی  | ۲-۱-۴  |

فصل پنجم - روسازی ..... ۱۵۹

|     |                        |     |
|-----|------------------------|-----|
| ۱۶۱ | ویژگی‌های مصالح روسازی | ۱-۵ |
|-----|------------------------|-----|

|     |         |  |
|-----|---------|--|
| ۱۶۴ | ۱-۱-۵   | دانه‌بندی  |
| ۱۶۷ | ۲-۱-۵   | شکستگی   |
| ۱۶۸ | ۳-۱-۵   | ویژگی‌های خمیری  |
| ۱۶۸ | ۴-۱-۵   | سختی   |
| ۱۶۹ | ۵-۱-۵   | ظرفیت (نسبت) باربری کالیفرنیا (CBR)  |
| ۱۷۴ | ۲-۵     | تهیه مخلوط   |
| ۱۷۶ | ۳-۵     | تراکم  |
| ۱۷۹ | ۱-۳-۵   | روش‌های تعیین و کنترل درصد تراکم خاک   |
| ۱۸۰ | ۱-۱-۳-۵ | روش صحرائی کنترل تراکم   |
| ۱۸۱ | ۲-۱-۳-۵ | روش منحنی‌های تراکم اوهایو   |
| ۱۸۳ | ۴-۵     | طرح روسازی   |
| ۱۸۴ | ۱-۴-۵   | روش تجربی تعیین ضخامت با توجه به میزان سنگ موجود (اسکلت سنگی) در بستر          |
| ۱۸۵ | ۲-۴-۵   | استاندارد سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری کشور                               |
| ۱۸۵ | ۳-۴-۵   | راهنمای تعیین ضخامت شن‌ریزی جاده‌های دارای ترافیک کم، اداره حمل‌ونقل مینه‌سوتا |
| ۱۹۰ | ۴-۴-۵   | طرح روسازی جاده‌های شن‌ریزی اداره مهندسی ارتش ایالات متحده آمریکا              |
| ۱۹۶ | ۵-۵     | تثبیت  |
| ۱۹۶ | ۱-۵-۵   | تثبیت با پلیمرها   |
| ۱۹۷ | ۱-۱-۵-۵ | حدود آتربرگ  |
| ۱۹۸ | ۲-۱-۵-۵ | تراکم پراکتور  |
| ۲۰۰ | ۳-۱-۵-۵ | CBR  |
| ۲۰۰ | ۴-۱-۵-۵ | آزمایش تورم و فشار تورمی   |
| ۲۰۱ | ۶-۵     | محاسبه حجم مخلوط لازم  |
| ۲۰۳ | ۷-۵     | وضعیت خاص زمستان   |

#### فصل ششم - ماشین‌های عملیات تعمیر و نگهداری جاده

|     |       |                                   |
|-----|-------|-----------------------------------|
| ۲۰۵ | ۱-۶   | بولدوز                            |
| ۲۰۸ | ۱-۱-۶ | موارد کاربرد                      |
| ۲۱۰ | ۲-۱-۶ | عملکرد بولدوزر در انواع خاک و سنگ |
| ۲۱۱ | ۳-۱-۶ | ریپر                              |



ذ □ فهرست مطالب

|     |         |   |
|-----|---------|---|
| ۲۱۱ | ۱-۳-۱-۶ | مشخصات فنی، قدرت و ظرفیت ریپر.....            |
| ۲۱۲ | ۲-۶     | بیل هیدرولیکی (مکانیکی).....                  |
| ۲۱۷ | ۱-۲-۶   | چکش هیدرولیکی.....                            |
| ۲۱۸ | ۳-۶     | لودر.....                                     |
| ۲۱۹ | ۱-۳-۶   | لودر چرخ‌زنجیری.....                          |
| ۲۲۰ | ۲-۳-۶   | لودر چرخ‌لاستیکی.....                         |
| ۲۲۲ | ۴-۶     | بکه‌لودر.....                                 |
| ۲۲۲ | ۱-۴-۶   | قسمت‌های اصلی بکه‌لودر.....                   |
| ۲۲۲ | ۱-۱-۴-۶ | بیل هیدرولیکی.....                            |
| ۲۲۳ | ۲-۱-۴-۶ | لودر.....                                     |
| ۲۲۳ | ۲-۴-۶   | عملکرد ماشین بکه‌لودر در انواع خاک و سنگ..... |
| ۲۲۳ | ۵-۶     | کامیون.....                                   |
| ۲۲۵ | ۶-۶     | گریدر.....                                    |
| ۲۲۶ | ۱-۶-۶   | موارد استفاده.....                            |
| ۲۲۷ | ۱-۱-۶-۶ | حمل مصالح به کنار جاده.....                   |
| ۲۲۷ | ۲-۱-۶-۶ | شیب‌بندی دقیق.....                            |
| ۲۲۹ | ۳-۱-۶-۶ | پخش کردن مصالح خاکی.....                      |
| ۲۳۰ | ۴-۱-۶-۶ | ساختن و پاک کردن جوی.....                     |
| ۲۳۰ | ۵-۱-۶-۶ | سایر موارد کاربرد.....                        |
| ۲۳۱ | ۷-۶     | غلتک.....                                     |
| ۲۳۲ | ۱-۷-۶   | انواع غلتک‌ها.....                            |
| ۲۳۲ | ۱-۱-۷-۶ | غلتک‌های چرخ‌فولادی صاف.....                  |
| ۲۳۳ | ۲-۱-۷-۶ | غلتک‌های پاچه‌بزی.....                        |
| ۲۳۵ | ۳-۱-۷-۶ | غلتک‌های ارتعاشی (لرزنده).....                |

۲۳۹ فصل هفتم - عملیات تعمیر و نگهداری.....

|     |         |                                   |
|-----|---------|-----------------------------------|
| ۲۳۹ | ۱-۷     | تعمیر و نگهداری سطح جاده.....     |
| ۲۴۰ | ۱-۱-۷   | تعمیر الگوی عرضی جاده.....        |
| ۲۴۰ | ۱-۱-۱-۷ | تنظیم جزئی شیب یا هموار کردن..... |

|     |   |           |
|-----|---|-----------|
| ۲۴۱ | ..... شکل دهی مجدد (شیب‌بندی).....          | ۲-۱-۱-۷   |
| ۲۴۴ | ..... لکه‌گیری.....                         | ۲-۱-۷     |
| ۲۴۸ | ..... شن‌ریزی مجدد.....                     | ۳-۱-۷     |
| ۲۴۹ | ..... تجدید روسازی (بازسازی).....           | ۴-۱-۷     |
| ۲۴۹ | ..... تعمیر و نگهداری سیستم زهکشی.....      | ۲-۷       |
| ۲۴۹ | ..... تعمیر و نگهداری جوی کناری.....        | ۱-۲-۷     |
| ۲۴۹ | ..... پاک کردن دستی.....                    | ۱-۱-۲-۷   |
| ۲۵۰ | ..... پاک کردن مکانیزه جوی.....             | ۲-۱-۲-۷   |
| ۲۵۰ | ..... گریدر.....                            | ۱-۲-۱-۲-۷ |
| ۲۵۲ | ..... بیل هیدرولیکی.....                    | ۲-۲-۱-۲-۷ |
| ۲۵۳ | ..... بکه‌لودر.....                         | ۳-۲-۱-۲-۷ |
| ۲۵۳ | ..... بولدوزر.....                          | ۴-۲-۱-۲-۷ |
| ۲۵۵ | ..... اسکیدرها و تراکتورها.....             | ۵-۲-۱-۲-۷ |
| ۲۵۵ | ..... پاک کردن آبرو.....                    | ۲-۲-۷     |
| ۲۵۶ | ..... تعمیر و نگهداری ترانسه‌ها.....        | ۳-۷       |
| ۲۶۰ | ..... کنترل فرسایش.....                     | ۴-۷       |
| ۲۶۰ | ..... استقرار پوشش گیاهی روی ترانسه‌ها..... | ۱-۴-۷     |
| ۲۶۰ | ..... مسلح کردن قسمت زیر خروجی آبروها.....  | ۲-۴-۷     |
| ۲۶۰ | ..... مسلح کردن جوی در صورت لزوم.....       | ۳-۴-۷     |
| ۲۶۱ | ..... کنترل پوشش گیاهی.....                 | ۵-۷       |

## ۲۶۳ ..... فصل هشتم - زیست‌مهندسی و تعمیر و نگهداری جاده‌های جنگلی.....

|     |  |         |
|-----|--|---------|
| ۲۶۴ | ..... تاریخچه زیست‌مهندسی.....                     | ۱-۸     |
| ۲۶۵ | ..... تأثیرات پوشش گیاهی در زمینه زیست‌مهندسی..... | ۲-۸     |
| ۲۶۶ | ..... تأثیرات هیدرولوژیک پوشش گیاهی.....           | ۱-۲-۸   |
| ۲۶۶ | ..... تبخیر تعرق.....                              | ۱-۱-۲-۸ |
| ۲۶۷ | ..... باران‌ریایی.....                             | ۲-۱-۲-۸ |
| ۲۶۷ | ..... نفوذپذیری.....                               | ۳-۱-۲-۸ |
| ۲۶۷ | ..... تأثیرات هیدرولیک پوشش گیاهی.....             | ۲-۲-۸   |

|     |  |         |
|-----|--|---------|
| ۲۶۷ | ناهمواری سطح و سرعت جریان رواناب.....                  | ۱-۲-۲-۸ |
| ۲۶۸ | ظرفیت حمل رسوب.....                                    | ۲-۲-۲-۸ |
| ۲۶۸ | جداسازی ذرات خاک به وسیله رواناب.....                  | ۳-۲-۲-۸ |
| ۲۶۸ | انتقال ذرات فرسایش پاشمانی.....                        | ۴-۲-۲-۸ |
| ۲۶۹ | رسوب گذاری.....  | ۵-۲-۲-۸ |
| ۲۶۹ | تأثیرات مکانیک پوشش گیاهی.....                         | ۳-۲-۸   |
| ۲۶۹ | مسلح سازی خاک.....                                     | ۱-۳-۲-۸ |
| ۲۷۱ | تأثیر ماده آلی.....                                    | ۲-۳-۲-۸ |
| ۲۷۲ | تأثیر شکافندگی ریشه.....                               | ۳-۳-۲-۸ |
| ۲۷۲ | شمع کوبی و تأثیر کمائی.....                            | ۴-۳-۲-۸ |
| ۲۷۳ | سربار.....   | ۵-۳-۲-۸ |
| ۲۷۴ | بارگذاری باد.....                                      | ۶-۳-۲-۸ |
| ۲۷۵ | کنترل فرسایش آبی.....                                  | ۳-۸     |
| ۲۷۶ | تأثیر پوشش گیاهی در کنترل فرسایش.....                  | ۱-۳-۸   |
| ۲۷۷ | تاج پوشش گیاهان.....                                   | ۱-۱-۳-۸ |
| ۲۷۷ | تنه یا ساقه گیاهان.....                                | ۲-۱-۳-۸ |
| ۲۷۸ | ریشه گیاهان.....                                       | ۳-۱-۳-۸ |
| ۲۷۸ | تغییرات تأثیر پوشش گیاهی در طول زمان.....              | ۲-۳-۸   |
| ۲۷۹ | طراحی سیستم های زیست مهندسی برای کنترل فرسایش آبی..... | ۳-۳-۸   |
| ۲۷۹ | انتخاب گونه های گیاهی.....                             | ۴-۳-۸   |
| ۲۸۰ | پایداری سازی (تثبیت) شیب.....                          | ۴-۸     |
| ۲۸۱ | ویژگی های مهندسی ریشه.....                             | ۱-۴-۸   |
| ۲۸۱ | پراکنش و تراکم سیستم ریشه.....                         | ۲-۱-۴-۸ |
| ۲۸۳ | مقاومت ریشه ها.....                                    | ۳-۱-۴-۸ |
| ۲۸۴ | اصول اکولوژیک استقرار و نگهداری پوشش گیاهی.....        | ۵-۸     |
| ۲۸۴ | عوامل تأثیرگذار بر انتخاب نوع پوشش گیاهی.....          | ۱-۵-۸   |
| ۲۸۴ | انتخاب روش اجرا.....                                   | ۱-۱-۵-۸ |
| ۲۸۵ | توالی.....   | ۳-۱-۵-۸ |
| ۲۸۵ | راهبردهای پوشش گیاهی در مقابل تنش ها.....              | ۴-۱-۵-۸ |

|     |  |
|-----|--|
| ۲۸۷ | ..... حیات وحش ۵-۱-۵-۸                             |
| ۲۸۷ | ..... ملاحظات محیطی ۶-۱-۵-۸                        |
| ۲۸۷ | ..... ویژگی‌های فیزیکی خاک ۱-۶-۱-۵-۸               |
| ۲۸۸ | ..... ویژگی‌های شیمیایی خاک ۲-۶-۱-۵-۸              |
| ۲۸۹ | ..... بیوکلیما ۳-۶-۱-۵-۸                           |
| ۲۸۹ | ..... ویژگی‌های زیست‌فنی گونه ۷-۱-۵-۸              |
| ۲۹۱ | ..... انتخاب گونه ۶-۸                              |
| ۲۹۲ | ..... استقرار ۷-۸                                  |
| ۲۹۲ | ..... پایداری شیب ۱-۷-۸                            |
| ۲۹۲ | ..... فرسایش ۲-۷-۸                                 |
| ۲۹۳ | ..... دسترسی ۳-۷-۸                                 |
| ۲۹۳ | ..... جهت دامنه ۴-۷-۸                              |
| ۲۹۴ | ..... خاک ۵-۷-۸                                    |
| ۲۹۴ | ..... آماده‌سازی عرصه و بهبود وضعیت عرصه ۸-۸       |
| ۲۹۴ | ..... بهبود وضعیت عرصه ۱-۸-۸                       |
| ۲۹۴ | ..... آماده کردن سطح ۹-۸                           |
| ۲۹۵ | ..... روش‌های تسهیل‌کننده استقرار گیاهان ۱۰-۸      |
| ۲۹۵ | ..... ژئوتکستایل ۱-۱۰-۸                            |
| ۲۹۶ | ..... مواد چسباننده ۲-۱۰-۸                         |
| ۲۹۷ | ..... مالچ ۳-۱۰-۸                                  |
| ۲۹۷ | ..... سیستم‌های زیست‌مهندسی (بیوتکنولوژی خاک) ۱۱-۸ |
| ۲۹۸ | ..... شاخه زنده (قلمه) ۱-۱۱-۸                      |
| ۲۹۹ | ..... دسته قلمه (شاخه زنده) ۲-۱۱-۸                 |
| ۳۰۰ | ..... تشک شاخه‌ای ۳-۱۱-۸                           |
| ۳۰۰ | ..... لایه بوته‌ای ۴-۱۱-۸                          |
| ۳۰۱ | ..... گابیون زیستی ۶-۱۱-۸                          |

۳۰۳ ..... فهرست منابع

۳۰۹ ..... واژه‌نامه

## پیشگفتار

شکر و سپاس ایزد یکتا را که توفیق تألیف کتاب تعمیر و نگهداری جاده‌های جنگلی را به ما عطا کرد. جاده‌ها در زمرهٔ باارزش‌ترین سرمایه‌های ملی هر کشورند و سهمی درخور توجه از تولید ناخالص ملی را به خود اختصاص می‌دهند. در دهه‌های متمادی گذشته، شبکه‌ای گسترده از جاده‌های جنگلی، به‌ویژه در جنگل‌های هیرکانی، با سرمایه‌گذاری‌ای عظیم ساخته شده است؛ اما برای بیش از هشت هزار کیلومتر جادهٔ جنگلی موجود در جنگل‌های شمال، و خیلی بیش از این مقدار در جنگل‌های زاگرس که سرمایه‌های زیربنایی طرح‌های جنگلداری و حفاظت از منابع طبیعی در این مناطق هستند، هیچ راهکار و برنامهٔ فنی مدون برای حفظ، تعمیر و نگهداری و بازسازی جاده‌ها وجود ندارد. حفظ، تعمیر و نگهداری این جاده‌ها علاوه بر اینکه از سرمایه‌گذاری کلان ملی محافظت می‌کند، دسترسی پایدار به جنگل‌ها برای مدیریت، حفاظت و برنامه‌ریزی بهینهٔ استفاده از کارکردهای بی‌شمار جنگل و منابع طبیعی را مقدور می‌سازد. هدف از تألیف این کتاب ارائهٔ یک چارچوب علمی و عملی دربارهٔ اصول تعمیر و نگهداری و راهکارهای مدیریت جاده و رفع ایرادها است. با وجود اینکه بیش از دو دهه از شروع تدریس درس تعمیر و نگهداری جاده‌های جنگلی در مقطع کارشناسی ارشد رشتهٔ جنگلداری در دانشگاه تهران می‌گذرد، کمبود مطالب درسی و منابع علمی در این زمینه کاملاً آشکار است. این نوشتار منبعی نسبتاً جامع دربارهٔ تعمیر و نگهداری جاده‌های جنگلی محسوب می‌شود که در منابع موجود فارسی کم‌نظیر است. دربارهٔ تعمیر و نگهداری جاده‌های عمومی، کتاب‌ها و مطالبی علمی، هر چند ناکافی، موجود است؛ ولی با توجه به تفاوت‌های زیاد جاده‌های جنگلی و عمومی از نظر شکل کار، حجم کار، محیط کار، استاندارد و وظایف، امکان به‌کارگیری آن مطالب نه‌تنها مفید نیست، بلکه ممکن است باعث ایجاد خسارت‌های بیشتر در زیرساخت‌های منابع طبیعی شود. کتاب حاضر از اولین کتاب‌های تخصصی دانشگاهی در زمینهٔ تعمیر و نگهداری جاده‌های جنگلی است و امید است با آموزش و به‌کارگیری آن در سطح دانشجویان، کارشناسان شاغل در منابع طبیعی، جنگل و محیط‌زیست بتوان ضمن حفظ این سرمایهٔ هنگفت ملی، کارکرد شبکهٔ جاده‌های جنگلی موجود را بهبود بخشید.

با وجود دقت و وسواسی که در تنظیم مطالب این کتاب به‌کار رفته، بدیهی است که نوشتار حاضر خالی از اشکال و ایراد نخواهد بود و مؤلفان از همهٔ پیشنهادات یا انتقادات سازنده برای ارتقای مطالب و محتوای کتاب استقبال خواهند کرد.

## مقدمه مؤلفان

ساخت جاده‌ها به دلیل دست‌خوردگی فراوانی که در طبیعت ایجاد می‌کند، باعث به‌هم زدن تعادل نیروهای مکانیکی، قطع و منحرف کردن الگوی طبیعی زهکشی و تمرکز تصادفی و ناگهانی جریان رواناب می‌شود؛ در نتیجه، رخ دادن این پدیده‌ها خسارت‌هایی به جاده‌ها وارد می‌کند. علاوه بر عوامل طبیعی مانند باد و باران، ترافیک نیز باعث استهلاک جاده‌ها و تخریب این زیرساخت‌ها می‌شود؛ بنابراین اثرات منفی ترافیک و تأثیر آب‌وهوا، تعمیر و نگهداری دوره‌ای جاده را ضروری می‌کند. اصلی‌ترین وظایف تعمیر و نگهداری شامل حفظ استانداردهای جاده در حد طراحی‌شده، نگه داشتن سیستم زهکشی در وضعیت بهینه و حداقل آسیب به محیط‌زیست در عملیات تعمیر و نگهداری است. انجام ندادن عملیات تعمیر و نگهداری باعث افزایش هزینه‌های تعمیر خودروها، کاهش سرعت و ایمنی، افزایش رسوب و اثرات منفی بر محیط و در نهایت از بین رفتن و زوال جاده خواهد شد؛ پدیده‌ای که در بسیاری از عرصه‌های منابع طبیعی دیده می‌شود. این کتاب کوششی برای فراهم کردن مطالب علمی و کاربردی در زمینه تعمیر و نگهداری جاده‌های جنگلی است و مهم‌ترین اصول و مطالب فنی، ایرادات مربوط به جاده‌ها و راهکارهای رفع آنها را ارائه می‌کند. متناسب با موضوع بحث، مطالب این کتاب در هشت فصل تنظیم شده است. فصل اول به مقدمه، خلاصه‌ای از روند تهیه پروژه جاده جنگلی و کلیات تعمیر و نگهداری جاده می‌پردازد. در فصل دوم، درباره مدیریت عملیات تعمیر و نگهداری بحث می‌شود. فصل سوم به موضوع مهم زهکشی در جاده‌های جنگلی می‌پردازد. در فصل چهارم، مشکلات و ایرادهای جاده و روش‌های رفع و اصلاح آنها ارائه شده است. در فصل پنجم، مطالبی درباره مکانیک خاک، مصالح و روش‌های تعیین ضخامت روسازی، ساخت و بازسازی روسازی جاده بیان شده است. در فصل ششم، ماشین‌های مطرح در جاده‌سازی و تعمیر و نگهداری جاده‌های جنگلی بررسی و معایب و مزایای هر یک برای کار موردنظر تشریح شده است. فصل هفتم روند عملیات، مصالح و ماشین‌های مورد استفاده در هر قسمت از عملیات تعمیر و نگهداری را بیان می‌کند. آخرین فصل کتاب را فصل هشتم تشکیل می‌دهد که در آن استفاده از گیاه به‌طور اعم و قسمت‌های هوایی و زیرزمینی آن، و به‌طور کلی، فنون زیست‌مهندسی در حفاظت، تعمیر و نگهداری جاده‌های جنگلی تشریح شده است. برای سهولت درک مطالب در قسمت‌هایی که نیاز بوده از مثال‌های عددی نیز استفاده شده است. در قسمت آخر کتاب نیز واژه‌نامه دو زبانه فارسی - انگلیسی برای استفاده خوانندگان و محققان آورده شده است.

فراگیری اصول تعمیر و نگهداری جاده‌ها به‌عنوان اصلی‌ترین زیرساخت دسترسی به عرصه‌های منابع طبیعی، یکی از مهم‌ترین مباحث کاربردی مهندسی است که می‌تواند از این سرمایه‌های هنگفت ملی محافظت کند. امید است این کتاب بتواند منبعی مناسب برای این منظور باشد و دانشجویان، کارشناسان و پژوهشگران کشور از آن استفاده کنند.

احسان عبدی - باریس مجنونیان

## فصل اول

### مقدمه

دسترسی، اولین ضرورت برای هر نوع استفاده از منابع است و شبکه جاده‌های جنگلی این نیاز را در جنگل‌ها رفع می‌کند. حتی مطرح شدن طرح‌های حفاظتی جنگل نه تنها از ارزش جاده‌های جنگلی نمی‌کاهد، بلکه شبکه جاده پیش‌نیاز اصلی مدیریت حفاظتی خواهد بود. جاده‌های جنگلی، هسته مرکزی جنگلداری مدرن‌اند، و در عین حال که دسترسی آسان و پایدار به مناطق جنگلی برای مدیریت، حفاظت و گردشگری را فراهم می‌کنند، می‌توانند باعث ایجاد تغییر در خرداقلیم، زیستگاه، ویژگی‌های خاک، حرکت آب‌های سطحی و زیرسطحی و میزان فرسایش و رسوب در حوضه‌های آبخیز جنگلی هم شوند. از اوایل قرن بیستم با تشدید بهره‌برداری انسان از طبیعت، فرسایش و پیامدهای ناشی از آن اثرات منفی بر محیط‌زیست را بیش از پیش آشکار کرد. فرسایش، فرایندی ژئومورفولوژیکی و طبیعی است که به‌طور پیوسته در سراسر زمین دیده می‌شود؛ اما تشدید این فرایند به دلیل فعالیت‌های بشر، تأثیر منفی زیادی بر محیط‌زیست می‌گذارد. فرسایش خاک سالانه میلیون‌ها تن خاک را از سطح حوضه‌های آبخیز جابه‌جا می‌کند و باعث تخریب قهقرایی عرصه‌های منابع طبیعی می‌شود. امروزه فرسایش خاک نه تنها به‌منزله از دست رفتن سرمایه ملی، بلکه مانعی برای توسعه پایدار هر کشور است و زمینه وابستگی‌ها را فراهم می‌کند. با وجود زیاد بودن نرخ فرسایش خاک در ایران نسبت به دیگر نقاط دنیا، میزان فرسایش همچنان در حال افزایش تصاعدی است. کاهش تولیدات زراعی، جنگلی و مرتعی و انباشته شدن رسوب در مخازن سدها نشان‌دهنده شدت فرسایش آبی است. فرسایش جاده نیز همانند همه فرایندهای فرسایش، شامل جدا شدن ذرات خاک از سطح، حمل و رسوب‌گذاری است. جاده‌سازی در جنگل باعث حذف پوشش گیاهی در حریم جاده و افزایش انرژی فرسایش پاشمانی قطره‌های باران در سطح جاده می‌شود. در غیاب آتش‌سوزی‌های وسیع، شبکه جاده بزرگ‌ترین منبع تولید رسوب در جنگل شناخته می‌شود. میزان فرسایش حاصل از جاده‌ها نسبت به مناطق بدون جاده، در منابع مختلف حدود ۳۰-۳۰۰ برابر گزارش شده است؛ درحالی‌که پژوهش‌ها نشان داده‌اند جنگل‌های طبیعی و دست‌نخورده، رسوب بسیار اندک و حتی نزدیک به صفر تولید می‌کنند. پژوهش‌ها نشان داده حدود ۹۰ درصد از رسوباتی که از جنگل‌های تولیدی وارد جریان آب‌ها می‌شود، از جاده‌های جنگلی نشأت می‌گیرد. میزان فرسایش و تولید رسوب در جاده‌های جنگلی به عوامل مختلف از قبیل شیب جاده، مقدار و نوع و زمان ترافیک، سن جاده، نوع و تناوب عملیات تعمیر و نگهداری، نوع و وضعیت سیستم

زهکشی، ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی مصالح جاده، مقدار و شدت بارندگی، شیب و جهت دامنه، وضعیت سطح جاده و وضعیت پوشش گیاهی بستگی دارد. طراحی و ساخت آگاهانه و هوشمندانه جاده‌های جنگلی باعث کاهش اثرات منفی بر محیط‌زیست می‌شود و امروزه این‌گونه از جاده‌های جنگلی را جاده‌های هوشمند<sup>۱</sup> می‌نامند. البته جاده‌ها هر چقدر هم که خوب و بادقت طراحی و ساخته شوند، اگر به‌صورت منظم و برنامه‌ریزی‌شده تعمیر و نگهداری نشوند، علاوه بر از بین رفتن سرمایه می‌توانند اثرات منفی بسیار بر محیط‌زیست نیز داشته باشند. متأسفانه در ایران برنامه‌ریزی، سرمایه‌گذاری و عملیات در بخش تعمیر و نگهداری برای جاده‌های جنگلی بسیار کم است.

عملیات تعمیر و نگهداری با کاهش نرخ زوال جاده، باعث کاهش فرسایش، تولید رسوب، تخریب محیط‌زیست و افزایش طول عمر مفید جاده می‌شود. عملیات معمول تعمیر و نگهداری اغلب باعث صرفه‌جویی هزینه‌ها در بلندمدت و نیز کاهش خطر زوال جاده و افزایش سرسام‌آور هزینه‌ها یا غیرقابل عبور<sup>۲</sup> شدن جاده می‌شود. هر نوع روسازی، صرف نظر از کیفیت طراحی و ساخت، به‌مرور زمان در اثر ترافیک، وضعیت آب‌وهوا و ویژگی مصالح، مستهلک و تخریب خواهد شد؛ بنابراین باید برای حفظ سطح دلخواه و سرویس‌دهی جاده، تعمیر و نگهداری منظم<sup>۳</sup> انجام شود. عملیات تعمیر و نگهداری باید مطابق با نوع روسازی، حجم ترافیک و وزن وسایل نقلیه برنامه‌ریزی شود. جاده‌های شن‌ریزی‌شده بسیار به تخریب سریع در اثر خسارات مربوط به ترافیک و ورود آب به جسم جاده حساس‌اند. تعمیر و نگهداری علاوه بر حفظ جاده و محیط اطراف، ایمنی رانندگان را نیز تضمین می‌کند. یک طرح نظام‌مند تعمیر و نگهداری باید بر مبنای شاخص‌هایی برنامه‌ریزی شود که سطح ایمنی جاده را نشان می‌دهند. این سطح به نیازهای عملکردی جاده مربوط است و برای هر جاده‌ای متفاوت خواهد بود. شاخص‌ها می‌توانند شامل عمق رد چرخ، میزان ناهمواری یا به‌طور ساده زمان لازم برای عبور ماشین از جاده موردنظر باشد. دوره‌های تناوب تعمیر و نگهداری به حجم ترافیک، وضعیت آب‌وهوا، نوع مصالح مورد استفاده و روش‌های مورد استفاده در عملیات تعمیر و نگهداری وابسته است. از طرفی، باید بین واژه‌های تعمیر و بازسازی تفاوت قائل شد. بازسازی<sup>۴</sup> به معنی برگرداندن ساختار جاده به وضعیت اولیه، و تعمیر و نگهداری به معنی نگه داشتن جاده در وضعیت قابل استفاده است. به همین دلیل است که هزینه‌های بازسازی، بسیار بیشتر از هزینه‌های تعمیر باشد منظور می‌شود (حدود پنج برابر).

هدف اصلی از تعمیر و نگهداری، حفاظت از ساختمان جاده، عبور ایمن و اقتصادی، کاهش تأثیر منفی بر جریان آب، زیستگاه ماهی‌ها، حیات‌وحش و دیگر منابع است که امکان دارد تحت تأثیر جاده قرار بگیرند. از طرفی، تعمیر نکردن جاده و نگهداری نکردن از آن باعث افزایش هزینه تعمیر ماشین‌ها،

---

1. Smart roads

2. Impassable

3. Regular maintenance

4. Repair