

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



# ارزیابی غیرمخرب درختان سرپا

نگارنده

دکتر سعید کاظمی نجفی

استاد دانشگاه تربیت مدرس



سرشناسه: کاظمی نجفی، سعید، 1348 -  
عنوان و نام پدیدآور: ارزیابی غیرمخرب درختان سرپا/ نگارنده سعید کاظمی نجفی.  
مشخصات نشر: تهران: دانشگاه تربیت مدرس، مرکز نشر آثار علمی، 1395.  
مشخصات ظاهری: 452 ص.؛ مصور، جدول، نمودار.

فروست: دانشگاه تربیت مدرس؛ 234.  
شابک: 978-600-7589-29-8

وضعیت فهرست نویسی: فیپا  
یادداشت: واژه‌نامه. یادداشت: کتابنامه.

موضوع: درخت‌ها - بازرسی موضوع: Trees -- Inspection

موضوع: درخت‌بری موضوع: Logging

شناسه افزوده: دانشگاه تربیت مدرس. مرکز نشر آثار علمی

رده بندی کنگره: 1395 4 الف 2 ک/ SD649

رده بندی دیویی: 634/98

شماره کتابشناسی ملی: 4274385

ارزیابی غیرمخرب درختان سرپا

نگارنده: دکتر سعید کاظمی نجفی

طراح جلد: دکتر سید نجم‌الدین امیرشاه کرمی

ویراستار ادبی و فنی: لیلا نجفی زمان

حروفچینی: پرتو

شماره انتشار: 202/33

شماره پیاپی: 236

تاریخ انتشار: 1395

شمارگان: 1000

شابک: 978-600-7589-29-8 ISBN: 978-600-7589-29-8

ناشر: مرکز نشر آثار علمی دانشگاه تربیت مدرس

نوبت چاپ: اول

کارشناس اجرایی: مرسته برنجی

ناظر چاپ: مصطفی جانجانی

لیتوگرافی: ایران گرافیک

چاپ و صحافی: قشقایی

مرکز پخش: تقاطع بزرگراه‌های آل‌احمد و دکتر چمران،

دانشگاه تربیت مدرس، مرکز نشر آثار علمی، صندوق پستی: ۱۴۱۱۵-۳۱۸

تلفن: ۸۲۸۸۳۰۹۶ دورنگار: ۸۲۸۸۳۰۳۲

بها: 300000 ریال

صحت مطالب کتاب بر عهده نگارنده است.

به یاد:

پدر و مادرم

و تقدیم به:

همسر و پسر (سورنا)

و همچنین استاد بزرگوارم جناب آقای دکتر قنبر ابراهیمی به پاس خدمات ارزشمند ایشان  
در عرصه علوم و صنعت چوب و جنگل کشور



## فهرست مطالب

پیشگفتار نگارنده .....	ز
1- ارزیابی درختان سرپا و اهمیت آن .....	1
1-1 مقدمه .....	1
2-1 ارزیابی کیفیت چوب درختان سرپا .....	2
3-1 ارزیابی پایداری درختان سرپا .....	4
4-1 ارزیابی خطر درخت .....	8
5-1 پوسیدگی درونی و اهمیت شناسایی آن .....	10
6-1 ارزیابی‌های غیرمخرب .....	15
منابع .....	20
2- بازرسی نظری درختان .....	23
1-2 مقدمه .....	23
2-2 بازرسی نظری درخت سرپا .....	24
3-2 محدودیت‌های بازرسی نظری درخت .....	25
4-2 نحوه بازرسی نظری درختان .....	28
1-4-2 رویشگاه .....	29
2-4-2 تنه .....	29
3-4-2 شاخه‌ها .....	41
4-4-2 خشکیدگی درخت و سرخشکیدگی .....	46
5-4-2 شکل و معماری درخت .....	47
6-4-2 ریشه .....	50

ب ارزیابی غیرمخرب درختان سرپا

- 53..... 7-4-2 سن و اندازه
- 53..... 8-4-2 نوع گونه
- 54..... منابع
- 57..... 3- ارزیابی‌های نیمه‌مخرب
- 57..... 1-3 مقدمه
- 58..... 2-3 نفوذ پین
- 62..... 3-3 مته‌زنی
- 63..... 4-3 روش گرفتن مغزی
- 72..... 5-3 روش رسیستوگراف
- 80..... منابع
- 85..... 4- ارزیابی‌های اکوستیکی
- 85..... 1-4 مقدمه
- 88..... 2-4 روش موج تنشی
- 88..... 3-4 اندازه‌گیری زمان عبور موج تنشی
- 90..... 4-4 روش فراصوت
- 97..... 5-4 تجهیزات اندازه‌گیری اکوستیک در درختان سرپا
- 98..... 6-4 انتشار موج در درختان سرپا
- 102..... 7-4 کاربردهای روش‌های اکوستیکی در ارزیابی درختان سرپا
- 103..... 1-7-4 ارزیابی کیفیت چوب درختان
- 106..... 2-7-4 رابطه بین ویژگی چوب درختان سرپا و چوب بریده شده
- 120..... 3-7-4 تعیین پوسیدگی در درختان سرپا
- 128..... منابع
- 135..... 5- برآورد تأثیر پوسیدگی بر مقاومت تنه درخت
- 135..... 1-5 مقدمه



## فهرست مطالب ج

- 2-5 فرمول‌های کاهش مقاومت ..... 135
- 3-5 نقایص و محدودیت‌های فرمول‌های کاهش مقاومت ..... 139
- 4-5 روش سیفتسی ..... 140
- 5-5 اعتبارسنجی روش سیفتسی ..... 145
- 6-5 اثر باد ..... 146
- 7-5 تأثیر شکل ناحیه پوسیده ..... 148
- منابع ..... 150
- 6- توموگرافی اکوستیکی ..... 151
- 1-6 مقدمه ..... 151
- 2-6 توموگرافی کامپیوتری ..... 152
- 3-6 توموگرافی اکوستیکی ..... 154
- 1-3-6 جمع‌آوری داده‌ها ..... 154
- 2-3-6 تجهیزات اندازه‌گیری ..... 159
- 3-3-6 بازسازی تصاویر توموگرافی ..... 160
- 4-3-6 بازسازی تصویر در توموگرافی درختان سرپا ..... 164
- 5-3-6 عوامل مؤثر بر کیفیت تصاویر توموگرافی درخت سرپا ..... 172
- 6-3-6 کاربرد توموگرافی اکوستیکی در درختان سرپا ..... 175
- منابع ..... 177
- 7- رادار نفوذکننده زمینی ..... 179
- 1-7 مقدمه ..... 179
- 2-7 ثابت دی‌الکتریک ..... 180
- 3-7 اصول اندازه‌گیری ..... 183
- 4-7 برداشت داده‌ها ..... 192
- 5-7 روش‌های مختلف برداشت ..... 197
- 1-5-7 برداشت انعکاسی دور آفت مشترک ..... 197
- 2-5-7 برداشت نقطه میانی مشترک ..... 198

## د ارزیابی غیرمخرب درختان سرپا

- 199..... برداشت چشمه مشترک 3-5-7
- 200..... برداشت عبوری 4-5-7
- 201..... پردازش سیگنال GPR 6-7
- 203..... نمایش داده‌ها 7-7
- 205..... ارزیابی تنه درختان سرپا 8-7
- 215..... ارزیابی ریشه درختان 9-7
- 216..... نحوه برداشت کردن داده 1-9-7
- 217..... نقشه برداری ریشه چوبی 2-9-7
- 228..... عوامل محدودکننده شناسایی و کمی کردن ریشه چوبی با روش GPR 3-9-7
- 233..... چشم انداز آینده 4-9-7
- 236..... منابع
- 
- 241..... 8- پایداری مکانیکی درختان
- 241..... 1-8 مقدمه
- 242..... 2-8 شکل و ساختمان درخت
- 250..... 3-8 ویژگی‌های چوب
- 258..... 4-8 بارهای وارد بر درخت
- 261..... 5-8 سرعت و فشار باد
- 272..... 6-8 مبانی نظری پایداری مکانیکی درخت تحت بارهای استاتیک
- 272..... 1-6-8 نیروی باد و نیروی‌های ناشی از وزن
- 275..... 2-6-8 گشتاور خمشی ناشی از نیروهای باد و وزن
- 276..... 3-6-8 تنش‌های وارد بر درخت
- 277..... 4-6-8 مقاومت به شکست تنه
- 279..... 5-6-8 مقاومت به ریشه‌کنی و واژگونی
- 281..... 1-5-6-8 ویژگی‌های درخت
- 283..... 2-5-6-8 ویژگی‌های ریشه
- 298..... 3-5-6-8 صفحه ریشه - خاک
- 313..... 4-5-6-8 انواع ریشه‌کنی

فهرست مطالب ه

314.....	6-6-8 ضریب ایمنی .....
315.....	7-6-8 سرعت بحرانی باد .....
315.....	7-8 ارزیابی استاتیکی درختان سرپا .....
316.....	1-7-8 روش یکپارچه استاتیک (SIM).....
334.....	3-7-8 ارزیابی یکپارچه استاتیک (SIA).....
340.....	4-7-8 ارزیابی پایداری مکانیکی درخت تحت بار استاتیکی براساس آزمایش تونل باد .....
348.....	5-7-8 مدل‌های مکانیستیکی .....
354.....	8-8 ارزیابی دینامیکی درخت .....
355.....	1-8-8 روش‌های ارزیابی دینامیکی .....
365.....	2-8-8 تعیین فرکانس طبیعی و میرایی .....
372.....	3-8-8 تحلیل طیفی .....
375.....	4-8-8 مدل‌های دینامیکی درخت .....
387.....	منابع .....
397.....	واژه‌نامه فارسی به انگلیسی .....
413.....	واژه‌نامه انگلیسی به فارسی .....
429.....	نمایه موضوعی .....



## پیشگفتار نگارنده

درخت یک عامل حیاتی و ضروری در دنیای امروز است و سودمندی‌های بی‌شماری دارد. درختان در همه جا وجود دارند؛ از حیاط منازل، مدارس و مناطق مسکونی تا حاشیه کوچه‌ها و خیابان‌های شهرها و روستاها، باغ‌ها و پارک‌ها، جنگل‌های طبیعی و دست کاشت. با وجود تمام سودمندی‌های که درخت دارد (تولید اکسیژن، تلطیف هوا، زیبایی‌شناسی، تفرجگاهی، تولید چوب، حفظ منابع آب و خاک، کاهش آلودگی هوا و صوتی، ماوای حیات وحش، ...)، شکستگی و افتادن آنها در اثر بارهای وارد بر آنها به‌ویژه در هنگام طوفان‌ها و وزش بادهای شدید باعث خسارت‌های شدید اقتصادی و حتی جانی می‌شود که این امر با توجه به حضور گسترده آنها به‌ویژه در مناطق شهری اهمیت زیادی دارد. البته نوع خسارت وارد شده بسته به نوع جنگل شهری یا طبیعی متفاوت می‌باشد و ممکن است از منظر مختلفی به آن نگریسته شود. معمولاً درختان سالم پایداری بیشتری در برابر نیروهای وارد شده دارند و درختان صدمه دیده و دارای معایب در تاج، تنه و ریشه بیشتر مستعد شکستگی و ریشه‌کنی هستند. حتی مدیریت و دخالت‌های غیرعلمی و غیرفنی در ساختار درخت و جنگل می‌تواند این خسارات و صدمات را تشدید کند. بنابراین ارزیابی درختان برای اطمینان از سلامتی آنها و اینکه آیا می‌توانند در برابر طوفان‌های آینده مقاومت کنند، برای از بین بردن یا کاهش صدمات ناشی از افتادن، امری بسیار ضروری است.

در ابتدا ارزیابی درخت فرایندی به‌نسبت ساده و کیفی بوده که از طریق یک بازرسی نظری سریع و در روشی غیراستاندارد انجام می‌شده است. بعدتر روش‌هایی

## ح ارزیابی غیرمخرب درختان سرپا

برای ارزیابی درختان و کمی کردن نتایج حاصل از بازرسی‌ها توسعه داده شدند. در دهه 1990 روش‌های بازرسی درخت به سرعت پیشرفت کرد و یکی از اولین کتاب‌ها درباره ارزیابی خطر درخت از منظر جنگل‌داری شهری به وسیله ماتنی و کلارک در سال 1994 منتشر شد و پس از آن، ارزیابی خطر از حالت کیفی به سمت کمی کردن احتمال شکست و افتادگی درخت سوق داده شد.

در سال‌های اخیر روش‌های مختلفی برای ارزیابی خطر درخت شکل گرفته است که در همه آنها ارزیابی پایداری درخت به روش سیستماتیک انجام می‌شود. اهمیت ارزیابی پایداری و مدیریت خطر درخت سبب شده است که در سال 2011، مؤسسه استاندارد ملی امریکا (ANSI) استاندارد جدیدی را با شماره ANSI A300 بخش 9 و با عنوان ارزیابی خطر درخت منتشر کند.

ارزیابی پایداری درختان سرپا موضوعی کاملاً تخصصی است و باید از سوی متخصصان و افراد آموزش دیده و کارآموده انجام شود. در این ارزیابی‌ها، مجموعه‌ای از روش‌ها و تجهیزات ساده تا کاملاً پیشرفته به کار می‌رود و برای یک ارزیابی دقیق و معتبر و اتخاذ تصمیم درست در مورد حفظ و نگهداری درخت یا حذف آن، شخص ارزیاب نه تنها باید اطلاعات کامل از ساختمان و ساختار درخت داشته باشد، بلکه باید از این روش‌ها و تجهیزات نیز شناخت دقیقی داشته باشد.

در ایران نیز سالیانه تعداد زیادی درخت در جنگل‌های طبیعی و شهری دچار شکستگی و ریشه‌کنی می‌شوند که خسارت قابل توجه اقتصادی به جنگل‌ها و همچنین تأسیسات، ساختمان‌ها و امکانات شهری وارد می‌کنند. در سال‌های اخیر خسارت‌های قابل توجهی در شهرهای مختلف کشور، ناشی از شکستگی و ریشه‌کنی درختان در اثر وزش شدید باد و طوفان، گزارش شده است (برای مثال طوفان خرداد ماه 1393 در تهران). این امر موجب شده است که توجه مدیران شهرداری‌ها و فضای سبز و همچنین مدیریت بحران شهرها به اهمیت ارزیابی درختان سرپا جلب شود. متأسفانه

یک مرجع جامع، کامل و راهنما دربارهٔ ارزیابی درختان سرپا و شناسایی درختان پرخطر به زبان فارسی وجود ندارد. بنابراین در این کتاب ارزیابی درختان سرپا به عنوان یک ارزیابی تخصصی مورد توجه قرار گرفته که هدف آن آشنایی خوانندگان با اصول و مبانی ارزیابی های درختان سرپا و ارائه اطلاعات جامع و کامل از روش ها و تجهیزات مختلف مورد استفاده در این نوع ارزیابی هاست.

کتاب شامل 8 فصل است که روش های مختلف براساس نوع و ماهیت اندازه گیری تقسیم بندی شده و هر کدام جداگانه در فصل های مختلف بحث و بررسی شده اند. امید است مطالب ارائه شده در این نوشتار، بتواند مورد استفاده کارشناسان، متخصصان، مدیران شهری، استادان، دانشجویان و تمامی سازمان ها و مراکز اجرایی، آموزشی و پژوهشی مرتبط، قرار گیرد.

بی گمان این کتاب به عنوان اولین اثر که به طور تخصصی به ارزیابی درختان سرپا می پردازد، نواقصی دارد و نگارنده از دریافت پیشنهادها و نظریات متخصصان برای رفع این نواقص و ارتقای کیفی اثر در چاپ های بعدی استقبال می کند.

در پایان از همکاری و زحمات رئیس، کارشناسان و کارکنان محترم مرکز نشر آثار علمی دانشگاه تربیت مدرس (به ویژه سرکار خانم برنجی) برای چاپ این اثر صمیمانه سپاسگزاری می نمایم.

همچنین لازم می دانم از آقای دکتر یحیی کوچ استادیار محترم گروه جنگل داری دانشکده منابع طبیعی و خانم مهندس سیده طاهره موسوی میرکلایی دانشجوی دکترای گروه علوم و صنایع چوب کاغذ برای تصحیح برخی از فصول کتاب تشکر و قدردانی نمایم.

سعید کاظمی نجفی

استاد گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ

دانشکده منابع طبیعی - دانشگاه تربیت مدرس