Archive of SID

دو فصلنامه علمی- پژوهشی تحقیقات حمایت و حفاظت جنگلها و مراتع ایران
جلد ۱۵ شماره ۱، صفحه ۶۶-۵۳، (۱۳۹۶)
شناسه دیجیتال (DOI):10.22092/ijfrpr.2017.105225.1173

# استفاده از روش‌های تجزیه‌وتحلیل بقا در ارزیابی اثرات خصوصیات فرد، توده و محیط بر زمان بقا بلندمازو در برابر بیمار ذغالی

جلیل کرمی[۱]، محمدرضا کاوسی[۲*] و منوچهر بابانژاد[۳]

۱- دانشجوی دکتری جنگل‌شناسی و اکولوژی جنگل (پاتولوژی جنگل)، دانشکده علوم جنگل، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گلستان، ایران

۲* - نویسنده مسئول، دانشیار، گروه جنگل‌شناسی و اکولوژی جنگل، دانشکده علوم جنگل، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گلستان، ایران،
پست‌الکترونیک: kavosi.reza66@gmail.com

۳-دانشیار، گروه آمار، دانشکده آمار، دانشگاه گلستان، گلستان، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۲/۲۷ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۳/۱۶

## چکیده

بیماری ذغالی با عامل *Biscogniauxia mediterranea* یکی از بیماری‌های مهم و مؤثر در خشکیدگی درختان بلوط است که در سال ۱۳۸۸ در استان گلستان گزارش گردید. این تحقیق باهدف ارزیابی اثرات خصوصیات درخت، توده و محیط بر زمان بقا (سالم ماندن) بلندمازو، در پارک جنگلی قرق انجام شد. بنابراین ۱۹۲ اصله درخت بلندمازو با متوسط قطر برابرسینه ۵۰/۹ سانتی‌متر در پنج دوره شش‌ماهه از مهر ۱۳۹۲ تا مهر ۱۳۹۴ در این مطالعه وارد شدند. از آزمون لگ رتبه‌ای و رگرسیون کاکس به ترتیب برای برآورد میانگین زمان بقای درختان و بررسی عوامل مؤثر بر آن استفاده شد. نتایج حاصل از آزمون لگ رتبه‌ای بیشترین (۱۰۰/۷ ماه) و کمترین (۴۰/۲ ماه) میانگین زمان بقا را به‌ترتیب در مرحله رویشی تیرک و پیردار برآورد کرد. همچنین درختان بلوط با فاصله کمتر از ۱۰ و بیشتر از ۲۰۰ متر از جاده به ترتیب کمترین (۵۱/۷ ماه) و بیشترین (۱۰۹/۶ ماه) زمان بقا را داشتند. بااین‌وجود براساس تجزیه رگرسیون کاکس، در بین متغیرهای مورد بررسی تنها متغیرهای فاصله از جاده و محدوده پراکنش برمیزان بقا درختان بلندمازو مؤثر بودند. با برآورد میزان بقای درختان و عوامل مؤثر بر آن، می‌توان روش‌های پیشگیری جهت مدیریت و کاهش نرخ بیماری ارائه کرد. استفاده از روش‌های تجزیه‌وتحلیل بقا در اپیدمیولوژی بیماری‌های درختان جنگلی، این توانایی را به کارشناسان خواهد داد تا درک بهتر و صحیح‌تری از چگونگی روند بیماری‌ها به دست آورند.

کلمات کلیدی: بلوط بلندمازو، بیماری ذغالی، تحلیل بقا، مدل کاکس

## مقدمه

بیمارگرهای گیاهی تهدیدی قابل‌توجه و در حال رشد برای اکوسیستم‌های جنگلی در سراسر جهان بوده که اغلب باعث اختلال در عملکرد و اثرات منفی بر تنوع زیستی، بهره‌وری، چرخه و شبکه مواد غذایی خواهند شد (Sturrock *et al*., 2011., Condeso & Meentmeyer, 2007a). در مقیاس جهانی می‌توان به بیماری سوختگی شاه‌بلوط (*Cryphonectria parasitica*)، مرگ ناگهانی بلوط (*Phytophthora ramorum*) و مرگ نارون (*Ceratocystis ulmi*) اشاره کرد که در مقیاس وسیع، همه-

www.SID.ir

Archive of SID

گیر و سبب مرگ درختان میزبان و تغییرات گسترده در جوامع جنگلی شده‌اند (Woodall *et al*., 2005). در چند سال اخیر در اکوسیستم‌های جنگلی شمال و زاگرس نیز می‌توان به بیماری بلایت شمشاد (*Calonectria pseudonaviculata*) و ذغالی بلوط (*Biscogniauxia mediterranea* (De Not.) Kuntze) اشاره کرد که در مدت‌زمان کوتاهی در سطح وسیع همه‌گیر و بیش از هزاران اصله از درختان میزبان را خشکانده‌اند (Karami *et al*., 2016., Mirabolfathy *et al*., 2011.). اثرات اقتصادی و محیط زیستی ناشی از این بیماری‌ها همراه با پیش‌بینی رو به افزایش ظهور بیماری‌های گیاهی جدید در ارتباط با تغییرات اقلیم در دهه آینده، ضرورت شناسایی عوامل مؤثر بر همه‌گیری بیماری‌های درختان جنگلی را دوچندان کرده است (Jules *et al*., 2014). بااین‌وجود شرایط ویژه اکوسیستم‌های جنگلی و ارتباطات پیچیده بیمارگر- میزبان - محیط در مناطق وسیع جغرافیایی، کار را در این رابطه با چالش‌های بزرگی روبرو کرده است. امروزه چالش کلیدی در همه‌گیرشناسی و بوم‌شناسی بیماری‌های گیاهی، درک و شناخت همزیستی میزبان - بیمارگر و چگونگی اثرگذاری متغیرهای محیطی در مقیاس وسیع و محلی است (Meentemeyer *et al*., 2011; Baguskas *et al*., 2014). محققین سعی دارند با درک چگونگی اثرگذاری محیط- میزبان- بیمارگر بر هم، الگوهای عملکردی جنگل در برابر شیوع بیماری‌ها را در طول زمان و مکان پیش‌بینی کرده تا بر اساس آن راه‌کارهای کاربردی برای پیشگیری و مدیریت آن‌ها ارائه کنند (Condeso & Meentemeyer, 2007b).

در این خصوص بررسی‌ها نشان می‌دهد که متغیرهای محیطی رابطه معنی‌داری با شدت خسارت عوامل بیماری‌زا در اکوسیستم‌های طبیعی دارند و در فرایند مدل‌سازی از وزن بالاتری برخوردار هستند (Karami *et al*., 2016 and 2017.. Mack *et al*., 2000; Costa *et al*., 2010). در این حال، وجود شکاف اطلاعاتی در مورد میزان اثرگذاری متغیرهای محیطی و فردی بر شیوع بیماری‌های درختان جنگلی، ناشی از تنوع، پیچیدگی و گسترش جغرافیایی وسیع اکوسیستم‌های جنگلی است (Fierke *et al*., 2007). اما تا به امروز، بیشتر مطالعات خطر بیماری گیاهان در محیط‌های دستکاری‌شده مانند گلخانه‌ها و نهالستان‌ها انجام گرفته است که نتایج آن‌ها با به دلیل نقش نسبی ماهیت، تراکم و تنوع گونه‌ها در تنظیم پویایی همه‌گیری بیماری‌ها در جنگل‌های طبیعی، با عدم قطعیت همراه بوده است. با توجه به ماهیت همه‌گیری بیماری‌ها در اکوسیستم‌های جنگلی، ضروری است برای درک بهتر اثرات تغییرات میزبان و محیط بر تعامل بیمارگر- میزبان، چگونگی اثرگذاری ویژگیهای فردی، جامعه و محیط بر این تعامل در طول زمان بررسی شود. متغیرهای زمانی مؤثر بر همه‌گیری بیماری‌ها، ممکن است به‌طور منظم و دارای الگوی مشخصی (مانند الگوهای آب و هوایی) یا ناشی از اختلال طبیعی (مانند آتش‌سوزی یا خشک‌سالی) باشند (Metz *et al*., 2011). بنابراین پاسخ عملکردی تعامل بیمارگر – میزبان به تغییر شرایط محیطی می‌تواند از چرخه ساده سالانه تا نوسانات پیچیده چندساله، متغیر باشد. به‌عنوان‌مثال، شرایط آب و هوایی مطلوب در طول یک فصل ممکن است تولیدمثل یک بیمارگر را تسهیل کند اما افزایش انتقال بیماری به دلیل تلقیح و پراکندگی ممکن است نیاز بیش از یک‌فصل شرایط بهینه داشته باشد (Davidson *et al*., 2011). بااین‌وجود، علی‌رغم به رسمیت شناختن اهمیت مطالعات زمانی در زمینه پژوهش اکولوژی بیماری‌ها، بیشتر مطالعات بر عوامل مؤثر بر زمان و میزان ظهور بیماری‌های جنگل در یک‌زمان یا در دوره‌های زمانی به‌نسبت محدود متمرکز شده‌اند. اگرچه علومی مانند دامپزشکی و پزشکی، روش‌های ارزیابی و پایش جمعیت موجودات زنده را توسعه داده‌اند، اما در علوم جنگل برای ارزیابی میزان مرگ‌ومیر و آلوده شدن جمعیت درختان، هنوز روش‌های تحلیل و پایش بیماری و مرگ‌ومیر جمعیت درختان در طول زمان و مکان توسعه نیافته است (Zens & Peart, 2003). معمولاً در روش‌های تحلیلی مرگ‌ومیر درختان جنگل کمتر از شیوه‌های ارزیابی همزمان رخدادهای طبیعی وابسته به زمان (مرگ‌ومیر یا بیماری) در درختان، سانسور مشاهدات و آزمون اثرات متغیرهای کمکی

www.SID.ir

Archive of SID

(به‌عنوان‌مثال، سطح مقطع توده، موقعیت تاج، و متغیرهای توپوگرافی) استفاده شده است. روش‌های تحلیلی در علوم پزشکی، تحلیل بقا نامیده می‌شود که می‌تواند پایه‌ای برای توسعه روش‌های تحلیلی در علم همه‌گیرشناسی بیماری‌های درختان جنگلی باشد. تجزیه و تحلیل بقا منحصربه‌فرد است و در آن امکان سانسور کردن مشاهدات (عدم زمان دقیق وقوع مرگ یا بیماری) و گنجاندن متغیرهای کمکی وابسته به زمان، برای برخورد با توزیع‌های غیر نرمال وجود دارد. در علوم جنگل معمولاً از روش معادلات دیفرانسیل و رگرسیون لجستیک برای برآورد بقای درخت (زمان بیمار شدن یا خشکیدگی) استفاده می‌شود، اگرچه رگرسیون لجستیک برای مدل پاسخ باینری مناسب است، اما داده‌های زمان–رخداد را نمی‌تواند براورد نماید. درصورتی‌که روش‌های تحلیل بقا به آسانی داده‌های وابسته به زمان را تحلیل می‌کنند و در مدل‌سازی عملکرد بهتری ارائه می‌دهند (Rose *et al.*, 2006). بااین‌وجود تحقیقاتی متعددی جهت توسعه تحلیل بقا در علوم جنگل انجام شده است ازجمله Woodall و همکاران (۲۰۰۵)، با بررسی کاربرد تحلیل بقا در ارزیابی مرگ‌ومیر درختان در جنگل‌های مینه سوتا، بیان نمودند روش‌های تجزیه‌وتحلیل بقا، با بهره‌گیری از متغیرهای قطر برابرسینه و تغییرات آن، توانایی آزمون فرضیه مرگ‌ومیر و روند آن را در درختان جنگلی دارد. همچنین Anton-Fernandez (۲۰۰۸)، کارایی مدل‌های رگرسیون بقا و لجستیک در مدل‌سازی مرگ‌ومیر درختان انفرادی با استفاده از متغیرهای کمکی وابسته به زمان را مقایسه نمودند که نتایج حاصله نشان داد، مدل آنالیز بقا، نتایج بهتری از مدل‌های رگرسیون لجستیک مقایسه شده، ارائه می‌دهد. Thapa و همکاران (۲۰۱۵) باهدف مطالعه بقا درختان کاج تدا با استفاده از متغیرهای کمکی – زمان مانند قطر برابرسینه، ارتفاع درخت، نسبت تاج، سن توده، سطح مقطع توده و ارتفاع غالب به توصیف مرگ‌ومیر درختان با استفاده از مدل رگرسیون نیمه پارامتریک مخاطرات متناسب کاکس (Cox Proportional Hazards Model) پرداختند. ایشان بیان نمودند که توسعه مدل بقا بر اساس داده‌های مرگ‌ومیر درخت درک بیشتری از پویایی جنگل فراهم می‌کند. Kitahara و همکاران (۲۰۱۲) باهدف توسعه مدل‌های پیش‌بینی مرگ‌ومیر درختان از داده‌های زمانی چهار پلات دائمی در مدل نیمه‌پارامتری مخاطرات متناسب کاکس با استفاده از دو متغیر مستقل از زمان و هفت متغیر کمکی وابسته به زمان، در تحلیل بقا، استفاده کردند. ایشان نشان دادند که فاصله نسبی (وابسته به زمان) و شاخص سایت (مستقل از زمان) به ترتیب، بهترین متغیرهای کمکی پیش‌بینی کننده هستند. Gadow وKotze (۲۰۱۴) باهدف درک بهتر رابطه بقای درخت و حداکثر تراکم در جنگل‌های دست کاشت به ارزیابی مشاهدات زمانی جنگل‌های آفریقای جنوبی پرداختند. نتایج ایشان نشان داد که عوامل کلیدی برای برآورد ریسک و خطر مرگ درختان ثابت نیست به‌طوری‌که به گونه‌های درختی، تراکم کاشت، سن درخت و توده در حال رشد بستگی دارد. Li و همکاران (۲۰۱۵) نیز کارایی مدل نیمه‌پارامتری مخاطرات متناسب کاکس در توصیف زمان بقا و ارتباط متغیرهای کمکی مهم مانند سن، روش‌های تنک کردن و ویژگی‌های فیزیوگرافی، با زمان بقا کاج تدا را با دیگر روش‌های معمول رگرسیونی مقایسه کردند. ایشان نتیجه‌گیری کرده که کارایی مدل‌های حاصل از تحلیل بقا کارایی بهتری دارند و نتایج کاربردی از تحلیل داده‌ها با این روش به دست خواهد آمد.

با توجه به آلودگی و مرگ‌ومیر وسیع درختان بلوط (بلوط ایرانی و بلندمازو)، خطر انقراض و تغییر ساختار جنگل‌های بلوط توسط *B. mediterranea* به‌عنوان عامل ثانویه همراه با سایر عوامل مؤثر دیگر مطرح شده است، از این‌رو پیش‌بینی نرخ کاهش جمعیت و تغییرات حاصله در زیست‌توده میزبان‌های این بیماری مهم و حیاتی است، در غیر این صورت درک ما از الگوهای مکانی و زمانی پیچیده نظام‌های طبیعی درون اکوسیستم‌های جنگلی محدود باقی می‌ماند. لذا این مطالعه با اهداف: ۱) ارزیابی امکان بکارگیری شیوه‌های آنالیز بقا در علم جنگل ۲) تعیین این‌که آیا توابع بقا/خطر (Hazard and Survival Functions) می‌توانند روند واقعی آلودگی درختان بلندمازو به بیماری

www.SID.ir

Archive of SID

ذغالی را به شیوه‌ای عملی برای تفسیرهای محیط زیستی نشان دهند؛ ۳) برازش مدل کاکس و شناسایی عوامل مؤثر بر پیش‌بینی زمان بیماری درختان بلندمازو، طراحی و اجرا شد.

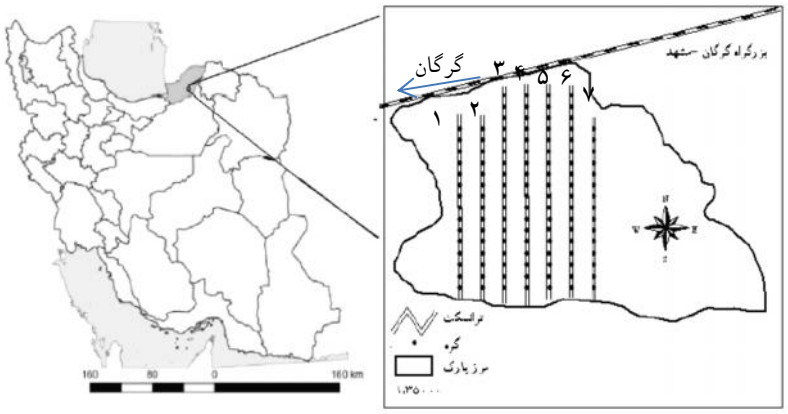
## مواد و روش‌ها

### منطقه مورد مطالعه

مطالعه کنونی در سال‌های ۱۳۹۲-۱۳۹۴ در پارک جنگلی قرق با مساحت ۶۵۲ هکتار واقع در استان گلستان با طول جغرافیایی "۳۰ ’۴۰ °۵۴ الی "۰۰ ’ ۴۳ °۵۴ شرقی و عرض "۰۰ ’۵۲ °۳۶ الی "۲۰ ’۵۳ °۳۶ شمالی انجام گرفت. دامنه‌ی ارتفاعی منطقه ۱۰۵ تا ۶۰۰ متر از سطح دریا با جهت جغرافیایی غالب شمالی و شیب ۰ تا ۵۰ درصد است. متوسط بارندگی سالیانه ۶۸۴/۲ میلی‌متر و متوسط دمای سالیانه ۱۷/۴۸ درجه سانتی‌گراد است. درختان بلندمازو، ممرز، انجیلی و آزاد پوشش درختی غالب منطقه را تشکیل می‌داد که تیپ‌های بلوط ۷۰ درصد، انجیلی - ممرز ۲۵ درصد، انجیلی ۲/۶ درصد و ممرز- انجیلی ۲/۴ درصد سطح منطقه را پوشش می‌داد (Karami *et al*., 2016).

### طرح مطالعه

روی نقشه رقومی منطقه موردمطالعه هفت ترانسکت بافاصله ۲۰۰ متر و مرکز گره‌ها به‌صورت تصادفی- سیستماتیک با فاصله ۱۰۰ متر در قالب روش نقطه مرکزی یک‌چهارم (Point Quarter Centered)، پیاده شد (شکل ۱). بعد از انتخاب مکان گره‌ها، موقعیت جغرافیایی مرکز گره همراه با درختان بلندمازو با قطر برابرسینه بیش از ۷/۵ سانتی‌متر، در چهار جهت گره، نشانه‌گذاری شدند (Karami *et al*., 2015a).




**شکل ۱- موقعیت پارک جنگلی قرق در ایران و استان گلستان و موقعیت قرار گرفتن ترانسکت‌ها در پارک جنگی قرق**

در مجموع ۱۹۲ درخت بلندمازو در مهر ۱۳۹۲، با متوسط قطر برابرسینه ۱۶/۵±۵۰/۹ با دامنه ۱۰۲-۱۵ سانتی‌متر در مطالعه آزمون بقا وارد شدند.

در مهر ۱۳۹۲، ۱۹۲ اصله درخت بلندمازو بدون علائم ونشانه‌های ظاهری بیماری ذغالی بلوط (سالم) انتخاب شدند که با هدف آنالیز زمان بقای (سالم ماندن) آن‌ها در طول زمان، وضعیت سلامت آن‌ها در چهار دوره شش‌ماهه (اردیبهشت ۱۳۹۳، مهر ۱۳۹۳، اردیبهشت ۱۳۹۴ و مهر ۱۳۹۴) ارزیابی و در دو وضعیت سالم (بدون علائم و نشانه-های بیماری ذغالی) و بیمار (تراوش مایع درون بافتی، اثرات شروع فعالیت سوسک چوب‌خوار، پوسیدگی تنه و خشکیدگی کامل) طبقه‌بندی شدند (Karami *et al*., 2015b and 2016). از بافتهای آلوده درختان بلندمازو دارای علایم بیماری ذغالی، نمونه‌برداری و به آزمایشگاه منتقل شدند. سپس با استفاده از روش‌های متعارف شامل ویژگی‌های مرفولوژیک ریسه، فرم کنیدومی قارچ در محیط‌های کشت

www.SID.ir

Archive of SID

مصنوعی و استروما، پریتسیوم و اسکوسپورهای قارچ در نمونه‌های جمع‌آوری شده، قارچ بیمارگر جداسازی و شناسایی شد (Mirabolfathy, 2012). فاکتورهای مورد بررسی مانند خصوصیات فردی درختان (قطر برابرسینه، موقعیت تاج) و شرایط محیطی (ارتفاع از سطح دریا، شیب، جهت شیب) و ویژگیهای رویشگاه مانند شاخص رقابت، فاصله از جاده و محدوده پراکنش در جنگل براورد و در تحلیل بقا استفاده شدند. شاخص رقابت با استفاده از معادله یک براورد گردید:

$$\sum_{i=1}^{n}\left(d_i/d\right)\times \arctan(d_i/dist_i) \qquad \text{معادله ۱}$$

$d_i$ : قطر برابرسینه درخت همسایه (سانتی‌متر)، $d$: قطر برابرسینه درخت انتخاب‌شده بلندمازو (سانتی‌متر)، $dist_i$ : فاصله درخت همسایه تا درخت انتخاب‌شده بلندمازو (متر) (Contrerasa *et al*., 2011).

## آنالیز بقاء

در آنالیز بقای کلاسیک، به مطالعه گروهی از افراد پرداخته می‌شود که برای تک تک آن‌ها یک رویداد لحظه-ای، به نام شکست، تعریف می‌شود. مدت زمانی که طول می‌کشد تا این شکست رخ دهد، زمان شکست نامیده می-شود. در هر فرد شکست، حداکثر یک بار می‌تواند رخ دهد. داده‌های بقاء در حقیقت زمان‌های شکست را از یک لحظه ورود تعریف شده تا وقوع یک رویداد نهایی اندازه-گیری می‌کنند. تعیین دقیق زمان شکست مستلزم آن است که: الف- معنی و مفهوم شکست کاملاً واضح باشد؛ ب- یک مبدأ زمانی برای هر یک از افراد مورد مطالعه تعریف شده باشد؛ ج- یک مقیاس برای اندازه‌گیری زمان تعیین شده باشد. دانستن زمان شکست در آنالیز بقا برای ما حائز اهمیت است. گاهی این زمان‌ها را نمی‌توان مشاهده کرد چون به دلایلی سانسور می‌شوند. همان‌گونه که اشاره شد در آنالیز بقاء کلاسیک گروهی از افراد را از یک لحظه ورود تعریف شده تا وقوع یک رویداد نهایی (شکست) مورد مطالعه قرار می‌دهند. هدف از مطالعه داده‌های بقاء مشاهده و بررسی زمان‌های شکست (در تحقیق حاضر زمان بیمار شدن) برای افراد تحت مطالعه می‌باشد اغلب امکان انتظار روی‌دادن برای همه افراد نیست. برای بعضی، زمان شکست هنوز مشاهده نشده است. در این حالت مشاهده زمان شکست سانسور شده است. به عبارت دیگر زمانی را که در آن هنوز شکست برای افراد مشاهده نشده، زمان سانسور آن فرد می‌نامند.

آنالیز بقا مجموعه‌ای از روش‌های آماری برای تجزیه‌وتحلیل داده‌ها است که در آن متغیر موردعلاقه زمان وقوع یک "رویداد" است (Klein & Moeschberger 2003). در این مطالعه از تجزیه‌وتحلیل بقا برای شناسایی عوامل مؤثر بر زمان بیماری درختان بلندمازو در پارک جنگلی قرق طی دو سال استفاده شد. توابع بقا و خطر از توابع محوری در تحلیل بقا هستند که برای تعیین توزیع احتمال رخدادی در یک جمعیت استفاده می‌شود که تابع بقا در زمان t عبارت است از:

$$S(t) = P(T \geq t) \qquad \text{معادله ۲}$$

که در آن S(t) احتمال رخ دادن یک حادثه (مرگ‌ومیر یا بیمار شدن) در زمان T است (Cox and Oakes, 1984).

تابع خطر، نرخ بیماری در زمان است و t عبارت است از:

معادله ۳

$$h(t) = \lim_t \to 0\ P(t \leq T \leq t + _t | T \geq t)\ _t$$

که در آن $h(t)$: احتمال این که حادثه (مرگ، بیمار شدن) دقیقاً در زمان t رخ می‌دهد مشروط به این‌که قبل از این زمان رخ نداده باشد (Cox and Oakes, 1984). دو نوع مدل رگرسیونی برای داده‌های بقاء وجود دارد مدل مخاطره متناسب کاکس به‌عنوان یک روش نیمه‌پارامتری و مدل‌های شتاب‌دار زمان شکست از قبیل مدل وایبل، نمایی و لگ نرمال به‌عنوان روش‌های پارامتری، وجود دارند (Cox, 1972). به‌هرحال از مدل کاکس به‌طور وسیع در آنالیز بقا استفاده می‌شود. مدل مخاطره متناسب کاکس یا رگرسیون کاکس یک

www.SID.ir

Archive of SID

روش نیمه‌پارامتری است که علاوه بر برآورد احتمالات بقاء در زمان‌های مختلف به بررسی تأثیر متغیرهای کمکی نیز می‌پردازد. مدل کاکس علی‌رغم داشتن برخی محدودیت‌ها به‌عنوان رایج‌ترین مدل به‌منظور مدل‌سازی عوامل مؤثر بر بقا به کار می‌رود که در این تحقیق نیز از آن استفاده شد. تابع مخاطره کاکس برای متغیر توضیحی x تابعی به‌صورت زیر است (Cox & Oakes, 1984) :

معادله۴

$$h_i(t) = h_0(t)\,exp(X_{\ 1}\beta_1 + X_{\ 2}\beta_2 + \cdots .. X_{\ k}\beta_{ik})$$

بر اساس مدل فوق، مخاطره پایه $h_0(t)$ تابع مخاطره در زمان t، $exp(X_{\ 1}\beta_1 + X_{\ 2}\beta_2 + \cdots .. X_{\ k}\beta_{ik})$ تابع خطر نسبی و $\beta_i$ها پارامترهای رگرسیون هستند. چون فرض نشده که این تابع مخاطره پایه فرمی پارامتریک دارد، مدل کاکس را یک مدل نیمه‌پارامتریک برای تابع مخاطره گویند. الزامی نبودن یک توزیع احتمالی برای زمان‌های بقا، یکی از مزایای مدل مخاطره متناسب کاکس است ولی یک پیش‌فرض مهم و اساسی در این مدل وجود دارد و آن فرض متناسب بودن خطر برای تمامی متغیرهای مستقل موجود در مدل نهایی می‌باشد. در صورت برقراری این فرض، تفسیر مدل به‌دست‌آمده ساده‌تر از مدل‌های پارامتری خواهد بود. اما چنانچه پیش‌فرض‌های مدل‌های پارامتری برقرار باشند، تجزیه‌وتحلیل قوی‌تری نسبت به روش‌های نیمه‌پارامتری قابل انجام است. مدل کاکس کاربردی‌ترین روش برای یافتن ارتباط متغیرهای توضیحی با متغیر پاسخ بقا یا هر متغیر پاسخ دیگری است که از راست سانسور شده باشد (Therneau & Grambsch., 2000).

**معیارهای مقایسه**

در این مطالعه برای مقایسه کارایی مدل‌های نیمه‌پارامتریک از ملاک آکائیکه ( Akaike Information Criteria) و میزان تغییرات استانداردشده پارامترها استفاده شد. AIC معیاری است که به‌وسیله آکائیکه پیشنهاد شد و هدف آن اندازه‌گیری نیکویی برازش مدل برآورد است (Akaike, 1974). این معیار میزان تعامل بین پیچیدگی مدل و برازش مناسب مدل را اندازه‌گیری می‌کند و هر چه قدر مقدار AIC کمتر باشد کارایی مدل بهتر است. برای مدل‌های مورداستفاده در این تحقیقAIC از فرمول زیر محاسبه‌شده است:

معادله۵

$$AIC = -2*\log(likelihood) + 2(p + k)$$

که P تعداد پارامترهای موجود در مدل است و k ضریب ثابتی است که وابسته به نوع مدل به‌کار می‌رود. (Klein & Moeschberger, 2003). همان‌طور که در فرمول تحلیل بقا نشان داده شد، زمان یک رویداد جزء اصلی تعریف روش‌های آنالیز بقا است. ازاین‌رو، مانع اصلی استفاده از تجزیه‌وتحلیل بقا عدم دسترسی به سنین درختان مورد نظر در جنگل و سانسور رخداد مربوط به درختان است (Flewelling & Monserud, 2002).

اثر متغیرهای مستقل همراه مانند ویژگیهای فردی، شرایط محیطی و رویشگاه بر میزان بقا (بیمار شدن) درختان بلندمازو در پارک جنگلی قرق ارزیابی شد. در این مطالعه برای تعیین میزان بقا از روش کاپلان‌مایر و برای مقایسه بقای سطوح مختلف متغیرها از روش لگ رتبه‌ای استفاده شد. منحنی کاپلان مایر یک روش ناپارامتری است که می‌توان با استفاده از آن برآوردی استاندارد برای تابع بقاء به دست آورد. یک محور آن زمان بقاء (t) و دیگری تابع بقاء s (t)=p(T>t) را نشان می‌دهد. علاوه بر آن با استفاده از این منحنی و آزمون لگ رتبه و ... می‌توان بقاء را برای گروه‌های مختلف به دست آورد و آن‌ها را با یکدیگر مقایسه کرد (Porhooseinqoli *et al.*, 2006). همچنین برای تعیین عوامل مؤثر بر بقا از روش رگرسیون کاکس استفاده شد و جهت بررسی صحت فرض مخاطرات متناسب برای هر یک از متغیرها از آزمون آماری

www.SID.ir

Archive of SID

مانده‌های شونفیلد استفاده گردید. در این مطالعه درختانی که از زمان تشخیص تا پایان زمان مطالعه برای آن‌ها پیامد مرگ یا بیماری رخ نداده بود به‌عنوان موارد سانسور از راست تلقی شدند. از نرم‌افزار R نسخه ۳/۳ برای تجزیه داده‌ها استفاده و سطح معنی‌داری آزمون‌ها کمتر از ۵ درصد در نظر گرفته شد.

## نتایج

### شناسایی قارچ عامل بیماری ذغالی در بلندمازو

مشخصات ریخت‌شناسی قارچ عامل بیماری به شرح زیر می‌باشد که با چشم غیرمسلح، استرومای بالغ به حالت افقی و کشیده، از نظر جنس به حالت کربنی و به رنگ خاکستری تیره تا سیاه، دارای حاشیه مشخص، سطح صاف به همراه شکستگی و کمی بالاتر از پوست درخت مشاهده شد. در بزرگ‌نمایی حدود ۴۰ برابر زیر استریومیکروسکوپ، برجستگی‌های مربوط به پریتسیوم-ها پستانکی شکل و منفذ استیول به‌خوبی قابل مشاهده بود. در مشاهده از بالا، حضور پریتسیوم‌ها درون یک بافت استرومایی به‌خوبی قابل تشخیص می‌باشد. با تهیه برشی از استروما به کمک تیغ اسکالپل، فضای دربرگیرنده پریتسیوم‌ها، گلابی‌شکل تا کشیده مشاهده شد. اندازه‌گیری فضای استیولار نشان داد در پهن‌ترین قسمت عرض حدود ۰/۵ تا ۰/۷ میلی‌متر و طول آن‌ها حدود ۱/۲ میلی‌متر می‌باشد. در مطالعات میکروسکوپی، پریتسیوم‌ها گرد و گلابی‌شکل و دارای یک گردن کوتاه بودند. آسک‌ها کیسه‌ای تا سیلندری شکل و کنار یکدیگر از قاعده به سمت بالای آسکوکارپ به‌طور منظم قرار داشتند. بر اساس مشخصات بالا و استناد بر کلیدهای معتبر علمی، عامل بیماری *B. mediterranea*var *microspore* تشخیص داده شد (Mirabolfathy *et al*., 2011).

### آنالیز بقا

در طول دوره تحقیق از تعداد ۱۹۲ اصله درخت سالم، علائم بیماری و نشانه‌های بیماری در ۱۲۴(۶۴/۵ درصد) اصله، مشاهده شد و ۵ اصله (۲/۶ درصد) کاملاً خشک‌شده بودند که در بررسی تحلیل بقا وارد شدند و بقیه درختانی که در طول دوره تحقیق علائم بیماری در آن‌ها مشاهده نشد و هنوز سالم بودند، سانسور از راست شدند. لذا برای بررسی تأثیر هر یک از متغیرهای خصوصیات فردی، رویشگاه و توپوگرافی بر بقا (زمان بیمار شدن درختان، ظهور علائم ونشانه‌های بیماری ذغالی)، ابتدا ارزیابی با استفاده از آزمون لگ رتبه‌ای انجام شد. در این مرحله متغیرهای معنی‌دار شناسایی شدند (جدول ۱). با توجه به انکه مطالعه آنالیز بقا در ۱۹۲ اصله درخت سالم انجام گردید برای جلوگیری از پیچیدگی موضوع تنها دو کلاسه سالم و بیمار در این روش وارد شدند و دیگر عنوانی از کلاسه مرده در تجزیه لحاظ نشد.

نتایج نشان داد که میانگین زمان بقای درختان در دوره‌های رویشی یکسان نیست به طوری که درختان تیرک و پیردار به ترتیب با بیشترین (۱۰۰/۷) و کمترین (۴۰/۲) میانگین زمان بقا را داشتند (جدول ۱). همچنین میانگین زمان بقا در کلاس‌های مختلف شیب متفاوت بود اما درختان موجود در مناطق شیب ۰-۵ درصد، کمترین (۵۷/۳) و مناطق خیلی شیب‌دار (۲۰<) بیشترین (۱۰۴/۳) میانگین زمان بقا را دارا بودند (جدول ۱). با این وجود فقط دو متغیر فاصله از جاده و محدوده پراکنش (ترانسکت)، اثرات معنی‌داری بر میانگین زمان بقا داشتند (جدول ۱) به‌طوری‌که درختان نزدیک به جاده‌ها از کمترین (۵۱/۷) و درختان دورتر از بیشترین (۱۰۴/۳) میانگین زمان بقا برخوردار بودند (جدول ۱).

www.SID.ir

Archive of SID

**جدول ۱. توزیع درختان بیمار و نتایج آزمون لگ رتبه‌ای برای متغیرهای فردی، رویشگاه و محیط در بلندمازو در دوره زمانی دو ساله (۱۳۹۴-۱۳۹۲)**

| | متغیر | تعداد درختان (درصد) | تعداد بیمارها (درصد) | میانگین زمان بقا (بیمار شدن) (ماه) | *Pvalue* |
|---|---|---|---|---|---|
| قطر برابرسینه (سانتی‌متر) | تیرک | ۱۹(۱۰) | ۱۰(۵۳) | ۱۰۰/۷(۱۹/۵) | ۰/۱۵ ns |
| | تیر | ۱۱۴(۶۰) | ۷۲(۶۳) | ۸۲/۶(۷/۷) | |
| | نوبار | ۴۸(۲۵) | ۳۴(۷۱) | ۷۱/۰(۱۱/۱) | |
| | پیردار | ۹(۵) | ۸(۸۹) | ۴۰/۲(۱۷/۸) | |
| موقعیت تاج | غالب | ۱۴۲(۷۵) | ۹۲(۶۵) | ۷۹/۱(۶/۸) | ۰/۷۰ ns |
| | همراه غالب | ۴۳(۲۳) | ۲۸(۶۵) | ۷۹/۵(۱۲/۴) | |
| | میانه | ۵(۲) | ۳(۶۰) | ۸۹/۶(۳۶/۷) | |
| طول تنه (متر) | ۱-۲/۵ | ۲۶(۱۴) | ۱۸(۶۹) | ۷۲/۶(۱۵/۴) | ۰/۲۱ ns |
| | ۲/۵-۶ | ۹۳(۴۹) | ۶۵(۷۰) | ۷۱/۹(۸/۱) | |
| | ۶-۱۰ | ۵۵(۲۹) | ۳۱(۵۶) | ۹۴/۳(۱۱/۴) | |
| | >۱۰ | ۱۶(۸) | ۱۰(۶۳) | ۸۳/۵(۲۰/۷) | |
| فاصله از جاده (متر) | ۰/۱-۱۰ | ۲۷(۱۴) | ۲۲(۸۱) | ۵۱/۷(۱۲/۸) | ۰/۰۱ * |
| | ۱۰-۱۰۰ | ۷۶(۴۰) | ۵۴(۷۱) | ۶۹/۵۹(۸/۸) | |
| | ۱۰۰-۲۰۰ | ۳۲(۱۷) | ۱۰(۳۱) | ۷۴/۰(۱۳/۹) | |
| | >۲۰۰ | ۵۵(۲۹) | ۲۹(۵۳) | ۱۰۹/۶(۱۱/۵) | |
| ارتفاع از سطح دریا (متر) | >۲۵۰ | ۱۳۴(۷۱) | ۸۹(۶۶) | ۷۷/۶(۶/۹) | ۰/۳۸ ns |
| | <۲۵۰ | ۵۶(۲۹) | ۳۵(۶۳) | ۸۳/۹(۱۱/۰) | |
| شیب زمین (درصد) | ۰-۵ | ۸۷(۴۶) | ۵۸(۶۷) | ۷۷/۶(۸/۵۵) | ۰/۳۳ ns |
| | ۵-۱۰ | ۱۷(۹) | ۱۳(۷۶) | ۵۷/۳(۱۷/۹) | |
| | ۱۰-۱۵ | ۳۱(۱۶) | ۲۳(۷۴) | ۶۷/۰(۱۳/۱) | |
| | ۱۵-۲۰ | ۲۵(۱۳) | ۱۵(۶۰) | ۸۶/۸(۱۶/۹) | |
| | <۲۰ | ۳۰(۱۶) | ۱۵(۵۰) | ۱۰۴/۳(۱۵/۶) | |
| جهت شیب | شمالی | ۵۷(۳۰) | ۲۵(۴۴) | ۱۱۵/۰(۱۱/۳) | ۰/۶۱ ns |
| | شمال شرقی | ۴۹(۲۶) | ۴۳(۸۸) | ۴۲/۱(۸/۰) | |
| | جنوب غربی | ۱۷(۹) | ۹(۵۳) | ۱۰۴/۱(۱۹/۷) | |
| | هموار | ۶۷(۳۵) | ۴۷(۷۰) | ۷۰/۴(۹/۶) | |
| نزدیک‌ترین درخت | *Q. castaneifolia* | ۷۲(۳۸) | ۴۵(۶۳) | ۸۴/۰(۹/۷) | ۰/۵۷ ns |
| | *Z. carpinifolia* | ۲۸(۱۵) | ۱۸(۶۴) | ۸۱/۰(۱۵/۴) | |
| | *P. persica* | ۱۰(۵) | ۸(۸۰) | ۵۳/۸(۲۱/۶) | |
| | *C. betulus* | ۸۰(۴۲) | ۵۳(۶۶) | ۷۸/۱(۹/۰) | |

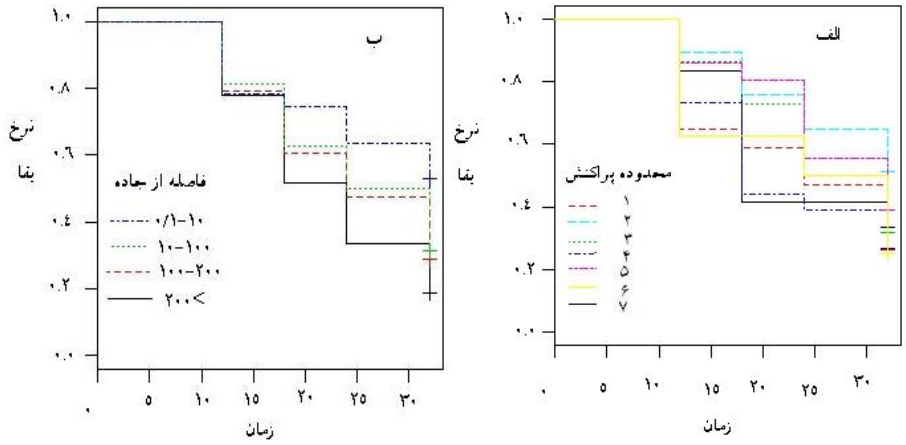
www.SID.ir

Archive of SID

**ادامه جدول ۱. توزیع درختان بیمار و...**

| | متغیر | تعداد درختان (درصد) | تعداد بیمارها (درصد) | میانگین زمان بقا (بیمار شدن) (ماه) | *Pvalue* |
|---|---|---|---|---|---|
| فاصله تا نزدیک‌ترین همسایه (متر) | ۰/۱–۳ | ۷۲(۳۸) | ۴۸(۶۷) | ۷۷/۵(۹/۴) | ۰/۷۱ ns |
| | ۳/۱–۶ | ۶۹(۳۶) | ۴۸(۷۰) | ۷۱/۱(۹/۵) | |
| | ۶/۱–۹ | ۳۶(۱۹) | ۲۰(۵۶) | ۹۶/۳(۱۴/۰) | |
| | >۹ | ۱۳(۷) | ۸(۶۲) | ۸۵/۸(۲۲/۹) | |
| شاخص رقابت | ۰/۱ – ۰/۵ | ۲۵(۱۳) | ۱۷(۶۸) | ۷۵/۷(۱۵/۷) | ۰/۸۶ ns |
| | ۰/۶– ۰/۹ | ۶۸(۳۶) | ۴۴(۶۵) | ۸۰/۰(۹/۸) | |
| | ۱/۰– ۱/۴ | ۶۴(۴۱) | ۴۱(۶۴) | ۸۱/۳(۱۰/۲) | |
| | ۱/۵< | ۳۳(۱۷) | ۲۲(۶۷) | ۷۷/۹(۱۳/۸) | |
| محدوده پراکنش (ترانسکت) | ۱ | ۱۲(۶) | ۸(۶۷) | ۷۵/۵(۲۳/۴) | ۰/۰۱ * |
| | ۲ | ۱۸۳۴() | ۲۵(۷۴) | ۶۵/۰(۱۲/۹) | |
| | ۳ | ۲۲(۱۲) | ۱۵(۶۸) | ۷۵/۸(۱۶/۷) | |
| | ۴ | ۴۱(۲۲) | ۳۰(۷۳) | ۶۴/۵(۱۱/۹) | |
| | ۵ | ۳۷(۱۹) | ۱۸(۴۹) | ۱۰۸/۲(۱۳/۸) | |
| | ۶ | ۳۶(۱۹) | ۲۲(۶۱) | ۸۷/۹(۱۳/۶) | |
| | ۷ | ۸(۴) | ۶(۷۵) | ۶۳/۰(۲۶/۱) | |

ns عدم معنی‌داری، ** معنی‌داری در سطح ۰/۰۱




شکل ۲. منحنی‌های کاپلان مایر برای متغیرهای الف: محدوده پراکنش، ب: فاصله از جاده

این در حالی است که در درختان موجود در محدوده ترانسکت شماره ۵ (۱۳/۸)۱۰۸/۲ و محدوده ترانسکت ۷، کمترین (۲۶/۱)۶۳/۰ میانگین زمان بقا مشاهده شد که این اختلاف در سطح ۰/۰۱ معنی‌دار بود (جدول ۱). همچنین مشخص شد که درختان بلندمازوی که نزدیک‌ترین همسایه آن بلندمازو باشد دارای بیشترین (۹/۷)۸۴/۰ میانگین زمان

www.SID.ir

Archive of SID

بقا هستند. درحالی‌که درختان بلندمازو نزدیک به درخت انجیلی از کمترین (۲۱/۶)۵۳/۸ میانگین زمان بقا برخوردار بودند (جدول ۱). میزان فاصله تا نزدیک‌ترین همسایه نیز می‌تواند باعث تفاوت میانگین زمان بقا در درختان بلندمازو شود (جدول ۱). نتایج آزمون لگ رتبه‌ای و منحنی‌های کاپلان مایر برای متغیرهای فاصله از جاده و محدوده پراکنش (ترانسکت)، در شکل ۲ نشان داده شده است. طبق نتایج آزمون لگ‌رتبه‌ای در تجزیه داده‌ها در مدت دو سال تحقیق، متغیرهای محدوده پراکنش (ترانسکت) و فاصله از جاده در حضور سایر متغیرها بر نرخ بیماری درختان بلندمازو تأثیر معنی‌داری دارند (جدول ۲). همچنین با هدف بررسی تأثیر هم‌زمان متغیرها بر بیمار شدن درختان بلند-مازو، تأثیر متغیرهای معنی‌دار و آن‌هایی که علی‌رغم معنی-دار نشدن، *Pvalue* کمتر از ۰/۲۵ داشتند، وارد مدل رگرسیون کاکس شدند (جدول ۲).

قبل از برازش مدل کاکس فرض خطر متناسب برای متغیرها با استفاده از باقی‌مانده اسکینفیلد بررسی شد و این فرض برای متغیرهای فاصله از جاده و محدوده پراکنش (ترانسکت)، برقرار نبود ($P<۰/۰۵$)، در نتیجه مدل کاکس به داده‌ها برازش داده شد. نتایج حاصل از مدل رگرسیونی کاکس در جدول ۲ نشان داده شده است. مدل پیشنهادی متشکل از دو متغیر فاصله از جاده و محدوده پراکنش (ترانسکت)، ارائه شد.

**جدول ۲. نتایج حاصل از برازش مدل رگرسیونی کاکس در درختان بلوط بلندمازو در محدوده پارک جنگلی قرق**

| متغیر | ضریب | نسبت مخاطره | فاصله اطمینان ۹۵٪ | | *AIC* | *Pvalue* |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | حد بالا | حد پایین | | |
| فاصله از جاده (Distance) | -۰/۳۴ | ۰/۷۱(۰/۰۶) | -۰/۱۶ | -۰/۵۲ | ۱۱۸۱/۰ | ۰/۰۰۱** |
| موقعیت پراکنش (Position) | -۰/۱۶ | ۰/۸۵(۰/۰۵) | -۰/۰۴ | -۰/۲۷ | | ۰/۰۰۱** |

**معنی‌داری در سطح ۰/۰۰۱.

بر اساس نتایج به دست آمده مدل نهایی کاکس که رابطه آن به صورت معادله زیر است، بدست می‌آید:

معادله ۶: $h(t|x) = h_{0i}(t)\exp[(-0.34Distance + (-0.16\,Position)$

برای متغیر فاصله از جاده، با فرض ثابت نمودن اثر سایر متغیرها، مخاطره نسبی برای فاصله ۱۰۰ متر در مقابل ۱۰۱ متر برابر است با $e^{-0.34} = ۰/۶۷$ می باشد و در حالت کلی با افزایش یک متر فاصله از جاده خطر بیماری درختان بلندمازو به اندازه ۰/۶۷ افزایش می‌یابد.

## بحث

این مطالعه با هدف شناسایی عوامل مؤثر بر زمان بیمار شدن درختان بلندمازو در پارک جنگلی قرق با استفاده از مدل کاکس در مدت دو سال انجام گرفت، زیرا در مطالعات گذشته نشان داده‌شده است که این مدل در تجزیه چندمتغیری از سایر مدل‌ها پارامتریک و نیمه‌پارامتریک کاراتر است (Porhooseinqoli., *et al*., 2006). بر اساس نتایج به دست آمده در میان یازده متغیر بررسی‌شده تنها متغیرهای فاصله از جاده و محدوده پراکنش تأثیر معنی‌داری بر زمان بیمار شدن درختان بلندمازو در مدت دو سال تحقیق داشتند. با توجه به نتایج مدل کاکس احتمال بیمار شدن برای درختان نزدیک به جاده به ازای هر متر معادل

www.SID.ir

Archive of SID

۰/۳۴ درصد افزایش می‌یابد. نتایج فوق مطابق با نتایج (Worboys & Gadek, 2004)، بیانگر آن است که هر چه فاصله درختان از جاده بیشتر شود بیمار شدن آن‌ها در مدت زمان طولانی‌تری اتفاق می‌افتد، یعنی با یک متر افزایش فاصله درخت تا جاده، احتمال آلودگی به‌اندازه ۰/۳۴ درصد کاهش می‌یابد.

نتایج به دست آمده را می‌توان این‌طور تفسیر کرد که دخالت‌های انسانی (جاده‌سازی، اکوتوریسم و ...) و عواقب ناشی از آن، عوامل تأثیرگزاری بر افزایش خطر بیمار شدن درختان بلندمازو در منطقه مورد مطالعه در مدت این دو سال بوده‌اند. از آنجایی که قارچ بیمارگر پارازیت ثانویه شناخته می‌شود و تنها درختانی را بیمار می‌کند که تحت تنش باشند، می‌توان اذعان کرد که در مناطق نزدیک به محل عبور جاده که امکان حضور گردش‌گر و فعالیت‌های انسانی بیشتر است، احتمال وارد نمودن فشارهای ناشی از فعالیت‌های انسانی و تلقیح آن، افزایش می‌یابد و شرایط برای آلوده شدن درختان بلندمازو توسط قارچ بیمارگر ثانویه *B. mediterranea* بیشتر فراهم شده است. همچنین می‌توان بیان داشت در پارک جنگلی قرق به دلیل عدم توازن در توزیع نهاده‌های موردنیاز گردش‌گر در سطح پارک، استقرار و حضور بازدیدکنندگان در اطراف جاده‌ها بیشتر است و همین باعث افزایش کوبیدگی خاک و سایر عوامل تنش‌زا بر درختان بلندمازو در این سطوح شده است که احتمال بیمار شدن آن‌ها نیز بیشتر است. مطابق با نتایج Karami و همکاران (2015b)، مشخص شد که محدوده پراکنش نیز یکی از متغیرهای تاثیرگذار بر احتمال بیمار شدن درختان بلندمازو در پارک جنگلی قرق است. با تغییر محدوده پراکنش از محدوده ترانسکت یک به سمت ترانسکت هفت احتمال بیمار شدن درختان بلندمازو در مدت زمان این تحقیق به‌اندازه ۰/۱۶ درصد کاهش می‌یابد. یکی از دلایل عمده افزایش نرخ بیماری اجرای عملیات عمرانی با ماشین‌آلات سنگین در این محدوده از پارک باشد که با ورود آن‌ها به عرصه جنگلی و ایجاد تنش‌های متعددی (کوبیدگی خاک، شکستن شاخ و برگ، زخم کردن تنه و غیره)، درختان را مستعد پذیرش بیماری کرده‌اند. لذا ضروری است برای درک بهتر میزان تأثیرگذاری دیگر عوامل بر نرخ بیماری و مرگ‌ومیر درختان بلوط با عاملیت بیماری ذغالی، مطالعاتی در این راستا در مدت زمان حداقل ده‌ساله انجام شود تا به‌طور دقیق عوامل تأثیرگذار بر احتمال و زمان وقوع بیماری، مشخص شود.

با توجه به آن که مطالعه‌ای هم‌سو با این تحقیق در منابع مختلف پیدا نشد که به بررسی احتمال بیمار شدن درختان در طول زمان بپردازد، لذا مقایسه نتایج این تحقیق با مطالعات دیگران امکان‌پذیر نبود. اما مطالعاتی در زمینه ارزیابی مرگ و میر درختان در طول زمان با استفاده از روش‌های رگرسیون لجستیک انجام‌گرفته است که نشان داده‌اند که متغیرهای مانند قطر برابر سینه، اندازه تاج و تراکم توده رابطه معنی‌داری با وضعیت سلامت درختان در طول زمان دارند (Thapa *et al.*, 2015). همچنین (Gadow, 2014 and Kotze,) در مطالعات خود نشان دادند که خطر مرگ و میر در عرصه‌های جنگل‌کاری شده برای درختان یکسان نیست و با توجه به گونه درختی، تراکم کاشت، سن درختان و خصوصیات رویشگاه متغیر خواهد بود. علاوه بر این Shifley و همکاران (۲۰۰۶)، در مطالعات خود نشان دادند که میزان ریسک مرگ و میر در گونه بلوط قرمز و سفید یکسان نیست و وابسته به قطر برابر سینه، تراکم درخت در هکتار، موقعیت تاج و گونه درختی دارد. Karami و همکاران (۲۰۱۶)، نیز با استفاده از روش‌های رگرسیون لجستیک در مطالعات گذشته‌نگر نشان دادند که خصوصیات فردی درختان اثرات معنی‌داری برا احتمال وقع بیماری ذغالی بلوط دارند. در کلیه مطالعات فوق از روش‌های رگرسیون لجستیک برای بررسی داده‌های گذشته‌نگر استفاده کرده‌اند و نشان دادند ویژگیهای فردی درختان و عوامل توپوگرافی، اثرات معنی‌داری بر احتمال وقوع بیماری در عرصه‌های جنگلی دارند. اما این مطالعه با استفاده از روش-های آنالیز بقا به بررسی داده‌های آینده‌نگر پرداخته است که عوامل مؤثر بر زمان وقوع بیماری ذغالی بلوط در بلندمازو پرداخته است و نمی‌توان نتایج این تحقیق را با نتایج حاصل از مطالعات گذشته‌نگر مقایسه کرد. از آن جایی که زمان به

www.SID.ir

Archive of SID

عنوان یکی از اضلاع هرم بیماری است و دیگر عوامل (محیط، میزبان و بیمارگر) نیز به طور مستقیم یا غیرمستقیم با آن در ارتباط هستند، لذا شناسایی عوامل مؤثر بر زمان بیماری و مرگ و میر درختان در طول دوره‌های زمانی می‌تواند کمک اثرگذاری در مدیریت بهتر بیماری‌های جنگلی کند. تفاوت بین نتایج این پژوهش با دیگر تحقیقات که از روش‌های معمول رگرسیون لجستیک استفاده کرده بودند را می‌توان به شیوه آنالیز داده‌ها و تغییرات میزان اثرگزاری عوامل مؤثر بر زمان و احتمال وقوع بیماری‌های درختان جنگلی در طول دوره‌های زمانی مرتبط دانست. بااین‌حال مطابق با نتایج این تحقیق، Woodall و همکاران (۲۰۰۵) نیز با به‌کارگیری آنالیز بقا، میزان ریسک مرگ‌ومیر درختان را بر اساس متغیرهای گونه، موقعیت، شرایط رویشگاه و عوامل تنش‌زا بررسی و اعلام کردند که استفاده از شیوه‌های آنالیز بقا در علوم جنگل به کارشناسان این حوزه کمک می‌کند که پیش‌بینی و درک درستی از چگونگی روند مرگ و میر درختان در طول زمان به دست بیاورند. در این تحقیق نیز با وارد کردن کلیه متغیرهای مستقل در آنالیز بقا، درنهایت متغیرهای با اثرات معنی‌دار شناسایی و برای برآورد زمان وقوع زمان شکست (بیمارشدن) استفاده شدند که در نهایت مناسب‌ترین مدل با کمترین میزان معیار آکائیکه نسبت به دیگر مدل‌ها، برای برآورد زمان بیمار شدن درختان بلندمازو معرفی شد.

با این وجود جهت درک و شناخت بهتر چگونگی تأثیر خصوصیات فردی، توده و محیط بر روند (احتمال و زمان وقوع) بیماری ذغالی بلوط، ضروری است چنین مطالعاتی در دوره‌های طولانی‌مدت و در توده‌های مختلف انجام شود تا بتوان مدلی مناسب برای پیش‌بینی نرخ آلودگی درختان بلندمازو ارائه شود. در این راستا، نتایج این تحقیق درک بهتری از روند بیمار شدن درختان بلندمازو و عوامل مؤثر بر آن در پارک جنگلی قرق، ارائه می‌دهد که مدیران و کارشناسان این حوزه می‌توانند از این نتایج جهت ارائه برنامه‌های مدیریتی و حفاظتی پارک جنگلی قرق، باهدف کاهش میزان خطر آلودگی بیماری ذغالی بلوط استفاده کنند.

## References


- Akaike, H., 1974. A new look at the statistical model identification. IEEE Transactions on Automatic Control, 19: 716–23.
- Anton-Fernandez, C., 2008. Towards greater accuracy in individual-tree mortality regression, PhD thesis, Michigan Technological University.
- Baguskas, S. A., Peterson, S. H., Bookhagen, B., Still, C. J., 2014. Evaluating spatial patterns of drought-induced tree mortality in a coastal California pine forest. Forest Ecology and Management, 315: 43–53.
- Condeso, T. E., Meentemeyer, R. K., 2007a. The effects of landscape heterogeneity on the emerging forest disease sudden oak death. Journal of Ecology, 95 (2): 364–375.
- Condeso, T. E., Meenteyer, R. K., 2007b. Effects of landscape heterogeneity on the emerging forest disease sudden oak death. Journal of Ecology, 95: 364–375.
- Contrerasa, M. A., Affleck, D., Chung, W., 2011. Evaluating tree competition indices as predictors of basal area increment in western Montana forests. Forest Ecology and Management, 262: 1939–1949 .
- Costa, A., Pereira, H., Madeira, M., 2010. Analysis of spatial patterns of oak decline in cork oak woodlands in Mediterranean conditions. Annals of Forest Science, 67 (2): 204-209.
- Cox, D. R., 1972. Regression models and life-table. (With discussion). Journal of Royal Statistical Society, 34: 187-220.
- Cox, D. R., Oakes, D., 1984. analysis of Survival Data, Chapman and Hall, London, 208p.
- Davidson, J. M., Patterson, H. A., Wickland, A. C., Fichtner, E. J., Rizzo, D. M., 2011. Forest type influences transmission of *Phytophthora ramorum* in California oak woodlands. Phytopathology, 101: 492–501.
- Fierke, M. K., Kelley, B., Stephen, F. M., 2007. Site and stand variables influencing red oak borer, *Enaphalodes rufulus* (Coleoptera: Cerambycidae), population densities and tree mortality. Forest Ecology and Management, 247: 227–236.
- Flewelling, J., Monserud, R. A., 2002. Comparing methods for modeling tree mortality. In: Crookston, N. L., Havis, R. N. (Eds.), Second Forest Vegetation Simulator Conference. RMRS-P-25. USDA Forest Service, Rocky Mountain Research Station, Fort Collins, 169–177.
- Gadow, K., Kotze, H., 2014. Tree survival and maximum density of planted forests – Observations from South African spacing studies. Forest Ecosystems, 1:21.


www.SID.ir

Archive of SID

wildfire severity affected by stage of forest disease invasion. Ecological Applications, 21: 313–320.
- Mirabolfathy, M., 2012. Outbreak of charcoal disease on *Quercus* spp and *Zelkova Carpinifolia* trees in forests of Zagros and Alborz mountains in Iran. Journal of Plant Diseases, 49 (2): 257-263.
- Mirabolfathy, M., Groenewald, J. Z., Crous, P. W., 2011. The occurrence of charcoal disease caused by *Biscogniauxia mediterranea* on chestnut-leaved oak (*Quercus castaneifolia*) in the Golestan Forests of Iran. Plant Disease, 95 (7): 876-876.
- Porhooseinqoli, M. A., Hajizadeh, A., Abdi, A. R., Safaee, A., Moqimi Dahkoordi, B., Zali, M. R., 2006. Comparison of Cox regression and parametric models in survival analysis of patients with gastric cancer. Iranian Journal of Epidemiology, 3(2): 25-29 (In Persian).
- Rose, E. C., Hall, D. B., Shiver, B. D., Clutter, M. L., Borders, B., 2006. A multilevel 481 approach to individual tree survival prediction, Forest Science, 52 (1): 31–43.
- Shifley, S. R., Fan, Z., Kabrick, J. M., Jensen, R. G., 2006. Oak mortality risk factors and mortality estimation. Forest Ecology and Management, 229: 16–26.
- Sturrock, R. N., Frankel, S. J., Brown, A. V., Hennon, P. E., Kliejunas, J. T., Lewis, K. J., Worrall, J. J., Woods, A. J., 2011. Climate change and forest diseases. Plant Pathology, 60 (1): 133–149.
- Thapa, R., Burkhart, E. H., Li, J., Hong, Y., 2015. Modeling clustered survival times of Loblolly Pine with time-dependent covariates and shared frailties. Journal of Agricultural Biological and Environmental Statistics.
- Therneau, T., Grambsch, P., 2000. Modeling survival data: extending the cox model. New York, Springer-Verlag.
- Woodall, C. W., Grambsch, P. L., Thomas, W., Moser, W. K., 2005. Survival analysis for a large-scale forest health issue: Missouri oak decline. Environmental Monitoring and Assessment, 108: 295–307.
- Worboys, S. J., Gadek, P. A., 2004. Rainforest dieback: risks associated with roads and walking track access in the wet tropics world heritage area. School of Tropical Biology, James Cook University Cairns Campus and Cooperative Research Centre for Tropical Rainforest Ecology and Management. Rainforest Cooperative Research Centre, Cairns, 57p.
- Zens, M. S., Peart, D. R., 2003. Dealing with death data: individual hazard, mortality and bias. Trends in Ecology and Evolution, 18, 366–373.
- Jules, E. S., Carroll, A. L., Garcia, A. M., Steenbock, C. M., Kauffman, M. J., 2014. Host heterogeneity influences the impact of a non–native disease invasion on populations of a foundation tree species. Ecosphere, 5 (9): 1-17.
- Karami, J., Kavosi, M. R., Bbanezhad, M ., 2015a. Assessing the relationship between some environmental variables and spread of charcoal disease on chestnut-leaved oak (*Quercus castaneifolia* CA Mey), Iranian Journal of Forest and Range Protection Research, 13(1): 34-45 (In Persian).
- Karami, J., Kavosi, M. R., Bbanezhad, M., 2015b. Description of the symptoms and the evaluation of the co-occurrence of different severity of charcoal disease in *Quercus castaneifolia*, Journal of Natural Ecosystems of Iran, 6 (3):1-14 (In Persian).
-Karami, J., Kavosi, M. R., Bbanezhad, M., 2016. Assessment of relationship between host characteristics with the severity and occurrence of charcoal disease in oak forests of Golestan. Iranian Journal of Forest, 8 (2): 195-207 (In Persian).
- Karami, J., Kavosi, M. R., Bbanezhad, M., 2017. Epidemiology of oak decline: Spatial Analysis of oak decline dynamics in a Golestan oak forest (Case study: Qoroq Park Forest). Forest and Wood Products, 69 (4): 777-788 (In Persian).
- Kitahara, M., Hirata, K., 2012. Modeling Tree Mortality Using the Cox Proportional Hazards Model based on data derived from permanent plots of *Cryptomeria japonica* planted forest. Formth, 11:103–119.
- Klein, J. P., Moeschberger, M. L., 2003. Survival analysis: Techniques for censored and truncated data. Springer, New York , 353p.
- LI, J., Hong, Y., Thapa, R., Burkhart, H. E., 2015. Survival Analysis of Loblolly Pine Trees with spatially Correlated Random Effects. Journal of the American Statistical Association, 110: 486-502.
- Mack, R. N., Simberloff, D., Mark Lonsdale, W., Evans, H., Clout, M., Bazzaz, F. A., 2000. Biotic invasions: causes, epidemiology, global consequences, and control. Ecological Applications, 10 (3): 689–710.
- Meentemeyer, R .K., Cunniffe, N. J., Cook, A. R., Filipe, J. A. N., Hunter, R. D., Rizoo, D. M., Gilligan, C. A., 2011. Epidemiological modeling of invasion in heterogeneous landscapes: spread of sudden oak death in California (1990 –2030). Ecosphere, 2 (2): 1-24.
- Metz, M. R., Frangioso, K. M., Meentemeyer, R. K., Rizzo, D. M., 2011. Interacting disturbances:

www.SID.ir

Archive of SID

# Application of survival analysis methods to assess the effects of individual characteristics, habitat and environment on survival time of oak charcoal against the charcoal disease

**J. Karami[1], M. R. Kavosi[2*] and M. Babanezhad[3]**

1- Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Recourses, Golestan, Iran
2- Corresponding author, Forest Sciences, Forest Pathology, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Recourses, Iran, E-mail: kavosi.reza66@gmail.com
3-Department of Statistics, Faculty of Sciences, Golestan University, Iran

Received: 16/02/2016 Accepted: 06/06/2017

**Abstract**

Charcoal disease *(Biscogniauxia mediterranea)* was reported in Golestan province as one of the major diseases affecting oak decline in 2011. Therefore, this study was aimed to evaluate the influence of tree characteristics, stand and site on the infection risk in oak trees in the Qoroq forest park. In this study, 192 oak trees with the average diameter of 50.9± 16.5 cm at breast height were recorded, so that the health status of the trees was evaluated in five semiannual courses from October 2013 to October 2015. Log-rank test and Cox regression analysis were used to estimate the mean survival time of the trees and the affecting factors, respectively. The Log-rank test demonstrated the highest (100.7 months) and lowest (40.2 months) mean survival time at the vegetative stage in small pole and mature trees, respectively. Oak trees at a distance of less than 10 and more than 200 meters from the road showed the lowest (51.7 months) and the highest (109.6 months) mean survival time, respectively. Nevertheless, according to the Cox regression analysis, among the variables examined only the distance from the road and distribution range had significant effects on the survival rate of oak trees. Estimation of the survival rate and the affecting factors in oak trees could be used in prevention methods to manage and decrease the charcoal disease rate particularly in Qoroq forest park. Using the survival analysis methods in epidemiological studies of the forest tree diseases, the experts will have the better and more accurate understanding on the diseases progress.

**Keywords**: *Quercus castaneifolia* , Charcoal disease, Survival analysis, Cox model

www.SID.ir