Archive of SID

فصلنامهٔ علمی پژوهش و توسعه جنگل
جلد ۶، شماره ۱، صفحه ۱۲۰-۱۰۷، (۱۳۹۹)

مدل‌سازی احتمال جست‌دهی برودار در توده‌های جست‌زاد زاگرس مرکزی

حمدالله صادقی کاجی*[۱]، علی سلطانی[۲] و صالح کهیانی[۳]

۱- دانشجوی دکتری جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد، ایران.
(adeghihamdolla@gmail.com)
۲- دانشیار، گروه جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد، ایران.
(ali.soltani@nres.sku.ac.ir)
۳- استادیار، گروه جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد، ایران. (skahyani@sku.ac.ir)

تاریخ دریافت: ۹۷/۰۸/۰۲ تاریخ پذیرش: ۹۸/۰۱/۳۰

چکیده

تعیین پتانسیل جست‌دهی برودار، تعیین ارتباط بین ارتفاع متوسط جست‌ها، ارتفاع جست غالب و تعداد جست‌ها با قطر کنده در هر جست‌گروه از اهداف این پژوهش بود. برای این منظور در مجموع ۹۳ کنده در توده‌های جست‌زاد برودار در استان چهارمحال و بختیاری انتخاب و در یک دوره رویشی مورد حفاظت فردی قرار گرفتند. مدل لجستیک برای تعیین پتانسیل جست‌دهی برودار با متغیرهای سن و قطر کنده بررسی شد. برای تعیین رابطه بین قطر کنده و متغیرهای جست‌ها از انواع مدل‌های خطی و غیرخطی (توانی، نمایی، لگاریتمی و پلی‌نومیال) استفاده شد. نتایج مدل لجستیک نشان داد که مدل شامل متغیر قطر کنده مدل مناسب برای تعیین پتانسیل جست‌دهی برودار است. مدل پلی‌نومیال از نظر معیارهای انتخاب مدل در بین مدل‌های دیگر نتایج بهتری را برای برآورد سه متغیر ارتفاع غالب، ارتفاع متوسط و تعداد جست در هر جست گروه نشان داد. بیشترین مقدار ضریب تعیین (R^2_{adj} = ۰/۶۳۹) و بهترین نتیجه از نظر معیارهای انتخاب مدل بین تعداد جست در هر جست گروه با قطر کنده وجود داشت. نتایج آنالیز واریانس تعداد جست در طبقات قطری نشان داد که بین طبقات قطری مختلف تفاوت معنی‌داری وجود دارد. بین دامنه قطری ۵-۲۵ و ۲۵-۵۵ سانتی‌متری اختلاف معنی‌داری وجود ندارد.

واژه‌های کلیدی: برودار، جست‌زاد، جنگل‌های زاگرس، رگرسیون لجستیک، مدل‌سازی.

* نویسنده مسئول شمارهٔ تماس: ۰۹۲۲۷۵۰۳۶۹۱

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

جست‌زادی (Coppicing) یکی از قدیمی‌ترین شیوه‌های جنگل‌شناسی در اغلب کشورها در سراسر دنیا است (Fujimori, 2001). اساس این روش بر گونه‌هایی استوار است که توانایی خوبی در تولید جست دارند. تولید جست یک مکانسیم اولیه در رویشگاه‌های مناطق خشک است که در آن درخت قطع و کنده و ریشه‌ها در محل باقی می‌مانند (Ewel, 1977). در واقع جست‌زادی پاسخی به تنش‌های مختلف در مقیاس وسیع مانند قطع، بهره‌برداری شدید، چرای دام، آتش‌سوزی و غیره در مناطق خشک است. این قابلیت ارتجاعی زیاد (High resilience) از این نظر که تداوم بازتولید جنگل را در مناطقی تحت تنش، حفظ می‌کند، اهمیت زیادی دارد. این اهمیت در رویشگاه‌های خشک به دلیل خطر زیاد و احتمال کم در موفقیت زادآوری با بذر بیشتر است (Kauffman, 1991). گونه‌های چوبی مختلف از نظر تولید جست به دو دسته گونه‌های جست‌زاد (sprouters) و گونه‌های غیرجست‌زاد (non-sprouters) تقسیم می‌شوند (Vesk, 2006). جست‌زادی از طریق ریشه و کنده یکی از مرسوم‌ترین روش‌های تجدید حیات در گونه‌های مختلف بلوط (*Quercus* spp.) است (Johnson *et al.*, 2002).

گونه بلوط ایرانی (*Quercus brantii* Lindl) به‌عنوان مهم‌ترین گونه جنگل‌های زاگرس فرم غالب رویشی جست‌زاد دارد (Jazirei and Ebrahimi Rostaghi, 2003). توجه به رویکرد جست‌زاد در این جنگل‌ها به دلیل مشکل بودن زادآوری دانه‌زاد به دلایلی همچون وجود تنش‌های گوناگون انسانی مانند بهره‌برداری شدید و خارج از ضابطه، چرای دام در کنار ضعف عمومی رویشگاه از اهمیت زیادی برخوردار است. اگرچه تنش‌های انسانی عامل اصلی سیر قهقرایی این جنگل‌ها محسوب می‌شوند، اما پژوهش‌های گرده‌شناسی نیز نشان داده‌اند که از زمان آخرین عصر یخبندان در Holocene، به‌علت تقریباً به صفر رسیدن بارندگی تابستانه و خشکی چهارماهه در هرسال، شرایط برای استقرار طبیعی نونهال‌های دانه‌زاد برودار در این جنگل‌ها بسیار مشکل شده و یا از بین رفته است (Moslimany, 1983). در کنار چالش‌های بیان شده برودار قدرت جست‌دهی بالایی دارد. به‌طوری‌که گفته می‌شود تکثیر غیرجنسی این گونه از طریق جست ضامن بقای جنگل‌های زاگرس بوده است (Fatahi, 1994). توانایی خوب تولید جست گونه برودار می‌تواند همواره محرکی قوی در استفاده از رویکردهای مدیریت جست‌زادی در این جنگل‌ها باشد. یکی از عامل‌های کلیدی در موفقیت استقرار توده‌های جست‌زاد توانایی درختان در تولید جست از کنده است (Mwavu and Witkowski, 2008). عوامل مؤثر بر تولید جست تنها وابسته به عوامل زیستی نیستند، بلکه عوامل غیرزیستی مثل قطر کنده (Shackleton, 2001)، ارتفاع قطع (Tiwari and Das, 2010)، روش قطع (Ducrey and Turrel, 1992)، فصل قطع (Xue *et al.*, 2013)، ظرفیت چرای (Grazing capacity) هر منطقه (Gaoue and Ticktin, 2008)، فیزیوگرافی (Gracia and Retana, 2004) نیز دخیل‌اند. در زمینه عوامل مؤثر بر جست‌دهی برودار فتاحی (Fatahi, 1994) نشان داد که در جنگل‌های زاگرس تعداد جست‌ها با توجه به شرایط ادافیکی و نوع گونه متفاوت است. بررسی عوامل فیزیوگرافی و خاکی مؤثر بر جست‌دهی برودار توسط Pourhashemi *et al.*, 2007)، Soleymani *et al.*, 2008) نیز گزارش شده است. در بررسی دیگری Pourreza و همکاران (2009) تأثیر آتش به‌عنوان یک عامل تنش‌زای بیرونی بر نتایج اولیه جست‌دهی برودار

www.SID.ir

Archive of SID

در استان کرمانشاه را گزارش کردند. در زاگرس میانی بررسی ابراهیمی رستاقی و جهانبازی نشان داد که کنده‌های با قطر ۲۱/۵ سانتی‌متر و سن بیشتر از ۱۰۲ سال بیشترین تولید جست را داشتند (Jazirei and Ebrahimi Rostaghi, 2003).

باوجود تاریخچه خوب بررسی پتانسیل جست-دهی گونه‌های مختلف بلوط (Grandiner and Lockhart ،Weigel *et al*., 2006 ،Helmig, 1997 ،and Chambers, 2007 Matula, 2012 ،Pyttel *et al*., 2013)، اما دانش اندکی در این خصوص برای گونه برودار وجود دارد. مدل‌سازی پتانسیل تولید جست یکی از روش‌های دست‌یابی به این اطلاعات است. در فرایند مدل‌سازی از تحلیل رگرسیون به‌صورت گسترده استفاده می‌شود (Kiani, 2017). ازآنجایی‌که رگرسیون لجستیک یک روش آماری است برای توسعه مدل‌هایی با متغیرهای دوبخشی (dichotomous) (در این پژوهش موفقیت یا شکست در جوانه زدن) (Cook and Weisberg, 1999). برای مدل‌سازی احتمال جست‌دهی در گونه‌های مختلف از رگرسیون لجستیک استفاده می‌شود (Sands and Abrams, 2009).

هدف از این پژوهش ۱-مدل‌سازی احتمال جست‌دهی برودار در رابطه با قطر کنده ۲- تعیین رابطه بین مشخصه‌های جست‌های تولید شده مانند میانگین ارتفاع جست‌های یک جست گروه، ارتفاع جست غالب یک جست گروه و تعداد جست در هر جست گروه با قطر ساقه‌ای که جست از آن تولید شده است. از نتایج این پژوهش می‌توان در پیش‌بینی توان تولید جست از هر کنده (تعیین قدرت بازتولید جنگل)، استفاده در تدوین برنامه‌های جنگل‌شناسی (پیش‌بینی برنامه‌های اندوخته‌گیری و تنک‌کردن جست‌ها) و دیگر اهداف مدیریتی طرح‌های جنگلداری بهره برد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد پژوهش

ازآنجایی‌که انتخاب کنده‌های مناسب برای این بررسی به‌صورت انتخابی و بر اساس معیارهایی همچون وضعیت قطع درخت (ارتفاع قطع بین ۱۵-۳۰ سانتی متر و کنده سالم)، مقدار دسترسی و امکان حفاظت در مراحل بعدی صورت گرفت. محدوده پراکنش کنده‌ها در این پژوهش (محدوده انتخاب کنده‌ها) وسعتی ۱٤۰۰۰ هکتاری در ناحیه رویشی زاگرس میانی در استان چهارمحال و بختیاری مرز بین شهرستان اردل و کیار را دربرگرفته است. تیپ غالب جنگل‌های این ناحیه بلوط ایرانی یا برودار (*Quercus brantii* Lindl) است که عمدتاً فرم رویشی جست‌زاد در توده‌های این ناحیه غالب است. محدوده جغرافیایی مورد بررسی بین ´´٤۳´٥۰°۳۱ و ´´۱۳´٥۹°۳۱ عرض شمالی و ´´۳٦´۱۸°٥۰ و ´´۱۳´۲٦°٥۰ طول شرقی قرار دارد (شکل ۱). حداقل و حداکثر ارتفاع بین ۱۵۰۰ تا ۲۲۵۰ متر از سطح دریا است. میانگین ۱۰ ساله بارندگی سالانه ۵۵۸/۲ میلی‌متر و میانگین دمای سالیانه ۱۵/۱ درجه سانتی‌گراد است. منطقه از نظر ویژگی‌های آب و هوایی در منطقه اقلیمی نیمه مرطوب قرار دارد (Jafari *et al*., 2015).

www.SID.ir

Archive of SID

شکل ۱- نمایی از محدوده پژوهش

Figure 1. Location of the study area

روش جمع‌آوری داده‌ها

برای تعیین پتانسیل جست‌زایی برودار از درختان قطع‌شده از محل‌های گزارش‌شده قطع جنگل که طی عملیات گشت‌زنی یگان حفاظت اداره منابع طبیعی شهرستان اردل طی فصل تابستان شناسایی شدند، استفاده شد. در مجموع ۱۷۰ اصله درخت شناسایی شد که ۹۳ اصله از این درختان از نظر شرایط قطع و قابلیت حفاظت فردی برای این پژوهش مناسب تشخیص داده شدند. بعد از شناسایی و بررسی اولیه محل‌های گزارش قطع درخت، کنده‌های انتخاب‌شده با توجه به وضعیت قطع درخت در ارتفاع قطع بین ۱۵ تا ۳۰ سانتی‌متر (با توجه به وضعیت کنده) از طوقه به‌وسیله اره موتوری تنظیم شد. تعیین سن کنده‌ها از طریق شمارش حلقه‌های سالیانه بر روی کنده درخت انجام گرفت. در مجموع ۹۳ کنده با ارتفاع قطع بین ۱۵-۳۰ سانتی‌متر برای اندازه‌گیری موردحفاظت فردی قرار گرفتند. کنده‌های شناسایی‌شده طی فصل بهار و تابستان ۹٤ انتخاب و طی بازدیدهای مکرر و منظم از اوایل بهار تا اواخر تابستان سال ۹۵ مورد بررسی قرار گرفتند. در انتخاب محل کنده‌ها سعی شد شرایط از نظر عوامل فیزیوگرافی، وضعیت حفاظت و همسانی شرایط عمومی جنگل رعایت شود. در محل هر جست‌گروه قطر کنده به سانتی‌متر، سن به سال (از طریق شمارش دوایر سالیانه بر روی کنده)، تعداد جست‌های هر جست‌گروه، میانگین ارتفاع جست‌های یک جست گروه و ارتفاع جست غالب یک جست-گروه تا دقت میلی‌متر در پایان فصل رشد یعنی شهریورماه سال ۹۵ اندازه‌گیری شد.

روش بررسی

مدل احتمالی جست‌دهی

مدل احتمالی جست‌دهی برودار نمایشی از احتمال وجود حداقل یک جست بر روی کنده در سال اول قطع است. برای تعیین این مدل در رابطه با قطر کنده از متغیر دوتایی (مشاهده یا عدم مشاهده جست در کنده) از رگرسیون لجستیک (تابع لجیت) استفاده شد. متغیرهای قطر و سن کنده و اثرهای متقابل این دو متغیر (با بررسی وجود هم‌راستایی بین متغیرهای قطر و سن) برای انتخاب مدل احتمالی، مورد بررسی قرار گرفتند. برای انتخاب مدل مناسب از مهم‌ترین معیار-های ارزیابی مدل‌های لجستیک، معیار ضریب کاذب نکلرک R^2(Nagelkerke) (که شبیه ضریب تبیین و مقدار آن بین صفر تا یک است)، معیار آکائیک (AIC)، شوارز (SBC) (جدول ۱) و مقدار ارزش P معیار والد (Wald) استفاده شد. برای تأیید برازش کلی مدل لجستیک از آزمون Hosmer-Lemeshow استفاده شد. در آخر بر اساس رابطه انتخاب‌شده منحنی

www.SID.ir

Archive of SID

احتمال جست‌دهی برودار در سطح احتمال ۹۵ درصد ترسیم شده است. تحلیل‌های انجام‌شده با استفاده از نرم‌افزار SPSSver19 و Excel 2013 انجام گرفت.

جدول ۱- روابط معیارهای استفاده شده برای انتخاب مدل مناسب

Table 1. Equation of the criteria used to select the appropriate model

شماره رابطه Number Equation	شکل رابطه Equation form	منبع Source
1	$AIC = W \ln\left(\frac{SSE}{W}\right) + 2P$	Akaike (1973)
2	$SBC = W \ln\left(\frac{SSE}{W}\right) + \ln(W)\, P$	Schwarz (1978)

SSE: مجموع مربعات خطا، W: جمع وزن مشاهدات استفاده شده در محاسبات و P: تعداد متغیرهای مستقل.

SSE: Total squared error, W: Total weight of the observations used in the calculations and P: Number of independent variables.

روابط بین قطر کنده با مشخصه‌های جست‌های یک جست‌گروه

برای تعیین رابطه بین قطر کنده با متوسط ارتفاع جست‌های یک جست‌گروه شامل ارتفاع جست غالب، ارتفاع متوسط جست‌های هر جست‌گروه و تعداد جست‌ها در هر جست‌گروه از روابط مختلف خطی و غیرخطی استفاده شد. برای مقایسه مدل‌ها از معیارهای ضریب تبیین تعدیل شده، مجموع مربع باقیمانده‌ها و جذر مربع میانگین خطا استفاده شد (روابط ۳ و ٤). علاوه بر این رابطه بین تعداد جست در هر کنده در ارتباط با طبقات قطری مختلف (۵ طبقه قطری شامل ۵-۱۵، ۱۵-۲۵، ۲۵-۳۵، ۳۵-٤۵ و ٤۵-۵۵ سانتی‌متر) از طریق تحلیل واریانس یک‌طرفه مورد بررسی قرار گرفت. معنی‌داربودن رابطه، مقایسه میانگین‌ها از طریق آزمون توکی در سطح احتمال ۹۵ درصد انجام گرفت.

رابطهٔ (۳) $$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(\bar{y}_i - y_i)^2}{n}}$$

رابطهٔ (٤) $$RSS = \sum_{i=1}^{n}(\varepsilon_i)^2$$

در این روابط RSS: مجموع مربع باقیمانده‌ها ε_i: باقیمانده‌ها و RMSE: جذر میانگین مربعات خطا $\bar{y}_i$: مقدار برآوردی، y_i: مقدار واقعی و n: تعداد مشاهده شده است.

نتایج

مشخصه‌های آماری اندازه‌گیری‌شده شامل قطر و سن کنده، تعداد و ارتفاع متوسط و غالب جست‌های مورد بررسی در جدول ۲ آورده شده است. قبل از مدل-سازی تبعیت داده‌ها از توزیع نرمال از طریق آزمون کلموگروف اسمیرنوف بررسی و تأیید شد. نتایج بررسی رابطه بین سن و قطر کنده نشان از ضریب همبستگی زیاد بین این دو متغیر دارد (۹۵ درصد R^2=) (شکل ۲).

نتایج اولیه بررسی جست‌دهی برودار نشان داد که در ۷۳/۸ درصد از کنده‌های بررسی شده حداقل یک جست مشاهده شده و در ۲٦/۲ درصد باقیمانده جستی مشاهده نشد و داده پرتی بین مشاهدات یافت نشد. نتایج آزمون کلی‌نگر (Omnibus) با آماره کای اسکور معنی‌دار بود (جدول ۳). نتایج دو مدل لوجیت نشان داد که استفاده از متغیر قطر کنده نسبت به سن نتیجه مناسب‌تری را از نظر معیارهای R^2، آکائیک (AIC) و شوارز (SBC) داشت. نتایج مقدار ارزش

www.SID.ir

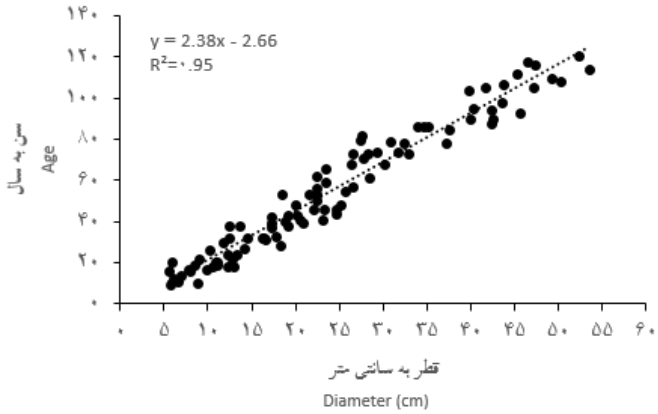
Archive of SID

معیار والد در مدل ٤ کمتر بود. در مجموع با توجه به نتایج معیارهای ارزیابی مدل، مدل احتمالی شماره ۵ به‌عنوان مدل مناسب انتخاب شد. با توجه به مقدار معنی‌داری (sig=۰/۳۶) آزمون Hosmer-Lemeshow با آماره کای اسکور در سطح احتمال ۹۵ درصد توضیح قابل‌قبول داده‌ها توسط مدل تأیید شد.

جدول ۲- مشخصه‌های آماری متغیرهای مورد بررسی

Table 2. Statistical characteristics of the variables under study

تعداد جست Number of sprouts	ارتفاع متوسط جست‌ها (میلی‌متر) Average height of sprouts (mm)	ارتفاع غالب یک جست (میلی‌متر) Dominant height of a sprout (mm)	قطر کنده (سانتی‌متر) Stump diameter (cm)	سن (سال) Age (year)	آماره Statistics
2	98	138	5.8	10	حداقل Minimum
18	190	215	53.6	121	حداکثر Maximum
9.3	141.7	183.8	24.6	56	میانگین Average
3.9	21.5	17.2	12.7	31.2	انحراف معیار Standard deviation



شکل ۲- رابطه خطی بین قطر و سن کنده

Figure 2. Linear relationship between the diameter and the age of the stump

جدول ۳- نتایج بررسی متغیرهای سن و قطر کنده در مدل احتمالی جست‌دهی برودار

Table 3. Results of studying the age and diameter variables in the probable model of spourting

Omnibus tests	P- Wald	SBC	AIC	R^2(Nagelkerke)	متغیرهای رابطه Equation variables
0.015	0.017	153.28	147.54	0.68	قطر کنده Stump diameter
0.012	0.014	172.45	149.24	0.63	سن کنده Stump age

www.SID.ir

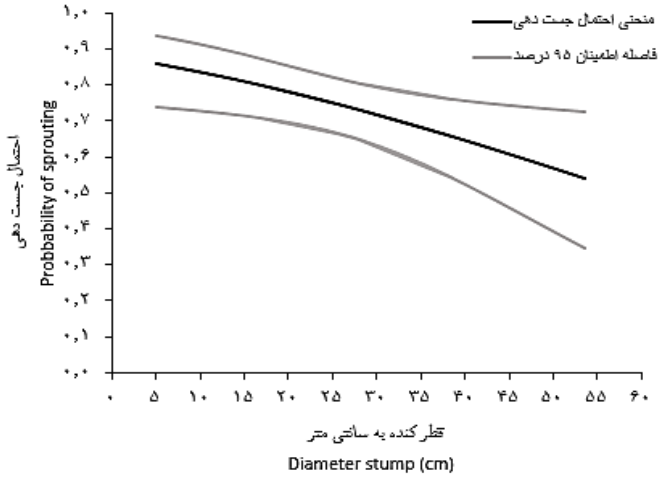
Archive of SID

رابطهٔ (۵) $$P = 1/(1 + EXP(-(1.99 - 0.035 \times SD))$$

رابطهٔ (٦) $$P = 1/(1 + EXP(-(1.09 - 0.50 \times A))$$

در این رابطه P: احتمال اینکه حداقل یک جست در کنده مشاهده شود، SD: قطر کنده به سانتی‌متر و A: سن به سال است.

بر این اساس با رابطه ۵ منحنی احتمال جست-دهی برودار ترسیم شد. شکل گرافیکی این منحنی (شکل ۳) نشان می‌دهد با افزایش قطر کنده از احتمال جست‌دهی در سال اول پس از قطع کاسته می‌شود. این مقدار در فاصله اطمینان ۹۵ درصدی مشخص شده با خط‌چین در شکل ۳ بین ۰/۹۵- ۰/۲۰ قرار داشت.



شکل ۳- احتمال جست‌دهی کنده‌های برودار پس از قطع

Figure 3. The probability of sprouting after cutting

رابطه بین مشخصه‌های جست‌ها با قطر کنده

نتایج بررسی مدل‌های خطی و غیرخطی ارتفاع متوسط جست‌گروه‌ها، ارتفاع جست غالب و تعداد جست در هر جست‌گروه با قطر کنده (روابط ۲۱-۷) نشان داد که مدل چندگانه پلی نومیال با توجه به معیارهای ضریب تبیین اصلاح‌شده، مجموع مربع باقیمانده‌ها و مجذور مربع میانگین خطا در بین مدل‌های مورد بررسی به‌عنوان مدل‌های مناسب‌تری برای پیش‌بینی هر سه متغیر ارتفاع متوسط و غالب و تعداد جست در هر جست گروه است. در بین متغیرهای مورد بررسی رابطه بین تعداد جست‌ها با قطر کنده رابطه بارزتری بود. اگرچه مدل‌های بین ارتفاع متوسط و غالب مدل-های ضعیفی با ضریب تبیین پایین بودند اما متغیر ارتفاع غالب هر جست در جست گروه رابطه بارزتری با قطر کنده داشت. به نظر می‌رسد که رابطه بین جست غالب هر جست گروه با قطر کنده نسبت به ارتفاع متوسط جست‌ها رابطه بارزتری برای نمایش قدرت رویش جست‌های یک کنده باشد.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ٤- نتایج بررسی روابط مختلف بین ارتفاع متوسط جست‌ها با قطر کنده

Table 4. Results of the survey of the different equation between the average heights of the sprout with the diameter of the stump

RMSE	RSS	R^2_{adj}	شکل رابطه Equation form			رابطه Equation number
19.52	34702	0.19	$H=0.77-202.9\times SD$	Linear	خطی	7
19.93	36157	0.15	$H=187.7-15.5\times \ln(SD)$	Logarithmic	لگاریتمی	8
19.97	36313	0.15	$H=193.8\times SD^{-0.01}$	Exponential	توانی	9
76.46	53209	0.12	$H=159.85\times e^{-0.005SD}$	Exponential	نمایی	10
19.36	33749	0.21	$H=0.38\times SD-0.02\times SD^2-147.6$	Polynomial	پلی‌نومیال	11

جدول ٥- نتایج بررسی روابط مختلف بین ارتفاع غالب جست‌ها با قطر کنده

Table 5. Results of the survey of the different equation between the dominant heights of the sprout with the diameter of the stump

RMSE	RSS	R^2_{adj}	شکل رابطه Equation form			رابطه Equation number
14.25	18491	0.31	$DH=0.77-202.9\times SD$	Linear	خطی	12
15.02	20550	0.24	$DH=-230.5-15.25\times \ln(SD)$	Logarithmic	لگاریتمی	13
15.09	20734	0.23	$DH=234.6\times SD^{-0.08}$	Exponential	توانی	14
94.88	21432	0.18	$DH=1.44\times e^{1.38SD}$	Exponential	نمایی	15
13.72	16943	0.36	$DH=0.65\times SD-0.02\times SD^2-187.3$	Polynomial	پلی‌نومیال	16

در این روابط H: متوسط ارتفاع جست‌های یک جست گروه، SD: قطر تنه، RSS: مجموع مربع باقیمانده‌ها، RMSE: مجذور مربع میانگین خطا تعداد جست، DH: ارتفاع غالب جست‌های یک جست گروه، SD: قطر تنه، RSS: مجموع مربع باقیمانده‌ها و RMSE: مجذور مربع میانگین خطا است.

جدول ٦- نتایج بررسی روابط مختلف بین تعداد جست در هر جست گروه با قطر کنده

Table 6. Results of the survey of the different equation between the numbers of the sprout in each stool with the diameter of the stump

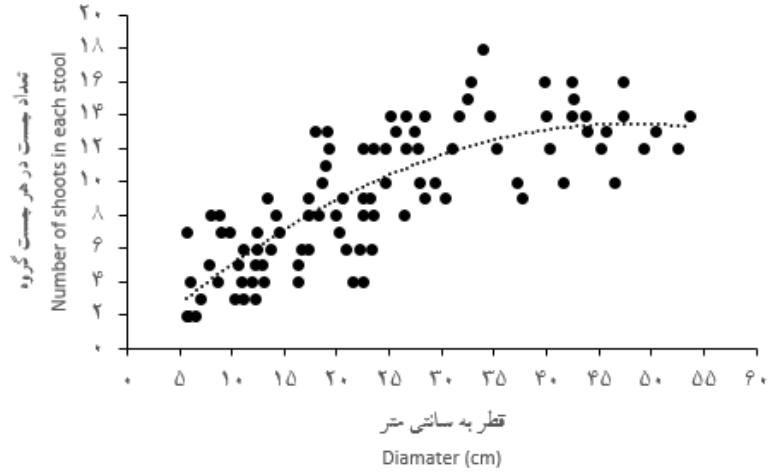
RMSE	RSS	R^2_{adj}	شکل رابطه Equation form			رابطه Equation number
2.57	601.4	0.578	$N=3.48-0.23\times SD$	Linear	خطی	17
2.42	536.1	0.624	$N=-5.53-7.57\times \ln(SD)$	Logarithmic	لگاریتمی	18
2.47	557.6	0.609	$N=3.48\times SD^{0.71}$	Exponential	توانی	19
3.03	837.1	0.413	$N=4.036\times e^{0.026SD}$	Exponential	نمایی	20
2.37	508.6	0/639	$N=0.561\times SD-0.0059\times SD^2-0.0283$	Polynomial	پلی‌نومیال	21

www.SID.ir

Archive of SID

که در این روابط N: تعداد جست‌های یک جست گروه، SD: قطر تنه، RSS: مجموع مربع باقیمانده‌ها و RMSE: مجذور مربع میانگین خطا است.

نمایش گرافیکی رابطه ۲۱ نشان‌دهنده روند افزایشی اما با شیب کم‌شونده تعداد جست در هر جست گروه با افزایش قطر کنده است (شکل ٤).



شکل ٤- نمایش بین قطر کنده با تعداد جست در هر جست گروه بر اساس رابطه ۲۱

Figure 4. The plotted view between the stump diameter and the number of shoots in each stool based on equation number 21

بررسی تجزیه واریانس وضعیت جست‌دهی در ۵ طبقه قطری جدا شده نشان داد بین طبقات قطری مختلف با تعداد جست‌ها رابطه معناداری وجود دارد (جدول ۷). این رابطه با مقایسه میانگین‌ها از طریق آزمون توکی نشان داد که بین طبقه ۵-۱۵ و ۱۵-۲۵ و سه طبقه دیگر اختلاف معناداری وجود دارد (شکل ۵).

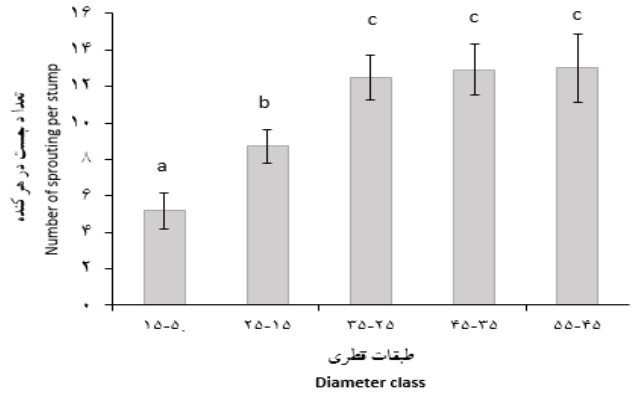
جدول ۷- تجزیه واریانس یک‌طرفه مقایسه تعداد جست در طبقات قطری مختلف

Table 7. One-way analysis of variance comparing the number of sprout in different diameter classes

Sig.	F	میانگین مربعات Mean Square	درجه آزادی df	منبع Source
0.0001	34.97	221.4	4	طبقات قطری Diameter classes
		6.33	88	خطا Error
			92	کل Total

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۵- وضعیت جست‌دهی کنده‌های برودار در طبقات قطری مختلف

Figure 5. The condition of the sprouting in different diameter classes

بحث

مدل‌سازی احتمال جست‌دهی برودار نشان داد که با افزایش قطر یا سن کنده (به‌دلیل اینکه سن رابطه قوی با قطر کنده دارد) احتمال جست‌زایی در سال اول پس از قطع با شیب به‌نسبت ملایمی کاهش می‌یابد. نتایج مطالعات قبلی نیز مشابه این پژوهش را نشان دادند که توانایی جست‌زایی پس از قطع با افزایش سن و قطر عموماً روند کاهنده‌ای دارد (Vesk and Westoby, 2004). این کاهش روند با افزایش قطر به‌صورت منحنی غیرخطی و از احتمال ۰/۸۸ (۸۸ درصد) در قطرهای کم تا احتمال (۰/۵) ۵۰ درصد در قطرهای زیاد تغییر می‌کند. نتایج روند کاهش غیرخطی احتمال جست‌دهی برودار با افزایش قطر کنده مشابه پژوهش Weigel and peng (2002) در بررسی ۵ گونه بلوط در شمال امریکا و نتیجه بررسی Matula و همکاران (2012) برای بلوط (*Quercus petraea*) در اروپای مرکزی است. یکی از دلایل کاهش توان جست‌دهی با افزایش سن این است که با افزایش سن ضخامت پوست تنه بلوط نیز افزایش می‌یابد و این افزایش یک مقاومت فیزیکی در خروج جست‌ها ایجاد می‌نماید و به‌تبع آن شانس جست‌زایی کاهش می‌یابد (Johnson *et al.*, 2002). علاوه بر این با افزایش سن تعداد جوانه‌های خفته که موجب جست‌زایی می‌شوند، کاهش میابد (Bio *et al.*, 2017).

در این پژوهش روابط استفاده شده به‌جز رابطه قطر کنده با ارتفاع جست‌ها رابطه ضعیفی را نشان داد. احتمالاً دلیل این امر می‌تواند به دلیل تغییرات فیزیولوژیکی که با افزایش سن در درختان رخ می‌دهد، باشد. عموماً درختان توان خود را در مرحله جوانی به تولید و در مرحله بلوغ صرف تولیدمثل جنسی می‌کنند. اگرچه رابطه ارتفاع با قطر کنده ضعیف بود اما نتایج نشان داد که ارتفاع جست غالب هر جست‌گروه نماینده بهتری نسبت به ارتفاع متوسط جست‌های یک جست‌گروه در نمایش توان رویشی کنده است. از این‌رو می‌توان گفت احتمالاً ارتفاع جست غالب در یک جست‌گروه برودار می‌تواند نمایه مناسبی برای تعیین قدرت رویشی جست‌های یک کنده باشد. با توجه به اینکه مدل‌های ارائه شده در مجموع برای هر دو متغیر ارتفاع متوسط و غالب جست‌ها توان برآورد پایینی داشتند، استفاده یا پیشنهاد آنها قبل از بررسی بیشتر توصیه نمی‌شود.

www.SID.ir

Archive of SID

بیشترین تعداد جست در قطرهای بین ۲۰ تا ۳۵ سانتی‌متر مشاهده شد که با توجه به شکل ۲ می‌توان گفت این مقدار جست‌زایی در سن تقریبی بالای ۷۰ سال رخ داده است. این نتایج با بررسی Jazirei and Ebrahimi Rostaghi (2003) که کنده‌های با قطر ۲۱/۵ سانتی‌متر و سن بیشتر از ۱۰۲ سال بیشترین تولید جست را داشتند تناقض ندارد. از بین مدل‌های بررسی‌شده نتایج مدل غیرخطی پلی‌نومیال درجه ۲ نتایج مناسبت‌تری از نظر معیارهای انتخاب مدل بود. مدل‌های توانی، نمایی و لگاریتمی به ترتیب نامناسب‌ترین مدل‌ها برای برآورد متغیرهای جست‌دهی تعیین شدند. این موضوع نشان می‌دهد که روند جست‌دهی در طول زمان از روند افزایشی نمایی یا توانی تبعیت نمی‌کند و روند جست دهی اگرچه به‌صورت افزایشی است اما روند افزایش صعودی نیست. افزایش تعداد جست با قطر کنده درخت برودار با نتایج بررسی Matula و همکاران (2012) برای بلوط (*Quercus petraea*) همخوانی دارد. یکی از دلایلی افزایش تعداد جست‌ها با قطر کنده می‌تواند به دلیل ذخیره مواد غذایی بیشتر و به‌تبع آن قابلیت بیشتر در حمایت از جست‌های جدید عنوان کرد. این افزایش تعداد جست با افزایش قطر با مفهوم کاهش توان جست‌دهی با افزایش قطر تناقضی ندارد به این دلیل که پتانسیل (شانس) جست‌دهی مربوط به توان تولید حداقل یک جست در کنده در سال اول تعریف شده است که احتمالاً این درصد در کنده‌های قطورتر کمتر باشد و ممکن است کنده‌ای که قطورتر است در مجموع تعداد جست بیشتری تولید نماید ولی شانس جست‌دهی هم‌زمان به‌نسبت کنده‌های جوان کمتر باشد. اگرچه نتایج این پژوهش نیز نشان داد بین طبقات قطری مختلف ۵-۲۵ متری و سه طبقه قطری در دامنه ۲۵-۵۵ سانتی‌متری اختلاف معنی‌داری از نظر تعداد جست وجود دارد و بین سه طبقه دامنه قطری ۲۵-۵۵ سانتی‌متری اختلاف معنی‌داری وجود ندارد. این موضوع را می‌توان به کاهش روند جست‌دهی در این سه طبقه ربط داد. احتمالاً شمار جست‌های برودار با افزایش قطر کم شده و در طبقات قطور به‌هم نزدیک شده و روند کاهشی دارد.

این بررسی نشان داد با افزایش قطر (سن) کنده احتمال جست‌زایی برودار کاهش می‌یابد. رابطه قطر کنده با تعداد جست افزایشی با روند کاهنده است. ارتفاع جست غالب احتمالاً نماینده مناسبی برای تعیین توان رویشی یک کنده باشد و تعداد جست در هر کنده در طبقات قطری مختلف متفاوت و بین قطرهای کم‌وزیاد تفاوت معنی‌دار و بین طبقات قطور تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. پژوهش در خصوص متغیرهای رشدی نیازمند بررسی‌هایی در بازه زمانی بیشتری است تا بتوان با اطمینان بیشتری رفتار رشدی جست‌های برودار و تأثیرپذیری متغیرهای مختلف را بررسی کرد. نتایج این پژوهش را می‌توان به‌عنوان پژوهشی اولیه از روند رشد جست‌ها در سال اول بعد از قطع و مقدمه‌ای برای پژوهش‌های بیشتر در زمینه مدل‌های پتانسیل جست‌دهی و زندمانی برودار درنظر گرفت.

References

- Bio, A.O.M.T., G.S. Akouehou & B. Sinsin, 2017. Stump diameter and height effect on early sprouting of three common firewood species in semi-arid region in West Africa. Sciences de la vie, *de la terre et agronomie*, 5(1): 44-51.
- Cook, R.D. & S. Weisberg, 1999. Applied regression including computing and Graphics, John Wiley and Sons, New York, 593 p.
- Del Tredici P., 2001. Sprouting in temperate trees: a morphological and ecological review. *The botanical review*, 67(2):121-140.

www.SID.ir

Archive of SID

- Ducrey, M. & M. Turrel, 1992. Influence of cutting methods and dates on stump sprouting in Holm oak (*Quercus ilex* L) coppice. *In Annales des sciences forestières*, 49(5): 449-464.
- El-Moslimany, A.P., 1986. Ecology and late-Quaternary history of the Kurdo-Zagrosian oak forest near Lake Zeribar, western Iran. *Vegetation*, 68(1):55-63.
- Ewel, J., 1977. Differences between wet and dry successional tropical ecosystems. *Geo.Eco.Trop*, 1(2): 103-117.
- Fattahi, M., 1994. Study of Zagros Forests and the most important degradation factors. Published by Research Institute of Forests and Rangelands, Tehran, 63p (In Persian).
- Fattahi, M., 2000. Management of Zagros forests. Research Institute of Forests and Rangelands press, Tehran, 47 p (In Persian).
- Fujimori, T., 2001. Ecological and silvicultural strategies for sustainable forest management. Elsevier, Amsterdam, 410 p.
- Gaoue, O.G. & T. Ticktin, 2008. Impacts of bark and foliage harvest on Khaya senegalensis (Meliaceae) reproductive performance in Benin. *Journal of Applied Ecology*, 45(1): 34-40.
- Gardiner, E.S. & L.M. Helmig, 1997. Development of water oak stump sprouts under a partial overstory. *New Forests*, 14(1):55-62.
- Gracia, M. & J. Retana, 2004. Effect of site quality and shading on sprouting patterns of holm oak coppices. *Forest Ecology and Management*, 188(1-3): 39-49.
- Jafari, A., Z. Arman, A. Soltani & A. Lotfi, ۲۰۱۴. Developing a pattern for ecological monitoring in central Zagros forests (Case Study, Helen Protected Forest). *Journal of Environmental Studies*, 41(1): 179-191. (In Persian)
- Jazirei, M.H. & M. Ebrahimi Rostaghi, 2003. Silviculture in Zagros, University of Tehran, Tehran, 560 p.
- Johnson, P.S., S.R Shifley & R. Rogers, 2002. The ecology and silviculture of Oaks. CABI Publishing, New York, 503 p (In Persian).
- Kauffman, J.B., 1991. Survival by sprouting following fire in tropical forests of the eastern Amazon. *Biotropica*, 23(3): 219-224.
- Kays, J.S., D.W. Smith, S.M. Zedaker & R.E. Kreh, 1988. Factors affecting natural regeneration of Piedmont hardwoods. *Southern Journal of Applied Forestry*, 12(2): 98-102.
- Kiani, B, 2017. Forest Biometrics: sampling Designs and Measurement Methods in Forest Sciences. Pelk Publishing, Tehran, 464p.
- Lockhart, B.R. & J.L. Chambers, 2007. Cherrybark oak stump sprout survival and development five years following plantation thinning in the lower Mississippi alluvial valley, USA. *New Forests*, 33(2): 183-192.
- Matula, R., M. Svátek, J. Kůrová, L. Úradníček, J. Kadavý & M, Kneifl, 2012. The sprouting ability of the main tree species in Central European coppices: implications for coppice restoration. *European Journal of Forest Research*, 131(5): 1501-1511.
- Mwavu, E.N. & E.T.F. Witkowski, 2008. Sprouting of woody species following cutting and tree fall in a lowland semi-deciduous tropical rain forest, North-Western Uganda. *Ecology and Management*, 255(3-4): 982-992.
- Pourhashemi, M., M.M. Marvi, M. Zobeyri, A.G. Zahedi & P. Panahi, 2007. A study of the factors effective on sprouting of oak species in Marivan forests (Case study: Doveyse forest). *Iranian Journal of Natural Resources Research*, 59(4):819-830 (In Persian).
- Pourreza, M., H. Safari, Y. Khodakarami & S.H. Mashayekhi, 2009. Preliminary results of post fire resprouting of manna oak (*Quercus brantii* Lindl.) in the Zagros forests, Kermanshah. Iranian *Journal of Forest and Poplar Research*, 17(2): 225-236 (In Persian).
- Pyttel, P.L., U.F. Fischer, C. Suchomel, S.M. Gärtner & J. Bauhus, 2013. The effect of harvesting on stump mortality and re - sprouting in aged oak coppice forests. *Forest Ecology and Management*, 289: 18-27.
- Sands, B.A. & M.D. Abrams, 2009. Effects of stump diameter on sprout number and size for three oak species in a Pennsylvania clearcut. *Northern Journal of Applied Forestry*, 26(3): 122-125.
- Shackleton, C.M., 2001. Managing regrowth of an indigenous savanna tree species (Terminalia sericea) for fuelwood: the influence of stump dimensions and post-harvest coppice pruning. *Biomass and Bioenergy*, 20(4): 261-270.
- Soleymani, N., D. Dargahi, M. Pourhashemi & Aamiri, M, 2008. Effects of physiographical factors on oak sprout-

www.SID.ir

Archive of SID

clumps structure in Baba-Kooseh forest; Kermanshah Province. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 3(33):467-477 (In Persian).

- Tiwari, R.K.S., & K, Das, 2010. Effect of stem cuttings and hormonal pre-treatment on propagation of Embelia tsjeriam and Caesalpinia bonduc, two important medicinal plant species. *Journal of Medicinal Plants Research*, 4(15): 1577-1583.
- Valipour, A., M. Namiranian, V, Etemad, & H. Ghazanfari, 2008. Primary study of diameter effect on the ability of stump sprouting of Lebanon oak (*Quercus libani Oliv*.) in northern Zagros forests (case study: Armardeh, Baneh). *Iranian Journal of forests and poplar research*, 16 (4): 626-637 (In Persian).
- Vesk, P.A. & M. Westoby, 2004. Sprouting ability across diverse disturbances and vegetation types worldwide. *Journal of Ecology*, 92(2):310-320.
- Vesk, P.A., 2006. Plant size and resprouting ability: trading tolerance and avoidance of damage? *Journal of Ecology*, 94(5):1027-1034.
- Weigel D.R. & C.Y.J. Peng, 2002. Predicting stump sprouting and competitive success of five oak species in southern Indiana. *Canadian Journal of Forest Research*, 32(4):703-712.
- Weigel, D.R., D.C. Dey & C.Y.J. Peng, 2011. Stump sprout dominance probabilities of five oak species in southern Indiana 20 years after clearcut harvesting. Proceedings of the 17th Central Hardwood Forest Conference GTR-NRS-P, West Lafayette, April 8-9. 2011: 10.
- Xue, Y., W. Zhang, J. Zhou, C. Ma & L. Ma, 2013. Effects of stump diameter, stump height, and cutting season on *Quercus variabilis* stump sprouting. *Scandinavian journal of forest research*, 28(3): 223-231.

www.SID.ir

Archive of SID

Modelling of sprouting potential of the *Quercus brantii* in coppice stands of central Zagros

H. Sadeghi Kaji[*1], A. Soltani[2] and S. Kahyani[3]

1- Ph.D. Student, Faculty of Natural Resources and Earth Sciences, Shahrekord University, Shahrekord, I. R. Iran. (Sadeghihamdolla@gmail.com)
2- Associate Prof., Faculty of Natural Resources and Earth Sciences, Shahrekord University, Shahrekord, I. R. Iran. (Ali.Soltani@nres.sku.ac.ir)
3- Associate Prof., Faculty of Natural Resources and Earth Sciences, Shahrekord University, Shahrekord, I. R. Iran. (skahyani@sku.ac.ir)

Received: 24.10.2018 Accepted: 19.04.2019

Abstract

Determination of the sprouting potential of the *Quercus brantii*, the relationship between the shoots variables with the stump diameter and the number of shoots in each stool are the objectives of this study. For these purposes, a total of 93 stumps in the coppicing stands in Chaharmahal and Bakhtiari Province were selected in a growth period of personal protection. The logistic model was used to determine the potential for sprouting with age and stump diameter variables. The relationship between the shoots variables with a different model (linear and non-linear) was investigated. The results of the logistic model showed that a model including the stump diameter is the appropriate model for determining the potential of sprouting. The polynomial model in terms of model selection criteria among other models showed better results for estimating the three variable include dominant heights, mean height and number of shoots in each stool. The highest coefficient of determination (R^2_{adj} = 0.639) and the best result for the selection criteria of the model were the numbers of shoots per stool with the stump diameter. The results of ANOVA analysis showed that there were significant differences between different diameter classes. There is no significant difference between 5-25 cm and 25-55 cm diameters classes.

Keywords: Coppice, Logistic regression, Modelling, *Quercus brantii*, Zagros forest.

[*] Corresponding author Tel: +989227503691

www.SID.ir