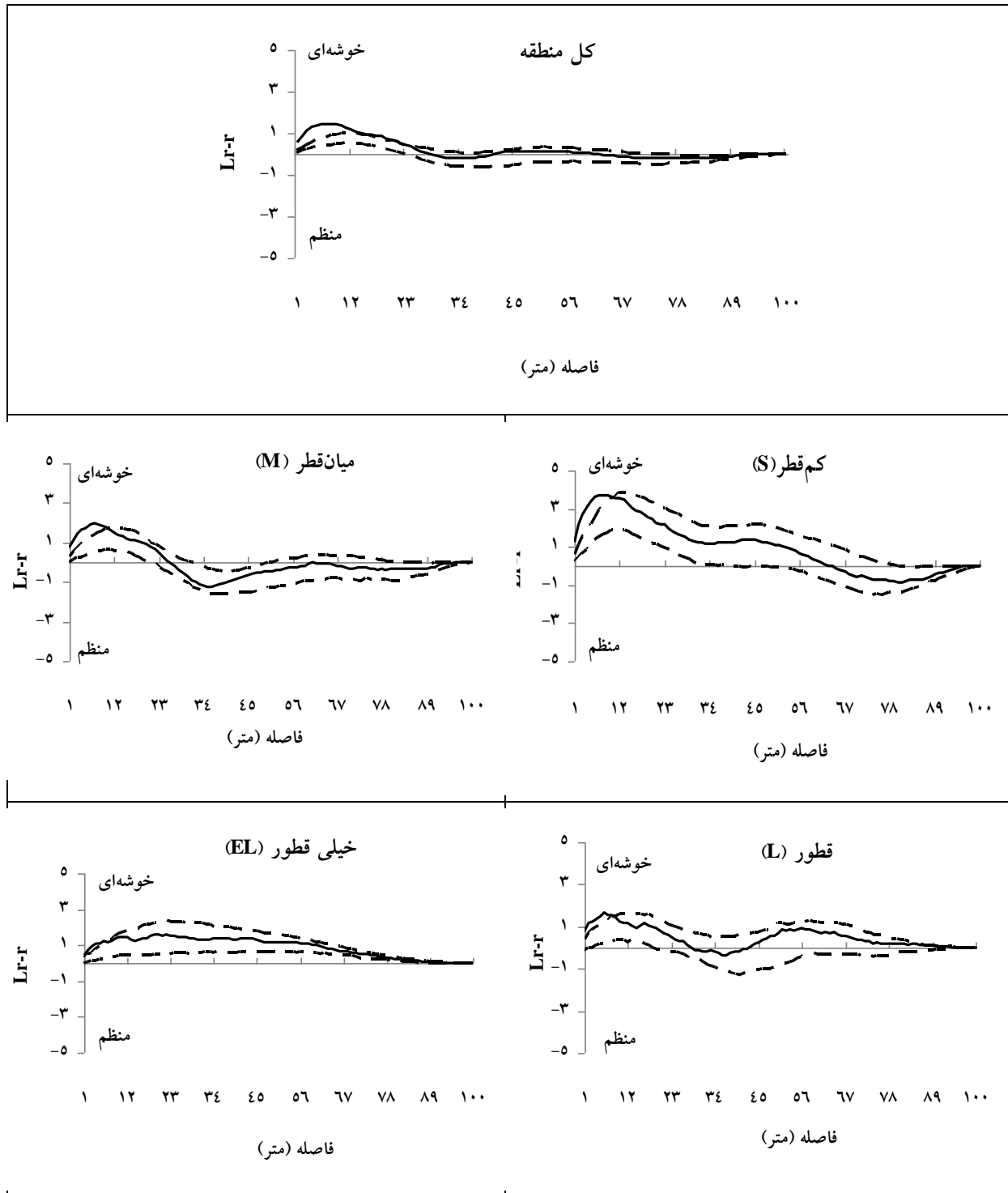


منطقه و به تفکیک کلاسه‌های قطری براساس تابع L نشان می‌دهد.

تابع تک‌متغیره رایپلی
شکل ۳ الگوی پراکنش درختان بلندمازو را در کل



شکل ۳. نمودار تابع $L(r)$ و حدود مونت کارلو (محدوده خط چین) در کل منطقه و به تفکیک کلاسه‌های قطری

میان‌قطر (شکل ۴-الف) از فاصله حدود ۸/۵ متری تا شعاع ۵۰ متری تابع $L_{1/2(r)}$ در داخل محدوده مونت کارلو قرار گرفته و اثر متقابل معناداری بین این دو کلاسه قطری وجود ندارد. در میان‌سال، درختان میان‌قطر با درختان قطور (شکل ۴-د) تا شعاع حدود ۸ متری اثر متقابل مثبت یا جذب دارند و پس از آن، تا شعاع ۵۰ متری بدون اثر متقابل معنادارند که حالت مستقل یا خنثی دارند. درختان میان‌قطر با درختان خیلی قطور (شکل ۴-ه) تا فواصل زیادی (حدود ۳۰ متری) بدون اثر متقابل معنادارند و از این فاصله به بعد حالت دافعه پیدا می‌کنند. در کهنسالی (مسن)، درختان قطور با درختان خیلی قطور (شکل ۴-و)، با توجه به قرار گرفتن تابع $L_{1/2(r)}$ در همه مقیاس‌ها در داخل محدوده مونت کارلو، اثر متقابل معناداری ندارند و در واقع از هم مستقل‌اند.

پراکنش خوشه‌ای درختان کلاسه کم‌قطر تا فاصله ۱۰ متر اولیه را می‌توان به تعداد درخت بیشتر یا تراکم بیشتر (۱۸۷ اصله) نسبت به کلاسه‌های قطری بزرگ‌تر (قطور و خیلی قطور) نسبت داد [۲۶]. دلیل دیگر آن سنگین بودن بذر درخت بلندمازو است که زادآوری به صورت گروهی در زیر درختان مادری شکل می‌گیرد. با توجه به نمودار پراکنش تعداد در طبقات قطری (شکل ۱) مشاهده می‌شود که مثلاً طبقه قطری ۳۰ سانتی‌متری بیشترین تراکم را دارد که به‌طور مجزا الگوی به‌دست آمده آن تا فاصله ۱۰ متری خوشه‌ای و پس از آن تصادفی شده است.

در نتیجه، می‌توان این‌طور برداشت کرد که طبقات قطری پرتعداد و متراکم در فواصل کوتاه (مقیاس کوچک) خوشه‌ای‌اند، ولی وقتی مقیاس بررسی بزرگ می‌شود، این پایه‌ها با درختان اطراف خود تشکیل الگوی تصادفی را می‌دهند که مبنای نتایج این تحقیق

با توجه به نمودار تابع L در شکل ۳ ملاحظه می‌شود که برای کل منطقه مطالعه‌شده تا فاصله حدود ۱۳ متری مقدار این تابع بالاتر از حدود مونت کارلو قرار گرفته و در نتیجه الگوی پراکنش درختان در این فاصله کاملاً خوشه‌ای است، اما پس از فاصله ۱۳ متری تا شعاع ۱۰۰ متری تابع L کاملاً در داخل حدود مونت کارلو قرار گرفته و به الگوی تصادفی می‌رسد. درختان کلاسه‌های قطری کم‌قطر و میان‌قطر به ترتیب تا فاصله حدود ۱۰ متری و ۸ متری به صورت خوشه‌ای‌اند و پس از این فاصله تا شعاع ۱۰۰ متری الگو تصادفی است؛ چون تابع L به داخل حدود مونت کارلو نفوذ می‌کند. الگوی پراکنش درختان کلاسه‌های قطور و خیلی قطور تا فاصله کوتاهی (حدود ۴ متر) خوشه‌ای ضعیف است، چون تابع L تقریباً مماس با حدود مونت کارلو حرکت کرده و پس از این فاصله تا شعاع ۱۰۰ متری مقدار تابع L داخل محدوده مونت کارلو قرار گرفته و الگو تصادفی است.

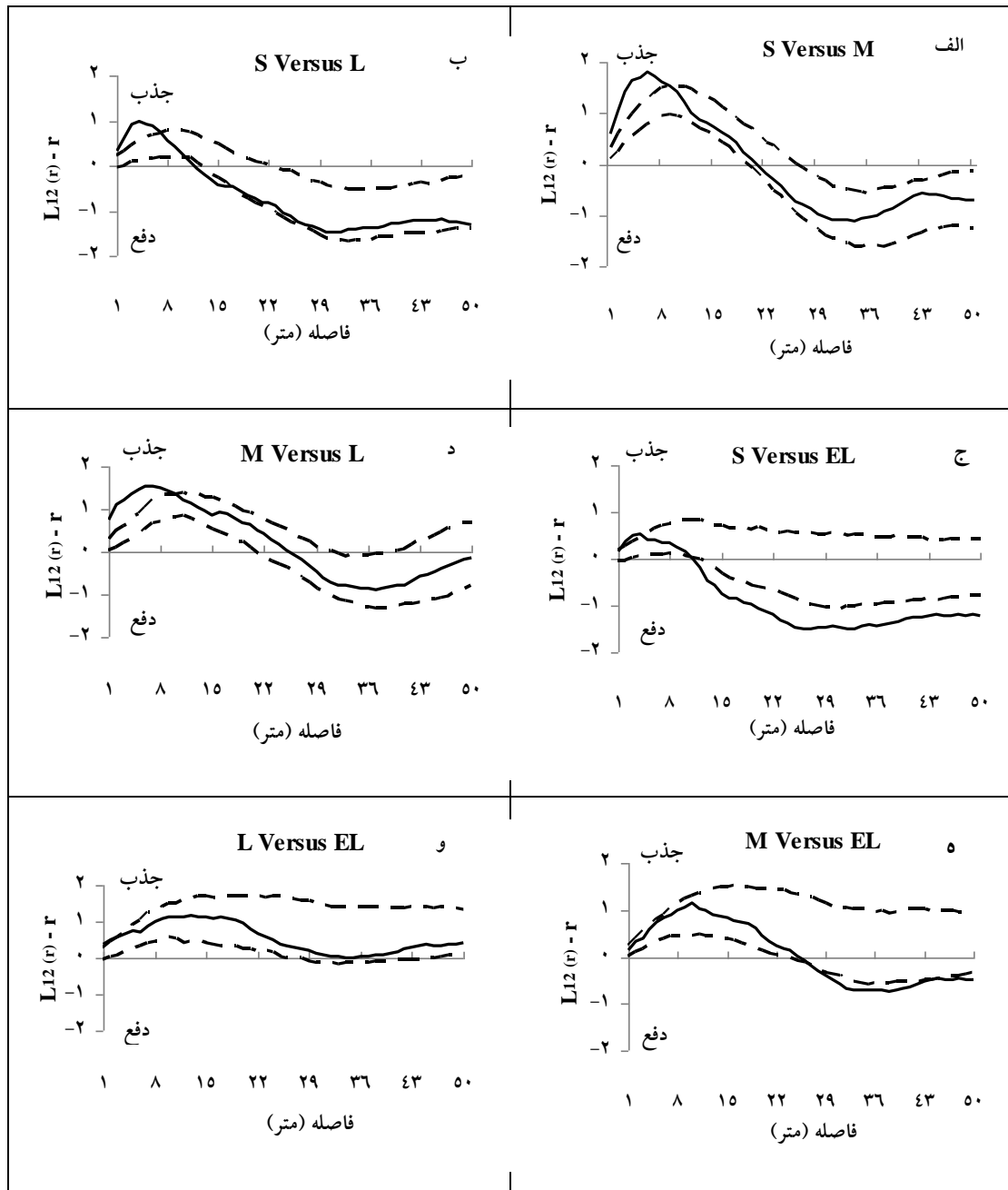
تابع دومتغیره رایپلی

شکل ۴ تأثیرات متقابل متفاوتی بین کلاسه‌های مختلف قطری درختان بلندمازو را در سنین مختلف (جوانی، میان‌سال، و مسن) با تابع $L_{1/2(r)}$ نشان می‌دهد. در سن جوانی، درختان کم‌قطر با درختان میان‌قطر (شکل ۴-الف) تا فاصله بیشتری (شعاع ۸/۵ متری) نسبت به درختان قطور و خیلی قطور (شکل ۴-ب؛ ج) اثر متقابل مثبت یا جذب دارند (به ترتیب ۷ و ۴ متر).

در کلاسه کم‌قطر با خیلی قطور (شکل ۴-ج) از فاصله حدود ۱۰ متر به بعد اثر متقابل منفی یا دفع وجود دارد. درباره تأثیرات متقابل درختان کم‌قطر با

پرورشی در کلاسه‌های میان قطر و قطور باید با ملاحظات بیشتری صورت گیرد، زیرا هنوز وابستگی به پایه مادری وجود دارد، ولی پس از آن با افزایش توانایی بردباری نسبت به نور، چیره‌نما شده و در اشکوب بالا قرار می‌گیرند.

است. طبق نتایج به دست آمده در شکل ۳، الگوی پراکنش درختان کلاسه‌های میان قطر، قطور، و خیلی قطور را می‌توان این‌طور تفسیر کرد که زادآوری تا شعاع ۱۰ متر انجام شده و نهال‌های جوان به سایه درختان مادری نیاز دارند؛ در نتیجه، دخالت‌های



شکل ۴. نمودار تابع $L_{12}(r)$ و حدود مونت کارلو (محدوده خط چین) (حروف S, M, L و EL به ترتیب معرف کلاسه‌های قطری کم قطر، میان قطر، قطور، و خیلی قطورند؛ مثلاً S Versus M یعنی اثر متقابل بین درختان کلاسه قطری کم قطر با میان قطر)

در تفسیر الگوی پراکنش درختان بلندمازو در کل منطقه، که در فواصل کوتاه الگوی خوشه‌ای را نشان داده و سپس به الگوی تصادفی رسیده، باید بیان کرد که چون درصد پایه‌های جوان (کم‌قطر و میان‌قطر) خیلی زیاد است، در نتیجه الگوی کلی پراکنش همه پایه‌ها را تحت تأثیر قرار داده و سبب ایجاد الگوی خوشه‌ای در فواصل کوتاه شده است. به عبارت دیگر، تراکم درختان به دلیل رقابت کاهش یافته، اما این کاهش تعداد در تغییر الگوی خوشه‌ای مؤثر نبوده است. در نهایت نتیجه‌گیری می‌شود که بلندمازو در همه طبقات قطری و در اکثر فاصله‌ها الگوی پراکنش تصادفی دارد، ولی در فواصل کوتاه، به دلیل این‌که مقیاس بررسی کوچک می‌شود (که در تعیین نوع الگو یکی از عوامل کلیدی است) و نیز به دلیل قرار گرفتن چندین درخت بلندمازو در کنار هم (بلندمازو تاج گسترده‌ای ندارد و فضای کمی را اشغال می‌کند)، الگو خوشه‌ای می‌شود.

نتایج تأثیرات متقابل کلاسه‌های قطری با تابع دومتغیره تأکیدی بر تفسیر نتایج به‌دست‌آمده از الگوی پراکنش درختان در کل منطقه و به تفکیک کلاسه‌های قطری است؛ به طوری که کلاسه کم‌قطر با کلاسه میان‌قطر تا فاصله حدود ۸ متری حالت جذب دارند؛ یعنی می‌توانند یکدیگر را تحمل کنند و پس از آن تا فواصل بیشتر اثری بر روی هم ندارند؛ بنابراین، می‌توان به این نتیجه رسید که الگوی خوشه‌ای که در کلاسه‌های کم‌قطر و میان‌قطر شکل گرفته تأییدی است بر این ادعا که این دو کلاسه قطری تا فاصله معینی به راحتی در کنار هم و بدون مشکل رقابتی زندگی می‌کنند و پس از آن اثر رقابتی مثبت و منفی روی هم ندارند (شکل ۴- الف). کلاسه‌های کم‌قطر و

قطر بعد از فاصله ۸ متر اثر رقابتی خاصی بر روی هم ندارند و بدون مشکل در کنار هم زندگی می‌کنند. این روند کاملاً طبیعی است که با بزرگ‌شدن ابعاد درختان در کلاسه قطور شعاع حالت جذب و تحمل‌پذیری درختان کم‌قطر در کنار درختان قطور کاهش پیدا کند، زیرا درختان کم‌قطر برای رشد به نور و فضای کافی نیاز دارند (شکل ۴- ب). کلاسه‌های کم‌قطر با خیلی قطور در فواصل کمتر از ۱۰ متر اثر خاصی بر روی هم ندارند و سپس تا فاصله ۵۰ متری حالت دافعه دارند (شکل ۴- ج)، زیرا هنگامی که نهالی به قطر ۷/۵ سانتی‌متر و بیشتر می‌رسد، احتمالاً درخت مادری (درختان کهنسال) پیر شده یا از بین رفته‌اند که ابعاد آن در این سن بیشتر است؛ در نتیجه، درختان کم‌قطر تحمل زندگی در کنار آن‌ها را ندارند و در فاصله بیشتری از آن‌ها قرار می‌گیرند. کلاسه میان‌قطر و قطور تا فاصله حدود ۸ متری همدیگر را تحمل می‌کنند و به لحاظ رقابتی حذف نمی‌شوند که در واقع یک مرحله گذار برای رسیدن به کلیماکس است و پس از آن فاصله دیگر اثری بر یکدیگر ندارند (شکل ۴- د). اثر متقابل کلاسه‌های میان‌قطر با خیلی قطور و نیز قطور با خیلی قطور تقریباً خنثی است؛ یعنی می‌توانند در کنار یکدیگر زندگی کنند یا این‌که در کنار هم نباشند (شکل ۴- ه؛ و). تفسیر کلی درباره تأثیرات متقابل بین کلاسه‌های قطری مختلف درختان را بدین صورت می‌توان بیان کرد که نهال‌ها و درختان کم‌قطر بلندمازو در سنین جوانی در کنار یکدیگرند و همدیگر را تحمل می‌کنند، سپس از لحاظ ابعاد و سن بزرگ و بر اثر رقابت حذف می‌شوند. رقابت برای نور در درختان بلندمازو به دلیل نورپسند بودن بیشتر است و

متأثر از سایه‌پسندی، محدودیت پراکنش بذر، و رقابت درون‌گونه‌ای راش از کلاسه‌های قطری مختلف با یکدیگر است [۱۳] که در مقایسه با درختان بلندمازو در این تحقیق متأثر از نورپسندی بلوط است. اما نتایج تابع دومتغیره در راستای نتایج به‌دست‌آمده در جنگل‌های آلپی تبت است که تأثیرات متقابل درختان در کلاسه‌های مختلف قطری را بیشتر از نوع مثبت و جذب عنوان کردند. آن‌ها علت این رفتار را شرایط سخت محیطی می‌دانند که سبب می‌شود درختان کم‌قطرتر در پناه درختان قطورتر رشد و استقرار یابند [۱۷]. اما نتایج مطالعه‌ای در جنگل‌های بهره‌برداری شده شمال غرب اسپانیا نشان داد که به دلیل رقابت، نوعی اثر متقابل منفی (دفع) بین درختان کم‌قطر و قطور وجود دارد [۱۶]. مطالعه‌ای در جنگل‌های بورآل آلبرتای کانادا نیز نشان داد که رقابت درون‌گونه‌ای عامل مهمی در مرگ‌ومیر پایه‌های یک گونه و تشکیل ساختار توده‌هاست [۲].

نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج تحقیق حاضر، که پراکنش بلندمازوها از الگوی تصادفی تبعیت کرده، دخالت‌های جنگل‌شناسی باید، علاوه بر ملاحظه سایر عوامل مؤثر در نشانه‌گذاری، به گونه‌ای باشد که برداشت فقط به صورت پایه‌ای و تصادفی انجام شود و توده به سمت الگوی تصادفی سوق داده شود. این نتایج می‌تواند به‌منزله الگویی برای اعمال مدیریت در سایر توده‌های جنگلی بلندمازو نیز مورد استفاده دست‌اندرکاران امر قرار گیرد.

با توجه به عدم تحمل‌پذیری کلاسه‌های کم‌قطر و میان‌قطر با کلاسه خیلی قطور، این کلاسه‌ها باید در

چون دخالتی در منطقه صورت نگرفته و آشفتگی خاصی در این منطقه رخ نداده، در نتیجه این تغییر الگو احتمالاً فقط تحت تأثیر رقابت بوده است. نتایج توابع دومتغیره نشان داد، هنگامی که بلندمازو به سن زادآوری (درخت قطور) می‌رسد، فقط نهال‌ها هستند که در منطقه حضور دارند و کلاسه‌های قطری دیگر به راحتی مشاهده نمی‌شوند؛ مثلاً، طبقه میان‌قطر دیگر وجود ندارد، بنابراین درخت قطور مجدداً تغییر پیدا می‌کند و از لحاظ قطری بزرگ می‌شود و به درخت خیلی قطور تبدیل می‌شود؛ در همین هنگام است که نهال ایجادشده به درخت کم‌قطر تبدیل می‌شود که علت این روند در جنگل رقابت برای کسب نور و فضا است.

در مقایسه نتایج این مطالعه با نتایج سایر مطالعات انجام‌شده با استفاده از تابع تک‌متغیره *K* رایبلی می‌توان به مطالعه‌ای اشاره کرد که به الگوی تصادفی برای درختان قطور و مسن رسیدند که مشابه نتایج تحقیق حاضر برای کلاسه‌های قطور و خیلی قطور است [۱۵]. همچنین، این نتایج با نتیجه مطالعه‌ای که با استفاده از تابع *K* رایبلی الگوی مکانی درختان را در مرحله اولیه تحولی جنگل در توده‌های دست‌نخورده راش خالص در کلاردشت خوشه‌ای تعیین کردند، مشابه است [۱۱]. با استفاده از تابع دومتغیره *K* رایبلی در توده‌های دست‌نخورده راش خالص در منطقه کلاردشت چهار کلاسه کم‌قطر، میان‌قطر، قطور، و خیلی قطور بررسی و مشخص شد که درختان راش از کلاسه‌های مختلف قطری، تأثیرات رقابتی مثبت و منفی متفاوتی در مراحل مختلف تحولی نسبت به هم دارند که در فواصل مختلفی با توجه به ابعاد درختان اتفاق می‌افتد که

کرد. همچنین، بهتر است در مطالعات آینده از روش تکمیل‌شده رایبلی به‌نام *O-ring statistics*، که معایب و کمبودهای روش رایبلی در آن برطرف شده، استفاده شود.

سپاسگزاری

بدین‌وسیله از همکاری آقایان مهندس فرید اکبری و علی سحرخیز در روند شکل‌گیری این تحقیق تشکر و قدردانی می‌شود.

عملیات احیای جنگل در فواصل دورتری از هم کاشته شوند تا رشد بهتر آن‌ها و استفاده از منابع به‌راحتی امکان‌پذیر باشد. اما نهال‌ها چون به سایه و پناهگاه نیاز دارند و به دلیل سنگینی بذر بلندمازو در زیر درختان مادری به صورت گروهی شکل می‌گیرند، باید در فواصل کوتاه‌تری از درختان مادری قرار گیرند.

پیشنهاد می‌شود که در مطالعات آینده، تابع دو متغیره K رایبلی در توده‌های آمیخته نیز به‌کار گرفته شود تا بتوان رقابت بین‌گونه‌ای را نیز مطالعه

References

- [1]. Law, R., Lillian, J., Burslem, D.F.R.P., Gratzner, G., Gunatilleke, C.V.S., and Gunatilleke, I.A.U.N. (2009). Ecological information from spatial patterns of plants: insights from point process theory (ESSAY REVIEW). *Journal of Ecology*, 97: 616-628.
- [2]. Gray, H., and He, L. (2009). Spatial point pattern analysis for detecting density dependent competition in a boreal chronosequence of Alberta. *Forest Ecology and Management*, 259: 98-106.
- [3]. Kneeshaw, D.D., and Bergeron, Y. (1998). Canopy gap characteristics and tree replacement in the southeastern boreal forest. *Ecology*, 79: 783-794.
- [4]. Attiwill, P.M. (1994). The disturbance of forest ecosystems the ecological basis for conservation management. *Forest Ecology and Management*, 63: 247-300.
- [5]. Harvey, B.D., Leduc, A., Gauthier, S., and Bergeron, Y. (2002). Stand- landscape integration in natural disturbance- based management of the southern boreal forest. *Forest Ecology and Management*, 155: 369-385.
- [6]. Ripley, B.D. (1977). Modeling spatial patterns. *Journal of the Royal Statistical Society*, B 39(2): 172-212.
- [7]. Ripley, B.D. (1979). Test of randomness for spatial point patterns. *Journal of the Royal Statistical Society*, B 41(3): 368-374.
- [8]. Ripley, B.D. (1981). *Spatial Statistics*. John Wiley and Sons, 252 pp.
- [9]. Moeur, M. (1993). Characterizing spatial patterns of tree using stem-mapped data. *Forest Science*, 39: 756-775.
- [10]. Mataji, A., Babaie Kafaki, S., Safaee, H., and Kiadaliri, H. (2008). Spatial pattern of regeneration gaps in managed and unmanaged stands in natural Beech (*Fagus orientalis*) forests. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 16(1): 149-157.
- [11]. Akhavan, R., Sagheb-Talebi, Kh., Hasani, M., and Parhizkar, P. (2010). Spatial patterns in untouched beech (*Fagus orientalis* Lipsky) stands over forest development stages in Kelardasht region of Iran. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 18(2): 322-336.
- [12]. Safari, A., Shabanian, N., Heidari, R.H., Erfanifard, S.Y., and Pourreza, M. (2010). Spatial pattern of Manna Oak trees (*Quercus brantii* Lindl.) in Bayangan forests of Kermanshah. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 18(4): 596-608.
- [13]. Akhavan, R., and Sagheb-Talebi, Kh. (2011). Application of bivariate Ripley's K - function for studying competition and spatial association of trees (Case study: intact Oriental beech stands in Kelardasht). *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 19(4): 632-644.
- [14]. Watt, A.S. (1974). Pattern and process in the plant community. *Journal of Ecology*, 35: 1-22.
- [15]. Salas, C., LeMay, V., Nunez, P., Pacheco, P., and Espinosa, A. (2006). Spatial patterns in an old growth *Nothofagus obliqua* forest in south-central Chile. *Forest Ecology and Management*, 231: 38-46.
- [16]. Rozas, V., Zas, R., and Solla, A. (2009). Spatial structure of deciduous forest stands with contrasting human influence in northwest Spain. *European Journal of Forest Research*, 128: 273-285.
- [17]. Zhang, Q., Zhang, Y., Peng, S., Yirdaw, E., and Wu, N. (2009). Spatial structure of Alpine trees in mountain Baima Xueshan on the southeast Tibetan plateau. *Silva Fennica*, 43(2): 197-208.

- [18]. Anonymous (2008). Forest Management Plan of Neka-Zalemrood, 200 pp.
- [19]. Eslami, A.R., Sagheb-Talebi, Kh., and Namiranian, M. (2007). Determining of equilibrium state in uneven – aged oriental beech forests of Northern-Iran. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 20(4): 39-48.
- [20]. Besag, J. (1977). Contribution to the discussion of Dr. Ripley's paper. *Journal of the Royal Statistical Society*, B(39): 193-195.
- [21]. Cressie, N.A.C. (1993). *Statistics for Spatial Data*. Wiley, New York, 900 pp.
- [22]. Lotwick, H.W., and Silverman, B.W. (1982). Methods for analyzing spatial processes of several types of points. *Journal of the Royal Statistical Society*, B 44: 406-413.
- [23]. Illian, J., Penttinen, A., Stoyan, H., and Stoyan, D. (2008). *Statistical Analysis and Modeling of Spatial Point Patterns*. John & whiley Sons, 556 pp.
- [24]. Cipriotti, P.A., and Aguitar, M.R. (2004). Effects of grazing on patch structure in a semi-arid two-phase vegetation mosaic. *Journal Vegetation Science*, 16: 57-66.
- [25]. Hao, Z., Zhang, J., Song, B., Ye, J., and Li, B. (2007). Vertical structure and spatial associations of dominant tree species in an old-growth temperate forest. *Forest Ecology and Management*, 252: 1-11.
- [26]. Akhavan, R., Sagheb-Talebi, Kh., Zenner, E. K., and Safavimanesh, F. (2012). Spatial patterns in different forest development stages of an intact old-growth Oriental beech forest in the Caspian region of Iran. *European Journal of Forest Research*, 131: 1355-1366.