شبيه‌سازي جنگل به منظور مطالعه آمار جنگل
(مطالعه موردي بخش گرازبن جنگل خيرود)

علي جهاني*[۱]، جهانگير فقهي[۲] و محمود زبيري[۳]
[۱] دانشجوي دكتري جنگلداري دانشكده منابع طبيعي، دانشگاه تهران، ايران
[۲] دانشيار دانشكده منابع طبيعي، دانشگاه تهران، ايران
[۳] استاد دانشكده منابع طبيعي، دانشگاه تهران، ايران

(تاريخ دريافت: ۸۸/۱۰/۱۰، تاريخ تصويب: ۹۰/۱۲/۹)

چكيده

از ميان مهمترين ابزار مديريت منابع، بايد از سيستم اطلاعات جغرافيايي و نقش آن در شبيه‌سازي جنگل نام برد كه در تهيه طرح جنگلداري، بهره‌برداري پايدار از جنگل و برنامه‌ريزي آينده بر اساس آمار به دست آمده از جنگل، كاربرد فراوان دارد. هدف اين پژوهش، شبيه سازي مكاني درختان در جنگل مي‌باشد تا بتوان با در دست داشتن نمونه‌اي از یک جنگل ناهمسال روش‌هاي مختلف آماري و انواع فعاليت‌هاي مديريتي را پيش از اجرا در عرصه مورد آزمون قرار داد و روش‌ها و فعاليت‌هاي بهينه را انتخاب نمود. منطقه مورد مطالعه بخش گرازبن جنگل آموزشي و پژوهشي خيرود به وسعت ۱۰۰۱ هكتار مي‌باشد كه در ۱۰ كيلومتري شرق نوشهر قرار دارد. آماربرداري به روش سيستماتيك- تصادفي در عرصه انجام گرفت. سپس با استفاده از نتايج آماربرداري صد در صد در محيط ArcGIS، درختان در محدوده پارسل‌هاي اين بخش به شكل تصادفي پراكنده و جنگل شبيه‌سازي شد. در اين مرحله اقدام به آماربرداري همانند آماربرداري انجام شده روي زمين در جنگل شبيه‌سازي شده گرديد. نتايج حاصل از آن با نتايج حاصل از آماربرداري از عرصه مقايسه شد كه از لحاظ آماري تفاوت معني‌داري در هيچ یک از ۳۰ تكرار جنگل شبیه سازی شده مشاهده نشد. جنگل شبيه‌سازي‌شده ابزار مفيدي در تهيه طرح‌هاي جنگلداري مي‌باشد و امكان بررسي و مقايسه روش‌هاي مختلف آماربرداري جنگل، شكل و ابعاد قطعه نمونه و شبكه آماربرداري را امكان‌پذير مي‌سازد.

واژه‌هاي كليدي: شبيه‌سازي جنگل، سيستم اطلاعات جغرافيايي (GIS)، جنگل خيرود، آماربرداري جنگل

---

* نويسنده مسئول: تلفن: ۰۹۱۲-۷۵۲٤۸۷۷ فاكس: ۰۲٦-۳۲۲٤۹۳۱۲ E-mail: AJahani@ut.ac.ir

مقدمه

امروزه در علوم كاربردي و فعاليت‌هاي عمراني كه بر روي زمين انجام مي گيرد، كمتر اقدامي است كـه بي نياز از شناخت محيط، موقعيت جغرافيايي، شرايط طبيعي، توان و استعدادهاي آن باشد. در ميان مهمترين ابزار مديريت منابع، بايد سيستم اطلاعات جغرافيايي[1] و نقش آن در شبيه‌سازي جنگل را نام برد (Foresman, 1998). GIS اغلب براي پيش‌بيني شاخص‌هاي رويشگاه در جنگل‌كاري استفاده شده است زيرا شاخص‌هاي رويشگاه اغلب تحت تاثير فاكتورهاي محيطي مي‌باشند كه براحتي قابل استخراج از GIS مي‌باشند (Mitsuda et al., 2001). GIS و شبيه‌سازي باعث پيشرفت در كاربري جوامع و اكولوژي سيماي سرزمين در جهت سياست حفاظت و تصميم‌گيري مي‌شود و به طور عمده مديران منابع طبيعي از شبيه‌سازي جهت ارزيابي پتانسيل فعاليت‌هاي مديريتي، آفات (Elder & Morris, 1986; Mount et al., 1999)، گونه‌هاي در معرض خطر(Wootton & Bell, 1992; Roseberry et al., 1994) و مديريت جنگل‌ها استفاده مي‌كنند (Shugart, 1984). پژوهشگران از شبيه‌سازي منظر جهت كشف آثار مخرب در زماني كه به كار بردن عمليات جنگل‌شناسي به دلايلي چون محدوديت‌هاي فيزيكي، قانوني و غيره امكان پذير نيست، استفاده مي‌كنند (Klenner et al., 2000; Gustafson et al., 2004; Hayes et al., 2004). شبيه‌سازي منظر معمولا با توصيفي از شرايط موجود شروع مي‌شود كه اغلب از تفسير عكسهاي هوايي، تصاوير ماهواره‌ايي و آماربرداري زميني استفاده مي‌شود كه لكه‌ها[2] يا واحدهاي ناهمگن شناسايي شده و با اطلاعات فلور منطقه تركيب مي‌شوند (Keane et al., 2002).

Frazer (2005) از روش شبيه‌سازي سه‌بعدي جهت شبيه‌سازي جنگل استفاده كرده زيرا شبيه سازي اجازه كنترل دقيق بر روي چيدمان فضايي و تركيب آن را مي‌دهد و يک مجموعه مستند و بزرگ به آرامي شكل مي‌گيرد كه دربردارنده محدوده گسترده‌اي از بافت سطحي تاج پوشش مي‌باشد.(Robert et al, 2000) در طي پژوهشي از مدل ZELIG جهت شبيه سازي جنگل استفاده نمودند و اين مدل را براي جنگل‌هاي با مديريت دولتي كه داراي ساختاري پيچيده‌تر از جنگل‌هاي خصوصي هستند، مورد استفاده قرار دادند و نتايج را با نتايج شبيه سازي جنگل‌هاي خصوصي مقايسه نمودند. مدل ZELIG جنگل را به صورت قطعاتي با توان اكولوژيكي متفاوت بر اساس تاج پوشش در نظر مي‌گيرد.

هدف اين پژوهش شبيه‌سازي مكاني درختان در جنگل مي‌باشد تا بتوان با دردست داشتن نمونه‌اي از يک جنگل ناهمسال روش‌هاي مختلف آماربرداري و انواع فعاليت‌هاي مديريتي را پيش از اجرا در عرصه مورد آزمون قرار داد و روشها و فعاليت‌هاي بهينه را به كار برد. همچنين با توجه به اهميت روش‌هاي آماربرداري جنگل، شكل و ابعاد مناسب قطعه‌نمونه و شبكه آماربرداري، از طريق جنگل شبيه‌سازي شده مي‌توان ابعاد مناسب آنها را در زمان بسيار كوتاه و حضور كمتر در جنگل محاسبه نمود.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه بخش گرازبن جنگل آموزشي و پژوهشي خيرود است كه در ۱۰ كيلومتري شرق نوشهر قرار دارد. وسعت بخش گرازبن ۱۰۰۱ هكتار مي‌باشد كه سطح مورد اجراي پروژه ۸۱۳/۶۶ هكتار از آن مي‌باشد. اين بخش از شمال به يال جنوبي جنگل‌هاي چلندر (حوزه ۴۶) و چلک، از شرق به جنگل‌هاي بخش چلير، از جنوب به رودخانه خيرودكنار و از غرب به جنگل‌هاي بخش نم‌خانه محدود است.

روش پژوهش

نوع گونه و قطر برابر سينه تمامي درختان با قطر بيشتر از ۱۰ سانتي‌متر در طي يک آماربرداري صد در صد در اين بخش اندازه‌گيري شده بود و در همان سال آماربرداري به روش سيستماتيك- تصادفي با شبكه

---

[1] Geographic Information System

[2] Patches

آماربرداري با ابعاد ۱۵۰×۲۰۰ متر و قطعات نمونه دايره‌اي شكل به مساحت ۱۰۰۰ متر مربع (۳۳۲ قطعه نمونه) نيز در روي زمين انجام گرفته بود. اطلاعات اين آماربرداري عبارتند از: قطر درخت، گونه، فاصله و آزيموت درخت از مركز قطعه‌نمونه، شيب قطعه‌نمونه، مختصات مركز قطعه‌نمونه. در اين مرحله درختان داخل قطعه نمونه‌ها در محيط نرم‌افزار Arc GIS بر روي نقشه گرازبن مشخص مي‌شوند. بدين ترتيب كه مراكز قطعه نمونه با توجه به مختصات آنها به صورت نقطه بر روي نقشه مشخص شد. سپس مرز قطعه نمونه به شكل بافر و با شعاع قطعه نمونه۱۰ آر (۱۷/۸۴ m) در اطراف مراكز قطعه نمونه بسته شد كه شعاع ۱۷/۸۴ m برابر با شعاع قطعه نمونه در آماربرداري صد در صد (قطعه نمونه۱۰ آر) است. درختان نيز به صورت نقاطي در داخل محدوده بافر جاي گرفتند. جدول فراواني براي دو گونه راش و ممرز كه از لحاظ تعداد، بيشترين درختان را به خود اختصاص داده بودند، تهيه گرديد و ساير درختان با توجه به تعداد كم و عدم امكان مقايسه آماري تك تك آنها به صورت مجموع و تحت عنوان ساير گونه‌ها در يک جدول فراواني جاي داده شدند. داده‌هاي حاصل از اين مرحله بر اساس آماربرداري انجام شده با استفاده از شبكه آماربرداري از عرصه مورد مطالعه مي‌باشد.

سپس با استفاده از نتايج آماربرداري صد در صد (نوع گونه و قطر برابر سينه)، در محيط ArcGIS درختان در محدوده پارسل‌هاي اين بخش به شكل تصادفي پراكنده شدند و جنگل شبيه‌سازي شد. پراكنش درختان در هر پارسل به طور جداگانه انجام گرديد كه هر درخت با قطر و گونه مشخص به شكل يک دايره نمايش داده شده است و با توجه به در نظر گرفتن حداقل فاصله بين درختان امكان هم‌پوشاني قطر درختان از بين رفت.

به منظور تعيين دقت مكاني جنگل شبيه‌سازي‌شده اقدام به آماربرداري همانند آماربرداري انجام شده روي زمين، در جنگل شبيه‌سازي شده (با استفاده از نتايج آماربرداري صد در صد) گرديد. بدين صورت كه از شبكه آماربرداري مورد استفاده در آماربرداري در روي زمين جهت آماربرداري بر روي جنگل شبيه‌سازي شده استفاده شد و جداول فراواني گونه‌هاي حاصل از اين آماربرداري استخراج گرديد. فرآيند تشكيل جنگل شبيه‌سازي شده و آماربرداري آن جهت انجام آزمون آماري ۳۰ مرتبه تكرار گرديد. نمايي از عمليات انجام گرفته در شكل شماره ۵ نمايش داده شده است.

يكي از آزمون‌هاي آماري مورد استفاده جهت مقايسه جداول تعداد در طبقات قطري جنگل شبيه‌سازي شده با جنگل حقيقي، آزمون كولموگروف-اسميرنوف[1]است. در اين آزمون آماره‌اي به نام D محاسبه مي‌شود (فرمول۱). براي محاسبه آماره ابتدا بايد فراواني‌هاي نسبي تجمعي را براي هر گروه محاسبه و اختلاف آنها را در هر طبقه مشخص كرد. سپس قدر مطلق بيشترين اختلاف را مبنا قرار داد.

$$D = max \left| \frac{F1}{n1} - \frac{F2}{n2} \right| \qquad (۱)$$

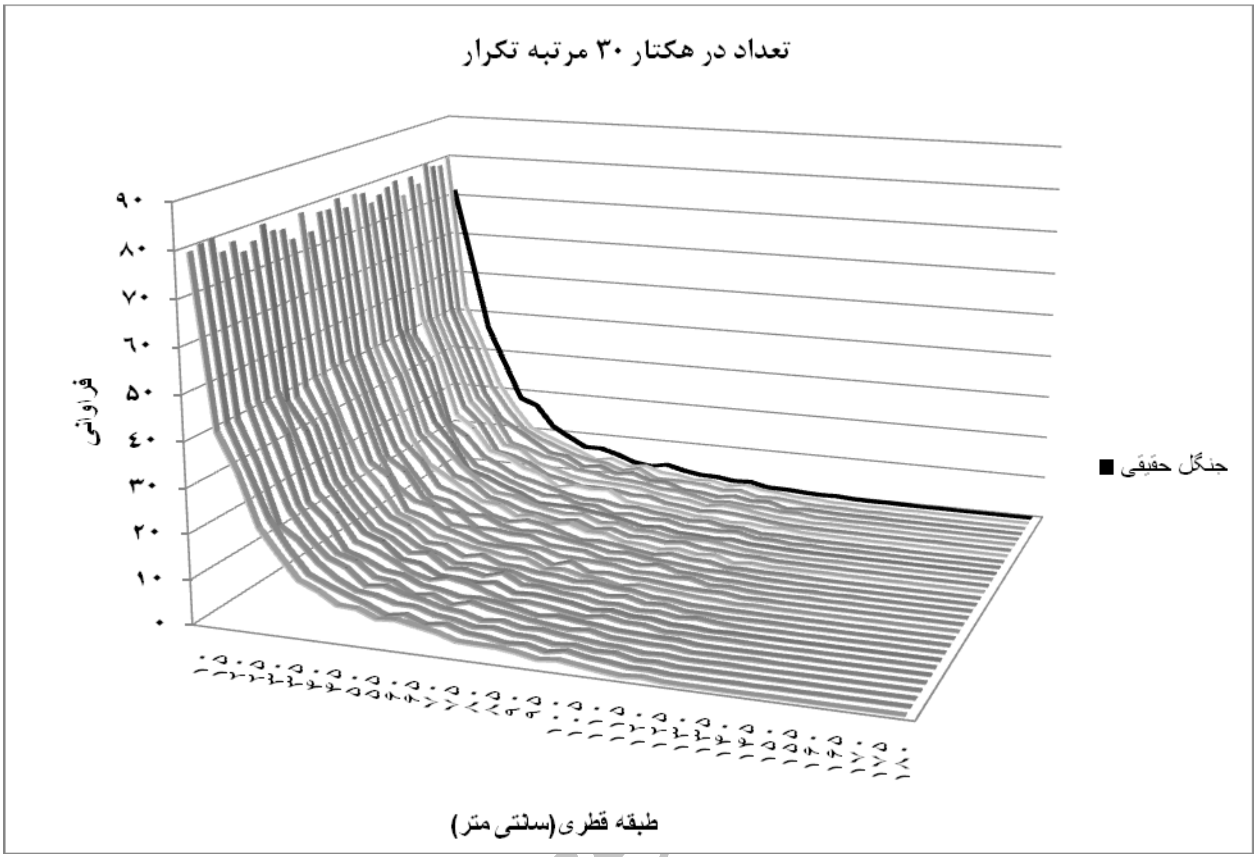
كه در آنها n_1 و n_2 فراواني تجمعي بوده و F1 و F2 فراواني مشاهده شده در هر يک از گروه‌ها است. در نهايت مقدار D محاسبه شده با D جدول آزمون K-S دو نمونه‌اي در سطح ۹۹ درصد مقايسه مي‌شود (Bihamta, 1387).

نتايج

طي انجام اين پژوهش ۳۰ جنگل شبيه‌سازي‌شده در محيط نرم‌افزار GIS ساخته شد و با آماربرداري از آنها ۳۰ جدول فراواني بر حسب گونه و قطر حاصل گرديد. نمودار تعداد در هكتار در طبقات قطري بين ۳۰ مرتبه تكرار شبيه‌سازي و جنگل حقيقي در شكل شماره ۱ مشاهده مي‌شود.

---

[1] Kolmogorov-Smirnov



شکل ۱- نمودار تعداد در هکتار در طبقه‌هاي قطري ۳۰ مرتبه تکرار شبیه‌سازي و جنگل حقیقي

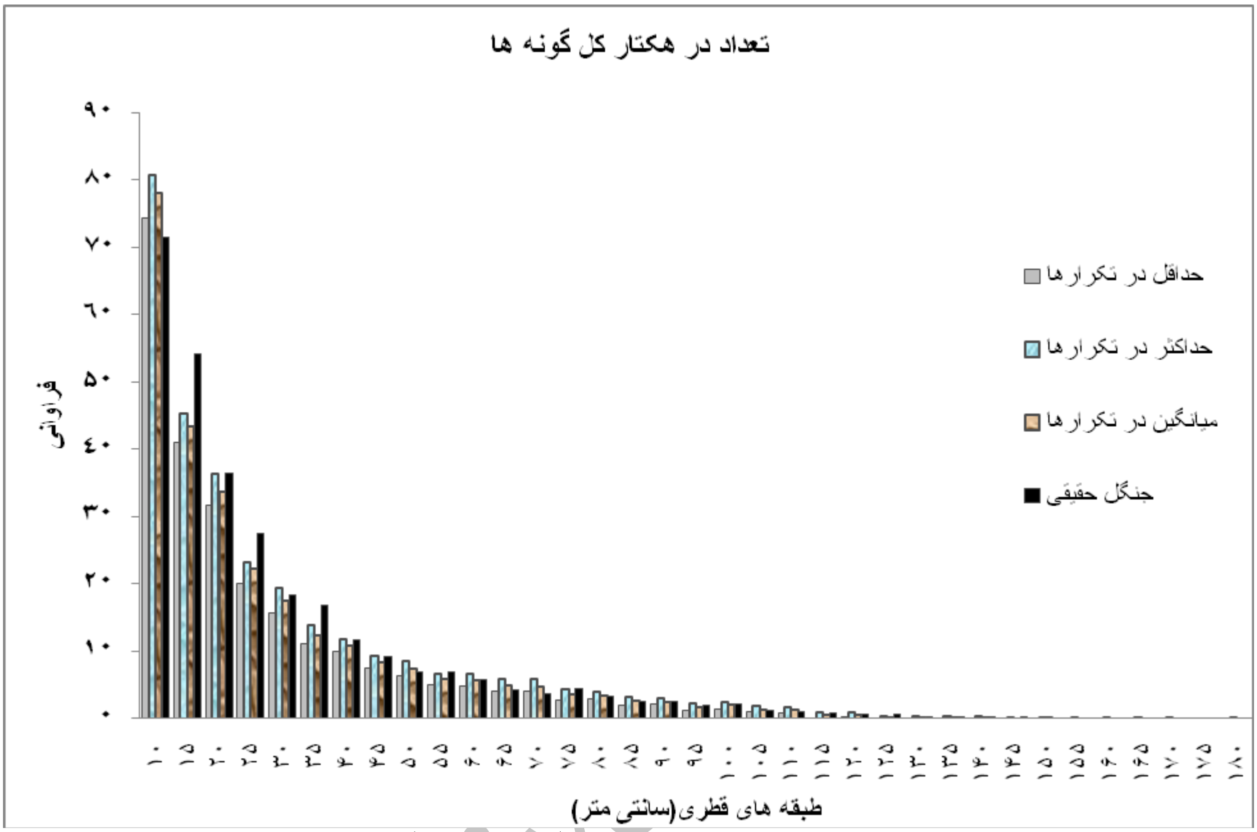
شکل شماره ۲ اختلاف بین تعداد در هکتار در طبقه‌هاي قطري در جنگل حقیقي و جنگل شبیه‌سازي‌شده و شکل شماره ۳ اختلاف بین حجم (سیلو) در هکتار در طبقه‌هاي قطري در جنگل حقیقي و جنگل شبیه‌سازي‌شده را نشان مي‌دهد. حداقل، حداکثر و میانگین در هر طبقه قطري بین نتایج حاصل از ۳۰ مرتبه تکرار شبیه‌سازي مي‌باشد.

۳۰ جدول فراواني حاصله به طور جداگانه و تک تک به کمک آزمون‌هاي آماري مربوطه و با توجه به گسستگي و پیوستگي داده‌ها با جدول فراواني حاصل از آماربرداري زمیني مقایسه گردیدند. عمل مقایسه بین گونه‌هاي مختلف به طور جداگانه و همچنین بین تمام گونه‌ها از نظر تعداد و حجم انجام شد.

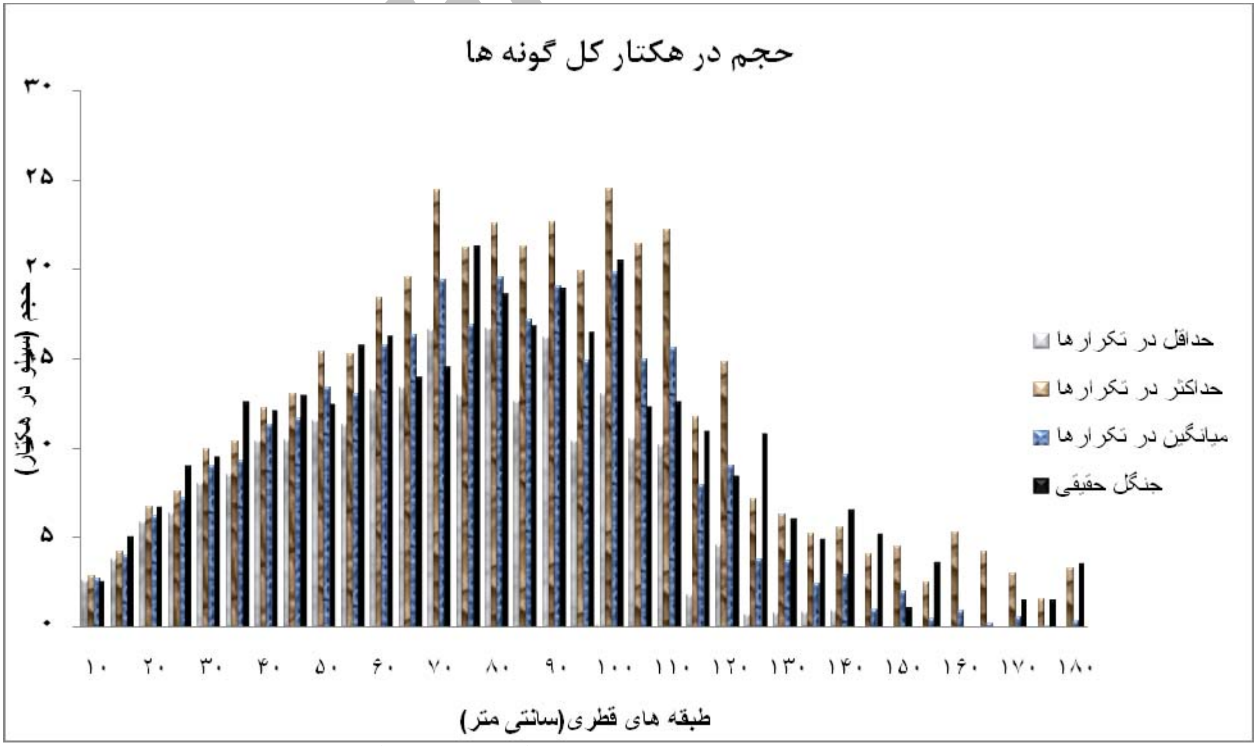
با توجه به گسسته بودن جداول فراواني تعداد در طبقه‌هاي قطري از آزمون آماري کولموگروف-اسمیرنوف جهت مقایسه پراکنش تعداد در طبقات قطري این جداول فراواني استفاده گردید.

هر جدول فراواني حاصل از جنگل شبیه‌سازي‌شده با جدول فراواني متناظر (از نظر گونه) که از آماربرداري زمیني حاصل آمده بود مقایسه گردید و در نهایت هیچ یک از ۳۰ جنگل شبیه‌سازي‌شده از لحاظ آماري در سطح ۹۹ درصد اطمینان تفاوت معني‌داري را با جنگل طبیعي از خود نشان ندادند. جدول شماره ۱ مقدار سطح معني‌داري و مقدار آماره D بدست آمده از مقایسه پراکنش تعداد در طبقات قطري آماربرداري از جنگل شبیه‌سازي‌شده و جنگل طبیعي را در یک نمونه تکرار نشان مي‌دهد. با توجه به این‌که مقدار آماره D به دست آمده در تک تک گونه‌ها از آماره جدول آزمون K-S دو نمونه‌اي در سطح ۹۹ درصد کمتر است، وجود اختلاف معني‌دار در سطح ۹۹ درصد اطمینان (یا حتي ۹۵ درصد اطمینان) تایید نمي‌شود. طبق نتایج بیشترین تشابه بین دو جنگل شبیه سازي شده و جنگل واقعي از نظر حجم

در طبقات قطري مربوط به گونه ممرز و كمترين تشابه مربوط به ساير گونه‌ها مي‌باشد.



شكل ٢- تعداد در هكتار در طبقه‌های قطري در جنگل حقيقي و جنگل شبيه‌سازي‌شده



شكل ٣- حجم (سيلو) در هكتار در طبقه‌های قطري در جنگل حقيقي و جنگل شبيه‌سازي‌شده

جدول ۱- مقايسه آماري پراکنش تعداد در طبقه‌هاي قطري

گونه	سطح معني‌داري	**D** جدول	**D** محاسبه شده
راش	٠/٧٤	۰/۶۴۸	٠/٤٣
ممرز	٠/٨٥	٠/٨٦٧	٠/٣٦٧
ساير گونه‌ها	٠/٥٩٩	٠/٦٨	٠/٥٣
مجموع گونه‌ها	٠/٦٥٤	٠/٨٧٦	٠/٤٢٣

جدول فراواني حجم (سيلو) در طبقه قطري به دست آمده از دو آماربرداري (آماربرداري از عرصه و از جنگل شبيه‌سازي شده) به صورت مجزا (بر حسب گونه) دو به دو با آزمون t مستقل با يکديگر مقايسه شدند و در اين مورد نيز هيچ‌يک از ۳۰ جنگل شبيه‌سازي‌شده از لحاظ آماري در سطح ۹۹ درصد اطمينان تفاوت معني‌داري را با جنگل طبيعي از خود نشان ندادند. جدول شماره ۲ مقدار سطح معني‌داري و مقدار آماره t بدست آمده از مقايسه پراکنش حجم (سيلو) در طبقه قطري آماربرداري از جنگل شبيه‌سازي‌شده و جنگل طبيعي را در يک نمونه تکرار نشان مي‌دهد. با توجه به اين‌که مقدار آماره t به دست آمده از ۲/۶۵ (آماره جدول) کمتر است، وجود اختلاف معني‌دار در سطح ۹۹ درصد اطمينان (يا حتي ۹۵ درصد اطمينان) تاييد نمي‌شود. طبق نتايج بيشترين تشابه بين دو جنگل شبيه سازي شده و جنگل واقعي از نظر تعداد در طبقه قطري مربوط به مجموع گونه‌ها و کمترين تشابه مربوط به ساير گونه‌ها مي‌باشد.

جدول ۲- مقايسه آماري حجم در طبقه قطري

گونه	سطح معني‌داري	**D** جدول	**D** محاسبه شده
راش	٦٨	٠/٦٤٣	٠/٤٦٦
ممرز	٦٨	٠/٣٥	٠/٩٤٢
ساير گونه‌ها	٦٨	٠/٢٣٤	١/٢٠٢
مجموع گونه‌ها	٦٨	٠/٩٦٥	٠/٠٤٤

بحث و نتيجه‌گيري

همانطور که در بخش‌هاي قبل و طي مراحل مختلف مشاهده شد، جنگل شکل گرفته در محيط نرم‌افزار بر گرفته از جنگل حقيقي و بر اساس آمار برداري صد در صد مي باشد. تفاوت عمده جنگل شبيه‌سازي‌شده با جنگل طبيعي در پراکنش درختان در سطح مي‌باشد. بدين صورت که درختان در سطح جنگل شبيه‌سازي‌شده به کمک نرم‌افزار Arc GIS به شکل تصادفي پراکنده شده‌اند در صورتي که در جنگل واقعي در طبيعت پراکنش درختان الزاما به شکل تصادفي نمي‌باشد و حتي به طور صد در صد از يک الگوي خاص نيز پيروي نمي‌کند ولي در منابع مختلف گاها الگوي گروهي را براي آن در نظر گرفته مي‌شود. براي رفع اين ايراد اقدام به پراکنش تصادفي درختان هر پارسل از عرصه در پارسل مربوطه در نرم‌افزار Arc GIS شد. با انجام اين عمل درختان يک پارسل وارد پارسل هاي ديگر نمي‌شد. همانطور که در بخش نتايج ديده شد، آماربرداري انجام شده در جنگل شبيه‌سازي‌شده اختلاف معني‌داري با آماربرداري از عرصه طبيعي از خود نشان نداد. اين عدم اختلاف مربوط به تعداد و حجم تک تک گونه‌ها و همچنين در مجموعه آنها است. طبق نتايج بيشترين تشابه بين دو جنگل شبيه سازي شده و جنگل واقعي

مربوط به مجموع گونه‌ها مي‌باشد. علت اين امر را مي‌توان تعداد بيشتر درختان و تاثير حضور گونه يا گونه‌هاي غالب در حالتي که مجموع گونه‌ها با هم مورد مقايسه قرار مي‌گيرند بيان کرد و در طرف مقابل ساير گونه‌ها با کمترين تعداد و کمترين تشابه بين دو جنگل قرار دارند. از آنجاييکه گونه راش و ممرز گونه‌هاي اصلي اين جنگل را تشکيل مي‌دهند بيشترين تاثير را در عدم اثبات وجود اختلاف معني‌دار با احتمال بالا بين دو جنگل شبيه سازي شده و جنگل واقعي دارند. با توجه به اينکه درختان اين جنگل دقيقا درختان جنگل طبيعي مي‌باشد، هرچند که پراکنش اين درختان تصادفي است ولي مي‌تواند نمونه‌اي از يک جنگل طبيعي باشد و نتايج حاصله از مقايسه آماربرداري‌هاي مختلف و انجام آزمون‌هاي آماري در آن از اطمينان قابل قبولي برخوردار است. در پژوهش Robert et al (2000) از مدل ZELIG جهت شبيه سازي جنگل‌هاي دولتي و خصوصي استفاده شده است و براي شبيه سازي، جنگل را به صورت لکه‌هايي با توان اکولوژيکي متفاوت از يکديگر بر اساس تاج پوشش در نظر گرفتند و سه فرآيند مهم را به کمک اين مدل، شبيه سازي نمودند که عبارتند از: رويش درخت، مرگ و مير و تجديد حيات. در نهايت تفاوت‌هايي را بين شبيه سازي در دو جنگل (دولتي و خصوصي) مشاهده کردند. در حالي که در اين پژوهش شبيه سازي جنگل با استفاده از آماربرداري صد در صد و نه بر اساس تاج پوشش انجام شده است و نتايج حاصل با نتايج آماربرداري از جنگل حقيقي مقايسه شده و تفاوت معني‌دار بين جنگل شبيه سازي شده و جنگل حقيقي از نظر آماري مشاهده نشده است.

جنگل شبيه‌سازي‌شده ابزار مفيدي در تهيه طرح‌هاي جنگلداري در جنگل آموزشي و پژوهشي خيرود مي‌باشد و امکان بررسي و مقايسه روش‌هاي مختلف آماربرداري جنگل، شکل و ابعاد قطعه‌نمونه و شبکه آماربرداري را امکان پذير مي‌سازد. شبيه‌سازي انجام شده مي‌تواند به عنوان گامي نو در جهت آغاز استفاده از اين تکنيک در جهت مديريت هرچه بهتر در جنگل تلقي شده، به طوري که تصميمات مديريتي با اطمينان هرچه بيشتر از نتايج مورد انتظار و اثرات بالقوه فعاليت‌ها به مرحله اجرا درآيد.

References

- Bihamta, M. and Zareh, M. 1387. Principles of natural resources science statistics,1th Ed., Tehran university press, 520 pp.
- Elder, J.K. and Morris, R.S. 1986. The use of decision analysis to compare cattle tick control strategies under conditions of risk. Prev. Vet. Med. Vol. 11(3). 523pp.
- Foresman, T.w,1998. The History of Geography Information system, PerenticeHall PTP, UK.
- Frazer,G. Wulder, M. Niemann,O. 2005. Simulation and quantification of the fine-scale spatial pattern and heterogeneity of forest canopy structure: A lacunarity-based method designed for analysis of continuous canopy heights. journal of Elsevier. Vol. 22(11). 322pp.
- Gustafson, E.J. Zollner, P.A. Sturtevant, B.R. He, H.S. Mladenoff, D.J. 2004. Influence of forest management alternatives and land type on susceptibility to fire in northern Wisconsin USA. Land. Ecol. Vol. 19(4). 341pp.
- Hayes, J.L. Ager, A.A. Barbour, R.J. 2004. Methods for Integrated Modeling of Landscape Change. General Technical Report PNW-GTR-610. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station, Portland, 218 pp.
- Keane, R.E. Parsons, R.A. Hessburg, P. F. 2002. Estimating historical range and variation of landscape patch dynamics: limitations of the simulation approach. Ecol. Model. Vol. 151(6). 49pp.
- Klenner, W. Kurz, W. Beukema, S. 2000. Habitat patterns in forested land- scapes: management practices and the uncertainty associated with natural disturbances. Comp. Elect. Agric. Vol. 27(4). 262pp.

- Mitsuda, Y. Yoshida, S. Imada, M. 2001. Use o f G IS -derived environmental factors in predicting site indices in Japanes elarch plantations in Hokkaido. Journal of Forest Research Vol. 6(2). 94pp.
- Mount, G.A. Haile, D.G. Barnard, D.R. Daniels, E. 1999. Integrated management strategies for *Amblyomma americanum* (Acari: Ixodidae) in non-agricultural areas. Exp. Appl. Acarol. Vol. 23(2). 839pp.
- Robert J. Pabst, Matthew N. Goslin, Thomas A. Spies and Steven L. Garman. 2000. Use of the ZELIG forest simulation model in the Coastal landscape analysis and modeling study (CLAMS). Comp. Elect. Agric. Vol. 27(4). 262pp.
- Roseberry, J.L. Richards, B.J. Hollenhorst, T.P. 1994. Assessing the potential impact of Conservation Reserve Program lands on bobwhite habitat using remote sensing, GIS, and habitat modeling. Photogrammetric Eng. Remote Sensing. Vol. 60(4). 1143pp.
- Shugart, H.H. 1984. A Theory of Forest Dynamics: The Ecological Implications of Forest Succession Models. Springer, New York, 278 pp.
- Wootton, J.T. Bell, D.A. 1992. A meta-population model of the peregrine falcon in California: viability and management strategies. Ecol. Appl. Vol. 2(1). 321pp.
- Zheng, D. Chen, J. 2000. Edge effects in fragmented landscapes: a generic model for delineating area of edge (D-AEI). Ecol. Model. Vol. 132(8). 190pp.

Spatial Forest simulation to obtain Forest Statistics (Case Study: Gorazbon District of Kheyrud Forest)

A. Jahani[1]*, J. Feghhi[2] and M. Zobeiri[3]
[1] Ph.d of Forestry, Natural Resources College, University of Tehran, I.R. Iran
[2] Associate Prof.r, Faculty of Forestry, Natural Resources College, University of Tehran, I.R. Iran
[3] Professor, Faculty of Forestry, Natural Resources College, University of Tehran, I.R. Iran

(Received: 31 December 2009, Accepted: 28 February 2012)

Abstract

Geographic Information System (GIS) is one of the most important tools to prepare forest management plan and, in general, as a tool for management, sustainable logging and future planning based on the derived statistical data from forested regions. The purpose of this study was spatial simulation of trees in forest to have in hand an example of an uneven aged forest (simulated forest). By means of the simulated forest, it is possible to test different statistical methods and various management activities before they are carried out in real world. The study area, *Gorazbon*, is a district of *Kheyrud* research-educational forest, with 1001 hectares area located in East of *Nowshahr* city. The inventory was implemented using systematic random sampling. Afterwards, trees were randomly distributed within the compartments of this district, using the results of full callipering inventory with Arc GIS 9.3 software and forest was simulated. In this stage, the inventory process was implemented in simulated forest similar to the inventory of real forest. These results were compared with the results of the ground inventory, and no statistically significant difference was found in any of repetitions. Consequently, it can infer that the simulated forest is remarkably applied to the forest inventory implementations. Furthermore, it is a functional tool to provide forest management plans of *Kheyrud* forest. To say in other words, this makes possible to test different methods of forest inventory and also type and dimensions of plot and inventory net unquestionably.

Keywords: forest simulation, Geographic Information System (GIS), Kheyrud Forest, forest management plan, forest inventory

---

*Corresponding author: Tel: +98 912 7524877 Fax: +98 26 32249312 E-mail: AJahani@ut.ac.ir