تعيين مناسب ترين شكل و اندازه پلات براي برآورد چند متغير مرتعي در مراتع نيمه‌استپي

پژمان طهماسبي*[1]، عطاا ابراهيمي[1] و نبي ا يارعلي [2]
[1] استاديار گروه مرتع و آبخيزداري دانشكده منابع طبيعي و علوم زمين دانشگاه شهركرد، ايران
[2] استاديار گروه جنگلداري دانشكده منابع طبيعي و علوم زمين دانشگاه شهركرد، ايران
(تاريخ دريافت: ۸۹/۳/۳۰، تاريخ تصويب: ۹۱/۲/۵)

چكيده

هنگاهي مي‌توان قضاوت درستي در ارزيابي پوشش گياهي مرتع داشت كه طرح آماربرداري انتخاب شده باشد و در اين ميان شكل و اندازه قطعه (پلات) اهميت زيادي دارد. از اين‌رو تعيين يك اندازه و شكل قطعه مناسب كه بتواند دقت و صحت مناسبي در برآورد متغيرهاي مرتعي پوشش داشته باشد موجب افزايش كارآيي نمونه‌برداري مي‌شود. در اين مطالعه با لحاظ كردن چندين معيار شامل دقت، زمان، نسبت محيط به مساحت و راحتي و قابل استفاده بودن به دنبال تعيين قطعهي خواهيم بود كه برآورد قابل قبولي از چندين متغير شامل درصد پوشش فرمهاي رويشي مختلف، سنگ و سنگريزه، درصد لاشبرگ و خاك لخت داشته باشد. براي اين منظور با استقرار قطعه‌هاي با اندازه و شكل هاي مختلف شامل۱×۱، ۱×۲، ۱/٤×۱/٤، ٤×۰/۵، ۲× ۲ و٤×٤ متري درصد پوشش شكل هاي مختلف رويشي و زمان نمونه‌برداري اندازه‌گيري در آنها شد. براي انتخاب بهترين قطعه از بين گزينه‌هاي فوق از روش تصميم‌گيري سلسله‌مراتبي استفاده شد. همچنين با استقرار ۵ قطعه آشيانه‌اي (تودرتو) با ابعاد ۲۵*۲۵ cm متر تا ۱٦*۱٦ m و تعيين قطعه‌هاي حداقل، كارآيي اين روش با قطعه‌هاي فوق كه چندين معيار را همزمان در خود لحاظ مي‌كند مورد مقايسه قرارگرفت. نتايج كلي نشان مي‌دهد كه دقت برآورد متغيرهاي مختلف با افزايش سطح افزايش مي‌يابد. با اين‌وجود افزايش دقت برآورد متغيرهاي مختلف با افزايش سطح در قطعه‌هاي كوچكتر بسيار چشمگير بوده و با رسيدن به قطعه ٤ متر مربعي تقريباً به سطح ثابتي رسيد. نتايج حاصل از تحليل سلسله مراتبي نشان داد كه با در نظر گرفتن معيارهاي دقت، زمان، نسبت محيط به مساحت و راحتي و قابل استفاده بودن، قطعه ٤ متر مربعي بهترين گرينه انتخابي براي تخمين متغيرهاي پوشش گياهي است. قطعه‌هاي آشيانه‌اي مستقر شده قطعه حداقلي با مساحت بزرگتر از ۳۲ متر مربع را تعيين كرده‌اند. نتايج حاصل از اين پژوهش مويد اين موضوع است كه ۱) در مراتع نيمه استپي براي برآورد متغيرهاي پوشش گياهي قطعه ٤ متر مربعي بهترين است ۲) قطعه‌هاي حداقلي كه در روش آشيانه‌اي تعيين مي‌شوند نمي تواند در مناطقي كه پوشش گياهي ناهمگني زيادي دارد بهترين قطعه‌ها براي برآورد چندين متغير پوشش گياهي باشد ۳) بهترين برآورد از متغيرهاي بررسي شده در دو برابر حداكثر تاج پوشش گونه‌هاي موجود در منطقه مشاهده نشده است و روش استفاده از دو برابر بودن اندازه قطعه از تاج پوشش حداكثر گونه‌ها براي اندازه قطعه در اين مناطق صحيح نيست ٤) براي انتخاب بهترين قطعه، محقق بايد با لحاظ كردن چندين معيار تصميم گيري از بين قطعه‌هاي مورد نظر، يكي را كه بيشترين كارايي را در برآورد متغيرهاي پوشش دارد انتخاب كند.

واژه‌هاي كليدي: قطعه حداقل، قطعه آشيانه‌اي، تصميم گيري سلسله مراتبي، كارآيي نمونه‌برداري

* نويسنده مسئول: تلفن: ۰۹۱۳-٤۰۹٤٦۰۹ فاكس: ۰۳۸۱-٤٤۲٤٤۲۳ E-mail: Pejman.tahmasebi@nres.sku.ac.ir

مقدمه

انتخاب نوع قطعه مورد استفاده در برآوردتمتغيرمتغيرهاي رايج جوامع گياهي (شامل پوشش كل، پوشش شاخ و برگ، توليد و پوشش گونه‌هاي گياهي به طور منفرد و غيره) در بالابردن كارآيي نمونه‌برداري، كاهش هزينه و زمان بسيار مؤثر است(Walther & Moore, 2005).

ساختار و چگونگي پراكنش گونه‌هاي گياهي، دقت مورد نياز، زمان، نسبت محيط به مساحت، راحتي حمل و استقرار در مرتع و متغير مورد اندازه‌گيري تاثير بسزايي بر روي اندازه و شكل قطعه دارد (Sheil *et al.*, 2003، Cheryl, 2010). استفاده از قطعه‌هاي آشيانه‌اي (تو در تو يا حلزوني) يكي از روشهاي سنتي تعيين اندازه قطعه مناسب (قطعه حداقل) براي تخمين متغيرهاي پوشش گياهي است. مبناي استفاده از اين روش كاهش واريانس متغيرهاي نمونه‌برداري است (Barkman, 1989، Moghadam & Ghorbani, 2001). با اين وجود در اغلب موارد، استفاده از قطعه‌هاي آشيانه اي در مناطقي كه ناهمگني‌هاي پوشش گياهي زياد است به تعيين قطعه‌هاي حداقلي منجر خواهد شد كه مساحت آنها زياد است. مساحت زياد قطعه‌ها موجب كاهش كارآيي از نظر زمان و هزينه شده و حمل ونقل و راحتي استفاده از آنها را مشكل مي كند. در نتيجه بايد قطعه ي مورد استفاده قرار گيرد كه علاوه بر كاهش واريانس نمونه‌ها و در پي آن دقت قابل قبول در تخمين متغير مورد نظر، به زمان و هزينه كمتري نياز داشته باشد (Kenkel & Podani, 1991، Otypková & Chytry 2006). اعتقاد بر اين است كه اندازه بهينه قطعه و شكل آن به الگوي پراكنش گياهان تحت مطالعه بستگي دارد و معمولاً براي پوشش گياهي غير انبوه و تنك قطعه‌هاي بزرگ مناسبتر است (Bromer *et al.*, 1994). اشكال رويشي مختلف و بطوركلي متغيرهايي كه محقق به دنبال تخمين آنهاست تفاوتهاي زيادي از لحاظ توزيع مكاني با يكديگر دارند.

براي پوشش گياهي كه گونه‌هاي آن به شكل تصادفي توزيع يافته‌اند قطعه‌هاي با اندازه مختلف دقت يكساني را در تخمين متغير مورد نظر دارند و براي توزيع مكاني كپه‌اي شرايط فرق كرده و قطعهي بهترين تخمين را دارد كه تا حدي از اندازه كپه ايجاد شده بزرگتر باشد (Moghadam & Ghorbani, 2001،Wiegert, 1962 (Chytrý & Otýpková, 2003 ،Kenkel *et al.*, 1989). بر اين اساس چنانچه متغير مورد اندازه‌گيري و يا شكل رويشي تغيير يابد ممكن است اندازه و شكل بهينه قطعه تغيير يابد. تعيين چنين قطعه‌هاي كه تنها يك فرم رويشي و يا يك متغير را در خود لحاظ مي‌كند قطعه حداقل تك متغيره (تك منظوره) تعريف مي‌شود (Podani & Kenkel, 1991). حال فرض كنيد محققي به دنبال برآورد صحيح چند متغير (براي نمونه توليد، درصد پوشش شكل هاي مختلف رويشي، درصد پوشش كل) در يك منطقه كه از چند تيپ گياهي كه از لحاظ فرمهاي رويشي با يكديگر اختلاف دارند باشد كه اين امر به كرات در اندازه‌گيري پوشش گياهي مراتع اتفاق مي‌افتد. در نتيجه وي با توجه به متغير مورد ارزيابي ميبايد از چند قطعه حداقل به طور همزمان براي تخمين متغيرهاي مختلف يك تيپ گياهي و يا از یک تيپ به تيپ ديگر استفاده كند كه نتيجه آن افزايش هزينه و زمان است.

در نتيجه نياز به قطعه ي كه متغيرهاي مختلف را در شكل هاي رويشي متفاوت با دقت قابل قبولي تخمين زده و كمترين زمان و هزينه ممكن را نياز داشته باشد، ضروري است. چنين قطعه ي بهينه يابي بين دقت و هزينه‌كرد اندازه‌گيري متغيرهاي مختلف خواهد بود كه ما آن را در اين نوشتار قطعه چند منظوره (يا چند متغيره) بهينه ناميده‌ايم كه براي برآورد متغيرهاي مختلف جامعه گياهي قابل استفاده باشد. بيشتر مطالعاتي كه در اين زمينه انجام شده است قطعه حداقل را با اهدافي تك منظوره تعيين كرده‌اند. براي مثال در علفزارهاي نيمه استپي گلستان شكل و اندازه قطعه مناسب تنها براي برآورد توليد مورد مطالعه قرار گرفت (Karami *et al.*, 2002). در مناطق استپ، استپ مرتفع و نيمه استپي اندازه و شكل قطعه تنها براي برآورد توليد گياهي بدست آمد (Moghadam & Ghorbani, 2001). همچنين در مراتع پژوهشاتي نبراسكا سطح قطعه مناسب جهت برآورد

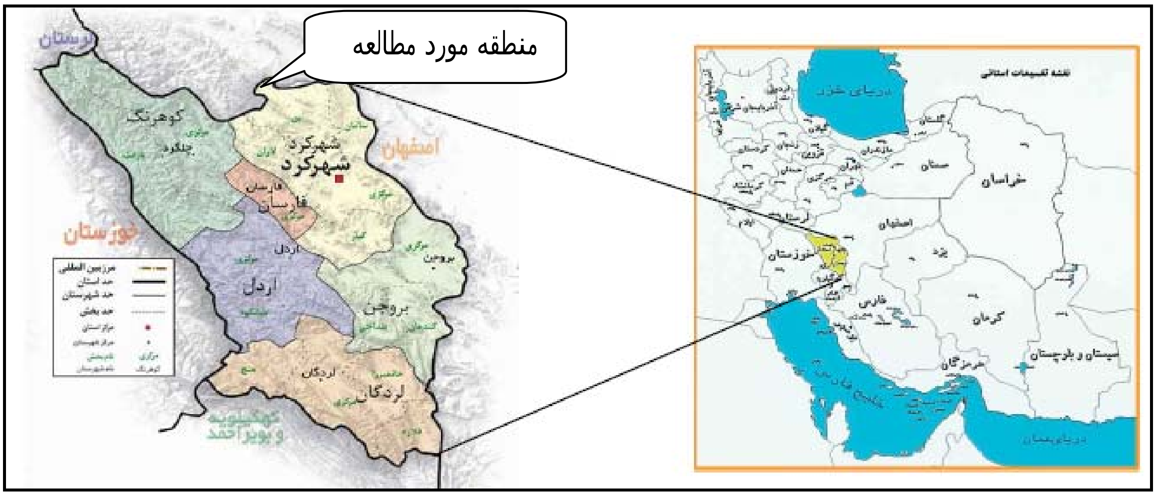
توليد گونه‌هاي ريزوم‌دار و گندميان دسته‌اي مورد ارزيابي قرار گرفت (Bromer *et al.*, 1994). افزون براين، مطالعات کمي هزينه کرد زماني را به عنوان يکي از مهمترين شاخص‌هاي تعيين قطعه مناسب مورد مطالعه قرار داده‌اند (Lindsey *et al.*, 1958، Wiegert, 1962، Laycock & Batcheler, 1975، Batcheler & Craib, 1985، Kenkel & Podani, 1991) و تنها دقت در برآورد متغير را در مطالعه خود مورد بررسي قرار دادند (براي نمونهBormman, 1953، Cottam & Curtis Lyon, 1968، Parker, 1979، Grafen & Hails, 2002، Bryant *et al.*, 2004، Cheryl *et al.*, 2010). مطالعه‌اي که به طور همزمان چندين عامل را که در تعيين شکل و اندازه قطعه موثرند بررسي کرده باشد وجود ندارد.

اگرچه در انجام بسياري از مطالعات استفاده از قطعه‌هاي آشيانه‌اي مبناي تعيين قطعه حداقل عنوان شده، مشاهدهاي (مولفين) در مناطق استپي و نيمه استپي نشان داده است که قطعه‌هاي حداقلي که بر اساس استقرار قطعه‌هاي آشيانه‌اي به دست مي‌آيد بسيار بزرگ بوده و اگر يك محقق بخواهد تنها ۲۰ عدد از اين قطعه‌ها را در هر مورد ارزيابي، نمونه‌برداري کند وقت و هزينه بسيار زيادي را صرف نموده و از طرف ديگر سطح نمونه برداري در مقايسه با منطقه نمونه برداري بسيار افزايش مي يابد. لذا در عمل بيشتر محققان تنها با يك استنباط شخصي و نه بر اساس يافته‌هاي علمي قطعه مناسب را براي اندازه‌گيري و تخمين متغيرهاي مورد نظر خود انتخاب مي‌کنند. همچنين در بسياري از موارد قطعه مناسب را قطعه ي مي دانند که مساحت آن دو برابر تاج پوشش گونه اي باشد که بزرگترين تاج را دارد.

هدف از اين مطالعه تعيين قطعه ي است که با در نظر گرفتن معيارهاي مختلفي مانند دقت مورد نياز، زمان، نسبت محيط به مساحت، راحتي حمل و استقرار در مرتع براي اندازه‌گيري و تخمين چند متغير شامل درصد پوشش فرمهاي رويشي مختلف، خاك لخت، درصد لاشبرگ و سنگ و سنگريزه مناسب باشد. افزون بر اين نشان خواهيم داد که اگرچه استفاده از قطعه‌هاي آشيانه‌اي براي تعيين قطعه حداقل ممکن است منجر به قطعه ي با حداقل واريانس در تخمين متغير مورد ارزيابي خواهد شد و با افزايش سطح قطعه، دقت تخمين بالا مي‌رود ولي با در نظر گرفتن معيارهايي مانند زمان که با ميزان کارآيي تخمين رابطه معکوس دارد استفاده از قطعه ي بهينه که معيارهاي متعددي را براي اندازه‌گيري متغيرهاي مختلفي در نظر گرفته باشد، ضروري است. همچنين نشان خواهيم داد که آيا ابعاد قطعه ي که با در نظر گرفتن چندين متغير و چندين معيار بدست مي‌آيد با قطعه ي که اندازه آن دو برابر تاج پوشش گونه اي با حداکثر تاج پوشش است يکي است يا خير؟

مواد و روش‌ها

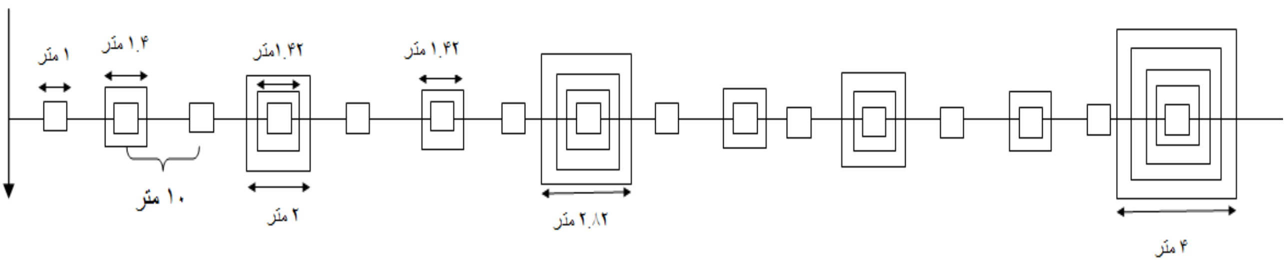
مطالعه حاضر در منطقه استپي حاشيه زاينده رود در قرق پژوهشاتي، مرکز پژوهشات کشاورزي و منابع طبيعي استان اصفهان در مرز بين استان چهارمحال و بختياري و اصفهان با مختصات جغرافيايي۳۲ درجه و ۴۰ دقيقه تا ۳۲ درجه و ۴۲ دقيقه عرض شمالي و ۵۰ درجه و ۳۵ دقيقه تا ۵۰ درجه و ۴۰ دقيقه طول شرقي در شمال غربي استان چهارمحال و بختياري صورت گرفته است (شکل ۱). پوشش غالب منطقه از گون‌هاي علفي و گندميان چند ساله به همراه گون‌هاي بوته‌اي تشکيل شده است. از گندميان چيره مي‌توان *Bromus tectorum*، *Bromus dantoniea* و *Boissiere asquerosos* را نام برد از گندميان چند ساله چيره *Bromus tomentellus*، *Agropyron repens*، از پهن برگان گون‌هاي علفي و از بوته‌ايها گون‌هاي بوته‌اي شامل *Astragalus verus*و *Astragalus susianus* را نام برد. بزرگترين تاج پوشش مربوط به گونه *Astragalus susianus* بود که مساحت تقريبي آن يک متر مربع بود.



شكل ۱- موقعيت جغرافيايي محل نمونه‌برداري در استان چهارمحال و بختياري.

پس از انتخاب منطقه مورد مطالعه، با استفاده از قطعه‌هاي با ابعاد مختلف ۱×۱، ۱×۲، ۱/٤×۱/٤، ٤×۰/۵، ۲ ×۲ و٤×٤ مترمربعي متغيرهاي درصد پوشش گونه‌هاي گياهي و هر فرم رويشي، درصد خاك لخت، سنگ و سنگريزه و لاشبرگ اندازه گيري شد. زمان اندازه‌گيري هر نوع قطعه نيز به تفكيك هر قطعه اندازه‌گيري شد.

براي نمونه گيري از روش نظام مند-تصادفي استفاده شد به نحوي كه قطعه‌ها از يك نقطه تصادفي شروع و بر روي يك ترانسكت پايه و در فواصل ده‌متري مستقر شدند. از آنجا كه یک اصل اساسي در نمونه برداري، مساحتي از منطقه است كه نمونه برداري مي شود، سعي شد تا مساحت يكساني براي نمونه گيري انتخاب شود. به همين دليل هرچه سطح قطعه نمونه‌برداري افزايش يافت تعداد نمونه‌ها كاهش يافت به طوريكه سطح يكساني آمار برداري گردد. شكل (۲)، نشان دهنده طرح نمونه برداري با قطعه‌هاي با ابعاد مختلف (۱×۱، ۱×۲، ۱/٤×۱/٤، ٤×۰/۵، ۲ ×۲ و٤×٤) است كه چهار بار در مرتع استقرار يافت. در نتيجه در هر ترانسكت كه در شكل (۲) آمده است، تعداد ۱۶ قطعه يك مترمربعي هشت قطعه ۱/۴×۱/۴، هشت قطعه۱×۲، هشت قطعه ۴×۰/۵، چهار قطعه۲× ۲ و يك قطعه ۴×۴ نمونه‌برداري شد و اين كار در طول ۴ ترانسكت شبيه به شكل ۲ تكرار گرديد. مقايسه قطعه‌هاي مستطيلي و مربعي شكل در يك مساحت يكسان با مقايسه هشت قطعه ۱/۴×۱/۴، هشت قطعه۱×۲ و هشت قطعه ۴×۰/۵ صورت گرفت.



شكل ۲- بخشي از طرح نمونه برداري با قطعه‌هاي با ابعاد مختلف (۱×۱، ۱×۲، ۱/۴×۱/۴، ۴×۰/۵، ۲ ×۲ و۴×۴)، سطوح قطعه و تعداد آنها به گونه اي انتخاب شد كه سطح يكساني نمونه برداري شود.

با توجه به اينكه بزرگترين تاج پوشش مربوط به گونه *Astragalus susianus* بود كه مساحت تقريبي آن یک متر مربع بود و يكي از اهداف اين پژوهش بررسي دقت قطعه با ابعاد دو برابر تاج پوشش است كه قطعه‌هاي

۱/۴×۱/۴، قطعه۱×۲ و قطعه ۴×۰/۵ نماينده آن بوده و اگر هر كدام از اين قطعه‌ها به عنوان قطعه مناسب انتخاب شوند به اين معني است كه فرضيه قطعه مناسب با ابعاد دو برابر بزرگترين تاج پوشش گونه صحيح است.

سه معيار كمي كه واريانس و كواريانس متغيرهاي مختلف را مورد محاسبه قرار مي‌دهند و از آنها به عنوان معيارهاي چند متغيره نام مي‌بريم براي تعيين دقت برآورد هر كدام اط قطعهها مورد استفاده قرار گرفت. در تخمين‌هاي متغير تك متغيره، واريانس كمتر (S^2) تخمين بهتري از متغير را موجب مي‌شود (Cochran, 1977) و از آن به عنوان معياري براي تعيين مساحت و شكل قطعه مناسب مورد استفاده قرار مي‌گيرد. حال در شرايطي كه چند متغير (براي مثال درصد پوشش گونه‌ها يا فرم‌هاي رويشي مختلف) مورد نظر باشد معيار مناسب، كم بودن مجموع واريانس متغيرها بوده و از رابطه (۱) محاسبه مي‌شود (Kenkel & Podani, 1991):

$$c_1 = \sum_{i=1}^{p} S_i^{\,2} \qquad (۱)$$

كه در آن:

p= تعداد متغيرها (در اينجا فرم‌هاي رويشي مختلف)

$S_i^{\,2}$= واريانس هر یک از متغییرها

c_1 = مجموع مربعات واريانس متغییرها

همچنين در تخمين‌هاي تك متغيره، تعداد نمونه مورد نياز براي تخمين يك متغير با يك سطح احتمال مشخص تحت تاثير واريانس قرار مي‌گيرد (Eckblad, 1991) و از آن به عنوان معياري براي تعيين تعداد قطعه مورد نياز براي اندازه گيري يك متغير استفاده مي‌شود. در شرايطي همچون پژوهش حاضر كه هدف تعيين يك قطعه چند منظوره باشد، قطعه ي بهترين خواهد بود كه واريانس واريانس متغيرها كمترين باشد كه از رابطه (۲) محاسبه مي‌شود:

$$c_2 = Var(S_i^2) \qquad (۲)$$

كه در آن:

$S_i^{\,2}$= واريانس هر یک از متغيرها

c_2 = واريانس واريانس متغيرها

تغييرات كمتر در واريانس متغيرها (در اينجا فرم‌هاي رويشي مختلف) به منزله تعداد قطعه كمتر براي اندازه‌گيري است. براي محاسبه دو شاخص فوق ابتدا درصد پوشش فرمهاي رويشي مختلف در پلا تهاي نمونه برداري بدست آمد و سپس واريانس (C_1) و واريانس واريانس هاي (C_2) درصد پوشش هر فرم رويشي، درصد خاك لخت، سنگ و سنگريزه و لاشبرگ براي هر نوع قطعه تعيين شد.

دو معيار فوق تنها بر اساس مقدار واريانس متغيرها دقت تخمين را محاسبه مي‌كنند. معيار سوم كواريانس بين متغيرها (گونه‌ها يا فرم هاي رويشي مختلف) است. بديهي است هر چه كواريانس بين متغيرها در قطعه ي كاهش يابد، آن قطعه براي اندازه گيري متغير هاي مورد مطالعه در مقايسه با ساير قطعه‌ها مناسبتر است (Greigh-Smith, 1983، Kenkel & Podani, 1991). از همين روي علاوه بر موارد فوق، كواريانس متغير هاي مورد بررسي (يعني فرم هاي رويشي مختلف شامل درصد پوشش گندميان يكساله، درصد پوشش گندميان چند ساله، درصد پوشش علفي هاي يكساله، درصد پوشش علفي هاي چند ساله، درصد پوشش گياهان بوته‌اي، درصد سنگ و سنگ ريزه، لاشبرگ و خاک لخت) به عنوان معيار انتخاب قطعه مناسب در نظر گرفته شد.

براي محاسبه كواريانس بين متغيرها مي‌توان از ارزش‌هاي ويژه ماتريس واريانس-كواريانس متغيرها استفاده كرد. براي اين منظور ماتريس هاي جداگانه‌اي براي هر یک از قطعه‌هاي نمونه برداري (با ابعاد مختلف ۱×۱، ۱×۲، ۱/٤×۱/٤، ٤×۰/٥، ۲× ۲ و٤×٤ متري) و تغييرات متغيرهاي مذكور (يعني فرم هاي رويشي مختلف شامل درصد پوشش گندميان يكساله، درصد پوشش گندميان چند ساله، درصد پوشش علفي هاي يكساله، درصد پوشش علفي هاي چند ساله، درصد پوشش گياهان بوته اي، درصد سنگ و سنگ ريزه، لاشبرگ و خاک لخت)

تهيه و با استفاده از تحليل مولفه‌هاي اصلي (PCA[1]) مقادير ويژه ماتريس فوق استخراج گرديد. سپس واريانس مقادير ويژه (كواريانس) هر یک از متغيرها بر اساس رابطه ۳ محاسبه شد:

$$c_3 = Var(\lambda_i) \quad (۳$$

كه در آن:

λ_i = ارزش ويژه متغيرها (كواريانس).

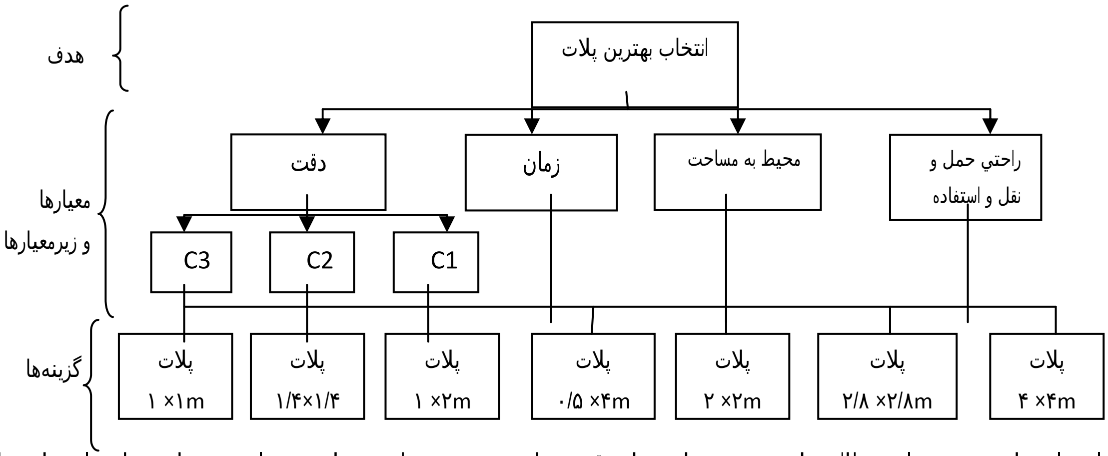
c_3 = واريانس مقادير ويژه (كواريانس) متغيرها.

واضح است كه هر چقدر واريانس ارزش‌هاي ويژه استخراجي كمتر باشد، بيانگر كواريانس كمتر بين متغيرها بوده و كارآيي تخمين آن قطعه در مقايسه با ساير قطعهها بالاتر خواهد بود. در اين مطالعه براي هر یک از قطعه‌هاي مورد مطالعه (۱×۱، ۱×۲، ۱/٤×۱/٤، ٤×۰/۵، ۲× ۲ و٤×٤ متري) معيارهاي فوق (C_1, C_2, C_3) اندازه‌گيري شد. علاوه بر معيارهاي مذكور كه از آنها به عنوان معيارهاي دقت نام مي بريم، زمان اندازه‌گيري هر قطعه (Krebs, 1989)، و معيار راحتي حمل و نقل و به كارگيري آن قطعه و نسبت محيط به مساحت (Elzinga *et al.*, 2003) نيز به عنوان معيار تصميم گيري در مورد انتخاب اندازه قطعه نمونه برداري در نظر گرفته شدند. براي محاسبه معيار راحتي حمل و نقل و به كار گيري قطعه، ابتدا از ۵ نفر با تجربه خواسته شد به قطعه‌هاي مختلف نمره بين يك تا ۱۰ داده و ميانگين نمرات آنها به عنوان نمره نهايي قطعه مورد نظر از نظر راحتي حمل و نقل و به كارگيري در نظر گرفته شد. همچنين پنج قطعه آشيانه‌اي (تو درتو) با ابعاد از cm ۲۵*۲۵ متر تا ۱۶*۱۶m مستقر شد و در آنها قطعه‌هاي حداقل تعيين گرديد. هدف از اين كار مقايسه قطعه حداقل تعيين شده از اين روش با قطعه مناسب كه عوامل متعددي را در خود لحاظ مي‌كند، بود. براي بررسي ارتباط بين سطح قطعه و كارآيي دقت و همچنين بين زمان و كارآيي دقت از مدلهاي رگرسيوني استفاده شد و مدلي كه بهترين برازش را بر اساس مقدار ضريب تبيين داشته باشد انتخاب مي‌شود. براي بررسي ارتباط بين سطح قطعه با راحتي حمل و نقل از همبستگي رتبه‌اي اسپيرمن استفاده شد. هر كدام از قطعه‌هاي مختلف (۱×۱، ۱×۲، ۱/٤×۱/٤، ٤×۰/۵، ۲× ۲ و٤×٤) با توجه به معيارهاي مختلف فوق (C_1, C_2, C_3، زمان اندازه‌گيري هر قطعه، راحتي حمل و نقل و به كارگيري و نسبت محيط به مساحت) داراي كارآيي متفاوتي هستند. در نتيجه تصميم گيري در مورد انتخاب بهترين قطعه با در نظر گرفتن همه معيارهاي فوق كاري مشكل مي‌باشد. بنابراين استفاده از مدلهاي تصميم گيري در اين مطالعه ضروري بوده و به اين منظور از مدل تصميم گيري تحليل سلسله مراتبي (Analytical Hierarchical Process=AHP) براي انتخاب بهترين قطعه استفاده شد. در اين روش با در نظر گرفتن معيارهاي مختلف كمي (معيارهاي C_1، C_2،C_3، زمان و نسبت محيط به مساحت) و كيفي (راحتي حمل و نقل و استفاده) بهترين گزينه را از بين گزينه‌هاي موجود تصميم گيري يعني قطعه‌هاي با ابعاد مختلف (۱×۱، ۱×۲، ۱/٤×۱/٤، ٤×۰/۵، ۲× ۲ و٤×٤) انتخاب مي‌كند (Ataei, 2010). در اين روش ابتدا نمودار سلسله مراتبي ساخته شد (شكل۳)، سپس با تشكيل ماتريس مقايسه ههاي زوجي اولويت معيارهاي مختلف براي رسيدن به هدف (انتخاب بهترين قطعه) و همچنين ارجحيت (وزن) هر كدام از گزينه‌ها بر اساس معيارهاي در نظر گرفته شده بدست آمد. سپس وزن نهايي هر گزينه از مجموع حاصلضرب هر معيار در وزن گزينه از آن معيار به دست آمد. گزينه با بيشترين وزن به عنوان بهترين قطعه انتخاب شد. در نهايت ميزان سازگاري تصميم‌گيري كه صحت قضاوت را مشخص مي‌كند از رابطه زير محاسبه شد.

$$I.I = \frac{\lambda_{\max} - n}{n}$$

[1] Principle Component Analysis

كه در آن $I.I$ نرخ سازگاري، λ_{max} ماكزيمم مقدار ويژه ماتريس مقايسه زوجي و n بعد ماتريس است. نرخ سازگاري كمتر از ۰/۱ مبناي صحت قضاوت قرار مي‌گيرد.



شكل ۳- سلسله مراتب استفاده شده در اين مطالعه با توجه به چهار معيار دقت، زمان نسبت محيط به مساحت و راحتي حمل و نقل و استفاده. با توجه به اينكه هر سه معيار **C1**، **C2** و **C3** دقت قطعه مورد استفاده را تخمين مي‌زنند به عنوان زير معيارهاي دقت در سلسله مراتب مورد استفاده قرار گرفتند. در اين شكل تنها ارتباطات معيار راحتي حمل و نقل و استفاده با گزينه‌ها نشان داده‌شده و هر كدام از معيارها و زيرمعيارها چنين ارتباطي را با قطعه‌ها دارند.

نتايج

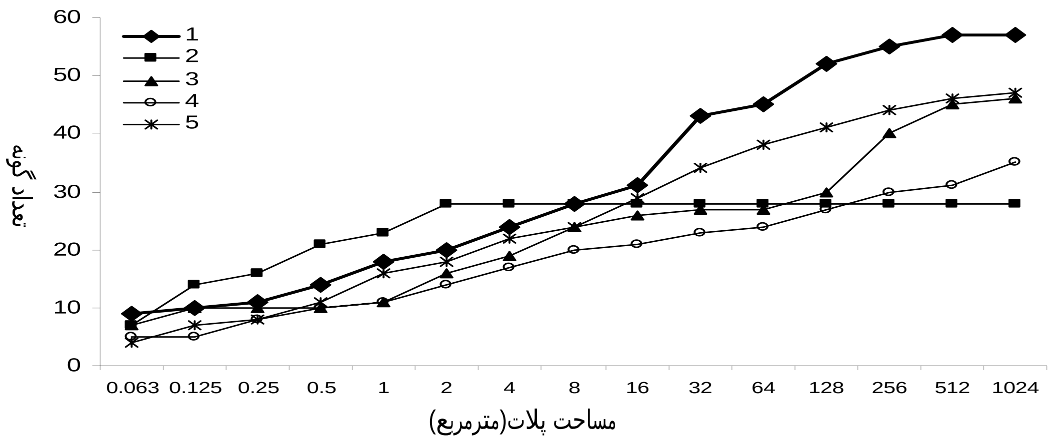
نتايج حاصل از اعمال ۵ قطعه آشيانه اي (تو در تو) در شكل (۴) نشان داده شده است، چنانچه در اين نمودار مشاهده مي شود، ارتباط بين مساحت قطعه‌ها و تعداد گونه در قطعه‌هاي آشيانه‌اي يا به ندرت روند ثابت را نشان داد (شكل ۱) و يا اينكه در قطعه‌هاي بزرگتر از ۳۲ متر مربعي تقريباً به مجانب نزديك شد. با اين وجود نمي توان سطح دقيقي را براي اندازه قطعه در منطقه مورد مطالعه به روش قطعه‌هاي آشيانه اي توصيه كرد.

همچنين نتايج نشان مي‌دهد كه دقت برآورد متغيرهاي مختلف با افزايش سطح قطعه افزايش مي‌يابد (شكل ۵). با اين وجود افزايش كارآيي دقت با افزايش سطح در قطعه‌هاي كوچكتر بسيار چشمگير بوده و با رسيدن به قطعه ۴ متر مربعي تقريباً به سطح ثابتي رسيده است (شكل ۵). اين موضوع در ارتباط با هر سه شاخص C_1، C_2 و C_3 صادق مي‌باشد (شكل ۵). بهترين مدل رگرسيوني برازش داده شده براي بررسي ارتباط بين مساحت قطعه‌ها و شاخص هاي C_1، C_2 و C_3 مدل تواني بود (شكل ۵) كه بيانگر ارتباط منفي معني دار بين هر يك از سه شاخص فوق و مساحت قطعه است. همچنين در يك سطح ثابت كارآيي قطعه‌هاي مربعي شكل در هر سه شاخص فوق بيشتر از كارآيي قطعه‌هاي مستطيلي شكل براي برآورد متغيرهاي لحاظ شده مي‌باشد (شكل۵). با افزايش مساحت قطعه، زمان لازم براي اندازه‌گيري افزايش يافته است و زمان با هر سه شاخ C_1، C_2 و C_3 همبستگي منفي معني داري داشت (r_{c1}=-۰/۸، p=۰/۰۳؛ r_{c2}=-۰/۶۵، p=۰/۰۴؛ r_{c3}=-۰/۷۸، p=۰/۰۳۵).

نتايج همبستگي اسپيرمن نيز نشان داد كه با افزايش ابعاد و مساحت قطعه راحتي حمل و نقل به طور معني داري كاهش مي‌يابد ($r_{spearman}$=۰/۷۷، p=۰/۰۲۹). وزن‌هاي هر كدام از معيارهاي مورد استفاده و همچنين وزن‌هاي هر كدام از گزينه‌ها (قطعه‌ها) بر اساس معيارهاي مورد بررسي در روش AHP در جدول (۱) آمده است.

بر اساس وزن نهايي هر گزينه كه از مجموع حاصلضرب وزن هر معيار در وزن گزينه‌ها بر اساس هر معيار بدست

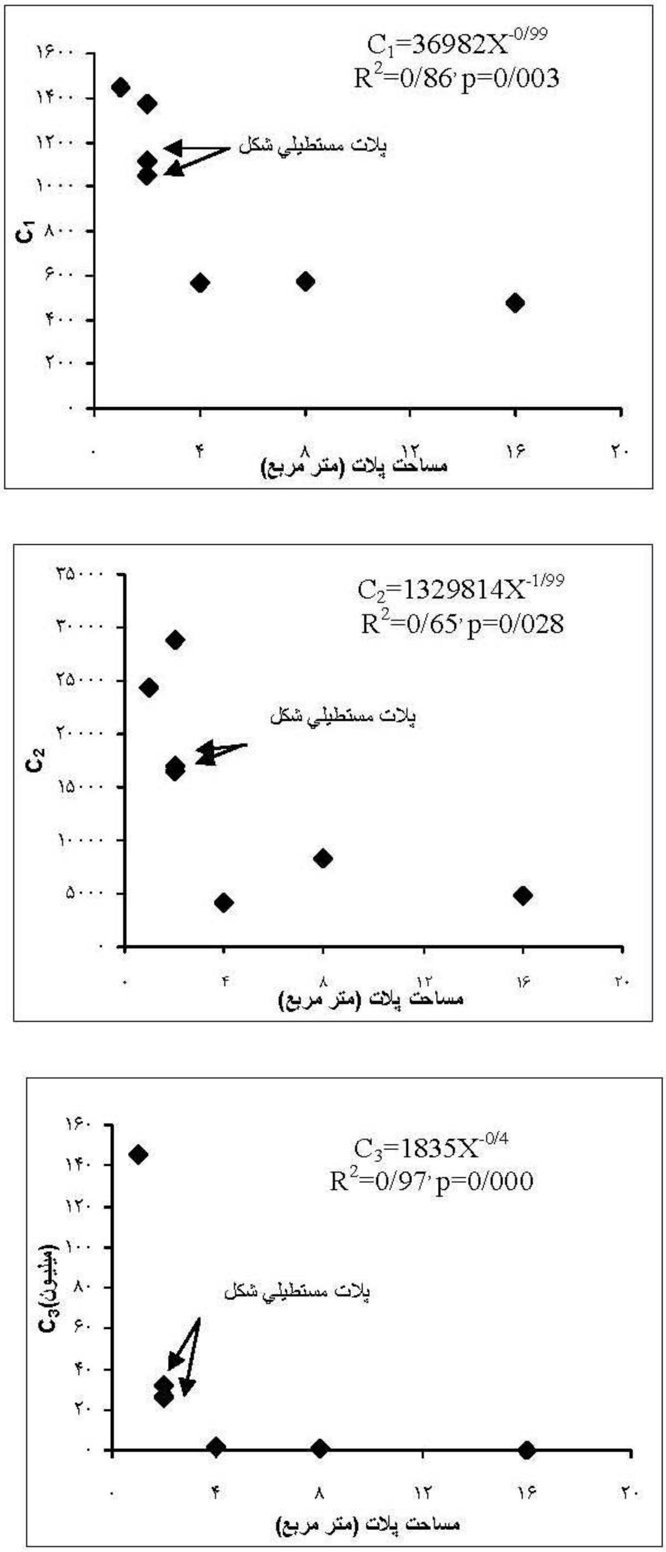
آمد قطعه با مساحت ۲×۲ متر مربع بهترین گزینه انتخابي بود و گزینه‌هاي ۴×۴ و ۲/۸×۲/۸متر مربعي در رتبه‌هاي بعدي قرار گرفتند (شکل ۶). همچنین در مقایسه بین قطعه‌هاي مربعي شکل و مستطیلي شکل، قطعه‌هاي مستطیلي شکل کمترین وزن نهایي را دریافت کرده و بنابراین با درنظر گرفتن پنج معیار لحاظ شده کمترین کارآیي را داشته‌اند. میزان سازگاري محاسبه شده برابر با ۰/۰۳ بوده و درنتیجه قضاوت انجام شده صحیح مي‌باشد.



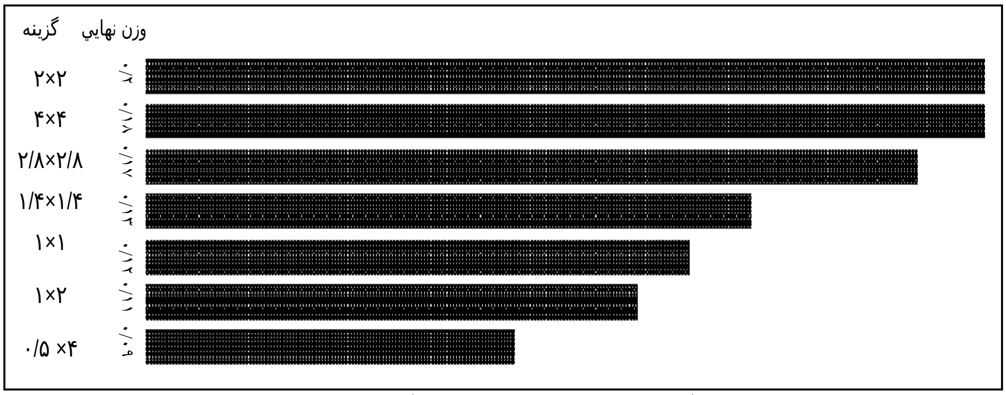
شکل۴- ارتباط بین تعداد گونه و مساحت در ۵ قطعه آشیانه‌اي.

جدول ۱- وزن نسبي هريك از گزينه‌ها نسبت به معيارها وزيرمعيارها،

	معيار ها						
اندازه ابعاد قطعه (گزينه‌ها)	دقت	C_1	C_2	C_3	نسبت محيط به مساحت	راحتي حمل و نقل و به كارگيري	مدت زمان اندازه‌گيري
۱×۱	۰/۰۲۹	۰/۰۲۷	۰/۰۴۱	۰/۰۲	۰/۰۳۵	۰/۳۳۶	۰/۳۹۳
۱/۴×۱/۴	۰/۱۰۴	۰/۰۷	۰/۰۹۶	۰/۱۳۵	۰/۰۹۲	۰/۲۴۹	۰/۲۱۵
۲×۱	۰/۱۰۳	۰/۰۶۳	۰/۰۹۹	۰/۱۳۴	۰/۰۷۹	۰/۱۷۸	۰/۱۲۲
۴×۰/۵	۰/۰۸	۰/۰۳۱	۰/۰۶۷	۰/۱۲۳	۰/۰۲۸	۰/۰۶۲	۰/۱۰۴
۲×۲	۰/۲۳	۰/۲۶۲	۰/۲۵	۰/۱۹۳	۰/۱۷۳	۰/۱۰۵	۰/۱۰۵
۲/۸×۲/۸	۰/۲۱۷	۰/۲۶۲	۰/۲۰۵	۰/۱۹۶	۰/۲۵۴	۰/۰۴۵	۰/۰۳۱
۴×۴	۰/۲۳۷	۰/۲۸۵	۰/۲۴۳	۰/۱۹۸	۰/۳۴	۰/۰۲۶	۰/۰۲۹



شكل۵- ارتباط مساحت قطعه با هر يك از سه شاخص **C1**، **C2** و **C3**.



شكل (۶). دياگرام وزن‌هاي نهايي هر كدام از گزينه‌هاي مورد مطالعه.

بحث و نتيجه‌گيري

در بررسی های تك متغير و چند متغيره، افزايش مساحت قطعه موجب افزايش كارآيي تخمين مي‌شود (Kenkel & Podani, 1991، Otypková & Chytry, 2006). اين موضوع نشان مي‌دهد كه قطعه مناسب براي برآورد متغيرهاي پوشش گياهي با افزايش ناهمگني هاي پوشش گياهي بزرگ و بزرگتر مي‌شود، در نتيجه قطعه حداقل كه بر اساس استقرار قطعه آشيانه‌اي به دست مي‌آيد مساحتي بزرگ را خواهد داشت. اين امر به ويژه در مناطق خشک و نيمه خشک كه الگوي پراكنش گياهان از ناهمگني بيشتري در مقايسه با مناطق مرطوب برخوردار است مشاهده مي شود. در اين مطالعه قطعه حداقل بر اساس استقرار قطعه‌هاي آشيانه‌اي بزرگتر از ۳۲ متر بدست آمد (شكل ۴). حال فرض كنيد محققي در هر تيمار خود بخواهد ۱۰ عدد از اين قطعه‌ها را مستقر كرده و يك يا چند متغير پوشش گياهي را تخمين بزند. انرژي و زمان لازم براي چنين كاري بسيار زياد بوده و علاوه بر اين احتمالاً دقت آن با قطعه‌هاي كوچكتر از خود و يا بزرگتر از توده پوشش گياهي تفاوت چنداني نخواهد داشت. اين در حاليست كه نتايج نشان مي‌دهد كه اگرچه كارآيي تخمين با افزايش مساحت قطعه‌هاي كوچك افزايش مي‌يابد، اين افزايش براي قطعه‌هاي بزرگتر ناچيز بوده و به مجانب نزديك شده و تقريبا ثابت مي‌شود (شكل ۵). عدم كاهش چشمگير در هر سه شاخص C_1، C_2 و C_3 در بالاتر از مساحت ۴ متر مربعي نشان مي‌دهد كه كارآيي تخمين تا اين مساحت به طور قابل توجهي افزايش مي‌يابد. قطعه‌هاي كوچكتر مقياس‌هاي كوچكتر از توده‌هاي گياهي را برداشت مي‌كنند و اين موضوع موجب افزايش واريانس و درنتيجه كاهش كارآيي تخمين مي‌شود. اين در حالي است كه قطعه‌هاي بزرگتر از توده گياهي به شكل معني‌داري كارآيي تخمين را افزايش مي‌دهند. در مطالعه‌اي كه Moghadam & Ghorbani, (2001) در استپ، استپ كوهستاني و نيمه استپ در تعيين بهترين اندازه قطعه در تخمين توليد انجام دادند نشان دادند كه قطعه‌هاي كوچكتر داراي واريانس بيشتري بوده و با افزايش مساحت قطعه واريانس كمتر مي شود و آنها اينگونه نتيجه گرفتند كه عدم همساني واريانس قطعه‌هاي مختلف حاكي از اين است كه قطعه‌هاي با اندازه‌هاي مختلف بخش‌هاي متفاوتي از جامعه گياهي را برداشت مي‌كنند كه با نتايج اين پژوهش يكسان است. همبستگي منفي زمان و هر سه شاخص C_1، C_2 و C_3 نشان از تعارض بين زمان لازم براي رسيدن به حداكثر كارآيي و سطح قطعه انتخابي دارد.

در مطالعه Kenkel & Podani (1991) نشان داده شد شاخص‌هاي فوق با زمان نمونه‌برداري رابطه عكس دارد و نشان دادند كه اگرچه با افزايش سطح قطعه كارآيي تخمين افزايش يافته ولي با لحاظ كردن زمان و راحتي استفاده، بزرگترين قطعه بهترين قطعه نخواهد بود (Chytrý & Otýpková, 2003). در مقايسه بين

قطعه‌هاي مستطیلي و مربعي، وزن شاخص هاي C_1، C_2 و C_3 در قطعه‌هاي مستطیلي بسیار کمتر بود. این موضوع نشان مي دهد واریانس نمونه برداري در قطعه‌هاي مستطیلي افزایش مي یابد در صورتي که کواریانس بین متغیرها کاهش مي‌یابد. علاوه بر این نسبت محیط به مساحت افزایش یافته و از این نظر به عنوان قطعه مناسب براي نمونه برداري در این مناطق نیست.

در این مطالعه قطعه مناسب بر اساس در نظر گرفتن معیارهاي متفاوت یك قطعه ۴ متر مربعي بود (شکل ۶). در شرایط تعیین قطعه براي تخمین یك متغیر و یا درصد پوشش گونه فرض مي‌شود که قطعه مورد استفاده دو برابر بزرگتر از تاج پوشش گونه مورد نظر باشد. بر پایه نتایج به دست آمده از این پژوهش به نظر مي‌رسد که براي برآورد ویژگي هاي متفاوت یك جامعه گیاهي قطعه حداقل براي تخمین چند متغیر (چند گونه یا شکل رویشي) باید از توده‌هاي پوشش گیاهي بزرگتر باشد. گونه‌هاي موجود در منطقه در فرمهاي رویشي مختلف ظاهر شده که از گندمیان چیره مي‌توان *Bromus tectorum* ، *Bromus dantoniea* و *Boissiere asquerosos* را نام برد از گندمیان چند ساله چیره *Bromus tomentellus*، *Agropyron repens*، از پهن‌برگان مي‌توان گون‌هاي علفي و از بوته‌اي ها گون‌هاي بوته‌اي شامل *Astragalus verus* و *Astragalus susianus* را نام برد. تاج پوشش گونه‌هاي بوته‌اي چیره در حدود ۱ متر مربع در منطقه مورد مطالعه مشاهده شد که حداکثر تاج پوشش گونه‌هاي موجود بود. دربسیاري از موارد از روش دو برابر بودن اندازه قطعه از تاج پوشش حداکثر گونه‌ها براي تعیین اندازه قطعه استفاده مي‌شود. اگر از این روش استفاده مي‌شد قطعه ۱/۴۱ × ۱/۴۱ (۲متر مربعي) براي نمونه‌برداري باید انتخاب مي‌شد ولي با در نظر گرفتن معیارهاي مورد استفاده در این مطالعه قطعه ۴ متر مربعي بهترین قطعه تعیین شد. بر این اساس مي‌توان اینگونه نتیجه گرفت که بهترین برآورد از متغیرهاي بررسي شده در دو برابر بیشتر تاج پوشش گونه‌هاي موجود در منطقه مشاهده نشده است و روش استفاده از دو برابر بودن اندازه قطعه از تاج پوشش بیشینه گونه‌ها صحیح نیست.

در مقایسه با قطعه‌هاي بزرگتر، در قطعه ۴ متر مربعي زمان کمتري صرف تخمین پوشش گیاهي مي‌شود و راحتي حمل و نقل و استفاده از آن بهتر است. بر این پایهاین قطعه، قطعه ي خواهد بود که چندین متغیر را که در اینجا درصد پوشش فرم‌هاي رویشي مختلف، درصد لاشبرگ، سنگ و سنگریزه و خاك لخت است را تا حد قابل قبولي به درستي تخمین مي‌زند. قطعه‌هاي بزرگتر از آن دقت تخمین را به شکل قابل توجهي افزایش نمي دهند و زمان زیادي را صرف اندازه گیري و تخمین مي‌کنند. از طرفي به کارگیري قطعه‌هاي بزرگ مستلزم برداشت سطح وسیعتري از عرصه بوده که هزینه‌هاي اندازه‌گیري را به شدت افزایش مي دهد. همچنین تعداد کم قطعه‌هاي بزرگ پراکنش کمي را داشته و احتمال کاهش صحت و اریبي را نیز در برآوردها افزایش مي‌دهد (Chytrý & Otýpková, 2003). در مطالعه Moghadam & Ghorbani (2001) نشان داده شد که بهترین قطعه براي برآورد تولید در استپ، استپ کوهستاني قطعه ۱ و ۱/۵ متر مربعي بوده و براي مناطق نیمه استپ ۰/۵ و ۱ متر مربعي بوده است که با نتایج مطالعه حاضر متفاوت است. اگرچه به معیار واریانس متغیر مورد نظر (C_1)در هر کدام از قطعه‌ها توجه شده است ولي معیارهاي واریانس واریانس متغیرها (C_2) و کواریانس متغیرها در نظر گرفته نشده است. همچنین در مطالعه آنها متغیر تولید هدف مطالعه آنها بود. این موضوع خود نشان مي‌دهد که براي برآورد متغیرهاي مختلف قطعه‌هاي با اندازه مختلف نتیجه مي‌شود و استفاده از قطعه چند منظوره اهمیت پیدا مي‌کند. همچنین Karami et al., 2002نشان دادند که قطعه دایره‌اي شکل با مساحت ۰/۷۵ متر مربعي بهترین گزینه براي تخمین تولید علفزارهاي نیمه استپي گلستان است. در مطالعه آنها از شاخص ویجرت (Wiegert, 1962) براي تعیین قطعه مناسب استفاده کردند. شاخص ویجرت اگرچه واریانس و

زمان نمونه‌برداري را براي تعيين قطعه حداقل در خود لحاظ مي‌كند ولي شاخص‌هاي C_1 و C_2 و همچنين معيارهاي ديگري به ويژه نسبت محيط به مساحت كه در اين مطالعه از آنها استفاده شد لحاظ نمي‌كند.

نكته‌اي كه بايد به آن توجه شود تفاوت در برآورد متغير و تعيين الگوهاي پوشش گياهي است. براي نونه تخمين توليد براي استفاده در اندازه‌گيري ظرفيت مرتع برآورد متغير بوده ولي تخمين توليد گياهي براي نشان دادن تغييرات توليد در شرايط مختلف خاكي تعيين الگوي پوشش گياهي است. در اين مطالعه هدف تعيين يك قطعه مناسب براي تخمين متغيرهاي مختلف پوشش گياهي بود و بهترين قطعه از نظر دقت قطعه ي بود كه موجب كاهش واريانس متغير شود (كاهش ارزش عددي C_1، C_2 و C_3). اين درحاليست كه در تعيين الگوهاي پوشش گياهي قطعه‌ي بهترين خواهد بود كه تغييرات موجود در پوشش گياهي را بهتر نمايان سازد (افزايش واريانس) كه كاملا متفاوت از مطالعه حاضر است. در نتيجه تعيين قطعه مناسب براي نمايان ساختان الگوهاي پوشش گياهي بر اساس معيارهاي جديد در مطالعه‌اي جداگانه مورد نياز است. افزون بر اين مطالعات بيشتري با لحاظ كردن متغيرهاي ديگري مانند توليد انواع فرمهاي رويشي و غيره براي تعيين قطعه مناسب با لحاظ كردن معيارهايي كه در اين مطالعه از آنها استفاده گرديد مورد نياز است (Otypková & Chytry, 2006).

References

- Ataei, M., 2010. Multi-criteria decicion making. Shahrood University Press. Shahrood, 250p.
- Barkman, J. J., 1989. A critical evaluation of minimal area concepts. Vegetatio 85, 89-104.
- Batcheler, C.L., Craib, D.G., 1985. A variable area plot method of assessment of forest condition and trend. New Zealand Journal of Ecology 8, 83–95
-Bormann, F.H., 1953. The statistical efficiency of sample plot size and shape in forest ecology. Ecology 34, 474–487.
-Brummer, J.E., Nichols, J.T., Engel, R.K., Eskridge, K.M., 1994. Efficiency of different quadrat sizes and shapes for sampling standing crop. Journal of Range Management 47, 84-89.
-Bryant, D.M., Ducey, M.J., Innes, J.C., 2004. Forest community analysis and the point-centered quarter method. Plant Ecolgy 175, 203-239.
-Cheryl, D., Raphael, P. and Claude, G., 2010. Comparative efficiency and accuracy of variable area transects versus square plots for sampling tree diversity and density, Agroforestry Systematic 79, 223–236.
-Chytrý, M., Otýpková, Z., 2003. Plot sizes used for phytosociological sampling of European vegetation. Journal of Vegetation Science 14, 563-570.
- Cochran, W.G., 1977. Sampling techniques, 3rd ed. J. Wiley, New York.
-Cottam, G., Curtis, J.T., 1956. The use of distance measures in phytosociological sampling. Ecology 37, 451–460.
-Eckblad. J. W., 1991. How many samples should be taken? Bioscience 41, 346-348.
-Elzinga, C.L., Salzer D. W., Willough J. W., 2003. Measuring and Monitoring Plant Populations, Bureau of Land Management, Denver, Colorado, BLM Technical Reference
-Grafen, A., Hails, R., 2002. Modern statistics for the life sciences. Oxford University Press, Oxford.
-Greig-Smith, P. 1983. Quanlilative plant ecology. 3rd ed. University of California Press. Berkeley, CA.
-Karami, P., Heshmati, G.A. Mesdagi, M., 2002. Determination of optimal plot shape and size for estimation of forage production at semi-steppic grasslands of northern of Golestan province. Journal of Agricultural science and Natural resource 9, 41-48.
-Kenkel, N.C., Juhasz-Nagy, P., Podani, J., 1989. On sampling procedures in population and community ecology. Vegetalio 83, 95-207.
- Kenkel, N.C., Podani, J., 1991. Plot size and estimation efficiency in plant community studies. Journal of vegetation science 2, 539-544.
-Krebs, C. J., 1989. Ecological methodology. New York, NY: Harper & Row.
-Laycock, W.A., Batcheler, C.L., 1975. Comparison of distancemeasurement techniques for sampling tussock grassland species. New Zealand Journal of Range Management 28, 235–241.

- Lindsey, A.A., Barton, J.D., Miles, S.R., 1958. Field efficiencies of forest sampling methods. Ecology 39, 428–444.
- Lyon, L.J., 1968. An evaluation of density sampling methods in a shrub community. Journal of Range Management 21, 16–20.
- Moghadam, M., Ghorbani, J., 2001. A comparison of different plot size and shapes efficiency to estimate of standing crop in Steppe, high-steppe and semi-steppe region of Iran. Iranian Journal of natural resource 54, 191-204.
- Otypková, Z., Chytry, M., 2006. Effects of plot size on the ordination of vegetation samples. Journal of vegetation science 17, 465-472.
- Parker, K.R., 1979. Density estimation by variable area transects. Journal of Wildlife Management 43, 484–492.
- Sheil D., Ducey, M.J., Sidiyasa, K., Samsoedin, I., 2003. A new type of sample unit for the efficient assessment of diverse Agroforest Syst tree communities in complex forest landscapes. Journal of Tropical Forest Science 15, 117–135.
- Walther, B.A., Moore, J.L., 2005. The concepts of bias, precision and accuracy, and their use in testing the performance of species richness estimators, with a literature review of estimator performance. Ecography 28, 815–829.
- Wiegert, R.G., 1962. The selection of an optimum quadrate size for sampling the standing crop of grasses and forbs. Ecology 43, 125-129.

The Most Appropirate Quadrate Size and Shape for Determing Some Characteristics of a Semi-steppic Rangeland

P. Tahmasebi[1*], A. Ebrahimi[1]and N.A. Yarali[2]

[1]Asiatant Prof. in Department of Range and watershed management, Faculty of Natural Resource and Earth Science, Shahrekord university, I.R.Iran.

[2]Asiatant Prof. in Department of Forest management, Faculty of Natural Resource and Earth Science, Science, Shahrekord university, I.R.Iran.

(Received: 2010/June/20, Accepted: 2012/April/24))

Abstract

Proper judgement on rangeland state needs appropriate sampling plan and accurately estimation of plant characteristics. Sample shape and size are critical issues in vegetation measurement. Thus, decision on appropriate quadrate shape that enables us to determine several parameters accurately and timely would increase sampling efficiency. Several criterias including accuracy, perimeter/area ratio, spent time for measurement, usability and ease of use as well as three variance and or covariance dependent criterias were used to decide on proper plot size to determine multi-variables of rangelands, i.e. different life forms composition, sand and gravels, litter and bare soil coverage. Different quadrate sizes including 1×1, 1×2, 1.4×1.4, 0.4×4, 2×2, 2.8×2.8 and 4×4m were established along a 640 m long transect within a homogeneous vegetation type. Within each quadrate, species canopy cover, litter, sand and gravel coverage in addition to spent time for measurement were estimated and recorded. Life forms composition in each plot was calculated by summing each life form species. An Analytical Hierarchical Process (AHP) was performed to find out appropriate sampling quadrate from aforementioned quadrate sizes. Moreover, 5 repeats of nested quadrates from 25×25cm to 16×16m were established to determine sampling minimal area. Efficacy of minimal area method with this multi criteria method that synchronously incorporated a number of criteria was compared. Results showed that accuracy of multi-variable estimation raises with increasing sampling quadrate size (area) until reaches a 4 square meter quadrate (2×2m) but after that more or less stabilized. Also, on a constant sample size (area), efficiency of square plots is higher than rectangles for estimation of objective variables. AHP results showed that based on accuracy, time, perimeter/area ratio, and usability and ease of application criteria a 4 square meter (i.e., 2×2m) plot is the most appropriate alternative for synchronic measurement of multi-variables. Repeated nested plots showed at least a 32×32m plot for minimal area that is not applicable in practice. We can conclude that 1) minimal area that is estimated using nested plots are not necessarily the most appropriate minimal quadrate size in heterogeneous vegetations for multi-variable measurement, and 2) by considering multi criteria and choosing the best option (alternative) from different quadrates, researcher will increase sampling efficiency.

Keywords: Rangeland, Vegetation sampling, Minimal area, nested plots, Analytical hierarchical process, Sampling efficiency

*Corresponding author: Tel: +98 381 4424401 Fax: +98 381 4424423 E-mail: Pejman.tahmasebi@nres.sku.ac.ir