



دانشگاه آزاد اسلامی واحد خوراسگان

# بوم شناسی سیمای سرزمین

---

مدرس: دکتر احمدی

# نحوه ارزشیابی

✓تحقیق و ارائه

✓امتحان میان ترم

✓امتحان پایان ترم

# منابع درس

نویسنده (نویسندگان)	نام کتاب
درامشتاد و فورمن (ترجمه دهکردی)	اصول اکولوژی سیمای سرزمین در معماری سرزمین و برنامه ریزی کاربری زمین
اسپیرن (ترجمه بحرینی و امین زاده)	زبان منظر
<b>Turner et al. (2001)</b>	<b>Landscape ecology in theory and practice</b>

# سرفصل درس

- ✓ اصول و مبانی بوم شناسی سیمای سرزمین
- ✓ تاریخچه بوم شناسی سیمای سرزمین
- ✓ جایگاه بوم شناسی سیمای سرزمین در برنامه ریزی زیست محیطی
- ✓ واژه شناسی بوم شناسی سیمای سرزمین
- ✓ نظریات مبنا و متغیر در بوم شناسی سیمای سرزمین
- ✓ الگوها و فرایندها در بوم شناسی سیمای سرزمین
- ✓ مقیاس در بوم شناسی سیمای سرزمین
- ✓ کاربردهای بوم شناسی سیمای سرزمین
- ✓ تعریف و انواع متریک های سیمای سرزمین
- ✓ اصول بوم شناختی مدیریت سرزمین

## بوم‌شناسی (اکولوژی)

- بوم‌شناسی عبارت است از مطالعه کنش متقابل موجود زنده با محیط اطراف
- دانش اکولوژی مجموعه شناخت‌هایی است که انسان درباره تاثیر محیط بر روی موجودات زنده، تاثیر موجودات زنده بر روی محیط و ارتباطات متقابل بین موجودات زنده به دست می‌آورد. به طور کلی اکولوژی درباره تاثیر متقابل موجودات زنده با یکدیگر و با محیط بحث می‌کند
- بوم‌شناسی سیمای سرزمین یک شاخه جدید از اکولوژی مدرن است که با روابط داخلی بین انسان و منظرهای باز و ساخته شده، سروکار دارد.

## تعریف بوم‌شناسی سیمای سرزمین

- واژه‌ی اکولوژی سیمای سرزمین برای اولین بار توسط کارل ترول، جغرافی‌دان آلمانی در سال ۱۹۳۹ مطرح شد و به سرعت توسعه یافت. اکولوژی سیمای سرزمین در همه‌ی دامنه‌های اکولوژیک که شامل محدوده وسیعی از مقیاس‌ها و سیستم‌های خشکی و آبی می‌باشد، قابل کاربرد است. اکولوژی سیمای سرزمین زیر شاخه‌ای از اکولوژی است که به مطالعه چگونگی اثرات ساختار سیمای سرزمین بر روی توزیع و فراوانی موجودات زنده می‌پردازد. "مطالعه چگونگی اثرگذاری ساختار سیمای سرزمین بر فراوانی و توزیع موجودات زنده" تعریف دیگری از اکولوژی سیمای سرزمین می‌باشد. اکولوژی سیمای سرزمین همان طور که از نامش پیداست، مطالعه سیمای سرزمین‌ها به‌ویژه ترکیب، ساختار و کارکرد آنهاست.

- اکولوژی سیمای سرزمین به وسیله جغرافی دانان، اکولوژیست ها ، برنامه ریزان منظر، طراحان و مدیران به منظور تلاش برای ارتباط برقرار کردن بین سیستم های طبیعی، کشاورزی، انسانی و شهری پذیرفته شده است.
- رشته ها و دیدگاه های گوناگونی در شکل گیری بوم شناسی سیمای سرزمین تاثیرگذار بوده اند مانند جغرافیا، پژوهش های مرتبط با پوشش گیاهی، مطالعات خاکشناسی و اکوسیستم ها، ارزیابی سرزمین، برنامه ریزی کاربردی زمین، مطالعات منطقه ای و ...

## دامنه بوم شناسی سیمای سرزمین

اکولوژی سیمای سرزمین بر مطالب اساسی تمرکز می کند :

✓ شناسائی و فهم اینکه چگونه فرایندهای گوناگون، الگوی سیمای سرزمین را ایجاد و آن را حفظ می کند.

✓ بررسی اثر الگوی مکانی روی فرایندهای زیستی و غیرزیستی

✓ فهم نقش فعالیتهای کاربری اراضی انسان روی ساختار و کارکرد سیمای سرزمین

✓ مدیریت سیمای سرزمین به منظور تحقق اهداف انسانی

✓ ارتقای اصول اکولوژیکی برای مدیریت ناهمگنی سیمای سرزمین



- اصول سیمای سرزمین در هر یک از چیدمان های سیمای سرزمین کاربرد دارند از قبیل موارد زیر: حومه شهری، زمین های کشاورزی، بیابان، جنگل و به طور کلی از طبیعت دست نخورده تا نواحی که به شدت تحت تاثیر فعالیت های انسانی قرار گرفته اند.

- برخی فرایندهای طبیعی و فعالیت های انسانی موجب دگرگونی سیمای سرزمین می شوند.

# چرا اکولوژی سیمای سرزمین به عنوان یک زمینه مطالعاتی

## مجزا ظاهر شد؟

- ظاهر شدن اخیر زمین سیمایها به عنوان موضوعات مهم برای مطالعه اکولوژیکی از سه عامل اصلی منتج می شود: (۱) مسائل زیست محیطی در مقیاس کلان و مسائل مربوط به مدیریت اراضی، (۲) ایجاد مفاهیم جدید مرتبط با مقیاس در اکولوژی و (۳) پیشرفت های فنی شامل موجود بودن داده های مکانی مانند تصاویر ماهواره ای ، کامپیوترها و نرم افزار برای دستکاری این داده ها و پیشرفت سریع در قدرت محاسباتی.

• علوم جغرافیایی مشارکت های مهمی در ایجاد اکولوژی سیمای سرزمین داشته است. تصاویر ماهواره ای طبقه بندی شده به نوع پوشش یک منبع ارزشمند و گرانبهاست. توسعه های نرم افزاری (مانند GIS و برنامه های آنالیز تصویر، آمارهای مکانی)، قابلیتها و توانایی های کامپیوتری برای نمایش، روی هم گذاری و آنالیز الگوهای مکانی فراهم می کند. این ابزارهای تحلیلی و تجربه جغرافی دانان در مدیریت پایگاه های داده های مکانی بزرگ یک محرک و منبع کلیدی برای اکولوژیست های سیمای سرزمین بوده است.

## تعریف سیمای سرزمین

• **سیمای سرزمین:** منطقه ای است که شامل موزائیکی از لکه ها یا اجزای سیمای سرزمین است و دربرگیرنده الگویی است که فرایندهای اکولوژیک را تحت تاثیر قرار می دهد و نیز تحت تاثیر آنها قرار می گیرد. فرمن و گوردن (۱۹۸۶) زمین سیما را به عنوان یک منطقه ناهمگن و تشکیل شده از مجموعه ای از اکوسیستم های دارای روابط متقابل تعریف کرده اند. مفهوم عام واژه سیمای سرزمین در واقع به معنی سطحی از زمین است که لکه های مختلفی را در بر دارد و با عنوان "موزاییکی از لکه ها" یا "موزاییک عناصر سیمای سرزمین" نامیده می شود.

# اجزای تشکیل دهنده سیمای سرزمین

سیمای سرزمین تشکیل شده است از :

✓ لکه ها ( مناطق نسبتا همگن که با محیط اطراف متفاوتند )

✓ کریدورها ( مناطق خطی که با محیط اطراف متفاوت است و لکه ها را به هم ارتباط می دهد )

✓ حاشیه ها ( مرزهای بین اجزا )

✓ اکوتون ها ( مناطق گذر بین ۲ جز )

✓ ماتریس ( انبوه ترین و متصل ترین جز )

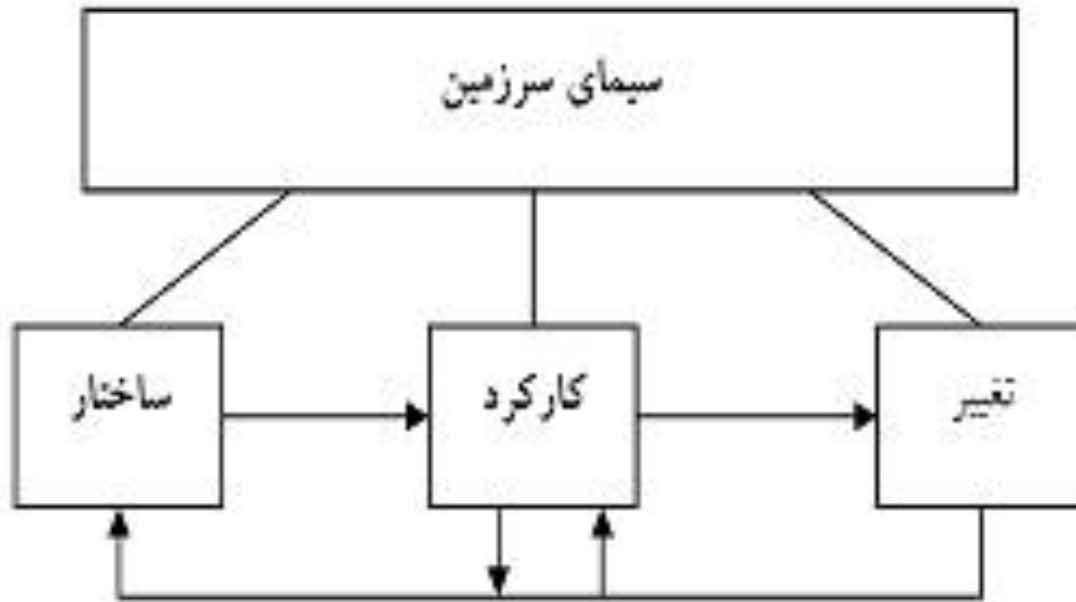
این اجزا قراردادی هستند و به وسیله مشاهده گر و براساس اهداف او تعیین می شود. به عنوان

مثال، یک لکه می تواند براساس پوشش اراضی مانند پوشش گیاهی، آب یا توسعه شهری یا

بوسیله سایر معیارها مشخص شود. یک لکه می تواند یک شهر، یک دریاچه، یک منطقه با

دمای هوای مشابه، یک نوع خاک مشخص، یک قاره و غیره باشد.

# خصوصیات اصلی یک سیمای سرزمین



- هر سیمای سرزمین طبق شکل دارای سه خصوصیت عمده یعنی ساختار، کارکرد و تغییر می‌باشد. ساختار نشان دهنده نوع، فراوانی و آرایش اجزای سیمای سرزمین می‌باشد. کارکرد به بررسی کنش‌ها و ارتباطات بین اجزای سیمای سرزمین می‌پردازد. تغییر سیمای سرزمین در واقع مجموعه تغییرات و جایگزینی ساختار و کارکرد موزاییک سیمای سرزمین در طول زمان می‌باشد. این سه ویژگی سیمای سرزمین از هم تاثیر می‌پذیرند.

# متریک های سیمای سرزمین

- متریک های سیمای سرزمین به شاخص های توسعه یافته برای یافتن الگوی نقشه های طبقه بندی شده می گویند. متریک های سیمای سرزمین الگوریتم هایی برای کمی کردن خصوصیات مکانی خاص لکه ها، کلاس ها یا موزاییک های کل سیمای سرزمین می باشند. متریک های سیمای سرزمین بهترین راه برای مقایسه وضعیت سیمای سرزمین ها می باشد و اطلاعات ارزشمندی برای تفسیر الگوهای سیمای سرزمین فراهم می آورند. متریک های سیمای سرزمین غالباً برای مشخص کردن و کمی کردن الگوهای مکانی اکوسیستم ها در سرتاسر سیمای سرزمین با استفاده از تصاویر سنجش از دور یا نقشه های طبقه بندی شده مورد استفاده قرار گرفته اند.



• بسیاری از ویژگی های مکانی سیمای سرزمین را می توان با استفاده از مجموعه ای از متریک ها کمی کرد. متریک ها یک ابزار مهم برای برنامه ریزان هستند که به درک بهتر و مشخص کردن فرایندهای رشد شهری و نتایج آنها به طور دقیق نیاز دارند. متریک های مکانی در بسیاری از مطالعات به عنوان یک ابزار ارزشمند برای آنالیز، پایش و بررسی تغییرات در اشکال و الگوهای کاربری اراضی مورد استفاده قرار گرفته اند. کاربردهای مهم متریک های سیمای سرزمین شامل آشکارسازی الگوی سیمای سرزمین، ارزیابی های تغییر کاربری اراضی، تنوع زیستی و از هم گسیختگی زیستگاه، توصیف و تشریح تغییرات در سیمای سرزمین، مدیریت و برنامه ریزی سیمای سرزمین، بررسی اثر مقیاس در توصیف ساختارهای سیمای سرزمین است.

# سطوح محاسبه متریک‌های سیمای سرزمین

- متریک‌های سیمای سرزمین در سه سطح تعریف می‌شود:
- **متریک‌های سطح لکه:** این متریک‌ها در سطح هر لکه به‌تنهایی تعریف می‌شود و خصوصیات مکانی لکه‌ها را کمی می‌کند. در بسیاری از کاربردها متریک‌های سطح لکه به‌عنوان اساس محاسبه متریک‌های سیمای سرزمین می‌باشد. متریک‌های لکه در مطالعات سطح سیمای سرزمین بسیار حائز اهمیت و حاوی اطلاعات بسیار است. استفاده از اطلاعات نهفته در این متریک‌ها نهایتاً بستگی به اهداف و موضوعات تحقیق دارد.
- **متریک‌های سطح کلاس:** این متریک‌ها تمامی لکه‌های از یک نوع (یک کلاس) را در نظر می‌گیرد.
- **متریک‌های سطح سیمای سرزمین:** متریک‌های این سطح تمامی کلاس‌ها در کل پهنه و کل سیمای سرزمین را با هم در نظر می‌گیرد.

## نرم افزارهای مورد استفاده در آنالیز مکانی سیمای سرزمین

- نرم افزار های زیادی برای تحلیل سیمای سرزمین و کمی نمودن ساختار و الگوهای سیمای سرزمین از جمله **FRAGSTATS**، **GRASS**، **LANDIS** و **APACK** وجود دارد. **FRAGSTATS** عنوان نرم افزاری است که برای کمی کردن ساختار و الگوی سیمای سرزمین مورد استفاده قرار می گیرد و مجموعه کاملی از متریک ها سیمای سرزمین را دربردارد و می تواند متریک های سیمای سرزمین را در هر سه سطح لکه، کلاس و سیمای سرزمین محاسبه کند. در این نرم افزار، موضوع آنالیز سیمای سرزمین بر اساس تعریف کاربر می باشد. این برنامه محدودیتی در مقیاس (پهنه یا بزرگنمایی) ایجاد نمی کند و متریک های محاسبه شده بر اساس هکتار یا متر می باشد

- برنامه جانبی Patch Analyst در ArcGIS نیز قادر به کمی کردن متریک‌های سیمای سرزمین می‌باشد اما نرم‌افزار FRAGSTATS دارای مجموعه‌ی کامل‌تری از متریک‌های سیمای سرزمین است.

# تعاریف برخی متریک‌های سیمای سرزمین

برخی از متریک‌های سیمای سرزمین عبارتند از:

✓ **تعداد کل لکه‌ها (NP):** تعداد کل لکه‌ها می‌تواند نشان دهنده سطح از هم گسیختگی و قطعه قطعه شدن یک زمین سیما باشد و غالباً در آنالیز زیستگاه مورد استفاده قرار می‌گیرد. این شاخص هم در سطح سیمای سرزمین و هم در سطح کلاس تعداد لکه‌ها را کمی می‌کند.

✓ **درصد سیمای سرزمین (PLAND):** نمایش دهنده ترکیب سیمای سرزمین است و نشان می‌دهد چه مقدار از سیمای سرزمین تشکیل دهنده یک نوع لکه خاص در منطقه مورد مطالعه است. PLAND برابر با درصدی از سیمای سرزمین است که نوع لکه مربوطه را تشکیل می‌دهد و نسبت درصد هر نوع لکه (کلاس) را اندازه‌گیری می‌کند.

✓ **تراکم لکه (PD):** این متریک یک شاخص عمومی از ناهمگنی مکانی کل موزائیک سیمای سرزمین است و تعداد لکه‌ها را در واحد سطح نشان می‌دهد و امکان مقایسه بین مساحت‌های مختلف را فراهم می‌کند. این متریک به‌عنوان شاخص تکه‌تکه شدگی (از هم گسیختگی) زیستگاه استفاده می‌شود.

✓ **متریک تراکم حاشیه (ED):** تراکم حاشیه (ED) بر اساس نسبت بین کل حاشیه (تعداد سلول‌ها در مرز لکه) و مساحت کل (کل سلول‌ها) می‌باشد و حاشیه را بر اساس مساحت استانداردسازی می‌کند. این شاخص مقایسه بین سیمای سرزمین با اندازه‌های متفاوت را امکان‌پذیر می‌سازد و می‌تواند نشان‌دهنده سطح از هم گسیختگی و قطعه‌قطعه شدن یک سیمای سرزمین یا یکی از کلاسهای آن باشد. این متریک معادل طول تمامی حاشیه‌ها تقسیم بر مساحت می‌باشد.

✓ **حاشیه کل (TE):** این شاخص برابر با مجموع طول‌های همه بخش‌های حاشیه می‌باشد و می‌تواند نشان‌دهنده سطح از هم گسیختگی و قطعه‌قطعه شدن یک سیمای سرزمین یا یکی از کلاسهای آن باشد.

- **نمایه بزرگترین اندازه لکه (LPI):** نمایه بزرگترین اندازه لکه برابر مساحت بزرگترین لکه در سیمای سرزمین تقسیم بر کل مساحت سیمای سرزمین ضرب در ۱۰۰ برای تبدیل به درصد است. به عبارت دیگر این نمایه درصدی از سیمای سرزمین را که بزرگترین لکه را در بر دارد را نشان می‌دهد. وقتی مساحت بزرگترین لکه بسیار کوچک باشد این مقدار به صفر میل می‌کند و وقتی کل سیمای سرزمین فقط از یک نوع سیمای سرزمین پوشیده باشد در این صورت این نمایه برابر ۱۰۰ است.

- **میانگین اندازه لکه (MPS):** میانگین اندازه لکه یک معیار ساده از الگوهای سیمای سرزمین است. از نظر اکولوژیک مهم است زیرا سطوح تجمع یا از هم گسیختگی سیماهای سرزمین گوناگون را کمی می‌کند و می‌تواند برای مقایسه اندازه گیری‌های کلاس‌های گوناگون در یک سیمای سرزمین مورد استفاده قرار گیرد. این متریک، میانگین اندازه‌ی لکه‌ها در سطح کلاس یا سیمای سرزمین را اندازه‌گیری می‌کند.

# کاربرد متریک های سیمای سرزمین

- پایش سرزمین، برنامه ریزی و طراحی سیمای سرزمین یک فرایند پویاست که در آن برنامه ریز با مشاهده و ثبت شرایط متغیر و پایش پیامد فعالیت های انجام شده در بستر سیمای سرزمین به نوعی پیچیدگی ها را کشف می کند.
- از این رو، در چارچوب برنامه ریزی و طراحی سیمای سرزمین، پایش نقش اصلی و مهمی در تهیه و تکمیل اطلاعات به روز شده دارد. بنابراین مرحله پایش برای برنامه ریزی و طراحی سیستم های پایدار بسیار اساسی است.



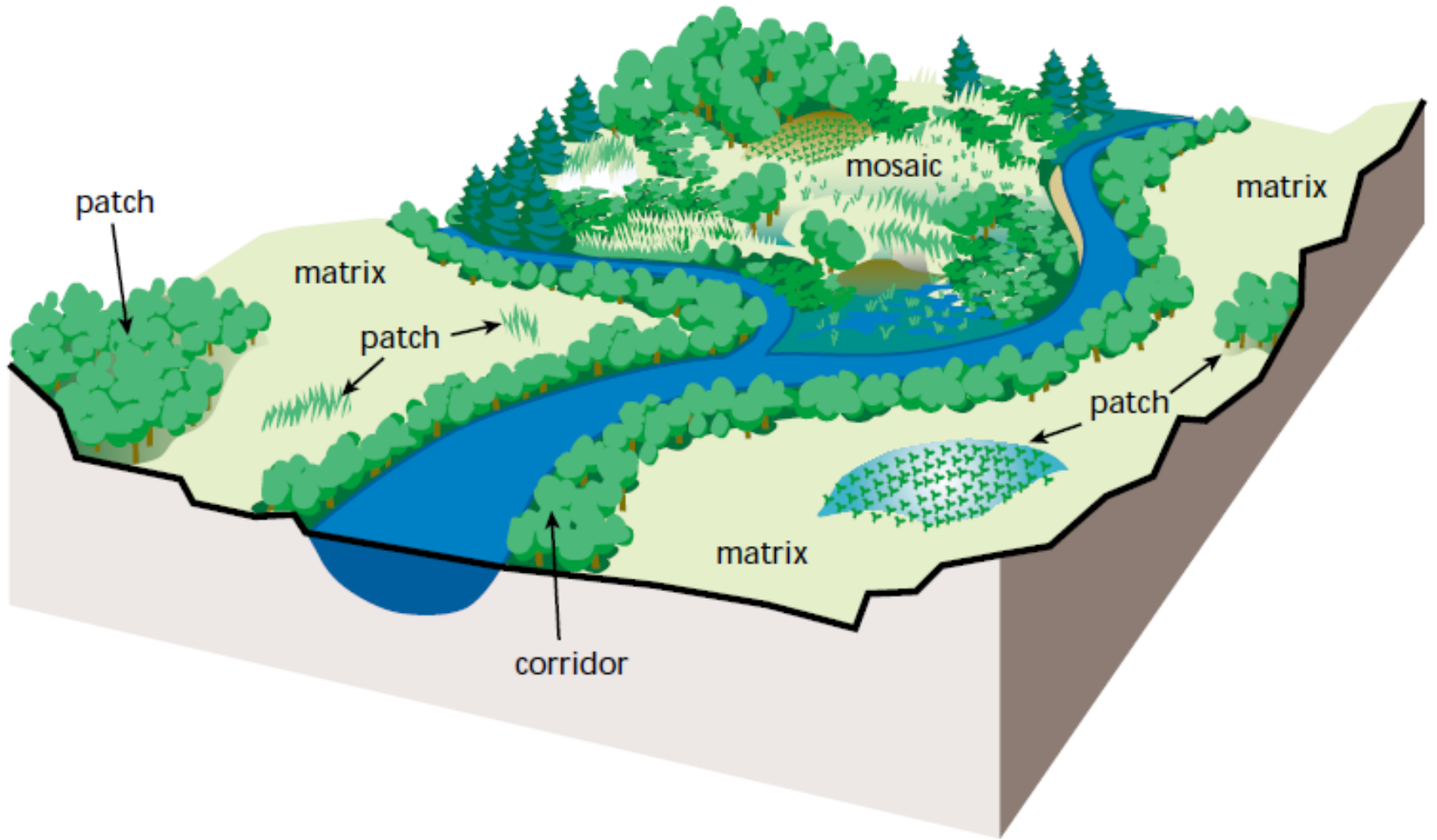
- مفاهیم اکولوژی سیمای سرزمین و متریک ها در پایش مفید است. از جمله نمونه هایی از برنامه های پایش بزرگ که از متریک های سیمای سرزمین استفاده نموده اند می توان موارد زیر را نام برد. مثلا برنامه پایش و ارزیابی محیط زیست ایالت متحده امریکا که از متریک ها به عنوان شاخص های سیمای سرزمین برای اندازه گیری کارایی محیط زیست کشاورزی استفاده کرده است و یا برنامه ای که در اتحادیه اروپا برای ارزیابی و پایش ویژگی های سیمای سرزمین اروپا و تنوع زیستی انجام شده است.

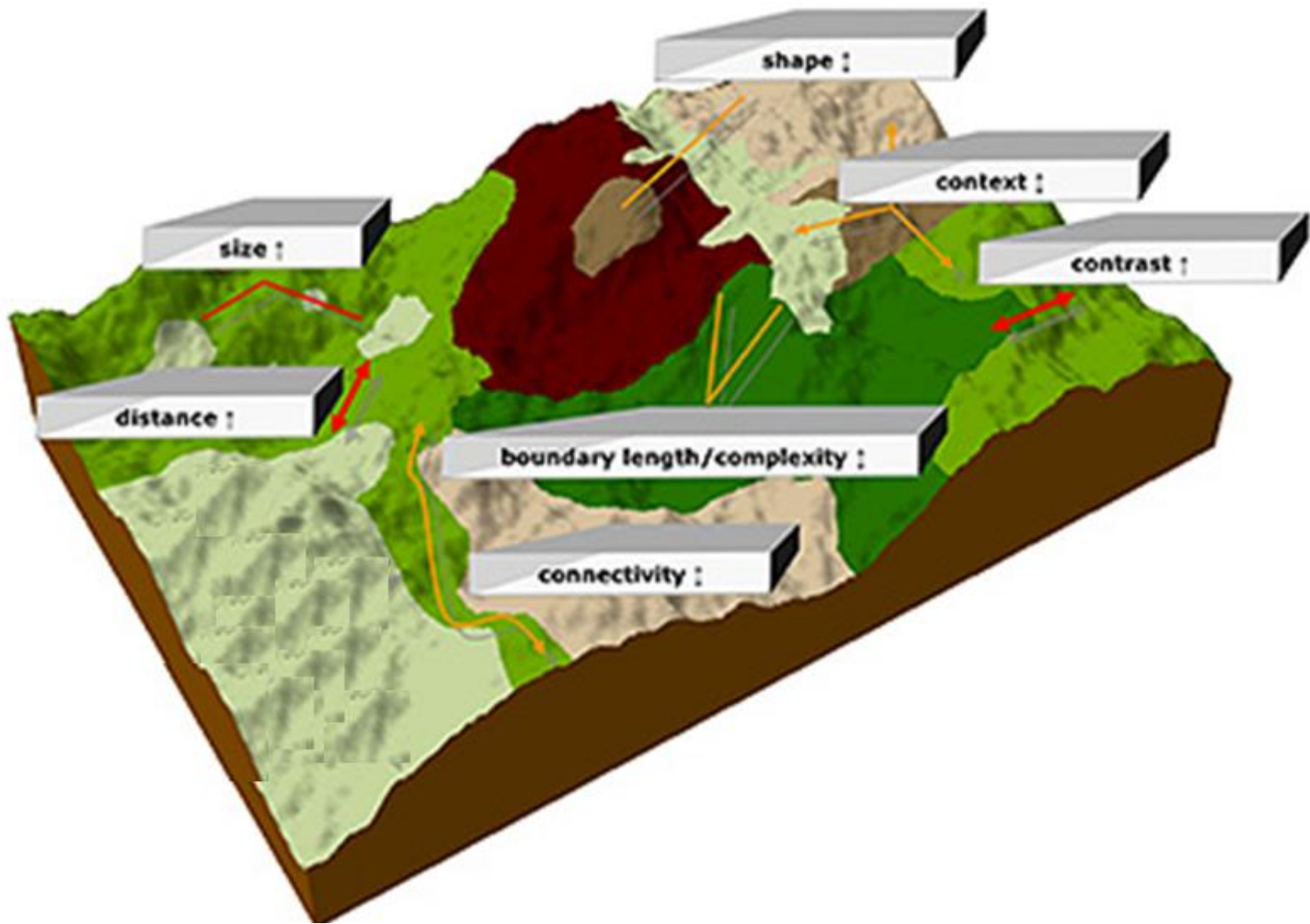
# واژه شناسی بوم شناسی سیمای سرزمین

- پیکربندی: ترتیب ویژه اجزای مکانی
- کریدور: نوار نسبتاً باریک از یک نوع خاص که با مناطق مجاور از هر دو طرف متفاوت است.
- نوع پوشش: طبقه ای در یک طرح طبقه بندی که به وسیله کاربر تعریف می شود و بین زیستگاه ها، اکوسیستم ها یا انواع پوشش گیاهی گوناگون در یک زمین سیما متمایز است.
- حاشیه: بخشی از یک اکوسیستم یا نوع پوشش نزدیک محیط یا پیرامون آن و درون آن که شرایط زیست محیطی با مکان داخلی در اکوسیستم متفاوت است. همچنین به عنوان معیاری از طول مجاورت بین انواع پوشش در یک زمین سیما می باشد.

- قطعه قطعه شدگی: شکستن یا تجزیه ی یک زیستگاه یا نوع پوشش به قطعات غیر پیوسته و کوچکتر
- ناهمگنی: کیفیت یا وضعیت دربرگیری اجزای غیرمشابه مثلا زیستگاه های مخلوط یا انواع پوشش موجود در یک زمین سیما؛ برعکس همگنی است که در آن اجزا مشابه هستند.
- ماتریس (زمینه): نوع پوشش زمینه در یک زمین سیما که به وسیله پوشش گسترده و اتصال و پیوستگی بالا مشخص می شود؛ همه زمین سیماها یک ماتریس قابل تعریف ندارند.
- لکه: منطقه سطحی که با محیط اطرافش از لحاظ طبیعت یا شکل ظاهری متفاوت است.
- مقیاس: بعد زمانی یا مکانی یک شی یا فرایند که به وسیله grain و پهنه (extent) مشخص می شود.

- کنتراست (Contrast) : تفاوت رنگی در میان انواع لکه‌ها را نشان می‌دهد.
- پراکندگی (Dispersion): توزیع لکه‌ها در کنار هم پراکندگی گفته می‌شود که ممکن است لکه‌ها دارای توزیع منظم یا کپه‌ای باشند.
- اتصال (Connectivity): به معنای پیوستگی مکانی یک زیستگاه یا نوع پوشش در طول یک سیمای سرزمین یا ارتباط میان لکه‌ها است. درجه ارتباط بین لکه‌ها به طور مشخص وابسته به عملکرد لکه است. به عنوان مثال لکه‌های که برای پراکنش پرندگان ارتباط دارند ممکن است برای پراکنش مارمولک یا دانه‌های بذر یک گونه گیاهی درجه اتصال پایینی داشته باشد. پیوستگی مکانی یک زیستگاه یا نوع پوشش در طول یک سیمای سرزمین





# روش‌های مختلف کمی کردن سیمای سرزمین

- **آنالیز گرادیان:** آنالیز گرادیان اولین بار توسط ویتاگر در سال ۱۹۷۵ برای آنالیز پوشش گیاهی به وجود آمد. این آنالیز می‌تواند به صورت واقعی‌تری تغییرات الگوی سیمای سرزمین را نشان دهد. روش کامل آشکار سازی گرادیان در سیمای سرزمین هنوز به طور کامل شناخته نشده است. مفهوم گرادیان مفهومی روشمندانه و سازمان یافته است که می‌تواند مزایای بسیار زیادی در مطالعات داشته باشد. از این آنالیز به همراه متریک‌های سیمای سرزمین برای مطالعه گسترش شهری هم استفاده شده است. گرادیان‌ها می‌توانند شدت گسترش شهری، تغییرات اکوسیستم و بازتاب اثرات انسانی بر روی محیط زیست را به خوبی نشان دهند. به منظور انجام آنالیز گرادیان عموماً از ترانسکت‌ها استفاده می‌شود.

• روش آنالیز پنجره متحرک: تکنیکی است که پنجره حاوی اطلاعات بر روی یک ترانسکت جابجا می‌کند. به عنوان روشی برای ارزیابی خصوصیات سیمای سرزمین و فرآیندهای آن به کار می‌رود. پنجره‌ها در طول ترانسکت به وسیله یک ایستگاه نمونه‌گیری حرکت می‌کند و این فرآیند در طول ترانسکت تکرار می‌شود. پهنای پنجره بستگی به هدف و مقیاس مطالعه دارد. از این تکنیک ممکن است برای اندازه‌گیری تغییرات یک یا چند متغیر استفاده شود.



unnamed1

File Analysis Help

New Open Save Save as Run

Input layers Analysis parameters

Patch metrics  
 Class metrics  
 Landscape metrics

Use a side length of 100.00 meters. ...

Accept tiles with a maximum 0.00% of border / nodata. ...

Moving window

Class metrics  
 Landscape metrics

Round with a radius of 100.00 meters. ...

Square with a side length of 100.00 meters. ...

Accept windows with a maximum 0.00% of border / nodata. ...

Partial sampling

Patch metrics

Class metrics

Landscape metrics

Results

Activity log

Welcome to Fragstats  
11/09/15 22:09:47: C:

# روش آنالیز موزائیک سیمای سرزمین

- بر اساس مدل موزائیک، سیمای سرزمین به عنوان مجموعه ای از لکه‌های جدا از هم تعریف می‌شود. این روش اطلاعات کمی فراوانی در مورد خصوصیات کلی سیمای سرزمین، توزیع الگوها و خصوصیات کلاس‌های مختلف سیمای سرزمین می‌دهد. این آنالیز کل منطقه مورد مطالعه را به صورت یکپارچه در نظر دارد و برای گرفتن نتایج مناسب‌تر بهتر است با سایر آنالیزها ترکیب شود.

# دیدگاه‌های رایج در بوم‌شناسی سیمای سرزمین

- دیدگاه انسان‌مدار
- در این دیدگاه، سیماهای سرزمین از لحاظ کارکردی به انواعی که از لحاظ انسانی دارای معنی و مفاهیم خاصی هستند تقسیم می‌گردند مانند سیمای طبیعی، شهری و ...
- به دلیل همپوشانی و درهم‌پیچیدگی ویژگی‌های فردی، اجتماعی و فرهنگی انسان، پیچیده‌ترین رهیافت در علم بوم‌شناسی سیمای سرزمین، توجه به بعد انسانی سیمای سرزمین است. فرایندهای موردبررسی در این دیدگاه دارای مقیاس‌های وسیع زمانی و مکانی است.

## • دیدگاه جغرافیای گیاهی

در این دیدگاه، توزیع جغرافیایی اجزای محیط زیست از خاک تا گیاه و توزیع مجموعه های گیاهی به صورت جوامع و تیپ های مختلف زیستی مانند جنگل ها، چمنزارها و ... مورد مطالعه قرار می گیرد.

## دیدگاه جانوری

این دیدگاه در رابطه با الگوهای و فرایندهایی مرتبط با اکولوژی جانوری و نحوه تعامل جانوران با سیمای سرزمین است. در این بخش، بررسی اکولوژی رفتاری جانوران، محدوده های زیستگاهی، ارتباطات موجود بین جمعیت ها در یک منطقه مورد توجه قرار می گیرد.

# الگوی سیمای سرزمین

- به توزیع فضایی اجزا در سیمای سرزمین با اندازه ها و شکل های مختلف، الگوی سیمای سرزمین گفته می شود. الگوی سیمای سرزمین دارای دو ویژگی اصلی ترکیب و توزیع فضایی عناصر است. ترکیب عبارت است از تعداد و تکرار اجزا در بستر سیمای سرزمین است. توزیع فضایی شامل نحوه قرارگیری اجزا در سیمای سرزمین است. درک این الگوها در موزائیک سیمای سرزمین دارای اهمیت زیادی است زیرا جریان ماده، انرژی و گونه های جانداران و هر گونه تغییر سیمای سرزمین در طول زمان از نظر فضایی به یکدیگر وابسته هستند.

- الگوهای سیمای سرزمین مختلف با یکدیگر متفاوت بوده و دارای پیچیدگی و تنوع خاص خود یا به عبارتی ناهمگنی های فضایی هستند که در ابعاد مختلف زمانی و مکانی قابل بررسی است و به طور کلی به معنی تغییرات فضایی-مکانی در اجزای سیمای سرزمین است که به صورت ترکیب و توزیع فضایی قابل اندازه گیری است.
- تحلیل الگوی سیمای سرزمین از طریق مطالعه اجزا و توزیع فضایی آنها در یک سیمای سرزمین از طریق شاخص ها و متریک ها امکان پذیر است.

# موزائیک سیمای سرزمین

- موزائیک سیمای سرزمین الگوی لکه ها، کریدورها و ماتریس را شرح می دهد که یک زمین سیما را کاملا تشکیل می دهد.
- موزائیک به آرایش کاربری ها و پوشش اراضی در کنار هم اشاره دارد. کلمه موزائیک را به این دلیل به کار می برند که وقتی از بالا به سیمای سرزمین نگاه می شود، به صورت موزائیکهائی به نظر می رسد که از قطعات کوچک با رنگهای مختلف در کنار یکدیگر قرار گرفته اند

# مفهوم مقیاس

- مقیاس یک موضوع مهم در اکولوژی سیمای سرزمین است. ارزش محاسبه شده برای هر یک از متریک‌ها تابعی از این است که سیمای سرزمین چگونه تعریف شده و چه مقیاسی برای مطالعه در نظر گرفته شده است. مطالعات نشان داده که تغییر مقیاس باعث تغییر در نسبت انواع پوشش‌های مختلف سیمای سرزمین می‌شود. مقیاس معمولاً با دو ویژگی تعریف می‌شود: پهنه (Extent) و گرین (Grain). پهنه اندازه منطقه مورد مطالعه یا دامنه مکانی است که سیستم مورد مطالعه قرار می‌دهد و داده‌ها برای آن موجود است، در حالی که گرین کوچکترین قدرت تفکیک مکانی یک مجموعه داده (اندازه پیکسل در داده‌های رستری) یا حداقل اندازه واحدهای مورد مطالعه گفته می‌شود.



• الگوهای سیمای سرزمین وابسته به مقیاس هستند و تنها یک مقیاس واحد وجود ندارد که در آن بتوان زمین‌سماها یا اکوسیستم‌ها را مورد مطالعه قرار داد. استفاده از یک مقیاس نامناسب می‌تواند منجر به نتایج و نتیجه‌گیری نادرست تحقیق شود. از دیدگاه کاربردی، نتایج غیر قابل اعتماد می‌تواند منجر به تصمیم‌گیری‌های نادرست در زمینه‌های گوناگون از قبیل مدیریت و برنامه‌ریزی سیمای سرزمین، مدیریت جنگل، حفاظت از تنوع زیستی و برنامه‌ریزی شهری شود.

# جداشدگی و از دست رفتن زیستگاه

- جداشدگی (isolation) و از دست رفتن زیستگاه ظاهراً فرایندی بدون توقف است که در جهان مدرن رخ می دهد. برنامه ریزان سیمای سرزمین و اکولوژیست ها باید پیوسته با این فرایند مقابله کنند. راهکار مناسب در این زمینه جلوگیری از کاهش تنوع زیستی یا حداقل کاهش سرعت آن است.
- فرایندهای پویا و متعددی سبب جداشدگی و از دست رفتن زیستگاه می شوند. برخی از این فرایندها عبارتند از: تکه تکه شدگی یک زیستگاه بزرگ به لکه های کوچک و مجزا؛ بریدگی مانند شکاف ناشی از یک جاده که یک لکه را به دو نیم تقسیم می کند و ...

- از هم گسیختگی یا تکه تکه شدگی سیمای سرزمین (fragmentation) اغلب با از دست رفتن یا جدا شدن زیستگاه همراه است. سوانح طبیعی مانند آتش سوزی‌ها و هجوم علف خواران سبب از هم گسیختگی سیمای سرزمین می‌شود اما گستردگی تغییرات ناشی از فعالیت انسان بر چیدمان سرزمین سبب شده است تا این فرایند توسعه بیشتری پیدا کند.

- در مطالعات اکولوژی، پایش میزان از هم گسیختگی اهمیت زیادی دارد زیرا بسیاری از فرایندهای اکولوژیکی تحت تاثیر چنین تغییر ساختاری قرار می‌گیرد.

- از هم گسیختگی زیستگاه یک فرایند معمول در ارتباط با بروز تغییر در سیمای سرزمین است که بر ساختار و عملکردهای آن تاثیر می گذارد. این فرایند منجر به تبدیل سیمای سرزمین به قطعات کوچکتر و دارای ارتباط کمتر و در نتیجه تغییر در توزیع مکانی، شکل و نسبت لکه های مختلف می گردد.

- از هم گسیختگی اثرات قابل توجهی بر فرایندهای اکولوژیکی حساس به تغییر شرایط محیط زیستی داشته و منجر به از بین رفتن و جدا افتادن زیستگاه ها و در نتیجه تخریب تنوع زیستی می گردد زیرا لکه های زیستگاهی بزرگتر و پیوسته میتوانند گونه های بیشتری را در خود جای داده و شرایط زیستی مناسبتری را برای آنها فراهم نمایند.

• به طور کلی، دو اصل مهم در رابطه با از هم گسیختگی وجود دارد:

۱- هر چه زمان از هم گسیختگی بیشتر باشد و تعداد لکه بیشتری ایجاد شود، حاشیه

ها افزایش می یابد.

۲- لکه های کوچک بیشتر تحت تاثیر عوامل خارجی قرار می گیرند.

- اکوسیستم های رسیده به خصوص جنگلهای متراکم بسیار به بروز از هم گسیختگی حساس هستند. در اثر این پدیده، یک جنگل در اوج توالی خود به قطعات کوچک و منفکی از درختان تبدیل شده و به مراحل پایین تری از توالی رجعت می کند.

- جاده ها از مهمترین عوامل ایجاد از هم گسیختگی به ویژه در اکوسیستم های جنگلی محسوب می شوند. ایجاد یک جاده یا خط آهن باعث باز شدن منطقه به صورت خطی شده و منجر به گسترش تغییر و تخریب می شود. در چنین زمین سیمایی، لکه های زیستگاهی کوچکتر با میزان حاشیه بیشتر و ارتباط کمتر به وجود می آیند.

# پیوستگی سیمای سرزمین

- پیوستگی مفهومی بنیادی در بوم شناسی سیمای سرزمین است و بر انتشار و پویایی جمعیت ها و بقای گونه ها تاثیر دارد، از این رو کاربرد زیادی در حفاظت دارد.
- پیوستگی یک اندازه گیری است که به توصیف میزان ارتباط یا پیوستگی مکانی زمینه زیستگاهی می پردازد. پیوستگی سیمای سرزمین به درجه ایجاد سهولت یا محدودیت سیمای سرزمین برای جابجایی میان لکه های مختلف اطلاق می شود.
- این تعریف تاکید می کند که نوع، مقدار و آرایش و چیدمان زیستگاه یا کاربری اراضی در سیمای سرزمین بر جابجایی و پویایی جمعیت و ساختار جوامع تاثیر دارد.

# نقش پیوستگی در حفظ انعطاف پذیری و تضمین خدمات اکوسیستم

- حفظ پیوستگی برای عملکرد مناسب اکوسیستم بسیار مهم است. اکوسیستم ها از عناصر مختلف شامل گیاهان، حیات وحش، اقلیم، شکل زمین و فعالیت های انسانی تشکیل شده است.
- اطمینان حاصل کردن از وجود گونه ها در اکوسیستم های طبیعی ویژه خود از طریق ایجاد امکان جابجایی و پراکندگی گونه های سیمای سرزمین باعث افزایش انعطاف پذیری اکوسیستم و در نتیجه کاهش اثرات منفی تکه تکه شدن زیستگاه و تغییرات اقلیمی می شود. پس اقدامات حفاظتی مربوط به پیوستگی می تواند عملکردهای اکوسیستم را تضمین و خدمات اکوسیستمی و سود اجتماعی-اقتصادی را فراهم کند.



# ارزیابی پیوستگی سیمای سرزمین

- پیوستگی به وسیله استفاده از متریک های سیمای سرزمین حاصل از آنالیز مکانی نقشه ها یا از طریق سیستم اطلاعات جغرافیایی کمی می شود.
- توجه به مدیریت ماتریس سیمای سرزمین به گونه ای که باعث به حداکثر رساندن سرعت دسترسی گونه های کلیدی به لکه های باقیمانده شود باید انجام گیرد.

- حد آستانه ای که از آن به بعد سیمای سرزمین پیوستگی خود را از دست می دهد بستگی به توزیع زیستگاه و نرخ جابجایی گونه در آن زیستگاه دارد. پس یک مقدار حد آستانه بحرانی که یک سیمای سرزمین خاص پیوستگی خود را از دست می دهد برای تمام گونه ها با هم وجود ندارد و یک زمین سیما در یک زمان ممکن است برای دو گونه متصل یا منفصل قلمداد شود.

- تاثیر فعالیت های انسان در ماتریس سیمای سرزمین مثل جاده ها باعث کاهش کیفیت ماتریس و کاهش پیوستگی سیمای سرزمین می شود.

- تاثیر فعالیت های انسان در ماتریس سیمای سرزمین مثل جاده ها باعث کاهش کیفیت ماتریس و کاهش پیوستگی سیمای سرزمین می شود.
- پیوستگی سیمای سرزمین یک مفهوم پویاست و باید در ارتباط با تغییر کاربری اراضی، ارزیابی و مدیریت شود. پیوستگی سیمای سرزمین نقش مهمی در بقای بسیاری از جمعیت های گیاهی و جانوری دارد. پیوستگی ارتباط مستقیمی با توانایی گونه برای سازگاری با تغییرات ماتریس و ایستادگی در سیمای سرزمین تغییر یافته دارد.

# ناهمگنی سیمای سرزمین

- ناهمگنی یک عنصر کلیدی اکولوژی سیمای سرزمین است. ناهمگنی مکانی ۲ جز دارد: ترکیب و پیکربندی. حجم جنگل یا تالاب، طول حاشیه جنگل یا تراکم جاده ها جنبه‌هایی از ترکیب سیمای سرزمین هستند. مجاورت اجزای گوناگون سیمای سرزمین و اندازه جدائی زیستگاه جنبه‌هایی از پیکربندی سیمای سرزمین هستند. ناهمگنی در یک زمان و مکان مشخص، نتیجه ناهمگنی زمانی - مکانی اجزای محیط، فرایندهای اکولوژیکی و آشفتگی‌های طبیعی و انسان ساز است. آشفتگی، اتفاقی است که الگوی تغییر در ساختار یا کارکرد یک سیستم را به طور قابل توجهی تغییر می دهد.

- ناهمگنی در یک محدوده فضایی و زمانی مشخص نتیجه ناهمسانی فضایی و زمانی در ویژگی های زیست محیطی، فرایندهای اکولوژیکی و وجود اختلالات با منشا طبیعی یا انسانی است.

- سه منشا به وجود آورنده ناهمگنی سیمای سرزمین عبارتند از:

- ۱- ناهمگنی فضایی: این نوع ناهمگنی روی فرایندهای اکولوژیکی متعدد مانند تشکیل خاک، هوازدگی، توزیع گیاهان، انتشار جانوران، جابجایی ها و فراوانی جریان آب و غذا و ذخیره انرژی اثر می گذارد. ناهمگنی فضایی به دو نوع عمودی و افقی تقسیم بندی می شود:

- ناهمگنی افقی: توزیع نامتوازن پوشش اراضی را نشان می دهد که از طریق فعالیت های انسانی ایجاد می شود.

- ناهمگنی عمودی: توزیع نامتوازن رویش بالای زمین را نشان می دهد و با چشم اندازه های طبیعی بیشتر در ارتباط است.

۲- ناهمگنی زمانی: تنوع در یک مکان را در زمان های مختلف بررسی می کند.

۳- ناهمگنی عملکردی: ناهمگنی در موجودات و ماهیت های اکولوژیکی است. این

نوع ناهمگنی می تواند در ترکیبات خاک مشاهده شود.

ناهمگنی دارای اثرات مهمی بر عملکردها و فرایندهای اکولوژیکی است.

# شبکه اکولوژیکی

- سیمای سرزمین شبکه ای از لکه ها یا زیستگاه هایی است که توسط جریان های هوا، آب، انرژی، مواد غذایی و موجودات زنده به هم مرتبط هستند.
- اخیراً با مشخص شدن ارزش شبکه اکولوژیکی، این مفهوم در اروپا گسترش وسیعی داشته است.



شبکه اکولوژیکی در پهنه جنگلی



# اختلالات و آشفته‌گی‌ها

- اختلال نقش مهمی در عملکرد سیمای سرزمین دارد و اصلی‌ترین نیرو برای شکل‌دهی سیمای سرزمین و اجزای آن است. اختلال پدیده‌ای معمول در طبیعت است و ممکن است به عنوان اتفاقی در طول زمان تعریف شود که ساختار سیمای سرزمین، اکوسیستم‌ها، جمعیت و جوامع را تغییر داده و اصلاح می‌کند. اختلال می‌تواند به عنوان یک فرایند، تاثیر شدیدی روی پویایی و سرنوشت ماده و انرژی در یک سیمای سرزمین داشته باشد.
- هر زمین‌سیما از طریق اختلال و تخریب شکل می‌گیرد، ساخته می‌شود یا تغییر می‌یابد.

- مهمترین ویژگی های اختلال عبارتند از وسعت، شدت و تناوب آن. اختلال در سیستم های مختلف بسیار معمول است و در تمام مقیاس های فضایی-زمانی و در تمام سطوح سازمانی از فرد تا سیمای سرزمین عمل می کند و موجودیت منابع و ساختار سیستم را تغییر می دهد.

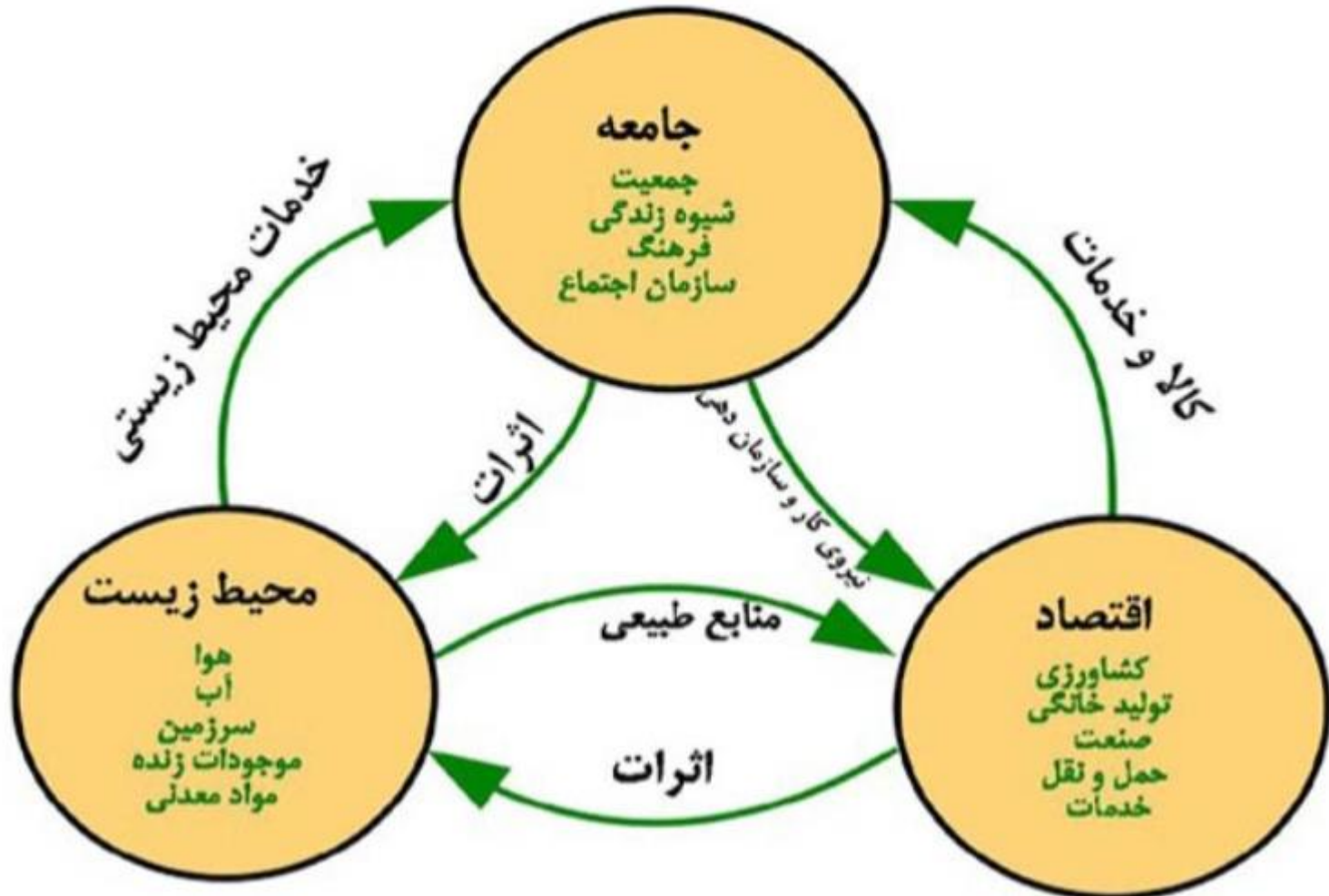
- در سطح سیمای سرزمین، اختلال روی ساختار لکه ها و آرایش فضایی آن هاریال سرنوشت لکه ها، اندازه و بقای آنها اثر می گذارد. اختلال شدید یا فقدان اختلال عموماً اثرات منفی روی تنوع دارند اما به نظر می رسد اختلال متوسط تنوع را در یک سیستم افزایش می دهد.

• اختلافات به دو دسته کلی اختلافات با منشا طبیعی و انسانی تقسیم بندی می شوند:

۱- اختلافات با منشا طبیعی: ممکن است در اثر عوامل غیرزنده مانند انرژی خورشید، آب، باد، زمین لرزه یا عناصری مانند باکتری، ویروس و یا رقابت جانوران ایجاد شود. به طور کلی، اختلال طبیعی موجب پویایی سیمای سرزمین می شود و در تمام مقیاس های فضایی-زمانی عمل می کند.

۲- اختلافات با منشا انسانی: اختلال انسانی از نظر شدت و فراوانی با اختلال طبیعی متفاوت است. کشاورزی، استخراج معادن، توسعه و ساخت و ساز برخی از اختلالهایی است که در پی فعالیت انسانی در سیمای سرزمین تاثیرگذار است. اختلال ناشی از فعالیت انسانی از طریق تکنولوژی در مقیاس مکانی-زمانی و در یک دامنه وسیع گسترش می یابد.

# چرخه اثرات فعالیت انسان بر محیط زیست



- اثرات اختلال انسانی نسبت به اختلال طبیعی متفاوت است. به عنوان مثال، یک آتش سوزی عمدی یا آتش سوزی رخ داده در اثر بی دقتی انسان، با آتش سوزی طبیعی تفاوتی ندارد اما اگر در هر فصل تکرار شود که در شرایط طبیعی غیرممکن است می تواند بر رویش گیاهان تاثیر بگذارد و سبب کاهش پوشش گیاهی و افزایش فرسایش خاک شود.

- واکنش یک اکوسیستم به اختلال بر حسب میزان رسیدگی اکوسیستم و شدت عامل اختلال متفاوت است. یک اکوسیستم رسیده و متنوع مثل یک جنگل قادر به ادامه زندگی در برابر طیف وسیعی از ناملایمات است اما اگر شدت اختلال از حدی فراتر رود تمامی جامعه به مراحل اولیه توالی رجعت می کند.

• اکوسیستم های نرسیده با تنوع کمتر یا مراحل توالی ابتدایی تر نسبت به آثار خارجی حساس ترند اما در مدت کوتاه تری قادر به بازگشت به وضعیت قبلی خود هستند. به طور خلاصه می توان بیان کرد در اکوسیستم های رسیده، مقاومت به ناملائی بالاتر و سرعت برگشت پذیری کندتر و در اکوسیستم های نرسیده با تنوع کمتر، مقاومت نسبت به ناملائی پایین تر اما سرعت برگشت پذیری بالاتر است.

# الگوها چگونه در زمین سیمایها اندازه گیری می شوند؟

- بسیاری از آنالیزهای الگوی سیمای سرزمین روی داده های کاربری و پوشش اراضی انجام می شود که در GIS رقومی و ذخیره می شوند. GIS به مجموعه قوی از ابزارهای کامپیوتری برای جمع آوری، ذخیره، بازیابی، تغییر شکل و نمایش داده های مکانی از دنیای واقعی برای یک مجموعه از اهداف مشخص، اشاره دارد. داده های جغرافیائی پدیده ها را در چندین تعریف شرح می دهند: مکان آنها با توجه به سیستم مختصات (طول و عرض جغرافیائی)، ویژگی هائی که به موقعیت آنها ارتباط ندارد (مانند نوع خاک، پوشش گیاهی یا حضور یک گونه مورد توجه) و روابط مکانی آنها با یکدیگر. افزایش رابطه با استفاده از GIS یک بخش مهم آموزشی برای اکولوژیستهاست که به مطالعه الگوها و فرایندهای سیمای سرزمین می پردازند.

- غالباً سه نوع داده اصلی برای آنالیزهای سیمای سرزمین مورد استفاده قرار می گیرد.  
عکس های هوایی یک منبع داده مهم برای مطالعات سیمای سرزمین، به ویژه برای آشکارسازی تغییرات در سیمای سرزمین طی قرن بیستم است. سنجش از دور رقومی (دیجیتال) در حال حاضر به طور گسترده مورد استفاده و قابل دسترس بسیاری از محققان است. ماهواره های لندست و اسپات دارای پوشش گسترده مکانی در سطح جهان هستند و یک منبع مفید داده های رقومی هستند. داده های منتشر شده و آمار یک منبع ارزشمند داده های سیمای سرزمین، به ویژه برای مقایسات زمانی پیش از عکس های هوایی هستند.



# ارزیابی و آسیب شناسی اکولوژیکی سیمای سرزمین

بر اساس تجزیه و تحلیل سیمای سرزمین، مرحله تشخیص شامل تعیین ارزش ها و موضوعات مورد توجه و مهم در بستر سیمای سرزمین است که در زمان حال و آینده رخ می دهند و در زمان حال شامل نقاط ضعف و قوت و در آینده شامل فرصتها و تهدیدها می باشد.

ارزیاب سیمای سرزمین از طریق مرحله تشخیص می کوشد تا به سوالات زیر پاسخ دهد:

- آیا سیمای سرزمین کارکرد خود را به خوبی انجام می دهد؟

- اگر نه، در چه بخشی کارکرد خود را به خوبی انجام نمی دهد و چرا؟

- در کدام بخش ها و چگونه کارکرد خود را خوب انجام می دهد؟

- آیا کارکرد خوب را در آینده حفظ خواهد کرد؟

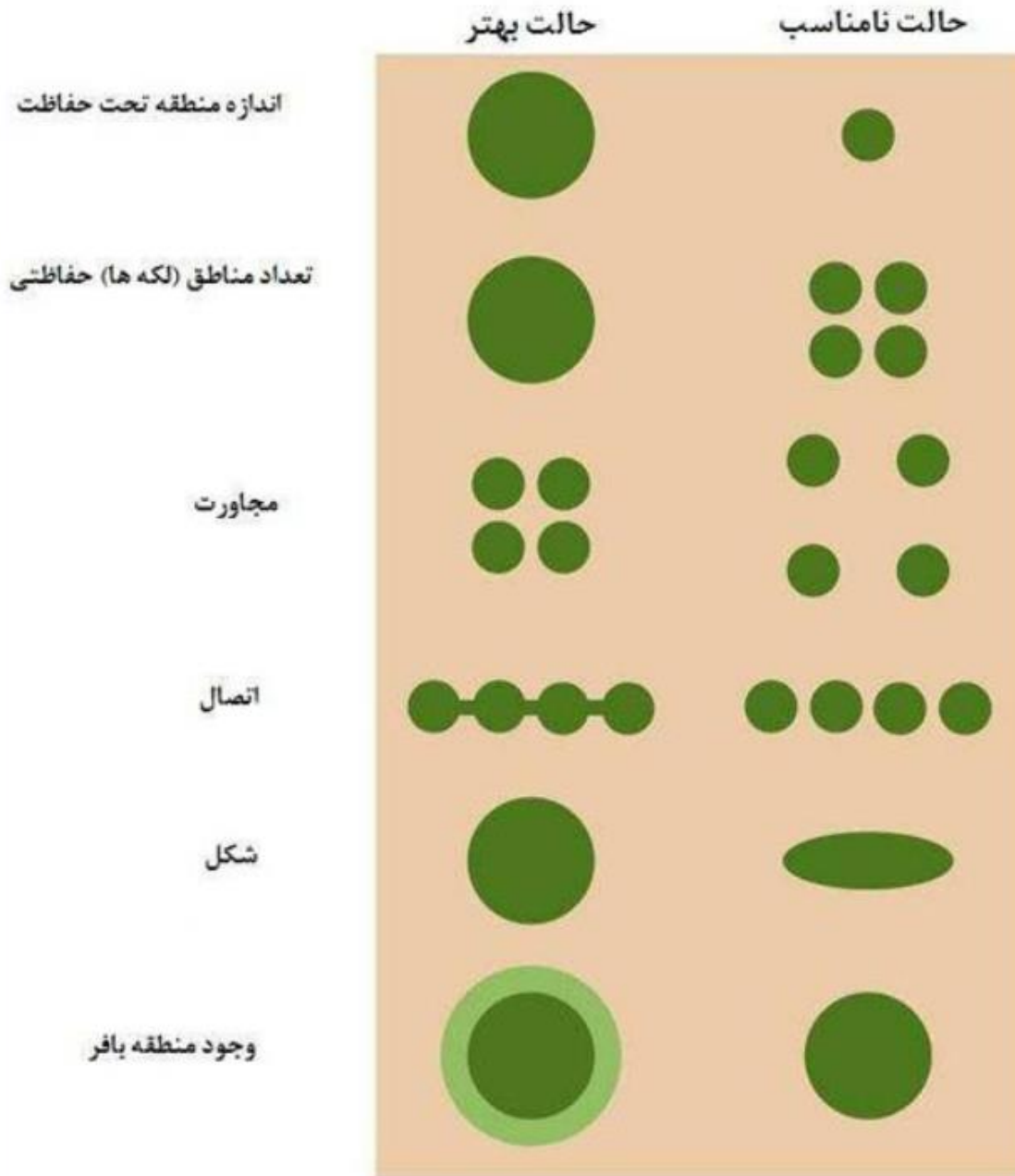
- در مطالعات، از دو روش برای ارزیابی سلامت اکولوژیکی استفاده می شود. روش اول مبتنی بر وجود گونه های شاخص است و استفاده از آن در عمل آسان است. در این روش، وضعیت سلامت اکولوژیکی بر مبنای کمیت، میزان تولید یا کارکرد یک گونه خاص، کلیدی و شاخص یا یک گونه در معرض خطر در یک اکوسیستم بررسی و ارزیابی می شود. این روش به سختی می تواند انعکاس دهنده وضعیت سلامت اکولوژیکی باشد، علاوه بر این چون در این روش، شرایط اجتماعی-اقتصادی و سلامت انسان مورد توجه قرار نمی گیرد، این روش نمی تواند در اکوسیستم های پیچیده ای که تحت تسلط فعالیت های انسانی هستند، کاربرد زیادی داشته باشد.

• روش دیگر استفاده از شاخص هایی است که بر مبنای ویژگی های اکولوژیکی و کارکردهای خدماتی آنها مشخص می شود. این شاخص های شامل سنجش ساختار و عملکرد و فرایندهای اکولوژیکی است. این روش می تواند به شکل گسترده ای در ارزیابی سلامت همه انواع سیستم های اکولوژیکی به کار گرفته شود. با توجه به موارد مذکور، شاخص ها یا متریک های سیمای سرزمین به عنوان معیارهای مناسب برای ارزیابی سلامت اکولوژیکی به کار برده می شود.

## تأثیر ساختار سیمای سرزمین بر حفاظت از تنوع زیستی

- اندازه و شکل لکه های زیستگاهی بر انواع و تعداد جانوران درون آن تاثیر می گذارد. برخی از خصوصیات گونه های درون یک لکه، به بزرگی و کوچکی زیستگاه و طراحی سیمای سرزمین بستگی دارد. در صورت وجود از هم گسیختگی، یک زیستگاه پیوسته به قطعات یا لکه های کوچکتر تقسیم می شوند (مثلا از طریق فعالیت های صنعتی، کشاورزی، راه سازی، خانه سازی و ...). جانوران مختلف بر اساس نیازهای روزانه خود به اندازه های متفاوتی از زیستگاه نیاز دارند. لکه های حفاظتی باید دارای اندازه و شکل مناسب باشد و از پیوستگی و اتصال مناسب برخوردار باشند. تعبیه مناطق بافر در اطراف این لکه ها می تواند در حفظ پایداری آنها موثر باشد.

• مقایسه توزیع فضایی  
 لکه های دارای ارزش  
 حفاظتی در دو حالت  
 مناسب و نامناسب



# ویژگی های گونه های آسیب پذیر نسبت به تکه تکه شدن زیستگاه

✓ نادر بودن: گونه های نادر بیش از گونه های معمول آسیب پذیرند زیرا کاهش فراوانی موجب تشدید انقراض می شود.

✓ پهنای آشیان اکولوژیک: گونه های کلی گرا که دارای پهنای آشیان اکولوژیک وسیعی می باشند از زیستگاه های تکه تکه شده بهتر می توانند بهره ببرند.

✓ قدرت زادآوری: هر چه قدرت زادآوری بیشتر باشد تعدادی افراد که می

توانند در مکان های جدید مستقر شوند افزایش می یابد.

✓ موقعیت در زنجیره غذایی: گونه هایی که در سطح فوقانی در زنجیره

غذایی قرار گرفته اند به دلیل وابستگی به زیستگاه بزرگتر و حساسیت بیشتر

آسیب بیشتری می بینند.

✓ قدرت انتشار: اگر قدرت انتشار فراتر از دامنه نوسانات محیط تاثیر گذار بر

لکه باشد مفید خواهد بود.

# اصول زیستی برای حفاظت زیستگاه در مقیاس های سیمای سرزمین

✓ حفظ و نگه داری لکه های بزرگ و دست نخورده ی پوشش گیاهی بومی به وسیله

جلوگیری از قطعه قطعه شدگی و از هم گسیختگی این لکه ها به وسیله ی توسعه

✓ اولویت دادن به حفاظت گونه ها و حفظ زیستگاه هایی که توزیع و فراوانی این گونه ها

محدود به آنهاست.

✓ حفظ اجزای نادر سیمای سرزمین به وسیله هدایت توسعه به سمت مناطقی از سیمای

سرزمین که در بر دارنده ی عوارض و پدیده های معمولی هستند .



✓ حفظ ارتباطات بین زیستگاه های حیات وحش به وسیله شناسایی و حفظ

کریدورها برای حرکت و جا به جایی

✓ حفظ فرآیند های اکولوژیکی مهم در مناطق حفاظت شده

✓ مشارکت در بقا و حفظ منطقه ای گونه های کمیاب و نادر با حفظ برخی از

زیستگاه های آن ها به صورت محلی

✓ متعادل کردن فرصت ها برای تفرج به وسیله ی عموم مردم با نیازهای زیستگاهی

حیات وحش

# اکولوژی سیمای سرزمین کاربردی

کاربرد عملی اکولوژی سیمای سرزمین یک زمینه جالب و به سرعت در حال رشد است. اکولوژی سیمای سرزمین در بسیاری از جنبه های گوناگون اکولوژی کاربردی مشارکت دارد و نقش بسیار مهمی در توسعه و به کارگیری روش های مدیریت اکوسیستم دارد. چالش های پیش روی مدیران منابع طبیعی به طور افزایشی در زمین سیمای افزایش می یابد و این به دلیل وابستگی مکانی بین اجزای سیمای سرزمین در بسیاری از مقیاس هاست. تقاضا برای پشتیبانی علمی زمین سیمای تحت مدیریت و وارد کردن نتایج ناهمگنی مکانی در تصمیم گیری های مدیریت سرزمین مهم و قابل توجه است. نتیجتاً، بسیاری از مدیران منابع مدیریت خود را از روش متمرکز روی منابع خاص مانند ماهی، حیات وحش و آب به روش متمرکز بر روی کل سیستم ها تغییر می دهند.

# کاربری اراضی

درک تغییرات کاربری اراضی و دلایل اکولوژیکی آن یک چالش بنیادی برای اکولوژیست ها می باشد و در اکولوژی سیمای سرزمین نقش اساسی ایفا می کند. در سرتاسر جهان، امروزه پوشش اراضی به طور مستقیم با استفاده انسان با کشاورزی، ازدیاد دام ها، برداشت از جنگل، استقرار مناطق ساختمانی، معدنکاوی و فعالیت های مشابه تغییر می کند. در طول دو قرن گذشته، دو روند مهم مشهود است؛ کل زمین های اختصاص داده شده به فعالیت های انسان ها به شدت رشد کرده است و افزایش تولید محصولات و خدمات هم استفاده وهم کنترل اراضی را تشدید کرده است. سرعت تغییر پوشش اراضی در سرتاسر جهان به ویژه در مناطقی با رشد جمعیت سریع تسریع شده است.

- فعالیت های کاربری اراضی ساختار سیمای سرزمین را با تغییر فراوانی نسبی زیستگاه های طبیعی و معرفی انواع پوشش اراضی جدید تغییر می دهند. معرفی انواع پوشش اراضی جدید می تواند تنوع زیستی را با فراهم کردن زیستگاه های منحصر به فرد افزایش دهد ولی زیستگاه های طبیعی غالباً کاهش می یابند و مناطق کمتری در دسترس برای گونه های بومی باقی می ماند. فعالیت های کاربری اراضی می توانند الگوی مکانی زیستگاه ها را تغییر دهند و غالباً منجر به قطعه قطعه شدن زیستگاه پیوسته و کاهش تنوع زیستی گونه های بومی می شوند. الگوهای طبیعی تغییرات زیست محیطی همچنین می تواند با کاربری اراضی تغییر کند، به ویژه اگر رژیم های اختلال و آشفتگی تغییر کرده باشند.

## اکولوژی سیمای سرزمین و کاربری اراضی پایدار

- کاربری اراضی پایدار به عنوان جزء مهم توسعه پایدار و یکی از موضوعات کلیدی و مهم برای محققان و ارزیابان بوده است. در گذشته به خصوصیات مکانی کاربری اراضی توجهی نمی شد ولی امروزه توجه به ساختار مکانی کاربری‌های اراضی از اهمیت زیادی برخوردار شده است. وقتی هدف، یافتن فرآیندهای اکولوژیک بین الگوهای مکانی باشد، اکولوژی سیمای سرزمین می‌تواند به عنوان ابزاری مناسب در تحلیل مکانی و کاربری اراضی به کار گرفته شود. مفهوم سیمای سرزمین، جامع‌تر از مفهوم زمین به‌تنهایی است. فعالیت‌های اقتصادی و انسانی به‌طور عمده در مقیاس سیمای سرزمین صورت می‌گیرد و سیمای سرزمین به‌عنوان مقیاس مکانی مناسب برای مطالعه بر روی تغییرات زیست محیطی در نتیجه فعالیت‌های انسانی می‌باشد. تمامی فعالیت‌های انسانی نهایتاً منجر به تغییرات مکانی کاربری‌های اراضی می‌شود بنابراین سیمای سرزمین بازتابی از کاربری اراضی انسانی در گذشته را در اختیار می‌گذارد و به عنوان قالبی زنده و پویا برای کاربری اراضی پایدار به کار گرفته می‌شود

- سیمای سرزمین به عنوان مناسب‌ترین مقیاس مکانی برای آمایش و مدیریت سرزمین می‌باشد. اکولوژی سیمای سرزمین با مفهوم توسعه پایدار رابطه نزدیکی دارد. اکولوژی سیمای سرزمین رهیافتی نو برای بررسی پایداری کاربری اراضی با تکیه بر خصوصیات مکانی کاربری‌ها می‌باشد

## اصول اکولوژی سیمای سرزمین در کاربری اراضی پایدار

- از زمانی که ارتباط و پیوستگی بین بوم‌شناسی سیمای سرزمین و توسعه پایدار بوجود آمده است، اصول اکولوژی سیمای سرزمین به‌عنوان مفاهیم اصلی مرتبط با کاربری اراضی پایدار مطرح شده است. در ادامه ۴ اصل از اکولوژی سیمای سرزمین که برای درک مفهوم کاربری اراضی پایدار ضرورت دارد، بیان شده است:

- **اصل ساختار و عملکرد سیمای سرزمینی:** اکولوژی سیمای سرزمین بر روی هماهنگی بین شکل و محتوا، ساختار و کارکرد و شناخت ارزش‌های چندگانه مانند ارزش‌های اقتصادی، اکولوژیک، اجتماعی و زیبایی‌شناختی سیمای سرزمین تمرکز می‌کند. بنابراین برای رسیدن به توسعه، به بهینه کردن ارزش‌های چندگانه کاربری اراضی توجه بیشتری می‌شود. سه کارکرد عمده‌ی زمین، کارکرد تولید زیستی، کارکرد مکانی منطقه و کارکرد زیبایی‌شناختی سیمای سرزمین می‌باشد.
- مطالعه بر روی کاربری اراضی پایدار نه تنها به بهینه کردن کارکرد زمین توجه می‌کند بلکه به تکامل و بهینه نمودن الگوی کاربری اراضی یا ساختار سیمای سرزمین و آنالیز ارتباط داخلی بین ساختار سیمای سرزمین و فرایندهای اکولوژیک که در مطالعات جاری کاربری اراضی پایدار مورد غفلت واقع شده است، نیز توجه دارد.



• **اصل کل نگری و ناهمگنی مکانی:** دو اصل کل نگری و ناهمگنی مکانی هسته‌ی نظری اکولوژی سیمای سرزمین می‌باشند. سیمای سرزمین باید دارای ساختار و عملکردی کل‌نگر باشد. سیمای سرزمین نه تنها ترکیب ساده‌ای از تمامی عناصر سیمای سرزمین است بلکه خصوصیات منحصر به فردی دارد که در هیچ عنصر سیمای سرزمین به تنهایی وجود ندارد. کارکرد سیمای سرزمین بزرگ‌تر از جمع کارکرد تمامی عناصر می‌باشد.

# اصل تئوری هیرارشی

- تئوری هیرارشی اساس چارچوب سیمای سرزمین می باشد. بر طبق این تئوری، سیمای سرزمین ساختار سلسله مراتبی دارد و هر واحد سیمای سرزمین در یک سطح متشکل از واحدهای کوچک تر و خود جزء ساختاری از واحدهای دیگر در سطح بالاتر است.

# اصل تغییر سیمای سرزمین و پایایی

- بقا و ماندگاری سیمای سرزمین بستگی به آشفتگی ها و اختلالات خارجی وارده به سیستم و قدرت ترمیم و احیاء آن بعد از آشفتگی ها و اختلالات دارد.
- زمان موضوع دیگری در سیمای سرزمین است. سیمای سرزمین در طی زمان تغییر می کند. یک سیمای سرزمین از نظر زمانی و مکانی و هم از لحاظ ساختار و کارکرد تغییر می کند.

# انواع سیمای سرزمین

سیمای سرزمین بر اساس میزان و نوع دخالت انسان به سه گروه کلی تقسیم می شوند:

✓ سیمای سرزمین طبیعی: سیمای سرزمین هایی هستند که به دور از دخالت انسان باقی

مانده اند و یا دخالت انسان جزئی بوده است مانند جنگل

✓ سیمای سرزمین نیمه طبیعی مانند زمین سیمای کشاورزی که در اثر فعالیت های مختلف

اجتماعی به وجود می آیند. افزایش کاربری های کشاورزی در طی یک دهه باعث اثر

منفی روی کارکردهای اکولوژیکی در بسیاری مناطق می شود. سیمای سرزمین

کشاورزی از موزائیک های ناهمگن با ظرفیت تولید متفاوت شکل می گیرند.

✓ سیمای سرزمین مصنوعی مانند شهرها: این سیمای سرزمین همیشه تغییر می کند زیرا تجلی برهمکنش های پایدار بین نیروهای طبیعی و فرهنگی در محیط هستند. با شناسایی الگوهای شهرسازی و شهرنشینی قبلی، سیاستگذاران و تصمیم گیران می توانند دید بهتری به عواملی که در توسعه کنونی و آینده نقش دارند، پیدا کنند. تکنولوژی سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی برای درک این توسعه نقش مهمی دارد. شهرنشینی سریع و گسترده، نگرانی ها در مورد پایداری شهرها را افزایش می دهد.

✓ شهرنشینی پدیده ای محسوس است که محیط را به وسیله افزایش دمای هوا و یا به وسیله تغییر فرایندهای اکولوژیکی تحت تاثیر قرار می دهد.

- شهرنشینی منجر به ایجاد سیمای سرزمین ناهمگن از نظر ترکیب و مجزاتر از نظر اکولوژیکی می شود و می تواند موزائیک پیچیده تری از پوشش اراضی ایجاد کند.
- شهرسازی باعث تغییرات زیربنایی و زیادی در کارکرد اکولوژیکی سیمای سرزمین و تغییر تدریجی ساختار مکانی می شود.
- رشد شهری هنگامی که مناطق شهری به حوالی مناطق طبیعی گسترده می شوند، زیستگاه های اکولوژیکی را تحت تاثیر قرار می دهند و آنها را از لحاظ اندازه، کاهش می دهد و منجر به جداسازی زیستگاه و ایجاد اثرات زیانبار می گردد.

# جابجایی در سیمای سرزمین

- جابجایی در میان لکه ها در یک سیمای سرزمین تکه تکه شده تا حدی به توزیع مکانی جمعیت و لکه ها در سیمای سرزمین بستگی دارد. نفوذپذیری ماتریس موجود بین لکه های زیستگاهی بر قابلیت افراد در جابجایی بین لکه ها تاثیر دارد.

- شیوه جابجایی افراد در سیمای سرزمین احتمالا با تغییر سیمای سرزمین تغییر می کند. به دلیل نیاز بیشتر طعمه خواران به جابجایی تاثیر منفی تکه تکه شدن زیستگاه بر آنها بیشتر از علفخواران است. همچنین گونه های تخصصی بیشتر از گونه های کلی گرا آسیب می بینند.

# عوامل موثر در تغییر سیمای سرزمین

## ✓ عوامل محیطی

سیمای سرزمین به عنوان یک سیستم اکولوژیکی همواره در محدوده ای از شرایط قرار دارد که زمینه رشد، گسترش یا محدودیت آن را فراهم می کند.

## ✓ عوامل انسانی

اختلالات انسانی نیز می تواند آشفتگی ایجاد کند. این اختلالات در سیستم هایی حادث می شود که همیشه دستخوش رژیم آشفتگی طبیعی بوده و بر اساس نوع تاثیر می تواند به دو شکل مثبت و منفی وجود داشته باشد.

۱- اختلال مثبت: شامل فرایندهایی هستند که می توانند در فرایندهای ساختاری سیمای سرزمین، حرکت، رشد، تولیدمثل و جریان اطلاعات دخالت کرده و عملکرد آنها را بهبود بخشد مانند حفاظت گونه های بومی.



۲- اختلالات منفی: شامل کلیه فرایندهایی هستند که باعث اختلال در عملکرد صحیح عناصر سیمای سرزمین شده و بدین ترتیب به تخریب آن کمک می کند. نتیجه چنین فرایندهایی حرکت سیمای سرزمین به سوی سادگی، از بین رفتن زیرسیستم های مختلف و در نتیجه تخریب سیمای سرزمین می شود مانند ایجاد جاده در لکه های جنگلی و تخریب خاک و پوشش گیاهی.

می توان بیان کرد که انسان ها به واسطه فعالیت هایشان بر سیمای سرزمین اثر می گذارند.

# سیمای سرزمین شهری

- سیمای سرزمین شهری موزائیک ناهمگنی از لکه های فیزیکی و زیستی است. سیماهای شهری به شدت در حال تکه تکه شدن در طول زمان است. الگوی سیمای سرزمین ها به شدت به وسیله تغییرات کاربری اراضی تغییر می کند. تغییرات الگوی سیمای سرزمین مرتبط با شهرسازی از عوامل مهم تغییرات آب و هوایی و اکولوژیک در سطوح محلی، منطقه ای و جهانی است.

• شهرها به عنوان سیمای سرزمین موزائیکی است که از سه عنصر مختلف تشکیل شده است:

(1) کاربری های مصنوعی و انسان ساخت مانند جاده ها، صنایع، مناطق مسکونی و کارخانجات، بازارها و ..

(2) عناصر نیمه طبیعی و نیمه مصنوعی مانند پارک ها، فضای سبز و زمین های کشاورزی

(3) سیمای سرزمین طبیعی مانند رودخانه و ذخیره گاه های طبیعی.

موزائیک سیمای سرزمین شهری از سایر موزائیک های سیمای سرزمین از لحاظ ساختار و عملکرد متفاوت است. کارکرد اصلی موزائیک شهری فراهم ساختن مکانی برای زندگی و خدمات انسانی است.

# اهمیت مطالعات سیمای سرزمین شهری

- امروزه گسترش شهرها به عنوان اصلی ترین عامل تغییر سیمای سرزمین های طبیعی مطرح می باشد. این عامل موجب بروز اثرات مختلفی بر روی ساختار، کارکرد و دینامیک و پویایی سیستم های اکولوژیک در محدوده ی وسیعی می شود. تغییرات کاربری اراضی موجب تغییرات در وضعیت محیط زیست می شود. تغییرات کاربری اراضی در فرایند گسترش شهری سریع اغلب موجب تکه تکه شدن یا از بین رفتن منابع طبیعی و در نتیجه بروز مشکلات و مسائلی از جمله کاهش تنوع زیستی می شود.

- در سال های اخیر با رشد شهرنشینی و از بین رفتن فضاهای سبز و اراضی نیمه طبیعی در شهرها، ترکیب و توزیع مکانی مناسب لکه های فضای سبز از دیدگاه سیمای سرزمین دارای اهمیت است. فضاهای سبز می توانند عملکردهای اکولوژیکی مهمی به ویژه در تعدیل آب و هوای شهر داشته باشد. به وسیله متریک های سیمای سرزمین می توان الگوها و فرایندهای اکولوژیکی فضاهای سبز را به هم پیوند داد. بررسی تغییرات فضای سبز برای ارزیابی روند رشد شهر مهم است.

# استفاده از اکولوژی سیمای سرزمین در برنامه ریزی شهری

استفاده از اکولوژی سیمای سرزمین در برنامه ریزی شهری بر اساس فرایند زیر است:

۱- تعیین حدود عناصر اصلی ساختاری منطقه مورد بررسی به عنوان مثال اطلاعات اقلیمی،

کمربندهای پوشش گیاهی و کاربری اراضی

۲- تعیین انواع پوشش گیاهی اصلی و کاربری های اراضی، توصیف خصوصیات فیزیکی و

زیستی

۳- بررسی حداقل دو وضعیت قبلی از منطقه مورد نظر جهت مقایسه با ساختار اکولوژیکی

موجود از نظر انواع پوشش گیاهی و کاربری اراضی

۴- تحلیل و ارزیابی اولیه از وضعیت اکولوژیکی واحدهای سیمای سرزمین موردنظر با

استفاده از ملاحظات اکولوژیکی

۵- شناخت مشکلات و نارسایی ها: ارزیابی تغییر سیمای سرزمین و آسیب شناسی آن

۶- راهبرد طراحی اولیه: در این مرحله، مناطق اصلی برای حفاظت طبیعت، فعالیت های

انسانی، شبکه های بوم شناختی و ... تعریف شده و سناریوها و گزینه های امکان پذیر

مشخص می شود.

۷- طراحی برنامه: گزینش سناریوی برتر، اولویت بندی ها، راهبردهای مربوط به

برنامه های جایگزین و معرفی برنامه برای متخصصات و جوامع محلی

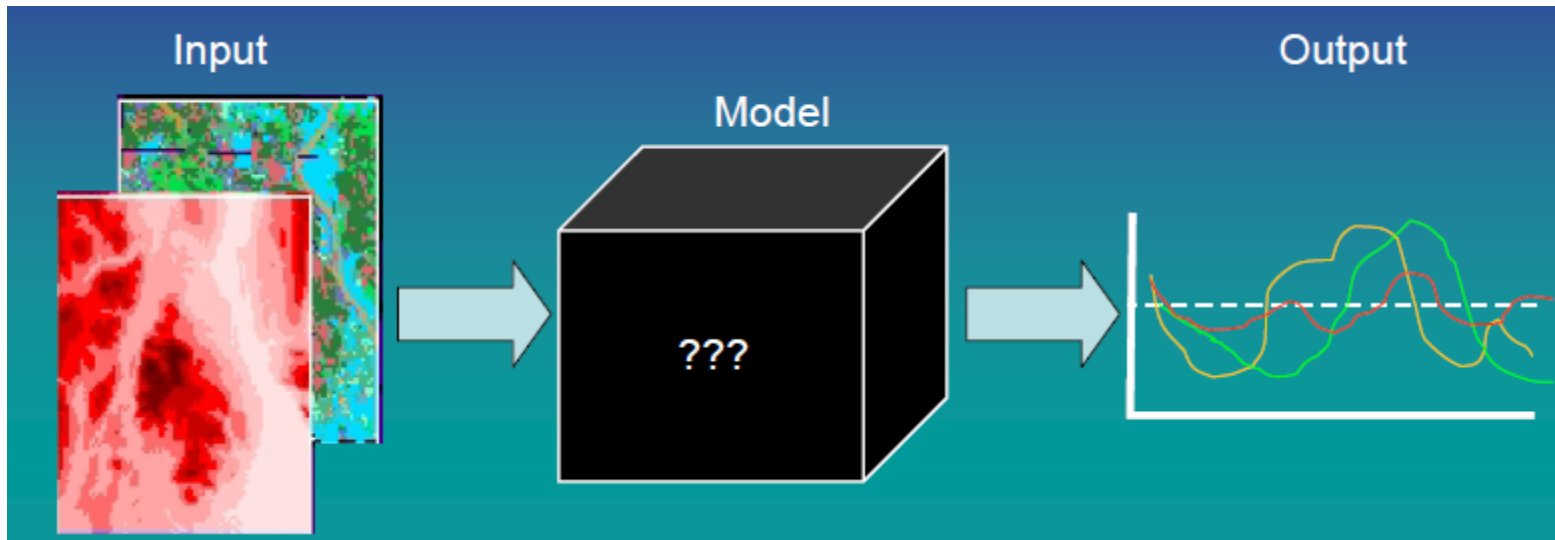
۸- ارزیابی: کنترل اثرات برنامه طراحی شده بر وضعیت اکولوژی سیمای سرزمین و

پیرامون آن



# مدل ها

- مدل ها همانگونه که در بسیاری از زمینه های علمی ابزارهای مهمی هستند، در اکولوژی سیمای سرزمین نیز ابزارهای مهمی هستند. به ویژه، مدل های مکانی نقش بسیار مهمی در بررسی نتایج توزیع های ناهمگن منابع اکولوژیکی ایفا می کنند.



# مدل ها چه هستند و چرا از آنها استفاده می کنیم؟

- یک مدل نمایش یک سیستم یا فرایند به صورت خلاصه و مختصر است. مدل ها می توانند به شیوه های مختلف تنظیم شوند. مدل های لفظی از کلمات ایجاد می شوند، مدل های گرافیکی نمایش های تصویری هستند و مدل های ریاضی از علائم نمادین برای تعریف روابط توصیف کننده سیستم موردنظر استفاده می کنند. مدل ها اهداف متنوع و سودمندی در علوم دارند. آنها به تعریف مشکلات به صورت دقیق تر و مفاهیم به صورت واضح و شفاف تر کمک می کنند. آنها ابزاری برای آنالیز داده ها و ارتباط برقرار کردن بین نتایج فراهم می کنند. در نهایت و شاید از همه مهمتر، مدل ها به ما امکان پیش بینی ها را می دهند.

- مدل‌ها ابزارهای بسیار مهمی در اکولوژی سیمای سرزمین هستند. در واقع، این واضح است که همه‌ی تحقیقات سیستم‌های گسترده‌ی مکانی نیاز به استفاده از طیفی از مدل‌ها و تئوری‌های مرتبط برای درک پویایی دارد.

- اکولوژیست های سیمای سرزمین مدل ها را به عنوان بخش مهمی از ابزارهایشان به چند علت می شناسند. هنگام مواجهه با مطالعه یک زمین سیمای پیچیده و وسیع، اجرای آزمایشات در مقیاس مناسب دشوار و گاهی اوقات غیرممکن است. بررسی تجربی زمین سیماهای وسیع با تعداد تکرار مستقل مناسب بسیار معمول نیست و این به دلیل هزینه بالا و دشواری آن است. مدل های سیمای سرزمین به بهبود درک و ایجاد تئوری در مورد چگونگی برهم کنش الگوهای مکانی و فرایندهای اکولوژیکی کمک می کنند و دید عمومی در مورد تغییرات و پویایی سیمای سرزمین به وجود می آورند. مدل ها همچنین فرضیات قابل آزمونی ایجاد می کنند که می تواند برای هدایت و راهنمایی مطالعات میدانی با بررسی شرایطی که نمی توان در میدان ایجاد کرد، مورد استفاده قرار می گیرد.

- به عنوان مثال، محققان نمی توانند اختلالات عظیم و شدید را ایجاد کنند ولی این هم برای علوم کاربردی و هم برای علوم پایه مهم است که پیش بینی هایی از اثراتی که آشفته‌گی‌های عظیم ممکن است ایجاد کنند، وجود داشته باشد. مدل‌ها همچنین می توانند برای بررسی و کشف واکنش‌های اکولوژیکی به محدوده وسیع تری از شرایط خاص یا ترکیبی از شرایط که نمی تواند در آزمایشات و تجربیات میدانی به وجود آید، به کار روند.

# مدل های سیمای سرزمین

- چهار مدل اصلی سیمای سرزمین وجود دارد. نکته قابل توجه در مورد این مدلها این است که حتی اگر این ۴ مدل مورد توافق همه دانشمندان نباشد، با این حال نقش مهمی در ایجاد و پیشرفت بوم شناسی سیمای سرزمین داشته اند. این ۴ مدل عبارتند از:
- **مدل جغرافیایی:** این مدل سیمای سرزمین را به عنوان یک بستر جغرافیایی برای اجتماعات اکولوژیکی و جمعیت های انسانی تعریف می کند.

- **مدل کورولوژیک یا ارتباطات مکانی:** ریشه این مدل در اکولوژی جمعیت و

جانورشناسی است. این مدل در دهه ۱۹۶۰ ایجاد شده است. در این مدل، سیمای سرزمین به عنوان یک سیستم محیط زیستی تعریف شده است.

- **مدل توزیع فضایی ماتریس:** این مدل به تلاش در جهت مطالعه اکولوژی اکوسیستم

های زمین مربوط شده و پایه ریزی آن در دهه ۱۹۷۰ بوده است. در این مدل ساختار سیمای سرزمین و فرایندهای آن به ترتیبی با هم مربوط می شوند که امکان به وجود آمدن یک رشته اکولوژیکی واقعی را فراهم می آورند. در این مدل، سیمای سرزمین به عنوان یک سیستم از اکوسیستم های در تعامل تعریف شده است. در این مدل، موزائیکی از لکه ها و کریدورها در ماتریس سیمای سرزمین تشخیص داده می شود.

• **مدل کل گرا:** این مدل از یک دیدگاه کل نگر مشتق می شود. رشد این مدل در

اواخر دهه ۱۹۷۰ بوده است. در این مدل، ایده بین رشته ای وجود دارد که اهمیت زیادی

به اکولوژی می دهد و شامل اکولوژی انسانی نیز می شود.



# مراحل ساخت یک مدل

## ✓ مرحله ۱ : تعریف مسئله

گام اول در ایجاد مدل مشخص کردن هدف مدل است. هر چقدر اهداف خاص تر باشد، راه حل بهتر خواهد بود. داشتن تعداد زیادی داده که به ظاهر مفید می آید برای ایجاد یک مدل کافی نیست. باید یک دلیل واضح (مشخص) و منطقی برای ایجاد مدل وجود داشته باشد. اهداف مدل چارچوب برای ایجاد مدل، استاندارد برای ارزیابی مدل و زمینه ای که نتایج شبیه سازی باید در آن تفسیر شود ایجاد می کند. از این رو، یک بیان مشخص از اهداف لازم است.

## ✓ مرحله ۲: ایجاد مدل مفهومی

بر اساس یک توضیح مشخص و واضح از هدف یا اهداف مدل ، یک مدل مفهومی یا کتبی از سیستم ایجاد می شود. این مرحله در برگیرنده ی شناسایی مرزهای سیستم ، طبقه بندی اجزای مدل و شناسایی روابط بین آن ها و توصیف الگوهای مورد انتظار از عملکرد و رفتار مدل است .

## ✓ مرحله ۳: انتخاب نوع مدل

هنگامی که یک مسئله تعریف می شود و سیستم شناسایی می شود ، همگام با مدل سازی ماهیت بر هم کنش ها یا فرآیند ، نوع مدلی که باید ایجاد شود نیز باید انتخاب شود . به عنوان مثال ، آیا مدل یک مدل تحلیلی یا شبیه سازی خواهد بود ؟ مکانی یا غیر مکانی خواهد بود ؟ این تصمیم به شدت به استفاده ی مورد انتظار از مدل بستگی دارد. اگر سؤال در مسئله ها و سیستم نسبتاً ساده باشند ، ایجاد یک مدل تحلیلی می تواند هم عملی و هم مطلوب باشد زیرا نتایج حاصل از این مدل ها غالباً از نظر عمومیت و سادگی مطلوب و مفید هستند . اگر مسئله پیچیده تر باشد، راه حل های عددی پیچیده تری فراهم شده به وسیله ی شبیه سازی های کامپیوتری نیاز خواهد بود.

## ✓ گام چهارم : ایجاد و توسعه مدل

هنگامی که در مورد ساختار مدل در مرحله سوم تصمیم گیری شد، زمان آن است که در واقع معادلات یا عملیات هایی که باید به وسیله ی مدل اجرا شود را نوشت.

طیف گسترده ای از فرمول های ریاضی را می توان مورد استفاده قرار داد

## مرحله پنجم: اجرای کامپیوتری

ایجاد کنندگان مدل غالباً با چند چالش ذهنی در اجرای مدل روبه رو می شوند. این چالش ها شامل منابع کامپیوتری موجود و مفید بودن زبان های برنامه نویسی گوناگون است. کد نویسی مدل ها در یک زبان کامپیوتری (یا یک برنامه ی مدل سازی) به بررسی دقیق در مورد دقت معادلات و روابط آن ها نیاز دارد ، این مرحله هم چالش بر انگیز و هم دشوار است و غالباً به زمان بیش تری نسبت به سایر مراحل نیاز دارد.

## مرحله ششم: ارزیابی مدل

در این مرحله نتایج حاصل از مدل با مشاهدات تجربی مقایسه می شود تا بتوان فهمید که آنها با هم تطابق دارند یا خیر.