

## مدلسازی در جغرافیای طبیعی

Ali Akbar Rasouli, Ph.D  
Tabriz University

### Modeling In Physical Geograghy

Historically, designing and utilizing different binds of models has always been regarded as a main principle by geographers. In the past decades, physical geographers have tried to solve the main problems and to answer the questions in the realms of physical geography. Therefore, they have experimented different modeling types for achieving the main predetermined objectives.

Addressing these tasks, they have properly utilized the technology of their own age to reflect and to display the realities of the earth's surface by different models and styles. However, in recent decades, the surprisingly advanced technology in computer science, invention of the new observation tools, development of communication systems and the need for applied aspects have all brought about some essential changes in modeling strategies.

The main purpose of the present paper is to address the role of different models to show the realities in the field of modern physical geography. Thus, first an introduction will be offered to emphasize the importance of some goals in physical geography. Then, the subject and characteristics of different models and methods of new modeling systems will be discussed.

key words: The field of physical geography, different models, modern technology and new expectations.

### خلاصه

جغرافی دانان، از دیرباز، طراحی و بهره گیری از انواع مدل‌ها را همواره اصلی مهم در تحقیقات به شمار آورده‌اند. در دهه‌های گذشته، جغرافی دانان طبیعی در جهت حل مسایل موجود و پاسخگویی به سئوالات طرح شده در قلمروهای جغرافیایی و به منظور رسیدن به اهداف از پیش تعیین شده، شیوه‌های مدلسازی متنوعی را تجربه نموده‌اند. در این رهگذر، آنان از فناوری‌های عصر خود به نحو مطلوب بهره برده و به منظور انعکاس و نمایش اصولی

*Archive of SID*

واقعیت‌های سطح کره زمین - از طریق انواع مدل‌ها - سبک متنوع و تعریف شده‌ای عرضه داشته‌اند.

اما در دهه‌های اخیر، به دلیل رشد شگفت‌انگیز فناوری‌های رایانه‌ای، ابداع ابزارهای مشاهدات جدید، گسترش سیستم‌های ارتباطاتی، و مطرح شدن جنبه‌های کاربردی، ساختار و نحوه به کارگیری مدل‌ها در جغرافیای طبیعی نیز دستخوش تغییرات اساسی گردیده است.

در این ارتباط، هدف اساسی مقاله حاضر مطرح کردن نقش انواع مدل‌ها در بیان واقعیت‌های مورد نظر قلمرو جغرافیای طبیعی است. بنابراین، ابتدا مقدمه‌ای بر این رشته مورد نیاز جوامع بشری ارائه می‌گردد. سپس موضوع و ویژگی‌های انواع مدل‌ها و بعضی از شیوه‌های مدل‌سازی نوین با عنایت بر انتظارات جدید مطرح خواهد شد.

واژه‌های کلیدی: قلمرو جغرافیای طبیعی - انواع مدل‌ها - فناوری‌های مدرن - انتظارات

جدید

## ۱- مقدمه

مفهوم جغرافیا بُعد وسیعی از فضای فیزیکی و زیستی را تداعی می‌کند که در محدوده آن مطالعه محیط‌های طبیعی و انسانی سیاره زمین میسر می‌گردد. از این رو، قلمرو جغرافیای طبیعی در برگیرنده مجموع شرایط محیط‌هایی است که در آن برخورد عناصر فیزیکی متنوعی نظیر لیتوسفر، اتمسفر و هیدروسفر، در سطح تماس، مسبب شکل‌گیری بیوسفر بر روی کره زمین گشته است. از دیدگاه گابلر و همکاران، موجودیت این حیطه‌ها در جغرافیای طبیعی، به عنوان محورهای اساسی و قابل استناد در کلیه مطالعات شناخته شده و توسط رشته‌های اصلی این علم - اقلیم‌شناسی، ژئومورفولوژی، هیدرولوژی و جغرافیای زیستی - به تصویر کشیده شده و مدل‌سازی می‌گردد (Gabler 1994). از طریق نمودار ۱ درک ارتباط سیستماتیک محیط‌های سازنده کره زمین از دیدگاه جغرافیای طبیعی آسان‌تر می‌گردد.

به نظر بریجز و اسمیت سون، اصلی‌ترین هدف جغرافیای طبیعی در گذشته، درک چگونگی کار جهان بوده است (Briggs and Smithson, 1986) در حال حاضر نیز، هدف بسیاری از جغرافی دانان طبیعی توصیف ماهوی مکان‌ها، پدیده‌ها و اثبات وجود همبستگی بین متغیرها است. **SID** چونته، آنها با مشاهده، بررسی، تشریح و تحلیل وضعیت سیستم‌های طبیعی (فیزیکی - زیستی) کره زمین، سعی در شناخت روابط منطقی و بیان فرآیندهای علی نموده‌اند.

نتیجه نهایی این تلاش‌ها منجر به تشخیص الگوها، تعیین انواع چشم‌اندازها و طبقه‌بندی قلمروها و موضوعات طرح شده در جغرافیای طبیعی گشته است.

## ۲- موضوع و قلمرو مطالعه جغرافیای طبیعی

گفته شده است که موضوع جغرافیا مشاهده و تبیین پدیده‌ها و تفاوت‌های طبیعی و فرهنگی است که در سطح زمین به چشم می‌خورد (استادگنجی، ۱۳۷۱ و ۱۳۷۲). در حالتی تخصصی‌تر شاید بتوان بیان کرد که، جغرافیای طبیعی علم مطالعه محیط‌های طبیعی با تأکید بر ویژگی‌های مکانی و خصوصیات زمانی پدیده‌ها و فرآیندهای حادث شده در کره زمین است. منظور از مکان همان فضای گسترده و در برگیرنده موجودات است. در عین حال مطالعه رخدادها به ازای زمان نیز بسیار حائز اهمیت تلقی گردیده است. چراکه خصوصیات سری‌های زمانی از قبیل فراوانی اتفاقات خاص و میزان تغییرات در یک دوره زمانی مشخص مورد توجه اغلب جغرافی دانان بوده است.

به منظور مشخص کردن حیطه کار و روشن نمودن چشم‌انداز علم جغرافیای طبیعی، جغرافی دانان، تعاریف متعددی را مطرح نموده‌اند که چند مورد از مهم‌ترین آنها ارائه می‌گردد. به نظر استراهلر، جغرافیای طبیعی علمی است که از طریق آن امکان مطالعه و مرتبط نمودن عناصر اصلی قلمروهای محیطی انسان به همدیگر میسر می‌گردد (Strahler, 1987). بر این اساس، محققان این رشته، برای رسیدن به اهداف خود بر یافته‌های سایر علوم طبیعی نظیر هواشناسی، آب‌شناسی، اقیانوس‌شناسی، زمین‌شناسی، گیاه‌شناسی و خاک‌شناسی استناد کرده و در چهارچوب اصول تعریف شده گرایش‌های متعددی نظیر اقلیم‌شناسی، هیدرولوژی جغرافیایی، ژئومورفولوژی و بیوژئوگرافی را مطرح نموده‌اند. در این میان آن‌ها می‌کوشند نه تنها استقلال علمی جغرافیای طبیعی را محفوظ دارند، بلکه اطلاعات حاصل از شاخه‌های اصلی این علم را به نحوی عرضه دارند که از طریق سایر علوم غیرممکن می‌نماید. برای رسیدن به این منظور، جغرافی دانان طبیعی تلاش می‌کنند تا روابط فضایی بین عناصر سازنده کره زمین با هم و در ارتباط با انسان را دریابند و آن‌ها را به صورت مجموعه‌های سیستماتیک در قلمروهای محیطی سازمان بخشند. و در نهایت عوامل ایجادکننده و علت و معلول‌ها را کشف و مدون سازند (نمودار ۷).

والن معتقد است که کار جغرافیای طبیعی، بررسی و توصیف و تشریح زمین و تغییرات آن

*Archive of SID*

از زمانی به زمانی دیگر و از مکانی به مکانی دیگر است. در این چهارچوب عملکرد انرژی وارد بر محیط‌های طبیعی باید مورد مطالعه قرار گیرد (Wallen, 1992). در این زمینه، برادشاو و ویویر معتقدند که جغرافیای طبیعی میزان و قابلیت تغییرپذیری محیط‌های طبیعی، نحوه دگرگونی آن به ازای زمان و به ویژه در بُعد مکان را باید مورد توجه خاص قرار دهد (Bradshw and Weaver, 1993).

بنابراین با توجه به تعاریف بالا، می‌توان چنین استنباط نمود که اولاً جغرافی دانان طبیعی ساختار و فرآیندهای محیطی (طبیعی و انسانی) زمین و روابط فی مابین را باید بررسی نمایند. ثانیاً، جغرافیای طبیعی - به عنوان علم رابط بین علوم انسانی و علوم زمین - می‌تواند مطالعه قلمروهای طبیعی با تأکید بر ویژگی‌های مکانی و خصوصیات زمانی پدیده‌ها و فرآیندهای حادث شده در کره زمین را بر عهده گیرد. منظور از مکان همان فضای گسترده شده بر روی کره زمین است که در این قلمرو معمولاً جغرافی دانان سعی دارند به پرسش‌هایی نظیر کجا، کی، چه چیز، چگونه و چرا، پاسخ‌های مناسب دهند.

با توجه به کلیات مندرج در جدول ۱ چنین استنباط می‌گردد که موضوعات تحت مطالعه جغرافیای طبیعی در چهار هدف عمده زیر خلاصه می‌شود:

- الف - مطالعه ویژگی‌های کمی و کیفی مکان‌ها (نظیر مختصات جغرافیایی و ابعاد هندسی)
- ب - بررسی خصوصیات پدیده‌ها و متغیرهای مکانی (نظیر ارتفاعات، مقادیر بارندگی و جریان آنها)
- ج - کشف همبستگی‌ها و تأثیرات متقابل بین پدیده‌ها و مکان‌های جغرافیایی (مانند تغییرات مکانی بارش به ازای ارتفاعات و یا توزیع خاک در اقلیم‌های متفاوت).
- د - بررسی حوادث نادر در مقیاس‌های متفاوت (نظیر خشکسالی‌ها و یا سیلاب‌ها در مکان‌های جغرافیایی)

### ۳- تعریفی از یک مدل جغرافیایی

از آنجا که کره زمین بسیار بزرگ است و همین‌طور در ابعاد پیچیده‌ای ساخته شده است جغرافی دانان طبیعی روش‌های ساده اما منطقی ابداع نموده‌اند تا از آن طریق بتوانند زمین و همه ویژگی‌های آن را توصیف، تشریح، و مدل‌سازی نمایند. زمانی که جغرافی دان یک یا گروهی از متغیرهای مرتبط به هم - به عنوان اجزای یک سیستم - را بررسی می‌کند، در واقع مدل‌هایی

*Archive of SID*

را مورد استناد قرار می‌دهد تا مشاهدات اخذ شده از دنیای واقعی را سازماندهی نماید.

بنابراین مدل جغرافیایی می‌تواند طرح ساختگی از یک واقعیت موجود بر روی کره زمین باشد. در اصل، مدل، ترکیب مناسبی از خصوصیات سیستم و اطلاعات مربوط به آن است که تصویری از یک واقعیت جغرافیایی، و البته نه تمامیت آن، را به نمایش می‌گذارد. رحیمیان توصیف ریاضی یک سیستم را مدل می‌خواند و معتقد است هر مدل، طرحی ساختگی از واقعیت است (رحیمیان مشهد، ۱۳۶۹). بنابراین، در همه شاخه‌های علوم جغرافیایی، برای بیان مفاهیم واقعی و حتی استنباطی، جغرافی دانان مبادرت به ساختن مدل‌هایی نموده‌اند که با توجه به نیاز و سطح فناوری متفاوت می‌نماید. معمولاً نوع مدل با هدف مدل‌ساز، چگونگی نمایش، و نوع خصوصیات اطلاعات گنجانده شده در آن تعیین می‌گردد. از این نظر، هر چه جزئیات بیشتری از کلیات سیستم (اطلاعات مربوط به عناصر تشکیل دهنده) در مدل منظور گردد مدل شباهت زیادتری با واقعیت‌ها خواهد داشت. از این رو، مدل‌هایی که طراحی می‌گردند حداقل باید دارای چهار ویژگی (بُعد) از دنیای واقعی باشند.

\* بعد فضایی - در کجا چه چیزی قرار دارد؟

\* خصوصیات کمی و کیفی پدیده‌ها - ویژگی‌های اشیا که مکانی را اشغال کرده‌اند،

چیست؟

\* بعد زمانی داده‌ها - در طول زمان چه تغییراتی حادث گشته است؟

\* بعد موضوعی - مفاهیم و اهداف اساسی مدل کدامند؟

در اغلب موارد، دنیای واقعی بسیار پیچیده و غیرقابل درک به نظر می‌رسد، به حدی که جغرافی دانان طبیعی قادر نیستند همه اجزا و محتوای قلمروهای طبیعی را شناسایی کنند و به تبع آن واقعیت‌ها را عرضه دارند. اما محققان به منظور درک اصولی از جهان هستی، تا به حال با استفاده از فناوری عصر خود مشاهدات اخذ شده را به مدل‌های قابل قبولی تبدیل و آن‌ها را توصیف نموده‌اند. در شرایطی که، مدل‌های طراحی شده با واقعیت‌های موجود همخوانی داشته باشد، جغرافی دانان می‌توانند با تفسیر منطقی آن‌ها حقایق را در حد مطلوب به تصویر بکشند. در گذشته، جغرافی دانان، با استفاده از داده‌های جغرافیایی، مدل‌هایی می‌ساخته‌اند که معرف و نمایشگر چهره قسمتی از دنیای واقعی بوده است. به عنوان مثال کره جغرافیایی مدلی است از دنیای واقعی، همان طوری که نقشه نشانگر بعضی از واقعیت‌های موجود در یک ناحیه جغرافیایی است.

اما در حال حاضر، جغرافی دانان با تکیه بر فناوری های قابل دسترس روز می کوشند پدیده هایی نظیر وقوع بارندگی، رواناب رودخانه ها و یا تغییرات مربوط به لایه اوزون و یا روند خشکسالی را به طور زنده مشاهده، مانیترینگ و مدل سازی نمایند. از طریق تحلیل این مدل هاست که امکان اتخاذ تصمیمات بهینه و کاربردی متعدد ممکن می گردد. اصولاً، مدل های قابل اعتماد باید شباهت زیادی با دنیای واقعی داشته و به طور سیستماتیک بیانگر حقایق مورد علاقه جغرافی دانان باشند.

#### ۴- انواع مدل ها

تا به امروز، طیف وسیعی از مدل ها در جهت شناخت، نمایش و تداعی مکان ها، سیستم ها و تغییر در ماهیت پدیده های جغرافیایی به ازای زمان پیشنهاد شده است. در کل، بر اساس اهداف و خصوصیات عمومی مدل ها شاید بتوان آن ها را به اختصار در جدول ۲ خلاصه نمود. به علت کثرت انواع مدل ها، پر واضح است که در این فرصت امکان بحث جامع روی هر کدام از آن ها مقدور نخواهد بود. بنابراین، فقط با ارایه چند نمونه، اندیشه های نو جغرافی دانان معاصر در روند مدل سازی های جدید به اختصار منعکس می گردد.

سری های زمانی - جغرافی دانان طبیعی در اغلب اوقات با فرآیندهایی مواجه هستند که در طول زمان تغییر می یابند. مشاهدات در توالی های زمانی چنین فرآیندهایی سری های زمانی خوانده می شود.

مشاهدات ثبت شده در یک ایستگاه هواشناسی نظیر درجه حرارت ماهانه و یا بارش های روزانه از جمله مثال هایی هستند که می توان ارایه نمود. سری زمانی عبارت از توالی وقوع عده ای از مشاهداتی نظیر  $Y_1, Y_2, \dots, Y_n$  طی فرآیندی در فواصل زمانی یکسان می باشد. سری های زمانی در واقع حالت خاصی از رابطه دو متغیر وابسته اند که همواره در آن، زمان به صورت متغیر مستقل در نظر گرفته می شود. در مدل سازی های مربوط به سری های زمانی در اغلب موارد متخصصان از انواع مدل های گرافیکی به منظور بیان همبستگی های موجود مابین زمان و مشاهدات اخذ شده بهره می گیرند.

در کل، سری های زمانی به منظور درک، توصیف، کنترل و پیش بینی یک فرآیند خاص جغرافیایی تحلیل می گردند. در این جهت محققان به منظور تحلیل اصولی سری های زمانی باید مؤلفه های گرافیکی (مانند مشاهدات واقعی به ازای زمان، اجزای اسموت شده، میانگین

*Archive of SID*

متحرک و موجی) و مؤلفه‌های اصلی (مانند روند، نوسان، فصلی و تصادفی) موجود در داده‌ها را استخراج نماید (رسولی ۱۳۸۰). از چندین سال قبل همگام با کاربرد ریاضیات جدید و ظهور نرم‌افزارهای تخصصی کامپیوتری - جغرافی دانان طبیعی در تحقیقات خود با تحلیل سری‌های زمانی (نظیر مشاهدات اقلیمی) توانایی‌های مدل آریمای<sup>۱</sup> باکس و جنکینز را در جهت ایجاد مدل‌های پیش‌بینی به اثبات رسانده‌اند<sup>۲</sup> در حال حاضر، با به کارگیری سایر روش‌های مدرن پیش‌بینی کننده نظیر: مدل رگرسیون دینامیک<sup>۳</sup> و مدل بیاسین<sup>۴</sup>، راهکارهای جدیدتری را در جهت آشکارسازی واقعیت‌ها می‌توان تجربه نمود.<sup>۵</sup>

نمایش متحرک - یکی دیگر از شیوه‌های مؤثر در مدل‌سازی استفاده از صفحه نمایش متحرک است که در واقع ترکیبی از روش‌های کلاسیک و مدرن محسوب می‌گردد. به همین منظور، جغرافی‌دان طبیعی یک سری از فایل‌های کامپیوتری مجزا اما مرتبط به هم - برداشت شده از جلوه‌های طبیعی - را به صورت مدل‌های تصویری متحرک و قابل درک ارائه می‌نماید. این امر موجب انتقال مؤثر اطلاعات به صورت مستمر به مغز بیننده می‌گردد. در این نوع مدل‌سازی با وجود این که تصاویر به صورت مجزا تهیه می‌شوند، اما نمایش متوالی آنها به کاربران امکان می‌دهد که به لحاظ یک فرایند خاص جغرافیایی اطلاعات مورد نیاز را اخذ و تفسیر نمایند.

در این راستا، فیلم‌های کامپیوتری هم در واقع نوعی از مدل‌های تکامل یافته صفحه متحرک به شمار می‌روند، که با این کار امکان شبیه‌سازی از اطلاعات موجود برای یک مقطع زمانی خاص در جهت مطالعه پدیده‌های جغرافیایی ممکن می‌گردد. به عنوان مثال، جغرافی دانان می‌توانند با استفاده از این شیوه نحوه تغییرات خطوط ساحلی با توجه به پدیده جذر و مد را مدل‌سازی نمایند. در مواردی هم می‌توان با بهره‌گیری از این روش، تغییرات احتمالی یک پدیده در آینده، یا ظهور یک حادثه غیرمترقبه را سناریونویسی نمود.

مدل‌های بیوفیزیکی - از جدیدترین روش‌های مدل‌سازی از طریق فناوری سنسجش از دور، با عنوان طراحی مدل‌های بیوفیزیکی، صورت می‌گیرد. هدف اصلی در این نوع مدل‌سازی، مرتبط نمودن کمی داده‌های دورسنجی به پدیده‌های محیط‌های فیزیکی - زنده سطح زمین

۱. Autoregressive Integrated Moving Average (به اختصار آریما)

2. Hansen & Ruedy, 1999; Box and Jenkins 1976,

3. Dynamic Regression Model

4. ledom gnitsacerof naiseya.

5. Pole et, 1994 , Pankratz, 1991

## Archive of SID

می‌باشد. به عنوان مثال، داده‌های حاصل از ماهواره‌های اسپات و یا لندست در برآورد میزان محصول، اندازه‌گیری تولید بیوماس و برآورد آسیب‌های محیطی (روند حرکت آب‌های آلوده و یا تمرکز آلودگی‌های جوی) به کار گرفته می‌شود.

مانیتورینگ بهنگام - همچنین، از دو دهه گذشته تا به حال، جغرافی دانان طبیعی نه تنها بر خیلی از اهداف کلاسیک در روند مدل‌سازی صحنه‌گذارده‌اند، بلکه با مانیتورینگ به هنگام مکان‌های جغرافیایی، پدیده‌ها و فرآیندهای حاکم آن، سعی در ارائه شیوه‌های مدرن طراحی مدل‌ها نیز نموده‌اند. امروزه، با ظهور فناوری‌های جدید، از جغرافی دانان انتشار می‌رود همراه با افزایش توان علمی خود عرصه‌های موردعلاقه این رشته را، دقیق و به هنگام زیر نظر بگیرند. به طور مثال، با مشاهده و مانیتورینگ سیستم‌های جوی امکان مطالعه و مدیریت همزمان با روش‌های شدید و سیلاب‌های مربوط میسر گردیده است. یا در روند مطالعه پدیده خشکسالی، اخذ، پردازش، تحلیل و مدل‌سازی از داده‌های جوی، در مقیاس‌های متفاوت، امکان‌پذیر شده است. در این جهت بهره‌گیری از سنجنده‌های خودکار تحلیل لحظه‌ای آن‌ها با تکیه بر شیوه‌های اتوماسیون به محققان جغرافیای طبیعی امکان می‌دهد تا زمان وقوع، شدت، توزیع مکانی پدیده بارندگی و یا استمرار و حرکت (به اصطلاح مهاجرت) خشکسالی را مانیتورینگ نمایند.

در شیوه مدل‌سازی به هنگام، داده‌های جغرافیایی به طور مستمر از یک ایستگاه فعال مشاهداتی - تعبیه شده در محلی خاص و با توجه به پارامترهای تعریف شده در سیستم - همزمان دریافت می‌گردد (اکبری‌نژاد موسوی، ۱۳۷۴). بعد از اعمال انواع پردازش بر روی داده‌ها، انواع مدل‌های پویا قابل نمایش می‌گردند. به عنوان مثال، با تعبیه دستگاه رادار دایرلر نسل جدید و یا ایستگاه هواشناسی اتوماتیک تله‌متریک در مکانی مناسب، کلیه داده‌های هواشناسی، از قبیل مقادیر فشار هوا، از درجه حرارت محیط و بارش پدیدآمده، به صورت رقمی به طور لحظه‌ای دریافت و مدل‌های مربوطه در نمایشگر رایانه (متصل به سیستم) به صورت مدل‌های گرافیکی و یا نقشه‌های رنگی قابل استناد نمایش داده می‌شوند. امتیاز اصلی این نوع مدل‌سازی در نحوه مانیتورینگ به هنگام و مدل‌سازی همزمان پدیده‌ها نهفته است. بدون شک این شیوه ضمن فراهم‌ساختن امکانات وسیع مطالعاتی برای جغرافی دان، امکان تصمیم‌گیری مؤثر برای مسئولان را هم مهیا می‌سازد. باید یادآور شد. تهیه، تفسیر و کاربرد اصولی مدل‌ها، تهیه شده از طریق شیوه‌های سنتی و یا به شیوه‌های مدرن، بستگی بسیار به



نحوه کاربری انواع فناوری و مهارت فنی جغرافی دانان نیز خواهد داشت.

## ۵- نقش فناوری های جدید در طراحی مدل ها

تا به امروز، جغرافی دانان طبیعی، تنوع، توزیع، مدت و اهمیت ویژگی های اقلیمی، جریان های اقیانوسی، اشکال ناهمواری ها، نوع خاک، توزیع گیاهان و جانوران را مطالعه نموده اند. چنین مطالعاتی نه به طور کامل توصیفی و کیفی، بلکه در برگیرنده فرآیندهای ایجاد، هویت و تغییرات کمی مکان ها و پدیده های مستقر در آن نیز بوده است. آن ها کوشیده اند تا با تشریح الگوهای طبیعی موجود در سرتاسر کره زمین نتایج اخذ شده را به نحو شایسته مدل سازی نمایند. بنابراین، از بدو مطرح شدن علم جغرافیای طبیعی تا به حال، با توجه به سطح تمدن جوامع بشری، جغرافی دانان از ابزار و فناوری های مختلف برای ایجاد انواع مدل های مورد نظر خود بهره برده اند. به اختصار شاید بتوان بعضی از فنون و روش هایی را که در طول تاریخ علم جغرافیا مورد اتکای محققان این رشته از علوم زمین بوده است در ذیل ارائه نمود.

- ابزار مشاهدات و سنجش در عملیات میدانی کلاسیک
- وسایل موجود در آزمایشگاه های جغرافیایی
- فن گرافیک و کارتوگرافی سنتی
- فتوگرافی همساز
- کارتوگرافی رایانه ای
- فناوری سنجش از دور
- سیستم تعیین موقعیت جهانی GPS
- صنعت GIS

پرواضح است که بحث روی همه روش های یاد شده از عهده این مقاله خارج است. در این میان فقط به کلیات چهار مورد از فناوری های جدید اشاره می گردد.

کارتوگرافی رایانه ای - گفته شده کارتوگرافی هنر و فن تهیه نقشه می باشد چرا که یکی از اهداف مهم آن تهیه تصاویر جغرافیایی و انتخاب تصویر مناسب است (استاد پاپلی یزدی، ۱۳۶۷). امروزه کامپیوتر در همه شئون زندگی انسان وارد شده و از این رو در دهه های اخیر نقش بسزایی در اغلب زمینه های مورد علاقه جغرافیای طبیعی داشته است. چرا که شناخت روابط منطقی موجود در سیستم های طبیعی و تشریح آن ها توسط رایانه منجر به کاربردهای

تحقیقاتی فراوانی در علوم جغرافیایی گشته است. از این میان، کارتوگرافی رایانه‌ای یا رقومی از جالب توجه‌ترین شیوه‌هایی است که از آن طریق پس از شناخت عناصر تشکیل دهنده یک سیستم جغرافیایی، داده‌ها از راه‌های مختلف وارد رایانه می‌شوند و بعد از ایجاد پایگاه اطلاعات مورد نیاز، از طریق تجزیه و تحلیل‌های متعدد فرآیند مدل‌سازی انجام می‌گیرد. اجرای مدل رایانه‌ای نهایی، به مفسر امکان مشاهده جزئیات و تحلیل نهایی را می‌دهد. به نظر رایینسون و همکاران با بهره‌گیری از فناوری الکترونیکی، کارتوگرافی - رایانه‌ای مزیت‌هایی را نسبت به شیوه‌های آنالوگ دارا خواهد بود. از مهم‌ترین پیامدهای جدید می‌توان به موارد ذیل اشاره نمود:<sup>۱</sup>

- ایجاد بانکهای اطلاعاتی
- استفاده‌های چند منظوره
- شراکت اطلاعات در بین کاربران
- امکان ترکیب داده‌ها از منابع مختلف
- امکان تبدیل داده‌ها در فرمت‌های مختلف
- تجسم مشاهدات به صورت واقعی‌تر

در اغلب موارد کارتوگرافی رایانه‌ای با صرف وقت کم و هزینه اندک، از طریق مدل‌های ایجاد شده کمک بسیار مؤثری در مطالعات جغرافیای طبیعی محسوب می‌گردد (مدیری، ۱۳۸۰). باید یادآور شد در حال حاضر، خروجی نهایی خیلی از نرم‌افزارهای مورد کاربرد در فناوری‌های مطرح نظیر فتوگرامتری<sup>۲</sup> سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی<sup>۳</sup> و یا سنجش از دور<sup>۴</sup> با مدل‌های کارتوگرافیک همراه گردیده است.

فناوری سنجش از دور - فناوری سنجش از دور در چندین دهه گذشته انقلاب عظیمی در نحوه مشاهده، پردازش، نمایش و مدیریت داده‌های مربوط به محیط‌های طبیعی ایجاد نموده است. به نظر زنده‌یاد استاد علیزاده ربیعی، سنجش از دور امکان جمع‌آوری اطلاعات روی زمین توسط سنجنده‌ها از راه دور بدون تماس فیزیکی را مهیا می‌سازد (علیزاده ۱۳۷). در یک تعریف تخصصی‌تر سنجش از دور به نحوه استفاده از تجهیزات دورسنجی، تکنیک‌ها و

1. Robinson, et els, 1995

۳. به عنوان مثال ARC/INFO

۲. به عنوان مثال PhotoMode

۴. بعنوان مثال PCI ژنوماتیک

روش‌هایی اطلاق می‌شود که از آن طریق امکان جمع‌آوری داده‌ها از سطح زمین، پردازش تصاویر رقومی و مدل‌سازی نهایی ممکن می‌گردد. به نظر بویتن و کلیور از طریق سنجش از دور پدیده‌های نامریی، مریی می‌گردند.<sup>۱</sup>

معمولاً مشاهدات از طریق اسکن نمودن سطح زمین توسط سنجنده‌هایی نظیر لندست، اسپات و ایکنوس در مقیاس‌ها و با تفکیک‌های متفاوت و در باندهای الکترومغناطیک مختلف حاصل می‌آید (نمودار ۳) نتیجه نهایی به صورت انواع تصاویر و داده‌های رقومی ذخیره می‌گردد که با مکان‌ها، پدیده‌ها، فرایندها و چشم‌اندازهای جغرافیایی سر و کار دارند. در حال حاضر، داده‌های حاصل از فناوری سنجش از دور - از منابع زمینی، آبی و جوئی - در جنبه‌های متفاوتی مانند مدیریت حوضه‌های آبریز، جنگلداری، کشاورزی، منابع خاک و مطالعه منابع آبی و اتمسفری کاربرد یافته است. بنابراین، این فناوری نقشی بس حیاتی در روند پیشبرد تحقیقات جغرافیای طبیعی نیز ایفا می‌نماید، به ویژه اگر این نتایج از طریق GIS با سایر داده‌های اخذ شده تلفیق و توأمأ مدل‌سازی گردند (رسولی، ۱۳۸۰).

سیستم تعیین موقعیت جهانی GPS - هر محقق جغرافیای طبیعی که بخواهد بداند کجا بوده، اکنون کجاست و به کجا می‌رود و یا تمایل داشته باشد در جهت مدیریت عملیات مکانی و زمانی خود موفق باشد، به وسیله پیشرفته‌ای مانند GPS نیازمند است. سرویس ناوبری و تعیین موقعیت ماهواره‌ای<sup>۲</sup> شامل حدود ۲۴ ماهواره است که اطلاعات مربوط به موقعیت و زمان دقیق جهانی را به کلیه نقاط زمین ارسال می‌نماید (نمودار ۴). با بهره‌گیری از گیرنده‌های GPS می‌توان طول و عرض جغرافیایی، ارتفاع نقاط، سرعت اشیای متحرک، مسیر و جهت حرکت، فاصله تا مقصد، زاویه انحراف از مسیر، فواصل نقاط مشخص از همدیگر و شمال جغرافیایی را محاسبه و در رشته‌های مختلف جغرافیای طبیعی از آن به درستی استفاده نمود (رسولی، ۱۳۸۰).

از طریق مشاهدات مستخرج از گیرنده‌های GPS شبیه‌سازی بهنگام و فعال میسر بوده و در مواردی با تلفیق نتایج حاصله با اطلاعات رسیده از سنجش از دور مکان‌های جغرافیایی به همراه پدیده‌های مربوطه مدل‌سازی می‌گردند. در حال حاضر، امکان انتقال مشاهدات کسب شده از طریق فناوری‌های یادشده به محیط GIS میسر گشته و معمولاً با تلفیق انواع اطلاعات،

طراحی مدل‌های واقعی‌تر مورد انتظار است.

صنعت GIS - سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی<sup>۱</sup> از مهم‌ترین فناوری‌هایی است که در جهت تحلیل مسایل جغرافیایی و مدل‌سازی می‌توان به آن استناد نمود (رسولی ۱۹۷۹). در حال حاضر، توسط GIS مکان‌ها و پدیده‌های جغرافیایی به تصویر کشیده می‌شوند و به صورت ایستا یا متحرک مدل‌سازی می‌گردند. به منظور تبادل تجسمی، فناوری GIS داده‌ها را در فرمت رقومی ذخیره می‌کند و امکان مدل‌سازی از انواع اطلاعات بهنگام جغرافیایی را فراهم می‌آورد. در محیط GIS‌های فعلی چهار نوع مدل مختلف و متنوع: جغرافیایی، قانونمند<sup>۲</sup>، دانش پایه<sup>۳</sup> و هدایتگر مکانی<sup>۴</sup> مندرج در جدول ۳، قابل طراحی است.

امروزه، با تجمع ویژگی‌های پدیده‌های مکانی و سری‌های زمانی مربوطه در پایگاه‌های اطلاعات در محیط GIS و قدرت نمایش سه بعدی از مدل‌های ساخته شده، جغرافی دانان تجارب بس ارزنده‌ای را تجربه می‌نمایند. آن‌ها، با استفاده از GIS نه تنها طراحی انواع مدل‌ها - نمودارها، نقشه‌ها، جدول‌ها، معادلات ریاضی - در زمانی کوتاه‌تر را ممکن می‌سازند، بلکه اخیراً امکان مشاهده مدل‌ها به صورتی پویا و بهنگام را نیز فراهم آورده‌اند<sup>۵</sup>. از این‌رو، GIS یکی از جدیدترین و امیدبخش‌ترین فناوری‌های مؤثر در تحقیقات علمی در سال‌های آتی خواهد بود، چراکه متخصصان این صنعت در جهت حل مشکلات دنیای واقعی - از نظر مسائل جغرافیای طبیعی - راه‌کارها و مدل‌های متنوعی را مطرح نموده‌اند (رسولی، ۱۹۸۰).

باید اذعان نمود، در صورت فراهم‌بودن انواع فناوری‌های موردنیاز در حدی متعادل، هر جغرافی‌دان طبیعی فرصت‌های بس ارزنده‌ای را در جهت مطالعه انواع پدیده‌های پیچیده محیطی، عملکرد و اثرهای آن‌ها در محدوده‌های نسبتاً وسیع جغرافیایی مغتنم خواهد شمرد. به هنگام بودن، دقت زیاد و سرعت عمل از مهم‌ترین مزیت‌های نگرش‌های جدید در روند مدل‌سازی به شمار می‌رود.

## ۶- انتظارات جدید

در چندین سال گذشته، مهم‌ترین بحث جوامع جغرافیایی دنیا در چهارچوب مباحث

1. Geographic Information Systems به اختصار GPS

2. Rule based

4. Inductival-spatial

3. Knowledge-based

5. Langran, 1993

## Archive of SID

مربوط به تحمیل چشم‌اندازهای نامطلوب بر محیط‌های طبیعی بوده است. ظهور تغییرات بسیار چشمگیر منفی در قلمروهای جغرافیایی غیرقابل انکار می‌نماید. به اثبات رسیده است که در قلمرو اتمسفر، تغییرات فاجعه بار اختلالات لایه اوزون نزول باران‌های اسیدی و افزایش دمای کره زمین به همراه تغییراتی در اقلیم خیلی از مناطق جغرافیایی، از مهم‌ترین مسایل بوده‌اند. در حیطه هیدروسفر، وقوع سیلابهای غیرمعمول در سرتاسر جهان، بالا آمدن سطح آب اقیانوس‌ها و تغییرات کیفی آب‌ها، از مهم‌ترین دغدغه‌های دانشمندان بوده است. در سطح تماس (اینترفاس) میزان فرسایش خاک به حد بسیار بالایی رسیده است. و در همین ارتباط چشم‌اندازهای طبیعی از طریق کاربری‌های غیرمنطقی در معرض خطرات بسیار جدی قرار گرفته است. در قلمرو بیوسفر هم، تخریب جنگل‌ها و مراتع، تحمیل انواع آلودگی‌ها بر محیط‌های زیستی، گسترش صحاری، نابودی خیلی از رده‌های جانوری و رشد انفجارآمیز جمعیت جهان از جمله پدیده‌هایی می‌باشند که اساس حیات در سرتاسر کره زمین را به مخاطره انداخته‌اند.

طبق نظر استاد محترم دکتر پاپلی یزدی (۱۳۷۴، صفحه ۱۳): «افزایش سریع جمعیت توسعه صنعتی، کشاورزی ایران، تخریب شدید محیط زیست و آلودگی محیطی را به همراه داشته است. ایران، از نظر فرسایش خاک جزو اولین کشورهای جهان است. از یک صدسال پیش تاکنون، ایران از نظر تخریب جنگل در مقام‌های اول و جزو کشورهای صدرنشین جهان بوده است».

مثال بارز دیگر: در فصل مشترک همه قلمروهای موردعلاقه جغرافی دانان ملی، در چند سال اخیر پدیده خشکسالی با خزشی آرام ولی با تحمیل تأثیرات عمیق و مخرب گونه خود، باعث از هم‌پاشیدگی سیستم‌های اکولوژیکی - بیولوژیکی و اقتصاد بومی در سرتاسر سرزمین ایران، به ویژه در جنوب، مرکز و شرق کشورمان گشته است. برآورد شده است که در طول چند سال گذشته در ایران خشکسالی پیامدهای فاجعه‌آمیزی در برداشته است. چراکه:

■ ۱۸ استان کشور تحت تأثیر این پدیده بوده و حدود ۱۲ میلیون از جمعیت ساکن در روستاها و شهرها از کمبود آب رنج برده‌اند.

■ احتمال می‌رود خسارت خشکسالی حدود ۱/۷ میلیارد دلار بوده است.

■ چندین دریاچه واقع در مناطق جنوب، مرکز و جنوب شرقی و حتی برخی از دریاچه‌های دایمی واقع در شمال غرب ایران خشک شده‌اند.

*Archive of SID*

■ اکثر رودخانه‌ها و چشمه‌ها در مناطق تحت سیطره خشکسالی، خشک و یا بسیار کم‌آب شده‌اند.

■ در حدود ۲/۸ میلیون تن محصول گندم و حدود ۲۸۰ هزار تن محصول جو آسیب دیده است.

■ تخمین زده شده است که حدود ۸۰۰ هزار رأس دام از بین رفته است.

به نظر می‌رسد در صد سال گذشته این شدیدترین خشکسالی در ابعاد اقلیمی، هیدرولوژیکی، کشاورزی و اقتصادی بوده است که کشورمان با آن مواجه شده است (رسولی، ۱۳۷۹)، در چنین شرایط بحرانی، در حیطه مطالعاتی جغرافیای طبیعی، دیگر نمی‌توان به طور کامل بر شیوه‌های کلاسیک تکیه کرد و بر اساس آن‌ها مشاهداتی را جمع‌آوری و مدل‌سازی نمود، بلکه باید با مدیریت علمی چنین پدیده‌های مخرب محیطی، آسیب‌های واردشده به قلمروهای طبیعی - انسانی را به حداقل رساند.

از دیرباز جغرافی دانان کشورمان با تأکید بر اهمیت خصوصیات محیط‌های طبیعی، طیف وسیعی از موضوعات مربوطه را مطالعه کرده و کوشیده‌اند با توجه به فرآیندهای مداخله‌گر الگوهای موردنظر خود را تشریح کنند. اما اکنون نظر به اوضاع خاص کره زمین، جغرافی دانان جهان با استفاده از فناوری‌های جدید امکان یافته‌اند مکان‌ها، پدیده‌ها و حوادث با مقیاس‌های متفاوت را به طور زنده زیر نظر دارند و ارزیابی نمایند. در این زمینه مشاهده به هنگام و پویای پدیده‌ها موجب می‌گردد تا مسایل منطقی‌تر تحلیل شود و مدل‌هایی واقعی‌تر حاصل آید.

انتظار بر این است که جغرافی دانان سرزمین ایران نیز، براساس تخصص‌های ویژه خود، موضوعات قلمروهای محیطی را جامع‌تر، وسیع‌تر و بهنگام مشاهده کنند و نتایج را به طور دقیق تحلیل و مدل‌سازی نمایند. آنها از نظر شیوه‌های مدل‌سازی و یا درک نیازهای اساسی کشور و یا قبول مسئولیت کار گروهی باید بکوشند اولاً، مفاهیم علمی موجود مرتبط با سیاست‌های توسعه پایدار در قلمروهای محیطی را ساماندهی کنند. ثانیاً از رهاوردهای تکنولوژیک عصر ارتباطات به طور اصولی بهره‌گیری و با توجه به حیطه کاری خود مشاهدات جمع‌آوری شده را در پایگاه‌های اطلاعاتی متمرکز نمایند؛ ثالثاً، در صورت مساعدت سازمان‌های دولتی و مراکز دانشگاهی، بحث اتوماسیون را تجربه کنند و از انقلاب الکترونیک به شایستگی بهره‌گیرند. در فرآیند مدل‌سازی بهینه، ضرورت دارد هر محقق جغرافیای طبیعی به سؤالات مندرج در نمودار شماتیکی شماره ۵ پاسخ‌های مناسب خود را عرضه نماید.

## ۷- نتیجه‌گیری و ارائه پیشنهاد

در حال حاضر اغلب جغرافی‌دانان طبیعی جهان می‌کوشند با تکیه بر مشاهدات جمع‌آوری شده:

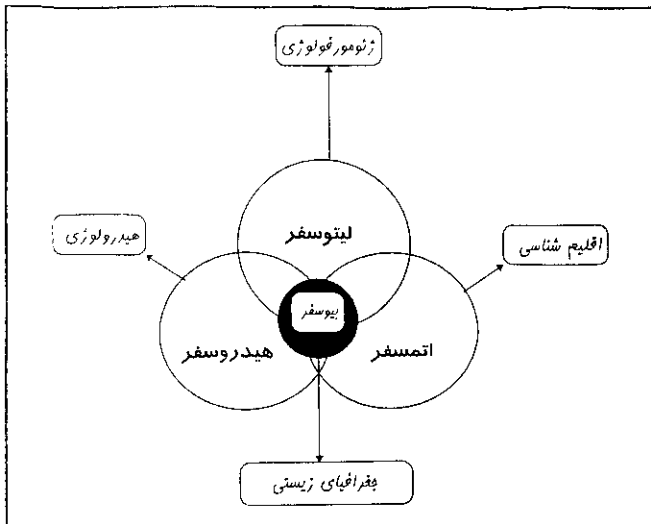
- o اتفاقات گذشته در قلمروهای جغرافیای طبیعی را بازسازی،
- e وضع موجود را توصیف و تشریح و
- Q حوادث آتی را شبیه‌سازی و پیش‌بینی نمایند.

این سه وظیفه اصلی و عمده محققان در اغلب موارد فقط با به کارگیری فناوری‌های مناسب و تکیه بر کاربرد انواع روش‌های مدل‌سازی امکان‌پذیر می‌گردد. بنابراین در آینده‌ای بسیار نزدیک، جغرافیای طبیعی نه تنها می‌تواند به عنوان علم مدیریت بهینه منابع زمینی تلقی گردد، بلکه از جایگاه فناوری - به منظور ایجاد توسعه پایدار در عرصه‌های طبیعی و انسانی مستقر در قلمروهای زیست محیطی نقش ارزشمندی ایفا کند.

بدون شک، کسب اطلاعات کامل‌تر و دقیق‌تر از حیطه مطالعات جغرافیایی به کمک فناوری جدید باعث بهبود مدل‌هایی خواهد شد که در واقع قلمروهای محیطی را، واضح‌تر به تصویر می‌کشند. مدل‌ها نه تنها وضع موجود را توصیف می‌نمایند، بلکه امکان پیش‌بینی حوادث آتی را نیز مهیا می‌سازند. مدل‌ها و پیش‌بینی‌های برآوردشده مادام که توسط متخصصان سایر رشته‌ها و تصمیم‌گیرندگان حمایت نشوند، از ضمانت اجرایی برخوردار نخواهند بود و بنابراین هیچ جغرافی‌دانی کاربردهای مؤثری را تجربه نخواهد کرد. شاید بتوان با توجه به موارد زیر، مقبولیت یک مدل جغرافیایی را تضمین نمود:

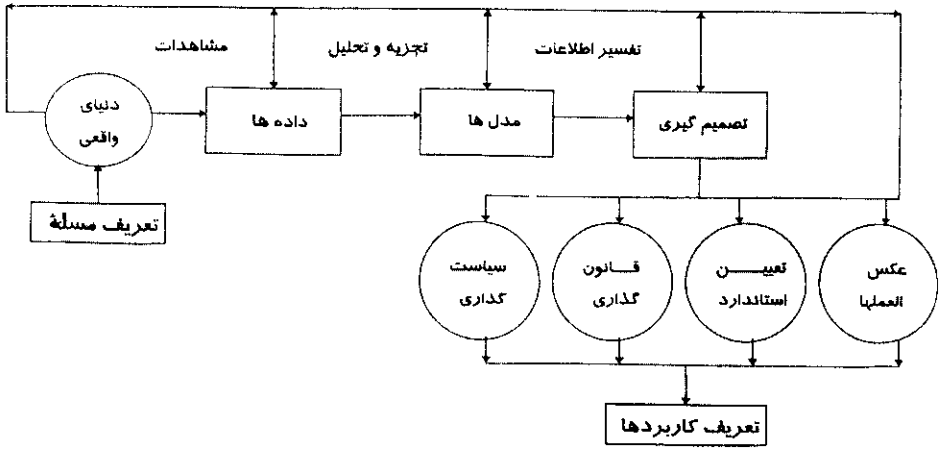
- هر مدل جغرافیای طبیعی باید دقیق و قابل اعتماد باشد و شباهت زیادی با واقعیت‌ها داشته باشد.
- بین واقعیت‌های مطرح شده در مدل و افراد مخاطب باید رابطه‌ای متعادل ایجاد گردد.
- خصوصیات ظاهری مدل باید بیانگر میزان اطلاعات گنجانده شده در آن باشد.
- انگیزه‌های نمایشی مدل همواره باید مد نظر قرار گیرد.
- شاخص هزینه‌ها در طراحی یک مدل از عوامل اساسی محسوب می‌گردد.
- هر جغرافی‌دان طبیعی باید مهارت‌های فنی کافی در ساختار مدل را کسب نماید.
- در جهت طراحی مدل‌ها در حد مطلوب باید از فناوری موجود بهره گرفته شود.
- مدل‌های نهایی باید ساختاری سیستماتیک، پویا و به هنگام داشته باشند.

امروزه، در خیلی از مناطق کشور عزیزمان ایران، فعالیت‌های مخرب بشر به قدری متنوع و پیچیده گشته که حداقل در مقیاس محلی جغرافی دانان شاهد تأثیرات منفی بر جای گذاشته شده هستند. این مصایب با اثرات فاجعه آمیز سایر حوادث طبیعی - مانند تخریب سریع منابع طبیعی (نظیر از بین رفتن جنگل‌ها و فرسایش بی سابقه خاک) و وقوع سیلاب‌ها (به عنوان مثال حوادث اخیر در استان‌های گلستان، خراسان و شمال کشور)، استمرار خشکسالی‌های چند سال اخیر (به ویژه در جنوب و شرق) همراه گشته و باعث تحمیل فجایع در سطح ملی شده است. حال این نگرش که هر جغرافی دان طبیعی از نظر علمی متعهد است که مواظب تنها سرزمین خود بوده و آن را در روند زمان تحویل نسل‌های بعدی دهد مصداق عینی پیدا کرده است. اگر در گذشته هدف اصلی بسیاری از محققان تنها کسب شناختی اصولی از چگونگی کار قلمروهای جغرافیایی و توجیه ماهیت پدیده‌ها بوده است، امروزه به نظر می‌رسد حداقل یکی از وظایف اصلی جغرافی دانان طبیعی این است که از طریق ایجاد مدل‌های پویا، به هنگام و کاربردی، رسالت علمی خود را همچنان استمرار بخشند.



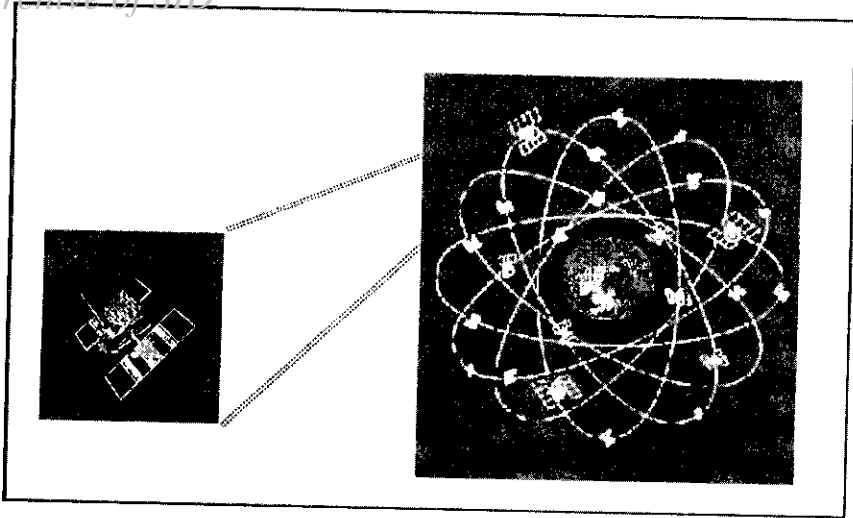


تأثیرات متقابل

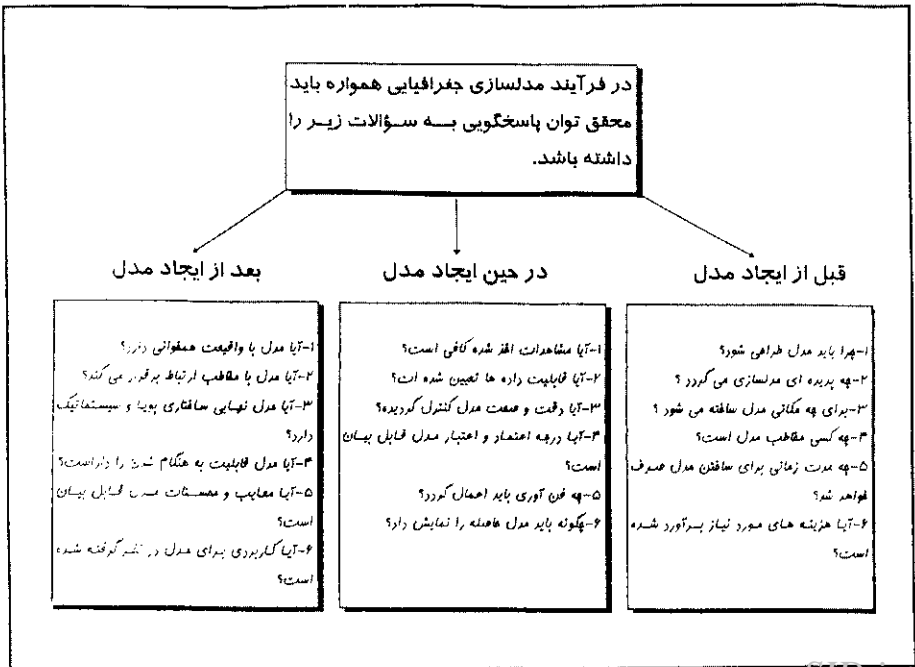


نمودار ۲ اهداف اساسی در مطالعات رشته جغرافیای طبیعی





نمودار ۴ ماهواره‌های GPS در حال چرخش به دور کره زمین



## Archive of SID

جدول ۱ بعضی از موضوعات تحت مطالعه جغرافیای طبیعی

مطالعه بعد مکانی	مطالعه صفات مکانی	مطالعه تغییرات زمانی	مطالعه بعد زمان
سیستم مختصات	یک متغیر در یک	یک متغیر در بعد زمان	یک متغیر زمانی در سطحی و مکان
جغرافیایی	مکان خاص	دو متغیر در بعد زمان	چند متغیر زمانی در گسترده
موقعیت نسبی مکان‌ها	چند متغیر در یک	چند متغیر در بعد زمان	چند متغیر زمانی در سطحی گسترده
تعادل، تقابل،	یک متغیر در سطح	چند متغیر توأم در بعد	تغییرات دو یا چند متغیر نسبت
و وحدت داخلی ساختارها	مکانی گسترده	زمان	به هم در سطحی گسترده
توصیف خصوصیات داخلی	چند متغیره توأم در	خود همبستگی‌ها، روند	همبستگی‌ها و اثرهای متقابل
	سطح مکانی گسترده	و نوسان‌ها	بدیده‌ها و فرآیندها

جدول ۲ انواع مدل‌های مورد نیاز در مطالعات طبیعی

انواع مدل‌ها	مثال موردی
ذهنی	تجسم ویژگی‌های یک مکان جغرافیایی
بیانی	توصیف شفاهی خصوصیات یک حوضه آبریز
نویسناری	توصیف کتبی ویژگی‌های یک عارضه توپوگرافی
نموداری	نمایش گرافیکی مقادیر بارش سالانه به ازای زمان
نقشه‌ها	طراحی خصوصیات توپوگرافیک یک منطقه
عکس	عکسی از بدیده لغزش دامنه
اسلاید	اسلایدهای تهیه شده از انواع مناظر
فیلم	نمایش وقوع سیلاب به همراه عملکرد آن
عکس‌های هوایی	نمایش واقعی یک مکان جغرافیایی (سیاه - سفید و رنگی)
تصاویر رفرمی	داده‌های ماهواره‌ای لندست، اسپات و ایگنوس
جداول	ارائه اطلاعات طبقه‌بندی شده بارش یک ایستگاه
آمار	توصیف کمی و تحلیل علی یک و یا چند متغیر اقلیمی
احتمالات	برآورد و پیشگویی احتمال وقوع حوادث در آینده
سری‌های زمانی	توصیف و بیانی بین مشاهده‌ها به ازای زمان
ریاضی	بیان دقیق روابط بین فرآیندها از طریق معادلات
شبیه‌سازی شده	تهیه مدل‌های بارش و رواناب در محیط رایانه
سناریو نویسی	نمایش و تداعی نحوه گرم شدن کره زمین در مطالعه اثر گلخانه‌ای با افزایش میزان گاز کربنیک
فیزیکی	کره جغرافیایی و یا ماکت طراحی شده یک شهر
بیوفیزیکی	مرتبط نمودن کمی داده‌های سنجش از دور به بدیده‌های محیط‌های فیزیکی - زنده سطح زمین
	در جهت برآورد میزان محصولات کشاورزی
آزمایشگاهی	طراحی تاسیسات مکانیکی در نحوه محاسبه فرایند فرسایش، میزان رسوب از نظر سازوکار
به هنگام و یوبا	اخذ به هنگام داده‌ها، پردازش، مانیتورینگ و نمایش بدیده‌های جوی از طریق رادارهای داپلر
	نسل جدید، سنجنده‌های تله‌متریک هیدرواقلمی و تصاویر ماهواره‌ای
توکیمی	تلفیق اصولی و منطقی همه مدل‌های ذکر شده توسط سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی (GIS)

جدول ۳ انواع مدل‌های مورد نظر در محیط GIS

نوع مدل	خصوصیات مدل
جغرافیایی	... داده‌های موجود در پایگاه اطلاعات برحسب مکان‌های جغرافیایی توصیف می‌گردد.
فانومند	... قوانینی به منظور توزین و ارزشیابی سری داده‌های نگه‌داری شده در پایگاه اطلاعات جغرافیایی نوشته می‌شوند.
دانش پایه	... معادلات و همبستگی‌های طراحی شده در خارج از محیط GIS، برای ارزیابی داده‌های واقع در پایگاه اطلاعات جغرافیایی اعمال می‌شوند.
هدایتگر مکانی	... همبستگی‌های موجود در بین سری داده‌های ذخیره شده در پایگاه اطلاعات جغرافیایی آشکار می‌گردد.

## منابع و مآخذ

- اکبری نژاد موسوی، سید جمال (۱۳۷۴): «ایستگاههای خودکار هواشناسی»، نیوار شماره بیست و پنجم، سازمان هواشناسی کشور
- پاپلی یزدی، محمدحسین (۱۳۶۷): «تصاویر جغرافیایی»، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، شماره ۳، سال سوم، شماره مسلسل ۱۱.
- پاپلی یزدی، محمدحسین (۱۳۷۴): «اهمیت مسأله محیط زیست»، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، شماره ۱، سال دهم، شماره مسلسل ۳۶.
- رحیمیان مشهدی، حمید - محمد بنایان اول، محمد (۱۳۶۹): «مدلسازی کامپیوتری و کشاورزی»، نیوار، شماره پنجم تا هشتم، سازمان هواشناسی کشور.
- رسولی، علی اکبر، (۱۳۷۹): «اثرات خشکسالی در ایران، رسانش، گاهنامه دانشکده علوم انسانی و اجتماعی دانشگاه تبریز.
- رسولی، علی اکبر، (۱۳۷۹): «متخصصین صنعت GIS»، نشریه سپهر، دوره نهم، شماره ۳۳.
- رسولی، علی اکبر، (۱۳۸۰): کارگاه آموزشی GPS، دانشگاه تبریز ۲۹ و ۳۰ آذرماه ۱۳۸۰.
- رسولی، علی اکبر، (۱۳۸۰): «کاربرد GPS در مدیریت شهرها»، مجله شهرنگار، شماره ۱۷.
- رسولی، علی اکبر، (۱۳۸۰): «مدل سازی از عناصر اقلیمی شمالغرب کشور، پیش بینی مقادیر درجه حرارت ماهانه شهر تبریز به روش مدل آرما»، ارسال به مجله نیوار - شماره آتی.
- گنجی، محمدحسن (۱۳۷۱): «پیرامون تعاریف جغرافیایی»، رشد آموزش جغرافیا، شماره ۲۹.
- گنجی، محمدحسن (۱۳۷۲): «جغرافیا چیست و چه فایده دارد»، سپهر، دوره دوم، شماره ۸.
- مدیری، مهدی (۱۳۸۰): «مقدمه‌ای بر کارتوگرافی مدرن»، رشد آموزش جغرافیا، شماره ۵۹.
- هارینگ، لی لوید - جان اف لونزبری - جان دلبو فریزر، ترجمه محمد علی مولازاده، (۱۳۷۷): درآمدی بر پژوهش علمی در جغرافیا، انتشارات دانشگاه شهید چمران.

## منابع و مآخذ انگلیسی

- 1) Aspinall, R. (1998). *Use of Geographic Information Systems for landuse Interpreting Land - use Policy and Modelling effects of Land - use Change*. In *Landscape Ecology and GIS*, edited by R.H. Young, D.R. Green and S. Cousins. Taylor & Francis, UK.
- 2) Box, G. E. P. and G.M. Jenkins (1976). *Time Series Analysis: Forecasting and Control*, rev ed., San Francisco, Holden-Day, USA.
- 3) Bradshaw, M. and B. Weaver (1993). *Physical Geography - An Introduction to Earth Environment* Mosby, USA.
- 4) Briggs, D. and P. Smithson. (1986). *fundamentals of physical Geography*. Rowman & Littlefield Publishers. UK.
- 5) Buiten, H.J. and Clevers, J.G.R.W. (1993). *Land Observation By Remote Sensing theory and Applications*. Goddon and Breach Science Publishers.
- 6) Gabler, R.E. and R.J. Sager and D.L. Wise (1994). *Essentials of Physical Geography*. Harcourt Brace College Publishers. USA.
- 7) Hansen, J.R. and Ruedy, J. (1999). *Analysis of Surface Temperature Change*. Provided from Internet. NASA. GISS Programs.
- 8) Langran, G. (1993). *Time in Geographic Information Systems*. Taylor & Francis, UK.
- 9) Pankratz, A. (1991). *Forecasting With Dynamic Regression Models*. John Wiley & Sons, New York, USA.
- 10) Pole, A. M. West. and J. Harrion. (1994). *Applied Bayesian Forecasting and Time Series Analysis*. Chapman & Hall, Melbourne, Australia.
- 11) Robinson, A.H. and J.L. Morrisin, P.c. Muehrche, A.L. Kimerling, S,c, Guptill (1995). *Elements of Cartography, Sixth Edition*, New York, USA.
- 12) Strahler, A.N. and Alan, H. Strahler. (1987). *Modern Physical Geography*. Wiley. USA.
- 13) Wallen, R.N. (1992). *Introduction to physical Geography*. WCB.C. Brown Publishers. USA.