مجله برنامه و بودجه، شمارهٔ ۸، ص. ۹۳-۱۱۴.

نظری بر تعاریف و مفاهیم سیستمهای اطلاعات جغرافیایی*

نویسنده: دی. جی. ماگویر
مترجم: اکبر حکمت*

چکیده

امروزه، سیستمهای اطلاعات جغرافیایی، توجه جهانیان را به خود معطوف داشته است. روند تکاملی اخیر و رشد سریع این تکنولوژی، به ویژه تجارتی شدن آن، باعث گردیده است که نتوان به تعریف روشنی برای چنین سیستمهایی دست یافت. در این مقاله، کوشیده‌ایم که تعریفی قابل قبول براساس مبانی کاربردی این سیستمها عرضه نماییم. اصطلاح سیستمهای اطلاعات جغرافیایی، به کاربرد تکنولوژی کامپیوتر در زمینه ترکیب سیستمهای اطلاعاتی گفته می‌شود که به عنوان موضوع جدیدی تلقی می‌گردد. برآورد ابعاد و اهمیت این تکنیک حاکی از آن است که با سرعت چشمگیری در بازارهای ملی و جهانی رسوخ پیدا کرده است. سیستمهای اطلاعات جغرافیایی بر سه محور مهم، نقشه، پایگاه اطلاعات و تحلیل مکانی استوار است و از سه فرایند تهیه فهرست منابع، تحلیل، و در نهایت، فعالیتهای مدیریتی تشکیل می‌گردد.

مقدمه

اصطلاح *سیستمهای اطلاعات جغرافیایی*[1]، به اطلاعات جغرافیایی که در آنها از تکنولوژی

---

* D.J. Maguire (1991). An Overview and Definition of GIS. in *Geographical Information Systems. pp. 9-20.*

*کارشناس دفتر کاربرد اطلاعات جغرافیایی سازمان برنامه و بودجه

1. Geographical Information Systems = Geographic Information Systems (GIS)

کامپیوتر استفاده شده، اطلاق می‌گردد. در چنین سیستمهایی، ترکیب داده‌ها متناسب با کاربرد آنهاست و به تازگی به عنوان رشته‌ای جدید نظر جهانیان را به خود معطوف داشته است. به دلایل مختلف، تعریف و توصیف سیستمهای اطلاعات جغرافیایی دشوارتر از آن است که تصور می‌شود. از این رو، در مورد پیدایش و مفهوم این اصطلاح، اختلاف نظر وجود دارد. شاید دلیل چنین اختلاف نظرهایی ناشی از جدید بودن موضوع باشد.

طی ۳۰ سال گذشته، در زمینه‌های مختلف تئوری، تکنیک و ساختار این سیستمها به میزان چشمگیری پژوهش صورت گرفته است و طی پنج سال گذشته این فعالیتها به اوج خود رسیده است (البته این گسترش در زمینه تحلیل و مفهوم این سیستمها نبوده است). فعالیتهای تجاری در این زمینه مبالغه‌آمیز و بیشتر بیانی بوده است تا عملی و در این راستا رشد سریع و قارچ گونه سیستمهای جدید کامپیوتری در مورد سیستمهای اطلاعات جغرافیایی وجود داشته که برخی از آنها توانسته‌اند بازارهایی را به خود اختصاص دهند.

در چنین وضعیتی، شمار قابل ملاحظه‌ای از شرکتهای مشاوره‌ای به وجود آمده‌اند و متأسفانه برخی از آنها مشاوره‌های ضد و نقیضی را در مورد سیستمهای اطلاعات جغرافیایی ارائه نموده‌اند. البته باید اذعان داشت که هر موضوع یا دیدگاهی که در برگیرندهٔ گروههای مختلفی از استفاده کنندگان باشد، به یقین، مشکلاتی را در معرفی به وجود خواهد آورد. همچنین از آنجا که حوزه کاربرد این سیستمها بسیار وسیع است (در زمینه‌های مختلف کشاورزی، محاسبات، اقتصاد، ریاضیات، فتوگرامتری، کارتوگرافی، جانورشناسی و البته جغرافیایی)، به طور اجتناب‌ناپذیری دشوار است که ادعاهای ضد و نقیض سازمانها و افراد گوناگونی را باز شناخت که همگی آنها آرزوی داشتن نمایندگی در رشته‌ای پرشور و سودآور را در سر می‌پرورانند.

همچنین دشوار است که تعریفی از سیستمهای اطلاعات جغرافیایی را بیان نمود، زیرا تعریفها و تقسیم‌بندیهای متعددی در مورد موضوعها و هدفهای مختلف مطرح می‌باشد.

نکته قابل توجه دیگر اینکه نه فقط موضوعهای مختلف بلکه روشهای متعددی نیز در تکمیل و تقسیم‌بندی این سیستمها به کار گرفته شده است که طبقه‌بندی براساس دستورالعملهای اجرایی، رایجترین آنهاست. طبقه‌بندیهای دیگری براساس پیدایش، قیمت، اندازه، محل قرارگرفتن، کاربرد و مدل اطلاعات نیز وجود دارد (Clarke, 1986a).

دلیل نهایی در مورد مشکلات موجود در تعریف و تفسیر سیستمهای اطلاعات جغرافیایی،

مربوط به فعالیتهای جاری در این زمینه است که در مواردی از نظر علمی جای بحث دارد.

بعضی از افراد بر این باورند که نرم‌افزار و سخت‌افزار مهمترین بخشهای هر سیستم اطلاعات جغرافیایی است، در حالی که عده‌ای دیگر اطلاعات و فرایند اطلاعات را عناصر اصلی می‌دانند و کسانی نیز تنها کاربرد این سیستمها را حایز اهمیت می‌دانند. چنین بینشهایی تا زمانی که به طور دقیق مورد بررسی قرار نگیرد، تنها باعث کدورت ذهنها می‌گردد. شرکتهای خصوصی و سازمانهایی که با سیستمهای اطلاعات جغرافیایی سر و کار دارند، به جای اینکه روی سیستمهای قدیمی تبحر پیدا کنند، به سیستمها و روشهای نوین روی آورده و مشکلات جدیدی را پدید می‌آورند.

با توجه به روند تکاملی موجود در سیستمهای اطلاعات جغرافیایی، تلاش در جهت روشن‌کردن اینکه این سیستمها تا چه حد به سیستمهای اطلاعاتی دیگر مرتبط خواهند بود، ضروری به نظر می‌رسد. در این قسمت، هدف ما، ارائه مفهوم سیستمهای اطلاعات جغرافیایی و نهادهای بنیادین استفاده‌های مختلف از این سیستمهاست که ضمن بررسی ارتباط سیستمهای اطلاعاتی دیگر با چنین سیستمهایی، به دیدگاههای کارتوگرافیک، پایگاه اطلاعاتی و تحلیل مکانی و سپس مسائل اقتصادی و عناصر اصلی آن توجه نموده‌ایم. در پایان، به طور خلاصه، به کاربردهای مهم این سیستمها اشاره می‌کنیم، و در نهایت، نتایج حاصل از این مقاله را برمی‌شماریم.

تعریفی از سیستمهای اطلاعات جغرافیایی

سیستمهای اطلاعات جغرافیایی، به طور کلی، به سیستمهای اطلاعاتی که بر موارد ویژه‌ای تأکید دارند، گفته می‌شود. در این سیستمها داده‌ها به صورت علایم و نشانه‌ها برای پدیده‌های مختلف در نظر گرفته می‌شود و ارزش اطلاعاتی این سیستم به روزآمد بودن، بجا بودن (مربوط بودن)، هزینهٔ گردآوری، ذخیره، تکمیل، اصلاح، ارائه و نمایش آنها بستگی دارد.

امروزه اطلاعات متاعی است با ارزش، کالایی که می‌تواند با قیمت گزاف خریداری یا فروخته شود (Openshow & Goddard, 1987). اطلاعات و انتقال اطلاعات یکی از کلیدهای فرایند توسعه و از ویژگیهای جوامع امروزی است.

براین اساس، دو نوع سیستم اطلاعاتی تعریف شده است که عبارتند از: سیستمهای فرایند

اداری و سیستمهای کمک به تصمیمگیری و سیاستگذاری. در سیستمهای فرایند اداری، تکیه بر ثبت و اصلاح و دستکاری اطلاعات است. برای مثال، می‌توان به سیستمهای ذخیره بلیط خطوط هوایی و کارهای روزمرهٔ بانکها اشاره نمود. چنین سیستمهایی، اعم از اینکه پیوسته[1] یا دسته[2] باشند، می‌توانند روزآمد شوند و طی دستورالعمل مشخصی تعریف گردند. در سیستمهای کمک به تصمیمگیری و سیاستگذاری، تأکید بر اصلاح (دستکاری)، تحلیل، و به ویژه، مدل‌سازی اطلاعات در جهت کمک به مدیریت شرکتها، سیاستگذاران و مقامات رسمی دولت می‌باشد. چنین سیستمهایی (کمک به تصمیمگیری و سیاستگذاری) به منظور حل مسائل تاکتیکی و جنگی و همچنین مسائل بازاریابی به کار گرفته شده‌اند. از ویژگیهای این سیستمها، اصلاح و انعطاف‌پذیری آنهاست.

هر سیستم اطلاعاتی، تعداد زیادی از اطلاعات عمومی و مهم را شامل می‌شود که باید به نحوی سازماندهی شوند که پس از بازیابی مورد استفاده قرار گیرند. همچنین برای دسترسی به اطلاعات باید آنها را به دقت طبقه‌بندی نمایند و به طوری طراحی شوند که چه از نظر تکنولوژی و چه از نظر اطلاعاتی، متناسب با زمان قابل گسترش و نیز قابل تعمیر و نگهداری باشند. همچنین نیروی تخصصی و استفاده کنندگان باید از نظر علمی آموزش داده شوند.

در واقع، سیستمهای اطلاعات جغرافیایی شامل روشهای سنتی (دستی) و روشهای کامپیوتری است، ولی عملاً تمام این سیستمها کامپیوتری هستند.

در زیر، تعریفهایی از سیستمهای اطلاعات جغرافیایی انتخاب شده است که عبارتند از:

- سیستم اطلاعات جغرافیایی، عبارت است از گردآوری، ذخیره، کنترل، اصلاح، تحلیل و نمایش اطلاعات براساس موقعیت مکانی پدیده‌ها روی زمین (DOE, 1987).
- سیستم اطلاعات جغرافیایی به روشها و دستورالعملهای سنتی یا کامپیوتری که در جهت ذخیره کردن و اصلاح اطلاعات باشد، اطلاق می‌گردد (Aronoff, 1989).
- ایجاد تشکیلاتی که در آن ساختار سازمان یافته‌ای از تلفیق پایگاه اطلاعاتی، تکنولوژی، تخصص و کمکهای مالی مداوم فراهم باشد (Carter, 1989).
- تکنولوژی اطلاعاتی که بتواند داده‌ها را، اعم از مکانی و غیرمکانی، ذخیره کند، تحلیل نماید

1. On-Line
2. Batch

و آنها را نمایش دهد (Parker, 1989).

● مورد خاصی از سیستمهای اطلاعاتی که شامل پایگاه داده‌های مکانی پدیده‌ها و تغییرات آنهاست و به شکل نقطه، خط و سطح به تصویر کشیده شوند. این سیستمها برخوردار از قابلیت اصلاح، به ویژه در تحلیل می‌باشند (Ducker, 1979).

● یک پایگاه اطلاعاتی که بیشتر داده‌ها در آن مکانی است و شامل مجموعه‌ای از دستورالعملها در مورد داده‌های مکانی باشد (Smith et al., 1987).

● مجموعه‌ای از دستورالعملهای خودکار که برخوردار از تکنولوژی پیشرفته و تخصص لازم در جهت ذخیره، بازیابی، اصلاح و نمایش اطلاعات جغرافیایی باشند (Ozemoy, Smith & Sicherman, 1981).

● مجموعه‌ای توانمند از ابزارها به منظور گردآوری، ذخیره، اصلاح، بازیابی، انتقال و نمایش اطلاعات مکانی و واقعی روی زمین (Burrough, 1986).

● سیستمی در جهت کمک به تصمیمگیری و سیاستگذاری برخوردار از قابلیت ترکیب اطلاعات مکانی و غیرمکانی در زمینه حل مسائل محیطی (Cowen, 1988).

● سیستمی پیشرفته با قابلیت ایجاد مدل زمین (مدل جغرافیایی زمین) (Koshkariov, Tikunov & Trofimov, 1989).

● نوعی از سیستم اطلاعات مدیریتی که نقشه را با اطلاعات عمومی در هم آمیخته و به نمایش گذارد (Devine & Field, 1986).

دیدگاههای متفاوتی در مورد سطح (یا جایگاه) سیستمهای اطلاعات جغرافیایی مطرح است. کسانی آن را موضوعی صرفاً فنی می‌دانند و جایگاه آن را در حد سایر موضوعهای فنی تعیین می‌کنند، در حالی که عده‌ای دیگر جایگاه آن را در حد یک تشکیلات یا سازمان می‌دانند (مورد دوم بیشتر پذیرفته شده است).

برای مثال، صاحبنظرانی از قبیل سازمان محیط زیست انگلستان آن را در حد یک موضوع صرفاً فنی قلمداد می‌نمایند، در حالی که کارتر آن را فراتر از یک موضوع فنی می‌داند و بیشتر به ابعاد کمک آن به سیاستگذاری توجه دارد.

افرادی از قبیل دیکنسون و کالکینز مدعی هستند که چنین سیستمهایی را باید از سه جهت (یا دیدگاه) مورد بررسی قرار داد که عبارتند از تکنولوژی (نرم‌افزار و سخت‌افزار)، پایگاه اطلاعاتی

(اطلاعات جغرافیایی و اطلاعات وابسته به آن) و مسائل زیربنایی (نیروی انسانی و امکانات). کارشناس دیگری به نام کاون می‌گوید که چهار ویژگی برای تعریف و تفکیک سیستمهای اطلاعاتی جغرافیایی از دیگر سیستمهای اطلاعاتی وجود دارد، که عبارتند از قابلیت فرایندی یا دستورالعملی، قابلیت کاربردی، بسته‌ابزاری و نوع پایگاه اطلاعاتی.

در مورد قابلیت فرایندی یا دستورالعملی باید گفت که این ویژگی تکیه برفرایند و نگهداری اطلاعات دارد. در مورد قابلیت کاربردی باید اشاره نمود که این سیستم برحسب موضوعها و مسائل مختلف کاربردی آن طوری که برای مثال در جدول ۱ آمده است، طراحی گردیده‌اند (برای مثال، تأمین اجتماعی، کارهای بانکی و حمل و نقل).

گفتنی است که به تازگی فروشندگان چنین سیستمهایی سعی در ارائه سیستمهای چند منظوره نموده‌اند.

ویژگی بسته‌ابزاری بر مفهوم و ماهیت این گونه سیستمها تأکید دارد و بسته‌های متعددی به منظور معرفی و قابلیت چنین سیستمهایی در دنیا فراگیر شده‌اند. این ویژگی برای فروشندگان تکنولوژی که بیشتر به فکر گسترش بازار خود هستند، مورد توجه نبوده است.

ویژگی دیگر این سیستمها نوع پایگاه اطلاعاتی است که احتمالاً به دلیل آمیختگی تئوریها و تجارب بیشتر نسبت به سایر ویژگیها تکامل یافته‌تر گشته و مورد استفاده قرار گرفته‌اند.

همان طوری که قبلاً اشاره شد، علاوه بر چهار ویژگی در این سیستمها، عده‌ای از صاحبنظران، اهمیت موضوع را در کمک به تصمیمگیری و سیاستگذاری می‌دانند و این در حالی است که متخصصان دیگری، از جمله گود چایلد و ریند با احتیاط بیشتری به عملکرد سیستمهای جغرافیایی موجود در مدیریت و کمک به تصمیمگیری می‌نگرند.

بیشتر تعریفهایی که از سیستم اطلاعات جغرافیایی شده، بسیار کلی است و موضوعها و مسائل زیادی را شامل می‌گردد. با وجود این، در تمام تعریفها، بر اطلاعات جغرافیایی متشکل از عناصر جغرافیایی (مکانها) و اطلاعات توصیفی (آماری - غیرمکانی) تأکید گردیده است.

برای روشن شدن موضوع، برای مثال، مرزهای تقسیمات کشوری، شبکهٔ رودخانه‌ها و قله‌ها پدیده‌های جغرافیایی (عناصر مکانی) هستند و به عنوان مأخذ برای مطالعات فی‌المثل بالا آمدن آب رودخانه‌ها یا در بررسی ارتفاعات مورد استفاده قرار می‌گیرند.

در سیستمهای اطلاعات جغرافیایی، عناصر جغرافیایی از اهمیت بیشتری نسبت به اطلاعات

توصیفی برخوردار است و این موضوع یکی دیگر از ویژگیهایی است که چنین سیستمهایی را از دیگر سیستمهای اطلاعاتی متمایز می‌نماید.

جدول ۱. تقسیم‌بندی انواع سیستمهای اطلاعات جغرافیایی براساس کاربرد آنها

- سیستم اطلاعات کاداستری (دقیق و تکراری)
- سیستم اطلاعات براساس تصاویر
- سیستم اطلاعات زمینی
- سیستم داده‌های زمینی
- سیستم اطلاعات جغرافیایی توجیه شده (با زمین)
- سیستم اطلاعات مدیریت منابع طبیعی
- سیستم اطلاعات بررسی بازار کالاها
- کاداستر چند منظوره (سیستم اطلاعات زمینی)
- سیستم اطلاعات برنامه‌ریزی
- سیستم اطلاعات داراییها (اموال)
- سیستم اطلاعات نوع خاک (خاکشناسی)
- سیستم اطلاعات مکانی
- سیستم کمک به تصمیمگیری با استفاده از اطلاعات مکانی
- سیستم اطلاعات شهری

اصطلاحات مکانی[1] و جغرافیایی که غالباً به صورت مترادف و برای بیان پدیده‌های جغرافیایی به کار برده شده‌اند، دارای تفاوتهایی هستند که می‌توان از تعاریف دقیق آنها به این تفاوتها پی برد.

از نظر لغوی، اصطلاح مکانی، به هر نوع اطلاعات درباره محل و وضعیت پدیده‌ها گفته می‌شود که شامل اطلاعات مهندسی، سنجش از دور و اطلاعات نقشه‌برداری است. در حالی که

1. Spatial

اصطلاح جغرافیایی تنها به اطلاعات مربوط به موقعیت پدیده‌ها در سطح زمین یا نزدیک به سطح زمین و در مقیاس و فضای واقعی دلالت دارد (Frank, 1988). همچنین اصطلاح غیرمکانی[1] نیز به عنوان اطلاعات توصیفی[2] استفاده می‌گردد.

سیستمهای اطلاعات جغرافیایی و سیستمهای اطلاعاتی دیگر

وابستگی بین سیستمهای اطلاعات جغرافیایی و طراحی به کمک کامپیوتر[3]، کارتوگرافی به کمک کامپیوتر[4]، مدیریت پایگاه اطلاعات[5]، و در نهایت، اطلاعات سنجش از دور در تبیین و تعریف این سیستمها از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است، به طوری که گاهی ادعا می‌شود سیستمهای اطلاعات جغرافیایی یک زیر مجموعه یا یک سر مجموعه از این چهار سیستم اطلاعاتی است (شکل ۱).

نیوئل و تریالت اظهار می‌دارند که این روزها تقریباً تمام سیستمهایی که بتوانند نقشه‌ها را روی صفحهٔ نمایش نشان دهند می‌توان سیستم اطلاعات جغرافیایی دانست. کلارک هر گونه فرایند داده‌های جغرافیایی به کمک کامپیوتر را سیستم اطلاعات جغرافیایی می‌پندارد. اما اشاره به هر یک از چهار سیستمی که از فصل مشترکشان سیستم اطلاعات جغرافیایی حاصل می‌گردد، ضروری است.

در طراحی اشیا از سیستمهای طراحی به کمک کامپیوتر -که در آنها از نمادهای (سمبلهای) ساده و خطوط در نشان دادن پدیده‌ها استفاده می‌شود - بهره می‌گیرند. این سیستمها فقط ارتباط مقدماتی (اولیه) با پایگاههای اطلاعاتی دارند و بر رابطهٔ فضایی نقاط و ارزشهای کمی آنها تأکید دارند.

در چنین سیستمهایی، استفاده کنندگان معمولاً قادر به اعمال نماد به طور خودکار نیستند و از قابلیت تحلیل محدودی برخوردارند.

در سیستمهای کارتوگرافی کامپیوتری، تکیه بر بازیابی، طبقه‌بندی و نشانه گذاری به طور خودکار است، و به ویژه، بر نمایش اطلاعات که بیشتر دو بُعدی هستند (نه اطلاعات توپولوژی)

1. Aspatial
2. Attribute Data
3. CAD
4. Computer Cartography
5. Database Management

تأکید دارند. این سیستمها که قابلیت وصل شدن به سیستمهای اطلاعات مدیریتی را دارند، تنها قادر به انجام عملیات سادهٔ بازیابی می‌باشند و در مجموع، می‌توان گفت که از امکانات طراحی و تولید نقشه با کیفیت بسیار عالی برخوردارند.

در مورد سیستمهای اطلاعات مدیریتی (DBMS) می‌توان گفت که تاکنون پیشرفتهای چشمگیری در زمینه نرم‌افزارهای این سیستمها، به ویژه، ذخیره و بازیابی اطلاعات غیر ترسیمی و توصیفی تحقق یافته است.

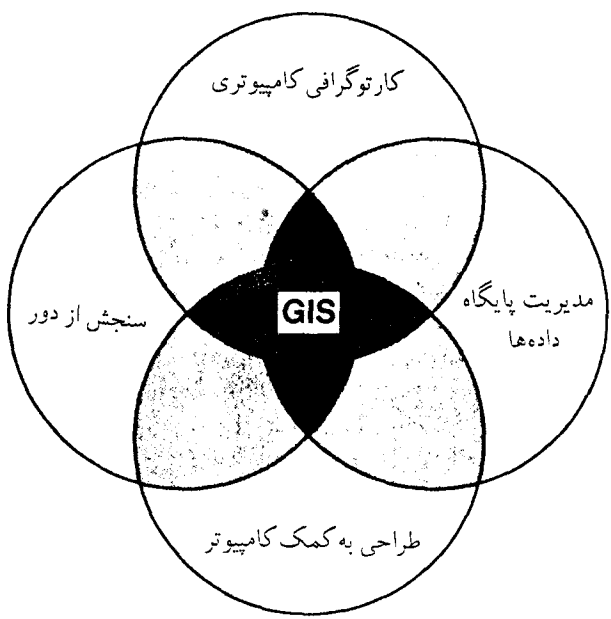
با وجود این، توان نمایشی و بازیابی اطلاعات به صورت ترسیمی محدود بوده و همچنین از قابلیت تحلیل اطلاعات، به ویژه، اطلاعات مکانی محدودی برخوردارند.

سیستمهای سنجش از دور که به منظور گردآوری، ذخیره، اصلاح و نمایش اطلاعات در قالب راستر[1] که از طریق سنجنده‌های[2] تعبیه شده روی هواپیما یا ماهواره‌ها حاصل گردیده‌اند و از قابلیت بسیار خوبی در مورد اطلاعات راستر برخوردارند، طراحی شده‌اند. با وجود این، بیشتر سیستمهای سنجش از دور، دارای محدودیت اجرای عملیات روی اطلاعات بُرداری[3] هستند و بدین روی، مناسب عملیات تحلیل شبکه‌های اطلاعاتی و تعیین خطوط و نقاط مختصات جغرافیایی که در حال حاضر سیستمهای بُرداری به نحو مطلوبی توان اجرای آن را دارند، نمی‌باشد. همچنین در این سیستمها معمولاً استفاده از اطلاعات توصیفی[4] کافی نیست و ارتباط ضعیفی با سیستمهای مدیریت اطلاعات داشته‌اند. گفتنی است که به رغم ضعف این سیستمها در تحلیل اطلاعات مکانی، باید به قابلیت بارزسازی (آشکار سازی) و طبقه‌بندی آنها اذعان داشت. از آنجا که سیستمهای سنجش از دور قبل از سیستمهای اطلاعات جغرافیایی به وجود آمده‌اند، اطلاعات این سیستمها به عنوان لایه‌هایی در سیستمهای اطلاعات جغرافیایی مورد استفاده قرار گرفته، و در نتیجه، دارای وجوه مشترکی هستند. اما باید توجه داشت که سیستمهای اطلاعات جغرافیایی دارای ابعاد دیگری هستند که در هیچ یک از سیستمهای اطلاعاتی دیگر وجود ندارد. به طوری که گودچایلد بیان می‌دارد، این سیستمها بر عملیات تحلیل مکانی که بارها تجربه شده است به عنوان یک شاخص تأکید دارد و این در حالی است که حتی در مورد سیستمهایی که برای تهیه نقشه طراحی شده‌اند، وجود نداشته است. قابلیت کاوش مکانی در مورد پدیده‌ها و روی هم انداختن

1. Raster
2. Scanner
3. Vector
4. Attribute

لایه‌های مختلف اطلاعاتی، از ویژگیهای سیستمهای اطلاعات جغرافیایی است. بنابراین، همان‌طور که در شکل ۱ مشخص گردیده است، سیستمهای اطلاعات جغرافیایی، در واقع، فصل مشترکی است از چهار سیستم اطلاعاتی دیگر.

با توجه به تأکیدی که سیستمهای اطلاعات جغرافیایی بر تحلیل اطلاعات مکانی دارند، چگونگی ارتباط و تفاوت این سیستمها با سیستمهای تحلیل آماری به صورت پرسش مطرح شده است که در این مورد، آقایان گودچایلد و انسلین توضیح قابل قبولی ارائه داده و می‌گویند: سیستمهای اطلاعات آماری موجود همانند SAS و Minitab به منظور تحلیل اطلاعات توصیفی طراحی شده‌اند، در حالی که سیستمهای اطلاعات جغرافیایی برای تحلیل اطلاعات مکانی به همراه اطلاعات توصیفی طراحی شده‌اند. در عین حال، بنا به گفته ریند، این توانمندی (تلفیق اطلاعات آماری و مکانی به طور دقیق) هنوز در سیستمهای اطلاعات جغرافیایی قابل تردید است، زیرا به دلیل ضعف فنی چنین قابلیتی به طور کامل تحقق نیافته است.



شکل ۱. ارتباط بین سیستمهای اطلاعات جغرافیایی و چهار سیستم اطلاعاتی دیگر

سه دیدگاه در مورد سیستمهای اطلاعات جغرافیایی

دیدگاههای متفاوتی دربارهٔ سیستمهای اطلاعاتی جغرافیایی مطرح گردیده‌اند که مهمترین آنها، عبارتند از دیدگاه نقشه‌ای، دیدگاه پایگاه اطلاعاتی و دیدگاه تحلیل مکانی. البته دیدگاه دیگری نیز مبتنی بر کاربرد این سیستمها مطرح بوده است که بحث در مورد آن را به مقالات دیگر موکول می‌کنیم. از دیدگاه نقشه‌ای (تهیه نقشه) می‌توان گفت که با توجه به توانمندی کارتوگرافیک این سیستمها، عملیات فرایند، نمایش و تهیه نقشه‌های راستری و تبدیل آنها به نقشه‌های برداری با کیفیت و دقت کافی فراهم گردیده است (مک هارگ، بری و تاملین). در تهیه چنین نقشه‌هایی، عامل توپوگرافی با دقت قابل قبولی با استفاده از بستهٔ نرم‌افزار ذی‌ربط در نظر گرفته می‌شود.

از دیدگاه پایگاه اطلاعاتی، ادعا بر این است که با دانش کافی در مورد توانمندی کامپیوترها می‌توان بانکهای اطلاعاتی مناسبی را برای کاربردهای متفاوت در سیستمهای اطلاعات جغرافیایی ایجاد نمود که البته از پیچیدگیهای خاص خود برخوردار است (به ویژه در مورد کاربردهای مختلف سیستمهای اطلاعات جغرافیایی).

سومین دیدگاه از سیستمهای جغرافیایی، تأکید بر اهمیت تحلیل اطلاعات مکانی دارد. در چنین دیدگاهی، به دانش و ماهیت اطلاعات در مقایسه با تکنولوژی اهمیت بیشتری داده شده است و از آنجا که سیستمهای موجود از نظر اعمال دستورالعملها با محدودیت روبه‌رو هستند، در این زمینه، تلاش بیشتری در حال تکوین است و به نظر می‌رسد که نسبت به دو دیدگاه قبلی از اهمیت بیشتری برخوردار است، زیرا همان طوری که قبلاً نیز اشاره شد، چنین قابلیتهایی است که سیستمهای اطلاعات جغرافیایی را از سیستمهای اطلاعاتی دیگر متمایز می‌سازد. دوباره یادآوری می‌شود که اگر چه اهمیت تحلیل اطلاعات مکانی کم و بیش مورد تأیید همگان قرارگرفته است، لکن تعدادی از دست اندرکاران مدعی هستند که دیدگاههای مختلف برای سیستمهای اطلاعات جغرافیایی، بستگی به کاربرد چنین سیستمهایی دارد.

مزایای سیستمهای اطلاعات جغرافیایی

دلایل متعددی در پیدایش این تکنولوژی وجود داشته که برحسب نوع و میزان استفاده از آن بسیار

متفاوتند. اما به طور کلی، می‌توان دلیل گسترش این سیستم طی دهۀ گذشته را به چهار بخش عمده تقسیم کرد که عبارتند از: کثرت اطلاعات، جغرافیایی بودن اطلاعات، کاربرد تجاری اطلاعات و کاهش قیمت کامپیوتر. کثرت و فراوانی اطلاعات در زمینه‌های مختلف فرهنگی و منابع زمینی، طی چند سال گذشته از طریق ماهواره‌های منابع زمینی، عکسبرداری هوایی و منابع اقتصادی و اجتماعی مرتبط با رشد جمعیت و بالا رفتن بازار مصرف و همچنین آمارهای خرید و فروش، و در نهایت، استفادۀ روزافزون از تکنولوژی کامپیوتر، یکی از عوامل گسترش سیستم جغرافیایی به‌شمار می‌رود. بخش اعظم این اطلاعات، چه به طور صریح و چه به طور تلویحی، در برگیرنده مآخذ و مختصات جغرافیایی بوده است. برای مثال طول و عرض جغرافیایی هر نقطه از زمین را می‌توان نوع صریح، و نام کوه، شهر یا یک واحد اداری مشخص را نوع تلویحی اطلاعات جغرافیایی دانست. در موارد بسیاری، می‌توان از اطلاعاتی که به طور تلویحی به اطلاعات جغرافیایی ارتباط دارند به اطلاعات کاملاً جغرافیایی دست یافت و با چنین توانمندی است که سیستمهای اطلاعات جغرافیایی توانسته‌اند موفقیت کسب نمایند.

کاربرد سیستمهای اطلاعات جغرافیایی از نظر تجاری بسیار موفق بوده‌اند، به طوری که طبق آخرین برآوردها، این سیستمها طی دهۀ ۱۹۹۰ در جایگاه ویژه‌ای قرار خواهند داشت (Computer Graphics World, 1989). در این مورد، دیراتک[1] مدعی است که حتی در وضع فعلی، تجارت سیستمهای اطلاعات جغرافیایی، نه تنها ارقام چشمگیری را به خود اختصاص داده‌اند (جدول ۲)، بلکه از روند صعودی نیز برخوردارند و به طوری که پیش بینی شده است، تا سال ۱۹۹۳، سالانه رشدی معادل ۳۲ درصد خواهند داشت.

گزارش دیگری، حکایت از رقم ۳۲۲ میلیون دلار هزینه در کشورهای اروپایی در سال ۱۹۸۹ دارد که بیشتر در بخشهای دولتی بوده و ۹ درصد از این هزینه‌ها مربوط به کاربرد چنین سیستمهایی در محیط زیست می‌باشد. پیش بینی می‌شود که در سال ۱۹۹۱، رقم مزبور در کشورهای اروپایی به ۵۴۶ میلیون دلار برسد. شکل ۲، بیانگر ابعاد تجارتی رو به افزایش این سیستمهاست، زیرا تا

1. Daratech

حدودی جوابگوی معضلات و مشکلات علمی در سطوح محلی، ملی، منطقه‌ای و جهانی می‌باشد. مواردی از کاربرد چنین سیستمهایی در بخش کاربرد سیستمهای اطلاعات جغرافیایی آمده است.

جدول ۲. پیش بینی بازار سیستمهای اطلاعات جغرافیایی در سال ۱۹۸۸، به میلیارد دلار

درآمد شرکتهای تهیه کننده نرم‌افزار سیستمهای اطلاعات جغرافیایی	۰/۵۲
درآمد فروش سخت‌افزار در ارتباط با سیستم اطلاعات جغرافیایی	۱/۱۰
بازار خدمات سیستمهای اطلاعات جغرافیایی	۲/۴۰

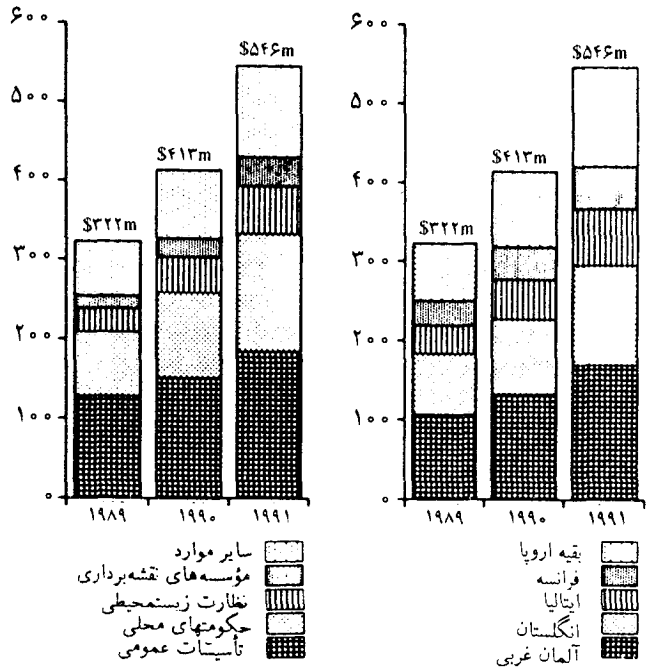
مأخذ: Computer Graphics World, 1989.

عامل مهم دیگری در مورد موفقیت روزافزون سیستمهای اطلاعات جغرافیایی، عبارت است از کاهش قیمت سخت‌افزارها و نرم‌افزارهای این سیستمها طی چند دههٔ گذشته.

با ظهور ریزپردازنده‌ها، به ویژه کامپیوترهای کوچک در سالهای اولیه دهه ۱۹۷۰، تحول چشمگیری در زمینه سیستمهای اطلاعات جغرافیایی صورت پذیرفت (Goodchild, 1991). تقریباً تمام سیستمهای اطلاعات جغرافیایی اولیه، توسط کامپیوترهای بزرگ[1] یا کوچک[2] انجام می‌گردیده است، اما اخیراً کامپیوترهای شخصی ارزانقیمت با برخورداری از امتیاز "قرار گرفتن روی میز کار" مورد استفاده قرار گرفته‌اند. در این باره آقایان چارک و کراسول برآورد کرده‌اند که طی سالهای ۱۹۷۹-۱۹۸۸، قابلیت اجرای عملیات از نظر سخت‌افزاری هشت برابر افزایش یافته است، در حالی که فضای لازم برای آنها (حجم آنها) پنج برابر کاهش داشته است.

با در نظر گرفتن روند کوچکتر، سریعتر و ارزانتر شدن میکروچیپس در دهه ۱۹۹۰، گزافه نیست بگوییم که در کشورهای توسعه یافته، تا پایان قرن حاضر، سیستمهای اطلاعات جغرافیایی هر روزه توسط هر فردی در راستای برنامه‌های کاری متفاوت مورد استفاده قرار خواهند گرفت.

1. Mainframe
2. Minicomputer



شکل ۲. روند رو به افزایش تجارت سیستمهای اطلاعات جغرافیایی

مأخذ: Smallworld Systems, 1990.

عناصر سیستمهای اطلاعات جغرافیایی

هر سیستم اطلاعات جغرافیایی، از چهار عنصر اساسی تشکیل شده است که عبارتند از: سخت‌افزار کامپیوتر، نرم‌افزار کامپیوتر، داده‌ها و نیروی تخصصی. در مورد عنصر اول، می توان گفت که به هر نوع کامپیوتر، از جدیدترین کامپیوتر شخصی تا کامپیوترهای کوچک و بزرگ با توانمندی بسیار بالا، سخت‌افزار می‌گویند که طی دهۀ ۱۹۹۰، با روندی مشخص به طرف سیستم عملیاتی یونیکس[1] پیش می‌روند. علاوه بر این، برای استاندارد کردن اطلاعات، اعم از ورودی، ذخیره و خروجی داده‌ها، صاحبنظران به تجهیزات جانبی از قبیل اسکنر،رقمی‌ساز[2]، نوار خوان و رسام[3]

1. Uinx
2. Digitizer

اشاره دارند. این روزها بحث بر سر اینکه نرم‌افزار هر سیستم اطلاعات جغرافیایی می‌بایست از چه ویژگیهایی برخوردار باشد، مطرح است. در بررسیهای سالانه‌ای که در نشریه اطلاعات جغرافیایی در جهان[۴] و نشریات دیگر به عمل آمده است، سطوح مختلفی از این سیستمها برای دستیابی به هدفهای گوناگون توصیه شده است. هر بستهٔ نرم‌افزاری از صدها برنامه و طیف وسیعی از دستورالعملها تشکیل یافته است که به رغم تفاوتهای زیاد در ساختار و قابلیتهای نرم‌افزاری این سیستمها، می‌توان آنها را به سه گروه تقسیم نمود، که عبارتند از پرونده پردازی[۵] دورگه[۶]، و گسترش یافته[۷].

در مورد پرونده پردازی، می‌توان‌گفت که هر مجموعه از داده‌ها و دستورالعملهای مربوطه را با پردازش جداگانه و تحت عنوان فایل مشخصی ذخیره کرده و زمانی که بخواهیم عملیات تحلیل را انجام دهیم، آنها را با یکدیگر ترکیب می‌کنیم. نمونه‌ای از این گروه را در بسته‌های نرم‌افزاری MAP و IDRISI می‌توان مشاهده نمود. این گروه بیشتر به عنوان سیستمهای فرایند نقشه معروف هستند.

در مورد گروه دوم دورگه اطلاعات توصیفی را به طور سنتی در سیستم مدیریت اطلاعات (DBMS) ذخیره کرده و داده‌های جغرافیایی را نیز جداگانه ذخیره می‌نماییم. گفتنی است که در این بسته‌های نرم‌افزاری اگر چه اطلاعات جغرافیایی و توصیفی جداگانه ذخیره می‌شوند، با وجود این، دارای ارتباط مکانی - موضوعی هستند. بسته‌های نرم‌افزاری Deltamap، ARC/INFO و Genamap متعلق به این گروه می‌باشند.

در مورد سومین گروه (گسترش یافته) می‌توان گفت که هر دو نوع اطلاعات یعنی جغرافیایی و توصیفی با هم در قالب سیستم مدیریت اطلاعات (DBMS) ذخیره شده و به نحوی طراحی شده‌اند که قابلیت اجرای دستورالعملهای تحلیل را دارند. از نمونه‌های این بسته‌ها، می‌توان System-9 را که از بسط DBMS, EMPRESS و TIGRIS به وجود می‌آید، نام برد.

و اما همان طوری که گفته شد، سومین عنصر مهم در سیستمهای اطلاعات جغرافیایی داده‌ها هستند که از جهات مختلف حایز اهمیت می‌باشند. اصولاً گردآوری، ذخیره و بازسازی داده‌های

3. Plotter
4. GIS World
5. File Processing
6. Hybrid
7. Extended

جغرافیایی بسیار پرهزینه است، زیرا حل مسائل جغرافیایی مستلزم حجم وسیعی از داده‌هاست. اگرچه برآورد هزینه‌ها در این زمینه متفاوت است، اما غیرطبیعی نیست اگر هزینه‌های گردآوری اطلاعات را دو برابر هزینه‌های خرید سخت‌افزار و نرم‌افزار در نظر بگیریم. راولی و گیلبرت، هزینهٔ گردآوری اطلاعات را ۷۰ درصد کل هزینهٔ سیستم اطلاعات جغرافیایی می‌دانند.

تا سالهای اخیر، نبود یا کمبود داده‌ها در ایجاد سیستمهای اطلاعات جغرافیایی بسیار محسوس بود، اما با ظهور ماهواره‌های منابع زمینی و برنامه‌های بلند پروازانهٔ تهیه نقشه‌های ملی در بسیاری از کشورها و همچنین همکاری شرکتهای چند ملیتی در جهت ایجاد بانکهای اطلاعاتی جهانی، نه تنها این خلأ جبران گردیده است، بلکه وجود حجم وسیعی از داده‌ها خود به صورت مسئله‌ای تازه در آمده است.

آخرین و مهمترین عنصر سیستمهای اطلاعات جغرافیایی نیروی تخصصی، یا به عبارت دیگر، نیروی انسانی لازم برای طراحی، اجرا و استفاده از چنین سیستمهایی است. در واقع، می‌توان گفت که بدون افراد کاملاً آموزش دیده با برخورداری از بینش کاربردی، هیچ موفقیت چشمگیری عاید نخواهد شد. بدین سان، کمبود افراد آموزش دیده در زمینه‌های مختلف کاربردی شدیداً محسوس می‌باشد؛ هر چند در بعضی از رشته‌ها آموزشهایی داده شده است، ولی برای هدفهای موردنظر کافی نیست و تداوم نیز ندارد. متأسفانه افرادی که دست‌اندرکار چنین سیستمهایی هستند، بیشتر بر بُعد فنی (کامپیوتری) تکیه داشته‌اند تا ابعاد کاربردی و مدیریتی آن.

کاربرد سیستمهای اطلاعات جغرافیایی

سیستمهای اطلاعات جغرافیایی می‌توانند در حل مسائل به کار گرفته شوند. به طور کلی، در چنین سیستمهایی به پرسشهایی که در جدول ۳ آمده است، پاسخ داده می‌شود (Rhind, 1990).

همان طوری که می‌بینید، در پاسخ به محل[1]، منظوری که انتظار داریم پاسخ داده شود عبارت است از نوع پدیده‌هایی که در مکان مشخصی به وقوع پیوسته است (برای مثال، تعداد جمعیتی که در آمارگیری به دست آمده است). منظور از شرط[2]، در واقع، یافتن محلها یا مناطقی است که دارای مشخصه یا مشخصات ویژه‌ای باشند، برای مثال، مناطق جنگلی که در محدودهٔ ۲۰۰ متری

1. Location 2. Condition

جاده‌ای قرار دارند. در مواردی که بیش از یک نوع اطلاعات دخیل باشند، معمولاً به صورت قسمت‌بندی عمل می‌شود، به نحوی که با پشت سرگذاشتن قسمتهای ناخواسته، به قسمت موردنظر خواهیم رسید.

مفهوم روند[1]، بیانگر تغییرات به وجود آمده طی زمان مشخصی است، که برای مثال، تغییرات ترافیک جاده‌ها را پس از گذشت زمان معینی پاسخگو است.

سه اصطلاح دیگر پیچیده‌تر از اصطلاحهای پیش است و مربوط به تحلیل اطلاعات مکانی می‌شود، به طوری که منظور از اصطلاح مسیریابی[2]، در واقع، محاسبهٔ بهترین مسیر (سریعترین، زودترین، کوتاهترین یا باصفاترین) بین مکانه‌های مختلف (برای مثال، نزدیکترین جاهایی که پزشکان جراح در آنها مستقر هستند) می‌باشد.

در مورد مفهوم الگو[3]، می‌توان گفت که منظور بررسی، مقایسه و تعیین عامل و نحوهٔ گسترش پدیده یا پدیده‌هایی است که برای متخصصان علوم اجتماعی، محیط زیست و برنامه‌ریزان امکان ارزیابی درست را فراهم می‌آورد (برای مثال، آیا آن طور که در باور مردم است، رابطه‌ای بین شیوع امراض و تابش تشعشعات وجود دارد؟). یا ایجاد مدلهای جهانی که بتوان در مورد پدیده‌های خاصی از آنها استفاده نمود. برای مثال، چه مناطقی از کرهٔ زمین با بالا آمدن ۲۰ سانتیمتر سطح آب دریاها تحت تأثیر قرار می‌گیرند؟

جدول ۳. پرسشهای اساسی که با استفاده از سیستمهای اطلاعات جغرافیایی قابل بررسی هستند

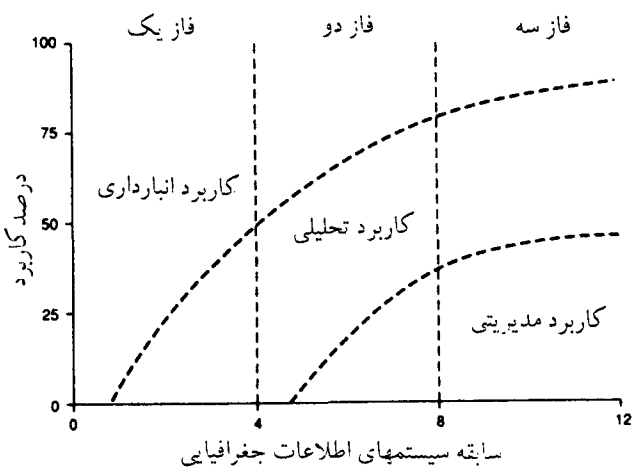
Location	What is at...?	۱. چه چیزی (چه موضوعی)...؟
Condition	Where is it...?	۲. در کجا (از نظر جغرافیایی)...؟
Trend	What has Changed...?	۳. چه تغییراتی صورت گرفته است...؟
Routing	Which is the best way...?	۴. بهترین راه کدام است...؟
Pattern	What is the pattern...?	۵. الگوی پدیده چگونه است...؟
Modelling	What if...?	۶. چه خواهد شد اگر...؟

مأخذ: Rhind, 1990.

1. Trend
2. Routing
3. Pattern

آقایان کرین و مک دونالد در سال ۱۹۸۴ طرحی را در جهت ایجاد یک سیستم اطلاعات جغرافیایی ارائه نمودند. طرح مزبور (شکل ۳)، شامل سه مرحله بود که عبارتند از: گردآوری، تحلیل و مدیریت اطلاعات. مرحلهٔ اول، در واقع، شامل گردآوری، ترکیب، سازماندهی، و در نهایت، ایجاد فهرست اطلاعات از پدیده یا پدیده‌های مورد نظر بوده که برای مثال، می‌توانند نوع جنگلها، خاکها و شبکهٔ آبرسانی یا پراکندگی مدارس در یک شهر باشند. در این مرحله، از داده‌های ساده‌ای از قبیل چه چیزی؟ و در چه مکانی؟ بیشتر استفاده می‌شود (Rhind, 1990).

مرحله دوم تشکیل یک سیستم اطلاعات جغرافیایی که از پیچیدگی بیشتری برخوردار می‌باشد، مبتنی است بر تحلیل اطلاعات متناسب با نیاز استفاده کننده. در این مرحله، دسترسی به اطلاعاتی که در لایه‌های مختلف قرار دارد و اطلاعات آماری میسر می‌باشد. از نظر کاربردی، در این مرحله می‌توان برای مثال، مناسبترین محل دفن مواد زاید، مناسبترین محل تجاری یا جابه‌جایی یخها را در دریاهای سرد تعیین نمود. همچنین پرسشهای پیچیده‌تری در مورد شرایط و روند که در جدول ابداعی رینند به آنها اشاره شد، در این مرحله، قابل بحث و بررسی است.



شکل ۳. مراحل ایجاد سیستمهای اطلاعات جغرافیایی از نظر کاربردی

مأخذ: با استفاده از Crain & MacDonald, 1984.

سومین و پیشرفته‌ترین فاز ایجاد هر سیستم اطلاعات جغرافیایی که در واقع، مرحلهٔ تکاملی چنین سیستمهایی است بیشتر در زمینه تصمیمگیری و سیاستگذاری است و اساساً تکیه بر نتایج مطلوبی است که از تحلیل اطلاعات مکانی و مدل‌سازی به دست آمده‌اند. در چنین مرحله‌ای است که برای مثال، تصمیم گرفته می‌شود چه تعداد و در چه مناطقی بیمارستانها باید بسته شده و به مناطق دیگر انتقال داده شوند، یا مناسبترین الگوی استفاده از زمین کدام است. پرسشهایی تحت عناوین مسیریابی الگو و مدل سازی که در جدول ریند مطرح گردیده‌اند، در این مرحله از تشکیل سیستمهای اطلاعات جغرافیایی مورد بررسی قرار می‌گیرند.

طرح ابداعی و زمانبندی شدهٔ آقایان کرین و مک دونالد عملاً توسط خودشان تحت عنوان سیستم اطلاعات جغرافیایی کانادا[1] و در قالب سیستم اطلاعات زمینی کانادا[2] تحقق یافت. این پروژه که شاید طولانی‌ترین سیستم اطلاعات جغرافیایی شناخته شده باشد، برای مراحل گردآوری و تحلیل، به ترتیب، از ۱۹۷۱ تا ۱۹۷۹ و از ۱۹۷۹ تا ۱۹۸۷ برنامه‌ریزی شده بود. هر چند از چنین پروژه‌ای و تجارب مشابه آن استفاده‌های مختلفی شده است، ولی وجود نرم‌افزارهای جدید، توانمندی سیستمهای اطلاعات جغرافیایی را در حد رضایتبخشی افزون کرده‌اند. روشن است که حتی در شرایط فعلی نیز زمان سه تا پنج سال برای گردآوری و همین مدت زمان برای مرحلهٔ تحلیل در نظر گرفته شده است. انتظار داریم که طی دهه ۱۹۹۰، زمان مورد نیاز به خصوص در مرحلهٔ تحلیل اطلاعات کاهش یابد.

نتیجه

به طور صریح می‌توان گفت که سیستم اطلاعات جغرافیایی مقوله‌ای است تازه که از نظر تجاری جایگاه خاصی را به خود اختصاص داده و در زمینه حل معضلات و مسائل اقتصادی، اجتماعی و زیستمحیطی نقش ارزنده‌ای داشته و خواهد داشت. در نتیجه گرایش به استفاده از چنین سیستمهایی باعث خواهد شد که در دههٔ آینده شاهد چندین برابر آنچه تاکنون در این زمینه فعالیت شده است باشیم.

گروههای مختلفی، چه در بخشهای خصوصی و چه در سازمانهای دولتی، در زمینه‌های متنوع

1. Canadian GIS
2. Canada Land Data System

کاربردی دست‌اندرکار سیستمهای اطلاعات جغرافیایی هستند، و در نتیجه، دیدگاههای متفاوتی در مورد ماهیت و دورنمای چنین سیستمهایی وجود داشته است. بهترین تعریفی که از سیستمهای اطلاعات جغرافیایی شده، عبارت است از مجموعه‌ای از سخت‌افزارها، نرم‌افزارها، داده‌ها و نیروی انسانی که در جهت خاصی شکل گرفته باشند.

از نظر دیدگاهی می‌توان سیستمهای اطلاعات جغرافیایی را به سه بخش تقسیم نمود که عبارتند از دیدگاه تهیه نقشه، دیدگاه پایگاه اطلاعاتی و دیدگاه تحلیل اطلاعات مکانی. در مجموع می‌توان گفت که این سیستمها نوع ویژه‌ای از سیستمهای اطلاعاتی هستند که تأکید بر تحلیل اطلاعات مکانی و مدل‌سازی دارند و از نظر فنی، این سیستمها از قابلیت ترکیب اطلاعات توصیفی با اطلاعات جغرافیایی و توان روی‌هم‌اندازی لایه‌های اطلاعاتی برخوردار می‌باشند.

در مورد ایجاد و تشکیل سیستمهای اطلاعات جغرافیایی می‌توان گفت که سه فاز مختلف گردآوری، تحلیل، و در نهایت، تصمیمگیری و سیاستگذاری، مراحلی هستند که هر کدام به سه تا پنج سال وقت نیاز دارند.

در پایان باید اذعان داشت که اگر چه تاکنون شمار زیادی سیستم اطلاعات جغرافیایی مراحل گردآوری اطلاعات را پشت سر گذاشته‌اند، با وجود این، تنها در موارد معدودی قابلیت تحلیل اطلاعات مکانی و مدل سازی به مرحله اجرا درآمده است. علت این کاستی را باید در جوان بودن سیستمها، تنگناهای فنی موجود و روشهای متفاوت کاربردی دانست.

منابع

Anselin L (1989) What is special about spatial data? Alternative perspectives on spatial data analysis. *NCGIA Technical Paper 89-4* NCGIA, Santa Barbara. 20pp.
Aronoff S (1989) *Geographic Information Systems: a management perspective*. WDL Publications, Ottawa Canada

Benyon D (1990) *Information and Data Modelling*. Blackwell Scientific Publications, Oxford
Berry J K (1987) Fundamental operations in computer-assisted map analysis. *International Journal of Geographical Information Systems* **1**: 119-36
Bracken I, Webster C (1989) Towards a typology of geographical information systems. *International Journal of Geographical Information Systems* **3**: 137-52
Burrough P A (1986) *Principles of Geographic Information Systems for Land Resources Assessment*. Clarendon, Oxford

Carter J R (1989) On defining the geographic information system. In: Ripple W J (ed.) *Fundamentals of Geographic Information Systems: a compendium*. ASPRS/ACSM, Falls Church Virginia, pp. 3-7
Clark D M, Hastings D A, Kineman J J (1991) Global databases and their implications for GIS. In: Maguire D J, Goodchild M F, Rhind D W (eds.) *Geographical Information Systems: principles and applications*. Longman, London, pp. 217-31, Vol 2
Clarke K C (1986a) Recent trends in geographic information systems. *Geo-Processing* **3**: 1-15
Clarke K C (1986b) Advances in Geographic Information Systems. *Computers, Environment and Urban Systems* **10**: 175-84
Computer Graphics World (1989) Daratech survey. *Computer Graphics World* November, p. 22
Coppock J T, Rhind D W (1991) The history of GIS. In: Maguire D J, Goodchild M F, Rhind D W (eds.) *Geographical Information Systems: principles and applications*. Longman, London, pp. 21-43, Vol 1
Cowen D J (1988) GIS versus CAD versus DBMS: what are the differences? *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing* **54**: 1551-4
Crain I K, MacDonald C L (1984) From land inventory to land management. *Cartographica* **21**: 40-6
Croswell P L, Clark S R (1988) Trends in automated mapping and geographic information system hardware. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing* **54**: 1571-6

Dangermond J, Morehouse S (1987) Trends in computer hardware for geographic information systems. *Proceedings of AUTOCARTO 8*. ASPRS/ACSM, Falls Church: pp. 380-5
Davis F W, Simonett D S (1991) GIS and remote sensing. In: Maguire D J, Goodchild M F, Rhind D W (eds.) *Geographical Information Systems: principles and applications*. Longman, London, pp. 191-213, Vol 1
de Man E (1988) Establishing a geographical information system in relation to its use: a process of strategic choice. *International Journal of Geographical Information Systems* **2**: 245-61

Densham P J (1991) Spatial decision support systems. In: Maguire D J, Goodchild M F, Rhind D W (eds.) *Geographical Information Systems: principles and applications*. Longman, London, pp. 403-12, Vol 1
Densham P J, Goodchild M F (1989) Spatial Decision Support Systems: a research agenda. *Proceedings of GIS/LIS'89*. ACSM, ASPRS, AAG, URISA, AM/FM International, Falls Church, pp. 707-16
Devine H A, Field R C (1986) The gist of GIS. *Journal of Forestry* August, 17-22
Dickinson H, Calkins H W (1988) The economic evaluation of implementing a GIS. *International Journal of Geographical Information Systems* **2**: 307-27
Department of the Environment (DoE) (1987) *Handling Geographic Information*. HMSO, London
Dueker K J (1979) Land resource information systems: a review of fifteen years experience. *Geo-Processing* **1**: 105-28

Eastman J R (1987) *IDRISI: a grid-based geographic analysis system*. Graduate School of Geography, Clarke University, USA

Frank A U (1988) Requirements for a database management system for a GIS. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing* **54**: 1557-64
Franklin Wm R (1991) Computer systems and low-level data structures for GIS. In: Maguire D J, Goodchild M F, Rhind D W (eds.) *Geographical Information Systems: principles and applications*. Longman, London, pp. 215-25, Vol 1

GISWorld (1990) *GIS Technology '90: Results of the 1990 GISWorld geographic information systems survey*. GISWorld, Fort Collins, 16pp.
Goodchild M F (1987) A spatial analytical perspective on GIS. *International Journal of Geographical Information Systems* **1**: 327-34
Goodchild M F (1988) Towards an enumeration and classification of GIS functions. In: Aangeenbrug R T, Schiffman Y M (eds.) *International Geographic Information Systems (IGIS) Symposium: The research agenda*. AAG, Falls Church Virginia: pp. 67-77
Goodchild M F (1990) Spatial information science. *Proceedings of the 4th International Spatial Data Handling Symposium*. International Geographical Union, Ohio, pp. 3-14
Goodchild M F (1991) The technological setting of GIS. In: Maguire D J, Goodchild M F, Rhind D W (eds.) *Geographical Information Systems: principles and applications*. Longman, London, pp. 45-54, Vol 1

Healey R G (1991) Database management systems. In: Maguire D J, Goodchild M F, Rhind D W (eds.) *Geographical Information Systems: principles and applications*. Longman, London, pp. 251-67, Vol 1
Herring J R (1987) TIGRIS: Topologically integrated geographic information system *Proceedings of AUTOCARTO 8*. ASPRS/ACSM, Falls Church, pp 282-91

Ingram I K, Phillips W (1987) Geographic information processing using a SQL-based query language. *Proceedings of AUTOCARTO 8*. ASPRS/ACSM, Falls Church, pp 326–35

Koshkarion A V, Tikunov V S, Trofimov A M (1989) The current state and the main trends in the development of geographical information systems in the USSR. *International Journal of Geographical Information Systems* **3** (3): 257–72

McHarg I L (1969) *Design with Nature*. Doubleday, New York

Maguire D J (1989) *Computers in Geography*. Longman, London

Maguire D J, Dangermond J (1991) The functionality of GIS. In: Maguire D J, Goodchild M F, Rhind D W (eds.) *Geographical Information Systems: principles and applications*. Longman, London, pp. 319–35, Vol 1

Maguire D J, Raper J F (1990) An overview of GIS functionality. *Proceedings of GIS Design Models and Functionality Conference*. Midlands Regional Research Laboratory, Leicester, 10pp

Marble D F, Peuquet D J (1983) Geographic information systems. In: Colwell R N (ed.) *Manual of Remote Sensing*, 2nd edn. American Society of Photogrammetry, Falls Church, pp 923–58

Mather P (1987) *Computer Processing of Remotely-sensed Images: an introduction*. Wiley, London

Morehouse S (1985) ARC/INFO: a Geo-relational model for spatial information. *Proceedings of AUTOCARTO 7*. ASPRS, Falls Church, pp. 388–97

Morehouse S (1989) The architecture of ARC/INFO. *Proceedings of AUTOCARTO 9*. ASPRS/ACSM, Falls Church, pp. 266–77

Mounsey H (ed.) (1988) *Building Databases for Global Science*. Taylor & Francis, London

Newell R G, Theriault D G (1990) Is GIS just a combination of CAD and DBMS? *Mapping Awareness* **4** (3): 42–45

Openshaw S (1991) Developing appropriate spatial analysis methods for GIS. In: Maguire D J, Goodchild M F, Rhind D W (eds.) *Geographical Information Systems: principles and applications*. Longman, London, pp. 389–402, Vol 1

Openshaw S, Goddard J (1987) Some implications of the commodification of information and the emerging information economy for applied geographical analysis in the United Kingdom. *Environment and Planning A* **19**: 1423–39

Ozemoy V M, Smith D R, Sicherman A (1981) Evaluating computerized geographic information systems using decision analysis. *Interfaces* **11**: 92–8

Parent P, Church R (1987) Evolution of geographic information systems as decision making tools. *Proceedings of GIS '87*. ASPRS/ACSM, Falls Church VA, pp. 63–71

Parker H D (1988) The unique qualities of a geographic information system: a commentary. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing* **54** (11): 1547–49

Reed C N (1986) DELTAMAP just another new GIS? *Proceedings of the 3rd International Symposium on Spatial Data Handling*. IGU Commission on Geographical Data Sensing and Processing, Williamsville NY, pp. 375–83

Rhind D W (1988) A GIS research agenda. *International Journal of Geographical Information Systems* **2**: 23–8

Rhind D W (1990) Global databases and GIS. In: Foster M J, Shand P J (eds.) *The Association for Geographic Information Yearbook 1990*. Taylor & Francis and Miles Arnold, London, pp. 218–23

Rowley J, Gilbert P (1989) The market for land information services, systems and support. In: Shand P J, Moore R V (eds.) *The Association for Geographic Information Yearbook 1989*. Taylor & Francis and Miles Arnold, London, pp. 85–91

Shand P J, Moore R V (eds.) *The Association for Geographic Information Yearbook 1989*. Taylor & Francis and Miles Arnold, London, pp. 85–91

Smallworld Systems (1990) GIS in Europe – summary report. *Geodetical Info Magazine* **4** (4): 28–9

Smith T R, Menon S, Starr J L, Estes J E (1987) Requirements and principles for the implementation and construction of large-scale geographic information systems. *International Journal of Geographical Information Systems* **1**: 13–31

Star J, Estes J E (1990) *Geographic Information Systems*. Prentice Hall, Englewood Cliffs New Jersey

Tomlin C D (1986) *The IBM Personal Computer version of the Map Analysis Package*. Harvard University Graduate School of Design Laboratory for Computer Graphics and Spatial Analysis, Cambridge Massachusetts

Tomlin C D (1990) *Geographic Information Systems and Cartographic Modelling*. Prentice Hall, Englewood Cliffs New Jersey

Tomlin C D (1991) Cartographic modelling. In: Maguire D J, Goodchild M F, Rhind D W (eds.) *Geographical Information Systems: principles and applications*. Longman, London, pp. 361–74, Vol 1

Unwin D J (1991) The academic setting of GIS. In: Maguire D J, Goodchild M F, Rhind D W (eds.) *Geographical Information Systems: principles and applications*. Longman, London, pp. 81–90, Vol 1