جمهوری اسلامی ایران
وزارت کشور
سازمان شهرداریها و دهیاریهای کشور

کاربرد GIS در برنامه‌ریزی شهری و منطقه‌ای

مولف:
دکتر علی‌اکبر رسولی

بسم الله الرحمن الرحيم

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فهرست اشکال ح

فهرست جداول د

پیشگفتار ذ

مقدمه مولف ر

فصل اول

مقدمه، مفاهیم و تعاریف GIS

چکیده 1

1-1 مقدمه 2

1-2 تاریخچه تحول GIS 4

1-3 چند تعریف از GIS 5

1-4 اجزاء تشکیل دهنده GIS 6

1-5 سئوالاتی که GIS می‌تواند پاسخگو باشد 7

1-6 عوامل موثر در توسعه GIS 9

1-7 چرا محققان علوم شهری به GIS نیازمنداند؟ 10

1-8 قابلیت‌های متنوع GIS 13

1-9 جمع‌بندی 14

سئوالات فصل اول 16

منابع تکمیلی برای مطالعه 16

فصل دوم

اجزاء تشکیل‌دهنده GIS

چکیده 17

2-1 مقدمه 17

2-2 سخت‌افزارها 19

2-2-1 نقش کامپیوترها 19

2-2-2 سخت‌افزارهای ورود و تبدیل داده‌ها 21

2-2-3 سخت‌افزارهای خروجی و نمایش اطلاعات 28
2-3 نرم‌افزارها 29
2-3-1 نرم‌افزارArcGIS در یک نگاه **الف** 31
2-4 ایجاد پایگاه‌های اطلاعات 36
2-5 ساختار عناصر انسانی 39
2-6 تحلیل‌های مکانی 46
2-7 قلمروهای کاربردی 46
2-8 جمع بندی 49
سئوالات فصل دو 50
منابع تکمیلی برای مطالعه 50

فصل سوم

اطلاعات ورودی و خروجی GIS

چکیده 51
3-1 مقدمه 51
3-2 ماهیت عوارض جغرافیایی 52
3-3 روش‌های اخذ و ورود داده‌ها 58
3-3-1 روش‌های دستی 59
3-3-2 ورود داده‌ها توسط رقومگر 61
3-3-3 فرآیند اسکن‌کردن نقشه‌های کاغذی 61
3-3-4 استفاده از منابع رقومی موجود 63
3-3-5 تصاویر حاصله از سنجش‌ازدور 63
3-3-6 سیستم تعیین موقعیت جهانی 64
3-3-7 ورود داده‌های غیرمکانی 64
3-4 ماهیت بانک‌های اطلاعاتی 65
3-5 ماهیت اطلاعات خروجی GIS 69
3-6 جمع‌بندی 73
سئوالات فصل سه 74
منابع تکمیلی برای مطالعه 74

فصل چهارم

مسائل مربوط به GIS

چکیده 75

4-1 مقدمه 76

4-2 سیستم‌های تصویر مرجع 77

4-3 سیستم مختصات 79

4-3-1 سیستم مختصات کروی 79

4-3-2 سیستم مختصات مسطحاتی (دکارتی) 83

4-4 مقیاس نقشه 85

4-5 ماهیت داده‌های مکانی 87

4-5-1 مدل‌های برداری 87

4-5-2 مدل داده‌های شبکه‌ای 90

4-5-3 مدل مثلث‌های نامنظم 92

4-5-4 مقایسه مدل‌ها 94

4-6 دقت و صحت داده‌ها 98

4-7 روابط توپولوژیک 100

4-7-1 توپولوژی اتصال 100

4-7-2 توپولوژی محدوده 101

4-7-3 توپولوژی مجاورت 102

4-7-4 توپولوژی مسیر 104

4-7-5 توپولوژی نواحی 105

4-7-6 مزایای ایجاد روابط توپولوژیک 106

4-8 فرآیند تبدیل داده‌ها 107

4-9 جمع‌بندی 109

سئوالات فصل چهار 110

منابع تکمیلی برای مطالعه 110

فصل پنجم

کاربردهای GIS در برنامه‌ریزی شهری

چکیده 111

5-1 مقدمه 111
5-2 چگونگی تحقق GIS کاربردی در محیطهای شهری 114
5-3 عوامل موثر در طراحی GIS کاربردی 115
5-4 جنبه‌های کاربردی GIS در شهرها 116
5-4-1 کاربرد GIS در شناسائی بافت‌های فرسوده 116
5-4-2 کاربرد GIS در مدل‌سازی گسترش فیزیکی شهرها 117
5-4-3 کاربرد GIS در ارزیابی توسعه شهری 118
5-4-4 کاربرد GIS در مدیریت آلودگی هوای شهری 120
5-4-5 کاربرد GIS در مدیریت ترافیک، حمل و نقل 123
5-4-6 کاربرد GIS در تحلیل جرم 125
5-5 مثال‌های موردی از کاربرد GIS در محیطهای شهری 128
5-5-1 مدل‌سازی بهترین مسیر 128
5-5-2 کاربرد GIS در مکانیابی محل دفن پسماندهای شهری 130
5-5-3 کاربرد GIS در مدیریت فضای سبز شهری 135
5-5-4 کاربرد GIS در مدیریت بحران زلزله در کلانشهرها 137
5-12 جمع‌بندی 140
سئوالات فصل پنج 142
منابع تکمیلی برای مطالعه 142

فصل ششم

لایه‌های اطلاعاتی موردنیاز در برنامه‌ریزی شهری

چکیده
143
6-1 مقدمه 144
6-2 مفهوم لایه و نقشه در محیط GIS 145
6-3 لایه‌های اطلاعات شهری استاندارد 149
6-3-1 لایه‌های محدوده‌های شهر 149
6-3-2 لایه‌های معابر شهری 150
6-3-3 لایه‌های تاسیسات شهری 151
6-3-4 لایه‌های عوارض تخصصی تاسیسات شهری (خدمات عمومی) 152
6-3-5 لایه‌های طرح توسعه شهری 153

6-3-6 لایه‌های اطلاعاتی مراکز و ساختمان‌ها و مناطق (محدوده‌ها) 153
6-3-7 لایه‌های اطلاعات پوشش گیاهی شهری 155
6-3-8 لایه‌های اطلاعات عوارض آبی شهری 156
6-3-9 لایه‌های اطلاعات ارتفاعات شهری 156
6-3-10 لایه‌های اطلاعات نقاط شهری 157
6-3-11 لایه‌های اطلاعات سایر عوارض شهری 157
6-4 جمع بندی 158
سئوالات فصل شش 159
منابع تکمیلی برای مطالعه 159
منابع و ماخذ نهائی (فارسی) 160
منابع و ماخذ نهایی (انگلیسی) 162

فهرست اشکال

عنوان	شماره صفحه
شکل شماره 1-1 نگرش جامع به عوارض شهری در محیط GIS	3
شکل شماره 1-2 نشان‌دهنده ارتباط GIS با سایر حیطه‌های مرتبط	5
شکل شماره 1-3 مراحل طراحی و مدیریتی GIS از دنیای واقعی	12
شکل شماره 1-4 روابط بین GIS و سایر سیستم‌های مرتبط	13
شکل شماره 2-1 عناصر اصلی تشکیل‌دهنده فنآوری GIS	18
شکل شماره 2-2 رقومگر CalComp در اندازه بزرگ A0	22
شکل شماره 2-3 انواع اسکنرها به منظور اسکن‌کردن نقشه‌های آنالوگ به حالت رقومی	23
شکل شماره 2-4 یک دستگاه GPS دستی گارمین	25
شکل شماره 2-5 فرآوردهای فنآوری فتوگرامتری در خدمت GIS	27
شکل شماره 2-6 چند دستگاه پلاتر و چاپگر رنگی در ابعاد مختلف	29
شکل شماره 2-7 محیط ArcMap نرم‌افزار ArcGIS	34
شکل شماره 2-8 محیط ArcCatalog نرم‌افزار ArcGIS	35
شکل شماره 2-9 محیط ArcToolbar نرم افزار ArcGIS	36
شکل شماره 2-10 پایگاه اطلاعات شهرستان مرند به همراه لایه‌های توپوگرافی و روستاها	38
شکل شماره 2-11 عناصر انسانی هدایت‌کننده فنآوری GIS	40
شکل شماره 3-1 وظایف اصلی فنآوری GIS	52
شکل شماره 3-2 نمایش انواع عوارض جغرافیایی برداری نظیر: نقاط، خطوط و محدوده‌ها در یک سیستم مختصات کارتزین	53
شکل شماره 3-3 نمایش داده‌های نقطه‌ای (روستاها)، خطی (رودخانه‌ها) و محدوده‌ها (شهرها) در محدوده شهرستان مرند	54
شکل شماره 3-4 نقشه تغییرات مقادیر ارتفاعی شهر مرند به‌همراه شبکه راه‌ها	55
شکل شماره 3-5 نمایش داده‌های شبکه جاده‌ای در محدوده توپوگرافیک شهرستان مرند	56
شکل شماره 3-6 نمایش اطلاعات گرافیکی و توصیفی روستاهای شهرستان مرند در محیط نرم‌افزار ArcGIS	57
شکل شماره 3-7 نقشه تراکم جمعیت شهر مرند	58
شکل شماره 3-7 نمایش اطلاعات گرافیکی و توصیفی از لایه‌های زمین‌شناسی و روستاهای شهرستان مرند	60
شکل شماره 3-8 طرح یک دستگاه رقومگری به‌همراه مراحل تثبیت و تطبیق سیستم مختصات زمینی	61
شکل شماره 3-9 بخشی از نقشه منطقه کشک‌سرای شهرستان مرند اسکن‌شده در محیط نرم‌افزار WideImage	62
شکل شماره 3-10 تصویر ماهواره‌ای شهر تبریز سنجنده+ETM ماهواره لندست 5 مفروش شده بر روی مدل ناهمواری	63
شکل شماره 3-11 فرآیندهای اصلی در طراحی پایگاه‌های اطلاعاتی GIS	68
شکل شماره 3-12 نقشه کاربری اراضی شهر مرند به همراه نقاط بهینه برای احداث مراکز درمانی	73

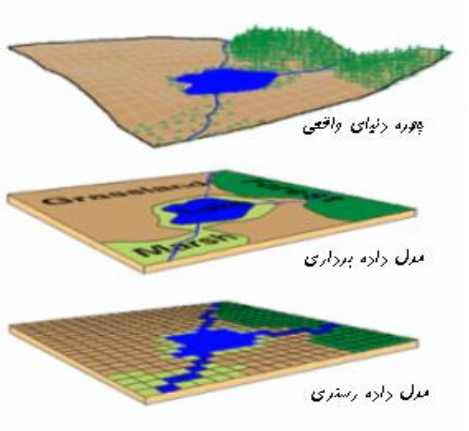
شکل شماره 4-1 انواع سیستم‌های تصویر اصلی 78
شکل شمارهٔ 4-2 نمایش موقعیت‌های جغرافیایی در محیط نرم‌افزاری 80
شکل شماره 4-3 نمایش طول و عرض جغرافیایی در سطح زمین نسبت به عرض و طول جغرافیایی مبداء 81
شکل شماره 4-4 مدارات و نصف النهارات و تشکیل شبکهٔ جهانی مرجع 81
شکل شمارهٔ 4-5 سیستم مختصات مرجع جهانی 83
شکل شمارهٔ 4-6 سیستم مرجع UTM 84
شکل شمارهٔ 4-7 نمایش موقعیت شهرستان مرند در محدوده استان آذربایجان شرقی از طریق مقیاس خطی مرتبط 86
شکل شماره 4-8 نمایش داده‌های مکانی نقطه‌ای چهار حلقه چاه نسبت به مبدا مختصات به همراه جداول توصیفی 88
شکل شمارهٔ 4-9 مدل داده‌های مکانی برداری از نوع خطی نمایش دهنده سه قطعه خط لوله آب 88
شکل شمارهٔ 4-10 مدل داده‌های مکانی برداری از نوع پلیگون، نمایش دهنده یک محدوده مشخص 89
شکل شماره 4-11 نمایش ساختار یک مدل رستری، به همراه جدول اطلاعات توصیفی مرتبط 90
شکل شماره 4-12 نمایش عوارض زمین در یک مدل مکانی در ساختار رستری 91
شکل شماره 4-13 نحوه تبدیل فضای پیکسل‌ها از یک تصویر خام به مدل رستری از نوع گرید 92
شکل شمارهٔ 4-14 مدل TIN و نمایش روابط توپولوژیک مرتبط 93
شکل شمارهٔ 4-15 ایجاد فضای سه بعدی با استفاده از مدل TIN 94
شکل شمارهٔ 4-16 توپولوژی قوس – گره 101
شکل شمارهٔ 4-17 توپولوژی قوس – پلیگون 102
شکل شمارهٔ 4-18 ساختار توپولوژی مجاورت 103
شکل شمارهٔ 4-19 توپولوژی مسیر 105
شکل شمارهٔ 4-20 توپولوژی نواحی 106
شکل شمارهٔ 5-1 مراحل اصلی در اجرای یک پروژه GIS کاربردی شهری 114
شکل شماره 5-2 یافتن بهترین مسیر از نظر مسافت بین دو نقطه بر روی شبکه خیابان‌های شهر تبریز 128
شکل شماره 5-3 تعیین محدوده خدمات‌رسانی چند داروخانه در سطح شهر تبریز 129
شکل شماره 5-4 یافتن نزدیکترین پمپ بنزین نسبت به موقعیت ماشین مشخص شده بر روی شبکه تبریز 130
شکل شماره 5-5 لایه‌های مورد تحلیل در مکانیابی دفن پسماندهای شهر تبریز 133
شکل شماره 5-6 مکانیابی دفن پسماندهای شهر تبریز با روش‌های AHP، SAW، WLC و BOOLEAN 135
شکل شماره 5-7 محدوده قزوین با هدف بررسی تغییرات فضای سبز در محیط‌های شهری 136
شکل شماره 5-8 اولویت‌بندی مکان‌های مستعد برای اسکان موقت زلزله‌زدگان طراحی شده در محیط GIS 139
شکل شماره 6-1 نقشه کاربری اراضی شهر مرند 144
شکل شماره 6-2 لایه‌های اطلاعاتی در فرمت برداری روستاهای شهرستان مرند 146

شکل شماره 3-6 جدول توصیفی لایه روستاهای شهرستان مرند در برگیرنده ستون‌های اطلاعاتی 147
شکل شماره 4-6 نقشه جاده‌ها و شهرهای اصلی شهرستان مرند 148

فهرست جداول

عنوان	شماره صفحه
جدول شماره 1-1 بعضی از زمینه‌های کاربردی فناوری GIS	14
جدول شماره 1-2 اهم نرم‌افزارهای مطرح در کشور ایران	31
جدول شماره 2-2 انواع زمینه‌های کاربردی GIS در قلمروهای متفاوت	48
جدول شمارهٔ 1-4 مقایسه بین مدل‌های رستری و برداری	95
جدول شمارهٔ 1-5 بعضی از زمینه‌های کاربردی GIS شهری	113
جدول شماره 2-5 تعیین وزن متناسب برای عوامل مؤثر در مکان‌یابی توسعه آتی شهری	119
جدول شماره 3-5 روش‌های اندازه‌گیری آلاینده‌ها با مزایا و معایب مربوطه	122
جدول شماره 4-5 لایه‌های به‌کاررفته در مکانیابی دفن پسماند (با درجات مقولیت تعریف شده) برای شهر تبریز	134
جدول شماره 1-6 ویژگی‌های اصلی ارقام مکانی و توصیفی محدوده‌های شهری	149
جدول شماره 2-6 ویژگی‌های اصلی ارقام مکانی و توصیفی معابر شهری	150
جدول شماره 3-6 ویژگی‌های اصلی ارقام مکانی و توصیفی تاسیسات شهری	151
جدول شماره 4-6 ویژگی‌های اصلی ارقام مکانی و توصیفی سایر عوارض تخصصی تاسیسات شهری	152
جدول شماره 5-6 ویژگی‌های اصلی لایه‌های اطلاعاتی در طرح‌های توسعه شهری	153
جدول شماره 6-6 ویژگی‌های اصلی لایه‌های اطلاعاتی مراکز و ساختمان‌ها	154
جدول شماره 7-6 ویژگی‌های اصلی لایه های اطلاعاتی در برگیرنده داده‌های پوشش گیاهی شهری	155
جدول شماره 8-6 ویژگی‌های اصلی لایه‌های اطلاعاتی عوارض آبی شهری	156
جدول شماره 9-6 ویژگی‌های اصلی لایه‌های اطلاعات ارتفاعات شهری	157
جدول شماره 10-6 ویژگی‌های اصلی لایه‌های اطلاعاتی نقاط کنترل شهری	157
جدول شماره 11-6 ویژگی‌های اصلی لایه‌های اطلاعاتی سایر عوارض شهری	158

فصل ۱



مقدمه، مفاهیم و تعاریف GIS

چکیده:

در چند دهه اخیر، سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی[1]، به‌عنوان یک صنعت[2] برتر، نظر بسیاری از محققان رشته‌های مختلف به‌ویژه علوم شهری در سرتاسر جهان را به خود معطوف داشته است. اگرچه در طی 40 سال گذشته، در جهت تکامل تئوریکی و ساختار فنی GIS، متخصصان امر بسیار تلاش نموده‌اند، اما طی 10 سال گذشته این فعالیت‌ها به اوج خود رسیده و در نتیجه پیشرفت‌های شایان توجهی حاصل آمده است. در یک نگاه ساده، GIS شامل نرم‌افزارهای[3] مخصوصی است که از طریق انواع سخت‌افزارهای[4] کامپیوتری، مراحل تغذیه، ذخیره‌سازی، اصلاح، تغییر، تجزیه و تحلیل و نهایتا نمایش داده‌های مربوط به زمین (و محتوای آن) انجام می پذیرد. در واقع این فنآوری با استناد بر پایگاه‌های اطلاعاتی[5] به‌منظور تحلیل انواع داده‌هایی جغرافیایی (مکان‌ها، و متغیرهای محیطی) توسط محققان به‌کار گرفته می‌شود. GIS از دهه 1960 تا به‌حال سریع‌ترین نرخ رشد در جهان را داشته است و تبدیل به صنعتی شده که می‌توان از آن به منظور مدیریت بهینه سرزمین‌ها و ساماندهی مدبرانه شهرها و مسائل مرتبط استفاده نمود.

نظیر هر سیستم دیگری، GIS زمانی می‌تواند کاملا مورد استفاده قرار گیرد که کلیه اجزاء آن در ارتباط باهم شناخته شده باشد. در GIS، وظایف کل سیستم به‌مراتب گسترده تر و پیچیده تر از مجموع

---

۱ GIS به‌اختصار Geographic Information Systems
۲ GIS Industry
۳ Softwares
٤ Hardwares
٥ DataBases

اجزاء اولیه بوده و بدین‌لحاظ شناخت توانایی‌های آن در مراحل اولیه تقریبا برای اکثریت افراد علاقمند دشوار می‌نماید. بنابراین، هدف فصل جاری ارائه تعاریف و مفاهیم اصلی فنآوری GIS می‌باشد.

1-1 مقدمه

در یک نگرش ساده، GIS یک سیستم اطلاعات کامپیوتری است که به‌منظور نمایش رقومی[6] پدیده‌های جغرافیایی موجود در روی سطح زمین و و تحلیل حوادثی که اتفاق می‌افتد به‌کارگرفته می شود. در این سیستم می‌توان داده‌های غیر-مکانی[7] (خصیصه های اشیاء)[8] را به‌گونه ای منطقی به داده‌های مکانی[9] ارتباط داد و همه اطلاعات قیاسی[10] سنتی را به‌صورت داده‌های رقومی تبدیل و سازماندهی نمود. بنابراین، هر شئی قرار گرفته بر روی زمین باید زمین- مرجع[11] گردد که کلید اساسی در جهت مرتبط نمودن پایگاه داده‌ها به عارضه‌های گرافیکی است. واژه پایگاه داده‌ها عبارت از جمع‌آوری اطلاعات راجع به اشیاء و همبستگی‌های فی‌مابین در یک فرم کامپیوتری است. در اصل واژه زمین- مرجع نیز به مفهوم نمایش فضایی یک موقعیت جغرافیایی معین توسط یک لایه[12] و یا نقشه‌ای است که نسبت به یک سیستم مختصات مشخص ارجاع داده شده است.

بسیاری از برنامه‌های کامپیوتری مانند نرم افزار اکسل، اغلب نرم افزارهای آماری و یا برنامه‌های طراحی مانند اتوکد قادر به نگهداری داده‌های جغرافیایی و مکانی هستند. اما این توانایی ها دلیلی بر وجود GIS واقعی نه‌خواهد بود، چرا که هر سیستم اطلاعات جغرافیایی توان مرتبط ساختن داده‌های گرافیکی با اطلاعات توصیفی در روی نقشه را داراست. به‌عنوان مثال، خطوط آبی که در روی یک نقشه توپوگرافی سنتی طراحی شده و نشان‌دهنده یک رودخانه می‌باشد، منهای موقعیت خود تقریبا هیچ اطلاعات دیگری را به شما ارائه نمی‌دهد. اما در محیط GIS به منظور یافتن اطلاعات هندسی[13] (نظیر عرض و طول رودخانه) و یا مشخصات ذاتی آن (مانند کیفیت و کمیت آب جاری شده) شما می‌توانید پایگاه داده‌های خود را هم‌زمان پرس و جو[14] نمائید. به‌علاوه با بهره‌گیری از اطلاعات مندرج در پایگاه داده‌ها خواهید توانست مشخصات کلیه سطوح کاربری اراضی شهری را بر اساس کدهای مشخص خواسته شده - مثلا تراکم جمعیت و یا میزان درآمد- مدل‌سازی کنید.

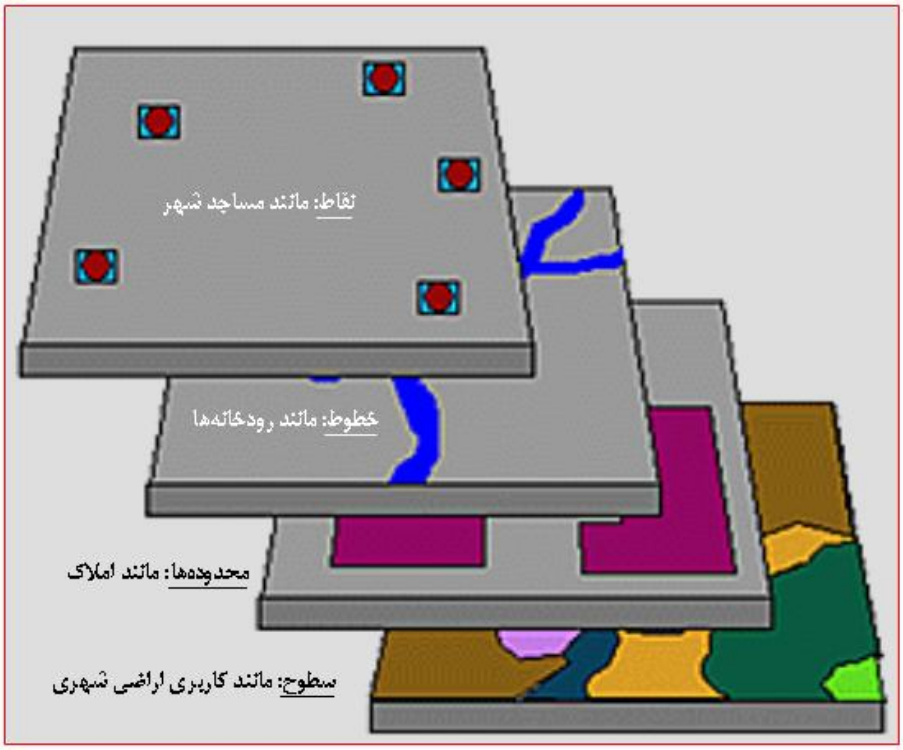
بنابراین، GIS فقط حامل نقشه‌ها و یا تصاویر نیست، بلکه در برگیرنده پایگاه‌های اطلاعاتی است که به‌عنوان مغز سیستم عمل نموده و آن‌را از سایر نرم‌افزارهای گرافیکی و طراحی کننده نقشه‌ها متمایز می‌نماید. این فنآوری به کاربران امکان می‌دهد تا اطلاعات توصیفی را با پدیده‌های موجود در روی نقشه‌ها مرتبط ساخته و همبستگی‌های موجود را آشکار سازند. بر-

---

٦ Digital
٧ Non-Spatial
٨ Attributes
٩ Spatial
١٠ Analogue
١١ Geo-referencing
١٢ Layer
١٣ Geometric
١٤ Query

اساس اطلاعات حاصله امکان اعمال انواع تحلیل‌ها با داشتن اهداف مشخصی مهیا می‌گردد. این توانـایی متخصصـان را قـادر می‌سازد تا قابلیت‌های هر مکان خاص جغرافیایی را بر اساس فرضیه‌های معین شناسایی نموده و در فرآیند مکان‌گزینی هدفمند (جهت کاربری ویژه) بهترین تصمیم را اتخاذ نمایند.

با این دیدگاه، هر سیستم GIS به‌عنوان یک مرجع اطلاعاتی به‌منظور تحلیل داده‌های مکانی و بر اساس یک سیستم مختصات جغرافیایی طراحی می‌گردد. به تعبیری دقیق‌تر GIS در اولویت اول بر اساس قابلیت‌های ویژه و به ارجاع بر داده‌های جغرافیایی یک سیستم پایگاه داده‌ها عمل می‌نماید و در اولویت بعدی توان انجام انواع تحلیل‌های مکانی را ایجاب می‌نماید. در فنآوری GIS عملیات اعمال شده بر روی پایگاه اطلاعاتی (نظیر پرسشگری و عملیات آماری) را می‌توان با تحلیل‌های جغرافیایی سنتی درهم آمیخت و امکان آشکارسازی[15] موجودیت‌ها، ارتباطات و روندها در پدیده‌های زمینی را فراهم نمود. این توانایی GIS را از سایر سیستم‌های اطلاعاتی متمایز ساخته و کاربردهای متعددی را متصور می سازد، چرا که مدل‌های موجود در محیط GIS ارجاعات جغرافیایی و روابط توپولوژیک[16] دارند.



شکل شماره 1-1: نگرش جامع به عوارض شهری در محیط GIS

در یک نگرش جامع، GIS ابزاری است به منظور ایجاد و تحلیل نقشه‌ها و هر پدیده ای مستقر بر روی کره زمـین کـه می‌توان سراغ گرفت. از منابع انسانی و چشم‌اندازهای شهری گرفته تا مشاهدات میدانی در علوم زمین که اهمیت خاصی برای زمین‌شناسان دارند، قابلیت ورود به محیط این فنآوری را دارند(شکل شماره 1-1). از طریق GIS امکان تلفیق قوی‌ترین پایگاه-

[15] Enhancement
[16] Topological Relations

های اطلاعاتی با مدرن‌ترین مدل‌ها (نقشه‌ها) در یک قالب منسجم و سازمان‌یافته ممکن می‌گردد. این توانایی منحصر به فرد، GIS را از بقیه سیستم‌ها متمایز ساخته، بنابراین، هر فرد و یا سازمانی می‌تواند از مزایای GIS در جهت تصمیم‌گیری های بهینه بهره مند گردد (رسولی، 1371).

از طریق فنآوری GIS امکان تلفیق پایگاه‌های اطلاعاتی از منابع مختلف میسر گشته و عملیاتی نظیر پرس و جو و تحلیل-های آماری زمین - مرجع ممکن می‌گردد. نتایج حاصله را می‌توان به طرق مختلف مصور و به‌صورت منحصر به‌فردی آشکارسازی نموده و یا بر مبنای مکان‌های جغرافیایی به‌صور نقشه‌های متنوع نمایش داد. این توانایی GIS آن‌را به یکی از با ارزش‌ترین سیستم‌های مدیریتی مبدل ساخته است. با توجه به طیف وسیعی از مسائل محیطی (بحران آفرین) در سرتاسر کره زمین نظیر: افزایش بی‌رویه جمعیت، ظهور انواع آلودگی‌های محیطی، تخریب جنگل‌ها و مراتع و وقوع حوادث غیرمترقبه در سرتاسر جهان، GIS به‌عنوان یک ابزار کاربردی می‌تواند مطرح گردد. برای مثال، بر اساس این تصور که شما خواسته باشید:

- مناسب ترین خاک را به منظور زراعتی ویژه اختصاص دهید،
- بهترین مسیر تردد را برای وسایل نقلیه خاص پیشنهاد نمائید،
- بهترین روش را در جهت آمایش سرزمین انتخاب کنید،
- منابع مشاهداتی متنوع را مجتمع و ترکیب نمائید،
- و در نهایت مشکلات مبتلابه جوامع انسانی را کاهش دهید،

می توانید از GIS بر اساس نیاز خود استفاده نموده و در فرآیند تصمیم‌گیری این فنآوری عصر جدید را به‌کار گیرید. با استناد بر این امتیازات است که امروزه GIS تبدیل به صنعتی چند میلیارد دلاری گشته و هزاران متخصص و کاربر در بخش‌های خصوصی، دولتی، آموزشی و علمی در سرتاسر جهان را به‌خود مشغول ساخته است.

1-2 تاریخچه تحول GIS

تفکرات پایه‌ای در GIS از دهه 1950 میلادی شروع گردید، اما اولین نرم‌افزار توسط شرکت ESRI[17] در اواخر دهه 1970 به بازار عرضه شد. کشور کانادا جزو اولین توسعه دهندگان GIS محسوب می‌گردد، چرا که به‌طور جدی از دهه 1960 در جهت به‌کارگیری عملی GIS با هدف مدیریت منابع آبی و جنگلی خود به توفیقات مهمی دست یافت (خواجه، 1373). در آن زمان تلاشهای "راجر تامیل سون" بیشترین سهم در جهت توسعه اصول و مبانی GIS را موجب گردید. از آن به بعد، تفکرات پایه‌ای، اعمال‌شده توسط سایر طراحان، مهندسان و مدیران نسل‌های بعدی در مقوله GIS، موجبات بسط پایگاه‌های اطلاعاتی و تحولات اساسی در تحلیل‌های جغرافیایی شده است (Tomlinson, 1967) .

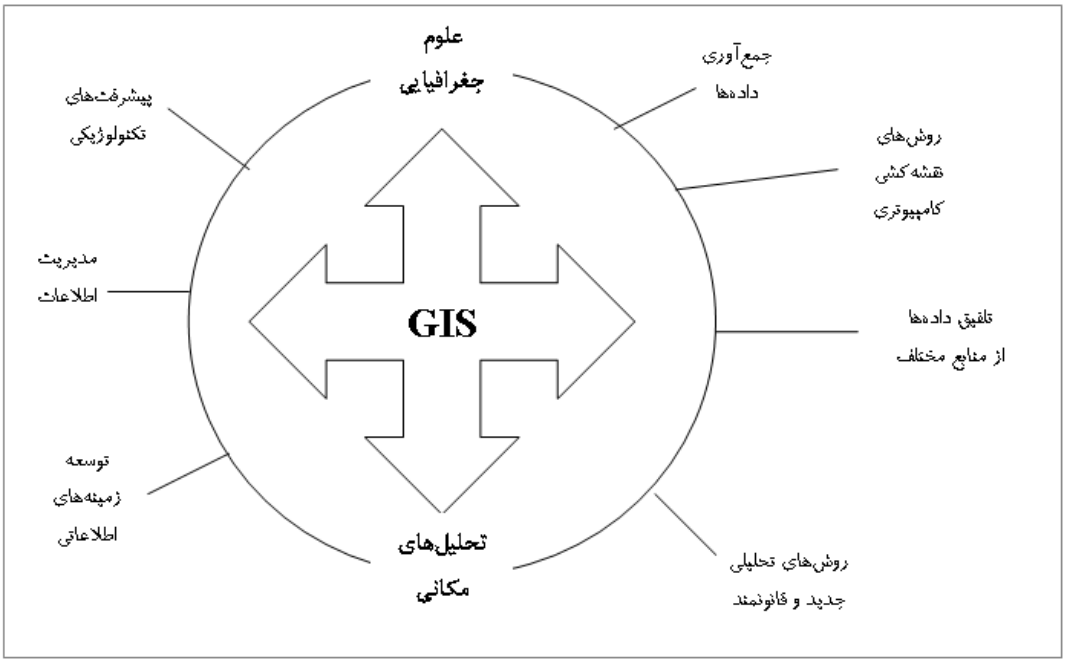
در اوایل،کشورکانادا با ایجاد سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی ملی (CGIS[18]) در امر کاربرد این فنآوری پیشقدم گردید. در آن زمان، پیشرفت‌های فنآوری جدید و نیاز به مدیریت قلمروهای طبیعی پهناور این کشور باعث شد تا داده‌های جمع‌آوری شده

---

[17] Environmental Systems Research Institute

[18] CGIS با اختصار Canadian Geographical Information Systems

از سرزمین‌های وسیع کشور کانادا با تکنولوژی پویای GIS درهم آمیخته شود، که در نهایت باعث پیشرفت‌های شایان توجهی در شناخت ذخایر ملی آن کشور گردید. در سال 1962 با استفاده از نقشه‌های رقومی، امکان تشخیص کاربری زمین‌های کشاورزی، جنگلی و مراتع فراهم شد. با ابداع چنین روش‌هایی سرزمین کانادا براساس ویژگی‌های اکولوژیکی و جغرافیایی خود، برای اهداف ویژه‌ای نظیر: حیات وحش ، فضای حیاتی، کشاورزی و صنعتی تخصیص داده شد. موفقیت CGIS در زمینه های قبلی، منجر به تحقیقات بیشتر و در نتیجه تشویق دانشمندان کانادا در جهت مراقبت‌های دائمی از سرزمین‌های وسیع گردید. بنابراین، اغلب پروژه‌های موفق در کشورکانادا، براساس ایجاد پایگاه اطلاعات ساده اما جامع استوار گردید. شکل شماره 2-1 به‌صورت شماتیک نشان‌دهنده ارتباط GIS با سایر حیطه‌های علمی و تکنولوژیک می‌باشد. این مدل چرخه‌ای، بر این واقعیت صحه می‌گذارد که هر چند GIS با سایر علوم در ارتباط نزدیک قرار دارد، اما اساس و شالوده آن بر نگرش‌های جغرافیایی و تحلیل‌های مکانی استوار است.



شکل شماره 2-1: نشان‌دهنده ارتباط GIS با سایر حیطه‌های مرتبط

1-3 چند تعریف از GIS

پیشگامان این فنآوری بر اساس اندیشه‌های خود تعاریفی را ارائه نموده‌اند. به‌عنوان مثال، "بارو" در سال 1986 GIS را به‌عنوان مجموعه ابزاری تلقی می‌نماید که به منظور جمع آوری، ذخیره‌سازی، استخراج، تبدیل و نمایش داده‌های مکانی استفاده می‌گردد (Burrough, 1986). بر اساس این اندیشه، کلیه داده‌هایی که از دنیای واقعی اخذ می‌شود باید با توجه بر اهداف معینی تجزیه و تحلیل گردد. "اسمیت" و همکاران نیز معتقد هستند که GIS عبارت از یک سیستم پایگاه اطلاعاتی است که در آن اغلب داده ها ارجاعات و هویت مکانی می‌یابند و بر این اساس مجموعه‌ای از فرآیندهای عملیاتی را می‌توان به منظور پرس و جو از پایگاه اطلاعاتی با هدف آشکارسازی‌های جغرافیایی اعمال نمود (Smith et al., 1987).

اما "آرنوف" در سال 1989 GIS را به‌عنوان یک سیستم کامپیوتری قلمداد می‌نمایدکه با استفاده از آن می‌توان مجموعه‌ای از قابلیت‌های نرم‌افزاری را به‌منظور ورود، تبدیل و تحلیل داده‌ها اعمال و در نهایت اطلاعات خروجی را به‌طرق مختلف نمایش داد (Aronoff, 1989). در مجموع، با توجه به تعاریف مطرح شده می‌توان استنباط نمود که نقاط اشتراک در بین دیدگاه‌های مختلف مبین این است که GIS یک فنآوری است که با استفاده از آن امکان مدیریت و سازماندهی کلیه داده-های مکانی و توصیفی روی زمین با هدف تصمیم‌گیری بهینه میسر می‌گردد. با تحلیل ریشه‌ای خواستگاه‌های متفاوت اندیشمندان GIS شاید به‌توان باین نتیجه رسید که حداقل اغلب صاحب‌نظران به سه نگرش مختلف، اما در ارتباط باهم معتقد می‌باشند، که شامل دیدگاه‌های:

a) نقشه‌ها که در برگیرنده ابعاد کارتوگرافیک و نمایشی می‌باشند.

b) پایگاه داده‌ها که بر مدیریت منسجم و طراحی اصولی اطلاعات تاکید دارد.

c) تحلیل‌های مکانی که بر فرآیندهای مدل‌سازی از مکان‌ها و پدیده‌های جغرافیایی صحه می‌گذارند.

به‌منظور انسجام بخشیدن به سه دیدگاه فوق در یک چهارچوب جامع، دو دیدگاه دیگر شامل: روش‌های فنی و جنبه‌های کاربردی همواره بین متخصصان ذیربط مطرح بوده است.

1-4 اجزاء تشکیل دهنده GIS

بر اساس تعاریف مطرح شده، شاید به‌توان چنین استنباط کرد که، هر GIS می‌تواند دارای شش عنصر اصلی شامل: سخت افزارها، نرم افزارها، پایگاه داده‌ها، نیروهای انسانی، روش‌های تحلیلی و جنبه‌های کاربردی بوده باشد. اولین سخت‌افزار مورد نیاز در فرآیند GIS کامپیوتر است که قادر به اجرا و عملیاتی نمودن کلیه نرم‌افزارها از آن طریق ممکن می‌گردد. بسته به نیاز و توان مالی می‌توان از کامپیوترهای شخصی با ظرفیت‌های مشخص تا سوپرکامپیوترهای تخصصی را به‌کار گرفت. با اینکه، کامپیوتر اصلی‌ترین سخت‌افزار GIS محسوب می‌گردد، اما انواع اسکنرها و رقوم‌گرها باید به منظور تغذیه داده‌ها به آن متصل شوند. به‌وسیله رقوم‌گرها امکان تبدیل داده‌های کاغذی به رقومی فراهم می‌شود. با بهره‌گیری از اسکنرها امکان تبدیل نقشه‌ها به‌شکل رقومی مهیا می‌گردد. بعلاوه چاپگرها و پلاترها هم به‌عنوان ابزارهای خروجی به‌کار گرفته می‌شوند. در فصل 2 به تفصیل در ارتباط با خصوصیات عناصر سخت‌افزاری بحث شده است.

دومین عنصر اصلی فنآوری GIS نرم افزارها هستند. هر نرم‌افزاری باید دارای توابع و ابزارهایی ویژه جهت ذخیره، تحلیل و نمایش داده‌های جغرافیایی باشد. داشتن تحلیلگرهای مختلف و توابع کاربردی ویژه از مهمترین خصوصیت هر نرم‌افزار محسوب می‌گردد. اما نباید انتظار داشت که کلیه نرم افزارها همه نیازهای متخصصان و کاربران را برآورد سازند. ویژگی‌های اصلی انواع نرم افزارهای مطرح در سطح جهان، به‌ویژه کاربران داخل کشور، در فصل 2 ارائه گردیده است.

مشاهدات جغرافیایی و داده‌های سازماندهی شده در جداول ارتباطی هم اساس پایگاه‌های اطلاعاتی را تشکیل می‌دهند، که شاید به‌نوعی حساس‌ترین و پرهزینه‌ترین عنصر GIS به‌شمار می‌رود (DeMers, 1997). داده‌های جمع‌آوری شده در

جداول اطلاعاتی را می‌توان به پدیده‌های گرافیکی در روی نقشه‌های رقومی مرتبط ساخت و از این طریق داده‌های با ماهیت مکانی را با سایر منابع توصیفی تلفیق و امکان تحلیل‌های چندمنظوره را فراهم نمود.

اما نیروهای انسانی درگیر با فنآوری GIS از یک متخصص فنی، کسی که سیستم را طراحی و عرضه می‌دارد، تا کاربرانی که روزانه از آن استفاده می‌کنند، تغییر می‌نماید. به‌طورکلی نیروهای متخصص در جهت مدیریت و سازماندهی این سیستم نقش اصلی را به‌عهده دارند. در مجموع نیروهای انسانی را می‌توان بر اساس ماهیت و نوع برخورد خود با مقوله GIS به چهار گروه شامل: طراحان، متخصصان سیستم، کاربران و مدیران تصمیم‌گیرنده طبقه‌بندی نمود.

به منظور استفاده بهینه از فنآوری GIS و هدفمند کردن آن همواره باید تحلیل‌های مکانی خاصی را اعمال نمود. مسلما هر متخصص و یا هر سازمانی در این راستا می‌تواند روش‌های ویژه خود را به‌کار گیرد که شاید با سایرین متفاوت باشد. در مجموع در جهت اعمال انواع تحلیل‌های مکانی روش‌هایی ویژه‌ای ابداع شده است.

آخرین عنصر اصلی GIS جنبه‌های کاربردی آن است که هر متخصصی بر اساس نیاز رشته خود باید مد نظر داشته باشد. منظور از کاربرد همانا استفاده هدفمند از GIS در جهت رسیدن به اهداف از پیش تعریف شده‌ای است، که به‌منظور حل مشکل خاصی صورت می‌گیرد. در فصل 2 به کلیات جنبه‌های کاربردی پرداخت شده است.

1-5 سئوالاتی که GIS می‌تواند پاسخگو باشد

شاید ساده‌ترین طریق در تبیین GIS سئوالاتی است که این فنآوری توان پاسخگویی به آن‌ها را داراست. با بهره‌گیری از یک GIS غیرتخصصی متخصصان قادراند به سئوالات زیر پاسخ دهند:

موقعیت[19] – چه چیز در یک موقعیت خاص وجود دارد؟ معمولا از طریق این سئوال مشخصات اشیاء در مکان‌های جغرافیایی مشخص می‌گردد. موقعیت را می‌توان به‌صورت مکانی در نظر گرفت که از طریق نام، کدهای ویژه، آدرس‌ها و سیستم‌های تصویر و مختصات جغرافیایی قابل بیان است.

شرایط[20] – کجا چه چیزی اتفاق می‌افتد؟ در محیط GIS با بهره‌گیری از توابع تحلیلی می‌توان موقعیت‌هایی را شناسایی نمود که در آن‌ها شرایط خاصی حادث می‌شود. به‌عنوان مثال، شناسایی محدوده‌های بایر شهری با وسعت بیش از یک هکتار، واقع در محدوده با کاربری تجاری که دارای بافت فرسوده بوده باشند.

روند[21] – ماهیت (کمی و کیفی) چه چیزی از زمان معینی تا به‌حال تغییر نموده است؟ این سئوال در واقع مبین ترکیب دو سئوال اول و دوم بوده و اختلافات حاصله در یک مکان جغرافیایی به‌ازای زمان را مشخص می سازد.

الگوها[22] – چه الگوهای مکانی وجود دارد؟ از طریق این سئوال متخصصان ویژگی‌های مشخص و متمایز پدیده‌ها را شناسایی و به‌ازای یک و یا چند پارامتر معین، مکان‌های جغرافیایی را طبقه‌بندی نمایند. به‌عنوان مثال، ممکن است نحوه توزیع کاربری

---

[19] Locations
[20] Conditions
[21] Trends
[22] Patterns

اراضی شهری مثلا سبز و یا ورزشی در محدوده منطقه یک شهر تبریز به ازای فضاهای مسکونی و خـالی ذهنیـت خاصـی از توزیع الگوی فضای کاربری‌های خاص ایجاد نماید.

مدلسازی[23] – چه اتفاقی حادث خواهد شود؟ در محیط GIS با استفاده از توابع تحلیلی موجود و یا بهـره‌گیـری از زبـان‌هـای برنامه‌نویسی مکمل، امکان طرح شرایط ویژه‌ای (با آستانه‌های معینی) وجود دارد. به‌عنوان مثال، اگر رشـد شـهرهای واقـع در محدوده شهرستان مرند با نرخ بالا ادامه داشته باشد، چه تغییراتی در ظرفیت جمعیتی روستاهای تابعه رخ خواهد داد. بنابراین، با استناد بر توانایی‌های مذکور مشخص می‌گردد که GIS فقط یک ابزار تولید نقشه نیست، هر چند که با استفاده از آن می‌توان مبانی کارتوگرافیکی مدرن[24] را مهیا و با دسترسی به سیستم‌های تصویر[25] مختلف و رنگهای متنوع بهترین نقشه هـا را تولیـد نمود.

باید یادآور شد که GIS یک ابزار تحلیلی[26] است که مهمترین امتیاز آن تشخیص همبستگی‌های مکانی و ایجاد روابط معنی‌دار در بین عوارض ذخیره شده در لایه‌های اطلاعاتی است. در محیط GIS نقشه‌های مناطق جغرافیایی به‌صور سنتی ذخیره نمی-شوند، بلکه داده‌های مکانی به‌همراه اطلاعات توصیفی ذخیره شده در یک پایگاه اطلاعاتی منسجم در حالت رقومی به‌روش‌های مختلف قابل تحلیل‌اند. بنابراین، هر GIS استاندارد و تخصصی باید به سئوالات متعدد ذیل پاسخگو بوده باشد:

الف- در یک مکان مشخص چه چیزی وجود دارد؟

از این سئوال مشخص می شود که در یک موقعیت خاص جغرافیایی چه چیزی وجود دارد. یک مکان را می‌توان بر اساس ویژگی‌های معینی توصیف نمود. به‌عنوان مثال، شهر تبریز را می‌توان بر اساس نام، کد پستی و یا سیستم مختصـات مرجـع از طریق عرض و طول جغرافیایی نمایش داد.

ب- چه شرایطی در یک مکان مشخص حاکم است؟

سئوال دوم مستلزم وجود داده‌های مکانی است. بر اساس این سئوال شما می‌توانید موقعیت‌هـای جغرافیـایی را جسـتجو نمائید، که در آنها شرایط خاصی حاکمیت دارد. به‌عنوان مثال، با استناد بر این سئوال شما می‌توانید در اطراف شهر تبریز دنبال محدوده‌های بایر بگردید که دارای حداقل20 کیلومتر مربع مساحت بوده، در یک کیلومتری جاده اصلی قرار گرفته و با دارا بودن شرایط زمین‌شناسی مساعد برای احداث یک مجتمع مسکونی مناسب بوده باشند.

پ- روند تغییرات از زمان معین تا بحال چگونه بوده است؟

سئوال سوم بر پایه سئوالات اول و دوم استوار بوده و تلاش بر آن است که اختلافات حاصله در طول یک زمـان معینـی آشکار گردد. به‌عنوان مثال، می‌توان در محیط GIS تغییرات ایجاد شده در گستره دریاچه ارومیه که در طول چهل سال گذشته

---

[۲۳] Modelling
[۲٤] Modern Cartography
[۲٥] Projection Systems
[۲٦] Analytical Tool

صورت گرفته است را شناسایی نموده و بر اساس توابع نرم افزاری تغییرات حاصله را از نقطه نظرهای آماری و گرافیکی توصیف و تفسیر کرد.

ت- چه نوع از الگوهای مکانی وجود دارد؟

با طرح این سئوال در محیط GIS و با تکیه بر پایگاه اطلاعات موجود می توان الگوهای موجود را تشخیص داد. به‌عنوان مثال، می‌توان لغزش‌های احتمالی زمین در اطراف رودخانه‌ها را دسته‌بندی و از آن طریق انواع الگوهای موجود را شناسایی و نمایش داد. هدف اصلی ارزیابی نقش عوامل موثر و گاهی ناهنجاری های موجود می‌باشد، که خود به طبع مشخصه‌های رودخانه‌ای، شرایط زمین‌ساختی و یا دخالت انسان تغییر می‌نماید.

ج- چه خواهد شد اگر؟

از طریق اعمال این سئوال می‌توان شرایط مکانی و پدیده‌های آتی را به‌نوعی شبیه‌سازی کرد. به عنوان مثال، شاید یک متخصص ترافیک شهری این سئوال را مطرح نماید که با افزودن یک جاده فرعی به شبکه خطوط ارتباطی داخل شهری چه شرایط مساعد و یا ناهنجار ترافیکی احتمالی ممکن است در محدوده میدان اصلی شهر حاصل آید. پر واضح است پاسخگویی به این سئوالات نیازمند دسترسی به کلیه مشاهداتی است که در پایگاه داده‌های GIS قبلا جمع‌آوری شده است.

خ- طرح سئوالات با ماهیت غیر مکانی[27]

بعضی از پدیده‌ها ماهیت غیرمکانی دارند و مستقل از مکانی خاص می توانند حادث شوند. مانند طرح اینکه تعداد کل افرادی که در شهر تبریز به مسائل زیست‌محیطی بی‌اعتنا هستند، چند نفر می باشد. جهت پاسخ به این سئوال ما نیازمند داشتن اطلاعات مربوط به عرض و طول جغرافیایی نه‌خواهیم بود، چرا که هدف مشخص ساختن موقعیت دقیق افراد بی توجه به مسائل زیست‌محیطی نسبت به یکدیگر نیست.

د- طرح سئوالات مکانی[28]

در سرتاسر کره زمین درخیلی از مکان‌ها، پدیده ها و حوادثی وجود دارند که در ارتباط ذاتی با هم بوده و تاثیرات متقابلی بر روی همدیگر اعمال می‌نمایند. به منظور پاسخگویی به‌این نوع سئوالات باید در محیط GIS انواع تحلیل‌های مکانی را انجام داد. به‌عنوان مثال، می‌توان با داشتن اطلاعات موجود از GIS پرسید، چه نوع ساختمان‌هایی در شهر تبریز بر روی گسله‌های اصلی و یا در فاصله 5 کیلومتری از گسله‌های فرعی قرار گرفته‌اند و یا تعداد ساکنین مستقر در منطقه حاشیه نشین تبریز عمدتا با ساختمان‌های نامقاوم و غیراستاندارد چند نفر می‌باشد. نتایج حاصله از انواع تحلیل‌های مکانی - مربوط به نتایج وقوع احتمالی زلزله در ارتباط با مقاومت ساختمان‌ها و تعداد جمعیت - را می‌توان به‌صور مختلف به‌ویژه از طریق انواع نقشه‌ها نمایش داد.

1-6 عوامل موثر در توسعه صنعت GIS

[۲۷] Aspatial Questions
[۲۸] Spatial Questions

جهانی‌شدن فنآوری GIS در حد بسیار بالایی مدیون توانای منحصر به‌فرد آن در جهت ترکیب و تلفیق داده‌ها و اطلاعات متفاوت اخذ شده از منابع مختلف می‌باشد. البته توان GIS در جهت تحلیل مقادیر روند پدیده‌های موجود در روی زمین به‌ازای زمان در یک مکان جغرافیایی نیز از دیگر نشانه‌های قابلیت آن محسوب گردیده و موجب معروف‌شدن آن شده است. برای یک متخصص با تجربه و خبره، GIS به‌عنوان ابزار قوی تحلیلگری محسوب می‌گردد. پر واضح است که این سیستم در جهت حل مشکلات مطروحه به‌طور هوشمندانه عملا هیچ راه‌حلی را پیشنهاد نمی‌نماید، بلکه فقط بیانگر درک تحلیلگـران از موضـوعات جغرافیائی بوده که معمولا نتایج توسط متخصصان مدلسازی می‌گردد. شاید به‌توان چنین بیان کرد که GIS به‌طور کامل درک محققان را از فضا، الگوها و فرآیندهای زمینی آسان ساخته و در نتیجه، راه‌کارهای مناسبی را جهت حل مشکلات ارائه می‌دهد. بنابراین، هر کاربر و متخصصی با احاطه بر قابلیت‌های موجود در GIS خواهد توانست به‌آسانی کاربردهای متنوعی را تجربـه نماید. در طول چندین دهه گذشته عوامل متعددی موجب رشد سریع صنعت GIS شده است که می‌توان به اهم آنهـا در ذیـل اشاره نمود:

- کاهش قیمت کامپیوتر همزمان با افزایش سرعت عملیات محاسباتی،
- بهبود توابع عملیاتی نرم‌افزارهای کامپیوتری و طراحی محیط‌های کاری کاربرپسند،
- بهبود کیفی کارتوگرافی کامپیوتری،
- کاربردی شدن علوم جغرافیایی،
- تحول در فنآوری پایگاه‌های اطلاعاتی[29]،
- توسعه روزافزون فنآوری های ارتباطاتی و مخابراتی،
- رشد سریع فنآوری سنجش از دور و ظهور سیستم تعیین موقعیت جهانی[30]،

اصولا قبل از راه اندازی هر سیستم GIS باید اهداف کوتاه‌مدت و درازمدت آن به‌دقت مورد توجه قرار گیرد. از آنجائیکه موثر بودن و کارائی (مزایا در مقابل هزینه‌ها) سیستم به مقدار زیادی بستگی به نحوه تهیه، کیفیت و قابلیت داده‌های اولیه اخذ شده دارد، باید افراد و سازمان‌های علاقمند در توسعه فنآوری GIS در جهت نگهداری اصولی و بهنگام نمودن پایگـاه هـای اطلاعاتی خود برنامه‌های منظمی را تدوین و اجرا نمایند.

1-7 چرا محققان علوم شهری به GIS نیازمنداند؟

در حال‌حاضر، بسیاری از متخصصان در رشته‌های مختلف، نظیر جغرافیدانان، زمین‌شناسان، محققان محیط زیست و به‌ویژه برنامه‌ریزان شهری اهمیت تحلیل‌های مکانی را به‌خوبی درک کرده و با سازماندهی اطلاعات حاصله ضرورت اسـتفاده از این فنآوری قرن را عملا شروع نموده‌اند. GIS می‌تواند کاربردهای متعددی را عرضه نماید، چرا که در این محـیط اطلاعـات ماهیت جغرافیایی داشته و با این زمینه امکان تحلیل‌های مکانی به‌راحتی میسر می‌گردد. با بهره‌گیری از GIS می‌توان منـابع

[29] Information Technology معروف به IT

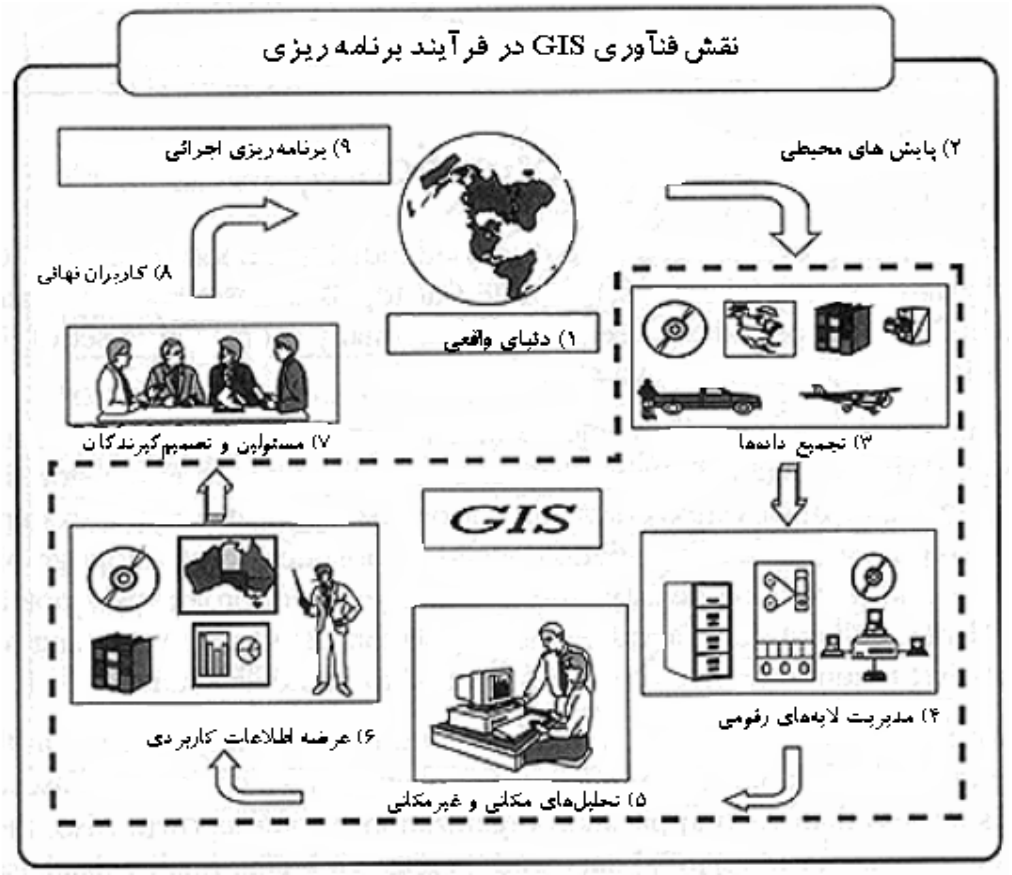
[30] Global Positioning System (به‌اختصار GPS)

غیرمتجانس را متحد نموده و داده‌های مکانی و خصیصه‌های مرتبط را همزمان تجزیه و تحلیل نمود. GIS از مهمترین فنآوری_ها است که از طریق آن امکان آشکارسازی روابط نهان و بارزسازی مصور مهیا می‌شود. امروزه توانایی GIS در انجام تحلیل‌های مکانی متفاوت به‌اثبات رسیده است و از آن طریق می‌توان موضوع شراکت در اطلاعات جغرافیایی و غیرجغرافیایی را در سرتاسر جهان اعمال نمود. در حال حاضر در اغلب کشورها، GIS به‌عنوان ابزاری قدرتمند و ارزشمند دارای توان ویژه در جهت حل مشکلات سازمان‌های مختلف علمی و اداری گشته است. در روند به‌کارگیری آن باید به چهار اصل پایه‌ای نظیر برنامه ریزی پروژه، تصمیم‌گیری بهینه، تحلیل‌های بصری و بهبود انسجام سازمانی توجه نمود.

مزیت یک سیستم GIS معمولا از طریق طراحی دقیق پروژه‌های مربوطه ارزیابی می‌شود که همواره با انبوهی از اجزاء فضایی متعدد همراه است. در آغاز تحقیق، با بیان پیش‌فرض‌های مشخصی و یا مسئله خاصی هر پروژه ای شروع می‌شود. تولید نقشه‌های موضوعی را می‌توان بر اساس یک و چند نقشه پایه امکان پذیر ساخت. به‌عنوان مثال، می‌توان طراحی نقشه کاربری اراضی را بر اساس نقشه ترکیب خاک، پوشش گیاهی و توپوگرافی منطقه شروع نمود. داشتن ترکیب مشخص و منسجمی از پدیده‌های مورد نظر می‌تواند در روند تولید نقشه‌های دلخواه نقش اصلی را ایفا نموده و فرآیندهای مربوطه را تسریع نماید. در اغلب موارد، با تولید مدل‌های پایه در محیط GIS، امکان طراحی و تولید سایر نقشه‌های بعدی نظیر لایه شیب، جهت ناهمواری، مسیر جریان آب به‌راحتی امکان پذیر می‌گردد.

به‌علاوه با توجه به اطلاعات موجود در پایگاه داده‌ها، انجام انواع تحلیل‌های مکانی و محاسبات هندسی مهیا می‌شود. اصطلاح "اطلاعات بهتر" منجر به اتخاذ تصمیمات بهتری می‌گردد، واقعیتی است انکارناپذیر که توسط سیستم‌های اطلاعاتی در علوم زمین مصداق پیدا می‌نماید. اما باید یادآور شد که GIS یک تصمیم‌گیرنده خودکار نه‌بوده و باید از آن به‌عنوان ابزاری یاد نمود که با بهره‌گیری اصولی از این سیستم، امکان پرسشگری و تحلیل مشاهدات سازماندهی شده در پایگاه‌داده ها میسر می‌گردد. بنابراین، خروج اطلاعات و ایجاد انواع مدل‌ها فرآیند تصمیم‌گیری بهینه را برای مدیران تصمیم‌گیرنده مهیا می سازد. با دقت به کلیات شکل شماره 3-1 که به‌صورت شماتیکی ارائه شده است می‌توان دریافت که در روند مدیریت مسائل دنیای واقعی در محیط GIS مراحل زیر مطرح می باشند:

a) اخذ و جمع‌آوری مشاهدات،
b) مدیریت و سازماندهی داده‌ها،
c) تجزیه و تحلیل داده‌ها،
d) مدل‌سازی و نمایش اطلاعات،
e) بحث و تبادل نظر در روند تصمیم‌گیری ها،
f) برنامه‌ریزی و اجرای تصمیمات متخذه،



شکل شماره 3-1: مراحل طراحی و مدیریتی GIS از دنیای واقعی

تجسم‌های بصری و نمایش اطلاعات به‌صور گوناگون از مهمترین امتیازات فنآوری GIS محسوب می‌گردد. بـه‌عنـوان مثال، مدل ناهمواری زمین[31] از مهمترین جلوه‌های نمایشی - بصری است، چرا که با استفاده از این مدل چشم اندازهای زمین را می‌توان بهتر و واقعی‌تر مشاهده و تداعی نمود (George and Korte, 1997). به‌علاوه بسـیاری از محاسـبات هندسـی نظیر مقادیر فاصله، مسافت، محیط، مساحت سطوح زمین و حتی محاسبات سه‌بعدی از صحنه‌های جغرافیایی قابل انجام است. اصولا توابع محاسباتی به محققان کمک می نماید تا در جهت مدیریت منابع آب، محاسبه مقادیر رسوب‌گذاری در رودخانه‌ها و احتمال لغزش زمین در دامنه‌های ناپایدار، مدلهای قابل اعتمادی را تولید نمایند. به غیر از کاربردهای محیطی و بر آورد ریسک پدیده‌ها، می توان از GIS با هدف طراحی سناریوهای مطالعات مربوط به احتمال وقوع آتش‌سوزی در محدوده‌های شهری، با توجه به توزیع جمعیت، پارامترهای اقتصادی و ایمن‌سازی فضاهای آموزشی به‌فراخور نیاز بهره برد.

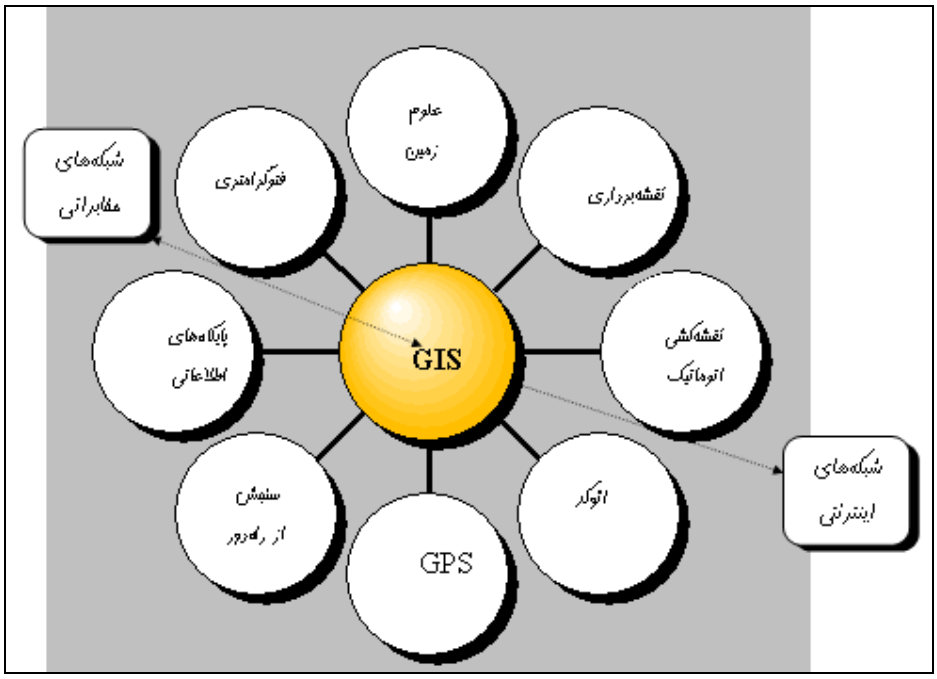
در حال حاضر، بسیاری از سازمان‌هایی که در طراحی و راه اندازی GIS توفیقاتی داشته‌اند، متوجه شده‌انـد کـه یکـی از مزایای آشکار آن بهبود ساختار سازمانی و افزایش کیفی منابع مربوطه است. با توجه باین موضوع که GIS دارای توان مرتبط ساختن انواع داده ها با ارجاع به مکان های جغرافیایی را دارد، امکان شراکت بین سازمانی و تبادل منطقی اطلاعات بـه‌آسـانی مهیا می‌گردد. از طریق ایجاد پایگاه اطلاعات مشترک بین سازمانی، هر واحد می‌تواند از مزایای کار سایر واحدها بهره برده و در

[31] Digital Terrain Modeling (DTM)

عین حال نتایج کار خود را در اسرع وقت به سایر گروه ها انتقال دهد. همواره با طراحی و تکمیل پایگاه‌های اطلاعات به‌کرات می‌توان از آن استفاده برد و در صورت لزوم آنرا بهنگام کرد. امروزه میزان ارتباطات بین دانشگاه‌ها، سازمان‌ها و حتی کـاربران ساده در حال افزایش است. این مکانیسم موجب کاهش فرآیندهای موازی شده و این روند باعث ذخیره‌شدن انرژی و افـزایش کیفیت کار و میزان تولید در سازمان‌های آموزشی، اداری و حتی صنعتی به‌همراه کاهش هزینه‌های تحقیقاتی خواهد شد.

1-8 قابلیت‌های متنوع GIS

در چندین دهه گذشته، به‌دلیل ماهوی، طراحی کامپیوتری نقشه‌ها و تحلیل‌های فضایی تقریبا به‌طور همزمان رایج گردیده و در زمینه‌های علمی مختلف گسترش داشته است. توانای‌های موجود در فنآوری GIS را نمی‌توان بدون توجه به تکنولوژی-های مجاور نظیر: نقشه‌برداری، کارتوگرافی، فتوگرامتری، سنجش از دور، سیستم تعیین موقعیـت جهـانی و سـخت افزارهـای کامپیوتری درک و به‌طور کاربردی هدایت نمود (شکل شماره 4-1).



شکل شماره 4-1: روابط بین GIS و سایر سیستم‌های مرتبط

GIS به‌دلیل ارتباط با سایر فنآوری‌های مجاور، به سرعت به‌عنوان یک ابزار استاندارد به منظور مدیریت منابع طبیعی و نیروهای انسانی تلقی گردیده است، چرا که جمع‌آوری حجم زیادی از داده‌های جغرافیایی و به‌کارگیری موثر آن‌ها نیازمنـد بـه یک سیستم با توان بسیار بالا را می‌طلبد. GIS کاربردهای متعددی در عرصه‌های مختلف را عرضه می دارد که به‌اختصار اهم آن‌ها در جدول شماره 1-1 درج شده است. در کل، فنآوری GIS به محققان امکان می دهد تا:

- پایگاه‌های اطلاعات مورد نیاز خود را طراحی کنند،
- در جهت تجزیه و تحلیل داده‌های مکانی بهترین توابع را در اختیار داشته باشند،
- سئوالات متعدد و چند منظوره‌ای را طرح نمایند،

- داده‌های خود را به‌طور مطلوب سازماندهی نمایند،
- انواع نقشه‌های موضوعی را طراحی کنند،
- از طریق سیستم اینترنت و اینترانت در سرتاسر جهان باهم در ارتباط باشند،
- اطلاعات متنوع را تلفیق و با یکپارچه نمودن آن‌ها روابط نهان را آشکار سازند،
- با تولید مدل‌های کاربردی فرصت تصمیم‌گیری بهینه را مهیا سازند.

جدول شماره 1-1: بعضی از زمینه‌های کاربردی فناوری GIS

زمینه و قلمرو کاربرد	نوع کاربرد، به‌عنوان مثال:
فرآیند طراحی	برنامه‌ریزی شهری، مدیریت حمل و نقل، معماری ساختمان، طراحی مساکن و چشم‌اندازها
مدیریت شبکه حمل و نقل	آدرس‌یابی، ترافیک جاده‌ای و بنادر و فرودگاه‌ها
منابع طبیعی	مدیریت منابع جنگلی، ارزیابی منابع دریایی، حیات وحش، منابع تجدید پذیر، مطالعات جغرافیایی، مهندسی رودخانه‌ای و زمین‌شناسی
واگذاری تسهیلات ملی	طراحی خطوط آب، گاز و فاضلاب شهری و تلفن
آمایش سرزمین	منطقه بندی، املاک و مکان‌یابی صنعتی، کشاورزی، خدمات و طرح‌های تفضیلی روستایی
مدیریت ریسک و بحران	کنترل سیلاب، پهنه بندی زلزله، ارزیابی آلودگی شهری
عملیات نظامی	مکان یابی مناسب جهت استقرار نیروها، استفاده بهینه از عوارض زمین و احداث مواضع دفاعی
طراحی های سه بعدی	تهیه مدل ناهمواری زمین، شیب زمین و جهت ناهمواری و شبیه‌سازی مجازی سه بعدی از فضا و اعماق زمین
آموزش مصور و به‌هنگام	تجسم مکان‌ها و پدیده‌ها و فرآیندهای محیطی و انتقال موثر اطلاعات به مخاطبان

1-9 جمع بندی

در فصل جاری مطرح گردید که GIS یک سیستم اطلاعاتی است که در آن با بهره‌گیری از محیط‌های سخت‌افزاری می‌توان انواع داده‌های جغرافیائی، به‌ویژه از محیط‌های شهری، را اخذ، ویراستاری، تجزیه و تحلیل، مدل‌سازی و نمایش داد. در کل، هر GIS قادر است داده‌های مکانی و توصیفی را به فرمت‌های مورد نیاز تبدیل نماید. ضمنا، در اغلب موارد، این امکان وجود دارد که با بهره‌گیری از سخت‌افزارهای الکترونیکی متعددی مانند: رقوم‌گرها و اسکنرها، داده‌های مورد نیاز را به محیط GIS تغذیه و به‌منظور نمایش رقومی[32] پدیده‌های جغرافیایی موجود در روی سطح زمین و و تحلیل حوادثی که اتفاق می‌افتد به‌کارگرفت. در این سیستم می‌توان داده‌های غیرمکانی[33] (خصیصه های اشیاء)[34] را به‌گونه‌ای منطقی به داده‌های مکانی[35]

[۳۲] Digital
[۳۳] Non-Spatial

ارتباط داد و همه اطلاعات قیاسی[36] سنتی را به‌صورت داده‌های رقومی تبدیل و سازماندهی نمود. هـر سیسـتم GIS از اجـزاء متعددی ساخته شده که هر کدام از آن‌ها دارای وظایف ویژه‌ای است.

---

[٣٤] Attributes
[٣٥] Spatial
[٣٦] Analogue

سئوالات فصل اول:

1) دو تعریف متفاوت از فنآوری GIS را مطرح و مفاهیم مربوطه را مقایسه نمائید.
2) عناصر اصلی تشکیل‌دهنده GIS کدامند؟
3) در روند مدیریت مسائل دنیای واقعی در محیط GIS چه مراحلی را باید طی نمود؟
4) وظیفه اصلی هر نرم‌افزار تخصصی GIS چیست؟
5) نقش فنآوری‌های مرتبط با GIS را متذکر شوید.
6) جند کشور پیشگام در صنعت GIS را ذکر نمائید.
7) چند مورد از جنبه‌های کاربردی GIS در زمینه رشته خود را به‌اختصار شرح دهید.
8) طراحی یک عملیات تحقیقاتی در چه مراحلی صورت می‌گیرد؟
9) GIS به چه نوع سئوالاتی می‌تواند پاسخگو باشد؟
10) مهم‌ترین کاربردهای GIS در برنامه‌ریزی شهری را شرح دهید؟

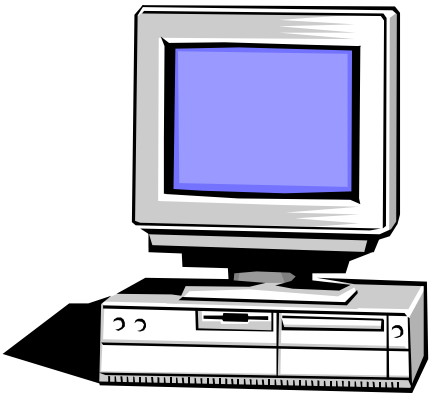
منابع تکمیلی برای مطالعه:

1) خواجه، خسرو (1373) سیر تحول GIS، سپهر، شماره 11
2) دادرست، محمدجواد (1379) معیارهـــای انتخاب یک نرم افزار GIS مناسب، مجله سپهر، شمارهٔ 35
3) رسولی، علی‌اکبر (1384) تحلیلی بر فنآوری سیستم‌های اطلاعات جغرافیائی، اداره چاپ و انتشارات دانشگاه تبریز.
4) رسولی، علی‌اکبر (1371) مروری بر سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی، مجله سپهر، شمارهٔهای 3 و 4
5) مدیری، مهدی (.137) اشاره، GIS سنتی و پویا، مجلهٔ سپهر، شمارهٔ 10

1) Aronoff, S. (1989) Geographic Information Systems: a management perspective. WDL Publication, Ottawa Canada.
2) Burrough, P.A. (1986) Principles of Geographical Information Systems for Land Resource Assessment. Clarendon, Oxford, UK.
3) Maguire, D.J., Goodchild M.F., Rhind D.W. (1997) Geographic Information Systems: principles, and applications. Longman Scientific and Technical, Harlow.
4) Smith, T. R., Menon S., Starr J. L., Estes J. E. (1987) Requirements and Principles for the Implementations and Construction of Large – scale GIS. International Journal of GIS 1: 13-31.
5) Tomlinson, R.F. (1967) An Introduction to the Geographical Information Systems of the Canada Land Inventory. Department of Forestry and Rural Development, Ottawa Canada.

فصل ۲

اجزاء تشکیل دهنده GIS



چکیده:

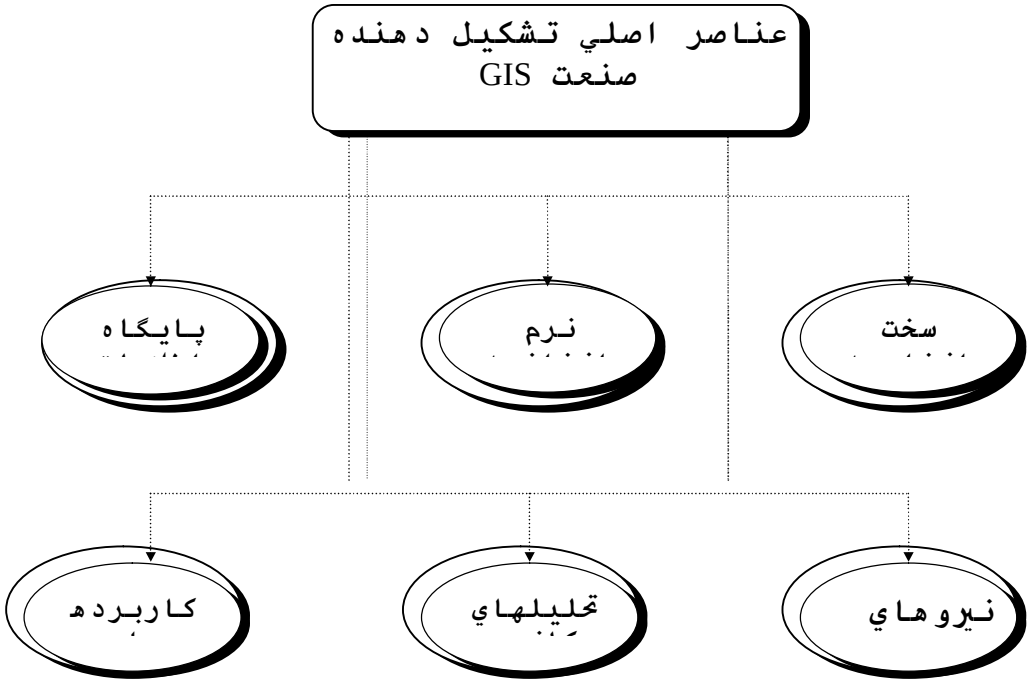
بر اساس تعاریف مطرح‌شده در فصل اول، شاید به‌توان چنین استنباط کرد که هر GIS می‌تواند دارای شش عنصر اصلی شامل: سخت‌افزارها، نرم‌افزارها، پایگاه اطلاعات، نیروهای انسانی، روش‌های تحلیلی و جنبه‌های کاربردی باشد. به‌طور اصولی شناخت و به‌کارگیری هر کدام از اجزاء سازنده این فنآوری به تنهایی و در ارتباط با سایر اجزاء بسیار تعیین‌کننده می‌باشد، چرا که در فرآیند پردازش داده‌های مکانی و غیرمکانی در محیط GIS هر کدام از این عناصر نقش خاصی را ایفاء می‌نمایند. در فصل جاری، ویژگی‌های اصلی عناصر تشکیل دهنده فنآوری GIS، وظایف مربوطه و نحوه به‌کارگیری آن‌ها مورد بحث قرار گرفته است.

2-1 مقدمه

سخت‌افزارها، نرم‌افزارها، پایگاه داده‌ها، نیروهای انسانی، روش‌های تحلیلی و جنبه‌های کاربردی عناصر اصلی تشکیل‌دهنده فناوری GIS محسوب می‌گردند. اوّلین سخت‌افزار موردنیاز در یک ساختار GIS کامپیوترها هستند که نصب، تعبیه و عملیاتی‌نمودن کلیه نرم‌افزارها از طریق آن ممکن می‌گردد. بسته به نیاز و توان مالی می‌توان کامپیوترهای شخصی با ظرفیت‌های مشخص تا سوپرکامپیوترهای تخصصی را به‌کار گرفت. با اینکه، کامپیوتر اصلی‌ترین سخت افزار GIS محسوب می‌گردد، اما انواع اسکنرها و رقوم‌گرها باید به منظور تغذیه داده‌ها به آن متصل شوند (رسولی، 1384). به‌وسیلهٔ رقوم‌گرها امکان تبدیل داده‌های کاغذی به رقومی فراهم می‌شود. با بهره‌گیری از اسکنرها هم، امکان تبدیل نقشه‌ها به شکل رقومی فراهم می‌گردد. به‌علاوه چاپگرها و پلاترها هم به‌عنوان ابزارهای خروجی به‌کار گرفته می‌شوند.

دوّمین عنصر اصلی فنّاوری GIS، نرم‌افزارها هستند. هر نرم‌افزاری باید دارای توابع و ابزارهایی ویژه جهت ذخیره، تحلیل و نمایش داده‌های جغرافیایی باشد. داشتن تحلیلگرهای مختلف و توابع کاربردی ویژه از مهم‌ترین خصوصیت هر نرم‌افزاری محسوب می‌گردد. امّا نباید انتظار داشت که کلیه نرم‌افزارها همه نیازهای متخصصان را برآورده سازند. مشاهدات جغرافیایی و داده‌های سازمان‌دهی شده در جداول ارتباطی اساس پایگاه‌های اطلاعاتی را تشکیل می‌دهند، که شاید حساس‌ترین و پرهزینه‌ترین عنصر GIS به شمار رود (DeMers, 1997). داده‌های جمع‌آوری شده در جداول اطلاعاتی را می‌توان به پدیده‌های گرافیک در روی نقشه‌های رقومی مرتبط ساخت و از این طریق GIS قادر خواهد بود داده‌های با ماهیت مکانی را با سایر منابع توصیفی تلفیق و امکان تحلیل‌های چندمنظوره را فراهم نماید.

امّا نیروهای انسانی درگیر با فناوری GIS از راهبران، کسانی که سیستم را طراحی و عرضه می‌نمایند، تا کاربرانی که روزانه از آن استفاده می‌کنند، تغییر می‌نماید. به منظور استفادهٔ بهینه از فنّاوری GIS و هدفمندکردن آن، همواره باید تحلیل‌های مکانی خاصی را اعمال نمود. مسلماً هر متخصص و یا هر سازمانی در این راستا می‌تواند روش‌های ویژهٔ خود را به‌کار گیرد که شاید با سایرین متفاوت باشد. در جهت اجرای انواع تحلیل‌های مکانی روش‌های ویژه‌ای ابداع شده است. آخرین عنصر اصلی GIS جنبه‌های کاربردی آن است که هر متخصصی بر اساس نیاز رشته خود باید مدّنظر داشته باشد. منظور از کاربرد، استفادهٔ هدفمند از GIS در جهت رسیدن به اهداف از پیش تعریف شده‌ای است که به منظور حلّ مشکل خاصی صورت می‌گیرد. اجزا اصلی تشکیل دهنده فناوری GIS توسط شکل شماره 1-2 به صورت شماتیکی نمایش داده شده است.



شکل شماره 1-2: عناصر اصلی تشکیل‌دهنده فنآوری GIS

2-2 سخت‌افزارها

بعضی از محققان، صنعت GIS را فقط متشکل از سه مولفه اصلی شامل سخت افزار، نرم افزار و اطلاعات تلقی می‌نمایند. در این میان، سخت افزارها به‌عنوان مولفه فیزیکی مطرح‌اند و شامل انواع کامپیوترها، رقومگرها، اسکنرها و سایر ابزارهای مورد نیاز در مراحل مختلف ورود، ذخیره، تبدیل، تحلیل و نمایش اطلاعات مکانی و توصیفی می باشند، که لزوما توسط متخصصان در جهت رسیدن به اهداف از پیش تعیین شده باید به‌کار گرفته شوند. به‌طور حتم، بدون استفاده از پیکره سخت‌افزاری هیچ فرآیند نرم‌افزاری در روند تحلیلهای مکانی به سرانجام نمی‌رسد. امروزه، با توجه به روند پیشرفت‌های روزافزون صنعتی، ابزارهای سخت‌افزاری جدیدی به بازار معرفی شده است. نتیجه این روند مطابقت بهتر محیط سخت افزاری با معماری نوین نرم‌افزارها بوده و بنابراین زمینه برای رشد سریع فنآوری GIS فراهم می‌گردد. به‌طور کلی می‌توان هر سخت افزار را محیط و یا واسط فیزیکی تعریف نمود که در آن اجرای عملیات نرم‌افزاری، پردازش و ذخیره اطلاعات جغرافیایی و توصیفی ممکن می‌شود. در مراحل مختلف ورود، ذخیره، تجزیه، تبدیل و نمایش اطلاعات می‌توان از انواع سخت‌افزارهای متنوع استفاده نمود، که به‌دلیل نقش حساسی که ایفاء می‌نمایند از طرف کاربران و متخصصان با اهمیت تلقی می‌شوند. کلیه نرم افزارهای GIS توسط انواع سخت افزارهای مختلف – به‌ویژه انواع کامپیوترها از کامپیوترهای شخصی تا سوپررایانه‌ها به‌صورت فردی و یا تحت شبکه - مدیریت می‌گردند. به‌غیر از کامپیوترها سایر سخت‌افرارهای دیگر نظیر: رقومگرها، اسکنرها، سیستم تعیین موقعیت جهانی، رسام‌ها[37]، چاپگرها و حتی فاکس- مودم جهت مدیریت منسجم اطلاعات به‌صورت گسترده مورد نیاز هستند (Dangermond and Morehouse, 1987). مهمترین سخت افزارهای فنآوری GIS شامل:

- انواع کامپیوترها
- سخت‌افزارهای ورودی و تبدیل داده‌ها
- سخت‌افزارهای خروجی و نمایش اطلاعات

هستند که هر کدام در ارتباط هماهنگ در صنعت GIS نقش مهمی را ایفاء می‌نمایند.

2-2-1 نقش کامپیوترها

عملیات اصلی در محیط هر GIS ای بر پایه کامپیوترها استوار بوده و از این نوع سخت افزار به منظور ورود، ذخیره و پروسه داده‌ها و تبدیل آن‌ها به اطلاعات استفاده می‌گردد. اندازه هر سیستم کامپیوتری به نوع و ماهیت و هدف پروژه GIS در دست اجرا بستگی دارد. پروژه‌های محدود را می‌توان با بهره‌گیری از امکانات تعبیه‌شده در کامپیوترهای شخصی مدیریت کرد، در حالیکه جهت اجرای پروژه سازمانی و به‌ویژه ملی به سوپرکامپیوترها و سایر دستگاه‌های سرویس‌دهنده نیاز مبرم خواهد بود. بر اساس یک تعریف ساده می‌توان کامپیوتر را به‌عنوان ماشینی الکترونیکی و قابل برنامه‌ریزی تصور نمود که به‌منظور ورود، ذخیره‌سازی، پردازش داده‌ها و خروج اطلاعات به‌صور مختلف به‌کار گرفته می‌شود.

در امر به‌کارگیری کامپیوترها در مقوله GIS باید به نقش اجزای تشکیل‌دهنده شامل موارد مندرج در ذیل توجه خاص داشت.

- صفحه کلید، ماوس، فلاپی درایو، انواع دیسک‌های فشرده و فاکس- مودم به منظور ورود داده‌ها،

---

[37] Plotters

- حافظه‌های اصلی و فرعی و واحد پردازشگر مرکزی[38] به‌عنوان اجزاء اصلی کامپیوتری جهت انجام انواع محاسبات، ذخیره و پردازش داده‌ها و تبدیل آن‌ها به اطلاعات،
- مانیتورها به‌عنوان اجزاء خروجی و نمایش مدل‌های نهایی،

در این میان، اجزای اصلی سخت‌افزاری هر کامپیوتر شخصی شامل ریزپردازنده و حافظه‌ها هستند. در هر کامپیوتری ریزپردازنده ها مهمترین جزء سخت افزاری محسوب می شوند که به‌صورت یک مدار مجتمع در واحد سیستم قرار گرفته و عملیات حساب، منطق، کنترل و به‌طور کلی پردازش اطلاعات جغرافیایی و توصیفی را بر عهده دارند. این مجموعه که به‌نام واحد پردازشگر مرکزی معروف‌اند، در کامپیوترهای شخصی بر حسب مشخصات پردازشگر مربوطه به‌کار گرفته می‌شوند. حافظه‌ها از دیگر اجزای تشکیل‌دهنده کامپیوترها به‌شمار می‌روند که حجم عملیات در حال پردازش به مقدار زیادی به توانایی آن‌ها بستگی دارد. در واقع، حافظه ورود داده‌ها و خروج اطلاعات را کنترل نموده و همچنین دستوراتی را که از واحد مرکزی صادر می‌گردد را می پذیرد، بنابراین، محلی برای نگهداری داده‌ها، دستورالعمل‌ها و نتایج حاصل از پردازش داده‌های گرافیکی و توصیفی تلقی می‌گردد. در حالت کلی، کامپیوترهای شخصی دارای:

حافظه‌های اولیه یا اصلی شامل:

- RAM ها حافظه‌ای هستند جهت خواندن و نوشتن اطلاعات،
- ROM ها حافظه‌ای هستند فقط قابل خواندن اطلاعات،

حافظه های ثانویه شامل:

- دیسک‌های مغناطیسی،
- دیسک‌های لرزان نظیر انواع فلاپی درایوها، CD و DVD ها،
- و دیسک‌های کمکی

می باشند.

در جهت مدیریت برنامه‌های GIS، به‌علت حجم و تنوع داده‌ها، به حافظه‌های با ظرفیت بالا نیاز است. به‌علاوه داشتن سرعت زیاد و کارت گرافیکی مناسب برای هر کامپیوتری از اساسی ترین عواملی است که متخصصان باید به آن در هنگام پردازش داده‌ها توجه نمایند. با توجه به اهداف کاربردی و امکانات مالی، می‌توان از انواع کامپیوترهای شخصی، مینی، سوپر و سیلیگان گرافیک ها جهت آموزش و یا مدیریت پروژه‌های GIS به‌صورت فردی و یا تحت شبکه در سازمان‌های دولتی و بخش خصوصی استفاده نمود. نباید فراموش کرد که امروزه، تکنولوژی سخت‌افزاری به سرعت در حال تحول بوده و امکان تولید، پروسه و ذخیره حجم عظیمی از داده‌های جغرافیایی و محیطی میسر شده است. به‌عنوان مثال، کمپانی "راید تک"[39] کامپیوترهایی با امکان ذخیره‌سازی بیش از چندین "ترابایت"[40] در اختیار فنآوری GIS قرار داده است. امکانات جدید

---

[38] Central Processing Unit (CPU)
[۳۹] Raid Tec

عرضه شده به‌عنوان مناسب‌ترین سخت‌افزارهای کامپیوتری در جهت ذخیره، بازیابی و پردازش اطلاعات شناخته می‌شوند و می‌توان از این امکانات مدرن در مدیریت پروژه‌های سازمانی و حتی در ابعاد GIS ملی بهره‌برداری مناسبی داشت. به‌طور کلی در جهت انتخاب کامپیوتر برای اجرای عملیات GIS باید به ویژگی‌های زیر توجه اساسی داشت:

- هدایت سایر سخت‌افزارهای متنوع،
- مدیریت نرم‌افزارهای نصب شده،
- کنترل دقت و سرعت کلیه محاسبات،
- نحوه ذخیره داده‌ها و نمایش نتایج پردازش شده،
- تنظیم محیط‌های کاری به‌ویژه برقراری ارتباط بین نرم‌افزارهای مختلف،
- هدایت سیستم تحت شبکه‌های مختلف.

2-2-2 سخت‌افزارهای ورود و تبدیل داده ها

الف: نقش رقومگرها

رقومگری عبارت از فرآیند تبدیل پدیده‌های آنالوگ روی یک نقشه به فرمت رقومی آن است. وقتی شما می‌خواهید یک نقشه را به محیط کامپیوتر خود وارد کنید، در واقع با بکارگیری یک میز رقومگر که به کامپیوتر متصل شده است، بر روی پدیده‌های مورد نظر خود نشانه می‌روید. در این حالت مختصات جغرافیایی به‌همراه ارزش‌های گرافیکی مربوطه این پدیده‌ها، به‌طور اتوماتیکی ثبت گردیده و به‌عنوان داده‌های مکانی در کامپیوتر شما ذخیره می‌شوند (Chrisman, 1978). از طریق رقومی‌کردن داده‌ها، کاربران می‌توانند پدیده‌های موجود در روی نقشه‌های کاغذی را به محیط اغلب نرم‌افزارهای GIS منتقل نمایند. بنابراین، شما ممکن است خواسته باشید یک لایه جدید به محیط یک نقشه موجود اضافه، یا به‌طور کامل کلیه لایه‌های مورد نیاز خود از منطقه مطالعاتی را به صورت رقومی تهیه نمایید. البته با استفاده از یک رقومگر امکان بهنگام نمودن لایه‌های قدیمی نیز میسر است.

به منظور تبدیل نقشه‌های کاغذی به فرمت رقومی معادل، رقومگرهای متنوعی در اندازه‌های متفاوت به بازار عرضه شده است. از این میان به نظر می‌رسد محصولات کمپانی CalComp در ایران کاربرد بیشتری دارد (شکل شماره 2-2). بنابراین، توصیه می‌گردد کاربران جدید با نحوه راه‌اندازی و استفاده اصولی یکی از سایزهای متداول رقومگری شروع نمایند. دستگاه رقومگری در اندازه های A0 و A3 را می‌توان در روی میز و در کنار کامپیوتر شخصی به‌آسانی تعبیه نمود. اصولا به منظور بهره‌برداری بهینه باید همواره به موارد ذیل توجه اساسی داشت:

- برقراری اتصالات صحیح در میان ابزارهای الحاقی مربوط به دستگاه رقومگری،
- اتصال دقیق دستگاه رقومگری به کامپیوتر میزبان (شخصی و یا تحت شبکه)،
- تنظیم نرم‌افزاری سیستم عامل (مثلا ویندوز 98 و یا XP)،

---

[40] هر ترا بایت معادل ۱۰۰۰ گیگابایت است

- تعبیه اصولی نرم‌افزار رابط دستگاه رقومگری و معرفی آن به کامپیوتر میزبان،
- تعبیه دقیق نرم افزار مربوط به GIS تحت سیستم عامل،
- معرفی دقیق و اصولی کلیه سخت‌افزارها و نرم‌افزارهای واسط،
- شروع رقومگری با توجه به اطلاعات ارائه‌شده در راهنمای موجود،
- کسب اطمینان از دقت و صحت مراحل رقومگری با توجه به خطای مجاز،
- خصوصی‌سازی کلیه سیستم‌ها و نگهداری فنی از داده‌های رقومی.

شکل شماره 2-2: رقومگر CalComp در اندازه بزرگ A0

به‌طور کلی تامین اطلاعات رقومی از طریق رقومگرها نیازمند صرف انرژی انسانی و مستلزم زمان بیشتری می‌باشد. اما دارای امتیازات خاصی نظیر قابلیت انعطاف بالا و مطابقت این روش با داده‌های برداری است. بعلاوه، با استفاده از این شیوه می‌توان در محیط نرم‌افزارهای اتوماتیک نقشه‌های رقومی‌شده را کنترل، بهنگام و میزان خطاهای موجود را تعدیل نمود. به نظر محقق، و سایر متخصصان نظیر "ماربل " و همکاران امروزه علیرغم ظهور انواع اسکنرها، به‌دلایل کارتوگرافیکی و به‌ویژه آموزشی می‌توان از دستگاه‌های رقومگری نیز بهره برد (رسولی، 1384).

ب) به‌کارگیری اسکنرها

در خیلی از موارد، منابع مورد نیاز در پروژه‌های GIS در فرمت‌های رقومی نیستند و اغلب منابع پایه‌ای به‌صورت نقشه‌های آنالوگ تهیه شده‌اند. بنابراین، باید این نقشه‌ها به فرمت‌های قابل قبول در فرآیندهای GIS تبدیل گردد. این فرآیند از طریق فنآوری اسکن‌کردن میسر شده و به دستگاهی که این کار را امکان پذیر می‌سازد "اسکنر" گفته می‌شود. در واقع،

اسکنر دستگاهی است الکترونیکی که به‌وسیله آن امکان ورود اطلاعات موجود در روی نقشه‌ها و حتی عکس‌های هـوایی بـه داخل کامپیوتر ممکن می‌گردد. با توجه به نیاز و هدف جمع‌آوری اطلاعات انواع اسکنرها عبارتند از:

- اسکنر دستی قابل حمل در ابعاد A4 که برای اسکن نمودن نقشه‌های بسیار کوچک به‌کار گرفته می‌شوند.
- اسکنرهای معمولی و یا روی میزی در ابعاد A3 که به منظور اسکن نمودن نقشه‌های متوسط اندازه قابـل اسـتفاده هستند.
- اسکنرهای مسطح قابل تغذیه که شبیه یک دستگاه فاکس عمل نموده و می‌توان نقشه‌ها و یا اسناد موجـود را بـه-وسیله آن‌ها به داده‌های رقومی تبدیل کرد.
- اسکنرهای ایستا و در ابعاد بزرگ که معمولا توسط سازمان‌ها و مراکز حرفه‌ای به‌کار گرفته می‌شوند، و با استفاده از آن‌ها می‌توان اطلاعات موجود در روی نقشه‌هایی در ابعاد A0 و اندازه بزرگ را به کـامپیوتر منتقـل نمـود (شـکل شماره 3-2).

شکل شماره 3-2: انواع اسکنرها به منظور اسکن‌کردن نقشه‌های آنالوگ به حالت رقومی

امروزه، در ارتباط با فنآوری GIS، اسکنرها از پیشرفته‌ترین سخت افزارهایی هستند که می‌توان با استفاده از آن‌ها داده‌های موجود در نقشه‌ها (عوارض نقطه ای، خطی و سطحی)، متن‌ها و علائم را با کمترین دخالت اپراتور به صورت روقومی در ساختار رستری تبدیل نمود. به لحاظ سخت‌افزاری دو دسته از اسکنرهای استوانه‌ای و تخت مطرح اند. اسکنرهای تخت شبیه دستگاه فتوکپی هستند و معمولا نقشه بر روی یک صفحه مسطح و ثابت قرارگرفته و سنجنده اسکنر خط بـه خـط بگونـه‌ای حرکت می‌کند که به‌تواند تمامی نقشه را در اندازه‌های بسیار کوچک (اندازه تفکیک) مورد سنجش قـرار دهـد. امـا، در اسـکنر استوانه‌ای، استوانه و نقشه نصب شده بر روی آن دوران نموده و سنسور مربوطه بازتابش های موجود را ثبت می‌کند.

باید یادآور شد که کیفیت داده‌های حاصل از اسکنرها بستگی به ماهیت نقشه‌های موجود و نوع اسـکنری دارد کـه مورد استفاده قرار می‌گیرد. مهمترین مشخصه یک اسکنر توان تفکیک آن است، به‌این مفهوم که هر چه اندازه تفکیک ریزتـر

باشد، توان تفکیک بالاتر خواهد بود و بالعکس. معمولا توان تفکیک هر اسکنری به نقطه در اینچ بیـان مـی‌گـردد. انـواعی از اسکنرها دارای توانی تا 6000 نقطه در اینچ می‌باشند، ولی انواعی که دارای توان تفکیک بین 2000 تا3000 می باشـند دارای کاربرد فراوانی هستند. هر چه اندازه تفکیک کوچکتر انتخاب شود، جزئیات بیشتری از نقشه برداشت خواهد شد. در این صورت، با افزایش توان تفکیک حجم فایل حاصله از عمل اسکن بیشتر خواهد بود. به‌طور مثال، یک برگ از نقشه 1:50000 که دارای ابعاد معادل 55/2* 47/7 سانتی متر است، در صورتی که با یک اسکنر سیاه سفید و با تفکیک 300 رقومی شود، حجمی معادل 37 مگابایت و در صورتیکه با تفکیک 600 اسکن گردد، حجمی معادل 147 مگابایت را اشغال خواهد نمود.

امروزه، عمل اسکن نمودن با سرعت زیاد و کمترین دخالت کاربران انجام می شود، اما در صورتیکه هدف اسـتخراج داده‌های برداری از آن باشد، نیاز به حجمی از کار ویرایشی توسط اپراتور است، به‌ویژه آنکه در روی نقشه اسکن شده مقادیری از اطلاعات گرافیکی شبیه بهم از نقطه نظر کارتوگرافیکی به‌همراه انواع نوشته‌ها متراکم شده باشد. هـر چندکـه، برنامـه‌هـای اتوماتیک نرم‌افزاری متعددی برای شناسائی، ردیابی و تبدیل پدیده‌ها از ساختار رستری به برداری تهیه شده‌اند، اما، همچنان نیاز به دخالت انسان با انجام حجم‌کاری سنگین در فرآیند ویراستاری داده‌ها احساس می‌گردد. گاهی این مسئله موجب می‌شود که ورود داده‌ها به محیط GIS با استفاده از رقومگرها بیشتر مورد توجه قرار گیرد. با توجه بـه پیشـرفت‌هـای روزافـزون در ایـن فنآوری، می‌توان انتظار داشت که به‌زودی اسکنرها در فرآیند رقومی‌سازی و تهیه نقشه‌های بـرداری نقـش مهمتـری را ایفـاء نمایند.

ت) به‌کارگیری سیستم تعیین موقعیت جهانی

برای اولین بار، پروژه 12 میلیارد دلاری سیستم ناوبری GPS توسط سازمان دفاع نظامی ارتش کشور امریکا در سال 1970 میلادی شروع شد. از آن زمان تابحال پیشرفت‌های بسیار چشمگیری در این تکنولوژی صورت گرفته است. با توجه بـر پیشرفت‌های بعدی در فنآوری ارتباطات فضایی، امروزه این امکان ایجاد گردیده که در هر لحظه از زمان و در هر جـای دنیـا موقعیت‌های جغرافیایی به‌طور دقیق تعیین و اطلاعات مورد نیاز را به‌صورت رقومی فراهم آورد. این تکنولوژی که، به‌نام GPS معروف گشته است در جهت کسب اطلاعات مکانی از پدیده‌های مختلـف - حتـی اشـیاء متحـرک نظیـر: کشـتی‌هـا در روی اقیانوس‌ها، کامیون‌ها در مسیر جاده‌ها و جابجایی جانداران (مثلا پرندگان مهاجر) – به‌کار گرفته می‌شود. ماهواره‌های GPS در ارتفاعی معادل 12000 مایل و دو بار در هر 24 ساعت کره زمین را دور می‌زنند. ماهواره‌های مربوطه به‌طور دائم، سیگنال‌های رادیوئی موج بلند به‌طرف زمین ارسال می‌نمایند که حاوی اطلاعات مربوط به موقعیت و زمان دقیق در روی کره زمین اسـت. این علائم بدون محدودیت در اختیار تعداد نامحدودی از کاربران می‌تواند قرار گیرد و هر نقطه در روی زمـین بـا یـک آدرس مشخصی متمایز گردد. توسط ماهواره‌های مربوط به سیستم تعیین موقعیت جهانی از این طریق، اطلاعات مربوط بـه سیسـتم مختصات (عرض و طول جغرافیایی) و میزان ارتفاع در هر مکانی قابل ثبت است. بعلاوه، GPS امکان می‌دهد سایر اطلاعات حیاتی ناوبری نظیر: جهت حرکت، امتداد مسیر، میزان فاصله طی شده و زمان مورد نیاز در هر جائی از سرتاسر کره زمین و در هر شرایط جوی ثبت گردد (صالح آبادی، 1376).

شکل شماره 4-2: یک دستگاه GPS دستی گارمین

در شکل شماره 4-2 مشخصات یک دستگاه Garmin eTrex ارائه شده است. اساس فنآوری GPS مربوط به محاسبه زمان دقیق - که توسط یک ساعت اتمی با خطائی معادل یک ثانیه در هر 750 سال – و محاسبه موقعیت‌های مکانی است. سیگنال‌های ارسالی توسط دستگاه‌های GPS حداقل از سه ماهواره به‌طور همزمان امکان انجام محاسبات ژئومتریک را میسر می‌سازد. یادآور می‌گردد، گیرنده GPS با دریافت علائم ارسالی از سه ماهواره مختصات جغرافیایی (عرض و طول) را ارائه می-دهد و با دریافت سیگنال‌های ارسالی چهارمین ماهواره اطلاعات مربوط به ارتفاع نقاط را هم محاسبه می‌نماید.بنابراین، از طریق این فنآوری، هر محقق علوم زمینی که طی عملیات زمینی به‌خواهد بداند کجا بوده، کجاست و به کجا می‌رود و هر جغرافیدانی که تمایل داشته باشد در جهت مدیریت عملیات مکانی و زمانی خود در صحرا موفق بوده باشد، به یک وسیله پیشرفته‌ای مانند GPS نیازمند است (رسولی، 1382). با بهره‌گیری از گیرنده‌های GPS می‌توان: طول و عرض جغرافیایی، ارتفاع نقاط، سرعت اشیاء متحرک، مسیر و جهت حرکت، فاصله تا مقصد، زاویه انحراف از مسیر، فواصل نقاط مشخص و شمال جغرافیایی را محاسبه نموده و آن‌ها را به محیط GIS منتقل نمود.

با ورود GPS به عرصه جهانی و افزایش کاربرد آن در علوم جغرافیایی و برنامه‌ریزی شهری ، یکی از موثرترین روشهای اخذ و جمع‌آوری مشاهدات به جامعه متخصصان مربوطه ارائه گردیده است. با GPS در هر شرایط جوی می‌توان به

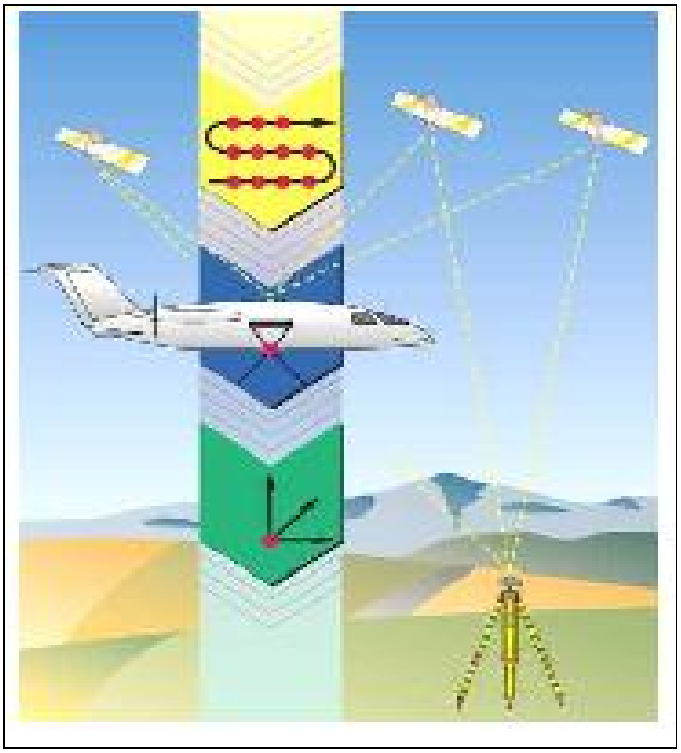
تعیین موقعیت‌های مکانی پدیده‌ها مبادرت نمود. کار با آن مقرون به‌صرفه و سریع‌تر است. با استفاده از این تکنولوژی می‌توان مبادرت به تعیین سطح مبنا نموده، عملیات نقشه‌برداری اولیه را انجام داد و با تعیین سیستم تصویر معینی مختصات جغرافیایی مورد نیاز را محاسبه نمود. مسلما، با آشنایی اصولی با امکانات عرضه شده از طریق این فنآوری، جغرافیدانان، زمـین شناسـان، کارتوگراف‌ها و نقشه‌برداران می‌توانند اطلاعات کسب‌شده را وارد محیط GIS نموده و به تنهایی و یا به‌همراه سـایر داده‌هـای رقومی پردازش‌های مورد نیاز را انجام دهند. بنابراین، هر متخصص GIS ایکه با زمین و پدیده‌های مربوطه سروکار دارد، می-تواند با بهره‌برداری از این سخت‌افزار مدرن تحولی اساسی در نحوه اخذ و ورود اطلاعات مکانی ایجاد نماید.

با توجه به پیشرفت‌های حاصله در نحوهٔ ارتباطات فضایی، امروزه، این امکان ایجاد گردیده که در هر لحظه از زمان و در هر جای دنیا موقعیت‌های جغرافیائی را با دقت بسیار بالا تعیین و اطلاعات توصیفی مرتبط را به‌صورت رقومی ثبت نمود. کاربران می‌توانند به‌راحتی با دستگاه گیرنده Garmin eTrex Vista نقاط مشاهداتی را برداشت، سپس با استفاده از نرم‌افزار واسط GPS Utility داده های نقطه‌ای، خطی و چندضلعی را به فرمت Shapefile تبدیل نمایند. نحوه دریافت لایه نقاط کنترل و ایجاد نقشه توزیع مشاهدات زمینی در محیط نرم افزارهای ArcView و ArcGIS امکان‌پذیر است. دریافت و نمایش مشاهدات زمینی در محیط نرم‌افزارهای GIS سرآغاز ایجاد بانک‌های اطلاعاتی منسجم و البته اعمال تحلیل‌های مکانی هدفمند محسوب می‌گردد. به‌طور حتم، توجه به مسائل مندرج در ذیل شما را در کسب مهارت‌های مربوطه یاری خواهد کرد:

- اجتناب از بکارگیری روش‌های دستی غیرقابل اعتماد در برداشت نقاط مشاهداتی،
- ممارست در اجرای تمرینات عملی،
- بکارگیری سایر ابزارها و امکانات موجود در محیط‌های نرم‌افزاری و سخت‌افزاری،
- توجه به جنبه‌های کاربردی نهائی.

ج) دستگاه‌های فتوگرامتری رقومی

در یک تعریف بسیار ساده، فن تبدیل عکس هوایی به فرم معادل نقشه مربوطه را فتوگرامتری گویند. در حال حاضر، دستگاه‌های فتوگرامتری مختلف توان ارائه داده‌های رقومی مورد نیاز GIS را دارا هستند. از طریق این فنآوری، اطلاعات مورد نیاز پروژه‌های GIS بادقت بسیار بالا و برای مناطق جغرافیایی فراهم می‌گردد (پور ناصح، 1372). در بسیاری از پروژه‌هـای GIS شهری به‌منظور تهیه نقشه بسیار دقیق پایه (کاداستر) می‌توان با اطمینان از عکس‌های هوایی بزرگ مقیاس (در حدود 4 هزارم) از روش‌های فتوگرامتری رقومی استفاده نموده و عکس‌های هوایی تصحیح شده از نظر ارتفاعی را به محیط GIS جهت انجام تحلیل‌های بعدی وارد کرد (سرپولکی، 1371).



شکل شماره 5-2: فرآوردهای فنآوری فتوگرامتری در خدمت GIS

با عنایت بر تولیدات بسیار دقیق ماهواره‌ای با تفکیک زیر یک متر (ایکنوس)[41] و عرضه نرم‌افزارهای تحلیگر شیء-گرای هوشمند[42] امروزه توجهات خاصی به برقراری ارتباط بین فتوگرامتری و GIS مبذول داشته شده است، به نحویکه معماری نرم افزار "پی سی آی ژئوماتیک"[43] بر اساس پردازش تصاویر سنجش از دور، بهره‌گیری از توابع فنآوری فتوگرامتری، تحلیل اطلاعات در محیط GIS و نمایش مدل‌های نهایی از طریق کارتوگرافی رقومی استوار گشته است. نرم افزار تخصصی "فتومد"[44] نیز اساسا به منظور پردازش‌های فتوگرامتریک و انتقال داده‌های مستخرج از عکس‌های هوایی به محیط GIS طراحی شده است (شکل شماره 5-2).

ح) دستگاه‌های نقشه‌برداری

از طریق نقشه‌برداری های زمینی کلاسیک و با استفاده از دستگاه‌های تئودولیت امکان برداشت اطلاعاتی نظیر زوایا و فواصل وجود دارد، که می‌توان آن‌ها را به محیط GIS تغذیه نمود. بعلاوه با استفاده از دستگاه‌های مدرن نقشه‌برداری نظیر "توتال استیشن"[45] امکان جمع‌آوری اطلاعات بسیار دقیق رقومی فراهم شده است. در واقع، این دستگاه از ترکیب یک دستگاه

---

[41] Ikonos
[42] eCognition
[43] PCI Geomatica
[44] PhotoMode
[45] Total Stations

تئودولیت الکترونیکی، یک وسیله فاصله‌یاب الکترونیکی و یک کامپیوتر هوشمند تشکیل یافته است. توسط این دستگاه می‌توان به‌طور اتوماتیک مقادیر فاصله، جهت و زوایای عمودی و افقی را اندازه‌گیری و نمایش داد. از طریق نرم‌افزارهای[46] مربوطه امکان اعمال تصحیحات و تنظیمات مورد نیاز امکان پذیر می‌گردد. با تلفیق و ترکیب منطقی داده‌های زمینی که توسط توتال استیشن حاصل می‌آید و اتصال آن‌ها به یک پایگاه اطلاعاتی GIS توانایی‌های منحصربفردی در تحقیقات مشترک ایجاد شده است. در این میان می‌توان از دستگاه‌های استریوسکپ رقومی نیز به منظور تبدیل نقشه‌های آنالوگ به رقومی و استخراج لایه-های اطلاعاتی مورد نیاز برای فنآوری GIS استفاده برد.

3-2-2 سخت‌افزارهای خروجی و نمایش اطلاعات

از امتیازات مهمGIS، قدرت آن در تجسم اطلاعات متنوع از مکان‌های مختلف جغرافیایی و انتقال صحیح مدل-های دنیای واقعی به‌طریقی تصویری به ذهن بیننده است. تفسیر نتایج بستگی مستقیم به نوع عرضه و نمایش نتایج دارد. کارتوگرافها و جعرافیدانان در صورت آگاهی از اصول بهره‌گیری از محیط های سخت افزاری در جهت نمایش یافته ها در محیط GIS، می توانند به جنبه های پیشرفته کاربردی نایل آیند. به‌طور کلی اهم سخت افزارهایی که با هدف خروج اطلاعات و نمایش مدل‌ها به‌کار گرفته می شوند عبارتند از:

- صفحه مانیتور کامپیوتر با هدف نمایش اولیه اطلاعات، ارتباط بصری با یافته ها و تصحیح نتایج،
- پلاتر خطی به منظور چاپ اولیه مدلهای طراحی شده عمدتا در فرمت برداری،
- پلاتر رستری در حالت الکترونیکی و یا لیزری برای نمایش نتایج در فرمت رستری،
- چاپگرهای سیاه و سفید برای ظهور و بررسی اولیه نتایج کار،
- چاپگرهای رنگی در اندازه‌های مختلف با هدف تولید مدل‌ها در فرمت کاغذی،
- فاکسی مایل[47] با هدف ارسال اطلاعات رقومی و برقراری ارتباطات بین متخصصان و کاربران،
- فاکس - مودم به منظور ایجاد ارتباط و شراکت در عقاید و یافته‌ها بین همه متخصصان از طریق اینترنت جهانی.

موقعیکه متخصصGIS مدلی را طراحی می‌نماید، هدف اصلی این است که داده‌های منتج را جهت درک اصولی افراد مخاطب به نمایش گذارد. به همین منظور افرادی که به GIS به‌عنوان یک ابزار کارتوگرافی می‌نگرند، باید در جهت انتقال اطلاعات به بهترین ابزارهای سخت افزاری نمایشگر دسترسی داشته باشند. تجربه نشان داده است، در صورت به-کارگیری روش‌های نامناسب نتایج نادرستی اخذ می‌گردد. استنباط غیراصولی به‌نوبه خود منجر به تصمیم‌گیری غلط و در نتیجه موجبات از دست رفتن زمان، تباهی سرمایه‌ها و عقیم‌ماندن تلاش متخصصان در فرآیند صنعت GIS خواهد بود. توسط شکل شماره 2-6 چند دستگاه سخت افزار پلاتر و پرینتر رنگی با هدف خروج اطلاعات حاصله در محیط GIS نمایش داده شده است.

---

[46] بعنوان مثال نرم افزار TopSurv
[47] Facimile

شکل شماره 6-2: چند دستگاه پلاتر و چاپگر رنگی در ابعاد مختلف

2-3 نرم‌افزارها

نرم افزارها از اصلی ترین اجزاء GIS محسوب می‌گردند چرا که از طریق آن‌ها می‌توان انواع مشاهدات جغرافیائی را جمع‌آوری، داده‌ها را مدیریت، و مدل‌های مورد نیاز را طراحی نمود. در اصل، نرم‌افزارهای GIS توابع و ابزارهایی هستند، که به منظور ورود، ذخیره، تحلیل و نمایش اطلاعات متنوع به‌کار گرفته می‌شوند. بنابراین، هسته هر سیستم GIS را نرم‌افزارها تشکیل می‌دهند، چرا که با استفاده از آن‌ها امکان اعمال توابع معین میسر می‌شود. مدیریت داده‌ها از قبیل تغییر حالت، تبدیل و انجام انواع تحلیل‌های مکانی به‌وسیله توابع تعبیه شده در نرم‌افزارها امکان پذیر می‌گردد. البته به‌غیر از نرم‌افزارهای اصلی در مدیریت پروژه‌های GIS باید از سایر نرم‌افزارهای کمکی نیز بهره برد. در سطح دنیا نرم افزارهای متنوعی از طرف توسعه-دهندگان فنآوری نرم‌افزاری تولید و عرضه شده است، که هر کدام از آن‌ها دارای قابلیت‌ها و توانایی‌های منحصر بفرد خود می باشد. به‌فرا خور سطح دانش و اهداف تولیدکنندگان، نرم‌افزارها علیرغم داشتن تشابهات ظاهری از نقطه نظرهای کاربردی متفاوت می‌نمایند. در این فصل، به‌اختصار مشخصات اصلی بعضی از نرم افزاری شناخته شده GIS در کشور ایران شرح داده شده است.

اغلب برنامه‌های نرم‌افزاری طراحی‌شده در زمینه GIS، دستورات و توابع عملیاتی مورد نیاز را به منظور اهداف اصلی نظیر: ورود، تغییر و تبدیل، تحلیل و نمایش داده‌ها را در بر دارند. معمولا محصول اصلی به‌عنوان تولید اولیه به بازار مصرف معرفی می‌شود، که توان انجام بسیاری از دستورات را دارد. اما، با توجه به پارامترهای متعددی نظیر نیازهای متنوع کاربردی و سلیقه‌های تجاری، در خیلی از موارد محصول اصلی از طریق محصولات بعدی و یا توابع الحاقی تقویت می-شوند (Dangermond, 1987). بعلاوه، بعضی از نرم‌افزارهای تخصصی توسط دولت‌ها، شرکت‌های خصوصی و حتی دانشگاه‌ها طراحی و یا توسعه داده می‌شود تا نیازهای تعریف شده و تخصصی رفع گردد. بنابراین، نباید انتظار داشت که یک و یا مجموعه‌ای از نرم‌افزارها به‌توانند کلیه خواسته‌های فنی، علمی و کاربردی خیل عظیم متخصصان و کاربران متنوع در سرتاسر دنیا را پاسخگو باشند (دادرست، 1379). اما هر نرم‌افزار GIS باید حداقل توانایی‌های زیر را داشته باشد:

- دارای ابزارهایی به منظور ورود، تغییر و تبدیل داده‌های جغرافیایی،
- دارای سیستم مدیریت پایگاه اطلاعات DBMS،
- توابع اجرای تحلیل‌های مکانی نظیر پرسشگری، انطباق لایه‌ها و مدل‌سازی سه بعدی،
- محیط حد واسط گرافیکی به منظور دسترسی سریع و آسان به ابزارها و توابع موجود.

در سطح جهان، با توجه به سطوح تکنیکی و علمی نابرابر، انتظارات متنوع و کاربردهای مختلف انواع نرم افزارهای GIS به بازار معرفی شده است که اهم آن‌ها در جدول شماره 1-2 ارائه شده است.

جدول شماره 1-2: اهم نرم‌افزارهای مطر ح در کشور ایران

ردیف	عنوان نرم افزار	شرکت سازنده	کاربردهای ویژه
1	ARCGIS	ESRI	جدیدترین نرم‌افزاری که معماری آن از ترکیب سایر نرم‌افزارهای شرکت ESRI طراحی شده است و دارای قابلیت‌های ویژه‌ای در مدیریت انواع داده‌هاست
2	ARC/INFO	ESRI	عمدتا براساس سختار برداری با هدف ذخیره، تحلیل و نمایش داده‌های جغرافیائی دارای پایگاه اطلاعات RDBMS
3	PC ARC/INFO	ESRI	رقومی‌کردن داده‌ها، ایجاد لایه‌ها و پایگاه داده‌ها، انجام تحلیل‌های مکانی مانند انطباق داده‌ها و پرسشگری
4	ArcView	ESRI	نرم‌افزار خاص رومیزی نمایشگر فایل‌های اتوکد و انواع اطلاعات عمدتا جنبه‌های آموزشی دارای توابع بسیار زیاد و متنوع
5	ArcCad	ESRI	مدیریت فایل‌های اتوکد ایجاد توپولوژی پایگاه اطلاعات و بعضی از تحلیل‌های مکانی
6	IDRISI	دانشگاه کلارک	پردازش تصاویر و مدل‌سازی های محیطی و مدیریت منابع طبیعی

7	ILWIS	ITC [48]	مطالعات منابع آب و خاک، مدل‌سازی از فرآیندهای در ارتباط با فرسایش خاک
8	CARIS	مؤسسه کاریس	مدیریت داده‌های مکانی ایجاد روابط توپولوژیک و جنبه‌های کارتوگرافیک
9	Small World GIS	کمپانی GE	دارای کاربری ویژه در صنایع آب و برق، مخابرات و مدیریت حمل و نقل
10	SPANS	PCI Geomatics	نرم‌افزار ویژه تحلیل‌های مکانی با پذیزش فرمت‌های رستری و برداری با قابلیت کاربردی در زمینه‌های علوم زمین

در حال حاضر، در سطح ایران از نرم‌افزارهای فوق الذکر نرم‌افزار ArcGISکاربران زیادی دارد، بنابراین، مشخصات و قابلیت‌های مربوطه به‌اختصار شرح داده شده است.

2-3-1 نرم افزارArcGIS در یک نگاه

نرم‌افزار ArcGIS، از مجموعه نرم‌افزارهای GIS شرکت ESRI می باشد که توانای بالایی در مدیریت و تحلیل داده‌های مکانی دارد. این نرم‌افزار با توانایی بالای گرافیکی و دقت زیاد در رقومی سازی، قادر به انجام آنالیزهای مکانی، مدل-سازی‌ها، آنالیز سه بعدی، تنوع در توپولوژی‌سازی لایه‌ها می‌باشد. نرم افزار موردنظر دارای بخش‌های متعددی است که به‌طور مستقل کار می‌کنند و در عین‌حال یکپارچگی خود را در تمام مراحل حفظ می نمایند. نرم افزار ArcGIS، فرمت‌های dwg، dxf، coverage، shapefile و اکثر فرمت‌های سلولی مانند: jpg، lan، ers، bmp، bip، bil، img، bmp، و tif را قبول و توانمندی تهیهٔ خروجی به هر فرمتی را دارد. این نرم‌افزار دارای محیط‌های ArcToolbox، ArcCatalog، ArcMap، ArcScenceو همچنین محیط‌های ArcInfo مثل، Arctools، Arcplot، Arcedite، و ArcGrid می‌باشد و هر کدام از این محیطها به‌طور مستقل، ولی همگی در قالب یک نرم‌افزار یک‌پارچه شامل سه بخش مهم و کلیدی زیر است:

a) Desktop
b) ArcSDE
c) ArcIMS

بخش Desktop شامل محیطهای ArcView، ArcEditor، و ArcInfo است و برای کاربردهای فنی و پیشرفته مناسب می‌باشد. بخش ArcIMS (Internet Map Server) و ArcGIS Server برای ساخت فضاهای اینترنتی به‌کار می رود تا نقشه‌ها، داده‌ها و اطلاعات را بر روی اینترنت منتقل کند؛ بدینوسیله این امکان فراهم میشود تا اشخاصی که نرم-افزارهای GIS را ندارند، بتوانند از GIS استفاده کنند. اما بخش ArcSDE (Spatial Database Engine) تبادل اطلاعات مابین ArcGIS و سیستم‌های مدیریت پایگاه دادهٔ رابطه‌ای را مدیریت می‌کند. با ArcSDE این امکان برای کاربران به وجود می‌آید که داده‌های جغرافیایی ذخیره شده را به صورت متمرکز ویرایش کرده و یا به اشتراک به‌گذارند. ArcGISنسخهٔ 9x، غیر از ArcGIS Desktop سه محصول کلیدی و مهم دیگر مانند: Mobile GIS، Eembedded GIS و Server GIS را شامل می‌باشد. در این مجموعه، محصول نرم‌افزاری ArcPad، توابع و قابلیت‌های ضروری GIS را در کامپیوترهای جیبی مهیا کرده است. در بخش Eembedded GIS، محصول نرم‌افزاری ArcGIS Engine موجب می-

[48] International Institute for Go-Information Science and Earth Observation (ITC)

شود تا امکان تعبیهٔ کارکردهای GIS در دیگر تولیدات فراهم گردد. برنامه‌نویسان می‌توانند توانمندی‌های تولید نقشه و تجزیه و تحلیل مکانی را به کاربردهای نرم‌افزارهای مورد نظرشان به‌افزایند و یا براساس سفارش کاربران محیط‌های کاری خود را تنظیم کنند.

ضمنا محیط ArcGIS Desktop، دامنهٔ گسترده‌ای از نیازهـای اسـتفاده کننـدگان را بـرآورد کـه شـامل محـیط‌هـای ArcView، ArcEditor و ArcInfo می باشد. عملیات بر روی داده‌ها و لایه‌هـا از قبیـل مـدیریت روی داده‌هـا، طراحـی متادیتا، طراحی نقشه، ساخت لایه‌های اطلاعاتی، پردازش‌های مکانی، زمین مرجع کردن لایه‌های اطلاعات جغرافیایی، تحلیل-های مکانی، مدل‌سازی‌های، مکان‌یابی، مدلسازی سه‌بعدی، تحلیل‌های زمین آماری و سایر روش‌های ویراستاری و مـدیریتی داده‌ها در امکانات بخش Desktop قابل اجرا می باشد. برنامه‌های کاربردی ArcGIS از طریق سه نرم افزار بسیار کارآمد زیر قابل دسترسی است:

- ArcView ابزارهای جامع تولید نقشه و تحلیل را به همراه ابزارهای ویرایش ساده و پردازش عوارض زمینـی در اختیـار می‌گذارد.
- ArcEditor علاوه بر تمام کارهای Arcview قابلیت‌های پردازشی پیشرفته ای را نیز دارا است.
- ArcInfo کار هر دو نرم‌افزار یاد شده را جهت رسیدن به پردازش پیشرفته عوارض زمینی بسط داده است.

یادآور می شود محیط ArcToolbox به منظور اعمال تحلیل‌های مکانی طراحی شده است که شامل ArcInfo، بـه-همراه مجموعه کامل و جامعی از ابزارها برای پردازش عوارض زمینی، انتقال داده‌ها، مدیریت نقشه‌ها، تحلیل‌های مکانی، ارائه نقشه‌ها و بسیاری کارهای دیگر عرضه شـده اسـت. محـیط ArcGIS Desktop نـرم‌افـزار ArcGIS شـامل محـیط‌هـای ArcCatalog، ArcMap، ArcToolbox، ArcScence، ArcGlob، ArcGrid، ArcEdite مـــی‌باشـــد. بخـــش Desktop شامل محیط‌های زیر است:

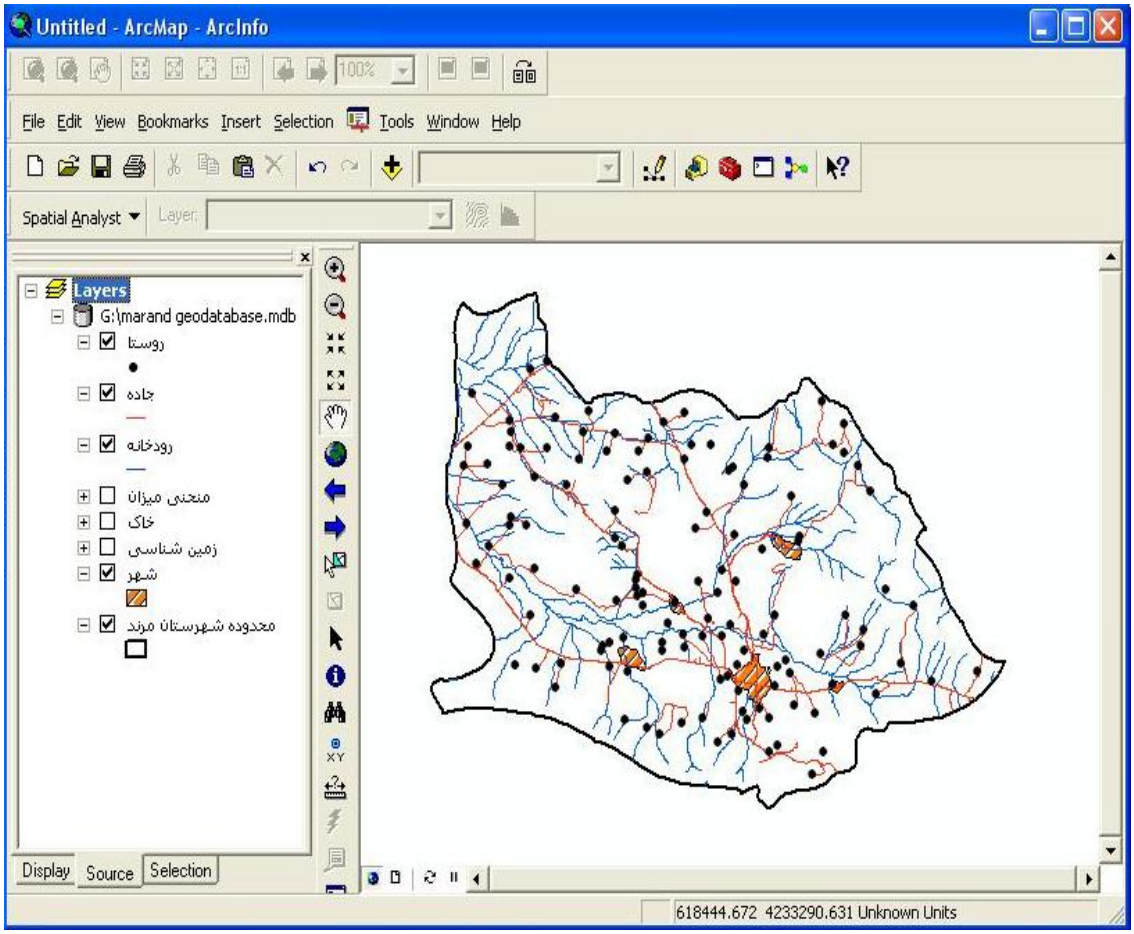
محیط ArcMap

این محیط بخش مرکزی و توانمند نرم‌افزار ArcGIS می‌باشد. عملیات مهم و اساسی GIS در این محـیط انجـام مـی‌شـود. عملیات اساسی ArcMap به قرار زیر است:

- توانایی ورود اطلاعات مکانی، زمین مرجع کردن و تعریف سیستم‌های تصویر مرتبط،
- قابلیت اصلاح و ویرایش کامل عوارض مکانی،
- ورود اطلاعات توصیفی و ایجاد پایگاه اطلاعات برای داده‌های مکانی،
- قابلیت ساخت لایه از داده‌های گرافیکی و ایجاد پایگاه داده‌ها،

- قابلیت کارتوگرافی و نمایش مناسب عوارض و تهیهٔ نقشه‌های خروجی،
- مدیریت انواع مختلف عوارض نقشه‌ها،
- زمین پردازش داده‌ها و تحلیل‌های مکانی.
- مدل‌سازی و مکان یابی،
- تحلیل‌های سه‌بعدی
- تبدیل اتوماتیک فایل‌های رستری به برداری و بالعکس
- آدرس یابی[۴۹]،
- دسترسی مستقیم به محیط برنامه‌نویسی Visual Basic Application برای طراحی برنامه‌های کاربردی،
- امکان اجرای توابع زمین آماری،
- و اجرای سایر توابع متعدد کاربردی دیگر.

در محیط ArcMap، برخی از لایه‌های اطلاعاتی شهرستان مرند، نشان داده شده است (شکل شماره 7-2).

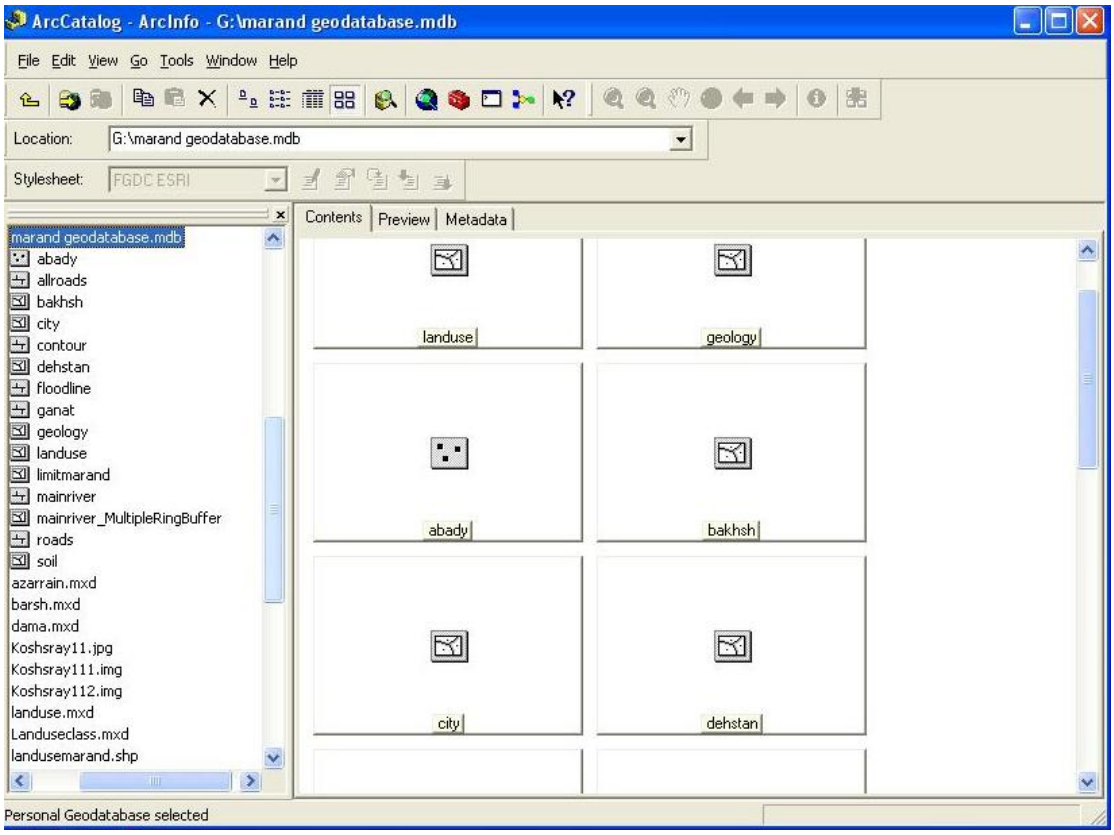


شکل شماره 7-2: محیط ArcMap نرم‌افزار ArcGIS

[49] Geocoding

محیط ArcCatalog

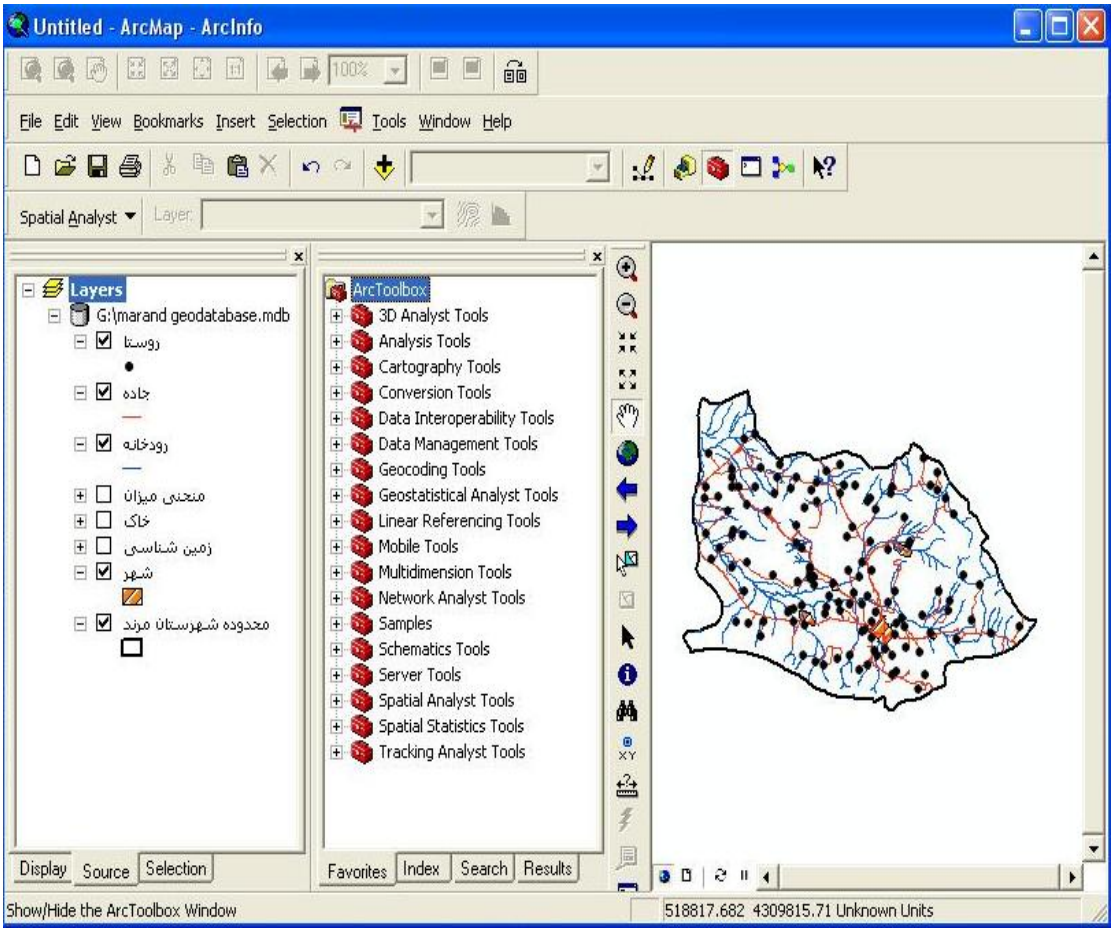
این محیط در واقع محیط ساخت لایهٔ اطلاعاتی متناسب با ساختار و فرمت استاندارد نرم افزار ArcGIS می‌باشد و همچنین طراحی و اصلاح متادیتا برای مجموعهٔ داده‌ها و مدیریت انواع لایه‌ها در این محیط انجام می‌شود. در این محیط، امکان ورود و خروج اطلاعات از نرم‌افزارهای دیگر به محیط ArcGIS و بالعکس وجود دارد. محیط ArcCatalog دارای یک جستجوگر بسیار قوی برای جستجو و یافتن داده‌ها و لایه‌های اطلاعاتی و همچنین مدیریت جداول داده‌های توصیفی مرتبط به لایه‌های مکانی می‌باشد. به‌طور کلی این محیط برای ساخت لایه و مدیریت روی متادیتا ها به‌کار می رود، اما با محیط‌های دیگر مرتبط است (شکل شماره 8-2).



شکل شماره 8-2: محیط ArcCatalog نرم افزار ArcGIS

محیط ArcToolbox

این محیط تخصصی به منظور اعمال انواع تحلیل‌های مکانی طراحی شده است که، کلیه تبادل داده‌ها و مدل‌سازی-های مورد نیاز در این محیط انجام می‌شود. البته می‌توان برخی از تحلیل‌های مکانی را در محیط ArcMap نیز انجام داد. اما محیط ArcToolbox طبق ساختار بسیار پیشرفته خود برای اعمال انواع تحلیل‌های مکانی شامل: مدل‌سازی سه‌بعدی، انطباق لایه‌ها، اعمال پرسشگری، تحلیل‌های همسایگی، تبدیل مدل‌های مکانی برداری به رستری و برعکس، تعریف ساختار توپولوژی، تغییر سیستم مختصات و سیستم تصویر طراحی شده است (شکل شماره 9-2).



شکل شماره 9-2: محیط ArcToobar نرم افزار ArcGIS

محیط ArcScene

این محیط، انحصارا برای تحلیل، طراحی و اجرای مدل‌های سه بعدی و همچنین ایجاد تصاویر متحرک و نمـایش مسیرهای پرواز به‌کار گرفته می‌شود. در مجموع ArcGIS نسخه 9/3 نرم افزاری است حرفه‌ای که با داشتن قابلیت‌های بالا در فرآیندهای ورود داده‌ها، مدیریت و ویراستاری، تولید پایگاه‌های اطلاعاتی و طراحی نقشه‌های مرتبط بسیار مـورد اسـتقبال کاربران قرار گرفته است. باید یادآور شد که در محیط ArcGIS امکان اعمال انواع تحلیل‌های مکانی با دسترسـی بـه توابـع تحلیلی محیط ArcMap به ویژه ArcToolbox میسر بوده و متخصصان حرفه‌ای با دستزسی به امکانات تخصصـی سـایر محیط‌های مدل‌سازی نظیر: ModelBuilder، VBA و حتی WebGIS پیشرفت‌های چشمگیری در صنعت GIS را موجب شده اند.

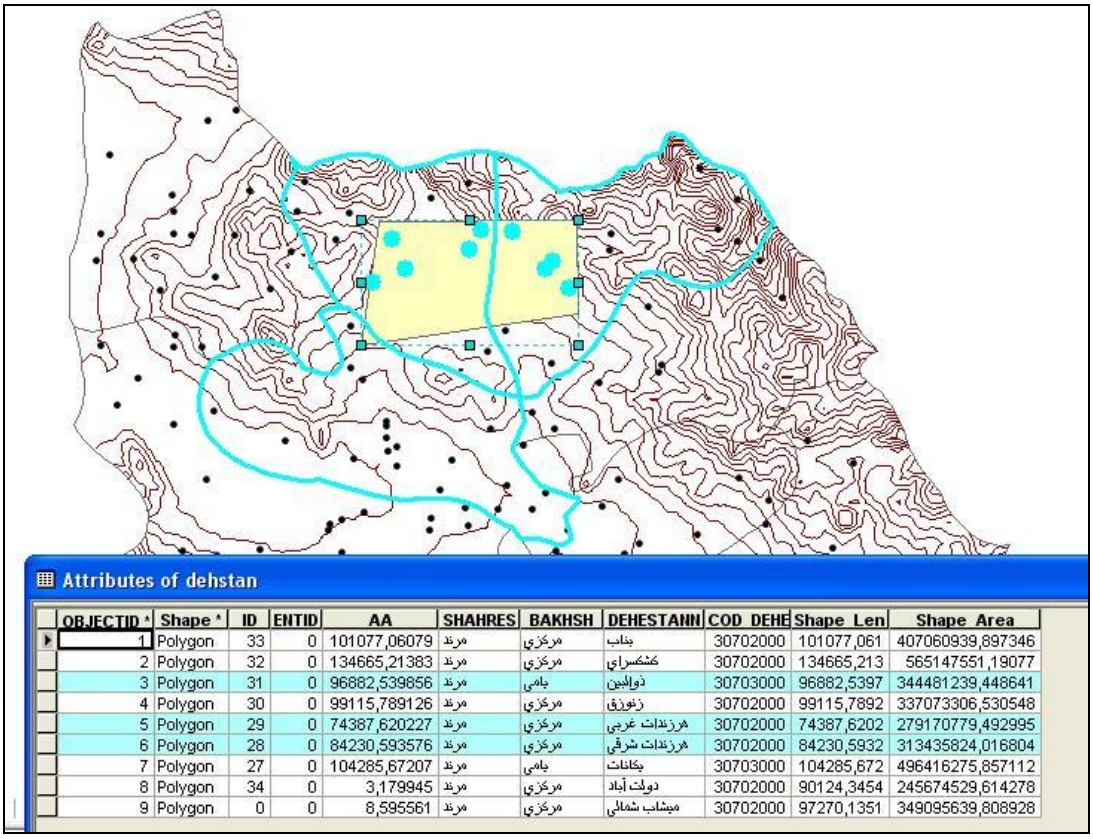
2-4 ایجاد پایگاه‌های اطلاعات

هر سیستم GIS حداقل دارای دو نوع قابلیت کاربردی بارزی است. اولی توان اعمال سئوالات مشخص بـه منظـور کسب اطلاعات معین از پایگاه داده‌ها است و دومی انجام تحلیل‌های مکانی با هدف مدل‌سازی های هدفمند می‌باشد. اما، هر دو مورد ذکر شده کاملا به پایگاه اطلاعاتی (به تعبیری بهتر به مغز سیستم GIS) که به‌صورت منسجم سازماندهی شده است

وابسته‌اند. بسیاری از نرم افزارهای GIS دارای پایگاه‌های اطلاعاتی منسجم و سازمان یافتی هستند. اهمیت پایگاه‌های اطلاعاتی از این واقعیت ناشی می‌شود که داده‌های موجود در پایگاه اطلاعات، به‌صورت کاملا مرتبط به‌هم طراحی می‌شوند و دارای ساختاری منسجم جهت تلفیق و بازیابی انواع اطلاعات می باشند. نباید فراموش کرد که هر پایگاه اطلاعاتی معمولا دارای معماری ویژه‌ای است که به‌منظور کاربرد خاصی طراحی گشته است. بنابراین، کلیات مطالب جاری به موضوعات مربوط به پایگاه اطلاعات از قبیل ساختار، اهمیت، نقش و بیان انواع پایگاه‌های اطلاعاتی اختصاص داده شده است چرا که از دیدگاه خیلی از متخصصان، مدیریت منطقی اطلاعات از مهمترین عوامل موفقیت هر سیستم GIS محسوب می‌گردد.

عنصر پایگاه اطلاعاتی از جهات مختلف بسیار حائز اهمیت تلقی می‌گردد، چرا که گردآوری، ذخیره‌سازی، بازیافت و سازماندهی داده‌های مورد نیاز در پروژه‌های GIS دشوار و اغلب بسیار پرهزینه است. اما در دهه‌های اخیر با ظهور تکنولوژی مدیریت داده‌ها از حجم مشکلات مربوطه تا حدود زیادی کاسته شده است و سیستم‌های کاملتری به بازار عرضه شده است (عظیم زاده، 1378). بطور کلی، طبق نظر Date (1987) به مجموعه‌ای از داده‌های جمع‌آوری شده مرتبط به یک واقعیت و یا هدف مشخصی پایگاه اطلاعات[50] گفته می‌شود. وجود ارتباط منطقی در میان این مجموعه اساس پایگاه‌های اطلاعاتی محسوب می‌گردد، که از طریق تغذیه، ذخیره و مدیریت منسجم انواع داده‌ها در محیطهای کامپیوتری امکان پذیر می‌شود (شکل شماره 10-2).

[50] Database



Attributes of dehstan

OBJECTID *	Shape *	ID	ENTID	AA	SHAHRES	BAKHSH	DEHESTANN	COD_DEHE	Shape_Len	Shape_Area
1	Polygon	33	0	101077,06079	مرند	مرکزي	بناب	30702000	101077,061	407060939,897346
2	Polygon	32	0	134665,21383	مرند	مرکزي	عشکسراي	30702000	134665,213	565147551,19077
3	Polygon	31	0	96882,539856	مرند	مرکزي	یامی	30703000	96882,5397	344481239,448641
4	Polygon	30	0	99115,789126	مرند	مرکزي	زنوزق	30702000	99115,7892	337073306,530548
5	Polygon	29	0	74387,620227	مرند	مرکزي	هرزندات غربی	30702000	74387,6202	279170779,492995
6	Polygon	28	0	84230,593576	مرند	مرکزي	هرزندات شرقي	30702000	84230,5932	313435824,016804
7	Polygon	27	0	104285,67207	مرند	مرکزي	یکانات	30703000	104285,672	496416275,857112
8	Polygon	34	0	3,179945	مرند	مرکزي	دولت آباد	30702000	90124,3454	245674529,614278
9	Polygon	0	0	8,595561	مرند	مرکزي	میشاب شمالی	30702000	97270,1351	349095639,808928

شکل شماره 10-2: پایگاه اطلاعات شهرستان مرند به همراه لایه‌های توپوگرافی و روستاها

هر پایگاه اطلاعاتی شامل داده‌های مکانی است که اطلاعات مربوط به موقعیت‌ها و شکل پدیده‌های نظیر نقاط، خطوط، محدوده‌ها، پیکسل‌ها، گریدها و TIN ها از آن طریق ذخیره می‌گردد. به‌علاوه هر پایگاه اطلاعات ویژگی‌های مربوط به پدیده‌های غیرمکانی را نیز نگهداری می‌نماید (Codd, 1981). این ویژگی‌ها معمولا اطلاعاتی از قبیل اعداد و ارقام، نوشته‌ها، تصاویر و حتی سایر خصوصیاتی هستند که به‌صورت منطقی در جداول ویژه‌ای نگهداری می‌شوند. داده‌های توصیفی (یا خصیصه‌ای) در محیط‌های نرم‌افزاری تحت عنوان جدوال خصوصیات پدیده‌ها[51] و جداول ارتباطی[52] (یا مرتبط) ذخیره‌سازی می‌شوند.

در محیط اغلب نرم‌افزارهای حرفه‌ای مانند ArcGIS، فرآیند تبدیل مشاهدات به فرم الکترونیکی آن در جهت ایجاد پایگاه‌های اطلاعاتی به‌طور اتوماتیک صورت می‌گیرد. ضمنا، اغلب نرم‌افزارهای تخصصی دارای سیستم مدیریت پایگاه اطلاعاتی[53] هستند که فرآیند ذخیره‌سازی موثر و ایجاد ارتباط داخلی بین داده‌ها را تضمین می‌نماید. در واقع، هر سیستم مدیریت پایگاه اطلاعاتی نرم‌افزاری است که جهت دسترسی و سازماندهی داده‌ها به کمک یک مجموعه از برنامه‌های کامپیوتری در محیط GIS به‌کار گرفته می‌شود. ساختار اغلب پایگاه اطلاعاتی به‌صورت استاندارد طراحی می‌شود تا تبادلات

---

[51] Feature attribute tables
[52] Related tables
[53] DataBase Management System (DBMS)

داده‌ها به‌آسانی صورت گیرد. در ساختار این سیستم‌ها ابزارهایی به منظور وارد کردن، ایجاد تغییرات، تبدیلات، امکان بازیـابی، ویراستاری و تحلیل داده‌ها تعبیه گردیده است.

به‌طور کلی، در یک نگرش ساده، یک سری از ایتم‌های اطلاعاتی مربوط به شی یا موضوع مکانی خاص، مانند آمار جمعیت مربوط به محدوده خاصی از شهر به‌همراه سایر مشخصات مربوطه (موقعیت و محل زندگی و آدرس‌های پستی) را می-توان به‌عنوان یک پایگاه اطلاعاتی در نظر گرفت. در همچون پایگاه اطلاعاتی، داده‌های مربوط به یک حادثه (یا مورد خاص) یک رکورد شناخته می‌شود. بنابراین،، متغییرهای ویژه‌ای از اطلاعات را هم می‌توان تحت عنوان فیلد در نظر گرفت. مانند تعداد جمعیت و یا سن افراد، که ممکن است دارای داده‌های متفاوت بوده باشد. این داده‌ها می تواند شامل: داده‌های عـددی واقعـی، رشته‌ای، نوشته‌ای، تاریخ، زمان و یا بر اساس منطق بولین تنظیم گردد. در همچو پایگاهی شناسه‌های مشـخص در برگیرنـده تمامی رکوردها تحت عنوان فیلد کلیدی شناخته می‌شود.

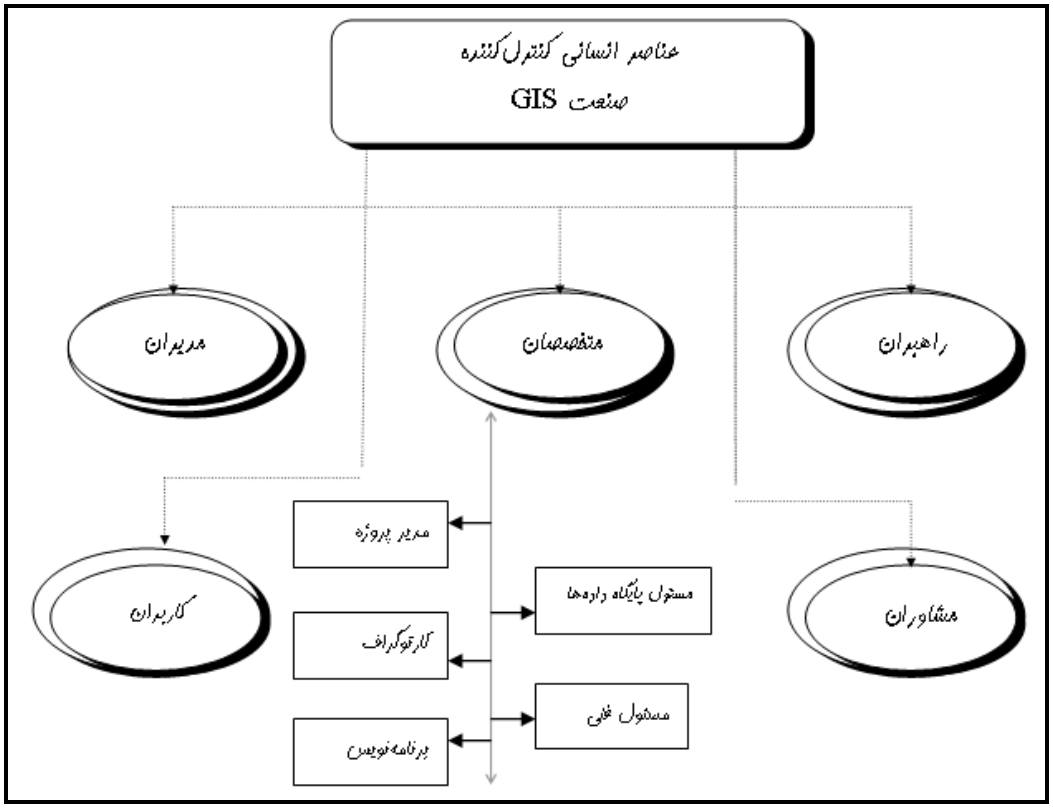
برای اینکه هر پایگاه اطلاعاتی قابلیت اصلی خود را داشته باشد باید سری داده‌هـا شـامل رکوردهـای یکنواخـت و منسجمی باشد که در واقع برای هر مورد خاص مثلا برای موقعیت جغرافیایی یک ایستگاه ثبت بارش اطلاعات اصلی را ارائـه دهد. هر رکورد ممکن است دارای چندین فیلد بوده باشد که هر کدام از آن‌ها یک نوع اطلاعات مشخصی را ذخیره مـی‌سـازد. تعداد و مشخصات فیلدها باید برای هر رکورد باید ثابت باشد. به‌عنوان مثال، هر رکورد در کلاس مربوط به ایستگاه‌ها ممکـن است دارای فیلدهایی نظیر اسم، طول و عرض جغرافیایی، نوع و ماهیت و سایر ویژگی‌های دیگـر آن باشـد. محتـوای فیلـدها ممکن است از نقط نظر مقیاس داده‌ها نیز متنوع بوده و در حالات اسمی، رتبه‌ای، طبقه‌بندی شده و یا ضریبی (نسبی) ذخیـره گردد. در جهت کاربردی نمودن معماری هر پایگاه‌اطلاعاتی تعدادی از توابع ویژه در نظر گرفته می شود که با استفاده از آن‌ها امکان انجام موارد زیر ممکن می‌گردد:

- ایجاد و ویراستاری مشاهدات با استفاده از یک سری از برنامه‌های خصوصی سازی شده،
- خلاصه نمودن گروهی مشاهدات با استفاده از پارامترهای آماری معین،
- اعمال عملیات ریاضی بر روی مشاهدات ذخیره شده در پایگاه اطلاعات،
- انتخاب رکوردها بر اساس قوانین مشخص،
- بهنگام‌سازی پایگاه اطلاعات و افزودن فیلدهای جدید،
- مرتبط‌ساختن محتوای فیلدها در درون یک پایگاه اطلاعاتی و اعمال انواع پرسشگری‌ها،
- برقراری ارتباط منطقی بین انواع پایگاه‌های اطلاعات متعدد.

2-5 ساختار عناصر انسانی

از دیدگاه رشته‌های علمی مختلف، تعاریف متفاوتی برای GIS ارائه شده است. اما ساده‌ترین تعریف در این زمینه عبارت خواهد بود از: GIS مجموعه‌ای از ابزار قدرتمند، متشکل از سخت‌افزار، نرم‌افزار و پایگاه داده‌هاست که به‌منظور

سازماندهی اطلاعات جغرافیایی توسط نیروهای انسانی متخصص به‌کار گرفته می‌شود. با تحلیل دقیق تعریف فوق استنباط می-گردد که در سیستم GIS تمامی سخت افزارها، نرم‌افزارها و پایگاه‌های اطلاعاتی باید توسط نیروهای انسانی متخصص و سازمان یافته مدیریت گردد. با در نظر گرفتن پیشینه و ادبیات موضوع می‌توان دریافت که پنج گروه عمده از نیروهای انسانی شامل: راهبران، متخصصان، مشاوران، مدیران و کاربران می‌توانند باعث رونق صنعت GIS شوند (Campbell and Masser, 1995). در شکل شماره 11-2 عناصر انسانی مشارکت کننده در صنعت GIS نشان داده شده است.



شکل شماره 11-2: عناصر انسانی هدایت‌کننده فنآوری GIS

راهبران نظام GIS

به‌طورکلی راهبران فنآوری GIS افرادی هستند که دارای تجارب طولانی و تخصص‌های ویژه در مدیریت کلان تکنولوژی مربوطه به‌عهده آنهاست. این افراد معدود، وظیفه معماری سیستم‌ها، سیاستگذاری اقتصادی و راهبری GIS جهانی را به‌عهده دارند. صاحبان صنعت سخت‌افزاری و نرم‌افزاری، اندیشمندان علوم زمین، مدیران اتحادیه‌ها و دانشگاهیان با ماهیت آکادمیک می‌توانند سیاست‌های نظام جهانی GIS را تدوین کنند. معمولا این افراد به‌نوعی وظیفه تغذیه و هدایت فکری جامعه درگیر با مقوله GIS را هم عهده‌دار هستند. از مهمترین وظایف ملموس آن‌ها می‌توان به موارد ذیل اشاره نمود:

- طراحی کلان زیرساختارهای فنی و علمی GIS در مقیاس‌های منطقه‌ای و جهانی،
- کنترل کیفی محصولات تولید شده و تنظیم مبادلات تجاری،

- برگزاری کنفرانس ها، تشکیل اجلاس‌ها و کارگاه‌های آموزشی،
- قانونمند نمودن فعالیت‌های منطقه‌ای و جهانی فنآوری GIS،
- توسعه صنعت GIS از طریق تبعین استانداردهای معین و تبلیغات فراگیر.

سازمان متخصصان

تجربیات موجود تداعی کننده این واقعیت است که GIS دارای ماهیت سازمانی پیچیده‌ای است. از یک طرف به‌طور دائم رشد فزاینده فنآوری های سخت‌افزاری و نرم‌افزاری این پیچیدگی را مضاعف می‌سازد، و از طرف دیگر توسعه سیستم‌های اطلاعاتی، شبکه‌های ارتباطی و تکنولوژی های مجاور نظیر سنجش از دور میدان عمل آنرا گسترده تر می‌نماید. اگر تقاضای دسترسی به داده‌های مکانی و جنبه‌های کاربردی متعدد را هم بر این مجموعه دلایل اضافه نمائیم، به‌آسانی می‌توان نتیجه گرفت که در حال حاضر GIS تبدیل به صنعتی چندمنظوره شده و بنابراین کاملا جلوه تخصصی به خود گرفته است (رسولی، 1379). به همین دلیل، به منظور پاسخگویی به نیازهای روزافزون نقش و عملکرد متخصصان باید بسیار حائز اهمیت تلقی گردد.

در واقع، نیروهای متخصص نیروهای انسانی کارآمدی هستند که در جهت اجرا و بهینه نمودن سیستمهای GIS نقش اصلی را ایفا می نمایند (Medyckyj-Scott and Hearnshow, 1993). از دیدگاه اغلب صاحب نظران، متخصصان به‌عنوان شالوده زیربنایی نیروهای انسانی درگیر با مقوله GIS منظور می‌گردند. پر واضح است که GIS یک فنآوری جدید-الظهور اما بالنسبه پیچیده‌ای است که در جهت راه‌اندازی و مدیریت آن در اغلب سازمان‌ها مشکلات متعددی ظهور می‌کند. یکی از راه‌های تضمین موفقیت GIS های سازمانی این است که همواره متخصصان باتجربه‌ای به‌کار گمارده شوند. بنابراین، برای مدیریت چنین صنعتی باید از افراد متعدد، اما با خصوصیات تخصصی تعریف شده استفاده نمود.

مدیریت پروژه‌های GIS معمولا با فردی است که دارای شناخت کافی از دانش GIS و کاربردهای آن می باشد. این شخص با آگاهی بر اصول و نیازهای سازمانی خود یارای طراحی دیدگاهای کلان را داراست. یک مدیر GIS باید قدرت طراحی پایگاه‌های اطلاعاتی و توان ایجاد توابع عملیاتی را داشته باشد. در جهت کارایی موثر، مدیر GIS باید نیازهای کاربران را به نحوی منطقی به مدیران بالاتر انتقال دهد. نتیجه این فرآیند تبدیل نیازهای کاربران به توابع عملیاتی مناسب با تولید محصولات کاربردی جدید است. در اغلب موارد، مدیر GIS به‌عنوان اولین تعلیم‌دهنده کاربران هم شناخته می‌شود، و همچون شخصی در مدیریت پرسنلی سازمان خود باید با تکیه بر تجربه قبلی اعمال مدیریت نموده و مهارت خود را با تولید فرآورده‌های بهنگام نشان دهد.

مسؤل پایگاه داده‌ها شخصی است که دانش و تخصص طراحی و نگهداری مؤثر داده‌ها و اطلاعات حاصله را داراست. بعلاوه او دارای تجربه کافی در زمینه‌های کاربردی GIS است، که در این صورت باید از فنون مربوط به اصول طراحی نقشه‌ها و عملیات مهندسی مربوطه هم آگاهی داشته باشد. در ارتباط با مدیریت داده ها، اهم وظایف سنتی مسؤل پایگاه داده ها به‌قرار زیر است:

- تشکیل لایه‌های اطلاعاتی و تنظیم داده‌های توصیفی،
- انتخاب صحیح منابع داده‌ها،
- تشخیص مقیاس مناسب و میزان تفکیک مورد نیاز،
- شناسایی سیستم مختصات و تصویر منطقه تحت مطالعه،
- شناخت از نحوه انتقالات داده‌ها و تبدیلات مربوطه،
- طراحی اصولی انواع مدل‌ها.

علاوه بر موارد بالا، مسؤل داده‌ها اصولا باید توان طراحی پایگاه‌های اطلاعات توصیفی و نحوه اتصال آن‌ها به داده‌های گرافیگی را داشته باشد. او باید کتابخانه نقشه‌ها را ایجاد و در عین‌حال از صحت و دقت منابع جمع‌آوری شده مطمئن باشد، چرا که تمامی مراحل سازمانی بعدی در پروژه GIS از این فرآیند متاثر خواهند شد. امروزه، از مهمترین وظایف مدیر پایگاه داده‌ها می توان به نحوه اتوماتیک نمودن توابع عملیاتی، نگهداری موثر و بهنگام نمودن داده‌ها اشاره نمود. آشکارا شخص مسئول پایگاه داده‌ها در جهت انجام وظایف باید با سایر مسؤلین مربوطه از جمله متخصیص نرم‌افزار و سخت افزار هماهنگی داشته باشد.

اگر کارتوگرافی را هنر و فن نمایش واقعیت‌های زمین به‌دانیم، شخص کارتوگراف با تکیه بر تجارب خود وظیفه تبدیل واقعیت‌ها به انواع مدل‌ها را عهده‌دار می‌باشد. از آنجائیکه یکی از اهداف فن‌آوری GIS همانا تولید انواع نقشه‌ها است، بنابراین، در بعضی از زمینه‌ها با کارتوگرافی اهداف مشترکی را دنبال می‌نماید. شخصی که این مسؤلیت را به عهده می‌گیرد، باید دارای دانش پیش‌زمینه‌های از بکارگیری GIS و محیطهای کامپیوتری باشد. در خیلی از موارد، مسؤلیت عملیات واردکردن داده‌ها هم به عهده کارتوگراف گذاشته می‌شود. او برای وارد کردن انواع داده‌ها، از منابع مختلف و با ماهیت‌های متفاوت، باید مهارت به‌کارگیری سخت‌افزارهای کامپیوتری، رقومگرها و اسکنرها - به منظور تبدیل داده‌های آنالوگ به رقومی و در بعضی از موارد تصحیح آن‌ها - را داشته باشد. در عین حال، کارتوگراف باید به‌تواند انواع داده‌ها (نقشه‌ها و منابعی نظیر عکس‌های هوایی، تصاویر ماهواره‌ای و فایل‌های رقومی موجود) را تجمیع نماید. از این رو، کارتوگراف مسؤل تلفیق مدل‌ها در محیط GIS هم شناخته می‌شود. بنابراین، او باید سیستم را طوری تنظیم نماید که بهترین و مناسب ترین پلات‌ها و نقشه‌ها تولید و نمایش داده شوند. از آنجائیکه همواره این کار مستلزم دقت و ظرافت در تولید محصولات نهایی است، معمولا کارتوگراف در چهارچوب چارت سازمانی وظایف خود را زیر نظر مدیر پایگاه داده‌ها تنظیم می‌نماید.

مسئول فنی متخصصی است که باید دانش و تجربه کافی در مدیریت یک مجموعه سیستم کامپیوتری شامل: کلیه اجزاء سخت‌افزاری، نرم‌افزاری و قطعات جانبی باشد. در این راستا، نحوه تنظیم و دسترسی کاربران به امکانات سیستم، ذخیره و نگهداری مطمن از فایل‌های ایجاد شده از اهم وظایف او می‌باشد. بعلاوه تعبیه اولیه نرم‌افزارهای جدید، کمک به کاربران، رفع

اشکالات وارده، مرتبط و همسونمودن نرم‌افزارها با سخت‌افزارهای مناسب بر عهده مسؤل فنی می‌باشد. مسؤل فنی زیرنظر مدیریت اصلی GIS انجام وظیفه می‌نماید.

در نهایت در ترکیب اصلی سازمان متخصصان GIS باید به نقش متخصص برنامه‌نویس اشاره نمود. اصولا یک برنامه‌نویس حرفه‌ای GIS باید تجربه کافی در طراحی و ویرایش انواع زبان‌های مختلف، به‌ویژه زبان‌های مرتبط با GIS و سفارشی‌نمودن محیط نرم‌افزاری را آموخته باشد. این شخص برنامه‌هایی را طراحی و تدارک می‌نماید که اولا نیازهای خاص کاربران را برطرف ساخته و ثانیا توان تبدیلات انواع فرمت‌ها و داده‌ها را ممکن می‌سازد. هر برنامه‌نویس GIS با آشنایی با زبان‌های ماکرو استاندارد، امکان ایجاد انواع نمایه‌های مورد نیاز را فراهم می‌آورد. در مواردی خاص او به منظور رفع اشکالات ناخواسته در برنامه‌ها به کمک طلبیده می‌شود. این شخص زیر نظر مدیریت اصلی سازمان GIS فعالیت می‌نماید.

رسالت یک مشاوره

مشاوران خبره دارای مهارت‌های ویژه و تحصیلات تخصصی در زمینه‌های GIS هستند. اصولا هر مشاوری دارای تجربه برتر نسبت به سایر نیروهای انسانی می‌باشد. بعلاوه، مشاوران باید دارای سوابق کاری بیشتر در جنبه‌های فنی سیستم و با هدف تعبیه و راه‌اندازی GIS باشند. آنها معمولا شناخت و تسلط بیشتر بر عملیات میدانی دارند و به جنبه‌های نقشه‌برداری، عکس‌های هوایی، فتوگرامتری و نحوه ایجاد پایگاه‌های اطلاعاتی در تکوین نهایی پروژه‌های مورد درخواست سازمان‌ها مطلع‌تر هستند. در واقع، وظیفه اصلی هر مشاور در درجه اول، کمک به سازمان‌ها در جهت تامین نیازها، طراحی، انتخاب، راه اندازی و مدیریت پروژه‌های GIS می‌باشد. آن‌ها ضمن تعدیل هزینه‌ها، رفع مشکلات و اجتناب از خطاها، باید در جهت راهبری برنامه-های سازمانی به مدیریت مسئول کمک نمایند. استخدام مشاوران در واقع نوعی سرمایه‌گذاری با ظهور تاثیرات مثبت در درازمدت محسوب می‌گردد، که فواید آن در همه ابعاد GIS سازمانی به عرصه ظهور می‌رسد. به‌طور کلی وظایف هدفمند هر مشاور می‌تواند در موارد ذیل خلاصه گردد:

- بررسی وضع موجود و مسائل مطروحه،
- امکان سنجی و تشخیص محدودیت‌ها،
- مستندنمودن نیازهای تخصصی در جهت ایجاد پایگاه‌های اطلاعاتی،
- تشخیص نیازها در جهت طراحی توابع عملیاتی،
- طرح جنبه‌های کاربردی مطابق با اهداف سازمانی،
- ایجاد یک طرح ساختاری به منظور سازماندهی و مدیریت کلان GIS تشکیلاتی،
- ایجاد یک طرح اساسی به منظور اجرای اصولی برنامه‌ها،
- برآورد هزینه‌ها، در روند صرفه‌جویی و تعدیل بودجه‌های محوله،
- تنظیم یک برنامه مشخص به منظور ابتیاع سخت‌افزار و نرم افزارهای مطابق با اهداف سازمان،

- طراحی یک برنامه منسجم با هدف تبدیل داده‌های موجود در سازمان به فرمت رقومی،
- مساعدت مدیریت سازمان‌ها به منظور انتخاب، تهیه و اجرای پروژه‌های نهایی GIS.

بهره‌گیری از تجربه هر مشاور خبره‌ای دارای مزیت‌های خاصی است. دانش کافی از مسائل و آسیب‌های مربوط به پروژه‌های GIS از اهم امتیازات هر مشاوره‌ای باید بوده باشد. تجارب مشاور به مانندگنجینه‌ای از سوابق ارزشمند محسوب می‌گردد، چرا که او از اشتباهات خود و دیگران اندرزهای بسیاری کسب نموده است. مشاور GIS می‌تواند کارهای معوقه و به‌تاخیر افتاده را با صرف انرژی کمتری انجام دهد، توجه به اهداف اصلی موجب تعدیل در بودجه سازمانی می‌گردد. در یک نگاه کلی، بکارگماردن یک مشاور خبره و در دسترس سازمان، باعث افزایش اعتماد به نفس گشته و از این‌رو اهداف اصلی به‌راحتی محقق می‌گردد. به‌اختصار، با وجود مشاور مجرب و معتقد به فلسفه GIS سایر امتیازات ذیل قابل انتظار خواهد بود:

- میزان ریسک آزمون و خطا در درون سازمان کاهش می‌یابد.
- در جهت اجرای اصولی پروژه‌ها، هماهنگی‌های مورد نیاز ایجاد می‌گردد.
- مشاور می‌تواند به‌عنوان الگوی برای همه متخصصان و کاربران شاغل در سازمان تلقی گردد.
- درصد خودکفایی در درون سازمان افزایش یافته و استعدادهای ذاتی پرورش می‌یابند.
- میزان مسئولیت پذیری مدیران درگیر با پروژه‌های GIS افزایش می‌یابد.

نقش مدیران

از مهمترین عناصر GIS، شاید به‌توان به مدیران مسؤل و یا به‌عبارتی گروه تصمیم‌گیرندگان اشاره نمود که هدفمندنمودن تشکیلات سازمانی و تامین منابع مالی مجموعه GIS از اهم وظایف آنها به‌شمار می‌رود. بر اساس تجربیات حاصله، ثابت شده است که استقرار و نگهداری موثر هر سیستم GIS نیازمند صرف زمان، انرژی و سرمایه کافی است. بنابراین، در اغلب موارد، اعمال جنین پارامترهایی در جهت راه‌اندازی فنآوری مربوطه مستلزم تصویب آن از طرف تصمیم‌گیرندگان در رده‌های بالای سازمانی است. در ایران در بسیاری سازمان‌ها، اکثریت مدیران با فرهنگ فنآوری GIS و کاربردهای اصیل آن کاملا آشنا نیستند، اگر چه ممکن است بعضی از آنها از بکارگیری کامپیوتر در مسائل روزمره شناخت کافی هم داشته باشند.

اما، انتقال مفاهیم GIS – به‌ویژه قدرت بانک‌های اطلاعاتی توجه به تحلیل‌های مکانی - به رده‌های بالای سازمانی از الویت‌های اساسی است. امروزه ملاحظه می‌گردد که مدیران علاقمند در فرآیند راه‌اندازی فنآوری GIS در بین رده‌های مدیریتی سازمانی در حال فزونی است. می‌توان میزان علاقه و آگاهی های مورد نیاز مدیران را از طریق فرآیندهای زیر افزایش داد:

- معرفی ساختار و به‌ویژه امتیازات GIS از طریق رسانه‌های عمومی،
- آگاهی از راه‌اندازی GIS در سایر ارگان‌های مشابه،
- برگزاری سمینارهای ملی، کنفرانس‌های منطقه‌ای و بین‌المللی،

- اجرای کارگاه‌های آموزشی کوتاه مدت اما دوره‌ای درون‌سازمانی،
- مرتبط ساختن فعالیت‌های آموزشی و پژوهشی دانشگاه‌ها به سازمان‌های علاقمند.

در هرحال، مزایا و اهمیت جنبه‌های کاربردی GIS باید به‌طور منطقی به‌اطلاع مدیران تصمیم‌گیرنده رسانده شود تا موجبات علاقمندی آنها فراهم گردد. چرا که در اکثر موارد ملاحظه شده است بدون حمایت و رهبری‌های مدیریتی اغلب پروژه-های GIS در سطح سازمان ها با شکست مواجه گردیده و یا به‌طور کامل به اهداف از پیش تعیین شده نه‌رسیده اند. بنـابراین، به منظور دسترسی بر پتانسیل‌های نهفته در فنآوری GIS اصولا در همه مراحل اعمال رهبری آگاهانه از طـرف مـدیریت رده بالای سازمانی بسیار حائز اهمیت تلقی می‌گردد. به‌علاوه، هر برنامه GIS نیازمند داشتن دیدگاهی شفاف و هدفمند می‌باشـد. چرا که وجود دیدگاهی مشخص و مشترک به‌عنوان اساس فکری در بین مدیریت سازمانی متخصصان و کاربران را از افراط و تفریط های احتمالی برحذر می دارد.

وظیفه کاربران

آخرین حلقه در نظام نیروهای انسانی GIS کاربران می باشند که به‌عنوان عنصر مصرف‌کننده سیستم معرفی می-شوند. در استقرار فنآوری GIS به‌کارگیری تعدادی افراد جهت انجام امور متنوع و روزمره ضرورت دارد. در جهت انجام اصـولی وظایف محوله به دو فاکتور مهارت و اعتماد به‌نفس باید توجه نمود، که هر دو با آموزش مستمر کاربران در دراز مـدت تـامین می‌گردد. این وظیفه خطیر به‌طرق زیر امکان‌پذیر می‌باشد:

- آموزش کاربران توسط عرضه‌کننده سیستم،
- ارائه خدمات آموزشی توسط مشاوران با تجربه،
- برگزاری کارگاه‌های آموزشی کوتاه مدت،
- گذراندن دوره‌های آموزشی عملی در دانشگاه‌ها،
- معرفی کاربران با تجربه به مراکز تخصصی،
- بهره‌گیری از وسایل صوتی و تصویری خودآموز.

هر چند ضرورت دارد تقویم آموزشی مشخصی برای برگزاری دوره‌های طولانی مـدت تهیـه شـود، امـا لازم اسـت آموزش‌های اولیه، اما اساسی، در طول شش الی نه ماه اول به‌کاربران ارائه گردد. در جهت انتقال موثر دانش GIS به نوآموزان توجه به موارد زیر ضروری است:

- ایجاد انگیزه‌های آموزشی در میان کاربران،
- تقسیم‌بندی طول دوره به مقاطع متفاوت و معین،
- ارزیابی مستمر ازکیفیت آموزش در بین کاربران،
- ایجاد تعادل برنامه‌ریزی شده در مواد آموزشی موثر،

- تامین هزینه‌های اولیه مالی.

در هر طرح GIS باید کلیه کاربران علاقمند را مشارکت داد و به آن‌ها در جهت تنظیم امور مسئولیت‌هایی را واگذار نمود تا در انتخاب و نحوه اجرای پروژه ها به‌طور فعال سهیم باشند. کارفرمایانی که به استعداد کاربران سازمان خود اعتماد می-نمایند، معمولا در برخورد با مشکلات احتمالی آسیب‌های کمتری را متحمل می‌شوند. از این رو، در اجرای یک پروژه GIS، کارفرما باید به نقطه نظرها، مسائل و پیشنهادات کاربران توجه نموده و آن‌ها را در رفع نیازهای سازمانی مداخله دهد. به‌طور حتم، احساس مشترک از دیدگاه مالکیت سیستم در بین کارفرمایان، متخصصان و کاربران از اهم ارکان موفقیت در راه‌اندازی برنامه‌های موفق محسوب می‌گردد.

2-6 تحلیل‌های مکانی

ثابت شده است که توان هر سیستم GIS در قابلیت‌های تحلیلی آن نهفته است. مهم‌ترین عاملی که سیستم GIS را از سایر سیستم های اطلاعاتی متمایز می سازد، توابع مکانی تعبیه شده در آن است. اگرچه تغذیهٔ داده‌ها به محیط GIS، در کل، بسیار وقت گیر و هزینه‌بر است، اما هدف اساسی آن استخراج اطلاعات از طریق اعمال تحلیل‌های مکانی است. از طریق به کارگیری توابع خاص موجود در سیستم، می توان داده‌های جغرافیایی و توصیفی غیرمکانی گردآمده در پایگاه‌های اطلاعاتی را تحلیل کرد و به سؤالات مطرح شده دربارهٔ دنیای واقعی پاسخ داد. هر تحلیل مکانی مناسب می تواند به عنوان کلیدی در روند رسیدن به اهداف هر تحقیق پیشرفته کاربردی به شمار رود. در کل، هدف نهائی هر نوع تحلیل مکانی استخراج و استحصال اطلاعات دقیق تر از داده‌های انبوه ذخیره شده در پایگاه اطلاعات است که با اعمال توابع ویژه در محیط نرم‌افزار ArcGIS امکان پذیر می‌گردد. از اطلاعات حاصله می‌توان به منظور تصمیم‌گیری بهتر و منطقی بهره برد. تحلیل‌های مکانی شامل اعمال عملیات محاسباتی متنوع مانند: محاسبه مقادیر ذخیره شده در یک فیلد جدول داده‌های توصیفی گرفته تا مدل-سازی های پیچیده چند منظوره نظیر محاسبه مقادیر جریان آب در روی یک مدل ناهمواری سه‌بعدی در اختیار کاربران فنآوری GIS می‌باشد. به دلیل اهمیت موضوع تحلیل‌های مکانی، با اجرای توابع خاص بر روی داده‌های واقعی به‌ویژه در محیط نرم-افزار ArcGIS، باید جزئیات مرتبط در کلاس‌های آموزشی تدریس گردد.

2-7 قلمروهای کاربردی

همواره یکی از سئوالات اصلی در زمینه GIS این بوده که با استفاده از این فنآوری چه کارهایی می‌توان انجام داد. در این راستا، در اوایل، GIS تنها یک سیستم خودکار نقشه‌کشی تلقی گردیده بود. بنابراین در فرآیند طراحی و تولید انواع نقشه، این سیستم به‌صورت گسترده‌ای با کارتوگرافی و نقشه‌کشی پیوند خورده است. در چند گذشته، GIS به عنوان یک عنصر کلیدی با تکنولوژی اطلاعاتی سازگار گشته و در حمایت از سیستم‌های مدیریتی اداری در اختیار متخصصان، مسئولان و حتی مردم عادی قرارگرفته است. اما، هنوز مفاهیم کاربردی GIS برای اشخاص و سازمان‌ها متفاوت می‌نماید، چرا که بعضی‌ها آنرا صرفا با به‌کارگیری سخت‌افزارها و نرم‌افزارها مترادف می‌دانند. بعضی دیگر برقراری ارتباط بین عناصر داخلی سیستم و ایجاد

پایگاه‌های اطلاعاتی را به مفهوم کاربرد مطرح می‌سازند. جنبه‌های کارتوگرافیک که با تولید نقشه همراه می‌گردد، برای متخصصان کارتوگرافی هدف نهایی است. اما، انجام تحلیل‌های مکانی برای اغلب محققان علوم زمین و جغرافیایی با هدف پردازش داده‌ها و استخراج اطلاعات بیشتر به‌عنوان کاربرد اصیل تلقی می‌شود. از طرفی، ایجاد ارتباط بین قلمروهای علمی متفاوت (مثلا برنامه‌ریزی شهری و معماری) که با بررسی روابط فی‌مابین و مدل‌سازی نهایی همراه است، می‌تواند به‌عنوان کاربرد مفهوم گردد. امروزه، در سطح بین‌المللی هم، حل مشکلات و پاسخگویی به نیازهای سازمانی، ملی و جهانی از مهمترین جنبه‌های کاربردی فنآوری GIS تلقی می‌گردد. اخیرا، به‌دلیل ماهوی، فنآوری GIS به همراه اغلب تکنولوژی های مجاور نظیر: نقشه‌برداری، کارتوگرافی، فتوگرامتری، سنجش‌ازدور، سیستم تعیین موقعیت جهانی، فنآوری اطلاعات و ارتباطات کاملا اصالت کاربردی به‌خود گرفته است. به‌همین دلیل، GIS به سرعت در آینده‌ای بسیار نزدیک، به‌منظور مدیریت منطقی و بهینه منابع شهری (زیرساختاری و انسانی) و با هدف توسعه پایدار اصیل‌ترین مفهوم کاربردی خود را تجربه خواهد نمود.

با توجه به ساختار و ماهیت GIS، جنبه‌های کاربردی متعددی در زمینه مسائل شهری تا به‌حال مطرح شده است. از میان موارد کاربردهای متعدد و متنوع، سه زمینه اصلی زیر همواره مورد نظر محققان بوده است:

- به‌کارگیری داده‌های مکانی مربوط به شهر و ساختارهای مربوطه،
- مراقبت از قلمروهای محیطی،
- مدیریت و ساماندهی زیرساختارهای انسانی.

با استفاده از فنآوری GIS می‌توان مکان‌های جغرافیایی، عوارض و پدیده‌های شهری را مشاهده، مطالعه، پایش و مدل‌سازی نمود. GIS به‌دلیل ماهوی با همه عناصر محیط‌های مرتبط با شهر در ارتباط قرار گرفته و به‌عنوان یک ابزار بی‌نظیر به متخصصان کمک می نماید تا با ایجاد بانک‌های اطلاعاتی و طراحی مدل‌های واقعی به اهداف کاربردی خود نایل آیند. در دهه‌های گذشته به‌دلیل افزایش تصاعدی جمعیت جوامع بشری و بالارفتن ظرفیت‌های تولیدی، نحوه استفاده از منابع زمین نیز دگرگون شده و از این رهگذر میزان آسیب‌ها به قلمروهای محیطی بسیار افزایش یافته است. با این اوصاف، فنآوری GIS از مهمترین گزینه‌های راهبردی در جهت مراقبت از قلمروهای محیط‌های شهری محسوب می‌گردد. بعلاوه GIS می‌تواند به‌عنوان یک ابزار قابل اعتماد در روند بهینه‌سازی روابط انسانی نیز نقش ایفا نماید. به‌عنوان مثال از این فنآوی می‌توان:

- در جهت تبادل یافته‌های فرهنگی در حد کلان رسانه‌ای،
- به‌عنوان ابزاری در جهت تصمیم‌گیری‌های ژئوپولیتیکی،
- با هدف رونق بخشیدن به امر آموزش در سطوح ملی و بین‌المللی،
- ارتقاء سطح دانش بشری در زمینه‌های جغرافیایی و محیط‌زیستی،
- تبادلات فرهنگی بین کشورها به زبان صوتی و تصویری،
- مدیریت درون سازمانی در ادارات ملی به‌همراه تکنولوژی‌های اطلاعاتی و ارتباطاتی.

به‌درستی بهره برد. باختصار در جدول شماره 2-2 انواع زمینه‌های کاربردی GIS در قلمروهای متفاوت ذکرگردیده است.

جدول شماره 2-2: انواع زمینه‌های کاربردی GIS در قلمروهای متفاوت

زمینه و قلمرو کاربرد	نوع کاربرد، به‌عنوان مثال:
محیط‌های شهری	برنامه‌ریزی شهری، مدیریت حمل و نقل، معماری ساختمان، طراحی مساکن و چشم‌اندازها
مدیریت شبکه حمل و نقل	آدرس‌یابی، ترافیک جاده‌ای و بنادر و فرودگاه‌ها
ساماندهی منابع طبیعی	مدیریت منابع جنگلی، ارزیابی منابع دریایی، حیات وحش، منابع تجدید پذیر، مطالعات جغرافیایی، مهندسی رودخانه‌ای و زمین‌شناسی
واگذاری تسهیلات ملی	طراحی خطوط آب، گاز و فاضلاب شهری و تلفن
آمایش سرزمین	منطقه‌بندی، املاک و مکان‌یابی صنعتی، کشاورزی، خدمات و طرح‌های تفضیلی روستایی
مدیریت ریسک و بحران	کنترل سیلاب، پهنه‌بندی زلزله، ارزیابی آلودگی‌های شهری
عملیات نظامی	مکان یابی مناسب جهت استقرار نیروها، استفاده بهینه از عوارض زمین و احداث مواضع دفاعی
طراحی‌های سه‌بعدی	تهیه مدل ناهمواری زمین، شیب زمین و جهت ناهمواری و شبیه‌سازی های مجازی سه‌بعدی از فضا و اعماق زمین
آموزش مصور و بهنگام	تجسم مکان‌ها و پدیده‌ها و فرآیندهای محیطی و انتقال موثر آن‌ها به مخاطبان نظیر دانش-آموزان و دانشجویان

امروزه، GIS می‌تواند به‌عنوان موثرترین ابزار در جهت مدیریت منابع شهری و با هدف برنامه‌ریزی، حفاظت و توسعه منابع انسانی تصمیم‌گیرندگان را یاری دهد (سرخوش، 1380). در یک گستره وسیع، مثال‌های زیادی از انواع کاربردها در مباحث شهری در محیط GIS قابل ذکر است:

- زمین و ویژگی‌های آن بر اساس انواع فعالیت‌های مرتبط مانند مالکیت و تعیین محدوده‌های قطعات، مدیریت دارایی‌ها و سرمایه‌ها (قربانی، 1380).
- برنامه‌ریزی‌های شهری - روستایی و توسعه اقتصادی در مقیاس‌های محلی و منطقه‌ای (صابری فر، 1381).
- برنامه‌ریزی، مدیریت و طراحی عملیات انواع تسهیلات ملی نظیر: آب، برق، تلفن، پست، راه آهن، فرودگاه‌ها، اتوبان-ها، حمل و نقل و خدمات اورژانسی (Nyerges and Dueker 1988).
- مدیریت محیط‌زیست شهری و منابع وحش، ایجاد نقشه‌های پوشش‌زمین و کاربری اراضی.
- کنترل محدوده‌های سیاسی و اداری.
- برنامه‌ریزی خدمات ویژه و مدیریت ریسک و بحران.
- بازاریابی در زمینه توسعه صنایع خرده‌فروشی و تعیین محدوده‌های تجاری.
- برنامه‌ریزی منابع طبیعی، کنترل و مدیریت پوشش گیاهی و منابع آب از طریق مانیتورینگ بهنگام.
- ارائه سرویس های آموزشی و خدمات اجتماعی از طریق تجزیه و تحلیل‌های دموگرافیک.

2-8 جمع بندی

بدون‌شک مقوله GIS بزرگترین خبر قرن گذشته در زمینه فنآوری‌های جدید تلقی می‌گردد، که شاید به‌توان آنرا با اختراع اولین ماشین چاپ و یا خط تلفن مقایسه نمود. این تکنولوژی با رشد سریع خود و بابرقراری ارتباطات با سایر فنآوری‌های مجاور تبدیل به صنعتی چندمنظوره گردیده است، که اهداف کاربردی متعددی را دنبال می‌نماید. در حال حاضر، GIS به‌عنوان ابزاری نیرومند در جهت ذخیره‌سازی، طبقه‌بندی، بازیابی و تحلیل اطلاعات از قلمروهای شهری شناخته شده است. به همین دلیل، در طیف وسیعی از کاربردهای متنوع، مثلا در مطالعات شهری، ارائه خدمات مدیریتی، برنامه‌ریزی محیط‌های طبیعی و سیاستگذاری‌های کلان اقتصادی و نظامی به‌کار گرفته می‌شود. اما نباید فراموش نمود که در روند فراگیری و کاربرد زیرنبائی این فنآوری جدید به طور حتم، هر کاربر و محقق برنامه‌ریز شهری می‌بایستی با عناصر تشکیل‌دهنده فنآوری GIS و وظایف مربوطه آشنا گردد.

سئوالات فصل دو:

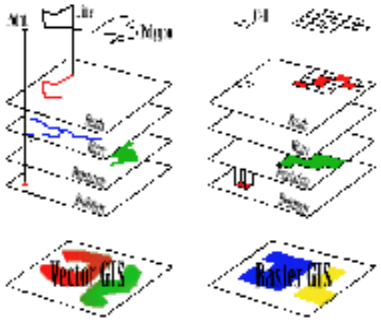
1) ظهورGIS چه نگرش‌های خاصی را در ارتباط با علم جغرافیا ایجاب نموده است؟
2) چه امتیازاتی فناوری GIS را از بقیه سیستم‌های مشابه متفاوت نموده است؟
3) سیستم‌های مرتبط با GIS را ذکر نمائید.
4) با بهره‌گیری از یک دستگاه GPS چه نوع داده‌هایی را می‌توان وارد محیط GIS نمود؟
5) به‌اختصار مطرح سازید اگر شما به‌خواهید یک نقشه شهری در فرمت کاغذی را به محیط GIS وارد نمود، چه مراحلی را باید انجام دهید؟
6) وظایف محیط ArcMap نرم‌افزار ArcGIS را به اختصار شرح دهید.
7) نقش محیط ArcCatalog در مدیریت داده‌های جغرافیائی را ذکر کنید.
8) در ساختار نیروهای انسانی وظایف یک کاربر علاقمند به فراگیری فنآوری GIS چیست؟
9) رسالت مشاوران در ساختار نیروهای انسانی را ذکر کنید.
10) مفهوم تحلیل‌های مکانی را مطرح ساخته و انواع آنرا در مباحث برنامه‌ریزی شهری قید کنید.

منابع تکمیلی برای مطالعه:

1) پی.ام.بارو - ترجمه طاهرکیا، حسن (1376) سیستم اطلاعات جغرافیایی. سمت.
2) تی‌تی‌دژ، امید (1384) خودآموز ArcGIS و مفاهیم پایه‌ای. انتشارات دانشگاه شمال.
3) ثنایی‌نژاد، سیدحسین و فرجی سبکبار، حسنعلی (1378) کاربرد GIS با استفاده از ARC/INFO در برنامه-ریزی شهری و منطقه‌ای. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد.
4) سجری، سارا (1387) راهنمای کاربردی ArcGIS. انتشارات عابد، تهران.
5) مخدوم، مجید و همکاران (1380) ارزیابی و برنامه‌ریزی محیط‌زیست با سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی، انتشارات دانشگاه تهران.

1) Chrisman, N.R. (1997) Exploring Geographic Information Systems. New York: Wiley.
2) Clarke, K. (1997) Getting Started with Geographic Information Systems. Prentice Hall: Englewood Cliffs.
3) DeMers, M.N. (1997) Fundamentals of Geographic Information Systems. John Wiley & Sons, INC.Brisbane, Australia.
4) George, B.and P.E. Korte (1997) the GIS Book. Fourth Edition, Onward Press, USA.
5) Tomlinson, R.F. (2005) Thinking About GIS: Geographic Information System Planning for Managers. ESRI Press.

فصل ۳



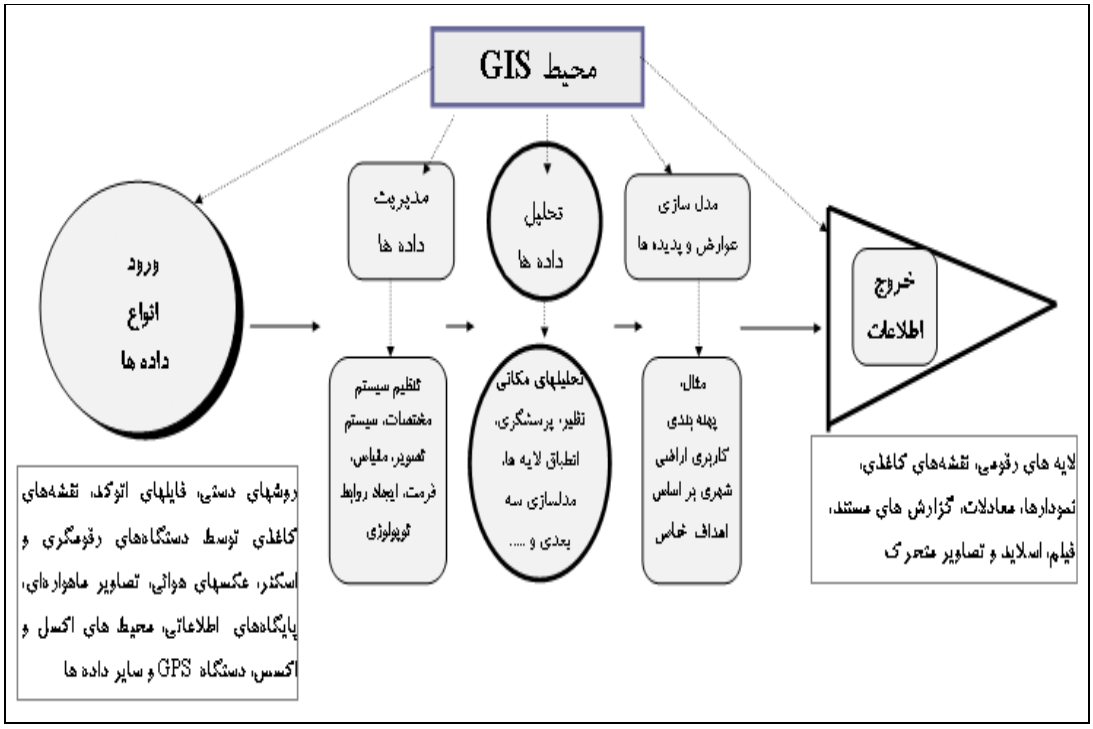
اطلاعات ورودی و خروجی GIS

چکیده::

بسیاری از افراد علاقه‌مند و کاربران GIS فقط بر جنبه‌های سخت‌افزای و نرم-افزاری این فنآوری تمرکز می‌کنند و کمتر به فرآیندهای جمع‌آوری و ورود انواع داده‌ها می‌اندیشند. اما، در عمل به‌اثبات رسیده است که ورود داده‌ها بسیار هزینه‌بر و وقت‌گیرتر از بقیه وظایف مرتبط می‌باشد، و بیش از هفتاد درصد از بودجهٔ پروژه‌های GIS معمولا در زمینه مدیریت داده‌های مورد نیاز صرف می‌گردد. به همین دلیل در فصل جاری، ابتدا نحوه ورود انواع داده‌ها به محیط GIS ارائه می‌شود. سپس، اهمیت پایگاه‌های اطلاعاتی مطرح و در نهایت خصوصیات مدل‌های خروجی بر اساس روشهای کارتوگرافیگی مدرن در محیط GIS تشریح خواهد شد.

3-1 مقدمه

در یک نگاه ساده، می‌توان GIS را به‌عنوان پروسه ورود داده‌ها، تحلیل و خروج اطلاعات در محدوده یک سیستم کامپیوتری تصور نمود. برخی از متخصصان معتقد هستند که در فرآیند GIS عملی (یا به‌اصطلاح کاربردی) باید به پنج مرحله اصلی: ورود انواع مشاهدات، مدیریت (ویراستاری) داده‌ها، ایجاد پایگاه‌های اطلاعاتی، اعمال تحلیل‌های مکانی و عرضه هدفمند نتایج نهائی استناد نمود (رسولی، 1384). از این نقطه نظر، در روی داده‌هایی که به محیط GIS وارد می‌شوند (نظیر مشاهدات جمع‌آوری شده از محیطهای شهری) بعضی از تجزیه و تحلیل‌ها (بررسی ترافیک و یا بافت‌های فرسوده) صورت گرفته، در نهایت اطلاعات حاصله (نظیر نقشه‌های منطقه‌بندی شهری یا تراکم جمعیت) نمایش داده می‌شود. شکل شماره 3-1 به‌صورت شماتیک، وظایف اصلی فنآوری GIS را نشان می‌دهد.



شکل شماره 1-3: وظایف اصلی فنآوری GIS

معمولاً داده‌هایی که به محیط GIS وارد می‌شوند، از منابع مختلف قابل تامین هستند و از این دیدگاه، GIS به‌عنوان ابزاری در جهت ورود، تبدیل، هماهنگ و مجتمع‌نمودن انواع داده‌های مختلف در قالب‌های متفاوت عمل می‌نماید. منابع ورودی در GIS شامل نقشه‌های کاغذی، عکس‌های هوائی، تصاویر ماهواره‌ای و سایر داده‌های آنالوگ و حتی فایل‌های رقومی در فرمت‌های مختلف هستند. هر کدام از این نوع داده‌ها، ویژگی‌های ساختاری خاص خود را دارا هستند. فلذا به‌منظور مدیریت اصولی چنین داده‌های قبل از هر نوع عملیاتی باید ساختار، ماهیت و قالب بندی آن‌ها مورد توجه قرار گیرد.

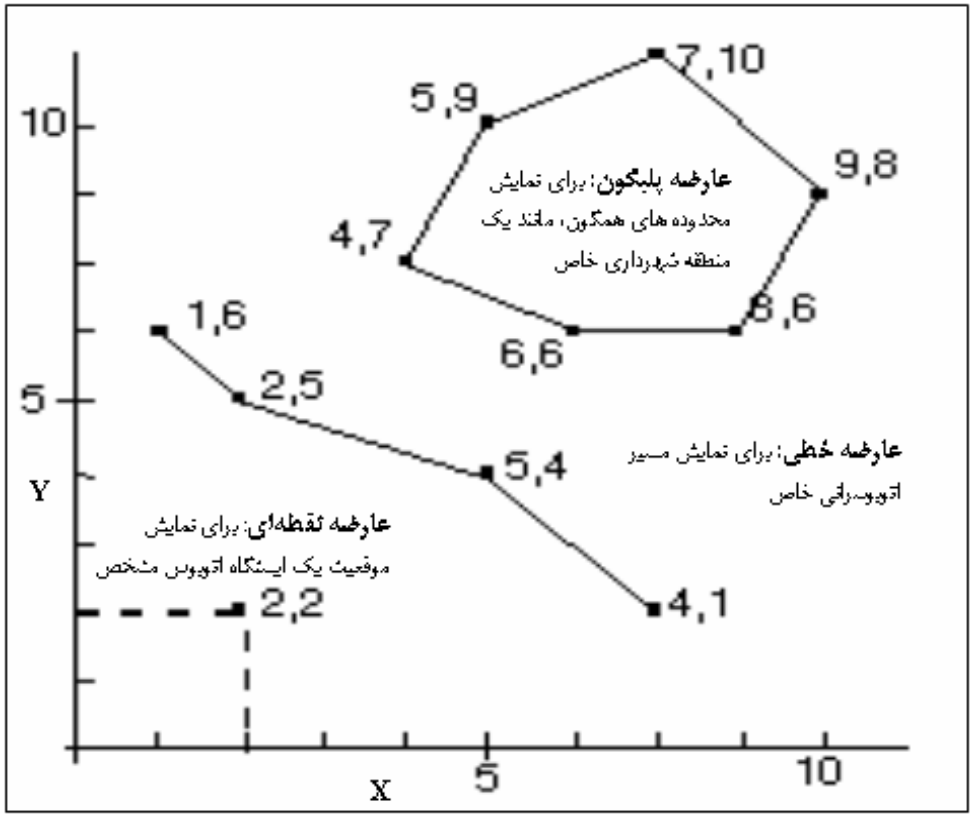
3-2 ماهیت عوارض جغرافیایی

واژه عارضه جغرافیائی به هر گونه از داده مشاهده شده از دنیای واقعی در یک مکان جغرافیایی مشخص، اطلاق می‌شود. فضا را می‌توان به صورت دو یا سه‌بعدی تصور و البته مدل‌سازی کرد. اغلب نقشه‌ها در فضای دوبعدی طراحی می‌شوند، در حالیکه موقعیت سطح ایستابی در سفره‌های زیرزمینی و یا مناطق کوهستانی را نه‌می‌توان به‌طور کامل توسط مدل‌های دو بعدی نمایش داد. در محیط GIS با استناد به روش‌های طراحی سه‌بعدی می‌توان به‌صورت مجازی موقعیت پدیده‌ها را با در نظرداشتن اعماق و ارتفاعات مربوطه تجسم نمود. در مجموع، در چهارچوب یک مکان جغرافیایی مشخص می‌توان، اشیاء را با استفاده از عوارض زیر نمایش داد:

نقاط - هر نقطه نشان‌دهنده یک موقعیت واحد در فضا می‌باشد، مثلا یک باب مسجد و یا مدرسه، که با استفاده از علائم کارتوگرافیکی در نقشه‌های شهری قابل نمایش‌اند. معمولا از نقاط برای نمایش عوارضی استفاده می‌گردد که نه‌توان این

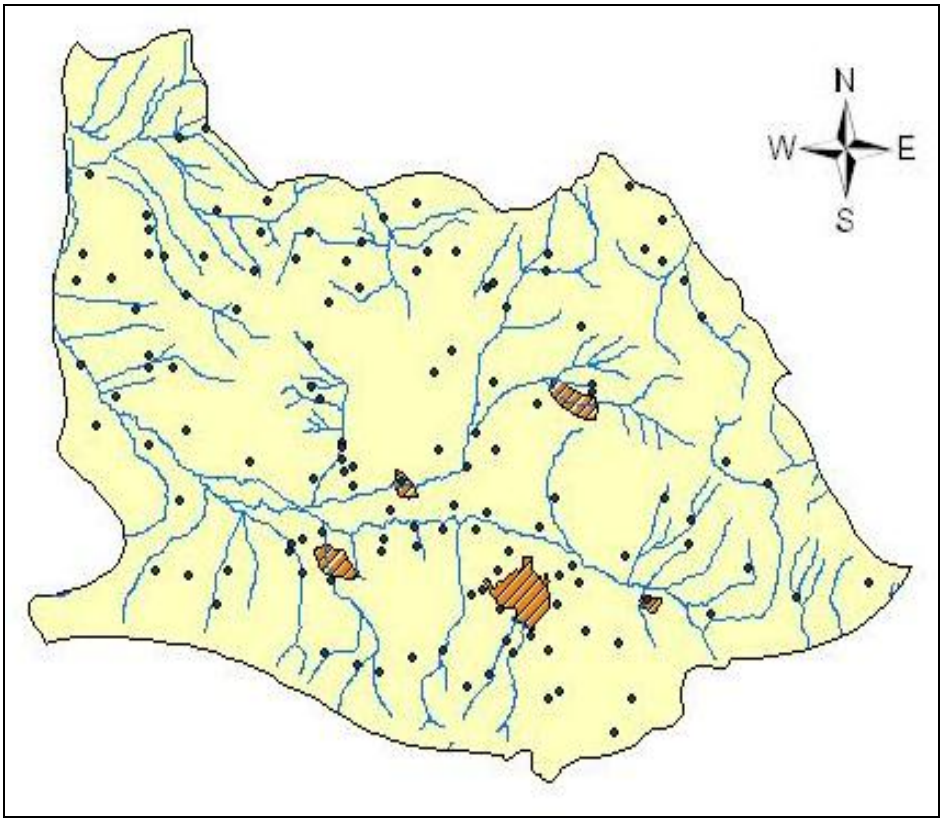
عوارض را با خطوط و سطحی نمایش داد (از قبیل موقعیت چاهها و دکل‌های برق). در کل، از نقاط می توان برای نمایش دادن عوارضی استفاده نمود که دارای امتداد و مساحت نیستند (شکل شماره 3-3).

خطوط - خطوط نشان‌دهنده نقاط با ویژگی‌های یکسانی هستند. به‌طور مثال، جاده‌ها و یا مسیرهای لوله‌گذاری، در واقع، نمایش‌دهنده عوارض خیلی باریک و بسیار کم عرضی می‌باشند. بنابراین، خطوط دارای طول بوده اما فاقد سطح هستند، از قبیل منحنی میزان‌هایی که در روی نقشه توپوگرافی طراحی می‌گردد. در روی نقشه توپوگرافی هر منحنی میزان نوعی خط هم‌ارزش می‌باشد که ارزش عددی آن در تمام نقاط یکسان است. از خطوط هم‌ارزش می‌توان برای نمایش پدیده‌های مختلف از قبیل میزان بارندگی، تراکم آلودگی آلاینده‌های هوا در محیط های شهری و یا سطح ایستابی سفره‌های آب زیرزمینی نیز استفاده کرد (شکل شماره 2-3).



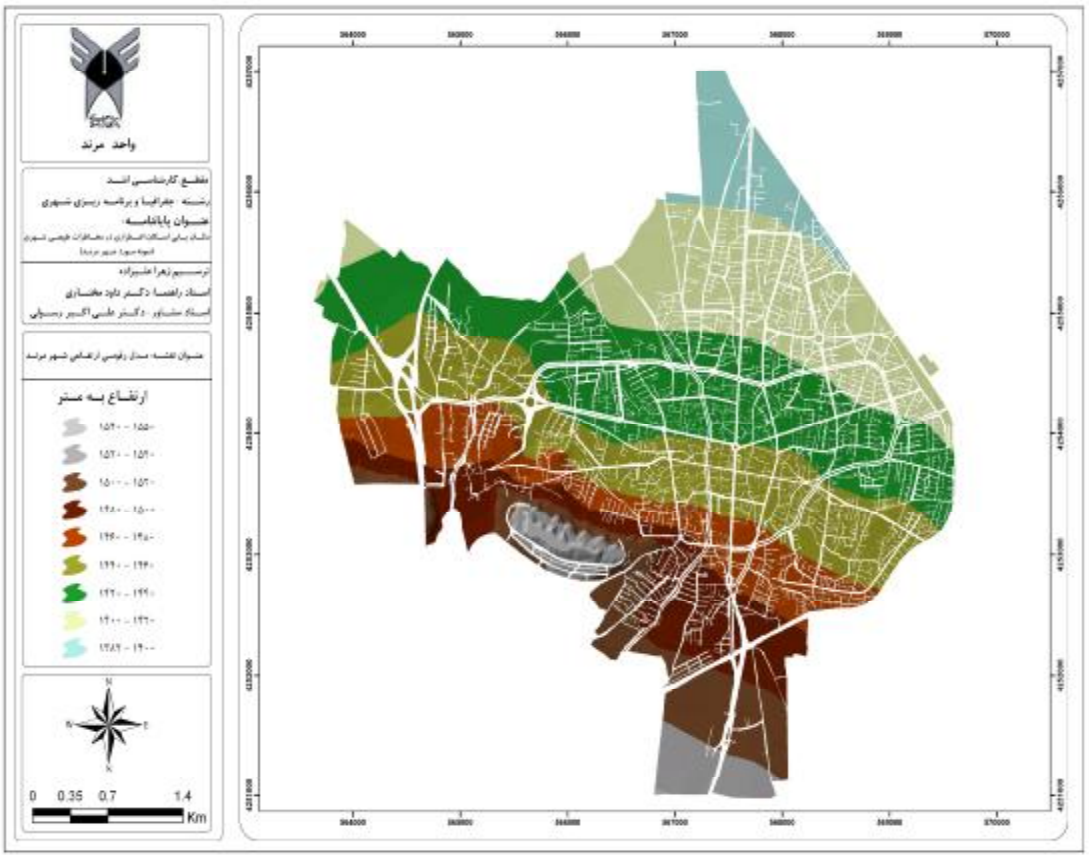
شکل شماره 2-3 نمایش انواع عوارض جغرافیایی برداری نظیر: نقاط، خطوط و محدوده‌ها در یک سیستم مختصات کارتزین

محدوده‌ها - یا نواحی که در واقع توسط آن‌ها، یک محدوده فضایی همگونی در داخل یک چندضلعی به‌صورت دوبعدی نمایش داده می‌شود. مانند محدوده جنگلی و یا تمامیت یک کشور به‌خصوص در محدوده‌های سیاسی خود که توسط چندضلعی های بسته‌ای نشان داده می‌شود. این عوارض می‌تواند نمایش‌دهنده شکل و موقعیت عوارضی از قبیل استان‌ها و شهرستان‌ها و یا قطعات زمین مشخصی باشند. مثلا توسط شکل شماره 3-3 محدوده شهرستان مرند و شهرهای واقع در آن با محدوده‌ها (یا خطوط بسته) نمایش داده شده است.



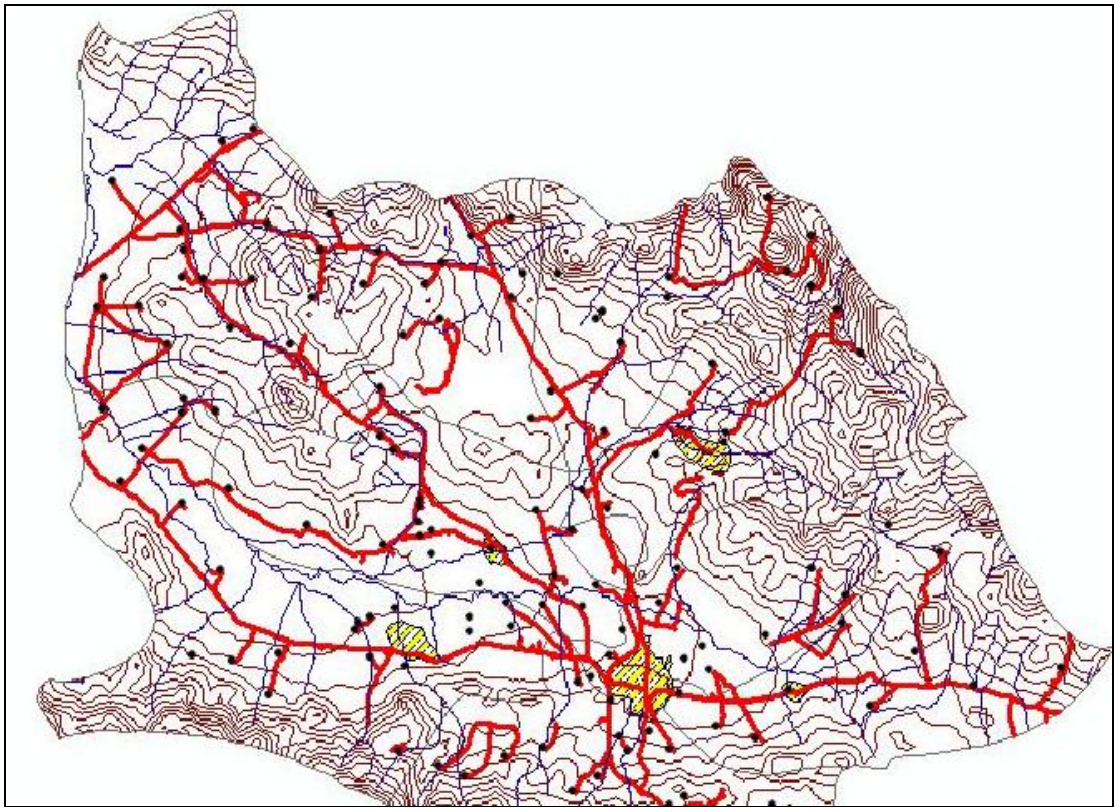
شکل شماره 3-3: نمایش داده‌های نقطه‌ای (روستاها)، خطی (رودخانه‌ها) و محدوده‌ها (شهرها) در محدوده شهرستان مرند

سطوح - یک سطح همانا محتوای یک فضایی دوبعدی است، که در هر موقعیت خاص جغرافیایی معرف یک ارزش قابل اندازه-گیری کمیتی و یا کیفیتی می‌باشد. به‌عنوان مثال، مقادیر ارتفاعات و یا میزان مقادیر بارش توسط نقشه‌های اقلیمی نشان‌دهنده تغییرات ارزش‌های عددی نقطه‌ای بر روی سطح زمین است. ضمنا با استفاده از نقشه‌های سنتی سطوح به صورت یکسری از خطوط هم‌ارزش قابل نمایش هستند (شکل شماره 4-3).



شکل شماره 4-3.: نقشه تغییرات مقادیر ارتفاعی شهر مرند به‌همراه شبکه راه‌ها

شبکه‌ها: یک شبکه عبارت از یک سری از خطوط و نقاط بهم پیوسته‌ای است، که از طریق آن‌ها اجسام، مواد و یا مقادیری از اطلاعات در حال مبادله می‌باشند. به عنوان مثال، توسط شبکه‌های جاده‌ای مبادلات خودروها و انسان‌ها صورت می‌گیرد. با توجه به شکل شماره 5-3 می‌توان رابطه شبکه جاده‌ای شهرستان مرند را با سایر عوارض جغرافیایی مانند: روستاها، شهرها با داشتن زمینه منحنی میزان‌های ارتفاعی نمایش داد.

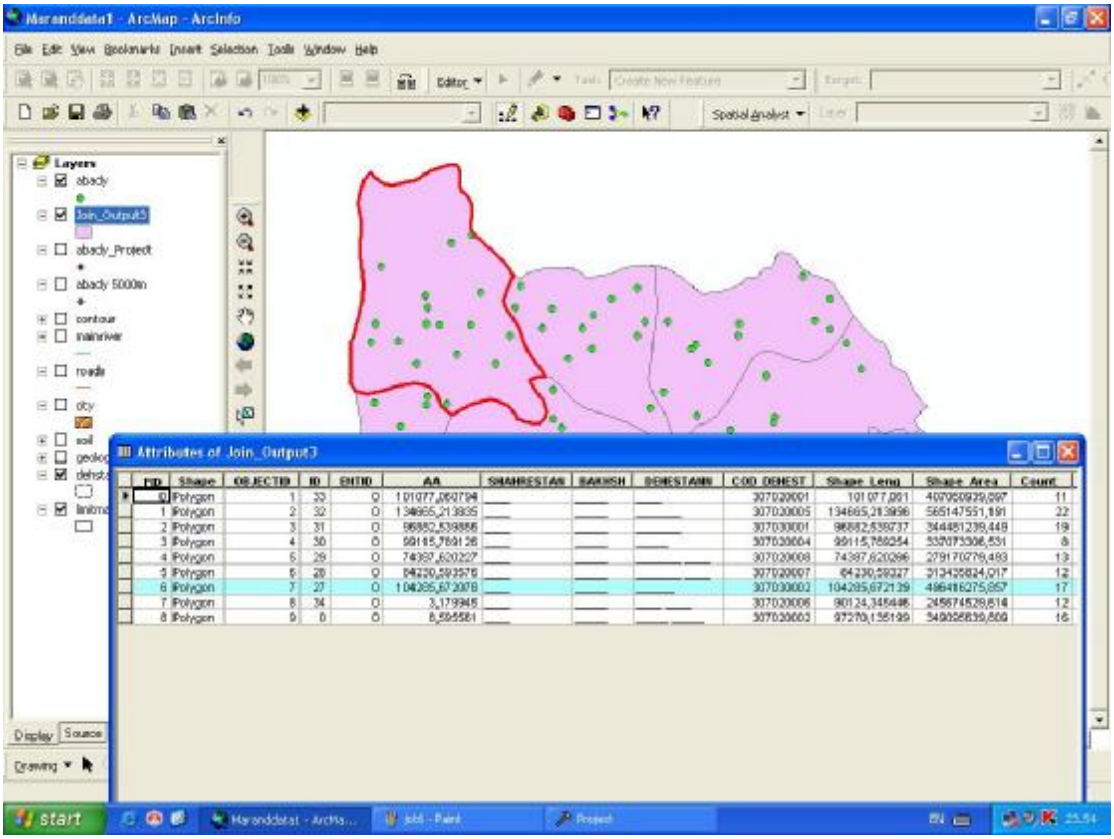


شکل شماره 5-3: نمایش داده‌های شبکه جاده‌ای در محدوده توپوگرافیک شهرستان مرند

درکل، از طریق GIS دو نوع از اطلاعات اصلی قابل انتقال هستند. اول، اطلاعات گرافیکی که مکان‌ها و شکل پدیده‌های جغرافیایی و نحوه ارتباطات فضایی مابین پدیده ها را نمایش می‌دهند. دوم، اطلاعات توصیفی هستند که خصیصه-های مربوط به پدیده‌های مکانی را ذخیره می‌سازند. در یک نقشه برای نمایش گرافیکی پدیده‌های نقطه‌ای از برچسب‌های ویژه‌ای هم استفاده می‌گردد تا مبین وجود یک شئ در یک محل خاص جغرافیایی باشد. ابعاد نقاط به اندازه‌ای کوچک هستند که توسط یک خط و یا یک محدوده قابل نمایش نه‌بوده و فقط بازگوکننده مکان هندسی، مثلا یک روستا خواهد بود. اما یک خط، مجموعه‌ای از نقاط متصل به‌هم با مختصات معینی می‌باشد، که بدون‌ذکر مساحت مطرح می‌گردند و در محیط GIS اندازه پهنای آن‌ها مورد نظر نیست. در نهایت، محدوده‌ها توسط خطوط بسته، سطوح هم‌ارزشی را نمایش می‌دهند، که توسط قوس‌های بسته به تصویر کشیده می‌شود.

در محیط GIS هر دو نوع اطلاعات گرافیکی و توصیفی مربوط به پدیده‌های واقعی، توسط فایل‌های مشخصی ذخیره و به طور جداگانه اما مرتبط نگهداری می‌شوند. قدرت سیستم GIS در نحوه برقراری ارتباط منطقی بین دو نوع ساختار متفاوت و چگونگی بیان همبستگی‌های فضایی در بین داده‌های جغرافیایی نهفته است. به عنوان مثال، در محیط نرم افزار ArcGIS امکان نمایش اطلاعات گرافیکی در روی لایه‌های موجود با مشخص نمودن چندین ردیف مشاهده از یک جدول خصیصه‌ای مربوط به آن لایه امکان‌پذیر است. البته این ارتباط می‌تواند حالت معکوسی هم داشته باشد، چرا که کاربر با ارجاع به پدیده‌های معینی در روی نقشه می‌تواند مشاهدات معادل در جدول داده‌های خصیصه‌ای مربوطه را احضار نماید. به‌منظور

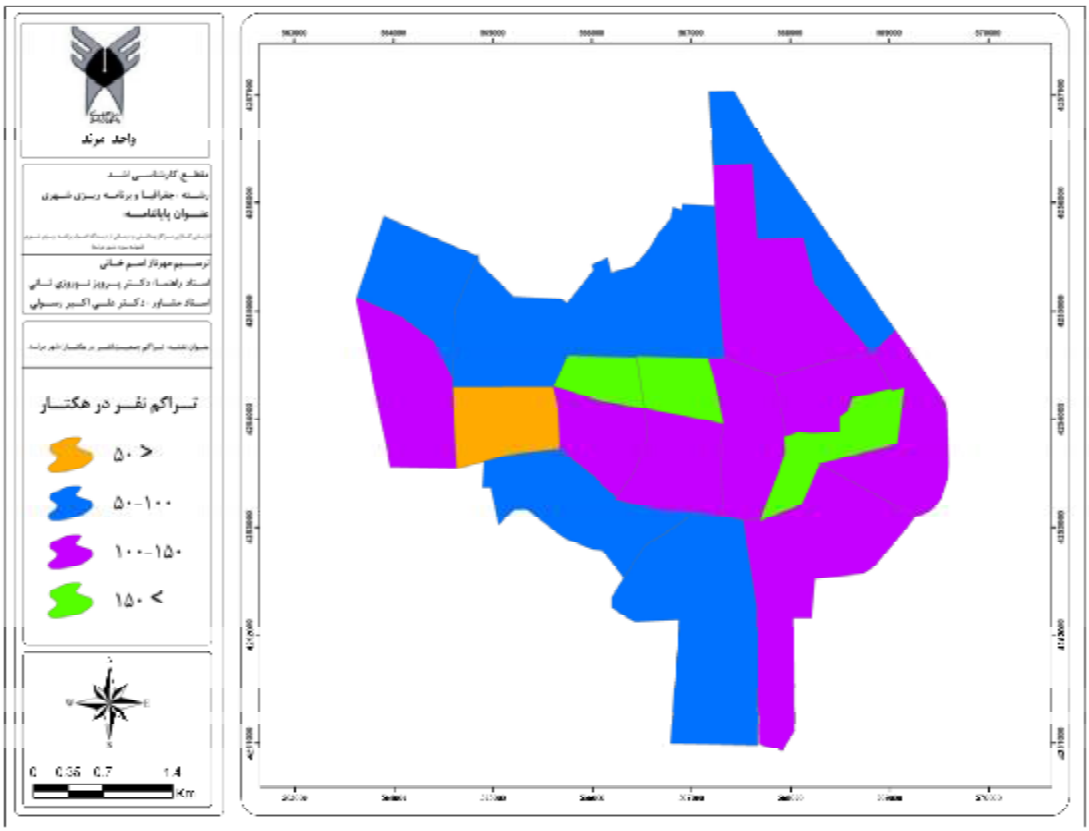
دسترسی موثر و نمایش دقیق داده‌های جغرافیایی گرافیکی (نقشه‌ها) و توصیفی (جداول) در هر سیستم GIS باید تمهیدات مورد نیاز مهیا باشد (شکل شماره 6-3).



شکل شماره 6-3: نمایش اطلاعات گرافیکی و توصیفی روستاهای شهرستان مرند در محیط نرم‌افزار ArcGIS

در واقع عوارض جغرافیایی، متغییرهای هستند که بر روی سطح زمین و یا در نزدیکی آن وجود دارند و در طول زمان ایجاد و یا تغییر می‌کنند. عوارض می‌توانند به‌صورت طبیعی به‌وجود آیند (مانند رودخانه‌ها و پوشش گیاهی) و یا می‌توانند ناشی از ساخت و سازهای انسانی در محیطهای شهری بوده باشند (مثل جاده‌ها، خطوط انتقال آب و برق و ساختمان‌ها). توسط نقشه‌ها می‌توان دنیای واقعی را با استفاده از نقاط، خطوط، سطوح و شبکه‌ها مدل‌سازی نموده و با بهره‌گیری از علائم، برچسب‌ها و نوشته‌های کمکی ویژگی‌های عوارض جغرافیایی را نمایش داد. از طریق GIS می‌توان مدل‌های مکانی از دنیای واقعی را با به‌کارگیری اجزاء سازنده آن طراحی کرد. اجزای اصلی هر کدام، دارای یک بعد فضایی بوده و می‌توانند شیای را در یک موقعیت خاص جغرافیایی به‌صورت سه‌بعدی نمایش دهند. البته، هر جزء گرافیگی یک بعد اطلاعاتی نیز دارد که ماهیت و صفات اشیاء را مشخص می‌دارد. در حال حاضر، در فنآوری GIS به بعد زمان نیز توجه خاصی می‌گردد. بنابراین، بررسی و اندازه‌گیری حالات و شرایط اشیاء و پدیده‌ها در طول زمان در قلمروهای جغرافیایی امکان‌پذیر شده است. باید اذعان داشت به‌غیر از شکل و نحوه نمایش عوارض جغرافیایی، مدل‌های ساختاری اطلاعات مکانی نیز بسیار با اهمیت می‌باشد. در هر پروژه GIS هر کدام از عوارض زمینی از طریق یک شناسه کدگذاری شده قابل تشخیص می‌گردد. مختصات هر کدام از عوارض نیز

توسط لیست‌های جداگانه‌ای با توجه به ماهیت آن‌ها در محیط GIS نگهداری می‌شود. حال با استفاده از علائم گرافیکی موجود در محیط‌های نرم افزاری، ویژگی‌ها و صفات مربوط به هر کدام از عوارض جغرافیایی قابل نمایش است. به‌عنوان مثال، جاده‌ها توسط خطوطی با پهنا، رنگ و برچسب‌های متنوع قابل ترسیم خواهند بود. برای نمایش موثر انواع مختلف پدیده‌های طبیعی نظیر رودخانه‌ها و جنگل‌ها از علائم ویژه و رنگ‌های آبی و سبز بهره گرفته می‌شود (به شماره 7-3 توجه گردد).



شکل شماره 7-3: نقشه تراکم جمعیت شهر مرند

3-3 روش‌های اخذ و ورود داده‌ها

شاید یکی از مشکلات اصلی در شروع هر پروژه‌ای نحوه واردکردن انواع داده‌ها به درون سیستم باشد. باید یادآور شد که هر محققی نیازمند اخذ و ورود داده‌های خام به محیط GIS به منظور ایجاد پایگاه داده‌ها است، چرا که بدون آن‌ها هیچ عملیات تحلیلی امکان‌پذیر نه‌خواهد بود. اغلب متخصصان بر این باور هستند که اخذ داده‌ها و تشکیل پایگاه‌های اطلاعاتی مرتبط طاقت فرساترین، وقت گیرترین و در نهایت پرهزینه‌ترین قسمت هر پروژه GIS محسوب می‌گردد. عدم موفقیت در نحوه جمع‌آوری داده‌های کافی، با دارا بودن دقت بالا، و تشخیص نوع پایگاه مناسب منجر به عدم توفیق در هر پروژه GIS می‌شود. معمولا، برای شروع، دو نوع داده خاص مورد نیاز هستند. نوع اول، اطلاعات مکانی می‌باشند، که کسب آن‌ها برای ایجاد مدل‌های جغرافیایی از ضروریات محسوب می‌گردد، که شامل: مشخصات مربوط به موقعیت اشیاء جغرافیایی، ویژگی‌های هندسی و همبستگی‌های توپولوژیک آن‌ها می‌باشد. نوع دوم اطلاعات، ماهیت غیرمکانی دارند و شامل ویژگی‌ها و صفات ذاتی

اشیاء در ارتباط با اطلاعات مکانی هستند. در محیط GIS، به اطلاعات مرتبط به مکان‌ها، شکل آن‌ها و همبستگی‌های موجود بین پدیده‌های جغرافیایی - که همواره توسط سیستم‌های مختصات و ایجاد روابط توپولوژیک ذخیره می‌گردند – داده‌های مکانی اطلاق می‌شود. در ذیل به برخی از روش‌های معمول اشاره می‌گردد.

3-3-1 روش‌های دستی

وارد نمودن داده‌ها به روش دستی (حالت سنتی) شاید راحت‌ترین روش‌ها محسوب گردد. در این حالت، به توسط صفحه کلید و ماوس کامپیوتر می‌توان مختصات جغرافیایی نقاط و سایر داده‌ها را وارد سیستم نموده و در جداولی خاصی تحت عنوان جدول مشاهدات خاص[54] ذخیره کرد. اگر محیط GIS را متشکل از پایگاه اطلاعاتی و داده‌های مکانی مرتبط تصور نمائیم، در این صورت در مواقعی که امکان ورود داده‌ها از سایر محیط‌های نرم‌افزاری و یا سخت‌افزاری میسر نباشد، می‌توان از طریق جداول ارتباطی هر نرم‌افزاری به راحتی داده‌های توصیفی (خصیصه ای) را تولید و ویراستاری نمود. همچنین، امکان تولید، بهنگام‌سازی و ویراستاری داده‌های جغرافیائی (گرافیکی یا مکانی) با بکارگیری بعضی از ابزارهای خاص وجود دارد. به‌علاوه می‌توان داده‌های تولید شده را به سایر اطلاعات مرتبط و در فرآیند اعمال تحلیل‌های مکانی به آن‌ها استناد نمود.

یادآور می‌گردد که کلیه لایه‌هایی که بر اساس منابع داده‌های مکانی ساخته می‌شوند، نظیر لایه‌های در فرمت Shapfile، حاوی موقعیت‌های جغرافیایی بوده و دارای جداول خصیصه‌ای نیز می‌باشند. هر عارضه در یک لایه دارای یک رکورد واحد در جدول صفات مربوطه است. اما هر فیلد در یک جدول صفات نشان‌دهنده یک ارزش مخصوص است. به محض اینکه یک لایه دارای داده‌های مکانی و یا جدول‌گونه به یک دیدگاه اضافه می‌شود، شما می‌توانید به جدول صفات از طریق گزینه Open Theme Table دسترسی داشته باشید. به عنوان مثال، نرم افزار ArcView به‌طور اتوماتیک روابط بین لایه‌ها و جدول صفات مربوطه را برقرار می‌کند. بنابراین، شما نیازی نه‌خواهید داشت که به‌طور جداگانه داده‌های خود را وارد سیستم نمائید. هر جدول توصیفی می‌تواند دارای مشخصات زیر باشد:

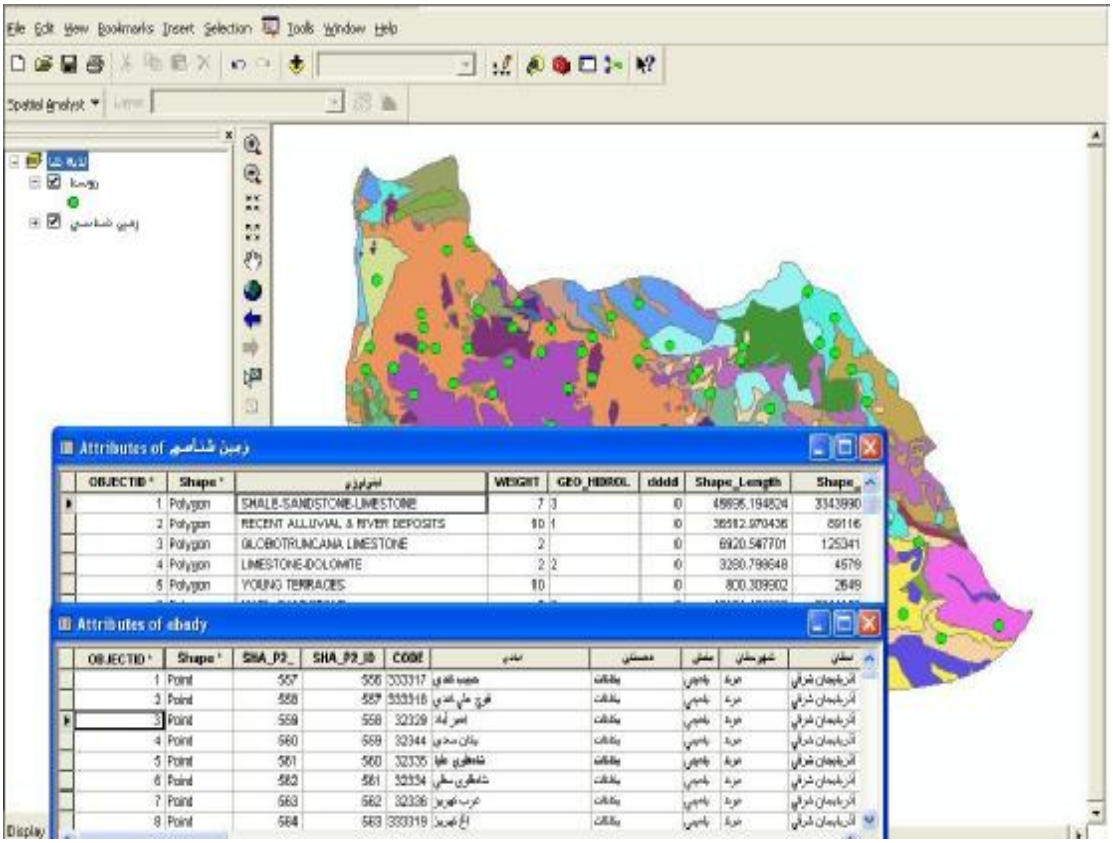
a) فیلدهای شکل[55] - که نشان‌دهنده نوع منابع داده ها از قبیل نقاط، خطوط و پلیگون‌ها هستند.
b) فیلدهای ژئومتری[56] - زمانیکه یک لایه با استفاده از فایلهای ARC/INFO ایجاد شود، چنین فیلدی ساخته می‌شود.
c) فیلدهای شناسایی[57] - هر پدیده ای که در محیط ARC/INFO ایجاد گردد، دارای دو ستون است که معرف کدهای ویژه می باشد، که با شناسه های _Coverage و Coverage_ID شناخته می‌شوند.
d) فیلدهای محتوایی[58] - هر لایه طراحی شده در محیط اتوکد در محیط دیدگاه مربوطه دارای جدولی خواهد بود که ذخیره کننده مشخصات محتوایی آن می‌باشد. ویژگی‌هایی نظیر رنگ، نوع و ضخامت خط به همراه فایل

---

۱ Event Tables
[55] Shape fields
[56] Geometry fields
[57] Identification fields

اتوکد در محیط ArcView نمایش داده خواهد شد. این نوع جداول حاوی اطلاعات توصیفی مربوط به پدیده-های موجود در لایه‌ها هستند. بنابراین، در هر جدولی یک رکورد واحد، بیانگر مشخصات پدیده مربوطه می‌باشد.

e) ضمنا در محیط ArcGIS فیلدلهای اطلاعاتی نظیر: FID ، Object ID ، Shape و غیره به‌طور اتومـاتیکی بر اساس ماهیت عوارض جغرافیائی و تعریف کاربر ایجاد می‌گردد. سایر فیلدهای اطلاعاتی بر اساس نیاز قابـل تعریف می‌باشد. توسط شکل شماره 3-7 لایه‌های اطلاعات گرافیگی (مکانی) و توصیفی شهرستان مرند بـرای عوارض نقطه‌ای روستاها و محدوده‌های زمین‌شناسی در محیط نرم افزار ArcGIS نمایش داده شده است.



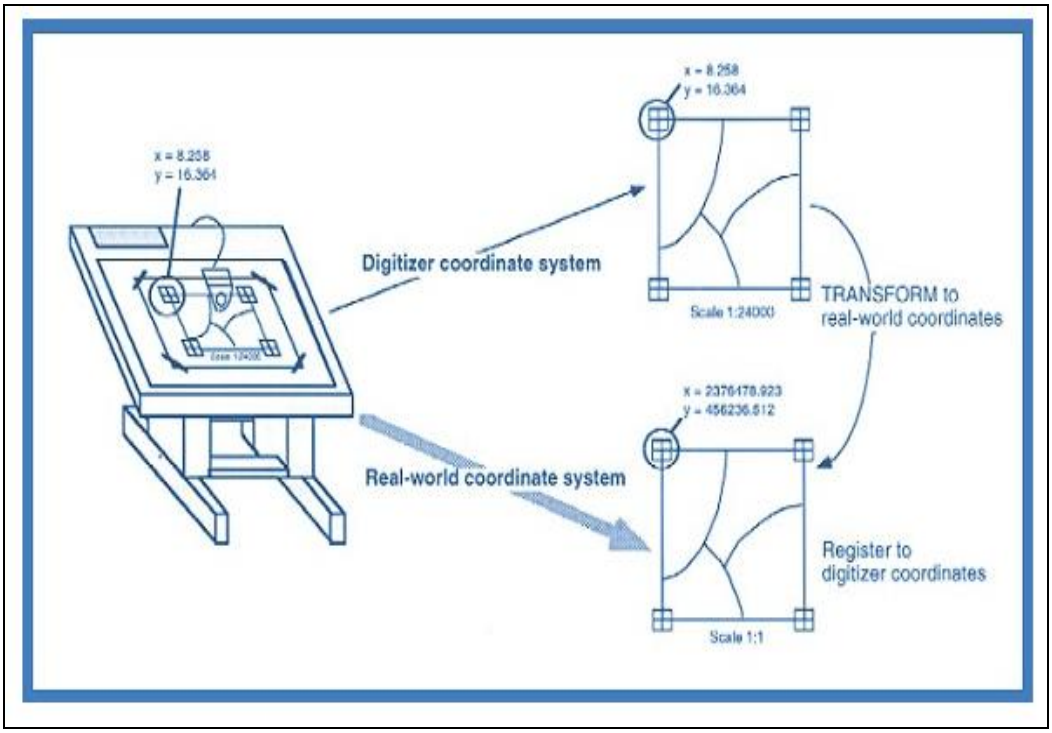
شکل شماره 3-7: نمایش اطلاعات گرافیکی و توصیفی از لایه‌های زمین‌شناسی و روستاهای شهرستان مرند
به همراه فیلدهای اطلاعاتی در محیط نرم‌افزار ArcGIS

3-3-2 ورود داده‌هاتوسط رقومگر

در اصل هر رقومگر ابزاری مجهز به یک میز اتوماتیک حساس و یک دستگاه شبیه به ماوس با کلیدهای مخصوصی است، که در جهت ضبط موقعیت پدیده‌های مکانی با متمایز نمودن مختصات دقیق جغرافیایی آنها استفاده می‌شود. توسط این دستگاه پدیده‌های موجود در روی نقشه به‌صورت نقاط، خطوط و محدوده‌ها به محیط GIS جهت ایجاد بانک‌های اطلاعاتی

[58]Entity fields

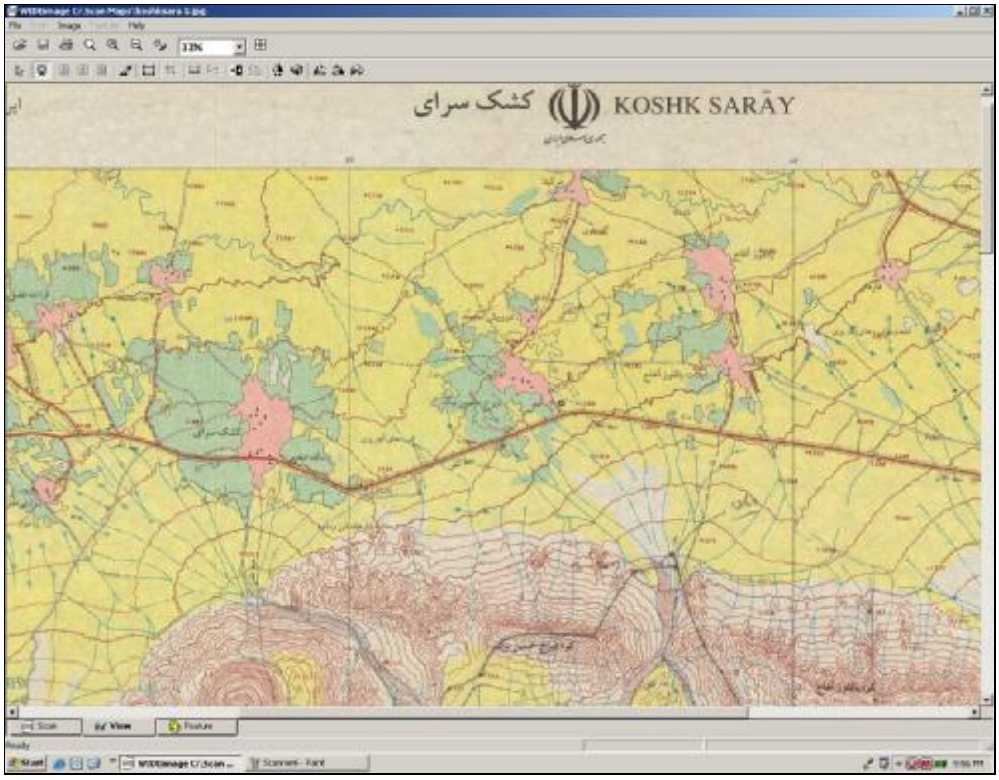
منتقل می‌شوند. این روش، علیرغم وقت‌گیر بودن و زحمت زیاد، طی سال‌های گذشته، به‌عنوان معمول‌ترین متد در جهت تهیه منابع مورد نیاز در دنیای GIS محسوب گردیده است. شکل شماره 8-3 نمایشگر یک دستگاه رقومگری به‌همراه مراحل تثبیت و تطبیق سیستم مختصات زمینی است.



شکل شماره 8-3: طرح یک دستگاه رقومگری به‌همراه مراحل تثبیت و تطبیق سیستم مختصات زمینی

3-3-3 فرآیند اسکن‌کردن نقشه‌های کاغذی

در مواقعی که دارای مستندات جغرافیائی کاغذی از قبیل نقشه‌های توپوگرافی، زمین‌شناسی و یا کاربری اراضی منطقه خاصی هستید، می‌توانید به روش نیمه سخت‌افزاری – نرم‌افزاری به فرآیند اسکن- وکتورایز یا برداری نمودن عوارض نقطه‌ای، خطی و محدوده ها استناد کنید. در خیلی از موارد، منابع مورد نیاز در پروژه‌های GIS در فرمت‌های رقومی نیستند و اغلب به‌صورت نقشه‌های آنالوگ تهیه شده‌اند. بنابراین، باید این نقشه‌ها به فرمت‌های قابل‌قبول در فرآیندهای GIS تبدیل شوند. این عمل از طریق فناوری اسکن‌کردن میسر شده و به دستگاهی که این کار را امکان پذیر می‌سازد "اسکنر" گفته می-شود. در واقع اسکنر دستگاهی است الکترونیکی که به وسیلهٔ آن امکان ورود اطلاعات موجود در روی نقشه‌ها و حتی عکس-های هوایی به داخل کامپیوتر ممکن می‌گردد. با توجه به نیاز و هدف جمع‌آوری اطلاعات می‌توان از انواع اسکنرها بهره برد. به‌منظور انتقال عوارض موجود روی یک نقشه توپوگرافی در اندازه بزرگ به یک اسکنر ایستا در ابعاد بزرگ (که معمولا توسط سازمان‌ها و مراکز حرفه‌ای به‌کار گرفته می‌شوند و با استفاده از آن‌ها می‌توان اطلاعات موجود در نقشه‌هایی به ابعاد A0 و اندازه بزرگ‌تر را به کامپیوتر منتقل نمود (شکل شماره 9-3).



شکل شماره 9-3: بخشی از نقشه منطقه کشک‌سرای شهرستان مرند اسکن‌شده در محیط نرم‌افزار WideImage

اصولا، برای اجرای فرآیند اسکن به یک نرم‌افزار تخصصی نیاز می‌باشد. نرم‌افزار WideImage یکی از نرم-افزارهای تخصصی در این زمینه است، که بعد از تعبیه نرم‌افزار مربوطه می‌توان محیط آنرا بر اساس شرایط مطلوب تنظیم نموده و نقشه مورد نظر را اسکن کرد. به منظور تبدیل نقشه‌های کاغذی به حالت رقومی شما می‌توانید از اسکنر از نوع Ao استفاده و با تعریف ابعاد، میزان تفکیک مکانی و محل ذخیره‌شدن فایلهای رقومی در یکی از فرمت‌های مختلف مانند: tiff.* ، jpg.* و gif.* در یک محیط نرم‌افزاری تخصصی اقدام نمائید. سپس، در محیط نرم‌افزارهای مانند R2V[59] و یا ArcScan عوارض گرافیگی (نقاط، خطوط و پلیگون‌های) موجود در نقشه خاصی (مثلا نقشه کاغذی منطقه کشک‌سرای شهرستان مرند) را به فرم رقومی وکتورایز کنید. البته شما می‌توانید داده‌های رقومی‌شده برداری در فرمت Shp.* را ذخیره و بعد از انتقال به محیط نرم-افزارهای ArcGIS و یا ArcView اطلاعات مربوطه را تحلیل نمائید.

3-3-4 استفاده از منابع رقومی موجود

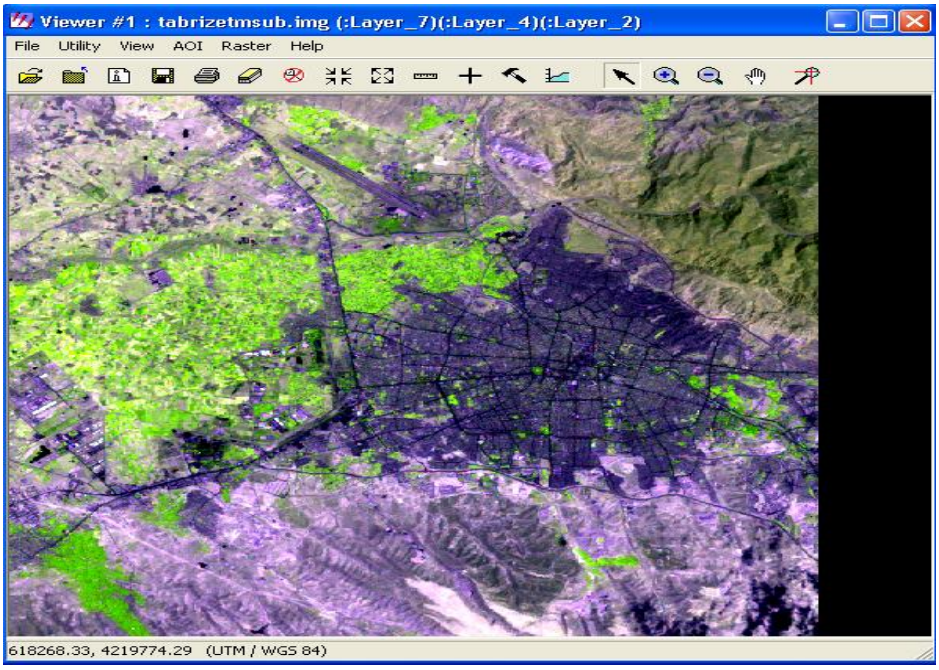
ممکن است بعضی از اطلاعات مکانی به‌همراه موقعیت جغرافیایی آنها قبلا توسط بعضی از سازمان‌ها، در محیط کامپیوتر به صورت رقومی، ایجاد شده باشد. در این رابطه سه نوع از داده‌ها قابل ذکرند. اول، آن دسته از فایل‌های هستند که قبلا توسط روش‌های کارتوگرافی اتوماتیک ایجاد شده‌اند. مانند فایل‌های گرافیکی اتوکد در فرمت DXF و در مواردی میکرو-استیشن در فرمت DGN که معمولا توسط سازمان نقشه‌برداری تصحیح و توزیع شده‌اند. به‌تازگی، فایل‌های رقومی مورد قبول

[59] Raster to Vector

GIS در فرمت سازمانی در مقیاس‌های مختلف عرضه شده است که امکان تبدیل چنین داده‌هایی وجود دارد. در مواردی، کدهای مکانی نیز به منظور شناسایی داده‌ها در ارتباط با یک مکان خاص جغرافیایی مورد استفاده قرار می‌گیرند. به‌عنوان مثال، می‌توان به کدهای پستی اشاره کرد که در ارتباط با آدرس‌های خاص قابل بهره‌برداری هستند. در هر حالت، محققان، قبل از شروع کار با چنین داده‌هایی، ممکن است دخل و تصرف‌هایی را در روی آن‌ها- با توجه به ساختار مدل مورد نیاز و اهداف نهایی - اعمال نمایند (Tomlinson, et. 1976). در چند سال گذشته، اغلب سازمان‌های دولتی و بخش خصوصی داده‌های گرافیکی خود را در فرمت اتوکد تولید و نگهداری نموده اند. امروزه، با سرعت زیاد در محیط نرم‌افزارهای ArcView و ArcGIS امکان تبدیل، تغییر و ایجاد پایگاه‌های اطلاعاتی با استفاده از این منابع وجود دارد.

3-3-5 تصاویر حاصله از سنجش‌ازدور

حجم عظیمی از منابع اصلی اطلاعات رقومی از طریق فنآوری سنجش از دور و به‌واسطه مکانیسم پردازش تصاویر رقومی حاصل می‌آیند. تصاویر حاصله، ممکن است توسط سنجنده‌های مختلف از قبیل هواپیماهای عکاس و ماهواره‌ها در سطوح ارتفاعی مختلف، تهیه شده باشد.



شکل شماره 10-3: تصویر ماهواره‌ای شهر تبریز سنجنده+ETM ماهواره لندست 5 مفروش شده بر روی مدل ناهمواری

در اصل، این نوع داده‌ها شبیه داده‌های فراهم آمده توسط اسکنرها هستند، با این تفاوت که این نوع تصاویر از دنیای واقعی و در طیف‌های مختلف الکترومغناطیسی تهیه شده‌اند (شکل شماره 10-3). داده‌های رقومی، تولید شده توسط فرآیند پردازش تصویر، با مشاهده با دنیای واقعی مطابقت داده می‌شوند. بنابراین، این نوع داده‌ها به‌راحتی توسط مدل‌های در ساختار رستری و شاخه‌درختی در محیط GIS قابل مدیریت هستند (رسولی، 1387).

3-3-6 سیستم تعیین موقعیت جهانی

با توجه بر پیشرفت‌های حاصله در نحوه ارتباطات فضایی، امروزه این امکان ایجاد گردیده که در هر لحظه از زمان و در هر جای دنیا موقعیت‌های دقیق را تعیین نموده و اطلاعات مورد نیاز را به‌صورت رقومی فراهم آورد (مسگری، 1379). تکنولوژی GPS در جهت تعیین موقعیت بسیار دقیق مکان‌های جغرافیایی و پدیده‌های مختلف – به ویژه اشیاء متحرک نظیر کشتی‌ها در اقیانوس‌ها و کامیون ها در مسیر جاده‌ها به‌کار گرفته می‌شود. امروزه، بر اساس پیشرفت‌های نرم‌افزاری امکان انتقال سریع مشاهدات جمع‌آوری شده توسط GPS به محیط GIS فراهم گردیده است. به‌عنوان مثال، می‌توان با بکارگیری یک دستگاه Garmin eTrex مشاهدات زمینی مورد نظر را برداشت و با انتقال و تبدیل اطلاعات در محیط نرم‌افزار GPS Utility اطلاعات رقومی را به محیط هر نرم‌افزار GIS وارد و با ایجاد بانک‌های اطلاعاتی منسجم تحلیل‌های مکانی هدفمند را دنبال نمود (رسولی، 1388).

3-3-7 ورود داده‌های غیرمکانی

در محیط GIS به همراه داده‌های مکانی، بعضی از ویژگی‌های دیگری نیز بکار گرفته می‌شوند. این خصوصیات مربوط به پدیده‌های مکانی را توصیف کرده و معمولا در جداول مخصوصی در ارتباط منطقی با هم نگهداری می‌شوند. به‌عنوان مثال، موقعیت یک چاه به‌وسیله یک نقطه مشخص می‌شود، ولی صفاتی نظیر عمق، مقدار آبدهی و کیفیت شیمیایی مربوطه در جدول صفات مرتبط درج می‌گردد. در چند سال گذشته، به علت رشد تکنولوژی کامپیوتری پیشرفته‌های زیادی در نحوه ایجاد پایگاه‌های اطلاعات رقومی حاصل آمده است. بدین ترتیب، داده‌های حجیم رقومی، اخذ شده از آمار جوامع انسانی و ویژگی‌های توصیفی مکان‌های جغرافیایی توسط خیلی از سازمان‌ها، در حال تهیه می‌باشد.

در حال حاضر، روش های جدید الکترونیکی به محققین در جهت تغذیه هر چه سریع تر داده‌های غیرمکانی رقومی به درون GIS کمک می‌نمایند. باید یادآور شد که بخش قابل توجهی از اطلاعات غیرمکانی نیز توسط خود سیستم GIS در قالب‌بندی‌های خاص تولید می‌شود. به موازات گسترش سیستم‌های اطلاعاتی متنوع، امکان برقراری بین سیستم‌ها سریع‌تر و آسان‌تر شده است. روش‌های تبدیل داده‌ها و اطلاعات به فرمت‌های متفاوت از مهمترین امتیازات GIS محسوب می‌گردد. اغلب این نوع داده‌ها را می‌توان در محیط نرم‌افزارهای اکسل و یا اکسس سازماندهی نمود و به‌تنهایی و یا به‌همراه سایر داده‌ها در فرآیندهای بعدی از آن‌ها استفاده بهینه کرد. البته مشاهدات جمع‌آوری شده را می‌توان به محیط یکی از نرم‌افزارهای GIS مثلا نرم‌افزار ArcGIS منتقل و در فرمت برداری ذخیره و در فرآیند تحلیل‌های مکانی به‌کار گرفت.

3-4 ماهیت بانک‌های اطلاعاتی

هر سیستم GIS حداقل دارای دو نوع قابلیت کاربردی بارزی است. اولی توان اعمال سئوالات مشخص به‌منظور کسب اطلاعات معین از پایگاه داده‌ها است و دومی انجام تحلیل‌های مکانی با هدف مدل‌سازی‌های هدفمند می‌باشد. اما، هر دو مورد ذکر شده کاملا به پایگاه اطلاعاتی (به تعبیری بهتر به مغز سیستم GIS) که به‌صورت منسجم سازماندهی شده است – وابسته‌اند. بسیاری از نرم‌افزارهای GIS دارای پایگاه‌های اطلاعاتی منسجم و سازمان‌یافتی هستند. اهمیت پایگاه‌های اطلاعاتی از این واقعیت ناشی می‌شود که داده‌های موجود در پایگاه اطلاعات، به صورت کاملا مرتبط به‌هم طراحی می‌شوند و دارای

ساختاری منسجم جهت تلفیق و بازیابی انواع اطلاعات می‌باشند. نباید فراموش کرد که هـر پایگـاه اطلاعـاتی معمـولا دارای معماری ویژه‌ای است که به‌منظور کاربرد خاصی طراحی گشته است. از دیدگاه خیلی از متخصصان، مدیریت منطقی اطلاعات از مهمترین عوامل موفقیت هر سیستم GIS محسوب می‌گردد.

پایگاه اطلاعاتی از جهات مختلف بسیار حائز اهمیت تلقی می گردد، چرا کـه گـردآوری، ذخیـره‌سـازی، بازیافـت و سازماندهی داده‌های موردنیاز در پروژه‌های GIS دشوار و اغلب بسیار پرهزینه است. اما در دهه‌های اخیر با ظهـور تکنولـوژی مدیریت داده‌ها از حجم مشکلات مربوطه تا حدود زیادی کاسته شده است و سیستم‌های کامل‌تری به بازار عرضه شده است. به‌طور کلی، به مجموعه‌ای از داده‌های جمع‌آوری شده مرتبط به یک واقعیت و یا هدف مشخصی پایگاه اطلاعات[60] گفته می‌شود. وجود ارتباط منطقی در میان این مجموعه اساس پایگاه‌های اطلاعاتی محسوب می‌گردد، که از طریـق تغذیـه، ذخیـره و مدیریت منسجم مشاهدات جغرافیائی در محیط‌های کامپیوتری امکان‌پذیر می‌گردد. هر پایگاه اطلاعاتی شامل داده‌های مکانی است که اطلاعات مربوط به موقعیت‌ها و شکل عوارض زمین را در قالب نقاط، خطوط، محدوده‌ها، پیکسل‌ها، گریدها و مثلث‌های نامنظم ذخیره می‌سازد. به‌علاوه هر پایگاه اطلاعات ویژگی‌های مربوط به پدیده‌های غیرمکانی را نیز نگهداری می‌نماید. این ویژگی‌ها معمولا شامل اطلاعات ماهیتی عوارض جغرافیائی بوده و در حالـت اعـداد و ارقـام، نوشـته‌هـا، تصـاویر و سـایر خصوصیات مرتبط هستند که به‌صورت منطقی در جداول ویژه‌ای نگهداری می‌شوند. داده‌های توصـیفی (یـا خصیصـه ای) در محیط‌های نرم‌افزاری تحت عنوان جداول خصوصیات پدیده‌ها[61] و جداول ارتباطی[62] (یا مرتبط) ذخیره می‌شوند.

در محیط اغلب نرم افزارهای حرفه‌ای مانند ArcGIS فرآیند تبدیل مشاهدات به فرم الکترونیکی آن در جهت ایجاد پایگاه‌های اطلاعاتی به‌طور اتوماتیک صورت می‌گیرد. به‌علاوه اغلب نرم‌افزارهـای تخصصـی دارای سیسـتم مـدیریت پایگـاه اطلاعاتی[63] هستند که فرآیند ذخیره‌سازی موثر و ایجاد ارتباط داخلی بین داده‌ها را تضمین مـی‌نمایـد. در واقـع هـر نـرم‌افـزار مدیریت پایگاه اطلاعاتی یک ساختار کامپیوتری است که جهت دسترسی و سازماندهی داده‌ها به کمک یک مجموعه از برنامه‌های خاص در محیط GIS به‌کار گرفته می‌شود. ساختار اغلب پایگاه اطلاعاتی به‌صورت استاندارد طراحی می‌شود تا تبادلات داده‌ها به‌آسانی صورت گیرد. در این نوع ساختارها ابزارهایی عملیاتی به‌منظور واردکردن، ایجاد تغییـرات، تبـدیلات، بازیـابی، ویراستاری و تحلیل داده‌ها تعبیه می‌گردد.

به‌طور کلی در یک نگرش ساده، یک سری از عناصر اطلاعاتی مربوط به یک شیء، موضوع و یا مکانی خاص، مانند آمار جمعیت مربوط به محدوده خاصی از شهر به‌همراه سایر مشخصات مربوطه (موقعیت و محل زندگی و آدرس‌های پستی) را می‌توان به‌عنوان یک پایگاه اطلاعاتی در نظر گرفت. در همچون پایگاه اطلاعاتی، داده‌های مربوط به یـک حادثـه (یـا مـورد خاص) به‌عنوان یک رکورد شناخته می‌شود. به‌علاوه متغییرهای اطلاعاتی را هم می‌توان تحت عنوان فیلد در نظر گرفت. مانند

---

[60] Database
[61] Feature Attribute Tables
[62] Related Tables
[63] Database Mamagment System (DBMS)

تعداد جمعیت و یا سن افراد، که ممکن است دارای داده‌های متفاوت بوده باشد. این داده‌ها می‌تواند شامل داده‌های عددی واقعی، رشته‌ای، نوشتاری، تاریخ، زمان و یا بر اساس منطق بولین تنظیم گردد. در همچون پایگاهی شناسه‌های مشخص در برگیرنده تمامی رکوردها به‌عنوان فیلد کلیدی شناخته می‌شود.

برای اینکه هر پایگاه اطلاعاتی قابلیت اصلی خود را حفظ نماید، باید کلیه سری داده‌ها شامل رکوردهای یکنواخت و منسجمی باشد که در واقع برای هر مورد خاص (مثلا برای موقعیت جغرافیایی یک ایستگاه اتوبوس) اطلاعات اصلی را ارائه دهد. هر رکورد ممکن است دارای چندین فیلد بوده باشد که هر کدام از آن‌ها یک نوع اطلاعات مشخصی را ذخیره می‌سازد. تعداد و مشخصات فیلدها باید برای هر رکورد ثابت باشد. به‌عنوان مثال، هر رکورد مربوط به ایستگاه‌ها ممکن است دارای فیلدهایی نظیر اسم، طول و عرض جغرافیایی، نوع و ماهیت و سایر ویژگی‌های دیگر باشد. محتوای فیلدها ممکن است از نقط نظر مقیاس داده‌ها نیز متنوع بوده و در حالات اسمی، رتبه‌ای، طبقه‌بندی شده و یا ضریبی (نسبی) ذخیره گردد. به‌عنوان مثال، یک پایگاه اطلاعات شهری شاید ویژگی‌هایی از قبیل اسم، شماره تلفن شهروندان، شماره پلاک منازل، قیمت املاک، نحوه ثبت ملکی و سایر اطلاعات دیگر نیز بوده باشد. در روند کاربردی نمودن معماری هر پایگاه اطلاعاتی تعدادی از توابع ویژه در نظر گرفته می‌شود که با استفاده از آنها امکان انجام موارد زیر ممکن می‌گردد:

- ایجاد و ویراستاری رکوردها با استفاده از یک سری از توابع خاص،
- خلاصه‌نمودن گروهی رکوردها با استفاده از پارامترهای آماری،
- اعمال عملیات ریاضی بر روی مشاهدات ذخیره شده،
- انتخاب رکوردها بر اساس قوانین مشخص و درخواستی،
- بهنگام سازی پایگاه اطلاعات و افزودن فیلدهای جدید،
- مرتبط ساختن محتوای فیلدها در درون یک پایگاه اطلاعاتی و نمایش نتایج مستخرج از عملیات پرسشگری،
- برقراری ارتباط منطقی بین انواع پایگاه‌های اطلاعات متعدد.

مانند هر پایگاه داده‌ها، پایگاه‌های اطلاعاتی مورد نظر GIS باید طوری طراحی گردد که توان پاسخگویی به نیازهای کاربران و جنبه‌های کاربردی مختلف را داشته باشد. در روند طراحی اکثر پایگاه‌های اطلاعاتی باید شرایط زیر لحاظ شده باشد:

- تامین چهارچوب نظری منطقی از کلیات و نیازهای پایگاه اطلاعات در دست تهیه،
- تعریف دقیق فرآیندهای مربوط به پایگاه اطلاعات مربوطه به نحوی که روابط متقابل بین مشاهدات و متغییرهای ذخیره شده از طریق عناصر ارتباطی قابل ارزیابی و نمایش گردد،
- قدرت تشخیص مسائل و خطاهای احتمالی و اعمال روش‌هایی جایگزین با هدف ویراستاری اطلاعات،
- قدرت تشخیص داده‌های اصلی و فیلترنمودن داده‌های غیرمربوط،
- امکان اعمال فرآیندهای بهنگام سازی جهت ورود داده‌های جدید،

- قابلیت گسترش سیستم به‌منظور تامین نیازهای آتی و توان برقراری ارتباط با سایر سیستم‌های مشابه.

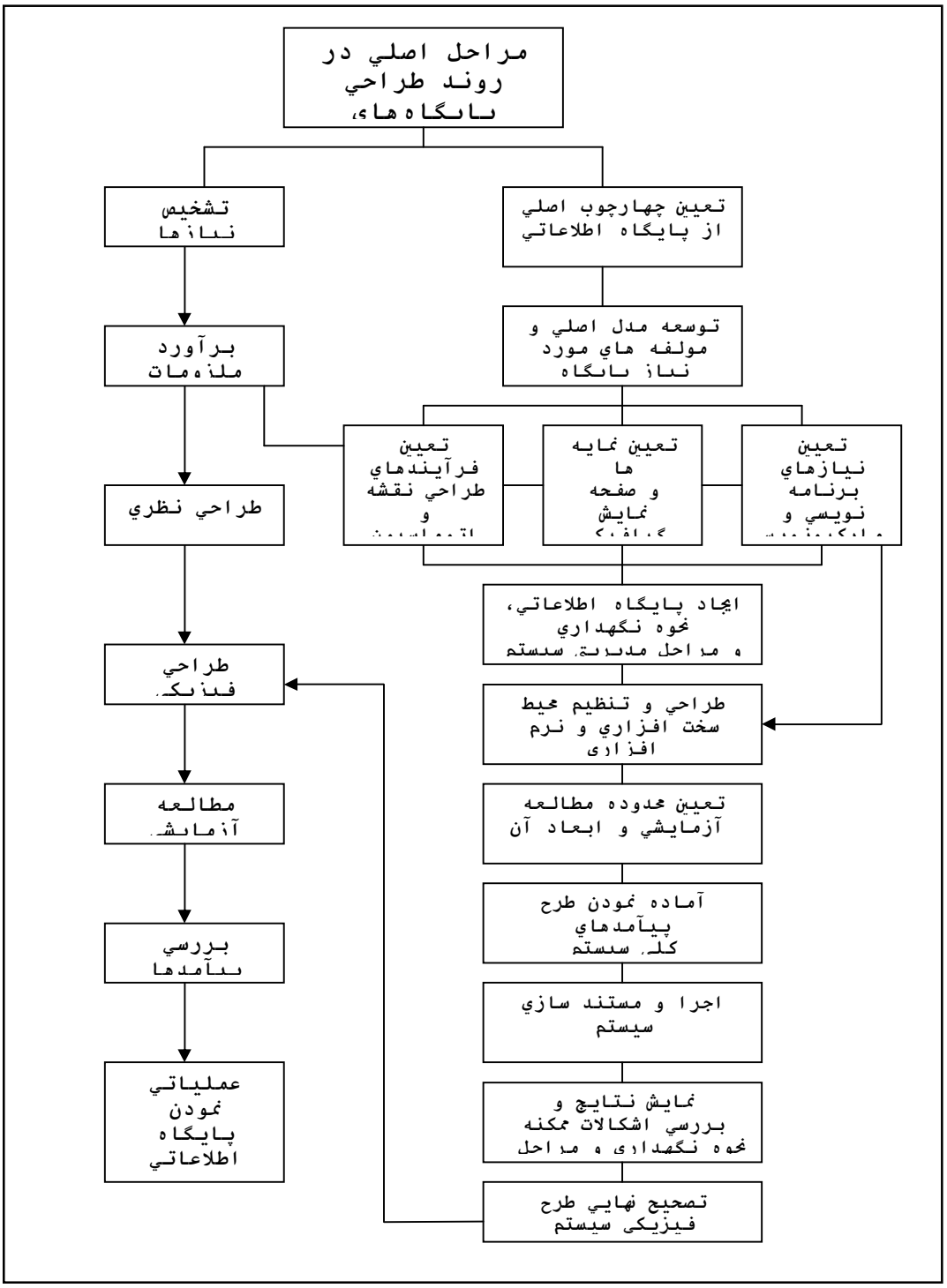
متخصصان در جهت تکمیل هر پایگاه اطلاعاتی مراحلی را مد نظر قرار می‌دهند که تا حدودی با توجه به توان نرم-افزاری و اهداف موردنظر متفاوت می‌نماید. مراحل طراحی در سه مرحله اصلی زیر می‌تواند صورت گیرد:

a) طراحی نظری که معمولا بدون نیاز به سخت‌افزار و نرم‌افزارهای مربوطه قابل اجراست. در این مرحله با توجه به جنبه‌های کاربردی و نیاز کاربران نهایی، کلیات طرح مربوط به پایگاه اطلاعاتی به‌صورت اهداف نوشتاری بیان می‌گردد.

b) طراحی منطقی که شامل تعریف مشخصات معماری محیط پایگاه اطلاعات بوده و اهداف مرحله اول به-صور توابع معینی به محیط ساختار نرم‌افزارهای مربوطه تعریف می‌گردد. در این مرحله اغلب ساختار منوها، دستورات زیرمجموعه‌ای، نمایه‌ها و در کل نحوه دسترسی به بخش‌های مختلف محیط نرم‌افزار اطلاعاتی مورد بحث قرار می‌گیرد.

c) طراحی فیزیکی که در آن نیازهای سخت‌افزاری و نرم‌افزارهای به‌منظور تامین عملی خواسته‌های اساسی طراحان مورد نظر است و مواردی نظیر: ساختار، حافظه، فضای دیسک سرعت و نحوه دستری به پایگاه اطلاعاتی و نحوه نمایش نتایج طراحی می‌گردد.

فرآیندهای اصلی در روند طراحی پایگاه‌های اطلاعاتی توسط شکل شماره 11-3 به‌صورت شماتیکی نشان داده شده است.



شکل شماره 11-3: فرآیندهای اصلی در طراحی پایگاه‌های اطلاعاتی GIS

بر اساس تجربه متخصصان امر به‌اثبات رسیده که در مراحل اولیه طراحی عوامل مندرج در ذیل می تواند ساختار پایگاه اطلاعاتی در دست تهیه را کنترل نماید:

- سطح نیازهای کاربران در رابطه با جنبه‌های کاربردی نهایی،

- قابلیت دسترسی و فرمت داده‌های موجود،
- نحوه بهنگام نمودن و نگهداری سیستم،
- اندازه و وسعت پایگاه اطلاعات مورد نظر،
- برآورد توانمندی‌های سخت‌افزاری و نرم‌افزاری،
- افزایش مهارت افراد متخصص،
- ساختار منسجم فنی و علمی سازمان مدیریتی،
- میزان بودجه و حمایت‌های مسئولان تصمیم‌گیرنده.

منهای قابلیت‌ها و توابع عملیاتی تعبیه شده، سازمان هر پایگاه اطلاعاتی می‌تواند از عوامل زیر متاثر گردد:

عامل اول به ساختار داده‌های ذخیره شده در محیط هر نرم‌افزار GIS مربوط می‌گردد، چرا که اغلب آن‌ها به یکی از مدل‌های برداری و یا رستری تطبیق داده شده‌اند. به‌عنوان مثال، نسخه‌های قبلی نرم افزار ARC/INFO با مدل برداری مطابقت داده شده بودند. برخلاف آن، کلیه داده‌ها در محیط نرم‌افزار SPANS دارای ساختار رستری، به‌ویژه از نوع شاخه-درختی بودند. هر چند امروزه خیلی از نرم‌افزارها (مانند ArcGIS) هر دو مدل برداری و رستری را مدیریت می نمایند، اما باید به ساختار داخلی نهادینه شده و توان تبدیلات مدل‌های مربوطه آشنا بود. در حال حاضر با توجه به معماری اغلب نرم‌افزارها، می توان داده‌های هر دو مدل اصلی را مدیریت نمود.

عامل دوم مربوط به ماهیت داده‌های توصیفی و یا غیرمکانی است. اغلب نرم‌افزارهای معروف GIS به‌طور ذاتی به یک DBMS متصل و مرتبط هستند، که به‌منظور سازماندهی داده‌های توصیفی از طریق جداول خاص به‌کار گرفته می‌شود.

سومین عامل مهم در ارتباط با چگونگی مدیریت داده‌های مکانی قرار می‌گیرد، که همانا اصلی‌ترین وظیفه آن نمایش تولیدات GIS از طریق نقشه‌هاست. از این‌رو، نحوه و چگونگی انباشت تولیدات نهایی در محیط پایگاه اطلاعاتی بسیار حائز اهمیت تلقی می‌گردد. طراحان نرم افزارهای GIS در جهت مدیریت بهینه داده‌های مکانی با توجه به مسائلی از قبیل نحوه کدگذاری داده‌ها، تثبت شناسه‌ها، همبستگی بین عوارض مکانی، چگونگی تعریف توپولوژی و نحوه اتصال لایه‌ها تمهیداتی را در معماری انواع پایگاه‌های اطلاعاتی اعمال می‌نمایند.

3-5 ماهیت اطلاعات خروجی GIS

کارتوگراف‌ها به تجربه دریافته‌اند، که اگر قدرت تجسم فضا از انسان گرفته شود، میزان حجم داده‌های اخذ شده از عوارض و پدیده‌های جغرافیائی بسیار کاهش یافته و سرعتی که مغز در در روند پردازش اطلاعات اعمال می‌نماید، به‌طور قابل ملاحظه‌ای محدود می‌گردد. بنابراین، طراحی و نمایش تصاویر خروجی از فنآوری GIS نقشی کلیدی در تفسیر محیط‌های اطراف ما داشته و در شناخت و کنترل رفتارها، از مهمترین عوامل به‌حساب می‌آید (Monmonier, 1982). مغز انسان نیز به‌منظور تجسم فضا، به مناسب‌ترین فرآیند همانا طریقه قیاسی عمل می‌نماید. به همین ترتیب، GIS نیز قدرت اخذ و کنار

هم قراردادن نقشه‌های کاغذی مجزا در یک چهارچوب جغرافیایی را دارد، هرچند که اصل اطلاعات در محیط کامپیوتر به‌صورت رقومی ذخیره می‌گردد. در حال حاضر، متخصصان GIS با تکیه بر طرح‌های مدرن کارتوگرافیکی، موجبات تجسم و نمایش مکان‌ها و پدیده‌های جغرافیایی را به صور آنالوگ و رقومی به عالی‌ترین وجه ممکن فراهم نموده‌اند (Robinson, 1995).

اغلب نرم‌افزارهای GIS دارای سیستمی هستند که از آن طریق امکان نمایش اطلاعات متنوع از طریق نقشه‌ها با مدیریت لایه‌های رقومی وجود دارد. توسط هر نقشه رقومی امکان ذخیره حجم زیادی از اطلاعات ممکن می‌گردد، که توسط یک نقشه آنالوگ معادل امکان‌پذیر نمی‌باشد. در نگاه اول، ملاحظه حجم زیاد اطلاعات میسر نه‌بوده و تنوع داده‌ها نیز مانعی است در جهت سازماندهی منطقی آن‌ها. به‌عنوان مثال، در روی صفحه مانیتور کامپیوتر شما ممکن است اطلاعات توپوگرافی را ملاحظه کنید، اما حجم عظیمی از اطلاعات نهان را فقط از طریق اعمال توابع پرسشگری می‌توان استخراج نمود. در کل، سه دسته از اطلاعات در نقشه‌های رقومی لحاظ شده است:

اطلاعات گرافیکی، که حاکی از موقعیت و شکل پدیده‌های مکانی قابل نمایش است. به‌عنوان مثال، در یک نقشه که حاوی اطلاعات جغرافیایی مربوط به جاده‌ها است، موقعیت هر کدام از آن‌ها به‌صورت گرافیکی در روی نقشه قابل رویت است. در GIS، موقعیت هر پدیده از طریق مقادیر مختصات X و Y و در صورت نیاز مقادیر Z نیز مشخص می‌شود. اغلب سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی برداری سه نوع اصلی از مدل‌های مکانی نظیر: نقاط، خطوط و پلیگون‌ها را حمایت می‌کنند. برخی دیگر از سیستم‌ها توان حمایت پدیده های پیچیده‌تری مانند شبکه‌ها، نواحی، چرخه‌ها و قوس‌ها را نیز دارند.

اطلاعات توصیفی، اطلاعات خصیصه‌ای و تکمیلی راجع به هر کدام از پدیده‌های گرافیکی را ذخیره می‌سازد. اصولا داده‌های توصیفی به‌طور ذاتی گرافیکی نیستند و اطلاعات محتوایی پدیده‌ها مانند: نام، تاریخ و سایر مشخصات از طریق جدوال مربوطه ذخیره می‌گردد. به‌طور کلی، داده‌های توصیفی در ارتباط با داده‌های مکانی با ماهیت برداری بوده و به‌ندرت با داده‌های رستری همراه می‌گردند. نرم‌افزارهای مختلف GIS تعیین‌کننده نوع ارتباط داده‌های توصیفی با مدل داده‌های گرافیکی مربوطه است و ماهیت ارتباط از یک سیستم به دیگری می تواند متفاوت باشد. در بعضی از سیستم‌ها روابط بسیار کلی بوده و کاملا واضح نیست و بنابراین کاربران کنترل کاملی روی آن ندارند. برعکس در بعضی دیگر از سیستم‌ها روابط کاملا تعریف‌شده و دقیق می‌باشد. نحوه روابط در این سیستم‌ها توسط کلیدهای کنترل‌کننده پایگاه اطلاعاتی تعریف شده است و هر پدیده موجود در روی نقشه دارای کد معینی است. با استفاده از این کلیدها چندین نوع رابطه فضایی تعریف می گردد.

اطلاعات نمایشی، مبین چگونگی نمایش گرافیکی پدیدهها به‌همراه خصیصه‌های ذاتی آن‌ها است. با استفاده از این نوع اطلاعات کارتوگرافیکی می‌توان نحوه نمایش و چاپ مدل‌ها و اطلاعات ذاتی آن‌ها را کنترل نمود. اطلاعات نمایشی شامل رنگ پدیده ها، ویژگی‌های هندسی (عرض و طول خطوط) و نوع آن‌ها (مانند خط چین، خط و نقطه) است. به‌علاوه، اسامی، علامت شمال، برچسب ها و حواشی نقشه‌ها از جمله امکاناتی هستند که می‌توان با بهره‌گیری از امکانات تعبیه شده در نرم‌افزارها، صفات و ویژگی‌های مربوطه را به نقشه‌های گرافیکی پیوند نمود. با این وجود، در اغلب موارد خیلی از کاربران آگاهی‌

های لازمه در جهت استفاده اصولی از امکانات کارتوگرافیکی تعبیه شده در نرم‌افزارهای GIS را نه‌دارند. باید آور شد که بعضی از نقشه‌های رقومی شاید هیچکدام از اطلاعات فوق الذکر را در بر نداشته باشند. به‌عنوان مثال، نقشه‌های رستری قدیمی معمولا دارای داده‌های توصیفی نمی باشند و یا بسیاری از منابع برداری دارای اطلاعات نمایشی نیستند.

از امتیازات مهم GIS، قدرت آن در تجسم اطلاعات متنوع از مکان‌های مختلف جغرافیایی است. تفسیر نتایج، به نوع مقیاس و نحوهٔ اجرای مراحل مختلف عمومیت دادن لایه های اطلاعاتی در چارچوب نقشه‌های مرتبط بستگی مستقیم دارد. کارتوگراف‌ها و جغرافی‌دانان در صورت آگاهی از اصول طراحی تصاویر و با حفظ ترکیب عناصر اصلی یک نقشه در محیط GIS، توانایی ایجاد و نمایش تصاویر جغرافیایی پیشرفته و کاربردی بی‌نظیری را پیدا می‌کنند. بنابراین، نقشه همواره به‌عنوان عصای دست جغرافی‌دانان محسوب خواهد گردید؛ با این توجیه که اصلی‌ترین و ملموس‌ترین خروجی هر GIS انواع نقشه‌هاست. با توجه به ارتباط و اتصال منطقی نقشه‌ها (به‌عنوان لایه‌های گرافیکی) با پایگاه‌های اطلاعاتی، از طریق فنّاوری GIS توانایی‌های بی‌شماری نصیب کارتوگراف‌ها گردیده است. بدون شکّ کلیه نقشه‌های انتقال یافته و یا نگهداری شده در محیط GIS همواره رقومی هستند که معمولاً خروجی آنالوگ در پی دارند.

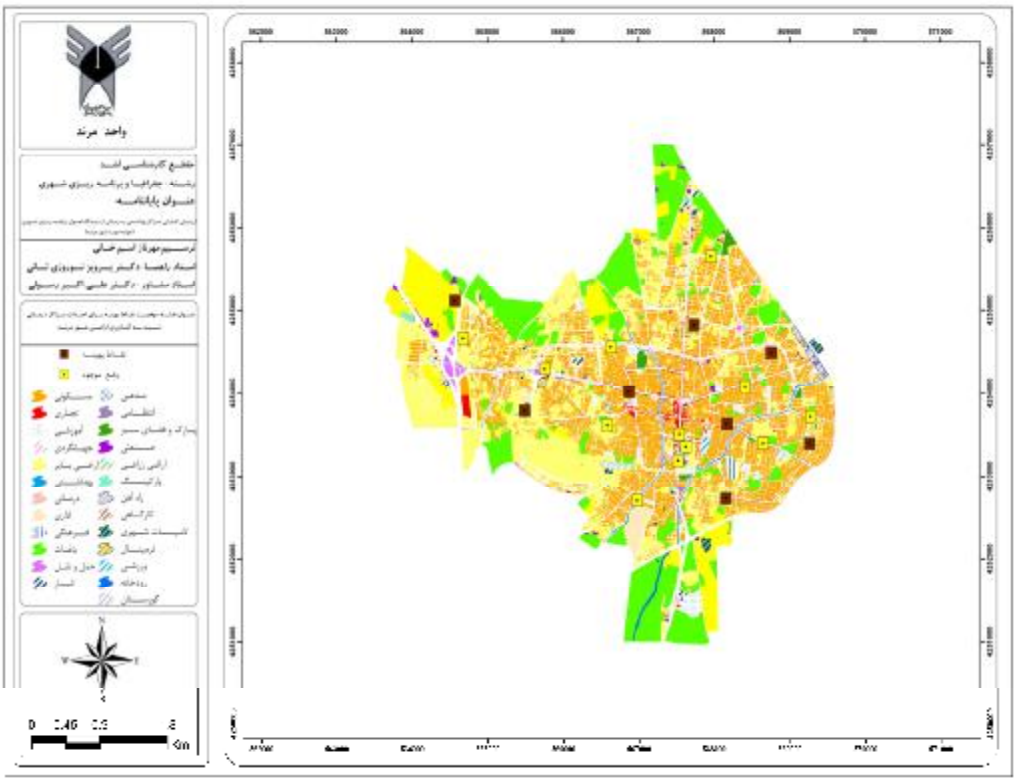
به طور کلّی، می توان نقشه‌های رقومی را به دو گروه نقشه‌های توپوگرافی و موضوعی طبقه‌بندی نمود. واژهٔ توپوگرافی شامل کلیه اطلاعات حاصل از زمین و مسائل مربوط بدان است؛ مانند نقشه‌های پستی و بلندی‌های زمین. اما، از طریق نقشه-های موضوعی، مفاهیم جغرافیایی قابل انتقال می‌شود. تراکم جمعیت، طبقه‌بندی اقلیمی و یا کاربری اراضی می‌تواند از نمونه-های نقشه‌های موضوعی باشد. اغلب نرم‌افزارهای GIS و در مواردی پردازش تصاویر ماهواره‌ای، ابزارهای پیشرفته‌ای برای ایجاد فضای تولید نقشه، تنظیم جداول، کتابخانهٔ ویژه علائم گرافیکی متعدد و خروجی‌های مناسب با هدف تولید نقشه‌های جغرافیایی دارند. در عین حال، در قلمرو کارتوگرافی کامپیوتری فرآیند اصلی، یافتن همبستگی‌ها و مدل‌های مستخرج از تحلیل‌های مکانی هدفمند است. از این رو نباید فراموش کرد که همواره نقشه‌های مورد نظر GIS:

1. به صورت لایه‌های رقومی تولید و نگهداری می‌شوند؛
1. نقشه‌های طراحی شده در محیط GIS همواره قابلیت بهنگام شدن را دارند؛
1. اعمال انواع تحلیل‌های مکانی و ریاضی بر روی لایه‌ها ممکن است؛
1. نقشه‌ها فقط نمایشگر دنیای واقعی نیستند و ممکن است دنیای مجازی را نیز نمایش دهند؛
1. هدف نهایی کارتوگرافی کامپیوتری تولید نقشه‌های مناسب و کاربردی است.

هر چند همه کارتوگراف‌ها معتقد هستند، که طراحی گرافیکی اساسی‌ترین کار در تولید نقشه است، اما ممکن است آن‌ها در اصول طراحی و مراحل ساخته‌شدن یک تصویر با هم متفق القول نباشند.

از نظر متخصصان GIS، رعایت اصولی مراحل پنجگانه شامل: ساده و منطقی بودن نقشه‌ها، قابلیت نمایش همزمان مکان‌ها و پدیده‌ها، ایجاد مغایرت در عناصر تشکیل‌دهندهٔ مدل، استفادهٔ اصولی از طیف رنگ‌های متعادل و حفظ تعادل در اجزای موجود نقشه‌ها اغلب منجر به تولید یک نقشهٔ مناسب و کاربردی می‌گردد.

عناصر گرافیکی و یا نوشته‌های مندرج در نقشه‌ها در واقع نمایش‌دهندهٔ مکان‌ها، اشیاء و اجزای محیط‌های جغرافیایی و صفات مربوط به آن‌ها می باشند. عناصر اصلی در نقشه‌ها به کاربران امکان می‌دهد که در نحوهٔ درک و مدیریت اصولی داده‌ها موفق باشند. اگرچه همهٔ متخصصان GIS در انتخاب عناصر اصلی نمایش دهندهٔ یک تصویر به توافق کلی نه‌رسیده‌اند، به‌طور کلی می‌توان شش عنصر اصلی شامل: عنوان نقشه، راهنمای نقشه، مقیاس، اسامی و نوشته‌های کمکی، جهت نما، قالب بندی و چهارچوب نقشه را در روند طراحی نقشه های کارتوگرافیک اساسی دانست. در محیط GIS، برای ایجاد یک نقشهٔ مناسب، باید همهٔ عناصر با دقت خاصی انتخاب و بر روی نقشه مرتبط نمایش داده شوند. به‌عنوان مثال، کلیه عناصر اصلی در طراحی و نمایش نقشه کاربری اراضی شهری توسط شکل شماره 12-3 ارائه شده است.



شکل شماره 12-3: نقشه کاربری اراضی شهر مرند به همراه نقاط بهینه برای احداث مراکز درمانی

برای مثال، یک عنوان مناسب اطلاعات اساسی نظیر موقعیت مکانی محدودهٔ مورد مطالعه، موضوع تحت مطالعه و اهداف اصلی را به استفاده‌کنندگان القاء می‌نماید. درصورتی که موارد مذکور، به‌طور اصولی و بادقّت خاصّ مراعات نـه‌شـوند، تصـاویر ایجادشده در حدّ استاندارد مفاهیم جغرافیایی را منتقل نه‌خواهند کرد (رسولی،1384). شش مورد از اشتباهات معمـول در ایجـاد نقشه‌ها عبارتند از: عنوان نامناسب، عدم ذکر مرجع سیستم مختصات و تصویر، انتخاب نادرست در فرآیند ترکیب رنگ‌ها، ارائهٔ نوشته‌های غیرضروری، ایجاد چهارچوب ناموزون و مقیاس نامناسب قابل ذکر هستند.

3-6 جمع‌بندی

در اصل GIS یک تکنولوژی کامپیوتری شامل سخت‌افزار و نرم‌افزارهایی است، که بـه منظـور اخـذ انـواع داده‌هـا، سازماندهی پایگاه‌های اطلاعاتی، تجزیه و تحلیل و در نهایت طراحی و تولید مدل‌های مختلف، به‌ویژه نقشه‌ها، در دهـه‌هـای گذشته ظهور و در حال‌حاضر به طرف تکامل سیر می‌نماید. با استناد به امکانات این فنآوری، می‌توان انواع داده‌های جغرافیایی و حتی غیرجغرافیایی را به طرق مختلف به محیط GIS وارد نمود. مهمترین روش‌های ورود داده‌ها شـامل: روش‌هـای دسـتی، دستگاه‌های رقومگری، اسکنر، سیستم تعیین موقعیت جهانی و فنآوری سنجش از دور می‌باشد. عامل مشخص کننده‌ای که این تکنولوژی را از سایر سیستم‌های ذخیره و بازیافت اطلاعاتی متمایزتر نموده است، مربوط به نحوهٔ نگرش تجسمی آن به مکان-های جغرافیایی می‌باشد. با این ویژگی GIS، می‌توان از آن به‌عنوان ابزاری مطمئن برای ورود انواع داده‌ها، ایجاد پایگاه‌هـای اطلاعاتی، اعمال انواع تحلیل‌های مکانی و در نهایت کارتوگرافی مدرن در جهت شناخت و مدل‌سازی واقعیت‌های جغرافیـایی محدوده‌های شهری بهره برد.

سئوالات فصل سه:

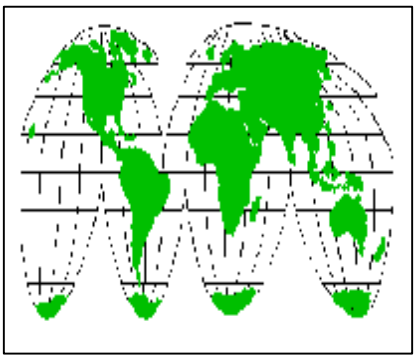
1) ماهیت عوارض جغرافیائی در محیط‌های شهری را ذکر کنید.
2) فرآیندهای اصلی در روند ورود داده‌های برداری به محیط GIS را مطرح نمائید.
3) تفاوت‌ها و شبهات‌های اصلی عوارض برداری (از قبیل نقاط، خطوط و محدوده ها) را ذکر کنید.
4) هر جدول توصیفی در محیط نرم‌افزار ArcGIS چه مشخصاتی را دارا است؟
5) شش روش ورود داده‌های مکانی از نوع برداری به محیط GIS را ذکر کنید.
6) روش‌های ورود داده‌های غیرمکانی به محیط GIS را مطرح سازید.
7) در صورتیکه دارای یک نقشه کاغذی بوده باشید، برای تبدیل عوارض مرتبط چه عملیاتی را باید انجام دهید؟
8) فرمت تصاویر ماهواره‌ای چگونه‌اند و به‌منظور ورود این نوع داده‌ها به محیط GIS چه مراحلی را باید طی کنید؟
9) عناصر اصلی نقشه‌های رقومی را ذکر کنید.
10) نقش فن کارتوگرافی در فرآیند تولید و نمایش محصولات GIS را مطرح سازید.

منابع تکمیلی برای مطالعه:

6) رسولی، علی‌اکبر (1378) اصول طراحی تصاویر جغرافیایی در محیط GIS، سپهر، شمـــارهٔ 29
7) فرج زاده اصل، منوچهر (1384) سیستم اطلاعات جغرافیایی و کاربرد آن در برنامه‌ریزی توریسم. سمت.
8) "فیل سانچز" - ترجمه صادقی میرمحمد (1384) آموزش نرم افزار ArcScan – ArcGIS انتشارات فرات.
9) مختاری، مهدی و آرش صفائی اصل، کاظم رنگزن و محمدعلی فیروزی (1385) مدلسازی توسعه عملکردهای شهری و کاربرد مدل‌های زیست‌محیطی در محیط GIS برای تعیین مناطق مستعد برای توسعه فیزیکی شهر، سومین همایش سیستم‌های اطلاعات مکانی، تهران.
10) ویلیام هاکسهولد- ترجمه نوریان، فرشاد (1375) مقدمه‌ای بر سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی شهری. مرکز اطلاعات جغرافیایی شهر تهران.

1) **Bernhardsen, T. (1999) Geographic Information Systems: An Introduction. New York: John Wiley.**
2) **Berry, J.K. (1993) Beyond Mapping: Concepts, Algorithms and Issues in GIS. Fort Collins, CO: GIS World Books.**
3) **Bolstad, P. (2005) GIS Fundamentals: A first text on Geographic Information Systems, Second Edition. White Bear Lake, MN: Eider Press, 543 pp.**
4) **Thurston, J., Poiker, T.K. and J. P. Moore (2003) Integrated Geospatial Technologies: A Guide to GPS, GIS, and Data Logging. Hoboken, New Jersey: Wiley.**
5) **Worboys, M., and M. Duckham (2004) GIS: a computing perspective. Boca Raton: CRC Press.**

فصل ٤



مسائل مربوط به GIS

ارکان زیربنائی فناوری GIS

چکیده:

GIS نسبت به سایر فنّاوری‌ها، دنیای واقعی را کمتر خلاصه نموده و با بهره‌گیری از روش‌های خاصّ واقعیت‌های زمینی را با دقت بیشتری در فرمت‌های رقومی و کاغذی به عرصهٔ نمایش می‌گذارد. در این محیط، نقشه‌ها به‌صورت سمبولیک مبین خصوصیات زمین در ابعاد کوچک‌تر بوده و معمولاً ارزش‌های خود را به سه طریق زیر ظاهر می‌سازند:

- ثبت مشاهدات از دنیای واقعی و ذخیرهٔ اطلاعات در جداول توصیفی؛
- نمایش موقعیت‌ها و الگوهای توزیع عوارض در مکان‌های جغرافیایی؛
- انتقال بصری اطلاعات به صور گرافیکی.

با توجه به این موارد، می‌توان بیان کرد که مدل‌های طراحی شده در محیط GIS به نوعی با سایر راه‌های ارتباطات بصری متفاوت می‌نمایند و شاید به اندازهٔ زبان و نوشته‌های رایج در جوامع متمدن در بین برنامه‌ریزان شهری اهمیت ویژه‌ای داشته باشند، امّا ممکن است مدل‌های تولید شده از طریق این فنّاوری حاوی اطلاعات نادرست و گمراه کننده‌ای هم بوده باشند اگر به هفت مورد مندرج در ذیل توجه نگردد:

- با سیستم‌های تصویر مشخصی تصحیح نگردند؛
- از طریق سیستم‌های مختصات جغرافیایی معینی زمین - مرجع نشوند؛
- واقعیت‌های روی زمین با مقیاس دقیقی برآورد نشود؛
- ماهیت داده‌های مکانی شناخته نشود؛

- میزان صحّت و دقّت داده‌ها مشخص نشده باشد؛
- داده‌ها دارای ماهیت توپولوژی مشخصی نباشند؛
- در روند تبدیل[64] داده‌ها از شیوه‌های صحیحی استفاده نشود.

اغلب کاربران به عناصر فیزیکی تشکیل دهندهٔ GIS نظیر: سخت افزارها و نرم افزارها توجه بیشتری مبذول می‌دارند و معمولا به ارکان زیربنایی این فنّاوری اهمیت نمی‌دهند. بنابراین، در فصل جاری، مسائل اصلی GIS مورد تأکید بیشتری قرار می‌گیرد.

4-1 مقدمه

هر لایه اطلاعاتی در محیط GIS نمایانگر سازمان‌دهی فضایی جهان فیزیکی در یک مقیاس معین است و در واقع بیانگر مقادیر انبوهی از اطلاعات (ساکن و یا پویا) است که توسط مدل نهایی نشان داده می‌شود. حال اگر داده‌های مکانی و غیرمکانی ذخیره شده در بانک‌های اطلاعاتی دارای شرایط خاص (به ویژه مسائل مطرح شده در فصل جاری) نباشند، محققان با اجرای تحلیل‌های مکانی امکان طراحی مدل‌های واقعی و در کل حصول نتایج دقیق را نخواهند داشت. بنابراین، هر متخصص به موارد هفتگانه ذیل یعنی ارکان زیربنائیGIS باید توجه ویژه داشته باشد:

سیستم تصویر: اکثر نقشه‌ها معمولاً از طریق یک سطح مسطح دوبعدی نمایش داده می‌شوند؛ در حالیکه مهم‌ترین مسئله در روند مدل‌سازی، چگونگی تبدیل فضای سه‌بعدی کروی‌شکل به یک مدل دو بعدی مسطحاتی است. از این رو، کاربرانی که با GIS مرتبط هستند، باید با ماهیت سیستم‌های تصویر آشنا باشند، چرا که شیوه‌های تبدیل کرهٔ سه‌بعدی به یک سطح دوبعدی همواره با مشکلات خاص و خطاهایی همراه است. با تعیین یک سیستم تصویری مناسب برای محدودهٔ مورد مطالعه و با توجه به اهداف پروژه در دست اجرا، می‌توان عوارض زمینی و خصوصیات مربوطه را به طور دقیق‌تری نمایش داد.

سیستم مختصات: در محیط GIS علی‌رغم خطاهای ممکن، باید دنیای واقعی را با نقشه‌ها نمایش و موقعیت عوارض جغرافیایی را بر روی سطح زمین نشان داد. برای تعیین موقعیت مکان‌های جغرافیایی بر روی هر نقشه‌ای، بایست[65]ی از یک مرجع جهانی استفاده نمود. بنابراین، باید مناسب‌ترین سیستم مختصات جغرافیایی برای تعیین موقعیت عوارض در هر منطقه‌ای از کره زمین به‌کار گرفته شود

مقیاس نقشه: با نقشه‌ها می‌توان موقعیت‌های روی کرهٔ زمین و پدیده های موجود در آن را قابل نمایش ساخت (مجیدی، 1372). اما همواره مدل‌های موجود باید در یک حدّ معینی کوچک‌تر گردد که به آن حدّ واژه "مقیاس[66]" اطلاق می شود. با دانستن ارزش مقیاس و چگونگی تبدیل و تغییرات آن در محیط GIS، امکان ارزیابی و تحلیل جزئیات پدیده‌های جغرافیایی به آسانی ممکن می‌شود.

ماهیت داده‌های مکانی:

---

[1] Transforming
[65] Scale

از طریق فنآوری شما می‌توانید داده‌های جغرافیایی اخذشده را، با توجه به ماهیت آن‌ها، در قالب‌های متنـوع و متفـاوت از نقطه‌نظر ساختاری، در محیط کامپیوتر وارد، تحلیل، مدل‌سازی و نمایش دهید. در محیط GIS، هر متخصصی می‌تواند دنیای واقعی را به سه طریق مدل برداری، شبکه‌ای و مثلث‌های نامنظم نمایش دهد.

دقت و صحت داده‌ها:

میزان دقت و صحت داده‌ها از مهمترین عوامل کنترل‌کننده مدل‌های خروجی محسوب می‌گردند، که خود به عوامل متعددی دیگری مانند: ماهیت اولیه مشاهدات ، نحوه اخذ، ورود و ویراستاری داده‌ها و حتی محیط‌های نرم‌افزاری و سخت-افزاری مربوط می‌گردد.

ساختار توپولوژی:

در هر پروژهٔ GIS، انتخاب یک مدل مناسب به همراه ایجاد روابط توپولوژیک در اجرای عملیات تحلیل‌های مکانی، بسیار حائز اهمیت است.

نحوه تبدیل داده‌ها:

در محیط GIS فرایند تبدیل به مفهوم ایجاد نوعی تغییر در ماهیت داده‌ها و یا مدل‌هایی است که از آن طریق هدف خاصی در محیط GIS محقق می‌گردد و در اغلب موارد مدل تازه‌ای با ترکیبی جدید حاصل می‌آید.

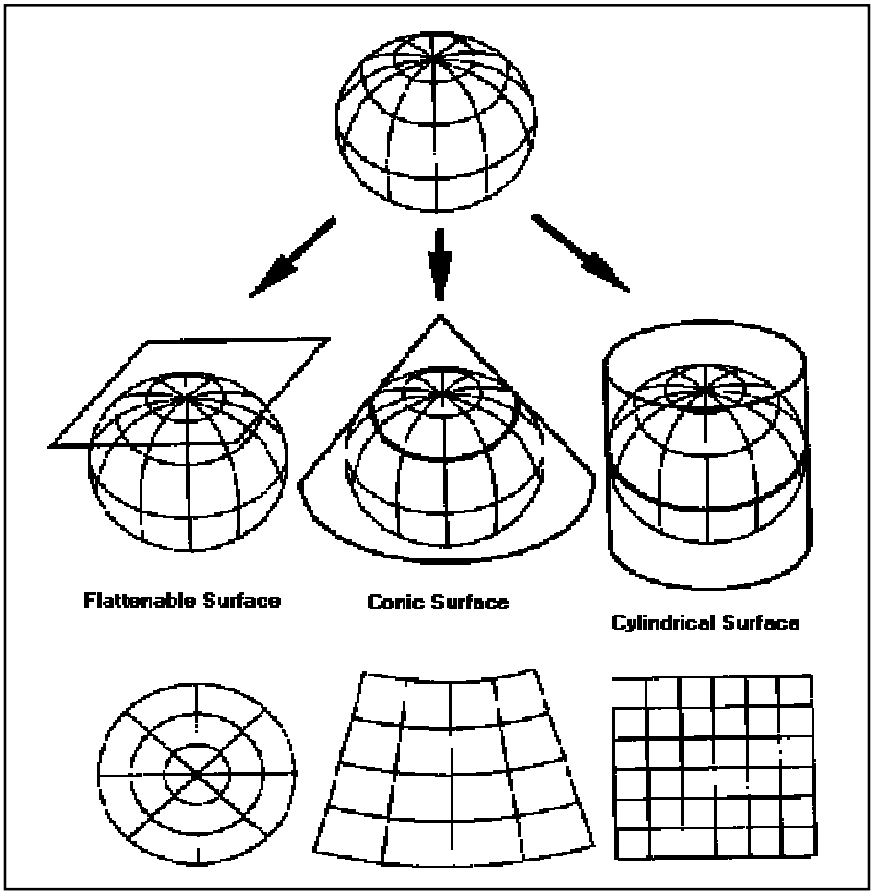
4-2 سیستم‌های تصویر مرجع[67]

تبدیل سیستماتیک موقعیت‌های قرارگرفته بر روی سطح زمین از حالت کروی به سیستم مسطحاتی "سیستم تصویر" خوانده می‌شود. با توجه به این حقیقت که زمین کروی شکل و سه بعدی و یک نقشه به صورت مسطح و دو بُعدی است، ضرورت دارد روش‌های خاصی برای این منظور در نظر گرفته شود (Snyder, 1987). به‌طور کلّی، روش‌های ریاضی و گرافیکی به کارگرفته شده در جهت تصحیح نقشه سیستم تصویر خوانده می‌شود. به منظور تصویرنمودن صحیح موقعیت‌های روی زمین بر روی سطوح مسطح، سیستم‌های تصویر متفاوتی به‌کار گرفته می‌شود و در واقع با استفاده از این سیستم‌هاست که تبدیل سطوح سه بعدی بیضوی به سطوح دو بعدی (عمداً بر روی نقشه‌ها) میسر گردیده است.

از این‌رو انواع متعددی از سیستم‌های تصویر برای مناطق مختلف کره زمین طراحی شده است که از آن جمله می‌توان به مجموعه‌ای از سیستم‌های تصویر اصلی: مخروطی[68]، استوانه‌ای[69]، مسطحاتی[70] (صفحه ای) و آزیموتی[71] اشاره نمود (شکل شماره 1-4).

---

[1] Map Projection Systems
[2] Cone
3 Cylinder
4 Plane
[5] Azimuthal



شکل شماره 1-4: انواع سیستم‌های تصویر اصلی

با توجه به هدف نمایش موقعیت‌های مختلف و میزان پوشش سطح زمین و همچنین قابلیت حفظ ارزش‌های هندسی نظیر فاصله، مساحت، شکل و امتداد عوارض، سیستم‌ها از همدیگر متمایز می‌شوند. وجه تمایز سیستم‌ها با توجه به اعوجاجات مکانی ایجادشده شامل: تغییرات در شکل یک عارضهٔ جغرافیایی، مقدار مساحت اشغال شده، مسافت بین مکان‌های جغرافیایی و جهت و امتداد عوارض می‌باشد. از آنجایی که حفظ همه ویژگی‌های ذکر شده عملاً غیرممکن است، متخصصان بر اساس اهمیت موضوع با اعمال ارزش‌های خاصی به طور ترجیحی بر سیستم‌های تصویر ویژگی‌های متعدد دیگری نظیر: هم شکل[72]، هم مساحت[73]، هم فاصله[74] و هم جهت بودن را نیز اضافه کرده‌اند (ESRI, 1994). تا به‌حال تعداد زیادی از سیستم‌ها در سطح دنیا طراحی و توسط کشورها و سازمان‌های مختلف به‌کار گرفته شده است. بسته به ماهیت موضوع مورد علاقه و مقیاس منطقهٔ مورد مطالعه، می‌توان در محیط GIS سیستم تصویری معینی را انتخاب نمود. در شرایط خاصی، اغلب سیستم‌ها قابلیت تبدیل به یکدیگر را دارند، ولی کاربران قبل از هر گونه اقدامی باید از ویژگی‌ها و روابط هندسی (مانند زوایا، فواصل و جهات) و از

1Conformal
[2] Equal-area
[3] Equidistance

جمله معایب احتمالی و انواع اعوجاجات باخبر باشند. بنابراین، برای انتخاب یک سیستم تصویر متناسب با نیاز، باید به سئوالات متعددی پاسخ داد.

در حال حاضر، با اغلب نرم افزارهای GIS می‌توان موقعیت‌های جغرافیایی واقع در روی کرهٔ زمین را با استفاده از سیستم-های شناخته شده- به طور مثال، سیستم تصویر مخروطی لامبرت[75]، سیستم تصویر ترانسفر مرکاتور[76] و سیستم تصویر استریوگرافیک[77]- معرفی نمود. بعضی از سیستم‌های مرجع ویژه، برای مکان‌های خاص جغرافیایی کاربرد دقیق‌تری ارائه می‌دهند. در ایران مبنای اغلب نقشه های 1/50000 توپوگرافی سیستم ترانسفر مرکاتور بوده که بر اساس مسطحات اروپایی طراحی شده بود. با نرم افزارهای GIS معرفی هر کدام از این سیستم‌ها میسر است. به عنوان مثال، در محیط نرم افزار ArcView می توان با احضار تابع مربوط، سیستم تصویر UTM را بر اساس بیضوی WGS84 اعمال نمود. در عمل، به منظور طراحی صحیح نقشه ها، نمایش دقیق عوارض روی زمین و تحلیل‌های مکانی - هنگام انتخاب سیستم تصویر برای یک سری از داده‌ها - باید توجه نمود که:

1 آیا کلیه داده‌های موجود در محیط GIS به سیستم تصویر یکسانی تبدیل شده‌اند؟ حال اگر بخشی از داده‌های شما قبلا دارای سیستم تصویر معینی بوده باشند، شما باید بقیه داده‌های خود را نیز طبق همان سیستم تبدیل نمایید.

1 کدام عارضهٔ مکانی در جهت اعمال تحلیل مورد نظر مهم تر از بقیه است؟در بارهٔ پروژهٔ در دست طراحی خود فکر کنید. از آن جایی که از طریق یک سیستم تصویر واحد نه می‌توان به‌طور کامل و دقیق کلیه مشخصات هندسی عوارض را مد نظر قرار داد، شما باید براساس ارجحیت یکی از ویژگی‌ها (نظیر شکل، مساحت، فاصله و جهت عوارض) سیستم مورد نظر خود را انتخاب کنید.

1 موقعیت جهانی شما کجاست و مقیاس مورد نظر چیست؟ سیستم‌های تصویر با توجه به موقعیت‌های مختلف قرارگرفته در سطح دنیا و البته با توجه به میزان مقیاس متفاوت می‌نمایند.

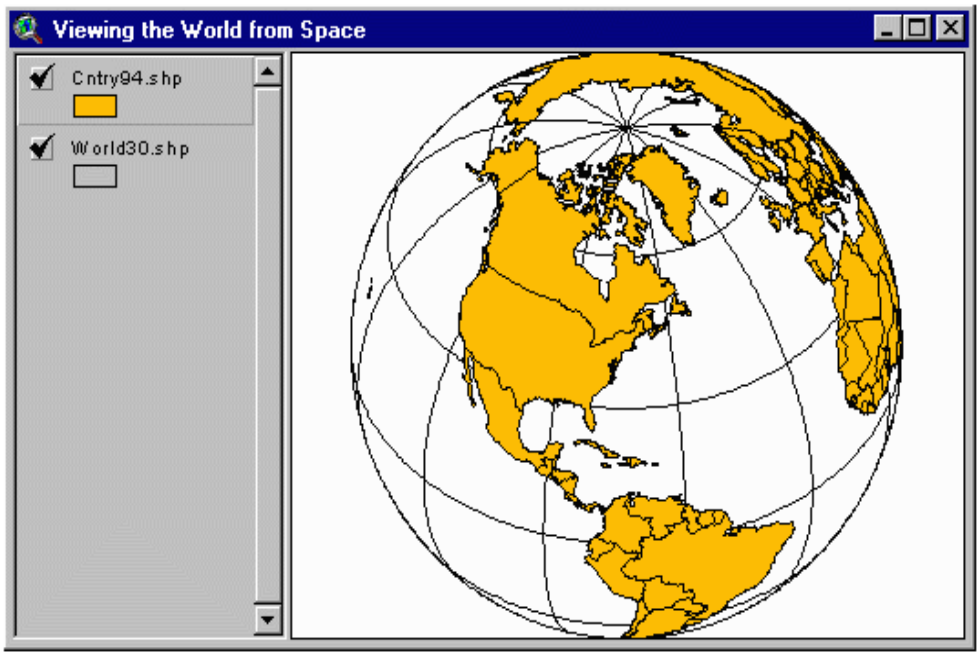
4-3 سیستم مختصات

معمولاً پدیده‌هایی که با یک سیستم تصویر بر روی یک صفحهٔ مسطح نقش بسته‌اند، از طریق سیستم‌های مختصات مرجع به دنیای واقعی ارتباط داده می‌شوند (نوریان، 1375). در محیط GIS به منظور تعیین موقعیت مکانی نقاط در روی کره زمین، می‌توان از سیستم‌های مرجع متفاوتی استفاده نمود (Maling, 1973). خصوصیات دو نوع از سیستم‌های مختصات در ذیل ارائه می شود:

4-3-1 سیستم مختصات کروی

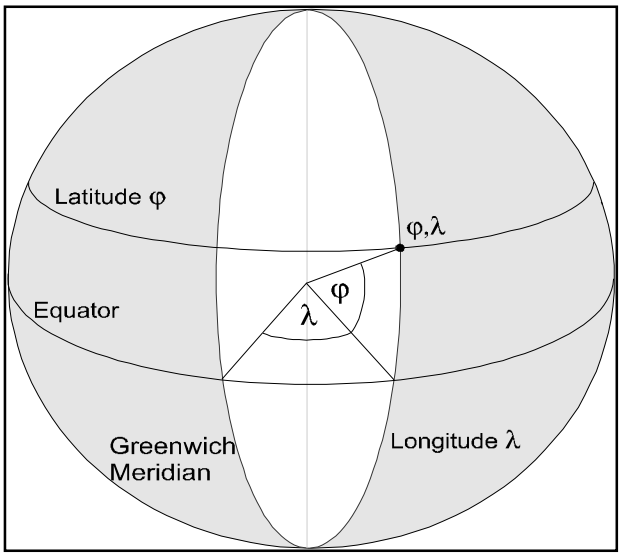
1 Lambert,s Conic
2 Transverse Mercator
3 Stereographic

انواع سیستم های تصویر با توجه به شکل زمین، مساحت، فاصله و یا جهت قرارگیری پدیده‌ها، وظیفهٔ تبدیل حالت کروی زمین به مدل‌های قابل قبول را بر عهده دارند. از طرفی پدیده‌های موجود در سطح زمین، ترسیم‌شده در روی نقشه‌های مسطح، ماهیت نقطه‌ای، خطی و یا سطحی دارند. در این صورت، باید یک سیستم مختصات مرجع، برای مرتبط نمودن مکان‌های مشخص شده در سطح زمین به نقاط مشابه در روی نقشه، مورد استفاده قرار گیرد. در محیط اغلب نرم‌افزارهای GIS یک سیستم با توجه به واحدها، ابعاد و خصوصیات خاصی برای معرفی سیستم‌های تصویر مورد استناد واقع می‌شود .



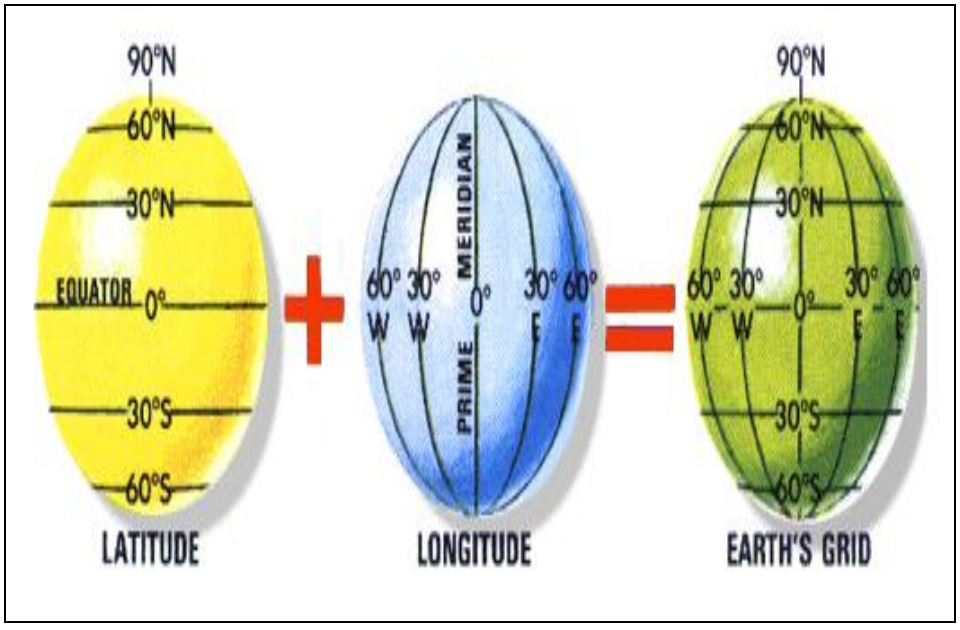
شکل شمارهٔ 2-4: نمایش موقعیت‌های جغرافیایی در محیط نرم‌افزاری

معمولا هدف آن است که داده‌های جغرافیایی را به محدوده‌های جغرافیایی مشابه تثبیت (زمین- مرجع) نمود (شکل شماره 3-4). بنابراین، یک سیستم تصویر معمولاً با یک سیستم مختصات مشخصی تعریف می‌شود. در این صورت، اطلاعات مربوط به مرجع کرویّت زمین، یک و یا چند مدار استاندارد و یک نصف‌النهار مرکزی باید ارجاع داده شود، تا از طریق آن موقعیت عوارض زمینی نظیر: نقاط، خطوط و محدوده‌ها بر روی یک لایهٔ معادل نمایش داده شود.



شکل شماره 3-4: نمایش طول و عرض جغرافیایی درسطح زمین نسبت به عرض و طول جغرافیایی مبداء

موقعیت یک عارضه در سطح زمین، با طول و عرض جغرافیایی بیان می‌شود. طول و عرض جغرافیایی، اندازهٔ زاویه (بر حسب درجه) از مرکز زمین تا نقطه‌ای در سطح زمین می‌باشد. عرض جغرافیایی زاویه‌ای است که نسبت به شمال و جنوب خط استوا اندازه‌گیری شده است؛ در حالیکه طول جغرافیایی، زاویه‌ای است که از نصف‌النهار مبداء (گرینویچ) اندازه‌گیری شده است. در واقع طول‌ها و عرض‌های جغرافیایی زوایای اندازه‌گیری شده از نقطه‌ای به نام مرکز زمین تا موقعیت‌هایی در سطح زمین می باشند. عرض جغرافیایی، زوایا را در مسیر "شمال ـ جنوب" و طول جغرافیایی زوایا را در مسیر "شرق ـ غرب" تعیین می‌کند (شکل شماره 4-4).

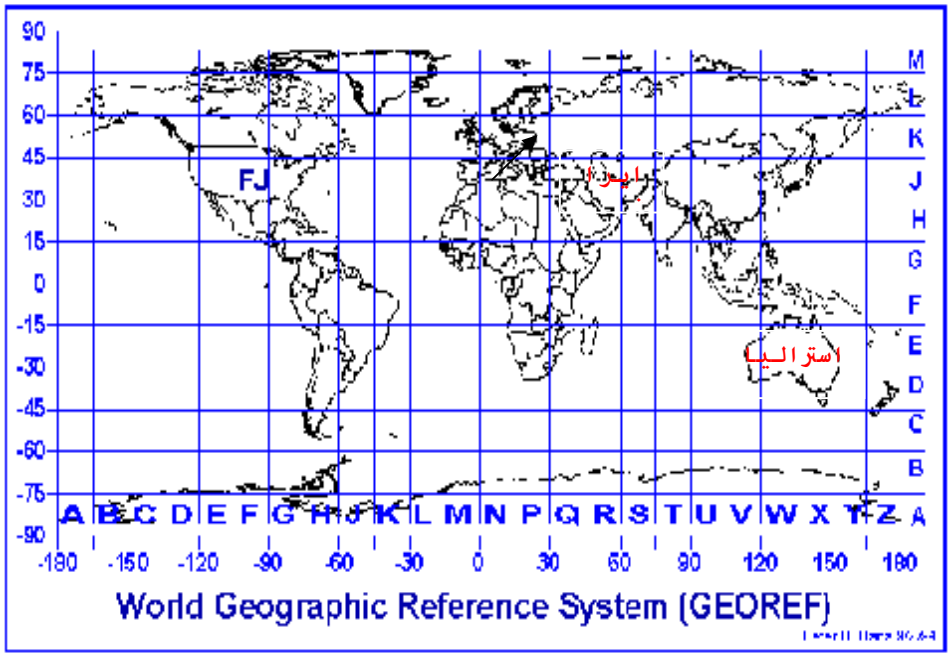


شکل شماره 4-4: مدارات و نصف النهارات و تشکیل شبکهٔ جهانی مرجع

همان‌طوری که در شکل شمارهٔ 4-4 نشان داده شده است، در سیستم مختصات جغرافیایی طول‌ها و عرض‌ها مشخص‌کننده موقعیت‌های جغرافیایی در سطح زمین می‌باشند. از این رو، می‌توان گفت که عرض جغرافیایی فاصلهٔ زاویه‌ای یک نقطه از استوا می‌باشد که از مرکز زمین تا 90+ درجهٔ شمالی و 90- درجهٔ جنوبی تغییر می‌کند. به عبارت دیگر, عرض جغرافیایی زاویه‌ای است که در مرکز زمین بین صفحهٔ استوا و شعاعی که به نقطه‌ای در سطح زمین کشیده شده است, تشکیل می‌شود و استوا مبنایی برای اندازه‌گیری عرض جغرافیایی است. اما طول جغرافیایی عبارت از فاصلهٔ زاویه‌ای یک نقطه از نصف‌النهار اصلی است که از مرکز زمین تا 180+ درجهٔ شرقی و 180- درجهٔ غربی تغییر می‌کند . نصف النهار گرینویچ به عنوان نصف‌النهار اول یا نصف‌النهار اصلی شناخته می‌شود. طول جغرافیایی در واقع زاویه‌ای است که در مرکز زمین بین صفحه دارای نقطه مورد نظر و صفحهٔ نصف‌النهار گرینویچ تشکیل می‌شود. بنابراین باید توجه نمود که:

- **طول و عرض یک نقطه به عنوان مختصات جغرافیایی آن نقطه نامیده می‌شود؛**
- **مداراها در واقع خطوط موازی با عرض‌های ثابتی هستند که به دور کره زمین مفروض شده‌اند؛**
- **مقدار مدار اصلی در استوا معادل صفر، قطب شمال 90 + و قطب جنوب 90 - درجه در نظر گرفته می‌شود؛**
- **نصف‌النهارات خطوط فرضی هستند که به طور عمودی از قطب شمال به قطب جنوب کشیده شده‌اند؛**
- **نصف النهار اصلی به مقدار صفر درجه از شهر گرینویچ کشور انگلستان عبور می‌کند؛**
- **مقادیر طول‌های جغرافیایی به طرف شرق تا 180+ درجه و به طرف غرب تا 180 - درجه مفروض می‌گردد؛**
- **هر درجه را می‌توان به 60 قسمت مساوی تقسیم و به عنوان دقیقه معرفی نمود؛**
- **هر یک از شصت‌ام یک دقیقه به عنوان یک ثانیه شناخته می‌شود؛**
- **نقطهٔ استاندارد تقسیمات مورد نظر، محل برخورد نصف‌النهار مرجع گرینویچ با مدار مرجع استواست.**

در صورتیکه به‌خواهیم با یک مدل ساده در مقیاس جهانی موقعیت ها را نشان دهیم می‌توان از سیستم مختصات مرجع جهانی بهره برد. در این سیستم بر اساس طول‌ها و عرض‌های جغرافیایی و همچنین نوعی تقسیم‌بندی بر اساس ارجاعات حروفی، می‌توان مناطق مختلف در روی کره زمین را به نمایش گذاشت (شکل شماره 5-4).



شکل شمارهٔ 5-4: سیستم مختصات مرجع جهانی

4-3-2 سیستم مختصات مسطحاتی (دکارتی)

سیستم مختصات دکارتی، عبارت از یک سیستم مختصات مسطح و دوبعدی است که از طریق آن x ها معرف اندازهٔ افقی و y ها معرف فاصلهٔ عمودی است. اندازه‌های نسبی فواصل، مساحت‌ها و جهت‌ها در یک سیستم مختصات دکارتی ثابت مفروض گردیده است. بنابراین، با داشتن مقادیر x و y می‌توان موقعیت هر نقطه‌ای را بر روی زمین تعیین نمود. در این نوع سیستم مختصات از دو محور استفاده می شود:

الف) محور افقی که نمایش دهنده جهت "شرقی- غربی" است.

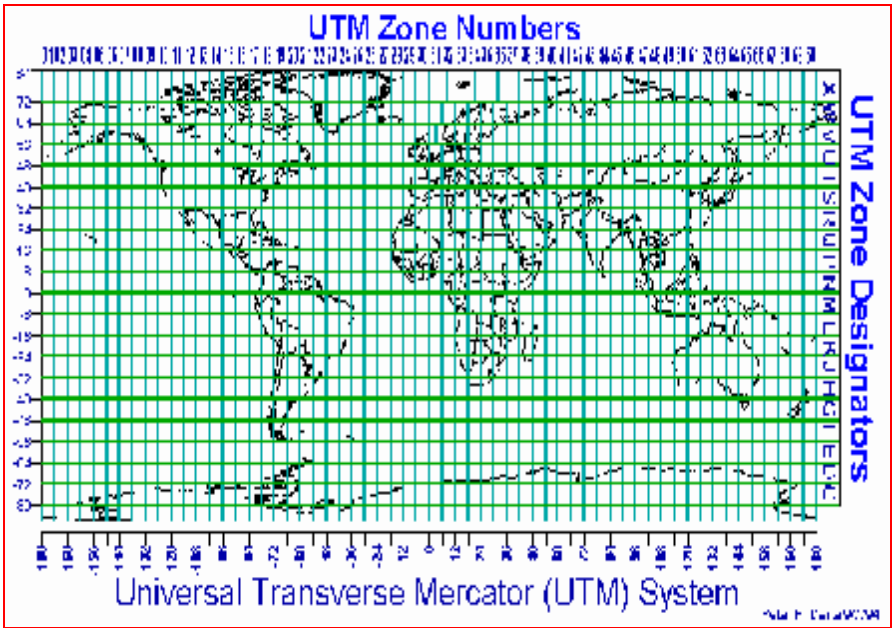
ب) محور عمودی که نمایش دهندهٔ جهت "شمالی- جنوبی" می‌باشد. این دو محور در نقطه‌ای به نام مبداء، همدیگر را قطع نموده ، موقعیت عوارض جغرافیایی نسبت به مبداء صفر سنجیده می‌شود.

در سیستم‌های مختصات قائم‌الزاویه، محورهای عمود بر هم, یک سیستم شبکه‌بندی را بر روی نقشه ایجاد می‌کند که فواصل بین آنها بر حسب متر، یا واحدهای دیگر مشخص می‌شود. شبکه‌های قایم الزاویه انواع مختلفی دارد که به نام‌های شبکهٔ محلی، شبکهٔ ملّی، شبکهٔ منطقه‌ای و شبکهٔ جهانی بیان می‌شود، که در تمامی آن‌ها محورهای اصلی انتخابی است و خطوط شبکه به نسبت با مقیاس نقشه و استفاده‌ای که از آن می‌شود، به فواصل معینی از همدیگر به صورت خطوط موازی و با فاصله برابر رسم شده است و محورها همدیگر را با زاویه 90 درجه قطع می‌کنند.

در سطح جهانی سیستم شبکه‌ای مسطحی که امروزه در اغلب پروژه‌های GIS متداول است، تحت عنوان سیستم تصویر جهانی و یا UTM شناخته می‌شود. این سیستم در واقع یک سیستم مختصات قائم الزاویه مسطح بین‌المللی است که توسط ارتش آمریکا برای کل دنیا طراحی شده است، که اغلب برای عملیات مربوط به سنجش از دور، طراحی نقشه‌های توپوگرافی و

مدیریت پایگاه‌های اطلاعات مربوط به منابع طبیعی سازگاری مناسبی را دارد؛ چرا که با این سیستم امکان اندازه‌گیری بسیار دقیق بر اساس واحد "متریک" میسر بوده و ازاین رو، در اغلب کشورهای جهان متداول شده است.

همان‌طوری که در شکل شمارهٔ 6-4 نمایش داده شده است، در سیستم UTM کرهٔ زمین از استوا به طرف شمال تا 84 درجهٔ شمالی و به طرف جنوب تا 80 درجهٔ جنوبی با فواصل 8 درجه‌ای تقسیم شده است. ضمنا در امتداد نصف النهاری نیز کره به 60 قسمت یا نواحی ایی با فواصل 6 درجه‌ای تقسیم می گردد.



شکل شمارهٔ 6-4: سیستم مرجع UTM

به منظور اعمال مختصات جغرافیایی مثبت برای موقعیت‌های مورد نظر در روی زمین، سیستم UTM دارای دو نقطه مرجع اوّلیه می باشد. یکی از مراجع خط استواست و دیگری در فاصلهٔ صد میلیون متری جنوب استوا - واقع در عرض جغرافیایی 80 درجه جنوبی - قرار گرفته است. به عنوان مرجع، نواحی شماره‌گذاری شده از نصف النهار 180 شروع شده ، به طرف شرق ادامه می‌یابد.

بنابراین، می‌توان هر ناحیه (قاچ) را با استفاده از ترکیبی از شماره‌ها و حروف مشخص نمود، بدین‌طریق امکان تفکیک کوچک‌ترین نواحی موجود در سطح کره فراهم می‌شود. هر کدام از قاچها با 100 هزار متر پهنا و با ده هزار کیلومترمربع مساحت مشخص می‌شود. از طریق این سیستم، با ضریب دقّت بسیار زیاد (تا حد یک متر)، می‌توان به هر موقعیتی بر روی کره زمین ارجاع داد. همچنان که از نام سیستم UTM پیداست، این سیستم، در واقع نوعی سیستم تصویر استوانه‌ای است که در آن، محور قطبی کرهٔ زمین با 90 درجه چرخش به محور مرکزی استوانه عمود می‌گردد. در نتیجه می‌توان نصف‌النهار مبداء را به اندازهٔ واقعی خود تصویر نمود. با جابه جا کردن کرهٔ زمین در درون استوانه نصف‌النهارهای دیگر (به تعداد 60 تا با فواصل 6 درجه‌ای) بر روی یک صفحه ترسیم می‌شود. در این صورت، برای هر کدام از قاچها در امتداد نصف‌النهارات یک سیستم تصویر

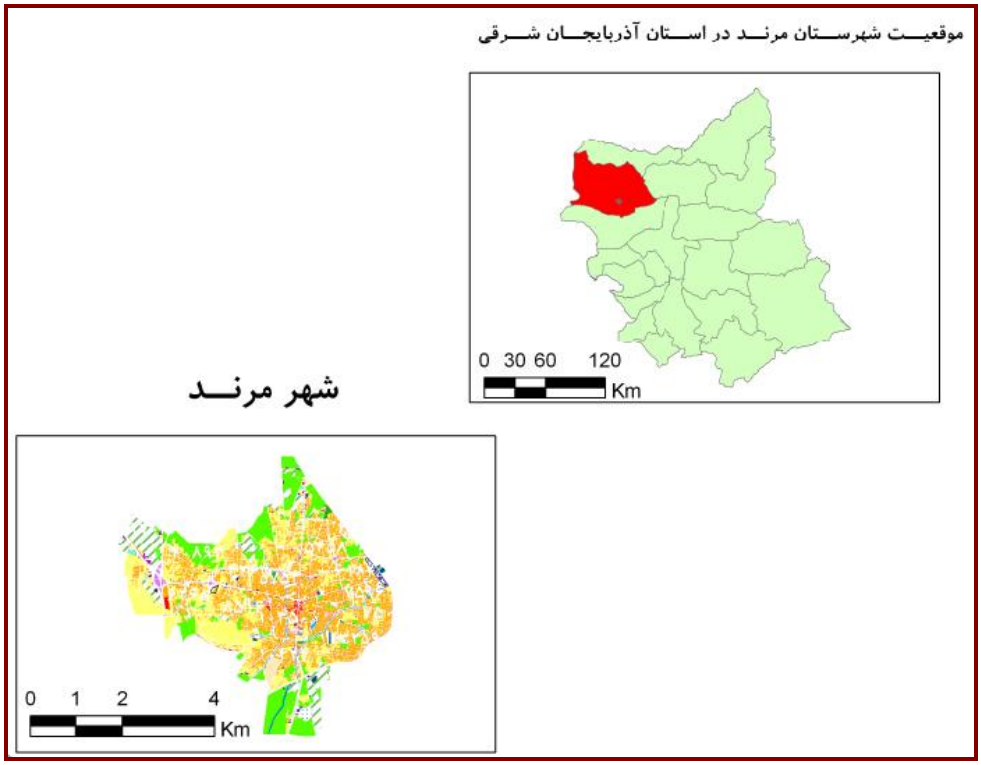
مجزا اعمال می‌شود تا میزان اعوجاجات به حداقل برسد. مبداء مختصات در امتداد نصف‌النهاری دقیقاً در مرکز هر قاچ قرار گرفته است که دارای 6 درجه عرض جغرافیایی است. در این صورت، همواره یک مبداء کاذب به فاصله 3 کیلومتری در غرب آن قرار می‌گیرد.

با توجه به ویژگی‌های اعمال شده در این سیستم، مشخص می‌شود که میزان خطا در امتداد شمال - جنوب قابل اغماض بوده و مقدار اعوجاج در امتداد نصف‌النهاری در حدّ یک متر در هر فاصلهٔ 2500 متری ناچیز می‌نماید. صاحب‌نظران معتقدند که با این سیستم، نمایش شکل واقعی نواحی کوچک در بالاترین حدّ دقّت ممکن است و نمایش اشکال مناطق وسیع، با آن دارای حدّاقل اعوجاج می‌باشد. بعلاوه، از نظر محاسبه میزان مساحت، جهت و فاصله در محدوده‌های جغرافیایی - به ویژه برای مناطقی که فقط در محدودهٔ یک قاچ واقع شده باشند - این سیستم بسیار دقیق عمل می‌کند.

4-4 مقیاس نقشه

در اغلب موارد، مکان‌ها و پدیده‌های جغرافیایی، به‌مراتب کوچک‌تر از اندازه‌های واقعی خود نمایش داده می‌شوند. بنابراین، برای نمایش بخشی از زمین بر روی یک نقشه، اندازهٔ آن باید به مقدار معینی کوچک‌تر شود. مقیاس نقشه، مبین این میزان کاهش از ابعاد مربوط بوده، معمولاً توسط یک نسبت کسری نشان داده می‌شود. در یک نگاه ساده تر، تعداد دفعاتی که تصویر کوچک می‌شود، مقیاس خوانده می‌شود، که در هر نقشه‌ای آن‌را به صورت کسری یا خطی نشان می‌دهند. به عنوان مثال، در یک نقشه توپوگرافی 25000 : 1 هر میلی‌متر در روی نقشه معادل 25 متر در روی زمین خواهد بود. طبق قرارداد، نقشه‌ها را می‌توان در حالات بزرگ مقیاس، متوسط مقیاس و کوچک مقیاس تعریف نمود. پرواضح است که هر چقدر مقیاس بزرگتر باشد، به همان میزان جزئیات بیشتری قابل نمایش خواهد بود، با توجه به این اصل که وسعت محدودهٔ قابل نمایش کاهش خواهد یافت.

اما در مواقعی‌که اطلاعات به‌صورت رقومی در کامپیوتر نشان داده می‌شوند، نیازی به نمایش مقیاس نیست. در واقع، مقیاس وقتی مفهوم پیدا می‌کند، که داده‌های رقومی به داده‌های قیاسی تبدیل و نمایش داده شوند. توانایی ایجاد تغییرات در میزان مقیاس و نمایش نقشهٔ معادل، یکی از ویژگی‌های برجستهٔ تکنولوژی GIS می‌باشد (شکل شمارهٔ 7-4). با وجود این، اگر به‌خواهیم یک رشته از اطلاعات مکانی را با یک مقیاس معینی برای منظوری خاص به یک مقیاس دیگر تبدیل کنیم، احتمال ظهور خطاهایی وجود دارد (Merchant, 1987).



شکل شمارهٔ 7-4: نمایش موقعیت شهرستان مرند در محدوده استان آذربایجان شرقی از طریق مقیاس خطی مرتبط

بنابراین، باید توجه داشت که در محیط GIS:

1. نقشه‌های رقومی، برخلاف حالت آنالوگ، با بزرگ‌نمایی‌های متفاوت قابل نمایش هستند؛
1. در نقشه‌های رقومی واژهٔ مقیاس به همان مقیاس منبع اصلی اطلاق می‌گردد؛
1. با توجه به ویژگی صفحهٔ نمایشگر کامپیوتر می‌توان داده‌های رقومی را به هر مقیاس دل‌خواهی تبدیل نمود؛
1. میزان صحّت و دقّت داده‌ها در مقیاس‌های رقومی متفاوت، یکسان نمی‌باشد؛
1. دقّت نقشه‌های رقومی بزرگ مقیاس به مراتب از نقشه‌های کوچک مقیاس بیشتر است؛
1. تبدیل نقشه‌های رقومی از مقیاس کوچک به مقیاس بزرگ به مفهوم دقت بیشتر و داشتن جزئیات بیشتر نیست.

در نقشه‌هایی با مقیاس بزرگ‌تر، عوارض به صورت بزرگ تر نمایش داده می‌شوند و هر چه مقیاس نقشه کوچک‌تر می‌گردد، عوارض نیز به صورت کوچک تر نمایش داده خواهند شد. بنابراین، مقیاس نقشه بر دقّت و قدرت تفکیک مکانی عوارض مورد مطالعه با GIS تاثیرات به‌سزائی می‌گذارد. برای مثال، در نقشه‌هایی با مقیاس 1:100000 قدرت تفکیک مکانی خیلی پایین است؛ بدین خاطر در این نقشه‌ها نه می‌توان شکل پدیده‌ها را به گونهٔ نقشه‌هایی با مقیاس 1:20000 نمایش داد. بنابراین، همواره در ارتباط با مقوله مقیاس نقشه باید به سئوالات مندرج در ذیل پاسخگو بود:

1. چه کسی نقشه حاصله در محیط GIS را مورد استفاده قرار خواهد داد؟
1. کجا نقشه مورد استفاده قرار خواهد گرفت؟

1 چه نوع داده‌هایی برای ایجاد نقشه در دسترس می‌باشد؟

1 نحوه تغییر در مقیاس در داده‌های رقومی چگونه است؟

4-5 ماهیت داده‌های مکانی

در محیط GIS برای نمایش انواع مدلهای مکانی نقطه ای، خطی و سطحی باید از یکی از ساختارهای برداری، رستری و شبکه مثلث‌های نامنظم[78] بهره برد تا عوارض مربوط به دنیای واقعی را نمایش داد. هر کدام از این مدل‌ها دارای مزایا و معایبی هستند که در ارتباط با ماهیت عوارض مکانی، هدف نهایی محقق و امکانات نرم‌افزاری گزینش می‌شوند. در مدل برداری فضای دوبعدی به صورت ناپیوسته تلقی می‌شود؛ از این‌رو این نوع ساختار به طور ظاهری مشابه با مدل‌های کارتوگرافیکی سنتی به نظر می‌رسد. در روش دوم، ماهیت داده‌ها به صورت رستری بوده و دنیای واقعی به صورت پیوسته به نمایش گذاشته می‌شود. اما در مدل نوع سوم می‌توان فضای جغرافیایی را به صورت شبکه‌های نامنظم مثلثی درآورده ، از آن برای طراحی و نمایش سطوح مختلف استفاده نمود.

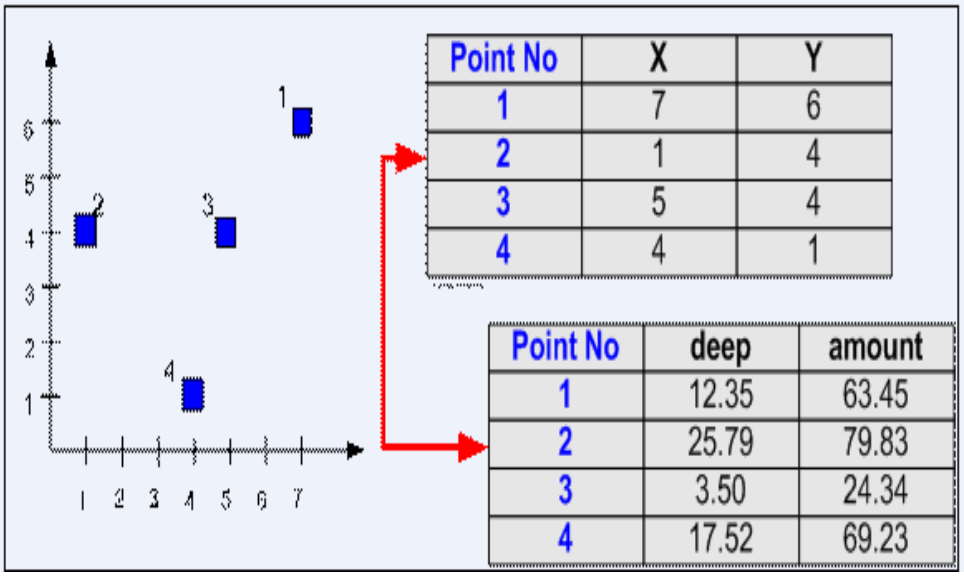
به طور کلی در محیط GIS، هر متخصصی می‌تواند دنیای واقعی را به سه طریق مدل‌سازی کند. اولین طریق، نمایش داده‌ها، به روش مدل برداری است که شبیه روش کارتوگرافیکی سنتی است؛ به‌طوری که در آن عناصر دنیای واقعی – مکان-های جغرافیایی، موقعیت پدیده‌ها و مرزها - به وسیله نقاط، خطوط و یا محدوده‌های به‌هم پیوسته نشان داده می‌شوند Samet, (1989). روش دوم، متاثر از تکنولوژی کامپیوتری است که در آن، یک مدل شبکه‌ای نمایش‌دهندهٔ دنیای واقعی در درون GIS بوده، هر شبکه‌ای حاکی از حضور و یا عدم حضور جزئی از یک پدیده بر روی نقشه رقومی می‌باشد. برای نمایش اجزای اطلاعات جغرافیایی خاص، روش سومی به نام روش مثلث‌های نامنظم نیز ابداع گردیده است (Peuquet, 1984). علی‌رغم متفاوت بودن ماهیت مدل‌های مکانی، تشخیص اصولی هر کدام از مدل‌ها اساس پروژه‌های GIS محسوب می‌شود. هر چند، امروزه روش‌های متعدد و متنوعی در جهت اخذ، انتقال و تبدیل داده‌های جغرافیایی عرضه گردیده است، فرایند انتخاب مدل، به منظور رسیدن به اهداف مورد نظر حائز اهمیت است.

4-5-1 مدل‌های برداری

معمول‌ترین روش در نمایش داده‌های مکانی همان مدل برداری است. به‌طور کلی فن کارتوگرافی با استفاده از انواع مدل‌های برداری، برای نمایش اشیایی نظیر شهرها، جاده ها، رودخانه‌ها و یا تعریف لبه‌های (مرزهای) بین پدیده‌های مکانی مثل خشکی‌ها و آب‌ها به‌کارگرفته می‌شود. اغلب تکنیک‌های نقشه‌برداری و طراحی نقشه‌ها نیز، که بر اصول هندسی و مثلثاتی بنا شده‌اند، با به کارگرفتن ساختار برداری، مدل‌های خود را ایجاد می‌کنند. در سیستم برداری، عرض خطوط در نظر گرفته نمی-شود و با افزایش محدوده‌ها از طریق محاسبات کامپیوتری آن‌ها بلاتغییر باقی می‌ماند. در این نوع مدل، فضای دو بعدی به

[78] TIN به‌اختصار Triangulated Irregular Network

صورت پیوسته فرض شده است، که توسط عوارض نقطه‌ای، خطی و پلیگون‌ها نمـایش داده مـی‌شـود. در شـکل شـماره 4-8 موقعیت چهار حلقه چاه به همراه خصوصیات توصیفی مرتبط نشان داده شده است.

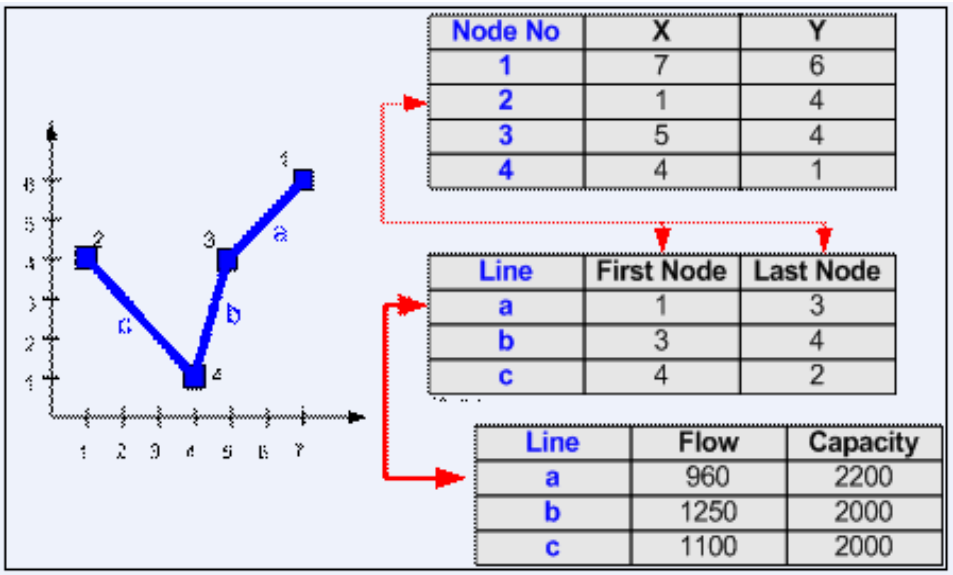


Point No	X	Y
1	7	6
2	1	4
3	5	4
4	4	1

Point No	deep	amount
1	12.35	63.45
2	25.79	79.83
3	3.50	24.34
4	17.52	69.23

شکل شماره 4-8: نمایش داده‌های مکانی نقطه‌ای چهار حلقه چاه نسبت به مبدا مختصات به همراه جداول توصیفی

ساختار مدلهای برداری امکان نمایش دقیق موقعیت‌ها، طول‌ها، فواصل و محدوده‌ها را میسر می‌سازد. موقعیت‌ها با مختصات x, y توصیف می‌شود؛ از این‌رو می‌توان اشیای مکانی را به صورت انفرادی و ترکیبی به‌تصویر کشید. به‌عنوان مثال، موقعیت سه قطعه خط (مثلا لوله انتقال آب) در شکل شمارهٔ 4-9 نسبت به مبدا مختصات اصلی نشان داده شده است. موقعیت-ها را می‌توان در واحد درجه (عرض و طول جغرافیایی) و یا فاصله از مبدا خاص در واحد متریک نمایش داد.



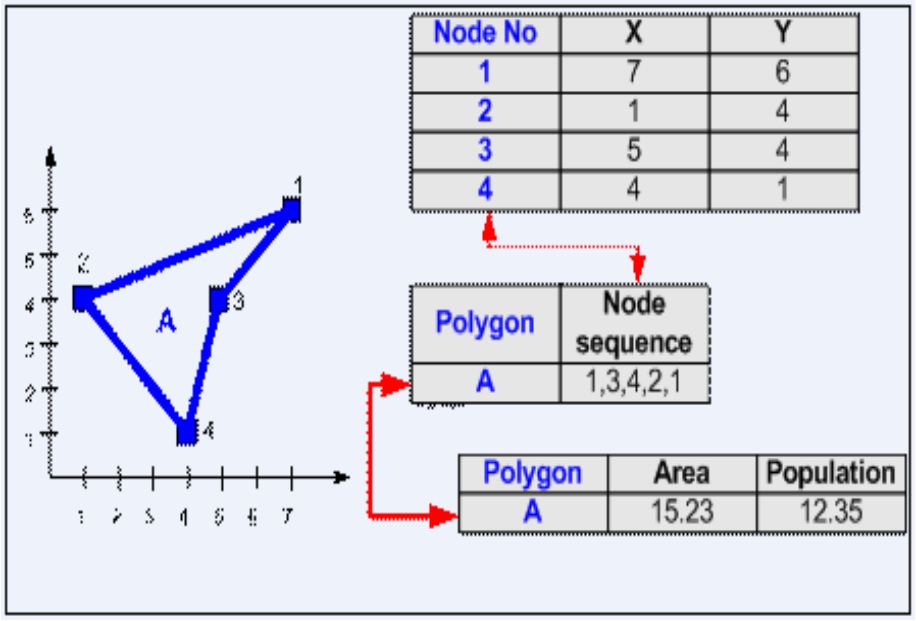
Node No	X	Y
1	7	6
2	1	4
3	5	4
4	4	1

Line	First Node	Last Node
a	1	3
b	3	4
c	4	2

Line	Flow	Capacity
a	960	2200
b	1250	2000
c	1100	2000

شکل شمارهٔ 4-9: مدل داده‌های مکانی برداری از نوع خطی نمایش دهنده سه قطعه خط لوله آب

همچنان‌که در شکل شمارهٔ 10-4 ملاحظه می‌گردد، در این مدل پلیگونی متشکل از چهار قطعه خط به‌همراه نقـاط مزتبط کننده (هر کدام با یک جفت مختصات y و x) نشان داده شده است.



شکل شمارهٔ 10-4: مدل داده‌های مکانی برداری از نوع پلیگون، نمایش‌دهنده یک محدوده مشخص

باید یادآور شد که همبستگی‌های مکانی نیز به منظور تحلیل‌های فضایی نظیر شبکه‌های خطی، ایجاد ارتباطـات و عملیات همسایگی[79] از طریق به‌کارگیری روابط توپولوژیک (قوس-گره) با شناخت ساختار مدل‌ها ممکن می‌گردد. صفات مربوط به اشیا (نقاط، خطوط و چند ضلعی ها) به صورت مستقل از اطلاعات مکانی در جداول خصیصه‌ای نگهداری می‌شوند. از طریق ساختار برداری، اشیا با موقعیت‌های موجود در جهان واقعی در فضای نقشه که آن نیز با یک سیستم مرجع مختصات سـازمان یافته است، تعریف می‌گردد (خواجه، 1376). به‌عنوان مثال، در مدل برداری یک خط می‌تواند نمایش‌دهنـدهٔ یـک جـاده و یـا رودخانه باشد. پلیگون‌ها معرف نواحی هستند که توسط حلقه‌های بسته (متشکل از خطوط) احاطه شده‌اند. با استفاده از پلیگون می‌توان منطقه معینی مثل جنگل و یا محدوده شهری را نمایش داد. در مدل برداری تشابه نزدیکی بین عناصر فضـایی روی نقشه و عناصر متناظر از دنیای واقعی وجود دارد. بنابراین، در این مدل:

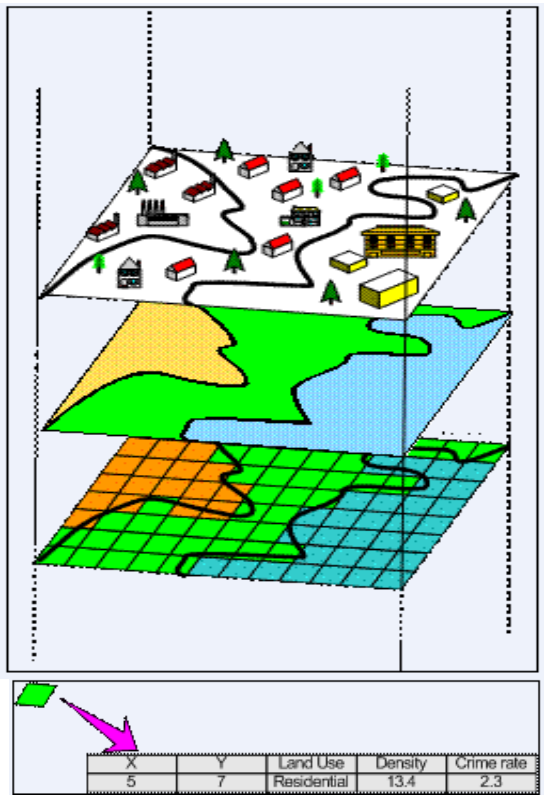
- عوارض جغرافیایی شبیه پدیده‌های روی نقشه‌های کاغذی است؛
- نقاط، نمایش دهندهٔ عوارض بدون سطح و خیلی کوچکی هستند که امتدادی ندارند؛
- خطوط نیز نمایش دهندهٔ عوارض طویل اما بدون عرض می‌باشند؛
- چند ضلعی ها نیز نمایش دهنده عوارضی است که مساحت معینی را بر روی زمین اشغال نموده اند.

[79] Proximity Analysis

در یک مدل داده ای برداری، به سادگی می‌توان هر موقعیت خاص را بـه صـورت یـک جفـت مختصـات Xi Yi منحصر به فرد به ثبت رساند. در این صورت، عوارض نقطه‌ای فقط با یک جفت مختصات به ثبت می‌رسند، در حالیکه خطوط با یک رشته از مختصات ثبت خواهند شد. محدوده‌ها نیز به صورت یک رشته از تکه خطهایی که یک سطح را احاطه نموده‌اند، توسط پلیگون‌ها قابل نمایش هستند.

4-5-2 مدل داده‌های شبکه‌ای

مدل رستری در فرم سادهٔ آن شامل یک شبکهٔ منظم از سلول‌های مربعی یا مستطیلی شکل می‌باشد. موقعیـت هـر پیکسل[80]، به کمک شمارهٔ سطر و ستون آن، در چارچوب قالب لایه در درون GIS تعریف می‌شود. مقدار تخصیص داده شده به هر سلول نمایانگر نوع و چگونگی اطلاعات توصیفی است که آن سلول نشان می‌دهد. بنابراین، در مدل رستری فضـا بـه‌طـور منظم به سلول‌های مساوی (به صورت موزاییک) تقسیم می‌گردد؛ به‌طوری که موقعیت اشیا یا عوارض جغرافیایی از طریق سطر و ستون سلول‌ها قابل تعیین می باشد. مساحتی که هر سلول اشغال می کند، معین بوده ، با توجه به ضریب تفکیک[81] فضایی خود مشخص می‌شود.



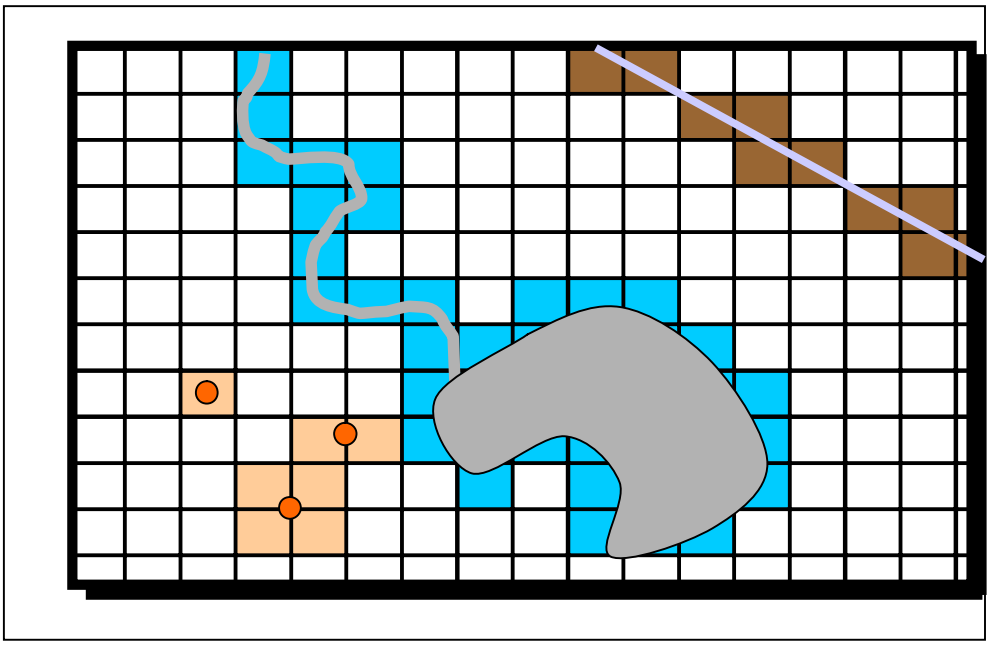
شکل شماره 4-11: نمایش ساختار یک مدل رستری، به همراه جدول اطلاعات توصیفی مرتبط

[80] Pixel
[81] Resolution

در شکل شمارهٔ 11-4، محدوده‌های کاربری اراضی مختلف (مثلا محلات شهری) توسط تعدادی از پیکس‌ها معرفی شده اند. این ساختار متناسب با عکس‌های هوایی و تصاویر ماهواره‌ای در فرمت رقومی است و دارای مزایایی از قبیل: سادگی، سهولت نمایش و قابلیت پردازش و مناسب برای تحلیل‌های فضایی چندبعدی است. از این‌رو، تصویری که در کامپیوتر در فرمت رستری ذخیره سازی می‌گردد، متشکل از شبکهٔ منظمی از نقاط (به نام سلول یا پیکسل) خواهد بود که دارای ارزش‌های عددی می‌باشد. با استفاده از این مدل، زمین به صورت یک سطح پیوسته نمایش داده می‌شود. بنابراین، برای توصیف هر نقطه بر روی مدل رستری می‌توان به سه روش زیر استناد نمود:

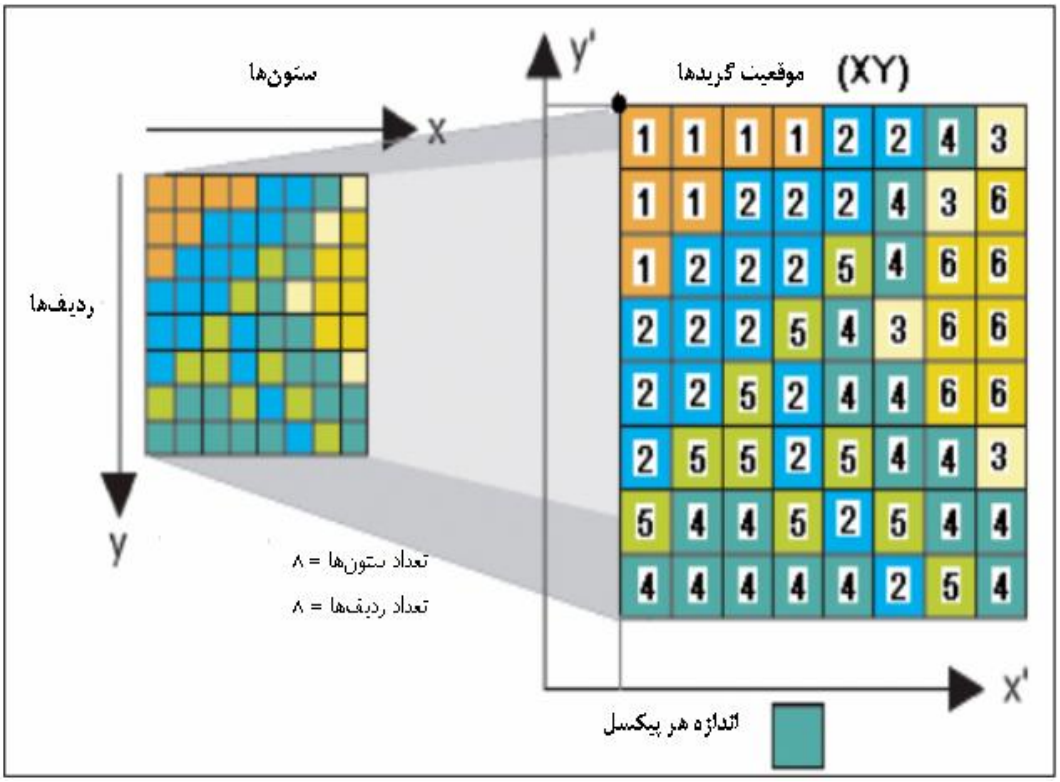
- اندازه‌گیری شدت بازتابش یک پدیدهٔ زمینی، مثلا آب و گیاه بر روی تصاویر ماهواره‌ای؛
- تعیین کلاس پیکسل و یا گروهی از پیکسل‌های در یک طبقهٔ مشابه که یک عارضه را نمایش می‌دهند؛
- تعیین ارزش پیکسل نسبت به نقطه مرجع شناخته شده مثلا نسبت به ارتفاع متوسط سطح دریا.

در محیط GIS با توجه به ساختار مدل داده‌های رستری می‌توان روابط مکانی را نمایش داد و ارزش‌های سطوح را مشخص نمود. از آنجایی که مدل رستری، دارای یک شبکهٔ منظم می‌باشد، در این مدل، به ذخیره‌سازی روابط مکانی بسیار پیچیده‌ای مانند مدل داده‌ای برداری نیاز نیست؛ چرا که در یک گرید، هر سلولی می‌تواند دارای 8 همسایه باشد. 4 تا از این سلول‌ها در گوشه‌های سلول مورد نظر قرار می‌گیرند و 4 سلول دیگر در طرفین و بالادست و پایین دست مستقر می‌شوند. از این رو، هر سلولی با توجه به موقعیتی که در گرید دارد، شناخته می‌شود. در شکل شمارهٔ 12-4 چنین روابطی نشان داده شده است. با تخصیص یک سیستم مختصات معین به یک گرید، داده‌های رستری نیز زمین- مرجع می‌شوند. با این فرایند، موقعیت جغرافیایی هر سلول در مجموعه‌ای از داده‌های رستری تعیین می‌گردد. با استفاده از سیستم مختصات، مجموعهٔ داده‌های رستری از نظر منطقی به صورت موضوعاتی در تجزیه و تحلیل‌های جغرافیایی قابل سازماندهی می‌باشند.



شکل شماره 12-4: نمایش عوارض زمین در یک مدل مکانی در ساختار رستری

در جهت نمایش سطوح، ارزش عددی هر سطحی (به عنوان مثال میزان ارتفاع یک نقطه) برای هر سلولی معینی ثبت می‌شود. این ارزش عددی در مدل رستری، ارزش کل سلول را نمایش می‌دهد که در حالت کلی معرف نقطه مرکزی هر سلول خواهد بود. این نقاط مرکزی مربوط به هر سلول در ساختار شبکه‌ای بنام "لاتیس"[82] معروف هستند. با استفاده از مقادیر لاتیس‌ها می‌توان محاسبات دقیق مربوط به ارزش‌های سطحی را انجام داد. به عنوان مثال، به منظور تحلیل‌هایی از قبیل محاسبهٔ مقادیر شیب، تعیین جهت شیب و واسطه‌یابی خطوط منحنی میزان می‌توان از ارزش‌های لحاظ شده در لاتیس‌ها بهره برد. در شکل شماره 13-4: نحوه تبدیل فضای پیکسل‌ها از یک تصویر خام به مدل رستری از نوع گرید نمایش داده شده است.

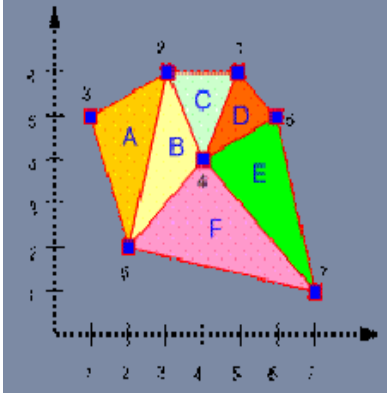


شکل شماره 13-4: نحوه تبدیل فضای پیکسل‌ها از یک تصویر خام به مدل رستری از نوع گرید

4-5-3 مدل مثلث‌های نامنظم

مدل مثلث‌های نامنظم، راه حلی مناسب برای نمایش سطوح پیوسته است. با این مدل می‌توان طراحی و نمایش سطوح مختلف را انجام داد. در واقع، مدل TIN یک سطح مشخصی را به صورت مثلث‌های متصل به هم نمایش می دهد. مثلث‌ها با استفاده از سه نقطه یا رئوس متصل به هم ساخته می‌شوند و این نقاط می‌توانند به صورت نامنظم در هر موقعیتی قرار گیرند. توسط شکل شمارهٔ 14-4 این نوع روابط نشان داده شده است.

[82] Latis



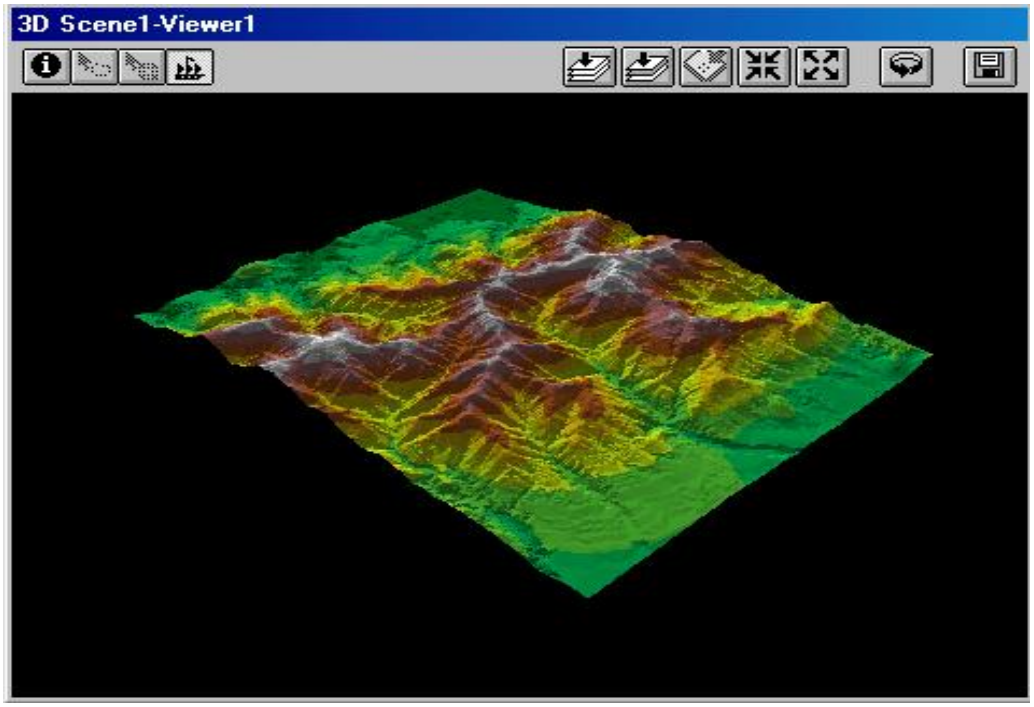
Node No	X	Y	Z
1	5	6	3
2	3	6	5
3	1	5	6
4	4	4	4
5	6	5	3
6	2	2	2
7	7	1	8

Triangle	Node Sequence	Neighbors
A	3,2,6	-,B,-
B	2,4,6	A,C,F
C	2,1,4	-,D,B
D	1,5,4	C,-,E
E	5,7,4	D,-,F
F	4,7,6	B,E,-

شکل شمارهٔ 14-4: مدل TIN و نمایش روابط توپولوژیک مرتبط

بر اساس مجموعه‌ای از قوانین داخلی، گره‌ها به نزدیک‌ترین همسایه‌ها در لبه‌ها متصل می‌شوند. برای شناسایی مثلث‌های همسایه، توپولوژی چپ - راست به لبه‌ها تعریف می‌گردد. مثلث‌ها بر اساس تودهٔ نقاط و خطوط شکستگی ایجاد می‌گردند. این نقاط و خطوط، اطلاعات مربوط به سطح را فراهم می‌سازند. مدل TIN، مثلث‌ها را بر اساس مجموعه‌ای از نقاط به نام تودهٔ نقاط ایجاد می‌کند. این نقاط همیشه ثابت‌اند و کاربر نمی‌تواند در انتخاب گره‌های مورد استفاده در ایجاد مثلث‌ها دخالتی داشته باشد. در مدل TIN، هر مثلث دارای شناسهٔ منحصر به‌فرد و دارای سه گره مخصوص به خود است و حداقل با دو و حداکثر با سه مثلث می‌تواند همسایه باشد. در این نوع مدل، لبه‌ها از طریق اتصال گره‌ها تعیین می‌شوند، به‌طوری که اولین لبه، از گره 1 تا 2، دومین لبه از گره 2 تا 3 و سومین لبه از گره 3 تا 1 تعریف می‌گردد. ترتیب مثلث‌های مجاور، مطابق با ترتیب لبه‌ها می باشد. مثلث همسایهٔ 1 دارای لبهٔ شماره 1 می باشد و تا آخر، در تمامی مثلث‌ها این ساختار ادامه می‌یابد.

در مدل TIN بر خلاف مدل رستری (و لاتیس‌های مربوط) فواصل بین نقاط به‌طور منظم توزیع نشده‌اند. در مدل TIN روابط توپولوژیکی ذخیره‌سازی شده توسط گره‌ها، بلوک‌های اصلی مدل را ایجاد می‌کند. با استفاده از ساختار این مدل می‌توان فضا را به صورت سه‌بعدی نمایش داد. به عنوان مثال، توسط شکل شمارهٔ 15-4 مدل سه‌بعدی ارتفاعات کوهستان میشو واقع در آذربایجان شرقی با استفاده از مدل مورد بحث نشان داده شده است.



شکل شمارهٔ 4-15 ایجاد فضای سه بعدی با استفاده از مدل TIN

4-5-4 مقایسه مدل‌ها

در طراحی پروژه‌های GIS کاربران می‌توانند یک و یا چند مورد از مدل‌ها را با توجه بـه اهـداف مـورد نظـر خـود انتخاب نمایند. توجه دقیق به ویژگی‌های هر سه مدل مبین این واقعیت است که هر کدام از آن‌ها در شرایط خاصی مـی‌توانـد سازگاری مناسب‌تری با عوارض واقعی زمین داشته باشند. از طرفی نوع و ماهیت داده‌ها و هدف نهـایی محقـق از مهـم‌تـرین دلایل انتخاب یک مدل و ترجیح یکی بر دیگری است. در روند تحقیقات همواره نه می‌توان تنها بر یک مدل استناد کرد؛ چـرا که گاهی در جهت حصول نتیجهٔ مطلوب باید چندین مدل را به‌طور همزمان تجربه نمود.

مقایسهٔ مدل‌های برداری و رستری

تصمیم‌گیری دربارهٔ نحوهٔ به‌کارگیری مدل‌های برداری و رستری مستلزم آگاهی از امتیازها و محدودیت‌های هر دو ساختار است؛ چرا که هر کدام از مدل‌ها با توجه به اطلاعات مکانی مناسب خود باید به‌کار گرفته شوند. بـرای مثـال، تصـاویر ماهواره‌ای - برگرفته از طریق فناوری سنجش از دور - با مدل ساختار شبکه‌ای مطابقت بهتری دارند. امـا زمـانی کـه هـدف نمایش پدیده‌های خطی است، مدل برداری شرایط مکانی را به‌طور واقعی تری به تصویر می‌کشد. در هـر دو مـدل، اطلاعـات فضایی با واحدهای همگون نمایش داده می‌شوند، اما مقایسهٔ آن‌ها نشان‌دهندهٔ این واقعیت است که هر کدام از مدل‌هـا دارای معایب و مزایای منحصر به خود می‌باشند (جدول شمارهٔ 1-4).

جدول شمارهٔ 1-4 مقایسه بین مدل‌های رستری و برداری

مدل برداری	مدل رستری
مزایا	
قالب داده‌ها منسجم‌تر است.	ساختار داده‌ها ساده‌تر است.
مناسب برای تحلیل‌های توپولوژیک و هندسی است.	عملیات انطباق آسان‌تر صورت می‌گیرد.
برای عملیات گرافیگی مناسب‌تر است.	تغییرپذیری فضایی موثرتری را عرضه می‌دارد.
ذخیرهٔ اطلاعات به صورت برداری به فضای کمتری نیاز دارد.	مدل رستری اطلاعات پیوسته‌ای از سطح زمین را ارائه می‌دهد.
در مدل برداری تشخیص عوارض نقشه ساده‌تر صورت می‌گیرد.	تصاویر رستری طبیعی و قابل درک می‌باشند.
معایب	
پیچیدگی ساختار داده‌ها زیاد می‌باشد.	ساختار داده‌ها فشردگی کمتری دارد.
اجرای عملیات انطباق مشکل می‌باشد.	نمایش ارتباطات توپولوژیک مشکل است.
تغییرپذیری فضایی کم می‌باشد.	گرافیک‌های خروجی از لحاظ شکل ظاهری زیبایی مدل برداری را نه‌دارند.
مدل برداری اطلاعات ناپیوسته‌ای از سطح زمین را ارائه می‌دهد.	ذخیره اطلاعات به صورت رستری به فضای زیادتری نیاز دارد.
کارایی خوبی با تصاویر رقومی را نشان نمی‌دهد.	ترکیب سخت افزاری نیرومندی را لازم دارد.
داده‌های برداری کلیه اطلاعات ثبت‌شده سطح زمین را همراه نه-دارد.	به‌کارگیری روش‌های درونیابی[83] با توجه به تفکیک سلول‌ها باید با احتیاط صورت گیرد.

علی‌رغم محدویتهای مندرج در جدول فوق، امروزه با پیشرفت‌های صنعت کامپیوتر و اعمال روش‌های جدید کارتوگرافیکی و ریاضی، بسیاری از مشکلات به سرعت در حال رفع‌شدن است. بعلاوه با توجه به ظهور نرم‌افزارهای جدید با قابلیت‌های زیاد، داده‌های رستری و برداری و مثلثی به همدیگر قابل تبدیل بوده و می‌توان آن‌ها را به صورت ترکیبی در محیط GIS به‌کار گرفت (رسولی، 1384). اما با توجه به خصوصیات هر کدام از مدل‌ها و توانایی آن‌ها در نمایش پدیده‌های دنیای واقعی، یک محقق باید قدرت کافی در تشخیص و استفاده از انواع مدل‌ها را داشته باشد. به‌طور کلی، هیچ قاعدهٔ کلی در نحوهٔ به‌کارگیری انواع مدل‌ها وجود ندارد. اما توجه به مواردی نظیر: حجم داده‌ها، روابط توپولوژیک، پرسش‌های مکانی، کلی‌نگری، ظرفیت تحلیلی، میزان دقت و صحت اطلاعات حاصله، محققان را در جهت ترجیح یکی از ساختارها بر دیگری رهنمون می‌گردد. اگرچه، تعیین قوانین دقیق مربوط به هر مدل مشکل است، با این حال مشخصات کلی مدل‌ها به صورت خلاصه قابل ارائه است:

- تمرکز اصلی مدل داده‌ای برداری به نمایش عوارض جغرافیایی می باشد؛ در حالیکه تمرکز اصلی مدل داده‌ای رستری، بیان موقعیت عوارض می‌باشد.
- مدل داده‌ای برداری برای پاسخگویی به این سوال مناسب می‌باشد که " من در رابطه با این عارضهٔ جغرافیایی چه می‌دانم " در حالیکه مدل داده‌ای رستری برای پاسخگویی به سوال "در این موقعیت چه پدیدهٔ جغرافیایی رخ می دهد" مناسب می‌باشد.
- مدل داده‌ای برداری از مختصات x و y برای نمایش عوارض جغرافیایی استفاده می‌کند؛ در صورتی که مدل داده-ای رستری، از طریق سطر و ستون ارزش‌های عددی در سلول‌ها را ذخیره‌سازی می‌نماید.
- مدل داده‌ای برداری محدوده‌ها را به‌طور دقیق تعریف می‌کند، در حالیکه در مدل رستری محدوده‌ها به‌طور کامل تعریف نمی‌شوند.
- مدل برداری، موقعیت‌ها را به صورت مقادیر x و y در یک سیستم مختصات "دکارتی[84]" قابل نمایش می‌سازد؛ در حالیکه مدل داده‌ای رستری، موقعیت سلول‌ها را نسبت به یک مبدا خاص نمایش می‌دهد.
- مدل برداری شکل دقیق عارضه را نمایش می‌دهد، حال آنکه مدل رستری مناطق مربعی شکل را نمایش و بنابراین شکل تقریبی عارضه را ارائه می‌دهد.
- مدل داده‌ای رستری تغییر تدریجی بین عوارض و سطوح را نمایش می‌دهد؛ در حالیکه مدل برداری تغییرات ناگهانی را به نمایش می‌گذارد.
- مدل برداری برای تولید نقشه‌هایی با کیفیت خیلی بالا و با دقت مکانی بالا مورد استفاده قرار می‌گیرد (برای تولید نقشه‌های کاداستر). اما مدل داده‌ای رستری برای ذخیره‌سازی تصاویر و یا عکس‌های هوایی در فرمت رقومی مناسب‌تر است و این مدل برای کاربردهایی از قبیل تعیین مسیر بهینه، مدل‌سازی بارش و رواناب می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد.
- همپوشانی لایه‌ها در مدل داده‌ای برداری بسیار پیچیده است؛ در حالیکه همپوشانی لایه‌ها در مدل داده‌ای رستری بسیار ساده‌تر و منطقی‌تر بوده و به سرعت محاسبات مورد نیاز انجام می‌گیرد.

با استفاده از محیط نرم‌افزارها می‌توان داده‌ها را از یک مدل به مدل دیگری تبدیل کرد. این کار باعث می‌شود که به‌توان از نقاط قوت هر دو مدل برداری و رستری استفاده نمود. ایجاد یک مدل شبکه‌ای با استفاده از پلیگون‌ها، از نظر مفهومی شامل همپوشی کردن سلول‌های مربوط با داده‌های برداری و تعیین ارزش عددی هر پیکسل مبتنی بر واقع شدن پلیگون‌ها در آن پیکسل می باشد. ایجاد پلیگون‌ها با استفاده از شبکهٔ رستری در محیط اغلب نرم‌افزارها امکان‌پذیر است. این کار به نام

---

[84] Cartesian Coordinate System

تبدیل داده‌های رستری به مدل برداری[85] معروف است. برداری‌نمودن عوارض خطی با استفاده از مدل شبکه‌ای، تا حدودی پیچیده تر است و به تابع پیچیده‌تری نیاز دارد. تابع Arc Scan در نرم افزار ArcGIS دارای توابع مورد نیاز جهت برداری نمودن عوارض خطی است.

مقایسهٔ مدل‌های داده‌ای رستری و TIN

به‌طور خلاصه می‌توان مدل‌های رستری و TIN را به صورت زیر مقایسه نمود:

- مدل داده‌ای TIN به قسمت مثلثی یک سطح متمرکز می‌باشد؛ در حالیکه مدل رستری به یک سطح مربع و یا مستطیل شکل تاکید دارد.
- مدل TIN برای پاسخگویی به این سوال مناسب می‌باشد که " چه سطحی به این موقعیت شباهت دارد "؛ در حالیکه مدل رستری به این سوال پاسخ می‌دهد که " در این مکان چه پدیدهٔ جغرافیایی روی داده است".
- مدل TIN از مثلث‌هایی برای نمایش یک سطح استفاده می‌کند؛ در حالیکه در مدل رستری سطرها و ستون ها ارزش‌های عددی را در سلول‌ها ذخیره‌سازی می‌کنند.
- مدلTIN، گره‌های مثلث‌ها را به صورت مختصات x , y در یک سیستم مختصات "دکارتی" نمایش می‌دهد. مدل رستری، موقعیت سلول‌ها را در محدوده یک سیستم شبکه‌ای نمایش می‌دهد.
- از روی نقاطی که فواصل نامنظمی از همدیگر دارند، مدل TIN شکل دقیقی از سطح زمین فراهم می‌سازد؛ در حالیکه مدل رستری با بهره‌گیری از نقاط با فواصل منظم، مدل سطحی خلاصه شده‌ای را تولید می‌نماید.
- هر دو مدل قادر به نمایش تغییرات تدریجی در سطح زمین از قبیل ارتفاعات هستند.

در کل، مدل‌های مکانی برداری، رستری و TIN، توانمندی GIS را در مدل‌سازی از عوارض زمین کامل می‌کنند. هر کدام از این مدل‌ها، از انواع سیستم‌های مختصات برای تعیین موقعیت سطح زمین استفاده می‌نمایند. با تعیین یک سیستم تصویر و مقیاس مشترک و تنظیم مختصات جغرافیایی- به گونه‌ای که هر مدل دارای سیستم مختصاتی مشترکی باشند- این امکان فراهم می‌گردد که در تمامی مدل‌ها به‌توان موقعیت‌ها و عوارض مشابه را نمایش داد و مدل‌سازی نمود. این روش به نام "زمین- مرجع نمودن" [86] داده‌ها نامیده می‌شود. این فرآیند، انعطاف‌پذیری زیادی در جهت تجزیه و تحلیل و نمایش داده‌های مکانی پدید می‌آورد. به‌عنوان مثال، نرم‌افزار ArcGIS تعدادی از مدل‌های تعریف شده را به‌منظور ذخیره و نمایش عوارض جغرافیایی مورد استفاده قرار می‌دهد. هر کدام از این مدل‌ها دارای ارزش‌ها، قابلیت‌ها و البته محدودیت‌های ویژه‌ای هم می‌باشند.

---

[85] Vectorization
[86] Georeferencing

4-6 دقت و صحت داده‌ها

میزان دقت و صحت داده‌ها از مهمترین عوامل کنترل‌کننده مدل‌های خروجی محسوب می‌گردد، که خود به عوامل متعددی دیگری مانند: ماهیت مشاهدات، نحوه اخذ، ورود و ویراستاری داده‌ها و حتی محیط‌های نرم‌افزاری و سخت‌افزاری مربوط می‌گردد. به جز میزان مقیاس، عوامل دیگری نیز صحت پدیده‌های ثبت شده بر روی هر نقشه‌ای را متاثر می‌سازند. از جمله این عوامل می‌توان به کیفیت منابع، مهارت کارتوگراف، ابزار طراحی مدل، نحوهٔ اندازه‌گیری مشاهدات و چگونگی نمایش مدل‌ها اشاره نمود. بعضی از شاخص‌های اندازه‌گیری میزان دقت و صحت، عبارت اند از:

- دقت مطلق،
- دقت نسبی،
- دقت داده‌های توصیفی،
- دقت بهنگام بودن داده‌ها،

شاخص دقت مطلق، به همبستگی موقعیت دقیق یک پدیده بر روی نقشه و معادل واقعی آن در روی زمین بستگی دارد. به‌عنوان مثال، اندازهٔ دقیق مقادیر مختصات و ارتفاع دقیق یک گوشه از ساختمان که توسط مهندسان نقشه‌برداری مورد نظر است، همان دقت مطلق است، که در نقشه‌های ملکی مطرح است. اما دقت نسبی به مفهوم جابه‌جایی بین دو نقطه بر روی نقشه (عمدتا از نظر فاصله و زاویه) نسبت به جابه‌جایی همان دو نقطه در روی زمین اطلاق می‌شود. این میزان از دقت نسبت به نقاط کنترل زمینی اعمال می‌گردد. کاربرانی که با داده‌هایی به مقیاس متوسط سروکار داشته باشند، می‌توانند به این میزان دقت بسنده نمایند.

دقت در داده‌های توصیفی بسته به صحت مشاهدات جمع آوری شده در پایگاه اطلاعاتی دارد، که در نهایت به عوارض گرافیکی موجود در نقشه‌ها متصل و مرتبط می‌شود؛ برای مثال، در یک نقشهٔ رقومی طبقه‌بندی شده بارش، طراحی شده برای یک منطقهٔ خاص، میزان دقت بسته به کیفیت داده‌های جمع آوری شده‌ای است که در پایگاه اطلاعاتی گرد آمده است. مسلما خطای باران سنج‌ها در هنگام اخذ مشاهدات در مدل نهایی منعکس خواهد شد. اما جدیدبودن داده‌های جمع‌آوری شده دقتی را فراهم می آورد که به دقت بهنگام‌بودن معروف است. این میزان دقت بسته به نیاز و مهارت متخصص پایگاه اطلاعات و هزینه‌های مصرف شده، متغیر می‌نماید؛ چرا که همواره یافتن اطلاعات جدید آسان نیست. باید اذعان داشت که هیچ نقشه‌ای نمی‌تواند خالی از خطا باشد و در صورت توجه به عواملی نظیر انگیزه، مهارت، نیاز، سطح فناوری و هدف متخصصان در تولید نقشه‌ها، میزان دقت و مقادیر خطای موجود نیز متغیر خواهد بود. با توجه به رابطهٔ ریاضی زیر می‌توان خطاهای دهگانه در نقشه های رقومی را به صورت تراکمی محاسبه نمود.

$$E = f(f) + f(I) + f(c) + f(d) + f(a) + f(m) + f(p) + f(rms) + f(mp) + u$$

در رابطهٔ فوق:

f نشان دهندهٔ خطای حاصل از تبدیل زمین کروی شکل[87] به حالت دوبعدی و میزان مسطح‌شدگی آن است.

I بیانگر دقت اندازه‌گیری موقعیت‌های مکانی است که به نوع و ماهیت سیستم بیضوی زمین[88] مربوط می‌شود.

c نشانگر دقت کارتوگرافیکی است.

d نشان‌دهندهٔ خطای ترسیم پدیده‌ها و پهنای قلم ثبات است.

a مبین خطای حاصل از تبدیل داده‌های کاغذی به رقومی است که از طریق دستگاه رقوم‌گری ممکن است وارد شود.

m نشان‌دهندهٔ خطای ایجاد شده از قابلیت داده‌های کاغذی است که در اغلب موارد به دلیل تغییر فیزیکی نقشه‌ها (مانند چین و چروک برداشتن و کشیدگی نقشه‌ها) ناشی از شرایط محیطی و مصرف غیر استاندارد اعمال می‌گردد.

p خطای حاصل از فرایندهای رقومگری است که معمولا مربوط به نحوهٔ استفادهٔ کارتوگراف از ماوس رقومگری مربوط می‌شود.

rms نشان‌دهندهٔ خطای تثبیت نقشه به موقعیت‌های مکانی واقعی و یا به اصطلاح زمین- مرجع نمودن نقشه‌هاست که به ریشهٔ دوم متوسط خطای مجاز معروف است.

mp نشان‌دهندهٔ خطای حاصل از کامپیوتر در هنگام تبدیل و ذخیره‌نمودن سیستم مختصات مرجع به دلیل گردنمودن اعداد حاصل می-آید.

u بیانگر خطای غیرقابل پیش‌بینی است که احتمال دارد به هر دلیل ناشناخته‌ای بر مجموعهٔ خطاها اضافه گردد.

در مواقعیکه گزارش دقیقی در مورد کیفیت داده‌ها در دست نه‌باشد، متخصص GIS می‌تواند با توجه به سؤالات تنظیم شده در زیر داده‌های خود را ارزیابی نماید:

- قدمت داده‌ها چقدر است؟
- مآخذ داده‌ها کجاست؟
- در اصل داده‌ها در چه فرمتی تولید شده‌اند؟
- محدودهٔ گسترش جغرافیایی داده‌ها تا کجاست؟
- با چه مقیاس اولیه‌ای داده‌ها رقومی گشته‌اند؟
- چه نوع سیستم‌های تصویری و مختصات بر داده‌ها اعمال شده‌اند؟
- میزان تراکم مشاهدات با هدف تولید مدل‌ها در چه حدی بوده است؟
- صحت داده‌های مکانی و توصیفی چگونه است؟
- آیا نقشه‌ها از نظر کارتوگرافی به صورت منطقی طراحی شده‌اند؟
- آیا داده‌های موجود با توجه به اهداف پروژه در دست اجرا متناسب به نظر می‌رسند؟
- روش‌های کنترل داده‌ها چگونه بوده است؟
- چگونه داده‌ها تجمیع و تلفیق شده‌اند؟
- درجهٔ اعتبار تهیه کنندهٔ داده‌ها در چه حدی است؟

با توجه به موارد بالا، به‌آسانی می توان درک نمود که از طرق مختلف احتمال ورود انواع خطا ها به محیط GIS وجود دارد (طاهرکیا، 1376). به عنوان مثال، از خطاهای شناخته شده می‌توان به سه نوع خطای عدم تطبیق لبه‌های نقشه‌ها[89]،

---

[87] Spheroid
[88] Ellipsoid
[89] Edge Matching

جابه جایی در موقعیت اتصال لایه‌ها[90] و عدم بسته‌شدن کامل پلیگون‌ها[91] اشاره نمود که هنگام تبدیل داده‌های آنالوگ به فرمت رقومی ایجاد می‌شود. تا زمانیکه متخصص مربوط درک دقیقی از میزان دقت و صحت داده‌های حاصل نه‌داشته باشد، استانداردهای مطلوب در کسب نتایج نهایی متناسب با هدف متخصصان محقق نه‌خواهد بود.

4-7 روابط توپولوژیک

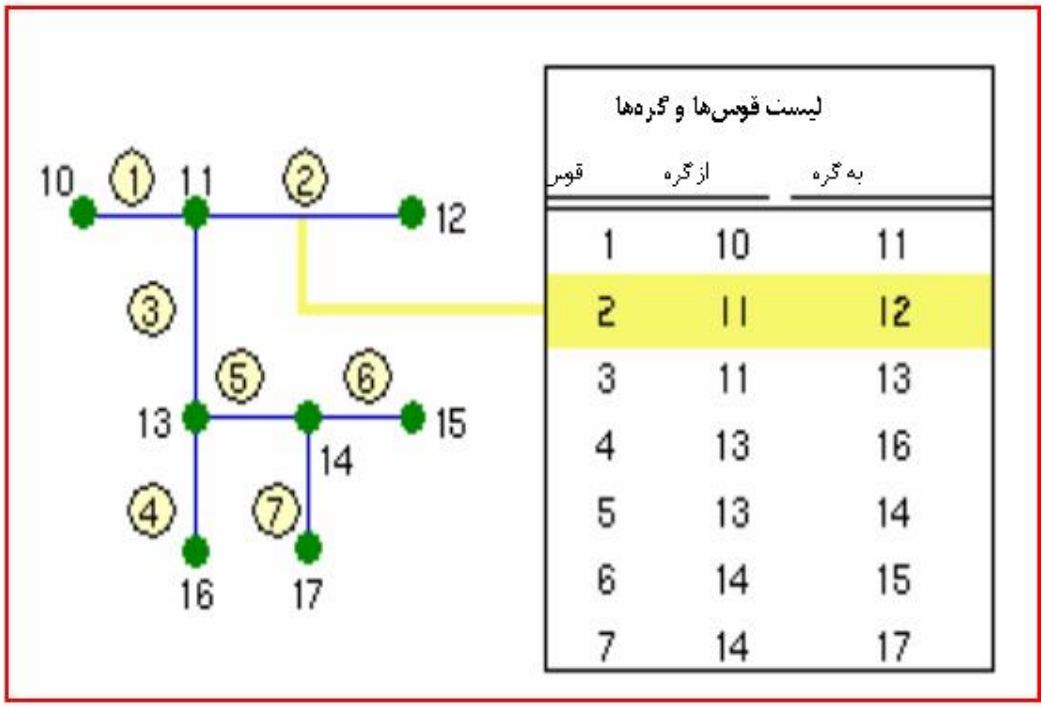
هنگامی شما بر فراز تپه‌ای ایستاده‌اید و در محدوده چشم انداز موجود جاده‌ای را ناظر هستید که رودخانه‌ها را قطع می‌کنند و چگونه یک قطعه زمین با کاربری زراعی در کنار مرتعی قرار گرفته است، در واقع نوعی روابط فضائی بین عوارض زمین را ملاحظه می‌نمائید. حال اگر خواسته باشید، این نوع روابط را در محیط کامپیوتر ایجاد نمائید، نیاز به ایجاد روابط توپولوژیک دارید که در این حالت توپولوژی به مفهوم اعمال قوانین ریاضی با هدف تعریف دقیق روابط بین پدیده‌های جغرافیایی در یک لایهٔ رقومی است. در ساختار مدل‌های برداری، ارتباطات آشکار و تعریف شده‌ای بین اطلاعات مکانی ایجاد می‌شود که موقعیت نسبی اشیاء و یا عوارض جغرافیایی را نسبت به هم در درون پایگاه‌های اطلاعاتی مشخص می‌سازد (Reed, 1999). بنابراین، در یک نگاه ساده می‌توان بیان نمود که توپولوژی همانا وجود روابط مکانی بین عوارض موجود در یک لایهٔ اطلاعاتی GIS است که بدون توجه به موقعیت دقیق پدیده‌ها (مختصات جغرافیایی) روابط هندسی فی‌مابین را برقرار می سازد (محمد پور، 1370). مزیت اصلی روابط توپولوژی ایجاد زمینه برای انجام انواع تحلیل‌های مکانی است که با اتصال عناصر جغرافیایی و داده‌های خصیصه‌ای میسر می‌گردد. انواع روابط توپولوژیک ساده تا پیچیده شامل: توپولوژی اتصال[92]، توپولوژی محدوده[93]، توپولوژی مجاورت[94]، توپولوژی مسیرها[95] و توپولوژی نواحی[96] است. در ذیل به اختصار ویژگی روابط توپولوژیک مطرح می‌گردد.

4-7-1 توپولوژی اتصال

در این مدل قوس‌ها[97] توسط گره‌ها[98] به‌هم متصل می‌شوند، که توپولوژی قوس- گره خوانده می‌شود. در ساختار قوس- گره یک قوس از طریق دو گره انتهایی محدود و تعریف می‌شود. نقطه مبدا یا "از- گره"[99] مشخص کنندهٔ جایی است که قوس شروع می‌شود و نقطهٔ مقصد یا "به- گره"[100] نیز مشخص کنندهٔ جایی است که قوس در آنجا خاتمه می‌یابد (شکل شماره 4-16).

---

۹۰ Distortion
۹۱ Sliver Polygons
۹۲ Connectivity
۹۳ Area Definition
۹۴ Contiguity
۹۵ Routes
۹۶ Regions
۹۷ Arcs
۹۸ Nodes
۹۹ From-node
۱۰۰ To-node



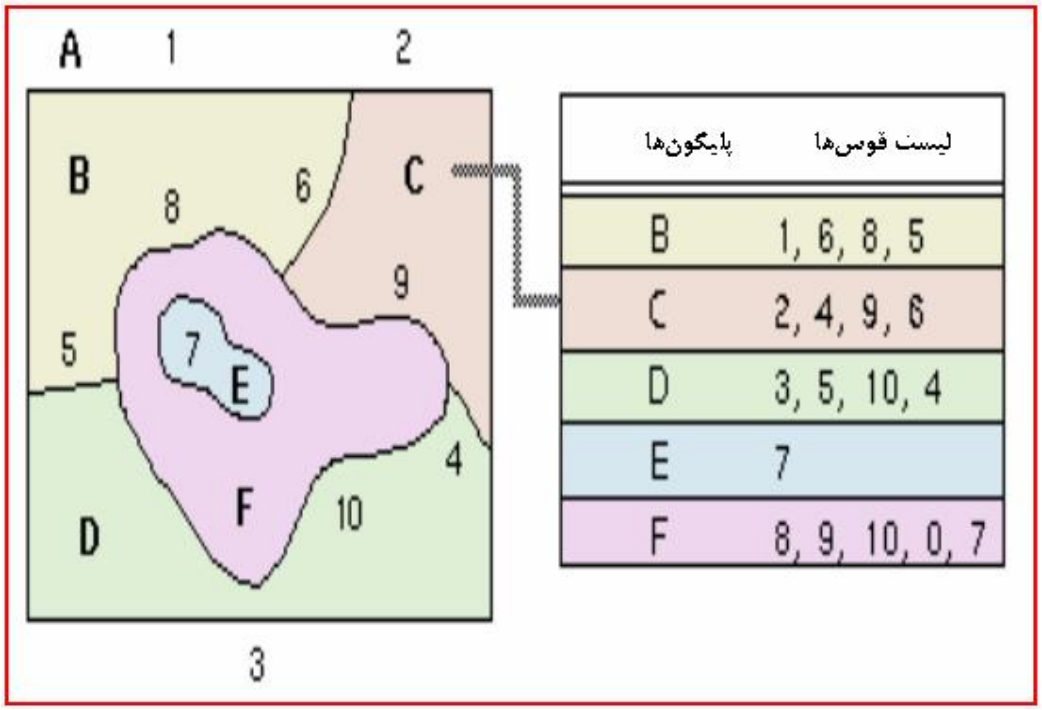
شکل شمارهٔ 16-4: توپولوژی قوس - گره

این نوع توپولوژی، کمک می‌کند تا مسیری را به طرف نقطه مورد نظر شناسایی و جهت معینی مشـخص شـود. از طریق این توپولوژی می‌توان شبکه‌های آبراهه‌ای فرعی را به یک رودخانه متصل کرد و یا اینکه مسیری را در شبکهٔ ترافیـک شهری از مبدا تا مقصد ردیابی نمود. اصولا توپولوژی "قوس- گره" از طریق جدول اطلاعاتی مرتبط تعریف می‌شود. در ایـن جدول ، مسیر نقاط (از گره و به گره) مربوط به هر قوس، مشخص و شماره و یا کد شناسایی گره‌های مشترک تنظیم می‌شود. در شکل شمارهٔ 15-4 می‌توان ملاحظه نمود که قوس شمارهٔ 2 از گره 11 شروع و به گره 12 ختم شده است. هر قوسی به-طور منطقی به جدول مختصات مربوط به آن متصل است و بعضی از قوس‌ها دارای گره‌های مشترک می‌باشند. در محیط نرم افزار ArcGIS پوسته ARC/INFO با استناد بر روابط توپولوژیک، امکان ایجاد روابط بین عوارض جغرافیایی و تحلیل‌های مکانی وجود دارد.

4-7-2 توپولوژی محدوده

در این نوع توپولوژی پلیگون‌ها توسط یک رشته از قوس‌ها با مختصات معین و به هم پیوسته‌ای تعریف می‌شوند. در این ساختار، پلیگون‌ها با فهرستی از قوس‌هایی که پلیگون را احاطه نموده‌اند، نمایش داده می‌شود و بنابراین به توپولوژی قوس- پلیگون[101] معروف‌اند. خیلی از عوارض که یک منطقه یا سطح مشخصی را بر روی زمین می‌پوشانند (مانند دریاچه‌ها و جنگل‌ها) توسط این مدل قابل تحلیل هستند (شکل شماره 17-4).

[۱۰۱] Polygon-arc Topology



شکل شمارهٔ 17-4: توپولوژی قوس- پلیگون

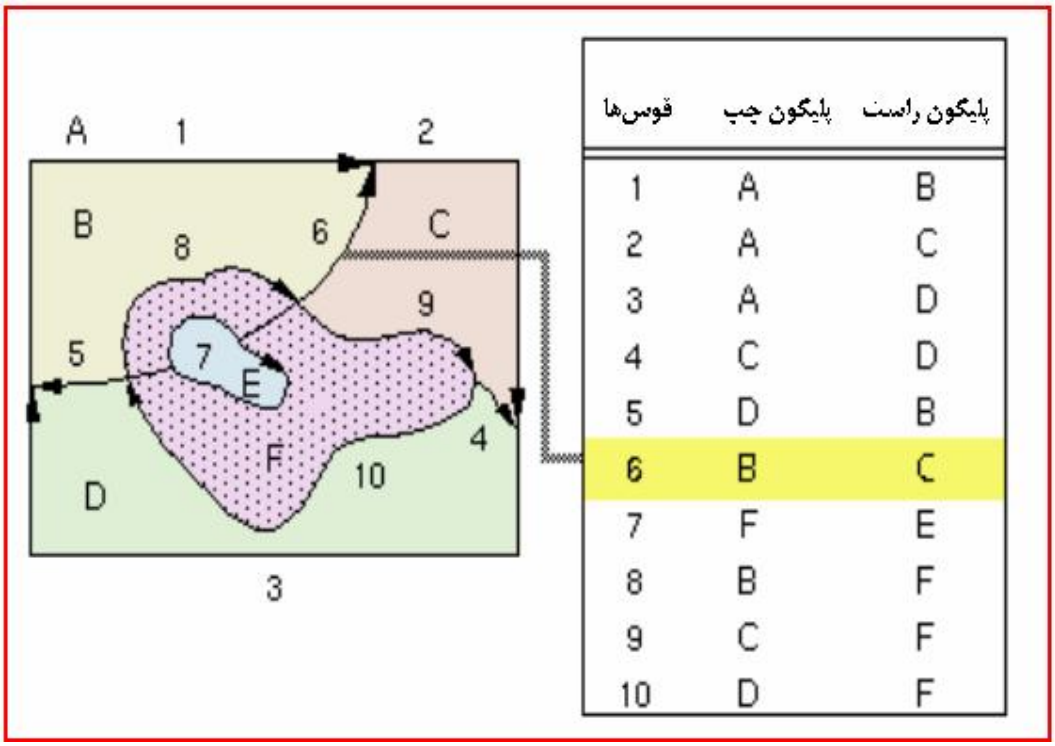
در شکل شمارهٔ 17-4، پلیگون C توسط قوس‌های 2، 4، 9 و 6 محدود شده است. توجه کنید کـه پلیگـون E در داخل پلیگون بزرگ‌تری مشخص شده توسط حرف F قرار گرفته است که فقط با یک قوس محدود شده است. در مواقعی درج حرف صفر مبین واقعیت تودرتو بودن پلیگون‌ها است. مانند دریاچه‌ای که یک جزیره هم داشته باشد. مانند پلیگـون E کـه بـا قوس 7 ایجاد و در داخل پلیگون بزرگ‌تر F قرار گرفته است. در این مدل، ممکن است یک قوس در تشکیل بیش از چنـدین پلیگون مشارکت نماید. همچنانکه در شکل شمارهٔ 16-4 مشخص است، قوس شمارهٔ 8 در لیست مربوط به پلیگون‌های B و F ذکر گردیده است. با این ساختار هر قوس فقط یک بار در حافظهٔ کامپیوتر ذخیره شده و از این طریق از تکرار بی مورد قوس‌ها خودداری می‌شود.

4-7-3 توپولوژی مجاورت

در این نوع توپولوژی هر قوس دارای جهت (از -گره به-گره بعدی) مشخصی می باشد، که هنگام رقومی‌کردن عوارض به آنها تخصیص داده شده است. در این مدل که به‌نام توپولوژی چپ - راست[102] معروف است، لیستی از پلیگون‌های قرارگرفته در سمت راست و چپ هر قوس به‌طور جداگانه در جداول اطلاعات مربوطه ذخیره می‌گردد. دو پدیدهٔ جغرافیایی مختلف (مانند محدوده یک دریاچهٔ و جزیرهٔ واقع در آن) که دارای محدودهٔ مشترکی هستند، به‌عنوان عوارض مجاور هم تعریف می‌شوند. از این نظر، مجاورت، مفهوم توپولوژیکی است که در مدل داده‌ای برداری با استفاده از آن می‌توان در جهت شناسایی محدوده‌های کنار هم، عملیات محاسباتی و یا تحلیل‌های مکانی را پیاده نمود (شکل شماره 18-4).

---

[102] Left-right Topology



قوس‌ها	پلیگون چپ	پلیگون راست
1	A	B
2	A	C
3	A	D
4	C	D
5	D	B
6	B	C
7	F	E
8	B	F
9	C	F
10	D	F

شکل شمارهٔ 18-4 ساختار توپولوژی مجاورت

به عنوان مثال، در شکل شمارهٔ 18-4، پلیگون B در سمت چپ قوس 6 واقع می‌باشد و پلیگون C نیز در سمت راست همان قوس واقع شده است. بنابراین، می‌توان گفت که پلیگون‌های B و C در مجاورت هم قرار گرفته‌اند. توجه داشته باشید که برچسب پلیگون 1 در خارج از محدوده گذاشته شده است. بنابراین، پلیگون A به نام پلیگون خارجی یا جهانی[103] نامیده می‌شود و محدودهٔ خارج از منطقهٔ مطالعاتی را نمایش می‌دهد. پلیگون جهانی باعث می‌شود که تمامی قوس‌ها همواره دارای جهت (سمت) چپ و راست مشخصی باشند. توجه کنید که لیست مختصات مربوط به تمامی قوس‌ها، در جدول ارتباطی دیگری ذخیره شده است.

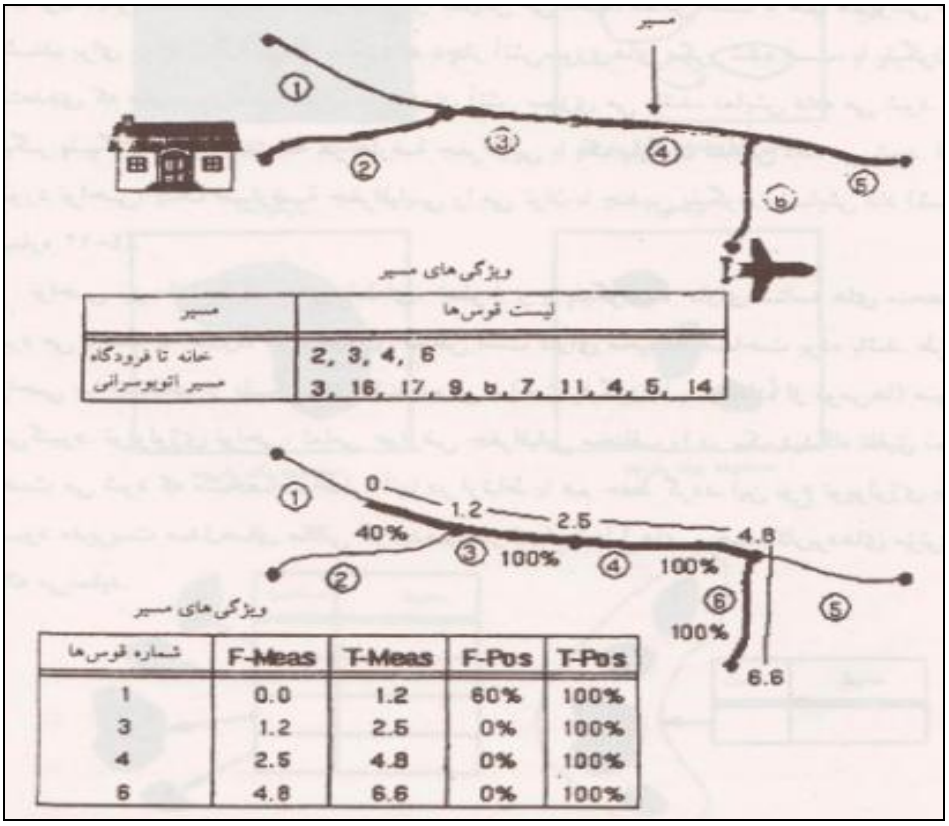
مفاهیم سه نوع توپولوژی مطرح شده، این امکان را فراهم می سازد که با استفاده از آن‌ها به‌توان نوع روابط و همسایگی‌ها را مدل‌سازی نمود. اما بین عوارض جغرافیایی ارتباطات دیگری نیز وجود دارد. مثلا ممکن است یک عارضهٔ جغرافیایی، ترکیبی از عوارض دیگر باشد. به عنوان مثال، یک مسیر اتوبوسرانی از اتصال چندین بخش از خیابان‌های مختلف تشکیل شود. یا یک کشور ممکن است از مجموعه‌ای از استان‌ها ایجاد شده باشد. بعلاوه، عوارض جغرافیایی با گذشت زمان ممکن است تغییر یابند. از این رو، توجه به این تغییرات باید حائز اهمیت باشد.گاهی ممکن است برای یک مکان جغرافیایی ثابت، دو عارضهٔ متفاوت تعریف گردد، که باهم همپوشانی داشته باشند. مانند قطعه زمینی که هم به‌عنوان مرتع تعریف شده و هم محل زیست یک حیوان خاص باشد. سه نوع رابطهٔ توپویوژیک تعریف شده قبلی، این نوع ارتباطات را پشتیبانی نمی‌کنند. برای حل این مشکل، دو نوع دیگر از مدل‌های توپولوژیک مطرح شده است که به منظور بیان روابط پیچیده قابل استناد هستند.

[103] Universal Polygon

4-7-4 توپولوژی مسیر

مسیرها، جریانات و محل عبور مجموعه‌ای از عوارض خطی، از قبیل یک مسیر خیابان از منزل تا فرودگاه را نشـان می‌دهند که مبتنی بر قوس باشد. هر مسیری می‌تواند از نقطه‌ای شروع و به نقطه‌ای دیگر ختم شود. یا اینکه از نقطه‌ای شروع شده، در همان نقطه خاتمه یابد. در شکل شمارهٔ 19-4، مسیرها به‌عنوان نقاط شروع از گره‌ها یا تقاطع‌ها نمایش داده شده‌انـد. بعضی اوقات، مسیرها در طول یک قوس شروع می‌شوند. این امر بیانگر آن است که نقاط شروع و انتهایی قوس در امتداد مسیر می‌باشند، اما فقط قسمتی از قوس مورد استفاده قرار می‌گیرد. بایستی تغییری در ویژگی مسیر صورت گیرد تا امکان توصـیف نقطه شروع مسیر مشخص شود. این امر مستلزم آن است که چه میزانی از قوس مورد استفاده قرار گیرد و مسیر از کجا شـروع شود. اطلاعات توصیفی مورد نیاز در یک جدول ارائه می شود در این جدول، هر بخش با یک سطر تعریف می‌گردد.

در واقع این سطر مسیری را که به آن مربوط است، توصیف می‌نمایـد. دو سـتون بـه نـام‌هـای F-MEAS و T-MEAS فاصله‌ای را در طول مسیر هر بخش نمایش می‌دهند. دو ستون دیگر به نام‌های F-POS و T-POS درصـدی از قوس را که مورد استفاده قرار گرفته است، مشخص کرده و محل وقوع عوارض را بر روی یک مسیر نشان می‌دهند. در طـول مسیر دو نوع واقعه اتفاق می‌افتد: وقایع نقطه‌ای و وقایع خطی. واقعه نقطه‌ای موقعیت یک عارضهٔ نقطه‌ای را از قبیل تصادفات جاده‌ای در طول مسیر نشان می‌دهد. اما واقعهٔ خطی محل وقوع یک عارضهٔ خطی از قبیل شرایط آسفالت در یک جادهٔ مشخص را در طول مسیر نمایش می‌دهد. بنابراین، واقعهٔ خطی به صورت از "اندازهٔ فلان تا اندازهٔ فلان" در طول مسیر مشخص خواهد شد.



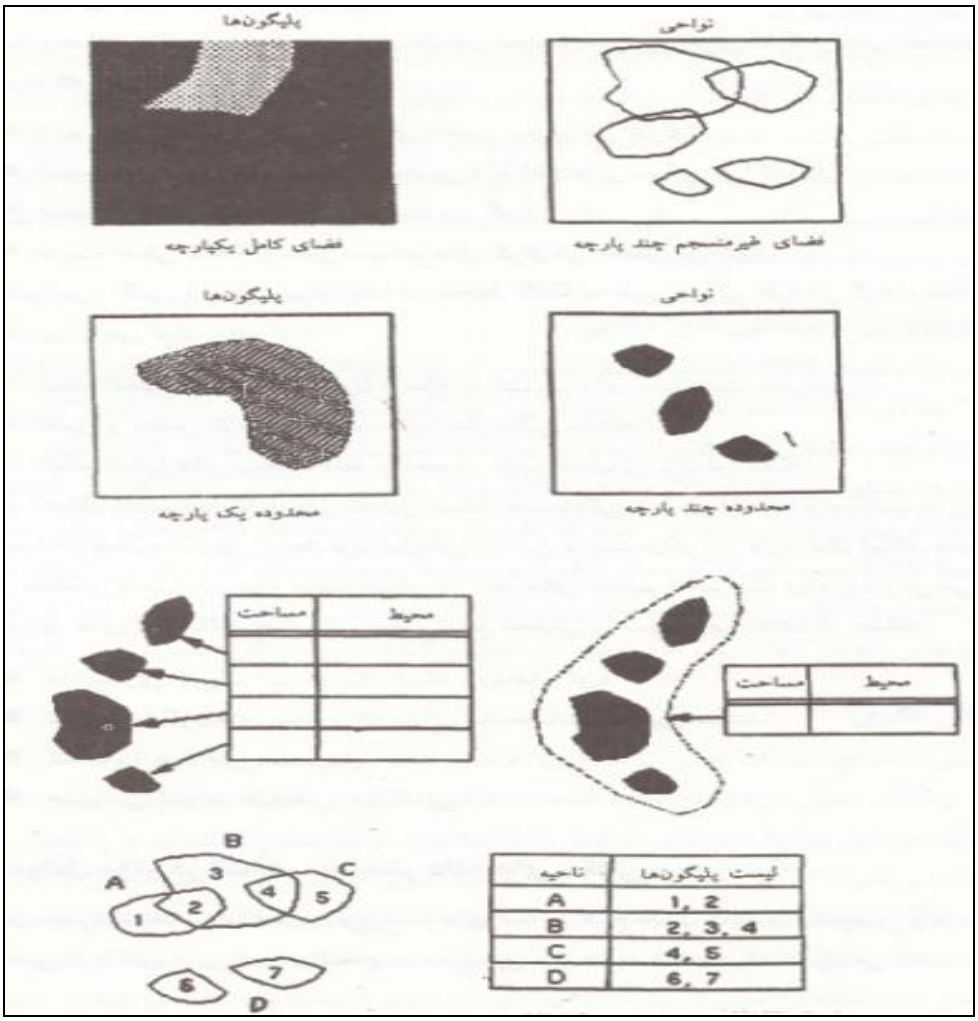
شکل شمارهٔ 19-4: توپولوژی مسیر

4-7-5 توپولوژی نواحی

مدل‌سازی نواحی و یا مناطق، از روابط پیچیده بین عوارض جغرافیایی که به صورت پلیگون نمایش داده می‌شوند، پشتیبانی می‌کند. در حالیکه بلوک سازندهٔ یک پلیگون، قوس می‌باشد، بلوک‌های سازندهٔ یک ناحیه پلیگون‌ها خواهند بود. بنابراین، یک ناحیه از مجموعه‌ای از پلیگون‌ها تشکیل و نمایش داده می‌شود. یکی از اصول اولیه و اساسی نمایش عوارض جغرافیایی به صورت پلیگون این است که پلیگون‌ها همپوشی نداشته باشند و به‌طور کامل منطقه را به پوشانند. این اصل، در مورد نواحی صدق نمی‌کند؛ چرا که در این مدل، پلیگون‌هایی که عوارض جغرافیایی را نمایش می‌دهند، ممکن است با هم همپوشی داشته باشند. برای مثال، ناحیه‌ای از جنگل که دچار آتش‌سوزی های مکرر شده است، با پلیگون‌های متعددی که مشخص‌کنندهٔ محدوده و زمان آتش‌سوزی می‌باشد، نمایش داده می‌شود. اصل دیگر پلیگون‌ها این است که هر عارضهٔ جغرافیایی با یک پلیگون نمایش داده می‌شود. اما در مورد نواحی، یک عارضهٔ جغرافیایی را می‌توان با چندین پلیگون نمایش داد (شکل شماره 20-4).

نواحی نیز مانند پدیده‌های نقطه‌ای، خطوط و یا پلیگون‌ها، دارای شناسه‌های منحصر به فرد می‌باشند. به علاوه، هر ناحیه‌ای ممکن است دارای محیط و مساحت بوده باشد. طراحی نواحی با استفاده از پلیگون‌ها (مانند روش ساخت پلیگون‌ها با استفاده از قوس‌ها) صورت می‌گیرد. توپولوژی نواحی، تمامی عوارض جغرافیایی مختلف را در یک دیدگاه تلفیق نموده ، باعث

می‌شود که مشخصات اصلی آنها در ارتباط با هم حفظ گردد. این نوع توپولوژی باعث بهبود مدیریت مدل‌های مکانی گردیده و در انجام تحلیل‌های پیچیده کاربردهای موثری را ارائه نماید.



شکل شمارهٔ 20-4: توپولوژی نواحی

4-7-6 مزایای ایجاد روابط توپولوژیک

با ایجاد منطقی روابط توپولوژیک در محیط هر نرم افزار GIS مزایای متعددی عاید می‌شود، که اهم آن‌ها به‌قرار زیر است.

- داده‌های حجیم به‌طور موثرتری ذخیره‌سازی می‌شوند؛
- انجام عملیات مرکب بر روی چندین لایهٔ اطلاعاتی ممکن می‌گردد؛
- عملیات با سرعت بیشتری صورت می‌گیرد؛
- مزیت اصلی GIS بر سایر سیستم‌های گرافیکی محقق می‌شود؛

بنابراین، اگر روابط توپولوژیک در محیط GIS به طور اصولی طراحی گردد، تحلیل‌های متعدد زیر را می توان پیاده کرد:

- انجام تحلیل‌های مکانی بدون ارجاع به سیستم های مختصات جغرافیایی،
- تلفیق و متصل‌کردن محدوده های جغرافیایی مشابه،
- انجام تحلیل‌های پیچیده فقط با احضار توابع عملیاتی توپولوژیک،
- اعمال مدل‌سازی های مختلف نظیر: تحلیل شبکه، همسایگی، انطباق لایه_ها و محاسبات ریاضی،

ایجاد و ذخیره‌سازی روابط توپولوژیکی چندین مزیت دیگر نیز دارد. اول اینکه، داده‌ها به‌طور منطقی ذخیره و ثانیا مجموعه‌ای از داده‌های حجیم با سرعت زیاد پردازش می‌شوند. توپولوژی‌های پیچیده‌تر، چگونگی انجام توابع تحلیلی را تسهیل می‌کنند؛ از جمله:

- مدل‌سازی جریان آب در یک شبکه رودخانه‌ای،
- ترکیب پلیگون‌های مجاور که دارای مشخصات مشابهی هستند،
- شناسایی عوارض همسایه،
- همپوشانی نمودن عوارض جغرافیایی.

4-8 فرآیند تبدیل داده‌ها

اگر در تعاریف GIS تامل کنیم، در خواهیم یافت که توانایی آن در مدیریت اصولی داده ها بسیار قابل توجه است و این فناوری دارای قابلیت‌های بی‌شماری به منظور تبدیل موثر اطلاعات و مدل‌ها می‌باشد. در یک تعریف کلی، GIS فرایند تبدیل به مفهوم ایجاد نوعی تغییر در ماهیت داده‌ها و یا مدل‌هایی است که از آن طریق هدف خاصی در محیط GIS محقق می‌گردد و در اغلب موارد مدل تازه‌ای با ترکیبی جدید حاصل می‌آید. در این مورد، می‌توان مثال‌های متعددی نظیر: تبدیل داده-های آنالوگ به مدل رقومی (به توسط یک رقومگر) و یا تغییر یک سیستم تصویر به دیگری ارائه داد. اما در عین حال GIS می‌تواند طیف وسیعی از قابلیت‌های تحلیلی بی نظیری - مثل ایجاد روابط توپولوژیک بین عوارض جغرافیایی و یا تبدیل داده-های توصیفی غیرمکانی به مدل‌های گرافیکی مکانی - را نیز عرضه نماید. شاید، در این مختصر نتوان همه توانایی‌های GIS را در ارتباط با مقولهٔ تبدیل داده‌ها را مطرح نمود، اما به نظر می‌رسد با توجه به تقسیم‌بندی زیر درک فرآیندهای تبدیل داده‌ها در محیط GIS آسان‌تر شود:

- در خارج از محیط GIS،
- هنگام ورود داده‌ها به محیط GIS،
- توسط توابع موجود در GIS و از طریق تحلیل‌های مکانی،

امروزه، تبدیل داده‌های قابل قبول برای سیستم GIS، در خارج از محیط آن امکان پذیر شده است. مثلا در شـرایط فعلی می‌توان هر نقشهٔ توپوگرافی آنالوگ را با اسکنرهای استاندارد اسکن و با استفاده از یک نرم‌افزار تبدیل (رابط) مثلا R2V عوارض موجود را به صورت برداری استخراج و به محیط GIS وارد نمود. گاهی به این فرایند آماده نمودن داده‌ها[104] نیز اطلاق می گردد. انتقال سریع و اتوماتیک داده‌ها با تحمل هزینهٔ اندک، از ویژگی‌های مثبت این نوع تبدیل محسوب می‌شـود؛ امـا در مواردی، احتمال ظهور خطاهای ناشی از تبدیل فرمت‌های مختلف وجود دارد، چرا که در توالی مراحل تبدیل از حالت برداری به رستری، تبدیل مجدد آن به عوارض با ماهیت برداری و در صورت نیاز ترکیب این داده‌ها با سایر داده‌هـای موجـود در پایگـاه اطلاعاتی، احتمال دارد، تا حدی، شکل و ماهیت مکانی داده‌ها دچار تغییرات ناخواسته گـردد. شـکل شـمارهٔ 9-5 بـه صـورت شماتیکی نحوهٔ تبدیل داده‌های برداری به مدل رستری را نشان می‌دهد. تبدیل داده‌ها در واقع همان تغییر ماهیت ساختاری داده ها نیز محسوب می‌شود، به‌ویژه زمانیکه هدف واردکردن داده‌ها به‌طور مستقیم به محیط GIS بوده باشد. در این رابطه می‌توان مثالهای متعدد زیر را ارائه نمود:

- انتقال اطلاعات پردازش‌شده از محیط سیستم سازگار سنجش از دور،
- انتقال مشاهدات جمع‌آوری شده با دستگاه GPS،
- تبدیل و انتقال داده‌های آنالوگ به‌صورت رقومی با رقوم‌گر،
- انتقال داده‌های گرافیگی از فرمت شناخته‌شده (مثلا اتوکد)،

با توسعهٔ فناوری‌های سخت‌افزاری و نرم‌افزاری طرق متنوعی به منظور انتقال موثر داده‌ها و تبدیل اطلاعات با خطای کم، ابداع شده است که وجه مشترک همهٔ آن‌ها تبدیل داده‌ها گوناگون به صور رقومی است که در فرمت‌های سازگار صورت مـی-گیرد. بدون هیچ تردیدی، مهم‌ترین و کارآمدترین تبدیلات در درون GIS صورت می‌گیرد، جاییکه کلیـه داده‌هـا و اطلاعـات تجمیع‌شده از منابع مختلف با ساختارهای متفاوت و در فرمت‌های گوناگون برای اجرای انواع عملیات تحلیلی آماده می‌گردند. در این مختصر، شاید نتوان انواع تبدیلات را بیان کرد، ولی توجه به موارد زیر بیانگر قدرت GIS در فرآیندهای مربوط بـه تغییـر ماهیت داده‌ها می‌باشد:

- تبدیل انواع مقیاس‌ها[105]،
- تبدیل سیستم‌های تصویر،
- تبدیل سیستم‌های مختصات،
- تبدیل فرمت و ماهیت عوارض به یکدیگر (بردار به رستر و برعکس)،
- تبدیل مشاهدات نقطه‌ای و ایجاد مدل‌های مختلف سطحی از طریق درونیابی،
- تبدیل ماهیت عوارض به‌یکدیگر نظیر نقطه به خط و یا سطح به حالت سه‌بعدی،

---

[۱۰۴] GIS Ready
[۱۰۵] Scale Conversion

- طبقه‌بندی اطلاعات و تبدیل داده‌های متفرق به نقشه‌های موضوعی.

اگر تحلیل‌های مکانی به مشابهٔ قلب GIS تلقی می‌شود، به این دلیل است که با ترکیب، تلفیق و تغییر ماهیت داده ها می‌توان انواع مدل‌های متنوع کاربردی و بی‌نظیری تولید نمود. به‌طور مثال، در محیط نرم‌افزارهای مختلف نظیر: PCI Geomaticaو ArcGIS (تابع 3D) با تصحیح و تغییر ساختار داده‌های ارتفاعی[106] به حالت سه‌بعدی امکان تحلیل ویژگی ناهمواری‌ها، تحلیل قابلیت رویت[107]، ایجاد لایه شیب و جهت ناهمواری حاصل می‌آید. اعمال پارامترهای آمار - مکانی، ردیابی تغییرات به‌ازای زمان و آشکارساختن همبستگی‌های ذاتی در بین عوارض جغرافیایی در دوره‌های زمانی مشخص، در واقع نوعی تبدیل داده‌های خام از حالت ابتدایی به فرم پیشرفته محسوب می‌شود، که فقط با استناد بر صنعت GIS و متخصصان خبره میسر می‌گردد.

4-9 جمع‌بندی

با بهره‌گیری از فنآوری GIS امکان ورود، تحلیل داده‌های مکانی و پردازش طیف وسیعی از اطلاعات جغرافیایی میسر می‌گردد. اما بدون‌توجه به ارکان زیربنائی آن از قبیل: مسائل مرتبط به سیستم تصویر، سیستم مختصات، مقیاس نقشه، ماهیت، دقت و صحت داده‌ها و به ویژه ساختار توپولوژی امکان دسترسی به مدل‌های دقیق از طریق اعمال تحلیل‌های مکانی و باطبع جنبه‌های کاربردی در مسائل شهری میسر نه‌خواهد شد.

---

[۱۰۶] Orthogonal Rectification
[۱۰۷] Viewshed Analysis

سئوالات فصل چهار:

1) سیستم‌های اصلی تصویر مورد قبول سازمان نقشه‌برداری کشور کدامند؟
2) مقیاس در داده‌های رقومی چه فرق اساسی با مقیاس نقشه‌های کاغذی دارد؟
3) برای نمایش ناهمواری زمین چه مدل داده‌ها مناسب‌تر است؟
4) اگر شما خواسته باشید مراکز آتش‌نشانی در محدوده یک شهر را نمایش دهید، از چه مدل مکانی استفاده می‌کنید؟
5) ماهیت توپولوژی داده‌های برداری بر چه اساسی استوار است؟
6) به اختصار مدل‌های برداری و رستری را باهم مقایسه کنید.
7) ساختار یک فایل رستری بر چه اساسی استوار است؟
8) مدل TIN چگونه ساخته می‌شود؟
9) ساختار توپولوژی‌های مسیر و اتصال چه فرق اساسی باهم دارند؟
10) در فرآیند تبدیل داده‌های مکانی چه اصول اساسی را باید مراعات نمود؟

منابع تکمیلی برای مطالعه:

1) استن آرنوف (1375) سیستم‌های اطلاعات جغرافیائی، سازمان نقشه‌برداری کشور.
2) رسولی، علی‌اکبر (1387) مبانی سنجش‌ازدور کاربردی با تاکید بر پردازش تصاویر ماهواره‌ای، اداره چاپ و انتشارات دانشگاه تبریز.
3) رسولی، علی‌اکبر و حسن محمودزاده (1385) تشخیص تغییرات رقومی با بهره‌گیری از داده‌های دورسنجی با هدف مانیتورینگ تخریب فضای سبز شهر تبریز، فصلنامه تحقیقات جغرافیائی، شماره آتی.
4) روشن نژاد، علی‌اصغر (1377) مراحل طراحی GIS، مجله شهرنگار، شماره 7
5) قدوسی، مهران (1377) مبانی GIS شهری و طبیعی، مجله شهرنگار شماره 7

1) Chang, K. (2007) Introduction to Geographic Information System, 4th Edition. McGraw Hill.
2) Cooke, D. F. and W. H. Maxfield. (1967) the Development of a Geographic Base File and Its Uses for Mapping," Proceedings of the Fifth Annual Conference of the Urban and Regional Information Systems Association, pp. 207-218.
3) Corbett, J. P. (1979) Topological Principles in Cartography, Technical Paper 48, United States Department of Commerce, Bureau of the Census: Washington, D.C.
4) Morehouse, S. (1992) the ARC/INFO Geographic Information System, Computers and Geosciences, Vol. 18, No. 4, pp. 435-443.
5) Reed, C. (1999) GIS Users Shouldn't Forget About Topology, GeoWorld, Vol. 12, No. 4, p. 12.

فصل ۵

کاربردهای GIS در برنامه ریزی شهری

چکیده:

در سرتاسر جهان، هر روزه شاهد ظهور و گسترش انواع سیستم‌های اطلاعاتی و اطلاع‌رسانی نو و پیشرفته‌ای هستیم. یکی از این سیستم‌ها که در دهه‌های گذشته توجه جهانیان را به خود معطوف و توسعه چشمگیری داشته است، سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی معروف به GIS می باشد. با اطمینان می‌توان گفت که GIS مقوله‌ای است جدیدتر و کامل تر از هر آنچه تا به‌حال در علوم مرتبط به جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری عرضه شده است. به همین دلیل، در سرتاسر جهان جایگاه خاصی را به خود اختصاص داده و به عنوان یک فناوری برتر در جهت حل مسائل شهری و سایر علوم مجاور نقش بسیار برجسته ای ایفا نموده است. عامل مشخص کننده‌ای که این تکنولوژی را از سایر سیستم-های مشابه متمایز می‌سازد، مربوط به نحوهٔ نگرش آن به مکان‌های جغرافیایی است. با این نگرش، GIS به عنوان یک فناوری جدید، تبدیل به صنعتی پویا در روند مدلسازی های کیفی و کمی با هدف مدیریت شهرهای جدید گشته است. در فصل جاری، ابتدا جنبه‌های کاربردی مختلف GIS شهری ذکر، سپس، چند نمونه تحقیقات موردی از محدوده شهرهای استان آذربایجان شرقی ارائه خواهد شد.

5-1 مقدمه

سیستم اطلاعات جغرافیایی یکی از کاربردی‌ترین فنآوری‌های جهان محسوب می‌گردد. در این سیستم اطلاعات به دو صورت مکانی و توصیفی مطرح می‌گردد که کاملا به هم مرتبط می‌باشند. امروزه، اکثر دستگاه های دولتی و خصوصی به منظور پردازش داده‌های مکانی و توصیفی خود با هدف برنامه‌ریزی و مدیریت بهینه

محیط‌های شهری از فنآوری GIS استفاده می نمایند. مدیریت مکانی و زمانی جمعیت و به دنبال آن خدمات بهینه به جامعه شهری از طریق مسیریابی بهینه، مدیریت شبکه‌های ارتباطی جاده‌ای، سازماندهی سیستم حمل و نقل و کنترل هوشمند ترافیک، مدیریت بحران‌های محیطی ناشی از حوادث طبیعی، تهیه نقشه‌های پارک‌ها و فضاهای سبز شهری و همچنین تهیه نقشه‌های مناطق امن و پرخطر از لحاظ میزان جرم و جنایت، مکانیابی دفن زباله‌های شهری از جمله قابلیت‌های سامانه اطلاعات جغرافیایی محسوب می‌گردد. با کاربرد GIS می‌توان ضمن بالابردن سرعت و سهولت مطالعات مرتبط به مسائل شهری موجب تحول در عمران منطقه‌ای و ناحیه‌ای شد. با توجه به ساختار و ماهیت GIS، جنبه‌های کاربردی متعددی در زمینه برنامه‌ریزی و مدیریت شهرها قابل طرح است، که از میان کاربردهای متعدد و متنوع، سه زمینهٔ اصلی زیر همواره مورد نظر محققان بوده است:

- به‌کارگیری داده‌های مکانی مربوط به شهرها،
- مراقبت از قلمروهای انسانی در محیط‌های شهری،
- مدیریت و ساماندهی زیرساختارهای شهری[108]،

اما، با استفاده از GIS می‌توان مکان‌های جغرافیایی، عوارض و پدیده های شهری را در ابعاد وسیع تری پایش، تجزیه و تحلیل و مدلسازی نمود. این فناوری بنا به ماهیت خود با همهٔ عناصر محیط‌های شهری در ارتباط قرار گرفته و به عنوان یک ابزار بی‌نظیر به متخصصان برنامه‌ریزی شهری کمک می‌کند تا با ایجاد بانک‌های اطلاعاتی و طراحی مدل‌های واقعی از قلمروهای طبیعی و انسانی، به اهداف کاربردی خود نایل آیند. در دهه‌های گذشته، به دلیل افزایش تصاعدی جمعیت جوامع شهری و بالارفتن ظرفیت‌های تولیدی، نحوهٔ استفاده از منابع شهری نیز دگرگون شده و از این رهگذر میزان آسیب‌ها به قلمروهای محیطی بسیار افزایش یافته است. با این اوصاف، فناوری GIS از مهم‌ترین گزینه‌های راهبردی در مراقبت از قلمروهای شهری محسوب می‌شود. بعلاوه GIS یک ابزار قابل اعتماد در روند بهینه‌سازی روابط انسان‌های ساکن محیط های شهری است. در جدول شمارهٔ 1-6 انواع زمینه‌های کاربردی GIS شهری به اختصار ذکرگردیده است.

جدول شمارهٔ 1-5 بعضی از زمینه‌های کاربردی GIS شهری

زمینه و قلمرو کاربرد	نوع کاربرد، به عنوان مثال:
برنامه‌ریزی شهری	مدیریت حمل و نقل، معماری ساختمان، طراحی مساکن و چشم‌اندازها

[108] Knowledge of Infrastructure

مدیریت شبکهٔ حمل و نقل	آدرس یابی، کنترل ترافیک جاده‌ای، بنادر و فرودگاه‌ها
ساماندهی شهری	مدیریت پارک‌ها، مبلمان شهری، تخصیص اراضی، راهنمای توریسم داخل شهری، مهندسی رودخانه‌ای و زمین‌شناسی داخل شهری
واگذاری تسهیلات ملی	طراحی خطوط آب، گاز و فاضلاب شهری و تلفن
آمایش شهری	منطقه‌بندی، املاک و مکان‌یابی صنعتی، فضای سبز، خدمات و طرح‌های تفضیلی شهری، بررسی بافت‌های فرسوده شهری
مدیریت ریسک و بحران	کنترل سیلاب، پهنه‌بندی زلزله، ارزیابی آلودگی‌های شهری
عملیات نظامی	مکان‌یابی مناسب برای استقرار نیروها، استفادهٔ بهینه از عوارض زمین و احداث مواضع دفاعی در محدوده شهرها
طراحی سه‌بعدی	تهیهٔ مدل ناهمواری سه‌بعدی و شبیه‌سازی مجازی از محیط‌های شهری
اطلاع‌رسانی مصور و بهنگام	تجسم مکان‌ها و پدیده‌ها و فرآیندهای شهری و انتقال موثر آن‌ها به مخاطبان مختلف

امروزه، GIS موثرترین ابزار در مدیریت منابع شهری با هدف برنامه‌ریزی، حفاظت و توسعهٔ منابع انسانی تصمیم‌گیرندگان را یاری می‌دهد (سرخوش، 1380). در یک گسترهٔ وسیع مثال‌های زیادی از انواع کاربردها در بخش‌های خصوصی و عمومی در محیط GIS شهری قابل ذکر است، که برخی از آن‌ها در ذیل ارائه شده است:

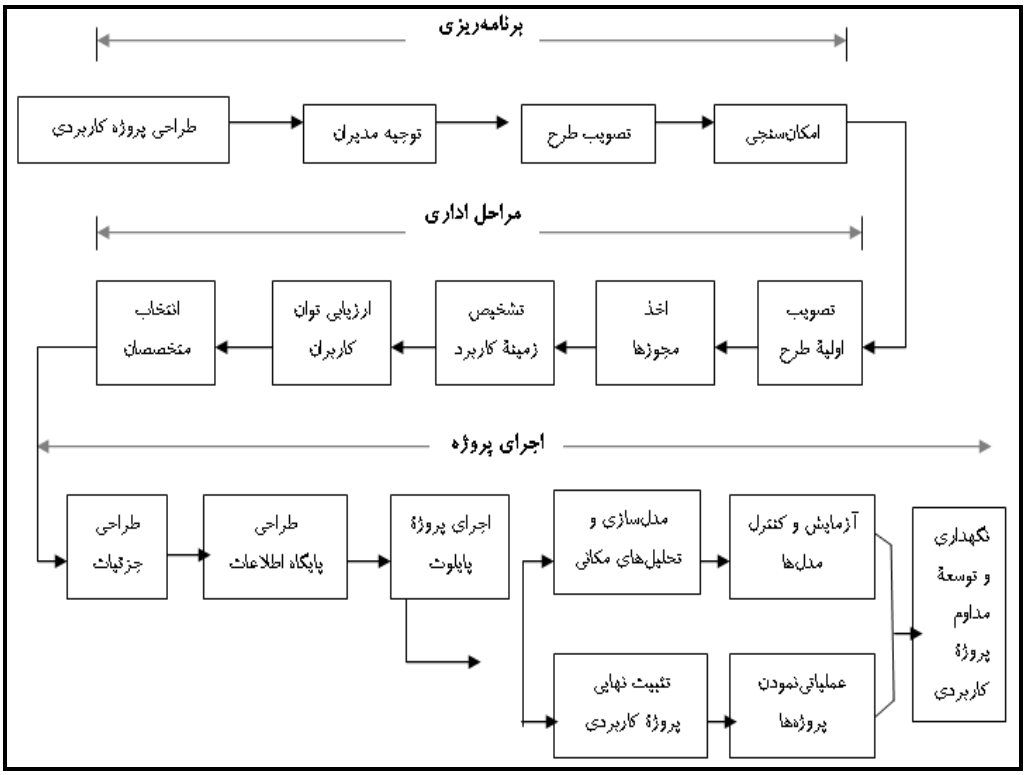
- زمین و ویژگی‌های آن بر اساس انواع فعالیت‌های مرتبط مانند مالکیت و تعیین محدوده‌های قطعات، مدیریت دارایی‌ها و سرمایه‌ها (قربانی، 1380)،
- برنامه‌ریزی‌های شهری و توسعه اقتصادی در مقیاس‌های محلی و منطقه‌ای (صابری فر، 1381)،
- برنامه‌ریزی، مدیریت و طراحی عملیات تسهیلات ملی نظیر: آب، برق، تلفن، پست، راه آهن، فرودگاه‌ها، اتوبان‌ها، حمل و نقل و خدمات اورژانسی (Nyerges and Dueker 1988)،
- مدیریت محیط زیست‌شهری و ایجاد نقشه‌های کاربری اراضی،
- کنترل محدوده‌های اداری در قلمروهای شهری،
- برنامه‌ریزی خدمات ویژه و مدیریت ریسک و بحران،
- بازاریابی برای توسعهٔ صنایع خرده‌فروشی و تعیین محدوده‌های تجاری شهری،
- برنامه‌ریزی حمل و نقل و ترافیک از طریق مانیتورینگ بهنگام،
- ارائهٔ سرویس‌های آموزشی و خدمات اجتماعی از طریق تجزیه و تحلیل‌های دموگرافیک،

5-2 چگونگی تحقق GIS کاربردی در محیط‌های شهری

همواره راهنمایی و اجرای گام به گام هر پروژهٔ کاربردی از عوامل موفقیت محسوب شده است. بر اساس این منطق، انتخاب و اجرای اصولی GIS شهری نیز هم از این قاعده مستثنی نخواهد بود. در چارچوب اجرای پروژه‌های کاربردی که دارای برنامه مشخص اجرایی نباشند، به‌طور حتم مشکلات متعددی، نظیر ذیل، بروز می‌کند:

- عدم هماهنگی بین پایگاه اطلاعاتی طراحی شده و نیازهای کاربردی،
- عدم تطابق بین سخت افزارها و نرم افزارهای تهیه شده،
- غیر_ضروری و ناکافی بودن خروجی‌ها،
- عدم توجه به اهداف و نیازهای درون سازمانی،
- عدم تشخیص نارسایی‌های نهایی،

متاسفانه در جامعهٔ ما، راه اندازی یک طرح GIS کاربردی در حد تهیه و نصب یک برنامهٔ کامپیوتری دست کم گرفته می‌شود، و به‌همین دلیل متخصصان و تصمیم‌گیرندگان امر، به اهداف نهایی خود نمی‌رسند. بسته به اهداف اصلی هر پروژه شهری، سطح فکر متخصصان و توقعات مدیریتی، مراحل یک طرح کاربردی را شاید به‌توان از طریق شکل شمارهٔ 1-5 مطرح ساخت.



شکل شمارهٔ 1-5: مراحل اصلی در اجرای یک پروژه GIS کاربردی شهری

به‌تجربه ثابت شده است که GIS فناوری چند منظوره‌ای است که دارای پیچیدگی‌های خاص خود می‌باشد. از این‌رو، در هر سازمانی برای راه‌اندازی موثر GIS شهری باید مراحل ذکر شده در شکل شمارهٔ 1-5 البته مطابق با امکانات و نیازهای سازمانی با دقت اجرا شود. می‌توان به‌بسیاری از برنامه‌های GIS ناموفق و یا ناتمام – با ذکر مثال‌های موردی از کشور - اشاره کرد که نتایج آن، انتظارات مدیریتی را برآورده نه‌کرده است. بنابراین، در سازمان‌هایی که به نوعی در صدد استفاده از فناوری GIS هستند، در اغلب موارد، عدم توجه سیستماتیک به مراحل سه‌گانهٔ برنامه‌ریزی، مراحل اداری و اجرای صحیح پروژه، باعث اتلاف انرژی و هدر رفتن سرمایه‌های ملی می‌گردد.

5-3 عوامل موثر در طراحی GIS کاربردی

مسلما، وجود برنامه‌ای مشخص و معین برای نیل به اهداف کاربردی از ضروریات اصلی هر طرحی محسوب می‌شود. براین اساس است که فواید به‌کارگیری GIS در مقیاس فردی، موسسات خصوصی و ادارات دولتی مطرح و دلایل استفاده از این تکنولوژی توجیه می‌گردد. شاید، بهترین طریق در طراحی یک برنامهٔ GIS کاربردی، توجه به نیازهای اساسی و حیاتی سازمان‌ها و در مد نظر قراردادن اصول هفتگانهٔ زیر باشد:

- اولویت بخشیدن به موضوعات تحقیق،
- توجه به راهنمای اجرای طرح،
- تخمین ملزومات اساسی،
- تنظیم اهداف اولیه،
- توجه بر مولفه‌های اصلی،
- تعدیل برنامه‌های اجرایی،
- مشارکت اصولی کاربران،
- توجه به اهداف درازمدت سازمانی،

هر طرحی با این مشخصات، به‌طور حتم، امتیازات لازم برای کنترل موفقیت آمیز پروژه‌های GIS شهری را در بر خواهد داشت. در چارچوب چنین طرح‌هایی، داشتن اهداف مشخص، برنامه‌های زمان‌بندی شدهٔ منسجم، کفایت سرمایه‌گذاری‌ها و توجه به تعامل متعادل در بین نیروهای انسانی (کارفرمایان، متخصصان و کاربران) از اهم موضوعات کلیدی محسوب می‌شود. در این صورت، راهکارهای اصلی تضمین کننده اجرای موفقیت آمیز پروژه‌های کاربردی به قرار زیر خواهند بود:

- حمایت‌های مدیریتی، رهبری سیستم و دیدگاه هدفمند،
- سرمایه‌گذاری کافی،
- آشنایی با روش‌های تبدیل داده‌ها و نگهداری موثر اطلاعات،
- انتخاب سخت‌افزار و نرم‌افزارهای مناسب،
- آموزش مستمر کاربران،
- تبادل برنامه‌ریزی شده اطلاعات،
- اتوماتیک نمودن نرم افزارها،
- تربیت متخصصان و کاربران ماهر،

در کشورمان ایران، در چندین سال گذشته، بسیاری از سازمان‌های مرتبط به مدیریت شهری برای استفاده از امتیازات بی‌نظیر فناوری GIS تلاش‌های قابل توجهی نموده_اند. در این راستا، بعضی از سازمان‌ها فقط در حد اظهار علاقه متوقف

شده‌اند و بعضی دیگر به منظور رسیدن به اهداف خاص فقط از تجربهٔ افراد نیمه_متخصص سود برده‌اند و معدودی بـا داشـتن یک برنامهٔ نیمه منسجم به دنبال دستیابی بر سیستم GIS شهری تلاش کرده‌اند. اما واقعیت این است که کمتر سـازمانی بـا آگاهی از جزئیات مقولهٔ GIS به طرح‌های درازمدت کاربردی همت بسته است. مهم‌تر اینکه به‌دلیل وارادتی بـودن تکنولـوژی GIS، در حال حاضر، بسیاری از سازمان‌ها از کلیات و مزایای واقعی آن بی‌خبرند و معدود سازمان‌های خواهان GIS واقعـی، درگیر رفع مشکلاتی هستند که ناخواسته بر آن‌ها تحمیل گشته است؛ چرا که مهم‌ترین اصـول در بهـره‌گیـری پایـدار از یـک فناوری GIS - نگرشهای سازماندهی شده و اعمال جنبه‌های کاربردی با هدف حل مشکلات شهرهای امروزی- مورد غفلـت قرار گرفته است.

5-4 جنبه‌های کاربردی GIS در شهرها

ضرب المثل" دانش بیشتر، تصمیم‌گیری بهتر" همان‌قدر که در مورد سایر سیستم‌ها صحت دارد در مـورد GIS نیـز صادق است. هرچند فناوری GIS، سیستمی اتوماتیک برای امر تصمیم‌گیری نیست، ولـی ابـزاری بـرای تحلیـل و مـدیریت داده‌های رقومی برگرفته از دنیای واقعی، به ویژه شهرهای امروزی با همه پیچیدگی‌های موجود، است کـه بـه‌منظـور تکمیـل فرآیندهای تصمیم‌گیری به کارگرفته می‌شود (Parent and Church 1987). در ذیل برخـی از جنبـه‌هـای فنـآوری GIS شهری به اختصار ذکر، سپس مثال‌های موردی از محدوده شهرهای استان آذربایجان شرقی به عنوان نمونه، مطرح خواهد شد.

5-4-1 کاربرد GIS در شناسائی بافت‌های فرسوده

امروزه، وجود گستره‌ای وسیع و فراگیر از بافت‌های فرسوده در شهرها یکی از مهمترین مشکلات پیش روی و جدی مدیریت شهری محسوب می‌گردد. در ابعاد متنوع کالبدی و عملکردی، محیط زیستی و اجتماعی یکی از تازه ترین دستاوردها در عرصه نظریات شهرسازی تحت عنوان "گردشگری شهری پایدار" در رابطه با مقوله نوسازی و احیاء بافت‌های فرسوده مطرح شده است. بافت فرسوده به بافت‌های فیزیکی شهری اطلاق می شود که در داخل محدوده شهر و یا حاشیه آن شکل گرفته و به دلیل قدمت و یا نه‌بودن برنامه توسعه و نظارت فنی، شکل‌گیری چنین محیط‌های امروزه هماهنگ با نیازهای جوامع شهری نه‌می‌باشد. معمولا، در این نوع محیط‌ها نابسامانی‌های کالبدی اجتماعی و اقتصادی ظهور کرده و فضاهای فیزیکی از نظر ایمنی و استحکام و همچنین خدمات شهری دچار کمبودهای ویژه‌ای هستند. چگونگی مواجهه با مقوله پیچیده و چندوجهی بافت‌های فرسوده (و مشکلات منتسب به آن) از جمله مسایلی است که می‌توان دیدگاه‌های مرتبط را در محیط GIS مطرح ساخت. اما قبل از آن لازم است بعضی از ویژگی‌های ساختاری بافت‌های فرسوده نظیر: عمر ابنیه، تعداد طبقات، نوع مصالح، وضعیت دسترسی‌ها، وضعیت خدمات، زیرساخت‌های شهری و شاخص های کیفی مورد توجه خاص قرار گیرد. ضمنا، مسأله جمعیت-پذیری بافت‌هایی که در حریم گسل‌ها، مسیر قنات‌ها و رودخانه‌ها توسعه پیدا نموده‌اند و نیز بافت‌های روستایی و درون‌شهری از دیگر مسائلی هستند که در تعیین بافت‌های فرسوده باید مطرح گردند (ایازی، 1385). از دیگر شاخص‌های شناسایی بافت‌های فرسوده، می‌توان باید به ضریب نفوذپذیری و شاخص آسیب پذیری نیز اشاره کرد.

امروزه، برخی از محققان متعقداند که شهرهای امروزی بدون وجود بافت‌های کهن بی‌هویت‌اند و اگر بخش مرکزی با بافت‌های قدیمی آن چون محله‌ها، گذرها، بازارها و سایر فضاهای با ارزش گذشته بازشناسی و احیا نه‌شوند و زندگی در آن جریان نه‌یابد، شاهد زوال شاهدان تاریخی باارزش کشور خواهیم بود. لازم به ذکر است که بافت‌های تاریخی لزوماً بافت فرسوده به حساب نه می‌آیند مگر اینکه واجد شرایط ذیل باشند:

- § آشفتگی و ناکارآمدی شبکه ارتباطی،
- § بی هویتی بافت‌های فرسوده،
- § کیفیت نامناسب بناها در بافت‌های فرسوده (حبیبی، 1385).

5-4-2 کاربرد GIS در مدل‌سازی گسترش فیزیکی شهرها

در طی چند دهه اخیر و به خصوص پس از انقلاب اسلامی رشد فزاینده شهرنشینی در اغلب شهرهای ایران مطرح شده است. این در حالی است که وضعیت موجود شهرهای فعلی پاسخگوی نیازهای مردم نمی‌باشد. اصولا، این نیازها باید از ابعاد اجتماعی و اقتصادی مورد بررسی قرار گیرند، در غیر این‌صورت پیامدهای سوء آتی قابل پیش‌بینی و کنترل نه‌خواهد بود. با وجود آگاهی از اثرات نامطلوب ناشی از توسعه های کالبدی شهر بر محیط طبیعی این واقعیت را نیز باید قبول کرد که پدیده توسعه شهری امری اجتناب ناپذیر است. نگاهی به پیش‌بینی اطلاعات و آمار ایران در سال 1400 با تخمین جمعیت 130 میلیون نفر و با محاسبه نرخ رشد شهرنشینی فعلی نیاز به حداقل دو برابر مساحت کنونی برای شهرها را قطعی می سازد. اگرچه رشد درون شهری می‌تواند بخشی از این نیاز را مرتفع نماید، ولی توسعه غالبا در حومه شهرها اتفاق می‌افتد، جاییکه توسعه کاربری‌های غیرمنطقی زمین باعث از بین رفتن منابع طبیعی مرغوب و تخریب اکوسیستم‌های حساس می‌گردد. به‌دلیل آنکه تنها هدف چنین توسعه‌هایی افزایش مقیاس است، به دنبال خود تمرکز گرایی، تخصص گرایی و مکانیزه‌شدن را به ارمغان می-آورد که هر دو مقوله ذکرشده محیط‌های طبیعی و مصنوعی را دچار بحران می‌سازد. برای کنترل و هدایت چنین توسعه‌هایی مشخص‌نمودن ابعاد توسعه مطلوب، مکان‌گزینی صحیح زمین و اعمال سیاست‌های حفاظت طبیعی در راستای اهداف اجتماعی و اقتصادی نیاز به برنامه‌ریزی‌های دقیق و علمی دارد.

5-4-3 کاربرد GIS در ارزیابی توسعه شهری

توسعه صنعتی سریع با توسعه مراکز شهری بدون برنامه‌ریزی باعث ایجاد خطراتی برای توسعه پایدار شهری شده است. این توسعه مداوم همراه افزایش جمعیت باعث توسعه پراکنده شهری خارج از حومه‌ها بدون برنامه‌ریزی گردیده است، که به-عنوان توسعه پراکنده شهری[109] معروف می‌باشد. با روند شهرنشینی سریع و صنعتی‌شدن و افزایش فشار بر زمین، منابع آب و

---

[۱۰۹] Urban Sprawl

محیط زیست به‌ویژه در کلانشهرها توسعه پراکنده شهری با پخش توسعه‌های جدید در مسیرهای ایزوله شده به دور از دیگر اراضی خالی شهر مشخص می‌شود. که توسعه شهری ذکر شده در بالا به توسعه خیز شهری[110] نیز معروف می باشد.

به موازات تغییرات صورت گرفته در شهرها، که بدون تردید ناشی از رشد طبیعی جمعیت شهری و مهاجرت از روستا به شهر بوده و عامل گسترش شهرها نیز به‌شمار می‌رود، مانند دوره‌های قبل از انقلاب صنعتی نه‌می‌توان شهرها را به حال خود رها کرد. به همین دلیل، برای توسعهٔ متوازن شهرهای امروزی، طرح‌های شهری بنیادی‌ترین ابزار شکل‌دهی به‌شمار می روند (حسین زاده دلیر و همکاران، 1387). با توجه به مطالب قید شده، بدون تردید فنآوری GIS ابزاری کارآمد در دست برنامه‌ریزان شهری و ناحیه‌ای برای پیاده‌سازی رقومی طرح‌های توسعه شهری با قابلیت بروزرسانی می باشد. اهمیت استفاده از GIS در برنامه‌ریزی شهری با گسترش بسیار سریع شهرها و افزایش سرسام آور حجم اطلاعاتی که باید برای مدیریت شهری پردازش شوند آشکار می شود (ثنایی نژاد، 1378).

البته فنآوری سنجش از دور نیز به طور گسترده‌ای در استخراج اطلاعات مربوط به رشد و گسترش شهری در بازه‌های مکانی و زمانی مختلف عمل می‌کند (Jat et al, 2008). امروزه، با توجه به ابعاد پیچیده مسائل شهری و دخالت متغییرهای مختلف در امر برنامه‌ریزی شهری، از مدل‌ها و نرم افزارهای مختلف برای برنامه‌ریزی استفاده می‌نمایند. در راستای نیل به هدف تهیه سند راهبردی که جهات اصلی توسعه شهر را بر مبنای پتانسیل های اکولوژیکی سرزمین هدایت نماید، با بررسی تکنیک‌های رایج در این زمینه، روش تجزیه و تحلیل سیستمی براساس رویهم‌گذاری نقشه‌های موضوعی تک بعدی به شیوه "مک‌هارگ" و استفاده از مدل‌های ارزیابی توان اکولوژیکی روش‌های مناسبی محسوب می‌گردد (مخدوم و همکاران، 1380). در بررسی روند توسعه شهری دسترسی و حفظ ترکیب دادها به همراه بازبینی مسائل فضایی و مکانی در محیط GIS از اهمیت خاصی برخوردار است (Plumber et al, 1997).

به همین دلیل، تحقیقات بسیاری در روند طراحی بانک‌های اطلاعاتی برای تعیین رشد پراکنده شهری و حفظ اراضی کشاورزی انجام شده است (Ewing, 1997).یکی از منابع مهم در تعیین نواحی توسعه‌یافته پراکنده شهری تکنولوژی سنجش از دور به همراه GIS می‌باشد که قادر است با بررسی عناصر شکل، تراکم، بافت در تصاویر ماهواره‌ای نواحی توسعه‌یافته و پراکنده شهری را در تغییرات حادث‌شده شهری شناسایی و تبدیل به نقشه نماید (Yeh and Li, 2001). در توسعه شهری تبدیل داده‌های سنجش‌ازدور به نقشه‌های موضوعی زمین-مرجع شده به‌عنوان داده ورودی به محیط GIS از اهمیت خاصی برخودار می‌باشد (Curran Paul J, 1985). فنآوری سنجش از دور با جمع‌آوری اطلاعات محیط‌های شهری در فرمت رستری در دوره‌های زمانی مختلف و با تحلیل و ترکیب اطلاعات فضایی و توصیفی از پدیده های دینامیک زمین به برنامه‌ریزان شهری در اتخاذ تصمیمات مناسب کمک می‌کنند (Shelton & Estes, 1981).

جدول شماره 2-5: تعیین وزن متناسب برای عوامل مؤثر در مکان‌یابی توسعه آتی شهری

[110] Leapfrog Development

ردیف	فاکتور مؤثر در مکان یابی	عامل مؤثر	وزن اختصاص یافته
1	کاربری اراضی فعلی	مسکونی،صنعتی و آب	0
		کشاورزی	1
		کشاورزی آیش	4
		مرتع	7
		بایر	9
2	فاصله تا مناطق صنعتی	0-500 متر	0
		500-2000 متر	4
		بیشتر از 2000 متر	1
3	فاصله تا راه اصلی	0-250 متر	9
		250-550 متر	8
		550 -800 متر	7
		800-1050 متر	6
		1050-1350 متر	5
		1350-1600 متر	4
		1600-1900 متر	3
		1900-2500 متر	2
		بیشتر از 2500 متر	1
4	فاصله با بیمارستان ها	0-750 متر	7
		750-1300 متر	6
		1300-2000 متر	5
		2000-2500 متر	4
		2500-3150 متر	3
		3150-4500 متر	2
		بیشتر از 4500 متر	1
5	فاصله تا فرودگاه	1000- 0 متر	0
		1000-3000 متر	2
		بیشتر از 3000 متر	1
6	فاصله از رودخانه	0-300 متر	0
		300-2000 متر	5
		بیشتر از2000 متر	1

با اینحال، در بررسی‌های توسعه شهری، برای ذخیره داده‌های وارد شده به محیط GIS بایستی به محدودیت‌های موجود در ترکیب داده‌ها نظیر: عدم همزمانی دریافت تصاویر ماهواره‌ای و عدم تطبیق مقیاس داده‌ها توجه داشت (Elmasri et al, 2000). همچنین، در طراحی بانک‌های اطلاعاتی برای مدیریت توسعه شهری، مستندسازی و حفظ بانک‌های اطلاعاتی در محیطهای نرم‌افزاری، بهره‌برداری از SQL Server ها در طولانی مدت ضروری می‌باشد (Baburajan and Stalin, 1996). ویژگی‌های اکولوژیکی توسعه شهری به منظور ارائه مدلی مناسب و مؤثر برای ارزیابی عملکردهای شهری بر مبنای

تفکر زیست محیطی و نگرش توسعه پایدار و قابل کاربرد در محیط GIS در جدول شماره 2-5 ارائه شده است. در این دیدگاه، اصولا برای هر نوع کاربری خاصی باید وزن متناسب با فاصله تعیین شود.

5-4-4 کاربرد GIS در مدیریت آلودگی هوای شهری

آلودگی هوا یک مساله جدی در شهرهای بزرگ کشور محسوب می‌گردد. در چند دهه گذشته، رشد و توسعه پدیده شهرنشینی عواقب منفی زیادی به دنبال داشته است. افزایش جمعیت و انبوه وسایل نقلیه و گسترش شهرها، از نتایج رشد و توسعه شهرنشینی است که باعث ظهور معضلات پیچیده و قابل توجهی برای شهروندان شده است. GIS، کارایی بالایی در جمع آوری، مدل‌سازی، اصلاح، تحلیل و نمایش داده‌های مرتبط با آلودگی هوا دارد. گستردگی استفاده از این نوع مدل‌ها توسط اغلب متخصصان نشان‌دهنده اهمیت این موضوع در روند حل معضلات مربوط به آلودگی هوا در محیط GIS می باشد. به منظور پیش‌بینی میزان تمرکز یک یا دو گونه از آلاینده‌ها در زمان و مکانی خاص، مدل‌هایی از کنترل کیفی هوا مورد استفاده قرار می‌گیرند. این مدل‌ها از مهمترین ابزارهای برنامه‌ریزی مدیریت کنترل کیفی هوای شهری محسوب می‌شوند. مدل‌سازی، قابلیت لازم جهت کنترل کیفی فعلی و آتی هوا، ارزیابی و تصمیم‌گیری آگاهانه در خصوص آن را فراهم می‌آورد. به همین جهت مدل‌های کنترل کیفی هوا نقش مهمی در فراهم آوردن اطلاعات لازم برای برنامه‌ریزی بهتر جهت تنظیم وضعیت هوا ایفا می نماید. معمولا، یک سیستم کارآمد تعیین کیفیت هوا می‌باید قادر به ارائه اطلاعات کافی به مراجع مربوط در خصوص روندهای فعلی و احتمالی آتی هوا در سراسر منطقه تحت پوشش باشد، تا امکان ارزیابی میزان و نوع آلودگی جهت مدیریت کیفی هوا فراهم شود. در حال حاضر، مدل‌سازی یکپارچه با استفاده از GIS جهت ترسیم آلودگی ناشی از خودرو ها در ترکیب با سایر عناصر ترافیک (حجم ترافیک و سن خودروها) برای ارائه یک مدل زیست محیطی برای کنترل سلامت شهری می‌تواند مفید واقع شود.

آلودگی هوا در کشورهای در حال‌توسعه به‌طور نسبی به‌مراتب شدیدتر از کشورهای در حال پیشرفت است که این امر ناشی از ساختار صنعتی در مرحله گذار می‌باشد. بارش باران‌های اسیدی ناشی از انتشار فراوان دی‌اکسید گوگرد و انتشار فزاینده دی-اکسید و مونواکسید نیتروژن، باعث آلودگی‌های زیست محیطی فراوانی در اینگونه کشورها شده است (حسین زاده دلیر، 1384). آلودگی هوا پدیده‌ای تحدید کننده‌ای است که نتیجه انقلاب صنعتی بوده که در حال حاضر به‌طور فزآینده ای افزایش می‌یابد و به‌طور جدی سلامتی انسان‌ها را تهدید می‌کند (Harvey, 1996). لازم به یادآوری است که از دهه پنجاه تا به حال، جمعیت جهان به بیش از دو برابر افزایش یافته و تعداد جهانی ماشین‌ها با ضریب 10 و افزایش جمعیت شهرنشین با ضریب 4 در حال گسترش است.

امروزه سیستم اطلاعات جغرافیایی به علت قابلیت تقریباً منحصر به فرد اتصال اطلاعات مکانی به اطلاعات توصیفی به-راحتی جای خود را در بین سایر علوم کاربردی باز کرده است و توانسته در کنار سایر برنام های تخصصی ایجاد پایگاه اطلاعاتی به‌عنوان یک فنآوری توانمند و کارآمد در فرآیند تشکیل بانک‌های اطلاعاتی شهری به‌شمار رود. در حقیقت GIS نوعی فناوری است که با استفاده از آن امکان مدیریت و سازماندهی داده‌های مکانی و توصیفی روی زمین با هدف تصمیم-

گیری بهینه میسر می گردد (رسولی، 1384). ناپایداری توسعه شهری و صنعتی کشور در سنوات گذشته یکی از میراث‌های ناخوشایندی است که در ابعاد و گستره وسیعی محیط اقتصادی، اجتماعی و ازجمله محیط زیست شهری کشور به‌ویژه شهرهای بزرگ را متأثر نموده که ابعاد آن در زمینه محیط زیست شهری به حدی است است که حتی برنامه‌های کلان کشور نیز به-طورمحسوسی از این نوع نابهنجاری ها متأثر شده است. امروزه نسبت به مدیریت آلودگی هوا (به ویژه غبارآلودگی ناشی از کویرهای داخلی و کشورهای همسایه) در کلانشهرهای کشور باید به عنوان یک اصل بنیادی پرداخته شود (Farrag, 2000).

به طور کلی، بر اساس وضعیت و منابع اصلی آلودگی هر منطقه می بایست آلاینده های ضروری و مؤثر شناسایی و با روش مناسب و در بازه زمانی مطلوب اندازه گیری شوند(Ministry for the Environment, 2000). با توجه به اینکه پخش آلودگی در شهر به صورت پیوسته بوده و تحت تاثیر پارامترهای گوناگونی قرار دارد، روش‌های مختلفی برای پایش میزان آلودگی معرفی شده است. توانایی GIS در پاسخ‌دهی به مسائل تکنیکی که به پارامترهای مختلفی وابسته می باشند، آنرا به یک فنآوری بسیار قدرتمند تبدیل کرده است (Charlot H, 1997). به عبارت دیگر، GIS یک سیستم کامپیوتری است که چهار قابلیت اساسی را در رابطه با داده‌های زمین-مرجع فراهم می آورد (مدیریت سیستم اطلاعات جغرافیایی سازمان نقشه برداری کشور، 1375):

- ورود انواع دادها،
- مدیریت داده‌ها (شامل ویراستاری و ایجاد بانک های اطلاعاتی)،
- تجزیه و تحلیل لایه ها و اعمال تحلیل‌های مکانی،
- خروج مدل‌ها و ارائه نتایج نهائی،

به تازگی با تلفیق برنامه‌های آماری با نرمافزارهای GIS امکان تحلیل توام ابعاد زمانی به‌همراه پدیده‌های مکانی فراهم شده است بنابراین، خیلی از برنامه‌ریزان شهری به‌همراه استفاده از برنامه‌های معمول GIS به موارد زیر نیز توجه دارند:

- تشخیص میزان تغییرات در یک شیء به ازای زمان در یک منطقه جغرافیایی،
- برآورد همبستگی‌های احتمال بین پدیده‌ها،
- شناسایی تأثیرات یک شی بر روی شی یا پدیده دیگر با در نظر گرفتن عامل زمان (رسولی، 1384).

ارزیابی میزان آلودگی ناشی از ترافیک شهری نیازمند نصب ایستگاه‌های سنجش آلاینده‌ها در موقعیت‌های مختلف خیابان-های شهر می‌باشد (Berkowicz & et al, 2008). ذخیره‌سازی داده‌های ارسالی از ایستگاه‌ها در یک بانک اطلاعاتی کار-آمد، یک گام اساسی در دست یابی به مدیریت اصولی پدیده آلودگی هوا است. از دیدگاه زمانی دو نوع داده‌های ایستاء[111] و پویا[112] قابل ثبت است، که در حالت دوم ایستگاه‌های اندازه‌گیری آلودگی هوا، عمدتاً داده‌های ثابت محسوب بوده و میزان

[111] Static Information
[112] Dynamic Information

آلاینده‌ها در هر لحظه ثبت و به محیط GIS قابل انتقال است(Nadi & Delavar, 2003). در این حالت، سیستم مربوطه از اجزای زیر تشکیل شده است:

- پایگاه داده زمانمند،
- نمایش و ارائه به صورت زمانمند،
- تجزیه و تحلیلهای زمانی (Hogweg, 2000).

روشهای اندازه‌گیری آلاینده‌های هوا از نظر زمانی و مکانی شامل مزیت‌ها و معایب متعددی می باشد که در جدول شماره 5-3 مورد مقایسه قرار گرفته است (Ministry for the Environment, 2000).

جدول شماره 5-3: روشهای اندازه‌گیری آلاینده‌ها با مزایا و معایب مربوطه

معایب	مزایا	روش
عدم پاسخگویی برای برخی آلاینده‌ها، عموما" تنها در بازه‌ای زمانی متوسط هفتگی و طولانی مدت کاربرد دارد.	هزینه پایین و به‌کارگیری ساده برای نمایش برای مطالعات خطی آلاینده ها	نمونه‌گیری غیرفعال
حساسیت پایین برای متوسط روزانه و نیاز به آنالیز آزمایشگاهی	قابل انتقال، هزینه پایین، اپراتوری راحت برای مجموعه داده های تاریخی واقعی	سیستم فعال سنسور پایه (نمونه‌گیری نیمه اتوماتیک)
هزینه‌بری زیاد در آموزش به اپراتور و نیازمندی به خدمات و تدوام هزینه‌ها	فراهم کردن داده‌های به‌هنگام کوتاه مدت و با قابلیت سریع جمع‌آوری داده‌ها	پایش نقطه‌ای اتواتیک
هزینه‌بری زیاد در آموزش به اپراتور و داده‌های مورد نیاز قابل به‌راحتی قابل مقایسه نیستند	پایش داده‌ها در طول مسیر یا محدوده، مفید برای بررسی اجزای چند گانه با امکان اندازه‌گیری نقطه‌ای	دیده‌بانی از راه دور

ضمنا، پایگاه داده‌های مورد استفاده می‌بایست در قالب سری‌های زمانی ایجاد شود که به‌تواند پاسخگوی پردازش، آنالیز و مدیریت داده‌های وابسته به زمان و مکان را داشته باشد. لازم به ذکر است که با توجه به حجم عظیم داده‌های اندازه‌گیری شده طراحی و بهینه‌سازی پایگاه داده‌ها از اهمیت به‌سزایی برخوردار است. در طراحی سیستم‌های اطلاعاتی تعریف مدل داده[113] مهمترین گام محسوب میشود، از این‌رو، برای طراحی مدل داده‌ها لازم است نوع، روابط میان داده‌ها، عملگرها و توابع نرم-افزاری به‌صورت دقیق مشخص گردد (Matejicek, 2005). با توجه به استانداردهای موجود می‌توان مناطق پاک، مجاز، سالم، ناسالم، بسیار ناسالم و خطرناک از نقطه نظر آلودگی هوا را مشخص نمود.

5-4-5 کاربرد GIS در مدیریت ترافیک، حمل و نقل

گسترش شهرها، رشد جمعیت، مهاجرت بی‌رویه، رشد سریع ساخت و ساز شهری و استفاده روز افزون از وسایط نقلیه، مدیریت کلان شهرها را دچار مشکل ساخته است. یکی از ابزارهای کاربردی که امروزه در خدمت مدیریت و سازماندهی

[113] Data Model

شهرهای بزرگ می‌باشد همانا GIS است. با توجه به قابلیت‌ها و ماهیت این گونه سیستم‌ها در تمـام جوامـع پیشرفته برای برنامه‌ریزی‌های حمل و نقل، مـدیریت بزرگـراه‌هـا، شـبکه‌هـای شـهری، سازماندهی و کنترل ترافیک از این تکنولوژی استفاده می‌شود. از جمله کاربردهای متنوع GIS می‌توان به مکانیابی تاسیسات راه‌ها، مسیریابی بهینه، طراحی مسیر جاده‌ها، تهیه پروفیل طولی جاده‌ها، تعیین میزان خاکریزی و خاکبرداری در مسیرهای پیشنهادی، مدل سازی داده‌های ترافیک، مدیریت بزرگراه‌ها و تحلیل تصادفات جاده ای اشاره نمود.

در فنآوری GIS توسط تلفیق اطلاعات مکانی تصادفات با اطلاعات پایگاه اطلاعاتی راه‌ها نظیر: نوع راه‌ها، شیب، تابلوهای راهنمایی، عرض مسیر و سایر پارامترهای موثر در روند سوانح جاده‌ای می‌توان تحلیل‌های اصولی انجام داد. همچنین کنترل هوشمند ترافیک با بکارگیری سیستم موقعیت‌یاب جهانی به اختصارGPS رشد قابل ملاحظه‌ای نموده است. تلفیق هر دو سیستم GPS و GIS راه‌گشای بسیار موثری در روند اطلاع رسانی، مدیریت حمل و نقل و ترافیک جاده‌ای محسوب می‌گردد.

با توجه به افزایش تعداد وسائط نقلیه و عدم‌کنترل بهینه ترافیک در مناطق شهری، علاوه بر افزایش زمان سفر، آلودگی هوا (به دلیل مصرف سوخت بیشتر) از طریق اغلب وسایط نقلیه مشاهده می‌گردد. در مدیریت کارآمد شهری، برای داشتن اطلاعات دقیق، بهنگام و قابل دسترس با تلفیق فنآوری GIS با سیستم‌های هوشمند حمل و نقل می‌توان جنبه-های کاربردی متعددی را انتظار داشت (Khalesian & etal,2009). سامانه اطلاعات مکانی بر خلاف روش‌های سنتی قابلیت‌های فراوانی دارد، که یکی از مهمترین این قابلیت‌ها امکان انجام تحلیل‌های توام داده‌های مکانی و غیرمکانی است که از این طریق می‌توان سیاست‌گذاری‌های مدیریتی را بهینه‌سازی نمود (تی تی دژ، 1387). سیستم‌های اطلاعات مکانی با فراهم آوردن امکان جمع آوری، تلفیق و تقسیم بندی اطلاعات مکانی و همچنین ایجاد یک رابط کاربر بصری بمنظور تفسیر و تحلیل اطلاعات گرافیکی، نقش مهمی در تسهیل کنترل ترافیک شری را ایفا می‌کند (Gupta & Mandloi, 2003). برخی از راه-حل‌های مختلفی که می‌توانند جهت تعدیل وضعیت ترافیکی از دیدگاه شهری مورد استفاده قرار گیرند عبارتند از:

a) استفاده از طرح‌های ممنوعیت ترافیکی (نظیر: یک‌طرفه کردن خیابان‌ها ، اعمال ممنوعیت عبور انواع خاص از وسایل نقلیه)،
b) ساماندهی وضعیت چهار راه‌ها (شبیه‌سازی طرح ترافیک میادین، برنامه‌ریزی زیرگذرها و روگذرهای شهری)،
c) تعریض برخی از خیابان‌ها در مجموعه شبکه راه‌های موجود شهری،
d) احداث مسیرهای جدید (Ayeni, 1998).

البته لازم به‌ذکر است که بدون توجه به مسائل اجتماعی و گسترش فرهنگ منطقی استفاده از وسائل نقلیه عمومی در کنار طرح سیاست‌گذاری‌های بلند مدت و میان‌مدت، هیچ راه حلی به تنهایی نمی‌تواند مشکلات ترافیکی یک شهر را برطرف نماید. با این وجود، برخی از محققان معتقد هستند، بهترین راه‌حل برای گریز از مشکلات ترافیکی و رسیدن به یک نسبت متعادل بین سطح خیابان‌ها وتعداد وسایل نقلیه، احداث خیابان‌های جدید و نیز تعریض خیابان‌های موجود می‌باشد، که اینگونه اقدامات معمولا با تکیه بر طرح‌های جامع و تفضیلی شهری تهیه م شوند (بحرینی، 1371).

اولین تلاش‌ها برای کاربرد سیستم اطلاعات جغرافیایی در مقوله حمل و نقل در سال 1990 در ایالات متحده امریکا آغاز گردید و در سال‌های بعد در کشور انگلیس استفاده از این سیستم در شبکه حمل و نقل شهری آغاز شد. امروزه، در کشورهای در حال‌توسعه همچون هند نیز استفاده از این سیستم برای طراحی و مدیریت شبکه شاهراه‌های هند جزو برنامه‌های اصلی دست اندرکاران این امر قرار گرفته است (Ministry of Shipping and Transport Road Development Plan for India, 1981-2001). امروزه، کاربرد GIS در زمینه مهندسی حمل و نقل به علت ماهیت فضایی داده‌های مرتبط و امکان اعمال انواع تحلیل‌های مکانی در سطح شبکه ترافیکی بیش از پیش اهمیت یافته است (Peuquet & Bacastow, 1991). در آینده، توسعه‌های فنی از قبیل توسعه سیست های مدیریت اطلاعات، گرافیک کامپیوتری و تکامل سخت افزارهای کامپیوتری در کنار توسعه الگوریتم‌های جدید جهت یافتن کوتاهترین مسیر، روش‌های جدید مسیریابی باعث گسترش کاربرد GIS در مقوله حمل ونقل خواهد گردید (شیخ محمدزاده، 1383). نمونه‌های از کاربرد سامانه اطلاعات مکانی در صنعت حمل و نقل به قرار ذیل قابل طرح است:

- کسب اطلاعات حجم ترافیک: برای ساخت مدل حمل و نقل و طرح توسعه معابر در شهرها، حجم تردد وسایل نقلیه همواره یکی از مهمترین بخش داده‌های ورودی را تشکیل می دهد. با استفاده از سامانه اطلاعات مکانی می توان این اطلاعات را به شکل های مختلف با یکدیگر مقایسه نمود.
- دریافت علائم راهنمایی: سامانه اطلاعات مکانی امکان مقایسه میان موقعیت و خصوصیات علائم ترافیکی در سطح شهر فراهم می‌آورد. همچنین این سامانه می‌تواند با ایجاد ارتباط با سایر اطلاعات، مشخصات بسیار جزیی هر علامت ترافیکی را در اختیار کاربر قرار دهد.
- جمع‌آوری آمار تصادفات: معمولاً در شهرها، اطلاعات مربوط به تصادفات توسط پلیس به کمک نرم‌افزارهای ویژه‌ای جمع‌آوری و نگهداری می‌گردد. در محیط GIS، این داده‌ها به یک محیط بانک اطلاعاتی، مانند MS Access وارد و به این ترتیب نقشه‌های مبنای حمل و نقل تولید می‌گردد.
- افزایش ایمنی معابر: نمودار تصادفات منجر به فوت و جرح یا نمودار تصادفات وسایل نقلیه عابرین پیاده و دوچرخه سوار در دوره‌های زمانی خاص از موارد استفاده از سامانه‌های مذکور است.
- سامانه‌های هوشمند کنترل ترافیک: با استفاده از نقشه‌های حجم تردد روزانه در معابر شهر، وضعیت عبور و مرور وسایل نقلیه قایل تشخص است. با تحلیل این نوع داده‌ها می‌توان اطلاعات مفیدی چون میزان، نحوه و نقاط متراکم ترافیکی را تولید نمود. اکنون با توجه به اطلاعات به‌دست آمده می‌توان موقعیت‌های بهینه برای نصب سامانه‌های هوشمند کنترل ترافیک، دوربین ها و تابلوهای پیام متغیر، به منظور مدیریت اصولی ترافیک در معابر شهری را ساماندهی نمود.
- زمانبندی چراغ‌های راهنمایی: با ایجاد ارتباط همزمان میان سامانه‌های هوشمند شمارش وسایل نقلیه در تقاطع‌ها، از طریق سیستم SCATS و ارتباط آن با پایگاه داده‌های GIS، سامانه فازبندی و زمانبندی چراغ‌های راهنمایی در

تقاطع‌ها را می‌توان تنظیم نمود (Durcansa, 1998). در کل، بهره‌گیری از یک سیستم GIS امکان سنجش فاکتورهای ترافیکی را به خوبی فراهم می‌آورد، به گونه‌ای که می‌توان با استفاده از منابع قابل دسترسی اطلاعات موثق ترافیکی جریان ارتباطات شهری را در حالت متعادل کنترل نمود (Brainard & etal, 1996).

5-4-6 کاربرد GIS در تحلیل جرم

جرم پدیده‌ای است انسانی، بنابراین پراکندگی مکانی آن نیز اتفاقی نمی‌باشد. شناخت شیوه‌ها و نحوه تحلیل پدیده جرم دارای اهمیت خاصی می‌باشد، زیرا به تشخیص الگوهای جغرافیایی مرتبط کمک می‌کند. تحلیل جرم و عوامل مرتبط با آن نظیر: جمعیت شناختی، اسکان، درآمد یا شرایط اجتماعی می‌تواند به درک و تشخیص ارتباط بین جرم و مکان وقوع آن بر اساس مقایسه موقعیت‌ها کمک کند. تحلیل جرم به عنوان بررسی "فرآیند منسجم هدایت‌شده و اخذ اطلاعات بهنگام مرتبط با الگوها و روش‌های جرم به منظور پیشگیری و جلوگیری از فعالیت‌های مجرمانه از طریق افزایش درک موقعیت‌ها و تحلیل اصولی وضعیت های ارتکاب جرم" تعریف می‌گردد.

امروزه با گسترده و پیچیده‌شدن جوامع، موضوع امنیت ابعاد گسترده و پیچیده‌ای به خود گرفته است. از این رو، موضوع امنیت مردم در شهرها نگاه دقیق و همه جانبه‌ای را می‌طلبد تا به‌توان با درک دقیق و کشف ارتباطات پنهان به‌درستی اعمال قانون نمود. در این میان، GIS می‌تواند به‌عنوان یک سیستم پشتیبان قدرتمند از مراحل شناخت تا تجزیه تحلیل و تصمیم-گیری در زمینه مدیریت ارتکاب جرم و افزایش ضریب امنیت در جوامع به‌کارگرفته شود. در بین مسائل مختلف، امنیت جایگاه ویژه‌ای در زندگی شهری دارد، چرا که از نیازهای اساسی انسان محسوب گردیده و نحوهء پاسخگویی به آن تاثیر مستقیم در مدیریت بهینه جامعه دارد.GIS از طریق تحلیل معیارهایی که در ظاهر ارتباط چندانی با یکدیگر نه‌دارند به مامورین انتظامی کمک می‌کند تا مکان‌های بالقوه جرم خیز را، به‌صورت نقشه و به شکل طبقه‌بندی شده شناسایی نمایند. کاربردهای GIS هنگامی که با GPS ترکیب شود، پیگیری تغییر مکان مجرمین، محل رخداد جرم و شناخت سایر پارامترهای مرتبط را آسان می‌نماید. با استفاده از GIS می‌توان نسبت به کنترل، مدیریت و توزیع نیروهای پلیس در سطح محدوده‌های جغرافیائی خاص اقدام کرد. ضمنا، ایجاد پایگاه‌های اطلاعات جرم و تولید نقشه‌های جرم[114] ، باعث ایجاد تعامل ویژه‌ای بین نیروهای انتظامی و مردم می‌شود. مزایای اصلی کاربرد GIS در تحلیل جرم را می‌توان در موارد زیر خلاصه نمود:

a) تحلیل سریع آماره‌های جرم و تهیه نقشه‌های مربوطه،
b) شناسایی سریع میزان تراکم ارتکاب جرم در یک منطقه خاص،
c) شناسایی تغییرات جرائم در یک نقطه بحرانی در یک محدوده زمانی مشخص،
d) تحلیل عوامل وابسته با جنایت‌های گروهی مرتبط،
e) دریافت اطلاعات جرم ازطریق اعمال عملیات پرسشگری فعال،
f) شناسایی تقاطع‌ها و نقاط مستعد جرم خیز،

[114] Crime Mapping

g) پیش‌بینی و برآورد احتمال وقوع جرم،

h) تولید نقشه‌های جغرافیائی وقوع جرم،

i) مقایسه داده‌های جرم با اطلاعات مردمی،

j) تحلیل تراکم جرائم ویژه مانند: توزیع مواد مخدر و سرقت مسلحانه،

k) دسترسی و پردازش انواع داده‌های تولیدشده توسط سازمان‌های متعدد،

l) مانیتورینگ بهنگام محل وقوع جرم،

m) نگهداری سوابق و مدارک جرائم به صورت رقومی،

n) تولید خروجی‌های کاغذی از تحلیل فرآیندهای جرم و بزهکاری،

o) امکان استفاده از شبکه‌های محلی گسترده،

p) ارزیابی عملکرد ایستگاه‌های پلیس و مجریان قانون[115].

ثابت شده است که پیشگیری از جرم و تلاش برای کاهش آن با افزودن به تعداد نیروهای پلیس و توسعه تشکیلات قضایی و دادگستری، وضع قوانین محدودکننده، اعمال مجازات‌های شدید و اتخاذ تدابیر امنیتی چندان ثمربخش نیست. به همین جهت، امروزه درسطح جهان گرایش قابل توجهی به بررسی‌های علمی پیرامون جرم و جنایت و مجموعه شرایط و اوضاع و احوال مؤثر در کجروی‌های اجتماعی طرح شده است. به‌ویژه، طی چند سال اخیر، علاقه فزآینده‌ای به آسیب‌شناسی مکانی-زمانی بروز انواع ناهنجاری‌های شهری در محیط GIS مد نظر بوده است (McGuire, 2000 ; Anselin, 2000). در فرآیند تحلیل جرم، گام‌های اصلی در کاهش میزان جرم و جنایت در مناطق و زمان‌های بحرانی در سطح یک منطقه قابل شناسایی است که عبارتند از:

- کسب اطلاعات دقیق و به هنگام،
- صف آرایی نیروها از طریق موضع‌گیری سریع،
- اعمال تاکتیک‌ها و فنون اثربخش و قابل اجرا در زمان وقوع جرم،
- آماده سازی تدارکات و پشتیبانی سخت‌افزاری و نرم افزاری برای نیروهای پلیس،
- شبیه‌سازی، مدل‌سازی و ارزیابی عملیات نیروهای پلیس از صحنه‌های وقوع جرم.

بنابراین، اصلی ترین عنصر در امنیت، اطلاعات است و برای امنیت شهری این امر به معنی موقعیت‌های جغرافیایی و داده-های توصیفی مرتبط معنی می‌گردد. در این میان، فناوری GIS با بررسی روابط جغرافیایی، انسان‌ها، محدوده‌های مسکونی و منابع طبیعی ابزار مناسبی را برای پیاده‌سازی تلاش‌های امنیتی در روابط پیچیده شهری فراهم می‌نماید (رفیعیان و همکاران، 1386). ابزارهای متداول بسیار وجود دارند که امکان دریافت و تحلیل اطلاعات مرتبط با جرم و بزهکاری را فراهم می‌کنند. اما

[115] Interactive Crime Analysis Solution

فنآوری GIS می‌تواند با دسترسی به توابع تحلیلی تخصصی، فرآیند تحلیل‌گری را ارتقا بخشیده و امکان شبیه‌سازی مجازی از حوادث جنایی را فراهم سازد. یک گام منطقی در فرآیند تحلیل اطلاعات و طراحی الگوها، پیش‌بینی زمان و مکان وقوع جرم است که نیروهای پلیس را قادر به شناخت نقاط بحرانی موجود می‌نماید (Travis, 1999). در کل، نیروهای پلیس برای کاهش میزان وقوع جرم و جنایت نیاز به شناخت عوامل ذیل دارند:

- چه نوع جرمی اتفاق می‌افتد؟
- جرم کجا اتفاق می‌افتد؟
- زمان اتفاق جرم کی و چگونه خواهد بود؟
- علت اتفاق افتادن جرم چیست؟

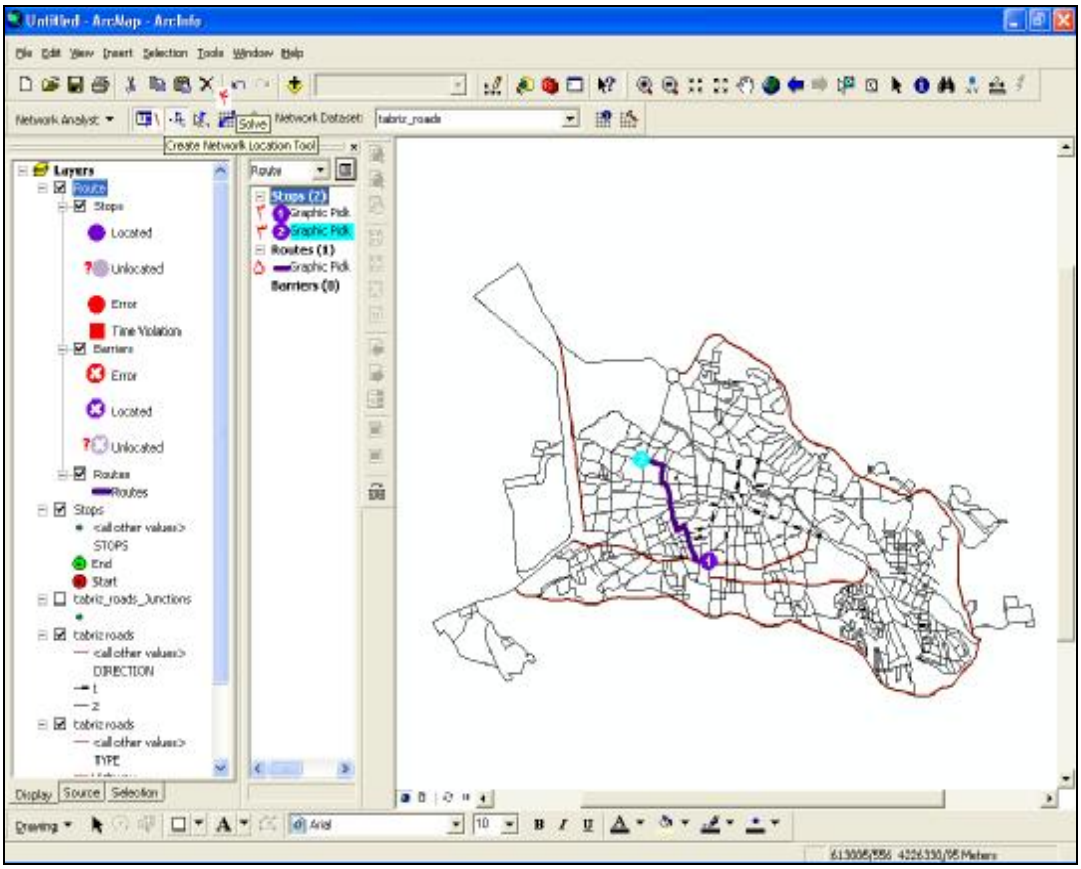
به تازگی موضوع نقشه‌برداری جرم مطرح شده است که در واقع یک روش علمی است که در آن با استفاده از ثبت رویداد جنایات و جرایم کیفری از جمله، تجاوز به عنف و سرقت می‌توان محتمل‌ترین محل رویداد جرائم را مشخص کرد و احتمال حضور مجرمین در نقاط مختلف شهر یا منطقه را تعیین کرد. اساس این روش ارتباط‌دادن بین محل جغرافیایی جرائم، نحوه رویداد و ویژگی‌های جرایم و چگونگی انتخاب قربانیان و محل جنایت است. در محیط GIS می‌توان سایر اطلاعات تکمیلی نظیر: گزارشات پلیس، گشتی‌ها، پزشکی قانونی، تحقیقات محلی، داده‌های مرتبط با وسایل نقلیه و پایگاه داده‌های مجرمین و مظنونین را در ارتباط با موضوع بررسی نمود.

5-5 مثال‌های موردی از کاربرد GIS در محیط‌های شهری

در ذیل برخی از کاربردهای فنآوری GIS در مسائل شهری (از شهرهای تبریز و مرند) به عنوان مثال‌های موردی ارائه شده است.

5-5-1 مدل‌سازی بهترین مسیر

یکی از کاربردهای مهم فنآوری GIS در حیطه ارتباطات شهری استناد به روش‌های تحلیل شبکه[116] است، به‌طوریکه با استفاده از این تابع تحلیلی به‌توان بهترین مسیر را شبیه‌سازی نمود (سنجری و سعادتیار، 1388). به عنوان مثال، به منظور جابجائی از یک نقطه به نقطه دیگر در محدوده شهر تبریز بهترین مسیر از نظر کوتاهترین فاصله یا کمترین زمان در طول شبکه محاسبه شده است (شکل شماره 2-5).

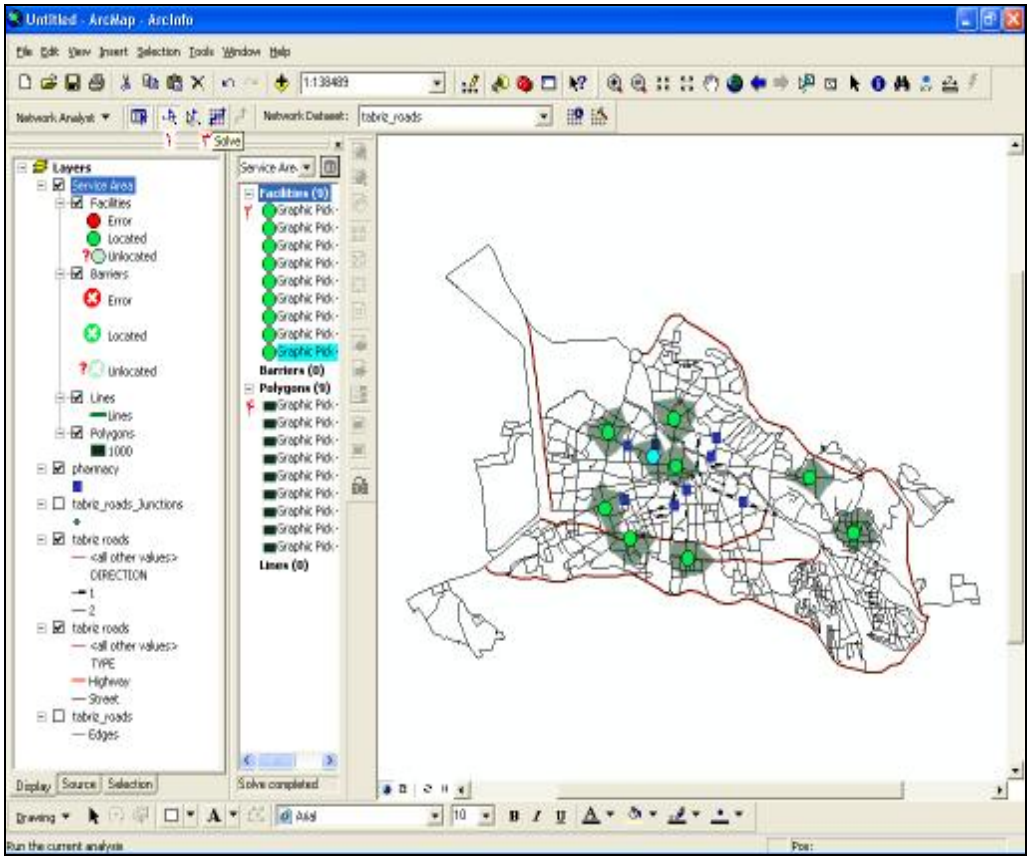


شکل شماره 2-5: یافتن بهترین مسیر از نظر مسافت بین دو نقطه بر روی شبکه خیابان‌های شهر تبریز

ضمنا از تابع تحلیل شبکه می‌توان در یافتن محدوده‌های خدمات سرویس‌دهی شهری، تعیین مناطق ارائه خدمات خاص نظیر: مکان‌یابی بیمارستان‌ها، استقرار ایستگاه‌های آتش‌نشانی، نصب خودپردازهای بانکی استفاده نمود (میر صادقی، 1386). توسط شکل شماره 3-5 نحوه تعیین خدمات رسانی چند داروخانه در سطح شهر تبریز نشان داده شده است.

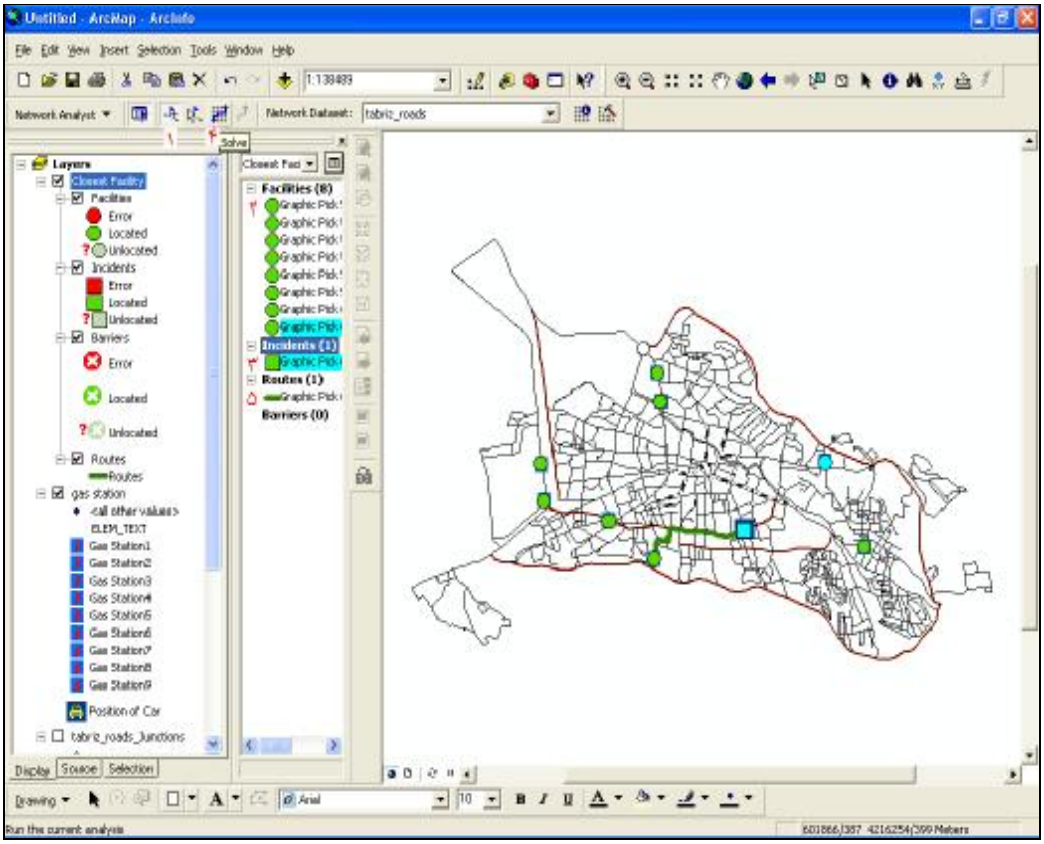
---

[116] Network Analyst



شکل شماره 3-5: تعیین محدوده خدمات‌رسانی چند داروخانه در سطح شهر تبریز

در شکل شماره 4-5 نحوه یافتن نزدیکترین امکانات یا دسترسی به محل وقوع یک حادثه در سریع‌ترین زمان، با مفروض نمودن مبدا و مقصد مشخص از توابع تحلیلی فنآوری GIS نمایش داده شده است.



شکل شماره 4-5: یافتن نزدیکترین پمپ بنزین نسبت به موقعیت ماشین مشخص شده بر روی شبکه تبریز

5-5-2 کاربرد GIS در مکانیابی محل دفن پسماندهای شهری

در طی چند دهه گذشته، توسعه روزافزون مناطق شهری و افزایش بی رویه جمعیت باعث تولید انواع زباله‌ها گشته است. آنچه امروزه تبدیل به یک دغدغه در مقوله محیط زیست شهری شده، چگونگی دفع و معدوم‌سازی حجم عظیمی از انواع زباله-های شهری می‌باشد. مدیریت مواد جامد شهری موضوعی حائز اهمیت تلقی می‌گردد و از این‌رو یکی از کاربردهای مهم فنآوری GIS مدیریت مواد جامد شهری به ویژه یافتن محل مناسب جهت دفن پسماندها است، که یکی از مشکلات اولیه مسئولین خدمات شهری است. مخاطرات زیست‌محیطی و بهداشتی دفن پسماندها به‌دلیل ارتباط آن با زندگی بشر نیاز به کنترل و اعمال سیستم مدیریت ویژه ای دارد که با افزایش جمعیت شهری پیچیدگی‌های بیشتری می‌یابد. بنابراین، با توجه به توانایی‌های خاص GIS در روند تحلیل اطلاعات متعدد، یک گزینه بسیار مناسب و منطقی جهت حل معضل یافتن محل مناسب برای دفن اصولی مواد زاید محسوب می‌گردد.

در خیلی از شهری ایران، پسماندها به فرم سنتی در خارج از شهرها در دره ها، باتلاق ها و سایر زمین‌های پست کم ارزش رها و یا به صورت غیرمنطقی دفع می‌گردند، که باعث تاثیرات سوء زیست محیطی بوده و باعث آلودگی آب و خاک شده و سلامت انسان‌ها را به مخاطره می‌اندازد (سرتاج و همکاران، 1386). توسعه و افزایش محل‌های دفن بهداشتی در بسیاری از کشورهای توسعه یافته در سه دهه اخیر نشان‌دهنده توجه مسئولین شهرداری‌ها به موضوعات مرتبط می باشد

(Tchobanoglous & etal, 1993). اصولا، برای تعیین محل دفع پسماند با بکارگیری معیارها و ضوابط تدوین شده توسط سازمان محیط زیست ایران، مناطقی را که احداث محل دفن پسماند در آنها باعث به مخاطره افتادن سلامت انسان و محیط زیست می شود را حذف می کنند (سازمان محیط زیست ایران، 1380).

در حال حاضر، دفن پسماندها عمده ترین روش قابل دسترس در بسیاری از کشورها از جمله ایران محسوب می‌گردد (منوری، 1370). کاربرد دفن پسماندها، به‌ویژه در حالت تلنبار در مقایسه با دیگر گزینه‌ها - به‌دلیل ارزان بودن و ساده بودن - موجب گردیده که بدون برنامه‌ریزی اصولی، پسماندهای شهری در مکان‌های غیراستاندار رهاسازی گردد (Karbanda, 1990). پارامترهای اصلی در فرآیند مکان‌یابی محل دفن پسماندها در محیط GIS عبارتند از: توپوگرافی، شیب زمین، جنس خاک، زمین‌شناسی، هیدرولوژی، ژئوهیدرولوژی، فاصله از منابع آب‌های سطحی، مراکز جمعیتی شهری و روستایی، دسترسی به جاده‌ها و منابع تولید پسماندها می‌باشد. با تعیین محدوده‌های قابل قبول برای هر یک از عوامل فوق، بر اساس نتایج تجزیه و تحلیل نهایی، مکان‌های مناسب بر حسب اولویت بر روی نقشه مشخص می شود. مهمترین معیارهای انتخاب محل دفن مواد زاید جامد شهری شامل موارد زیر است (منوری، 1370).

- حمل و نقل زباله‌ها در کوتاهترین فاصله، با سهل‌ترین روش و در کمترین مدت،
- واقع‌نشدن در جهت توسعه شهری،
- ارزان‌بودن قیمت زمین،
- مقبول‌بودن محل دفن زباله ها از نظر مردم و جوامع محلی،
- دارابودن حداقل اثرات سوء زیست محیطی،
- دارا بودن قابلیت‌های توسعه آتی،
- مناسب‌بودن شرایط اقلیمی،
- مناسب‌بودن شرایط توپوگرافیک،
- مناسب‌بودن شرایط هیدرولوژیکی و ژئوهیدرولوژیکی،
- ظرفیت پذیرش پسماندهای مختلف از نظر ماهیت،
- عدم مجاورت با مناطق مسکونی، صنعتی، آموزشی، تجاری، نظامی و غیره،
- قابلیت دسترسی سهل به محل دفن،
- تعدیل هزینه‌های ساخت و بهره‌برداری
- زهکشی اصولی محل دفن،
- شرایط مناسب زمین‌شناسی، لرزه‌خیزی و سیل‌گیری،
- توجه به بهداشت عمومی منطقه،

- تطابق با طرح‌های آمایش سرزمین، کاربری اراضی و برنامه‌های توسعه آتی،
- دوربودن از مناطق ویژه (حساس) اکولوژیکی،
- خارج بودن از محدوده آثار و بناهای ارزشمند تاریخی، باستانی، مذهبی و میراث فرهنگی.

بنابراین، مکان‌یابی دفع زباله‌های شهری به دلیل دخالت متغییرهای زیاد، معمولا به روش‌های سنتی و دستی امکان‌پذیر نبوده و نیاز مند کاربرد یک فنآوری برتر می باشد (Goodchild & Kemp, 1992).

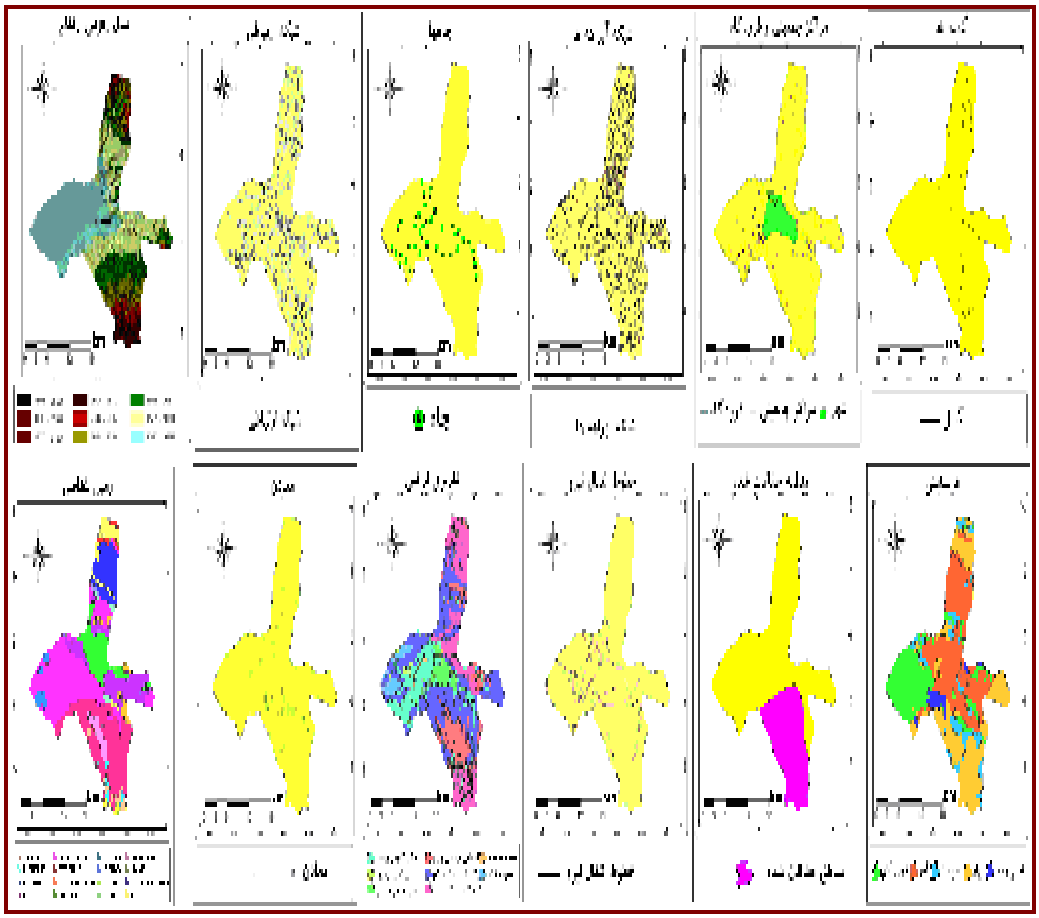
روش‌های اصلی مکانیابی دفن زباله‌ها را می‌توان در پنج دسته اصلی شامل:MCDA [117]، AHP[118]، SAW[119]، WLC[120] و روش Boolean مطرح ساخت. به طور کلی، مسایل تصمیم‌گیری چندمعیاره بر پایه یک سری از معیارهای ارزیابی خاص و اعمال روش‌های تحلیل خاص استوار است. این معیارها غالباً ناهمگون و گاهی متضاد هستند. اما، آنالیز تصمیم‌گیری چند معیاره (MCDA) مجموعه‌ای از روش‌های پیشرفته تحلیلی است که به تصمیم‌گیرندگان کمک می‌کند تا با اعمال معیارهای مؤثر، بهترین مکان دفن زباله‌های شهری را مشخص کنند (Rasouli, 2008). به عنوان مثال، در مدل SAW علاوه بر وزندهی به واحدها در هر لایه اطلاعاتی بر اساس اهمیت آن در مکان‌یابی به خود لایه‌های اطلاعاتی نیز در مجموع ارزش‌های متصور می‌گردد. مراحل کار در روش مذکور به صورت زیر است:

- تعریف مجموعه معیارهای ارزیابی (لایه‌های اطلاعاتی) و گزینه‌ها،
- استاندار نمودن هر لایه در نقشه معیار،
- تعریف وزن‌های مربوط به هر معیار: بدین معنی که یک وزن "اهمیت نسبی" به هر نقشه معیار مستقیماً تخصیص داده شود.
- ساختن لایه‌های نقشه استاندارد شده دارای وزن، بدین‌معنی که لایه‌های نقشه استاندارد شده در وزن‌های مربوطه ضرب می‌گردد. دادن امتیاز نهایی به هر گزینه به کمک عملیات رویهم‌گذاری استاندارد صورت می گیرد.
- مرتب‌کردن گزینه‌ها بر اساس امتیاز ارجحیت کلی، به صورتیکه گزینه دارای بیشترین امتیاز (رتبه بالاتر)، بهترین گزینه محسوب می‌گردد.

در روش WLC نیز محدودیت‌های مورد نظر کاربر را با ضرب ارزش‌های استاندارد شده میانگین وزنی لایه‌ها برای هر جانشین مکانیابی بر اساس درجه اهمیت وزن لایه ها محاسبه می کند. اما روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) از متداولترین ساختارهای طراحی شده برای تصمیم‌گیری است، زیرا امکان تجزیه مسائل پیچیده به‌صورت سلسله مراتبی فراهم می‌شود. در این روش امکان در نظرگرفتن معیارهای کمی و کیفی و تعیین حساسیت معیارها و زیر معیارها وجود دارد (قدسی پور، 1384). در نهایت، در روش منطق بولین اطلاعات ورودی را می‌توان به شکل دوتایی (درست و یا نادرست به صورت 1و0)

[117] Multi Criteria Decision Analysis
[118] Analytical Hierarchy Process
[119] Simple Additive Weighting
[120] Weighted Linear Combination

مطرح و در نقشه‌های نهایی با تلفیق محدوده‌های مساعد و یا نامناسب مکان دفن زباله‌های شهری را تشخیص داد. منطق بولین از عملگرهای مانند: And، OR، XOR و NOT برای درست یا غلط بودن یک شرط استفاده می‌کند (نیرآبادی و میررحیمی ،1387). در شکل شماره 5-5 لایه‌های به‌کارگرفته شده در مکان‌یابی دفن زباله‌های شهر تبریز ارائه شده است.



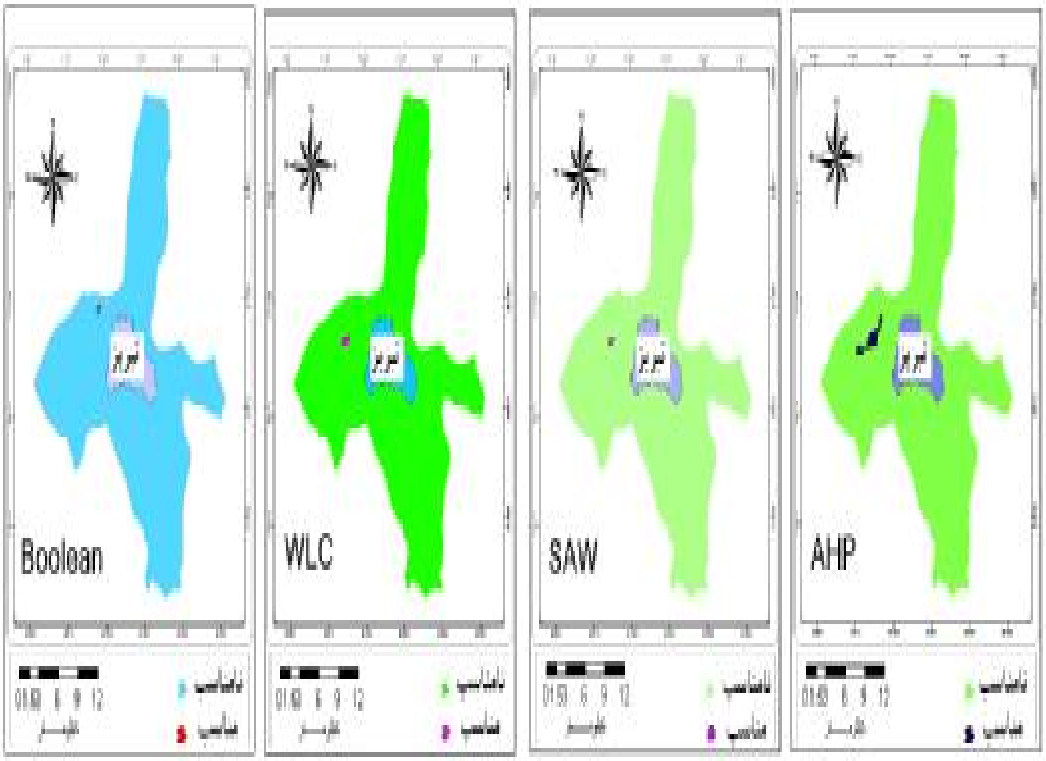
شکل شماره 5-5: لایه‌های مورد تحلیل در مکانیابی دفن پسماندهای شهر تبریز

ضمنا، در جدول شماره 4-5 مشخصات لایه‌ها و پارامترهای اعمال شده درج شده است.

جدول شماره 4-5: لایه‌های به‌کاررفته در مکانیابی دفن پسماند (با درجات مقولیت تعریف شده) برای شهر تبریز

ردیف	عنوان لایه	منبع تهیه	حد قابل پذیرش برای مکانیابی
1	مقدار شیب	نقشه توپوگرافی 1:25000	% 15 >
2	عمق آب‌های زیرزمینی	سازمان آب و فاضلاب استان	20< متر
3	فاصله از چاهها	سازمان آب و فاضلاب استان	100< متر
4	فاصله از آبهای سطحی	نقشه توپوگرافی 1:25000	300< متر
5	فاصله از شهر	نقشه توپوگرافی 1:25000	بین 30 – 5 کیلومتر
6	فاصله از مراکز جمعیتی	نقشه توپوگرافی 1:25000	1000< متر
7	فاصله از فرودگاه	نقشه توپوگرافی 1:25000	3000< متر
8	فاصله از جاده‌ها	نقشه توپوگرافی 1:25000	300< متر
9	فاصله از گسل‌ها	نقشه 1:100000سازمان زمین شناسی	100< متر
10	زمین شناسی	نقشه 1:100000سازمان زمین شناسی	ذخایر تراسی
11	معادن	سازمان صنایع و معادن استان	50< متر
12	کاربری اراضی(فاصله از اراضی زراعی و باغات)	تصاویر ماهواره ای اسپات 2005	200< متر و اراضی بایر و با تراکم کم پوشش گیاهی
13	خطوط انتقال نیرو	نقشه توپوگرافی 1:25000	100< متر
14	مناطق حفاظت شده	سازمان محیط زیست استان	150< متر
15	فرسایش خاک	اداره منابع طبیعی	زیاد (V)

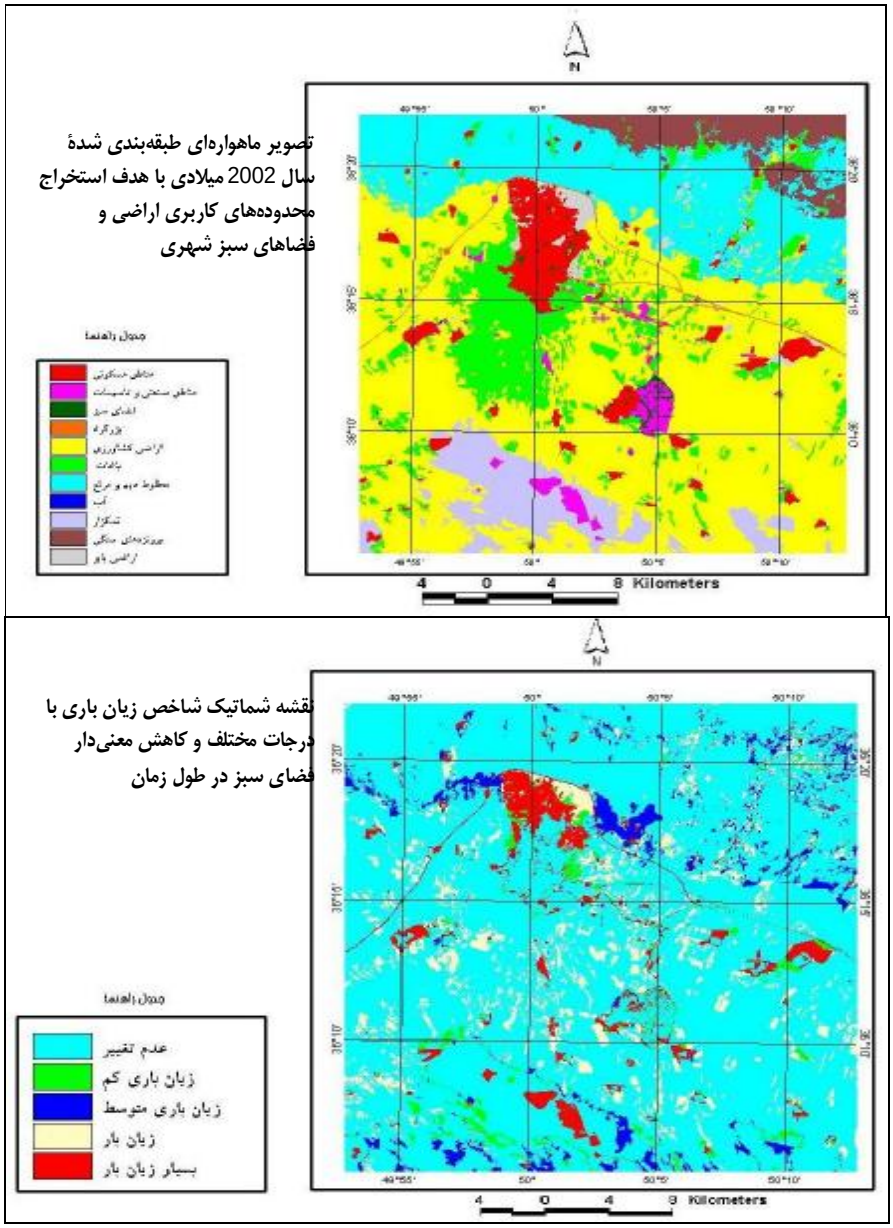
در نهایت، توسط شکل شماره 6-5 نتایج تحقیق توسط روش‌های مختلف ارائه شده است.



شکل شماره 6-5: مکانیابی دفن پسماندهای شهر تبریز با روش‌های AHP، SAW، WLC و BOOLEAN

3-5-5کاربرد GIS در مدیریت فضای سبز شهری

امروزه، یکی از عمده‌ترین مشکلات شهرها و شهرنشینان افزایش آلودگی‌های ناشی از صنعتی شدن و مصرف سوخت‌های فسیلی است، که گستره وسیعی از انواع آلودگی‌ها را در بر می‌گیرد. افزایش جمعیت یعنی تراکم بیشتر در یک فضای محدود و در نتیجه افزایش فزاینده حجم آلاینده‌ها در محدوده شهرها که سلامت شهروندان را در معرض خطر قرار می‌دهد. در راستای کاهش آلودگی هوا در زندگی شهری پرداختن به مقوله فضای سبز و افزایش آن امری انکار ناپذیر تلقی می‌گردد. در این ارتباط، مدیریت و مکان‌یابی فضاهای سبز و پارک‌های شهری در مقیاس منطقه‌ای وسیع تنها با استفاده از امکانات محیط GIS امکان‌پذیر می‌باشد. پرواضح است که به منظور برنامه‌ریزی منطقی محیطهای زیست شهری و دست‌یابی به توسعه پایدار، طراحان در آینده ناگزیر به استفاده از ابزار نوینی چون GIS و سایر محیطهای مجازی خواهند بود. بی‌شک با توجه به رشد روزافزون فضاهای شهری و تبدیل اراضی به مناطق مسکونی هر روز از میزان فضاهای طبیعی کاسته شده و به مساحت فضاهای مصنوعی شهری افزوده می شود. توسط شکل شماره 7-5 به‌عنوان مثال،نحوه تغییرات ایجاد شده در فضاهای سبز محدوده دشت قزوین نمایش داده شده است.



شکل شماره 7-5: محدوده دشت قزوین و تغییرات ایجاد شده در فضاهای سبز شهری

سبک زندگی چند دهه گذشته، وابستگی بشر را بیش از پیش به فضاهای سبز افزایش داده، در نتیجه توسعه فضای‌های سبز یک امر حیاتی تلقی شده است. این امر، نیاز به مدیریت بهینه جهت صرفه جویی در هزینه احداث، توسعه و نگهداری فضاهای سبز شهری دارد. در این راستا، یکی از ارکان مهم تصمیم‌گیری داشتن آمار دقیق و به هنگام از تعداد درختان و مساحت فضاهای سبز شهری و نیز آگاهی علمی از ویژگی‌های جغرافیایی آن‌ها است که می‌تواند کمک شایانی به کاهش هزینه‌های اقتصادی سازمان‌ها و شرکت‌های مربوط به فضای سبز نماید (نوریان و هاکسهولد، 1380). GIS با برخورداری از توابع تحلیلی مختلف امکان تلفیق داده‌های مکانی و غیرمکانی و همچنین مدیریت و تحلیل توامان آن‌ها را فراهم نموده است،

چرا که این ابزارها علاوه بر داشتن دقت کافی، کارایی و سرعت عمل زیاد قادرند به سهولت داده‌ها و نقشه‌ها را به‌روز کنند و تغییرات ایجاد شده را نیز نمایش دهند (Bailloeul and etal, 2003). با بکارگیری GIS تحقق موارد مندرج در ذیل مورد انتظار است:

- امکان بکارگیری داده‌های مستخرج از فناوری نقشه‌برداری اتوماتیک،
- مدیریت پایگاه داده‌ها به منظور استخراج خصوصیات توصیفی عوارض جغرافیائی،
- ثبت اطلاعات زمین- مرجع از محیط‌های شهری،
- طراحی ساختارهای توپولوژیکی به منظور برقراری ارتباط فضایی بین عوارض جغرافیائی،
- تحلیل داده‌های مکانی در محیط‌های شهری،
- انجام عملیات کارتوگرافی لایه‌های رقومی با دقت کافی.

بنابراین، GIS ابزاری ضروری برای مدیریت پوشش گیاهی شهری به واسطه ابزارهای جستجوی مکانی گوناگون تلقی می‌شود (قلمبر و محمدزاده، 1386). با توجه به قابلیت‌های ذکرشده در بالا، سازمان جنگلداری آمریکا به منظور تجزیه و تحلیل داده‌های شهری مانند "روآنوک" در "ویرجینیا" از GIS استفاده کرده و با استفاده از GIS مناطق دارای پوشش درختی، پوشش علفی، مناطق مسکونی را در ارتباط با اقلیم شهری تحلیل می‌نماید (American Forests, 2002). توسعه فیزیکی شهرها فرآیندی پویا و مداوم است که طی آن محدوده‌های فیزیکی شهر و فضاهای کالبدی آن در جهات عمودی و افقی، از حیث کمی و کیفی افزایش می‌یابد و اگر این روند سریع و بی‌برنامه باشد، به ترکیب فیزیکی مناسبی برای از فضاهای شهری نه‌خواهد انجامید. در نتیجه، ساختارهای شهری با مشکلات عدیده ای مواجه خواهد شد. امروزه به دلیل رشد روز افزون جمعیت شهرها و کمبود فضای مناسب برای فعالیت‌ها و امکانات مورد نیاز، تعیین مکان بهینه کاربری‌های مختلف از شهر از اهمیت بسزایی برخوردار است. با توجه به ابعاد پیچیده مسائل شهری در دخالت متغیرهای مختلف در امر برنامه‌ریزی شهری، از روش-های مختلف استفاده می‌شود که GIS یکی از قدرتمندترین سیستم‌ها در پاسخ‌گویی به نیازهای مطالعاتی کاربردی تلقی می گردد.

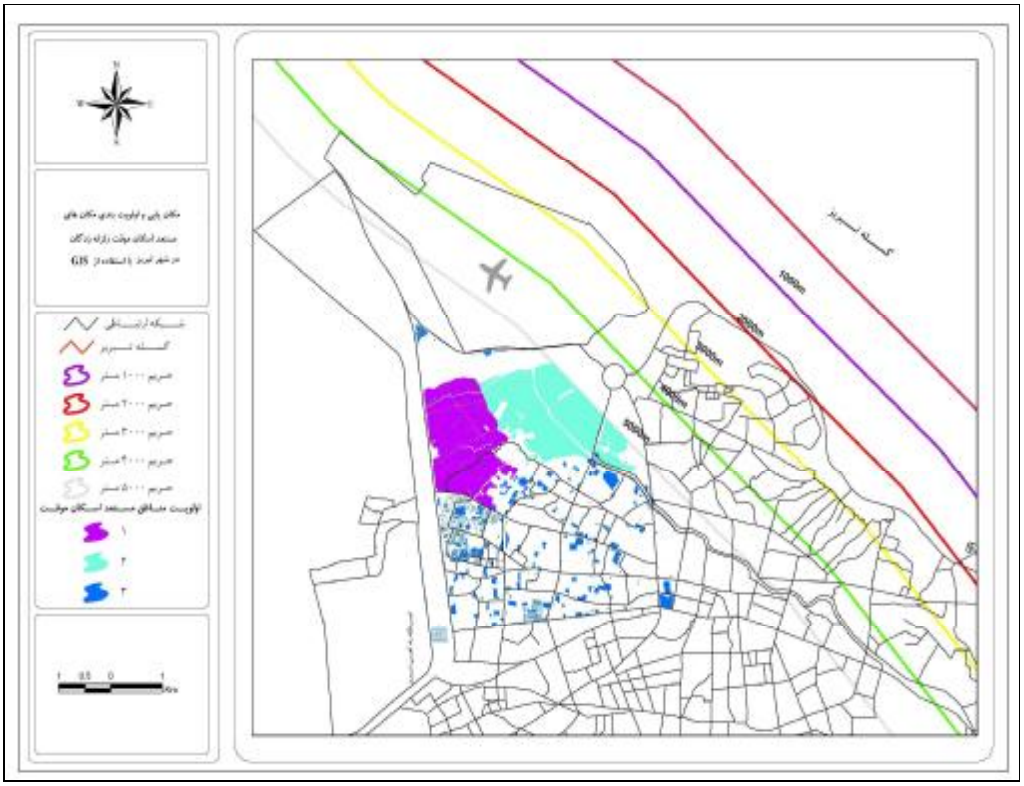
4-5-5 کاربرد GIS در مدیریت بحران زلزله در کلانشهرها

پنجم دی ماه سال 1382 برای ایرانیان یاد آور خاطرات تلخ زمین لرزه بم است، زلزله‌ای که هزاران تن از ساکنان شهرستان بم و اطراف آن را به کام مرگ کشید و بیش از 70 درصد شهر را با خاک یکسان نمود. این در حالی بود که هنوز اثرات سوء حاصل از وقوع زلزله‌های گذشته مانند: زلزله طبس، منجیل، آوج و اردبیل هنوز به طور کامل مرتفع نیافته بود. بر اساس مطالعات انجام شده توسط متخصصان زلزله کشور، بسیاری دیگر از شهرهای بزرگ ایران (شاید بیش از هفتاد درصد از شهرهای ایران) از جمله تهران، تبریز، بندرعباس و شیراز در معرض خطر بالای زلزله قرار دارند و هر لحظه ممکن است فاجعه‌ای دیگر در نقطه‌ای دیگر از کشورمان به‌وقوع به‌پیوندد.

قرارگیری ایران در کمربند زلزله‌خیز جهان و وقوع زلزله‌های شدید و مخرب که هر از گاهی در کشور اتفاق می‌افتد، اهمیت حیاتی و لزوم توجه به امنیت ساکنان شهرهای دارای بافت‌های فرسوده را اجتناب‌ناپذیر ساخته است. اگرچه امکانات و عناصر شهری موجود در بافت‌های تاریخی برای مدیریت بحران زلزله کافی نیستند، ولی می‌توان با برنامه‌ریزی و با استفاده از همین امکانات موجود، بحران زلزله را تا حدودی مدیریت نمود. بافت‌های تاریخی شهرها با بیش از صدها سال قدمت به عنوان میراث کهن تمدن و تاریخ ایران، محسوب می‌گردند. تقریبا وقوع پدیده زلزله ارتباط پیوسته‌ای با اطلاعات جغرافیایی و به تعبیری داده های مکانی دارد. تحلیل پیامدهای وقوع زلزله، ارزیابی خسارت وارده و مدیریت وضعیت‌های اضطراری از جمله کاربردهای GIS محسوب می‌گردد.

تکنیک‌های مکانی فضایی، شامل سنجش‌ازدور، GIS، ژئودزی و ژئوفیزیک می‌توانند به محققان در روند کاهش خطرات و خساراتهای ناشی از زلزله کمک کنند، که به دو بخش واکنش کوتاه‌مدت و واکنش بلندمدت در جبران و اسکان مجدد زلزله-زدگان تقسیم می‌شود (Sarker & Jain,2008). کوشش‌های بشر برای مقابله با زلزله منجر به طرح مقوله مدیریت بحران گردیده است، که شامل مراحل چهارگانه (کاهش اثرات، آمادگی، مقابله و بازسازی) می‌باشد. از طرف دیگر به علت دارابودن عنصری تاریخی و قدیمی در بافت قدیم شهرها بهترین مرحله اعمال مدیریت بحران در این خصوص به دو مرحله نخست این مراحل یعنی کاهش اثرات و آمادگی معطوف می‌شود (دادور، 1381).

برای کاستن از اثرات و خسارت های زلزله می‌توان در محیط GIS، با طراحی یک سری مدل‌ها با فرض کاربری‌های متنوع و شبیه‌سازی مشخصات هندسی معابر اثرات و خسارت‌های انواع زلزله‌ها را مورد بررسی قرار داد. ضمنا، برنامه‌ریزی و آمادگی برای اسکان موقت زلزله‌زدگان، موجب کاهش تلفات ناشی از پس لرزه‌های زلزله در ساختمان‌های در حال تخریب و مدیریت بهتر برای کمک سریعتر به زلزله‌زدگان در ساعات اولیه پس از زلزله خواهد شد. در این راستا، جهت ارائه راه حلی برای بهینه‌سازی اسکان موقت به کمک ابزارهای تحلیلی در محیط GIS ممکن می‌باشد (نقدی و همکاران، 1385). ضمنا، می‌توان قبل از وقوع زلزله به مکانیابی اسکان موقت زلزله زدگان بر اساس پارامترهای کاربری اراضی، تحلیل شبکه‌راه‌ها، با اعمال مدل-های بولین، تحلیل سلسله مراتبی فازی و تحلیل‌های چندمعیاره تصمیم‌ساز اقدام نمود (شکل شماره 8-5).



شکل شماره 8-5: اولویت‌بندی مکان‌های مستعد برای اسکان موقت زلزله‌زدگان طراحی شده در محیط GIS از منطقه 4 شهر تبریز

اغلب بلایای طبیعی مانند زلزله می‌توانند در محیط GIS مدل‌سازی و نمایش داده شوند (Bovee & etal, 1993). ضمنا، به صور مختلف می‌توان از نقشه‌ها و اطلاعات مکانی در مدیریت بحران و حوادث پیش بینی نه‌شده بهره برد (ناظری و همکاران، 1386). GIS فرصت بسیار مناسبی برای تحقیق، مداخله و ارزیابی جهت مقابله با این مشکل را فراهم می‌آورد. مثلا به دنبال زلزله کالیفرنیا، مکان جغرافیایی تمام افرادی که دچار جراحت و مرگ شده بودند، تعیین و ارتباط و همبستگی مستقیم میزان و شدت جراحات با عواملی نظیر فاصله تا مرکز زلزله و شدت زلزله برآورد گردید (Peek & etal, 2000). از مهمترین لایه‌های اطلاعاتی و توصیفی که در تصمیم‌گیری‌های صحیح در مدیریت بحران ناشی از وقوع زلزله باید به محیطGIS وارد می شوند ، می‌توان به موارد ذیل اشاره نمود:

- نقشه‌های توپوگرافی بزرگ مقیاس،
- نقشه‌های زمین‌شناسی و تکتونیک،
- نقشه‌های ژئوفیزیک،
- نقشه پراکندگی مناطق لرزه خیز،
- تصاویر ماهواره ای در فرمت رقومی و قابل پردازش،
- سیستم موقعیت‌یاب جهانی GPS.

با توجه به قرارگرفتن کشور ایران در منطقه زلزله‌خیز جهان و عدم امکان پیش‌بینی دقیق زمان وقـوع ایـن حـوادث، لزوم ارائه طرح جامع مدیریت بحران برای کاهش خطرات و ضایعات مرتبط بـسیار مهـم مـی‌باشـد. چرا که GIS مکانیسمی برای متمرکزسازی و در دسترس ساختن اطلاعات حیاتی در جریان حوادث غیر مترقبه فـراهم مـی کنـد. ایـن سیستم مدیران را قادر می سازد تا نیازهای تعیین شده در هنگام حوادث غیر مترقبه را اولویت‌بنـدی نمایـد (ابره دری و صادقی فر، 1385). ضمنا، با توجه به امکان انجام تحلیل-های پیچیده مربوط به داده‌های مکـانی و غیـرمکانی GIS به عنوان بهترین وسیله در تعیین مناطقی که بیشترین احتمال بروز بحران در آنها وجود دارد را شـناسائی مـی‌کند (شکل شماره 18-5). همچنین GIS تحت شبکه اینترنتی، چارچوب مناسبی برای مدیریت اطلاعات مکانی در شرایط بحرانی بوده و با استفاده از این نوع اطلاعات می‌توان به‌طور قابل ملاحظـه‌ای آمادگی مردم و مسئولین امر را ارتقاء و تصمیم‌های اخذ شده توسط مامورین امداد در منطقـه را بهبـود بخـشید (رضاپور، 1385). به منظور تحلیل و مدل‌سازی خطر زلزله به‌وسیله GIS باید به موارد ذیل توجه نمود:

a) خطرات ناشی از روانگرائی، زمین لغزه و سایر حرکات توده ای را لحاظ کرد.
b) هر سیستم GIS مختص زلزله بایستی قادر به ارتباط با داده‌های سه‌بعدی باشد.
c) همواره باید به داده‌های بهنگام و بصورت شبکه دسترسی داشت.
d) سیستم GIS ویژه زلزله باید بتواند خطاها را شناسائی نماید.
e) پایگاه داده های مختلف باید قابل تبدیل به یکدیگر باشد.
f) هر کاربر GIS بایستی بتواند داده های زلزله را به سرعت تفسیر نماید.
g) GIS مختص زلزله باید به راحتی به سایر نرم افزارهای دیگر متصل گردد.
h) در GIS زلزله نحوه ارتباط کاربران با پایگاه داده‌ها بسیار حائز اهمیت است (ولیزاده، 1385).

5-12 جمع بندی

در دهه‌های اخیر، فنآوری GIS به‌عنوان صنعتی پویا با هدف مدیریت بهینه داده‌های توصیفی و جغرافیایی، در دسـترس متخصصان برنامه‌ریزی شهری قرار گرفته است. با بکارگیری این فنون، امکان صرفه‌جویی در وقت و منابع مالی میسر گردیده و افق‌های جدیدی در زمینه‌های تحقیقاتی و مدیریتی گشوده شده است. با قبول این واقعیت که GIS مقوله‌ای است جدیـدتر و کامل‌تر از آنچه که تاکنون در اختیار علوم شهری قرار گرفته، باید از آن به عنوان یک تکنولوژی برتر در جهت حـل مسـائل و معضلات محیط‌های انسانی و طبیعی به طور آگاهانه بهره برد. برخی از دلایل توجیهی که در جهت کاربرد فنـآوری GIS در قلمروهای شهری مورد استناد قرار گرفته، در ذیل ارائه می‌گردد:

- با تکیه بر فنآوری‌های جدید می‌توان کلیه داده‌های مکانی و غیرمکانی جغرافیایی را اخذ و مدیریت نمود.
- در این محیط سازماندهی اطلاعات محیط‌های شهری منطقی‌تر و علمی‌تر صورت می‌پذیرد.
- با بکارگیری GIS، اغلب رشته‌های مرتبط به مسائل شهری به اصالت کاربردی خود نزدیک‌تر خواهند شد.

در چند سال اخیر، از دیگر کاربردهای مورد انتظار GIS در مدیریت شهرها می‌توان: به ناوبری خودروها، تحلیل زمان سفر، تحلیل مسیر بهینه، تحلیل و مدل‌سازی سیلاب‌های شهری، ارائه منطقی خدمات اورژانسی، توسعه بنگاه‌های ملکی، حفاظت از محیط‌های زیستی، مدیریت خرده‌فروشی، تحلیل سه‌بعدی فضاهای فیزیکی، مطالعه و شبیه‌سازی آلودگی صوتی ناشی از تردد خودروها و هواپیماها، تخصیص حریم‌های خاص برای شبکه‌های آب، برق، گاز و فاضلاب، پست، طراحی و اجرای پروژه‌های ارتباطات، مبلمان شهری، اکوتوریسم و مدیریت زیرساختارهای شهری اشاره نمود. پرواضح است، با بهره‌گیری فراگیر و اندیشمندانه از فنآوری GIS می‌توان نیروهای انسانی متبحر و مجربی را تربیت نمود که با تکیه بر تخصص آن‌ها، امکان مراقبت و مدیریت اصولی منابع ارزشمند اما محدود و شکننده شهرهای در حال رشد کشور - در روند تحقق سیاست‌های توسعه پایدار – تصمیم‌گیری و اقدام نمود.

سئوالات فصل پنج:

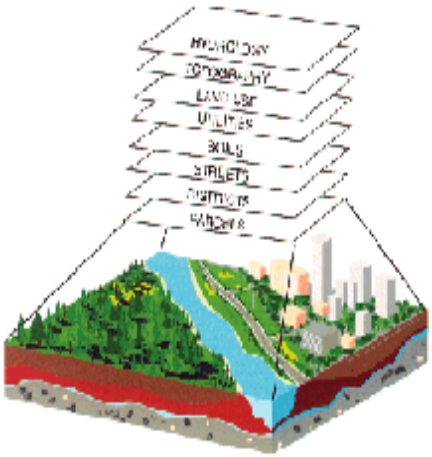
1) مفهوم یک کاربرد اصیل GIS در محیط‌های شهری چیست و به نظر شما مستندات مرتبط کدام‌اند؟
2) در محیط GIS و در روند مطالعه بافت‌های فرسوده چه لایه‌های مورد نیاز است؟
3) در روند مطالعه پدیده بزهکاری چه لایه‌هایی و از کدام مناطق شهری موردنیاز می‌باشد؟
4) یافتن بهترین مسیر با بکارگیری فنآوری GIS چه مزایایی به همراه خواهد داشت؟
5) در محیط‌های شهری رشد فزاینده جمعیت شهری را چگونه می‌توان مدیریت نمود؟
6) شما برای مدیریت و کاهش ترافیک شهری چه انتظاری از فنآوری‌های GIS و GPS دارید؟
7) یک GIS تطبیق یافته با هدف کاهش میزان ترافیک شهری چه ویژگی‌هایی را باید دارا باشد؟
8) تابع تحلیلی بولین با روش‌های تحلیلی چندمنظوره تصمیم‌ساز چه تفاوتی دارد؟
9) برای مکان‌یابی منطقی محل دفن زباله‌های شهری در محیط GIS از کجا باید شروع کرد؟
10) فرآیندهای تحلیل مکانی چه نقشی در فنآوری GIS ایفاء می‌کنند؟

منابع تکمیلی برای مطالعه:

1) رسولی، علی‌اکبر (1387) مکان‌یابی دفن زباله‌های شهری- مطالعه موردی: شهر تبریز، کنفرانس جهانی GIS کشور ترکیه، تابستان 1387
2) رسولی، علی‌اکبر (1388) تحلیل‌های مکانی در محیط GIS، اداره چاپ و انتشارات دانشگاه تبریز. زیر چاپ.
3) رسولی، علی‌اکبر (1388) روش‌های ورود داده‌ها به محیط GIS، جزوه درسی، دانشگاه تبریز.
4) مدیری، مهدی (1377) مدل‌سازی کارتوگرافیکی. مجله سپهر، شماره 28
5) نقدی، کریم و همکاران (1385) بهینه‌سازی اسکان موقت در مدیریت بحران، سامانه‌های اطلاعات مکانی 85، سازمان نقشه‌برداری کشور، سازمان منطقه آزاد قشم.

1) Batty, M. (1995) Planning support systems and the new logic of computation. Regional Development Dialogue 16(1) 1 – 17.
2) Burrough, P.A. and McDonnell, R.A. (1998) Principles of geographical information systems. Oxford University Press, Oxford, 327 pp.
3) Hopkins, L. D. (1999) Structure of a planning support system for urban development. Environment and Planning B: Planning and Design 26 333 – 345.
4) Rao, A. M., Durai B.K., Jain P.K. & Sikdar P.K. (2004) Geographical Information System for Planning and Management of Rural Roads, March 2004, GIS Development, Noida.
5) Yeh, A. G. O. (1999) Urban Planning and GIS, in Geographical Information Systems. Volume 2 Eds P A Longley, M F Goodchild, D J Maguire, D W Rhind (John Wiley, New York) pp 877 – 888.

فصل ۶



لایه های اطلاعاتی مورد نیاز در برنامه ریزی شهری

چکیده:

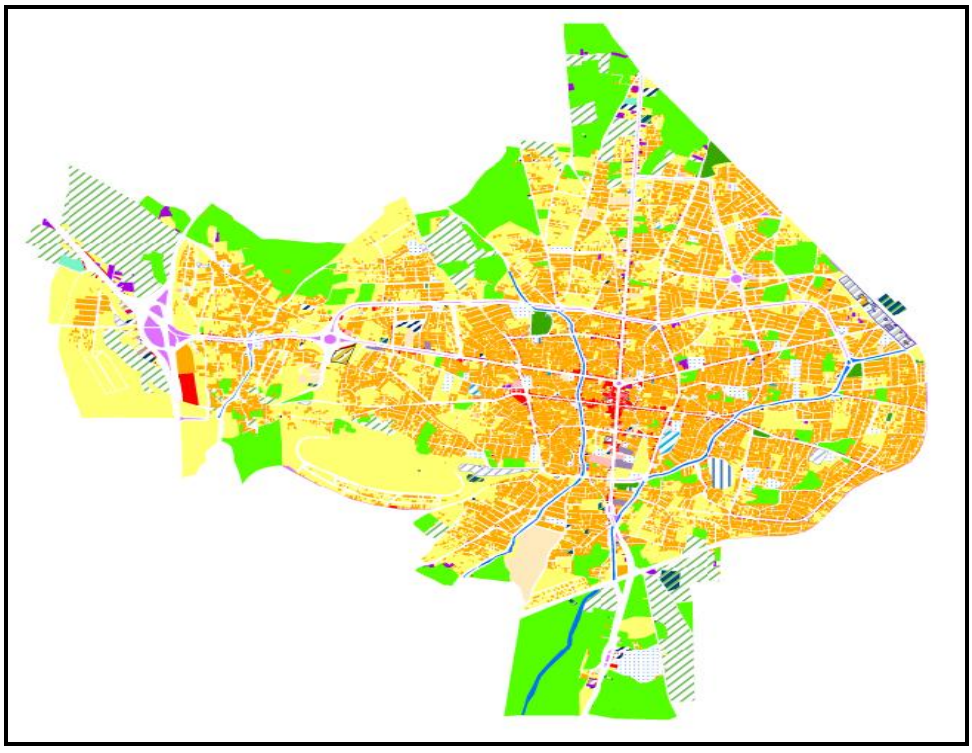
در روند استقرار یک سیستم GIS تخصصی تولید لایه‌های اطلاعاتی معتبر و مستند از مهم-ترین عوامل موفقیت پروژه‌های مدیریت شهری محسوب می‌گردد. در شروع هر پروژه مرتبط با برنامه-ریزی شهری، بایستی اطلاعات موردنیاز تعریف، شناسایی، جمع‌آوری، ثبت، ویراستاری، بهنگام‌سازی و طبقه‌بندی گردد. اصولا، در مرحله جمـع‌آوری داده‌های موردنیاز، ابتدا عارضه‌های مکانی شناسایی و سپس با توجه به اهداف تحقیق، اقلام اطلاعات توصیفی مرتبط به هر عارضه، تعیین و تعریف می‌شود. داده‌های توصیفی مربوط به یک شهر معمولاً طیف بسیار وسیعی از مشاهدات را در برمی‌گیرند که غالباً در پایگاه داده‌های ادارات و ارگان‌های مختـلف جمع‌آوری و نگهداری می‌شوند.

با توجه به اهمیت اطلاعات در برنامه‌ریزی شهری، نتیجه اعمال هر نوع تحلیلی مکانی، زمانی از اعتبار کافی بر خوردار خواهد بود که داده‌های مورد استفاده به دقت شناسایی، مستندسازی و ارزیابی گردد. بررسی‌های اولیه نشان می‌دهد که یکی از عمده‌ترین اطلاعات توصیفی پایه در شهرها، اطلاعات ممیزی اراضی شهری (گاهی کاداستر) است، که قسمت اعظم این اطلاعات– مثلا برای شهر تبریز توسط ارگان‌های ذیربط مانند: شهرداری، استانداری و سازمان نقشه‌برداری و سایر ادارات دولتی و حتی بخش خصوصی- به صورت رقومی اخذ و ذخیره‌سازی شده است. آماده‌سازی چنین اطلاعات توصیفی پایه به همراه اطلاعات مکانی در محیط GIS های تخصصی می‌تواند فوق‌العاده حائز اهمیت تلقی گردد. بنابراین، در فصل جاری، ابتدا بعد از ذکر مقدمه‌ای بر اهمیت تولید اطلاعات، مفاهیم لایه و نقشه در

محیط GIS مطرح می‌گردد. سپس، خصوصیات لایه‌های اطلاعاتی موردنیاز در حیطه برنامه‌ریزی شهری با جزئیات مربوطه ارائه خواهد شد.

6-1 مقدمه

علوم برنامه‌ریزی شهری و منطقه‌ای اصولا مسایل جامعه شهری (گاهی شهرک‌ها) را شناسائی و بر اساس ویژگی-های فیزیکی، فرهنگی، اقتصادی و جامعه‌شناسی هر موقعیت جغرافیائی طرح‌های را به منظور مدیریت و ساماندهی مرتبط ارائه می‌دهد. در چند دهه گذشته، با افزایش جمعیت جهان، شهرها نیز به صورت پویا پیوسته دچار تحولات و دگرگونی‌های ساختاری شده‌اند. در این ارتباط، هدف اصلی اغلب برنامه‌ریزان شهری ضمن برطرف نمودن مشکلات محیط‌های شهری، بالابردن سطح رفاه و آسایش مردم و حل معضلات احتمالی جوامع شهری عنوان شده است. به همین‌منظور، متخصصان ذیربط از طریق کاربرد سیستم اطلاعات جغرافیائی شهری مراحل ورود، مدیریت، ایجاد بانک‌های اطلاعاتی، اعمال تحلیل‌های مکانی و عرضه مدل-های نهائی را تجربه نموده‌اند. بررسی پیشینه موضوع تحقیقات نشان می‌دهد که می‌توان با استفاده از GIS به نقشه‌هایی که نمایانگر فصل مشترک چند شرط مختلف است و در امر مدیریت و برنامه‌ریزی بسیار حائز اهمیت است، دست یافت. ضمنا، مشخص شده است که در روند تصمیم گیری‌های چندجانبه بدون بهره‌گیری از یک GIS سازگار نتایج مطلوبی حاصل نمی-آید. در این ارتباط، برنامه‌ریزان می‌کوشند تا با ارائه انواع مدل‌ها و راهکارهای عملی و بهره‌گیری از فنون نوین به حل مشکلات شهری مبادرت نمایند، که از مهمترین وظایف آن‌ها ایجاد لایه‌های اطلاعاتی به‌هنگام و تولید نقشه‌های کاربری اراضی مرتبط می‌باشد (شکل شماره 1-6).



شکل شماره 1-6: نقشه کاربری اراضی شهر مرند

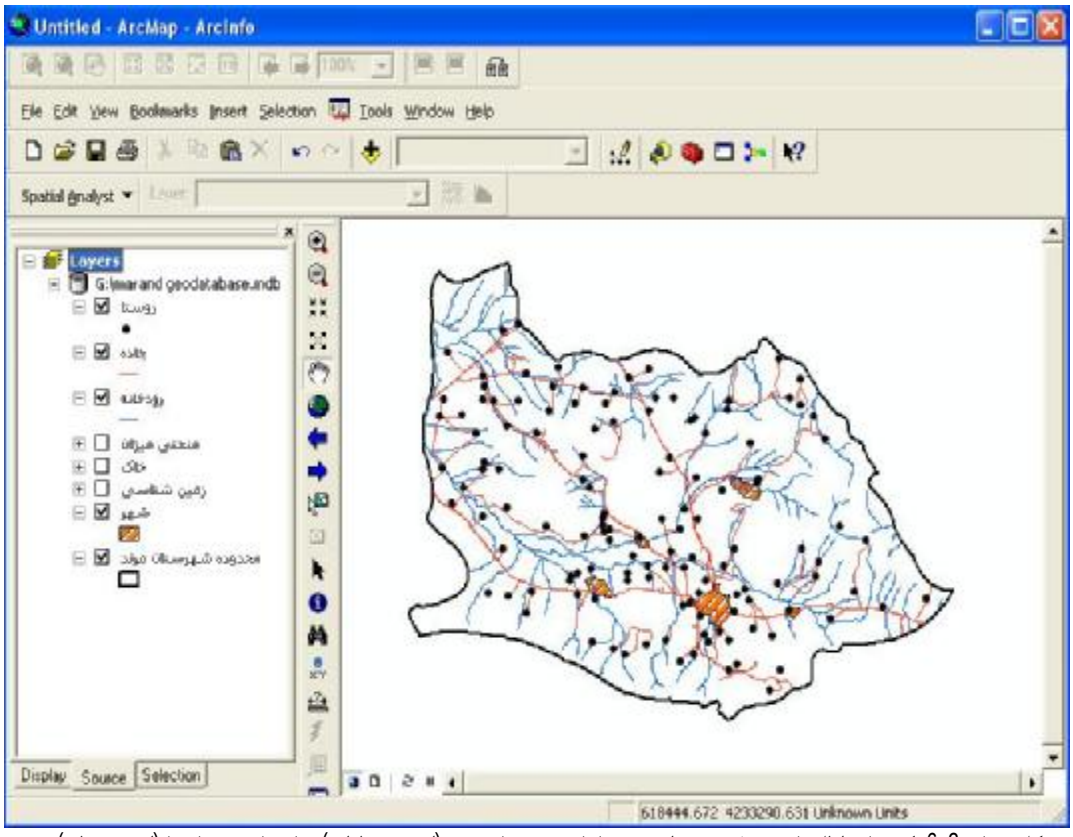
از دیگر مسائلی که در چند دهه گذشته مورد توجه برنامه‌ریزان امور شهری قرار گرفته، یافتن راه‌حل‌های علمی مکان‌گزینی بهینه مراکز خدمات شهری با هدف دستیابی سریع و آسان شهروندان به رفاه و آسایش در قالب طرح‌های توسعه شهری است. بعلاوه در حال حاضر، اغلب شهرهای بزرگ ایران با معضل عظیم رفت و آمدهای داخل شهری مواجه هستند، که این امر معمولا ناشی از عدم مکان‌گزینی بهینه مراکز خدمات شهری و عمومی است. عدم توجه به این معضل موجب هدررفتن سهم قابل توجهی از منابع مالی و از دست‌رفتن حجم زیادی از انرژی و نیروهای انسانی در شهرها شده است، که از این طریق همواره صدمات زیست‌محیطی سنگینی به محیط‌های طبیعی و انسانی تحمیل می‌گردد. پرواضح است، با توجه به ابعاد پیچیده مسائل شهری و دخالت متغیرهای مختلف در برنامه‌ریزی می‌توان از فنآوری‌های مختلف استفاده نمود، که GIS یکی از این ابزارهای قدرتمند در پاسخگویی به نیازهای مطالعاتی و کاربردی ذیربط محسوب می‌شود. در ساده‌ترین تعریف GIS ادغام تصاویر و نقشه‌ها با انواع اطلاعات توصیفی است، که به عرضه اطلاعات جدید در حالات گوناگون بعدی منجر می‌شود ، اطلاعات در یک سیستم GIS به مراتب فراتر از یک پایگاه داده‌های معمولی مدیریت می‌شود. در یک نگاه کلی، قابلیت ها و توانایی‌های یک سیستم جامع اطلاعات GIS شهری شامل موارد زیر می باشد:

- بازیابی اطلاعات برای هر منطقه جغرافیایی از طریق معرفه‌های نظیر: نام، طول و عرض جغرافیایی یا هر ترکیبی از این دو عامل یا تعیین محل هر منطقه و یا نقطه نسبت به منطقه و نقاط دیگر،
- دارا بودن امکانات تصمیم‌گیری برای انتخاب مناسب‌ترین عملیات روی اطلاعات موجود با توجه به هدف نهایی،
- داشتن امکانات ضروری برای بهنگام‌سازی اطلاعات جغرافیایی از طریق تطبیق اطلاعات قدیم با اطلاعات جدید به صورت خودکار و با استفاده از کلیه واحدها و ارتباط های بین نام های مختلف،
- وجود امکانات نرم افزاری خاص به منظور تغییر سیستم‌های تصویر و مختصات در مقیاس های مختلف،
- امکان ایجاد روابط توپولوژیک بین عوارض و لایه‌های اطلاعاتی،
- وجود توابع تبدیلی توانمند با هدف پذیرش انواع فرمت داده‌های برداری، رستری و سایر داده‌ها در قالب‌های متفاوت،
- امکان اعمال انواع تحلیل‌های مکانی نظیر: تحلیل شبکه، مسیر، طراحی مدل‌های سه‌بعدی از ناهمواری‌ها، تحلیل همسایگی، نظاره‌گری، انطباق لایه‌ها، پرسشگری از عوارض، استخراج پارامترهای آماری شهری، تشخیص تغییرات کاربری اراضی، مدول نویسی (با استناد به زبان‌های برنامه نویسی) و اعمال تحلیل‌های چندمنظوره تصمیم‌ساز،
- دارا بودن محیط کارتوگرافیک سازگار با محیط‌های شهری.

محققان مطالعات شهری به‌تجربه دریافته‌اند زمانی می‌توان، بر اساس قابلیت‌های فنآوری GIS، به نقطه‌نظرهای کاربردی فوق‌الذکر رسید که لایه‌های موردنیاز کاملا آماده تحلیل باشند. تا بعد از اعمال انواع تحلیل‌های مکانی، آماری و گرافیکی بر روی لایه‌های رقومی، از طریق نقشه‌های نهائی و به شیوه‌های کارتوگرافیک مدرن نتایج حاصله را به مخاطبان مختلف عرضه داشت. بنابراین، ضرورت دارد، در فصل جاری، به‌اختصار مفاهیم لایه و نقشه در محیط GIS مطرح شود.

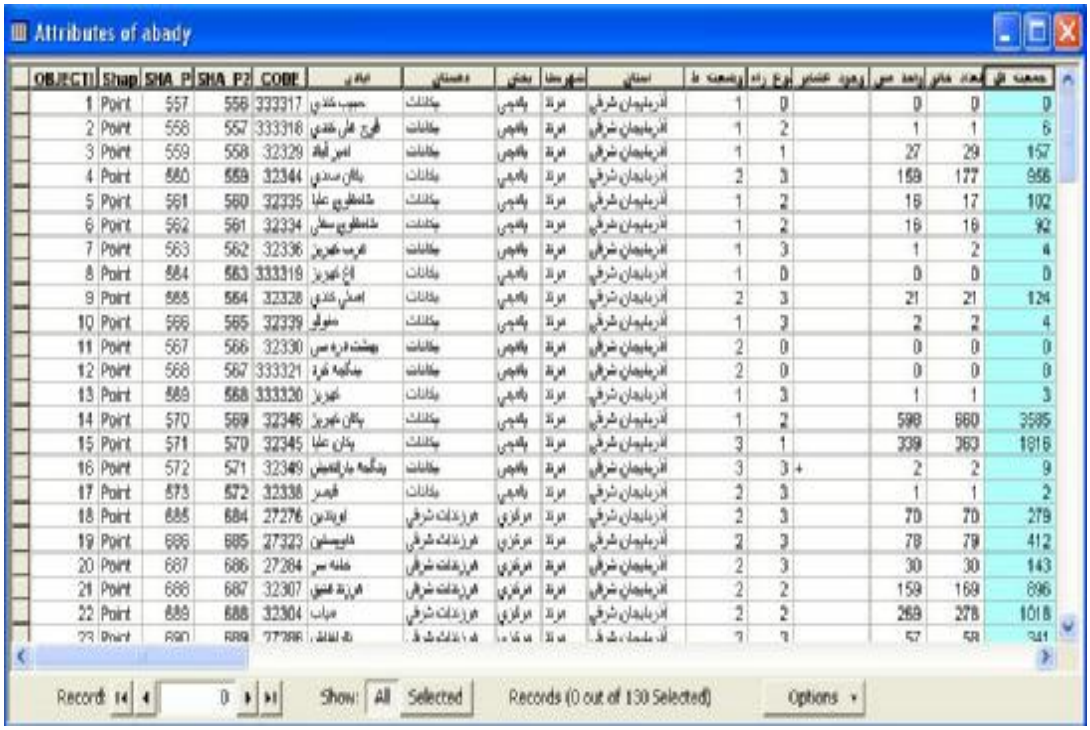
6-2 مفهوم لایه و نقشه در محیط GIS

معمولا عوارض زمین در محیط GIS به صورت لایه‌های مجزا در یک تقسیم‌بندی منطقی تحت عنوان Themes یا Layers ایجاد می‌شوند. در اصل، چنین لایه‌های در قالب عوارض برداری، رستری، TIN ، DEM و حتی لایه‌های اتوکد در محیط هر نوع نرم‌افزار GIS قابل ذخیره‌شدن، ویراستاری، تحلیل، مدل‌سازی و نمایش هستند. این مدل‌ها نمایش‌دهنده متغییرهای مکانی مانند: رودخانه‌ها، جاده‌ها، مرزهای بین نواحی، ارتفاعات، کاربری اراضی شهری و هر نوع اطلاعات مرتبط به یک فضای جغرافیائی می‌باشند، که تحت یک سیستم مختصات و تصویر معین باید در بانک‌های اطلاعاتی مرتبط ذخیره شوند. بنابراین هر لایه مکانی دارای یک پایگاه داده همراه (با داشتن یک رابطه منطقی) می‌باشد که ساختار آن در شکل شماره 2-6 نشان داده شده است.



شکل شماره 2-6: لایه‌های اطلاعاتی در فرمت برداری روستاهای شهرستان مرند (از نوع نقطه‌ای)، جاده‌ها و رودخانه‌ها (از نوع خطی) و شهرهای اصلی (از نوع پلیگون) در محدوده شهرستان مرند (از نوع پلیگون) در محیط نرم‌افزار ArcGIS – یادآور می‌شود، لایه‌های مربوط به منحنی میزان‌های ارتفاعی، خاک و زمین‌شناسی به صورت غیرفعال (خاموش) در لیست فهرست لایه‌ها ارائه شده‌اند.

ضمنا اطلاعات توصیفی مرتبط به لایه روستاها - ذخیره شده در یک جدول خصیصه‌ای - توسط شکل شماره 3-6 نشان داده شده است.



شکل شماره 3-6: جدول توصیفی لایه روستاهای شهرستان مرند در برگیرنده ستون‌های اطلاعاتی مختلف

در کل، هر لایه رقومی در محیط نرم افزار ArcGIS شامل ویژگی‌های مندرج در ذیل می‌باشد:

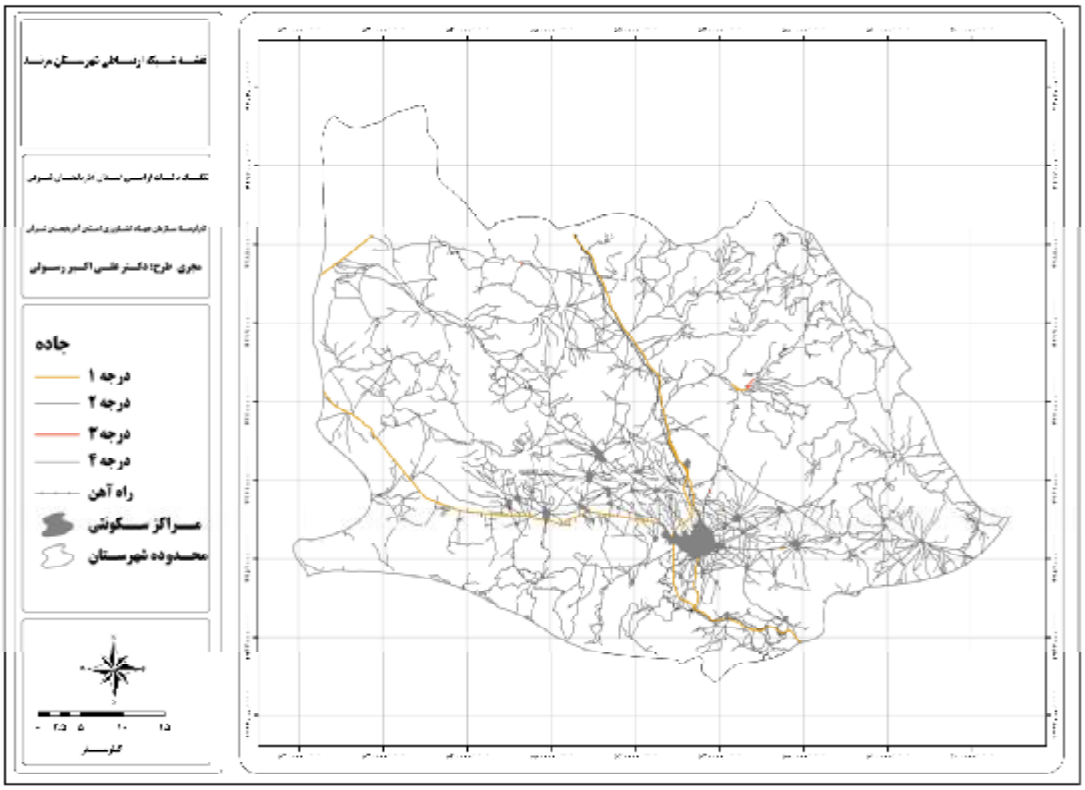
- هر لایه حداقل دارای یک جدول اطلاعات توصیفی که شامل: ستون‌ها و ردیف‌های متعددی است. ستون‌ها نشان-دهنده متغییرهای مانند: اسامی روستاها، تعداد جمعیت و سایر ویژگی مربوط به هر لایه اطلاعاتی هستند. اما ردیف‌ها همانا مشاهدات ذخیره‌شده کلیه عوارض برداری هستند. در جدول اطلاعات توصیفی چند ستون اصلی حاوی ماهیت داده‌ها، موقعیت مکانی و کدهای ویژه برای هر عارضه منفرد جغرافیائی است که توسط نرم‌افزار به صورت اختصاصی ذخیره می‌گردد.
- هر لایه اطلاعاتی دارای مختصات مکانی و سیستم تصویر معین به همراه مقیاس مرتبط می‌باشد.
- می‌توان اطلاعات توصیفی تکمیلی لایه‌ها را در جداول خصیصه‌ای اصلی و یا پایگاه‌های اطلاعاتی مجزا ذخیره و به همدیگر مرتبط نمود.
- توسط هر لایه اطلاعاتی، مشخصه‌های گرافیکی - نمایشگر هر عارضه جغرافیایی - از طریق رنگ‌ها، علائم و الگوهای مختلف قابل ذخیره و نمایش می‌باشند.

اما هر نقشه یا Map نمایشگر مدل‌خلاصه‌شده محیط‌های فیزیکی سطح زمین است که در یک فضای دوبعدی مسطحاتی نمایش داده می‌شود. معمولا، نقشه‌ها دربرگیرنده چند عارضه مکانی مختلف (در حالت لایه‌های رقومی) در محدوده یک فضای جغرافیایی شناخته‌شده به صورت زمین- مرجع هستند. توسط شکل شماره 4-6 چند عارضه اصلی شهرستان مرند شامل: روستاها، رودخانه‌ها، شهرهای اصلی در محیط نرم افزار ArcGIS نشان داده شده است. هرچند هر کدام از عوارض

زمین در حالات مختلف نظیر نقاط، خطوط و پلیگون‌ها در چارچوب یک نقشه قابل نمایش هستند، اما همگی آن‌ها در ویژگی-های مندرج در ذیل اشتراک دارند:

- هر نقشه می‌تواند از یک و یا چند لایه اطلاعاتی تشکیل گردد، که تجمیع و نمایش لایه‌های مختلف بیانگر یک مدل هدفمند از یک منطقه جغرافیایی خواهد بود.
- هر نقشه می‌تواند دارای انواع سیستم‌های مختصات مختلف و سیستم تصویر (تبدیل) متفاوتی باشد.
- داده‌های توصیفی ذخیره شده د ر جداول خصیصه‌ای با عوارض گرافیکی دارای روابط منطقی هستند.
- همه داده‌های مکانی و غیرمکانی به صورت رقومی در پایگاه اطلاعات مرتبط ذخیره شده اند.
- اغلب داده‌ها قابل ویراستاری، تغییر، تبدیل، ترکیب، تحلیل و نمایش در فرمت‌های شناخته شده هستند.
- هر نقشه در محیط نرم‌افزاری باید دارای عناصر کارتوگرافیکی مانند: مقیاس، علامت شمال، شبکه مختصات جغرافیائی، راهنمای نقشه و عنوان مربوطه باشد.

به‌منظور ایجاد مدل‌های خروجی می‌توان با استناد به روش‌های کارتوگرافی نقشه‌های کاربردی مختلفی را تولید و عرضه داشت. در شکل شماره 4-6 در محدوده شهرستان مرند ویژگی‌های لایه‌های جاده‌ها و مراکز شهری اصلی به همراه کلیه عناصر نقشه نشان داده شده است.



شکل شماره 4-6: نقشه جاده‌ها و شهرهای اصلی شهرستان مرند

در محیط ArcGIS لایه‌ها و نقشه‌ها دارای فرمت رقومی قابل تبدیل بوده و معمولا دارای دقت، صحت، مقیاس، واحدهای اندازه‌گیری، نمایشگرهای گرافیکی و جغرافیائی خاص خود می‌باشند (رسولی، 1384).

6-3 لایه‌های اطلاعات شهری استاندارد

اصولا، تدوین استانداردهای معتبر در ارتباط با لایه‌های اطلاعات شهری توسط سازمان نقشه‌برداری، به عنوان متولی فنآوری GIS کشور صورت می‌گیرد. اما، در چند سال گذشته سایر سازمان‌ها و ادارات ذیربط فرمت‌ها و قالب‌بندهای خاص خود در زمینه ایجاد و بهره‌برداری از پایگاه‌های اطلاعاتی را مطرح نموده‌اند. در ذیل، خصوصیات اصلی ارقام داده‌های مکانی و توصیفی مرتبط ارائه شده است.

6-3-1 لایه‌های محدوده‌های شهر

ویژگی‌های اصلی لایه‌های اطلاعاتی محدوده‌های شهری در جدول شماره 1-6 ارائه شده است.

جدول شماره 1-6: ویژگی‌های اصلی ارقام مکانی و توصیفی محدوده‌های شهری

نام زیر کلاس	عارضه (اقلام مکانی موردنیاز)	اقلام توصیفی تخصصی
تقسیم‌بندی های عمومی شهری	محدوده استحفاضی شهر (حریم شهر)	اطلاعات آماری شهرها و نام استان
	حوزه شهری	نام استان
	محدوده قانونی شهر	
	محدوده خدمات شهری	
	منطقه شهرداری	شماره منطقه
	ناحیه	شماره ناحیه
	محله	شماره محله و هویت محلی
	بلوک شهری	شماره بلوک- شماره پستی- اطلاعات آماری- شماره کاربری و شماره ممیزی
	فضای باز و ساخته‌شده در شهر (احجام و سطوح موجود و پیش بینی شده)	
تقسیم‌بندی های تخصصی شهری	منطقه توزیع برق	نام منطقه- تعداد مشترکین- تعداد پست برق و طول خطوط
	منطقه آب و فاضلاب	شماره منطقه- تعداد ناحیه ها- تعداد زون‌ها و تعداد مشترکین
	منطقه پستی	شماره منطقه پستی- تعداد واحدهای پستی و تعداد صندوق-های پستی
	مرز خدمات تلفنی	شماره منطقه پستی
	منطقه تلفن شهری	شماره منطقه و تعداد مراکز تلفن
	محدوده مراکز تلفنی	
	مرز کافویی و اونویی	شماره کافو و اونو- نام مرکز تلفن و نام محدوده مراکز تلفنی

ادامه جدول شماره 1-6

تقسیم‌بندی های تخصصی شهری	ناحیه گازرسانی	شماره ناحیه و تعداد زیرناحیه
	زیرناحیه گازرسانی	شماره زون ناحیه گاز و شماره زیرناحیه گاز
حوزه‌های آماری و سرشماری	حوزه آماری و سرشماری عمومی نفوس و مسکن	سال سرشماری- سایر اطلاعات آماری مربوطه
	حوزه آماری و سرشماری عمومی کارگاهی (صنعت و معدن)	شماره حوزه- سال سرشماری و سایر اطلاعات آماری مربوطه
	حوزه آماری و سرشماری عمومی کشاورزی	شماره حوزه- سال سرشماری و سایر اطلاعات آماری مربوطه

6-3-2 لایه‌های معابر شهری

ویژگی‌های اصلی لایه‌های اطلاعاتی معابر شهری اعم از ارقام مکانی و توصیفی تخصصی در جدول شماره 2-6 ارائه شده است.

جدول شماره 2-6: ویژگی‌های اصلی ارقام مکانی و توصیفی معابر شهری

نام زیر کلاس	عارضه (اقلام مکانی مورد نیاز)	اقلام توصیفی تخصصی
معابر درجه یک	آزاد راه	سرعت مجاز و سرعت ترافیک
	بزرگراه	
	راه عبوری (راه آسفالته)	
معابر درجه دو	خیابان اصلی	عرض- تعداد باند- یک طرفه- جهت حرکت- سرعت مجاز- سرعت ترافیک و زیرگذر و روگذر
	خیابان فرعی	عرض- یک طرفه- سرعت مجاز و سرعت ترافیک
معابر درجه سه	کوچه	عرض
	بن‌بست	عرض
سایر معابر	زیرگذر شهری	طول مسیر و مبلمان شهری موجود
	عبور وسایط نقلیه موتوری	سطح تردد و سرعت مجاز
	عبور دوچرخه	سطح تردد و سرعت مجاز
	پیاده رو	عرض
	میدان	فضای سبز- عوارض و مبلمان شهری موجود و نشانه‌های شهری (بلی- خیر)
	رفوژ	عرض
	پله	
	رمپ و لوپ	
	جوی و جدول	عرض- عمق

	لجکی شهری	فضای سبز
	پل	طول دهنه- ارتفاع- طول تاج- جنس پل و ظرفیت پل

ادامه جدول شماره 6-2

سایر معابر	خط اتوبوسرانی	شماره خط- نام مسیر- طول مسیر- تعداد ایستگاه‌ها- نوع (برقی- غیر برقی- خط ویژه)- عرض- ابتدا و انتها
راه آهن ها	راه آهن شهری (مترو)	طول مسیر- شماره مسیر- تعداد ایستگاهها- ابتدا- انتها و وضعیت کاربری
	راه آهن غیرشهری	عرض حریم- تعداد خطوط و وضعیت کاربری

6-3-3 لایه‌های تاسیسات شهری

ویژگی‌های اصلی ارقام مکانی و توصیفی تخصصی ذخیره‌شده در لایه‌های اطلاعاتی تاسیسات شهری در جدول شماره 6-3 ارائه شده است.

جدول شماره 6-3: ویژگی‌های اصلی ارقام مکانی و توصیفی تاسیسات شهری

نام زیر کلاس	عارضه (اقلام مکانی مورد نیاز)	اقلام توصیفی تخصصی
شبکه توزیع برق	پست روی زمین	شماره پست- نام و نسبت تبدیل
	پایه خط هوایی	شماره پایه- تیپ پایه و سطح ولتاژ
	مفصل	شماره مفصل- نوع (خشک و روغنی)- جنس مفصل و عمق
	پست زیر زمینی	شماره پست-نسبت تبدیل و عمق
	پست هوایی	شماره پست-نسبت تبدیل و ارتفاع
	کابل زیر زمینی	نام خط- شماره خط- تعداد مدار- طول مسیر- عمق و ولتاژ
	منهول	شماره منهول
	حوضچه روغن	شماره حوضچه- نام و نوع
شبکه توزیع آب	شیر هوا	عمق- قطر شیر و جنس
	شیر فشار شکن	عمق- قطر شیر و جنس
	شیر انشعاب	عمق- قطر شیر و جنس
	شیر آتش نشانی	قطرشیر- عرض از مبدا و جنس
	شیر یک طرفه	عمق- قطر شیر و جنس
	شیر قطع و وصل	عمق- قطر شیر و جنس
	شیر درب منازل (چکمه ای)	عمق- قطر شیر و جنس
	حوضچه شیر	عمق عرض از مبدا
	تصفیه خانه آب	نام تصفیه خانه- ظرفیت اسمی- نوع- منبع تامین آب- ظرفیت بهره برداری و ابعاد
	مخزن ذخیره آب تصفیه شده	نوع(زمینی- هوایی)- نام- جنس- ظرفیت و ارتفاع

شبکه جمع‌آوری فاضلاب	کانال فاضلاب	عمق- ابعاد- شیب- جنس و فاصله سقف کانال تا سطح زمین
	تصفیه خانه فاضلاب	کد- نام تصفیه خانه- ظرفیت اسمی- نوع و ظرفیت بهره‌برداری

ادامه جدول شماره 3-6:

شبکه جمع‌آوری فاضلاب	منهول	نوع- عمق- جنس- سال احداث- دارای پله و فاقد پله و تعداد لوله های متصل به منهول
شبکه جمع‌آوری آب-های سطحی	نهر و جوی	نام و نحوه ایجاد (نامعلوم- طبیعی- مصنوعی)
	کانال جمع‌آوری آب‌های سطحی	نوع (روباز- روبسته) نام- عرض و عمق
شبکه خطوط انتقال مخابرات	ساختمان مرکز تلفن	شماره منطقه تلفن شهری و نام مرکز تلفن
	کانال مخابرات	نوع و تعداد داکت
	حوضچه (منهول)	شماره شیت نقشه 1:2000 مربوطه- شماره حوضچه- نوع حوضچه و تیپ حوضچه
	کابل مخابرات	نوع(فیبر نوری- کابل مسی)- قطر و زوج
	کافو و اونو	شماره منطقه تلفن شهری- نام مرکز تلفن- شماره کافو یا اونو و ظرفیت
	پست مخابرات	شماره پست- نام مرکز تلفن- شماره کافو و اونو و منطقه تلفن شهری
شبکه توزیع گاز	شبکه کمربندی گاز	
	خط لوله گاز	فاصله لوله گاز- قطر لوله گاز- جنس لوله گاز- عمق لوله گاز و شماره خط
	شیر گاز	فاصله- عمق- شماره شیر- نوع- جنس و قطر
	انشعاب	شماره انشعاب
	ایستگاه تقلیل فشار گاز	ظرفیت- آدرس و شماره ایستگاه

6-3-4 لایه‌های عوارض تخصصی تاسیسات شهری (خدمات عمومی)

ویژگی‌های اصلی ارقام مکانی و توصیفی تخصصی ذخیره‌شده در لایه‌های اطلاعاتی سایر عوارض تخصصی تاسیسات شهری در جدول شماره 4-6 ارائه شده است.

جدول شماره 4-6: ویژگی‌های اصلی ارقام مکانی و توصیفی سایر عوارض تخصصی تاسیسات شهری (خدمات عمومی)

نام زیر کلاس	عارضه (اقلام مکانی مورد نیاز)	اقلام توصیفی تخصصی
تخصصی برق	نیروگاه	نام نیروگاه- نسبت تبدیل ترانس- قدر نامی- قدرت عملی و نوع (بخاری- گازی- ابی- سیکل ترکیبی)
	خط انتقال نیرو	نام خط- ولتاژ و حریم خط
	پست انتقال نیرو	نام پست و نسبت تبدیل (کیلو وات)
	دکل انتقال نیرو	شماره دکل- تیپ دکل و سطح ولتاژ

تخصصی آب و فاضلاب	خط انتقال آب	قطر خط انتقال- جنس- ضخات جدار لوله- عمق و حریم
	خط انتقال فاضلاب	قطر خط انتقال- جنس- ضخات جدار لولهعمق لوله گذاری

ادامه جدول شماره 4-6:

تخصصی آب و فاضلاب	کانال آب	نوع(روباز- روبسته)- نام- عرض و عمق
تخصصی مخابرات	آنتن مخابراتی	
تخصصی زمین شناسی	گسله	نوع(اصلی- فرعی- احتمالی)- سازوکار(راستالغز- رورانده)- شیب- جهت شیب- امتداد و نوع فعالیت (فعال یا غیر فعال)
	محل گمانه	نوع- عمق- جنس
	واحد سنگ	نوع(تخریبی- رسوبی- آذرین) و سن (دوران زمین‌شناسی)
	ژئومورفولوژی	نوع (سیل- فرونشست و زمین‌لغزه)
نواحی شهری	سطح آب زیرزمینی	میزان سطح ایستایی آب
	ایستگاه هواشناسی	نوع (ایستگاه باران سنجی- سینوپتیک- جوبالا- اقلیم شناسی- دریایی و کشاورزی)
	واحد خاک	نوع (براساس طبقه بندی جهانی Unififd-ISRMI)

6-3-5 لایه‌های طرح توسعه شهری

ویژگی‌های اصلی ارقام مکانی و توصیفی مورد نیاز در اجرای طرح های توسعه شهری در جدول شماره 5-6 ارائه شده است.

جدول شماره 5-6: ویژگی‌های اصلی لایه‌های اطلاعاتی در طرح‌های توسعه شهری

نام زیر کلاس	عارضه (اقلام مکانی مورد نیاز)	اقلام توصیفی تخصصی
طرحهای توسعه شهری	طرح جامع	نام طرح و شماره طرح
	طرح تفضیلی	نام طرح و شماره طرح
	طرح هادی	نام طرح و شماره طرح

6-3-6 لایه‌های اطلاعاتی مراکز و ساختمان‌ها و مناطق (محدوده‌ها)

ویژگی‌های اصلی لایه‌های اطلاعاتی (شامل ارقام مکانی و توصیفی) مراکز و ساختمان‌ها و مناطق (محدوده‌ها) در جدول شماره 6-6 ارائه شده است.

جدول شماره 6-6: ویژگی‌های اصلی لایه‌های اطلاعاتی مراکز و ساختمان‌ها

نام زیر کلاس	عارضه (اقلام مکانی مورد نیاز)	اقلام توصیفی تخصصی
ساختمان و بلوک ساختمان	بلوک ساختمانی	شماره بلوک مطابق سیستم کد پستی- شماره ممیزی
	قطعه زمین	شماره قطعه زمین- مالکیت- اطلاعات ممیزی
	ساختمان منفرد	نوع(فلزی- بتنی)- سال ساخت- تاریخ آخرین مرمت- نوع کاربری غالب(مسکونی- تجاری-صنعتی و غیره)- شماره ردیف ساختمان در گشت پستی-تعداد واحد- تعداد طبقات
	واحدهای ساختمانی(فقط جدول توصیفی)	کد پستی- شماره ردیف ساختمان در گشت پستی- منحصر به فرد- کاربری واحد
	بلند مرتبه	نوع(فلزی- بتنی)- سال ساخت- تاریخ آخرین مرمت- نوع کاربری غالب(مسکونی- تجاری-صنعتی و غیره)- شماره ردیف ساختمان در گشت پستی-تعداد واحد- تعداد طبقات
	کلبه	
	خرپشته	
	نورگیر	
	تراس	
محدوده و ساختمان خدمات عمومی	آب انبار	
	آسیاب	
	پارکینگ	گنجایش- نوع(خصوصی-دولتی)
	مرکز پلیس- ناحیه انتظامی	
	دامداری	
	مرغداری	
	مرکز دفع زباله	
	مرکز جمع آوری اجناس اسقاطی	
	هتل	
	ایستگاه راه آهن شهری (ایستگاه مترو)	
	ایستگاه راه آهن غیر شهری	
	پایانه(ترمینال)	
	ایستگاه اتوبوس	
	مرکز یا منطقه صنعتی	
	مرکز یا منطقه تجاری	
	مرکز یا منطقه ممنوعه	
	مرکز یا منطقه آموزشی	نوع(شبانه- غیر انتفاعی- روزانه- پیام نور- تربیت معلم- دولتی- آزاد- مدرسه عالی)
	مرکز یا منطقه درمانی و بهداشتی	

	مکان مذهبی	
	مکان باستانی	
	ایستگاه آتش نشانی	تجهیزات موجود
	سازه آبی	
	تاسیسات حفاظتی	
	مرکز یا منطقه ورزشی	
	مرکز یا منطقه اداری	
	فرودگاه	
	بندر	

ادامه جدول شماره 6-6:

محدوده و ساختمان خدمات عمومی	موج شکن	
	منطقه نمایشگاه	
	مقبره	
	محوطه انبار	
	مرکز فرهنگی	
	گورستان	
	بازار	
	جایگاه سوخت گیری(بنزین و گاز مایع)	
	مرکز یا منطقه تفریحی و جهانگردی	
	سیلو	
	باسکول	
	دودکش	
	هواکش مترو	
	حصار	
	محل فرود هلیکوپتر	
	برج دیده بانی هواپیمائی	

6-3-7 لایه‌های اطلاعات پوشش گیاهی شهری

ویژگی‌های اصلی لایه‌های اطلاعاتی (شامل ارقام مکانی و توصیفی) پوشش گیاهی در جدول شماره 7-6 ارائه شده است.

جدول شماره 7-6: ویژگی‌های اصلی لایه های اطلاعاتی در برگیرنده داده‌های پوشش گیاهی شهری

نام زیر کلاس	عارضه (اقلام مکانی مورد نیاز)	اقلام توصیفی تخصصی
فضای سبز	چمن‌کاری	مساحت
	شالیزار	
	پارک	تجهیزات و تاسیسات موجود- مبلمان شهری موجود- امکانات تفریحی و خدماتی- تاریخ تاسیس- مساحت- سطح پوشش فضای سبز و سطح پوشش معابر
	سیفی‌کاری	

	تک‌درخت	
	زمین کشاورزی	
	ردیف درخت	
	محدوده درختکاری	
	باغات	قدمت باغ و ارزش میراث فرهنگی (دارد- ندارد)

6-3-8 لایه‌های اطلاعات عوارض آبی شهری

ویژگی‌های اصلی لایه‌های اطلاعاتی (ارقام مکانی و توصیفی) عوارض آبی در جدول شماره 8-6 ارائه شده است.

جدول شماره 8-6: ویژگی‌های اصلی لایه‌های اطلاعاتی عوارض آبی شهری

نام زیر کلاس	عارضه (اقلام مکانی مورد نیاز)	اقلام توصیفی تخصصی
پهنه‌های آبی	دریاچه	طعم آب و وضعیت تداوم (نامعلوم- فصلی- دائمی)
	ساحل	
	خور	
	استخر	وضعیت کاری (در دست احداث- در حال بهره برداری و متروکه)
مسیرهای آبی	رودخانه	
	مسیل	دبی- آلودگی- ph- چگالی- کیفیت آب و کمیت آب
	زه کش	
	قنات	عمق مادر چاه- آبدهی قنات- طول قنات- عمق مادر چاه شاخه دار فرعی- نوع(شهری- غیر شهری دشتی- غیر شهری روستایی- غیر شهری کوهستانی) و عمق میله چاه
عوارض آبی نقطه‌ای	چاه	نوع(چاه عمومی شهرداری- چاه شرکت آبفا- چاه شخصی) و عمق
	چشمه	دمای نسبی
	آبشار	
پهنه‌های غیر خشک	باتلاق	
	برکه	
	تالاب	
	مرداب	
	نیزار	
	مانداب	

6-3-9 لایه‌های اطلاعات ارتفاعات شهری

ویژگی‌های اصلی لایه‌های اطلاعاتی (شامل ارقام مکانی و توصیفی) ارتفاعات شهری در جدول شماره 6-9 ارائه شده است.

جدول شماره 6-9: ویژگی‌های اصلی لایه‌های اطلاعات ارتفاعات شهری

نام زیر کلاس	عارضه (اقلام مکانی مورد نیاز)	اقلام توصیفی تخصصی
گودبرداری و دپو	گودبرداری	
	دپو	
نقاط ارتفاعی	مدل شیب مستخرج از مدل DEM	
	جهت ناهمواری مستخرج از مدل DTM	
خاکریزها	خاکریز	
	سیل بند	
منحنی‌های میزان	منحنی‌میزان اصلی	
	منحنی‌میزان تقریبی	
	منحنی‌میزان شاخص	
	منحنی‌میزان واسطه	

6-3-10 لایه‌های اطلاعات نقاط شهری

ویژگی‌های اصلی لایه‌های اطلاعاتی (شامل ارقام مکانی و توصیفی) نقاط کنترل در جدول شماره 6-10 ارائه شده است.

جدول شماره 6-10: ویژگی‌های اصلی لایه های اطلاعاتی نقاط کنترل شهری

نام زیر کلاس	عارضه (اقلام مکانی مورد نیاز)	اقلام توصیفی تخصصی
ژئودزی	نقطه ژئودزی	
ترازیابی	بنچ مارک	
	مرکز عکس	

فتوگرامتری	نقطه کنترل ارتفاعی	
	نقطه کنترل مسطحاتی	
	نقطه کنترل ارتفاعی و مسطحاتی	
	نقطه کنترل مثلث‌بندی	

6-3-11 لایه‌های اطلاعات سایر عوارض شهری

ویژگی‌های اصلی لایه‌های اطلاعاتی (شامل ارقام مکانی و توصیفی) سایر عوارض شهری در جدول شماره 11-6 ارائه شده است.

جدول شماره 11-6: ویژگی‌های اصلی لایه‌های اطلاعاتی سایر عوارض شهری

نام زیر کلاس	عارضه (اقلام مکانی مورد نیاز)	اقلام توصیفی تخصصی
مبلمان شهری	آب نما	مساحت- ارتفاع فواره
	دریچه تنظیم آب	
	توالت عمومی	
	کیوسک	
	باجه تلفن	
	صندوق پست	
	دوربین ترافیک	
	تابلو	نوع (چوبی_فلزی و غیره)
	نیمکت	
مخازن	مخزن گازوئیل	
	مخزن بنزین یا نفت	

6-4 جمع بندی

امروزه، فرآوری و آماده‌سازی لایه‌های رقومی و نقشه‌های مرتبط به همراه اطلاعات توصیفی فوق‌العاده حائز اهمیت تلقی می‌گردد. به همین منظور، با هدف رسیدن به کاربردهای مطلوب و اقتصادی هر GIS شهری، باید اطلاعات به گونه‌ای تهیه، آماده‌سازی و ذخیره گردد، که در مراحل تحلیلی به‌توان از آن‌ها کاملترین بهره‌برداری را اعمال نمود. به‌صورت نهادینه، ایجاد لایه‌ها و نقشه‌های شهری تخصصی این امکان را فراهم می‌آورد که در روند مدیریت هوشمندانه شهرهای امروزی کاربردهای متعددی را می‌توان انتظار داشت.

سئوالات فصل شش:

1) ویژگی‌های اصلی یک پایگاه اطلاعاتی را تشریح نمائید.
2) یک لایه رقومی چه مشخصاتی دارد؟ ذکر کنید.
3) پایگاه اطلاعات هر لایه از چه عناصری تشکیل شده است؟
4) یک لایه با یک قطعه نقشه جغرافیائی چه تفاوتی دارد؟
5) عناصر اصلی در یک نقشه را ذکر کنید.
6) در لایه‌های مربوط به پوشش گیاهی شهری چه اطلاعاتی باید ذخیره گردد؟
7) در محیط نرم افزار ArcGIS اطلاعات توصیفی در چه محلی ذخیره می‌شوند و چگونه؟
8) به نظر شما، اطلاعات مورد نیاز مناطق شهرداری‌های تابعه استان آذربایجان شرقی چه مشخصاتی باید داشته باشند؟
9) امتیازات و محدویت‌های ذخیره اطلاعات در محیط GIS را شرح دهید.
10) هدف اصلی تولید و نگه‌داری لایه‌های اطلاعاتی چیست؟

منابع تکمیلی برای مطالعه :

1) خواجه، خسرو (1378) بازنگری داده‌های جغرافیایی چارچوبی برای تولید داده‌های بهنگام جهت GIS، مجله سپهر، شماره 30
2) رسولی، علی‌اکبر (1388) تحلیل‌های مکانی در محیط GIS، زیرچاپ
3) عظیم زاده، اشرف (1378) ذخیره‌سازی داده‌ها، مجله سپهر، شماره 32
4) قدوسی، مهران (1378) تلفیق GIS , CAD برای به تصویرکشیدن تغییرات منظر در محیط GIS، مجله شهرنگار، شماره 8
5) مقدمی، صدیقه (1376) توسعه مکمل GIS و فنآوری اطلاعات IT، مجله نقشه‌برداری، شماره 4

1) Heywood, I., Cornelius, S., and Carver, S. (2006) An Introduction to Geographical Information Systems. Prentice Hall. 3rd edition.
2) Jankowski, P. (1995) Integrating geographical information systems and multiple criteria decision-making methods. International Journal of Geographical Information Systems 9 251 – 273
3) Kraak, M, J. and Brown, A. (2001) Web Cartography: development and prospects. Taylor & Francis, UK.
4) The Government Center for Information Systems (1994) An Introduction to Geographic Information Systems, UNISYS, HMSO Publications Center, UK.
5) Yeh, A. G. O. and Qiao, J. (2004b) ModelObjects—a model management component for the development of planning support systems" Computers, Environment and Urban Systems

منابع و مآخذ نهایی (فارسی):

1) آقامحمدی حسین، محمد سعدی مسگری و رضا نورجو (1384) مدلسازی مکانی برای کاهش خسارت‌های بحران زلزله در ایران، همایش سیستم های اطلاعات مکانی 84، تهران.
2) آلنتاوینو و مایکل مینامی، ترجمه میرمحمد میرصادقی (1387) خودآموز ArcGIS9.3، انتشارات جهاد دانشگاهی واحد اصفهان.
3) ابره‌دری، حسن و جمیل صادقی فر (1385) بررسی نقش سیستم اطلاعات جغرافیایی GIS در مدیریت حوادث غیرمترقبه، سومین کنگره بین المللی بهداشت درمان و مدیریت بحران در حوادث غیرمترقبه، تهران.
4) ابلقی، علیرضا (1383) بافت‌های فرسوده در سکونت‌گاههای شهری و روستایی و خطر زلزله، هفت‌شهر، سال پنجم، شماره 17
5) احمدی دستجردی، حمید (1382) پیشینه زلزله در ایران، ماهنامه شهرداری‌ها، شماره 58
6) ایازی، سیدمحمد (1385) شناسایی بافت‌های فرسوده با استفاده از سیستم‌های اطلاعات مکانی (GIS)، همایش ژئوماتیک 85، سازمان نقشه‌برداری کشور، تهران.
7) بحرینی، حسین (1371) مفهوم و شناخت طرح ریزی کالبدی، مجموعه مقالات طر ریزی کالبدی، مرکز مطالعات و تحقیقات شهرسازی و معماری ایران.
8) پسند، امین و شکوهی، علی (1386) استخراج شاخص‌های شناسایی بافت‌های فرسوده شهری با GIS (نمونه مطالعاتی محله حسینیه زنجان)، اولین همایش GIS شهری
9) پورکرمانی، محسن و آرین، مهران (1377) لرزه خیزی ایران، انتشارات دانشگاه شهید بهشتی.
10) تی تی دژ، امید (1387) خودآموز ArcGIS9.x، انتشارات علم و معمار.
11) ثنایی‌نژاد، سیدحسین (1378) مقدمه‌ای بر سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی (GIS)، انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد.
12) حبیبی، کیومرث (1385) توسعه کالبدی، بهسازی و نوسازی بافت کهن شهر زنجان با استفاده از GIS، پایاننامه دوره دکتری جغرافیا و برنامه ریزی شهری، دانشگاه تهران.
13) حسین زاده دلیر، کریم (1384)؛ برنامه ریزی ناحیه ای، انتشارات سمت.
14) حسین‌زاده‌دلیر، کریم، پورمحمدی، محمدرضا و سلطانی، علیرضا (1387) طرح‌های شهری ایران از قلمرو تهیه تا واقعیت آن در اجرا (مورد مطالعه: طرح جامع تبریز). فصلنامه جغرافیا و توسعهٔ ناحیه‌ای، شماره 11
15) خواجه، خسرو (1376) نظریهٔ اطلاعات فضـــایی بـــه‌عنوان مبنـــایی بـــرای GIS، سپهر، شمارهٔ 22
16) دادرست، محمدجواد (1379) معیارهـــای انتخاب یک نرم افزار GIS مناسب، سپهر، شمارهٔ 35
17) دادور، عبدالله (1381) مدیریت بحران، فصلنامه فرهنگ ایمنی، سال سوم، شماره‌های 8 و 9
18) رحمتی زاده شیما، دلاور، محمودرضا، آل‌شیخ، علی اصغر و متصدی، سعید (1383) استفاده از پایگاه داده زمانمند در مدیریت کیفیت هوا، همایش ژئوماتیک83، تهران.
19) رسولی، علی‌اکبر (1371) مروری بر سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی، سپهر، شمارهٔ 3
20) رسولی، علی‌اکبر (1371) مروری بر سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی، سپهر، شمارهٔ 4
21) رسولی، علی‌اکبر (1378) اصول طراحی تصاویر جغرافیایی در محیط GIS، سپهر، شمـــارهٔ 29
22) رسولی، علی‌اکبر (1384) تحلیلی بر فنآوری GIS، اداره چاپ و انتشارات دانشگاه تبریز
23) رسولی، علی‌اکبر (1387) مبانی سنجش‌ازدور کاربردی با تاکید بر پردازش تصاویر ماهواره‌ای، اداره چاپ و انتشارات دانشگاه تبریز.
24) رضاپور، رفعت (1385) کاربرد سیستم اطلاعات جغرافیایی GIS در مدیریت بحران، سومین کنگره بین المللی بهداشت، درمان و مدیریت بحران در حوادث غیرمترقبه.
25) سازمان محیط‌زیست ایران (1380)؛ دستورالعمل مکانیابی محل دفن بهداشتی پسماندها، اداره کل حفاظت محیط زیست استان‌ها در سطح کشور.
26) سرتاج، محمد، محمدباقر صدوق و حمید جلالوندی (1386) کاربرد سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی در مکانیابی محلهای دفع پسماند ویژه، سومین همایش ملی مدیریت پسماند.
27) سنجری، سارا و امید سعادتیار (1388) پروژهای کاربردی GIS، انتشارات عابد.

28) شیخ محمدزاده، عباس (1383) بررسی تحلیل طراحی شهری با تاکید بر مدلسازی ترافیک با استفاده از سیستم‌های اطلاعات مکانی، پایاننامه کارشناسی ارشد GIS دانشکده فنی تهران.
29) قدسی پور، حسن (1384) فرایند تحلیل سلسله مراتبی، تهران، انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی تکنیک تهران).
30) قلمبر دزفولی، راما و محسن محمدزاده (1386) نقش GIS در توسعه پایدار شهری از طریق تولید نقشه‌های زیست‌محیطی و برنامه‌ریزی فضای سبز شهری، اولین همایش GIS شهری.
31) کریم‌زاده، غلامرضا و افسانه بردبار (1385) کاربرد سامانه اطلاعات مکانی در برنامه‌ریزی کاربری فضای سبز (بوستان‌های شهری) مطالعه موردی شهر قدس، سومین همایش سیستم‌های اطلاعات مکانی، تهران.
32) مجیدی، حسین (1372) تولید و نمـــایش تصویری داده‌هـــا در GIS، مجله نقشه‌برداری، شمارهٔ 14
33) محمودزاده، حسن (1385) کاربرد روش همپوشانی وزن‌دار با هدف مدلسازی توسعه فیزیکی شهر تبریز به طرف گسل شمالی تبریز در محیط GIS، اولین همایش ملی مدیریت بحران زلزله در شهرهای دارای بافت تاریخی.
34) مختاری، مهدی و آرش صفائی اصل، کاظم رنگزن و محمدعلی فیروزی (1385) مدلسازی توسعه عملکردهای شهری و کاربرد مدلهای زیست‌محیطی در محیط GIS برای تعیین مناطق مستعد برای توسعه فیزیکی شهر، سومین همایش سیستمهای اطلاعات مکانی، تهران.
35) مخدوم، مجید و همکاران (1380) ارزیابی و برنامه‌ریزی محیطزیست با سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی (GIS) ، تهران، انتشارات دانشگاه تهران.
36) مدیری، مهدی (.137) اشاره، GIS سنتی و پویا، مجلهٔ سپهر، شمارهٔ 10
37) مدیری، مهدی و خسرو خواجه (1377) کارتوگرافی مدرن GIS، سیستم اطلاعات کارتوگرافی، تهران، انتشارات سازمان جغرافیایی وزارت دفاع و پشتیبانی نیروهای مسلح.
38) مدیریت سیستم اطلاعات جغرافیایی سازمان نقشه‌برداری کشور (1375) سیستم اطلاعات جغرافیایی، انتشارات سازمان نقشه-برداری کشور.
39) مرکز اطلاعات جغرافیایی شهر تهران (1376) کاربرد سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی در جهان، مرکز اطلاعات جغرافیایی شهر تهران وابسته به شهرداری تهران.
40) منوری، مسعود (1370) مکان‌یابی محل‌های دفن مواد زاید جامد، دفتر محیطزیست انسانی، سازمان حفاظت محیط زیست تهران.
41) مینامی، مایکل و دیگران، ترجمه میرمحمد میرصادقی (1386) آموزش نرم افزارArcGIS9.x_ ArcMap جلد اول، انتشارات فرات.
42) ناظری مصطفی، محمدرضا انصاری، آقاجان مولا و ابراهیم کهنسال (1386) کاربرد سنجش‌ازدور (RS) و سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) در مدیریت بحران و پهنه‌بندی خطر شهرهای ساحلی دریای خزر، اولین همایش GIS شهری.
43) نقدی، کریم، محمد سعادت سرشت، علی منصوریان و محمد جواد ولدان زوج (1385) بهینه‌سازی اسکان موقت در مدیریت بحران، سامانه‌های اطلاعات مکانی 85، سازمان نقشه‌برداری کشور، سازمان منطقه آزاد قشم.
44) نوریان، فرشاد (1375) مقدمه بر سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی شهری، مرکز اطلاعات جغرافیایی تهران.
45) نوریان، فرشاد و ویلیام هاکسهولد (1380) مقدمه ای بر سیستم های اطلاعات جغرافیایی شهری، انتشارات شرکت پردازش و برنامه‌ریزی شهری.
46) نیرآبادی، هادی و سید محمود حاجی‌میررحیمی (1387) بکارگیری روش‌های سلسله مراتبی و فازی در مکانیابی دفن زباله؛ همایش ژئوماتیک 87، تهران.
47) وجودی، مهدی (1381) سایت تخصصی پایگاه تخصصی مهندسی عمران و زلزله ایران به نشانی: http://www.vojoudi.com
48) ولیزاده کامران، خلیل (1385) نرم افزار مدیریت بحران مبتنی بر GIS، سومین همایش سیستم‌های اطلاعات مکانی

یادآور می‌گردد، کلیه اشکال، نقشه‌ها، جداول و معادلات استنادی در متن کتابچه حاضر، مستخرج از کتاب‌های نشرشده (یا درحال انتشار) شامل: "تحلیلی بر فنآوری GIS"، "روش‌های ورود داده‌ها به محیط GIS"، "تحلیل‌های مکانی"، "مبانی سنجش‌ازدور کاربردی با تاکید بر پردازش تصاویر ماهواره‌ای"، تحقیقات متعدد و پایاننامه‌های مدیریت شده (در دانشگاه تبریز و دانشگاه آزاد اسلامی مرند در مقاطع کارشناسی ارشد و دکترا) توسط مولف می‌باشد. بنابراین، در اغلب موارد، به منابع و مآخذ خود نگارنده ارجاع داده نشده است.

منابع و مآخذ نهایی (انگلیسی):

1) Anselin, Luc. (2000) Spatial Analysis of Crime, National Institute of Justice (NIJ). From the World Wide Web: http://www.nij.com.
2) Aronoff, S. (1989) Geographic Information Systems: a management perspective. WDL Publication, Ottawa Canada.
3) Ayeni .b. (1998); "Rural Spatial structures and Geographical Information system for Planning Rural Areas". 31st Annual conference of the Nigerian Geographical Association, Nigeria.
4) Baburajan, K.B. and Stalin, M. (1996) Geographic Information System for Planning Rural Development Programmes, Indian Cartographer, Vol. 16, 148-155.
5) Berkowicz, R. Ketzel, M. Jensen, S.S. Hvidberg, M and Nielsen O.R. (2008) Evaluation and application of OSPM for traffic pollution assessment for a large number of street locations, Environmental Pollution vol.23, No.3, pp.296-303.
6) Bovee, C. L.; Thill, J. V.; Wood, M. B. and Dovel, G. P. (1993) Management, International Ed. Mc Graw Hill Book Co.
7) Brainard, L.A. and Parfitt, J. (1996) Assessing hazardous waste transport risks using a GIS. Internatiol Journal of Geographical Information Systems, 10, 831-849.
8) Burrough, P.A. (1986) Principles of Geographical Information Systems for Land Resource Assessment. Clarendon, Oxford, UK.
9) Curran P. J. (1985) Principles of Remote Sensing, Pub. Longaman Inc., New York.
10) DeMers, M.N. (1997) Fundamentals of Geographic Information Systems. John Wiley & Sons, INC.Brisbane, Australia.
11) Durcansa, Maria (1998) GIS in Transportation Operation; City of Dallas Pilot Project, ESRI User Conference.
12) Elmasri, A. R. and Navathe, S. (2000) Fundamentals of database systems. New York: Addison-Wesleyli.
13) ESRI (1994) Map Projections – Georefrencing Spatial Dada. USA.
14) Ewing, R. (1997) Is Los Angles-Style sprawl Desirable, Journal of the American Planning Association, 63(1):107-126.
15) Farrag, A. (2000) The role of Spot satellite images in mapping air pollution caused byCement Factories, International Archives of photogrammetry and remote sensing. Vol. XXXIII, PartB7. Amsterdam.
16) Foley, J.D. and Van Dam, A. (1982) Fundamentals of Interactive Computer Graphics. Addison-Wesley, USA.
17) Goodchild M. F. and K. K. Kemp (1992) Application issues in GIS, National Center for Geographic Information and Analysis.
18) Hogweg D. M. (2000) Spatio-temporal Visualization and Analysis, MSc Thesis, University of Salford, UK.
19) Interactive Crime Analysis Solution \ www.naxossolution.com.
20) Jat, M. K.; Garg, P. K. and Khare, D. (2008) Modelling of urban growth using spatial analysis techniques: a case study of Ajmer city (India) Source, International Journal of Remote Sensing, Vol. 29, No. 2, pp.543-567.
21) Karbanda, E. and A. Stalworty (1990) Waste Management, Gower, England.
22) Khalesian,M.; Pahlavani, P and Delavar,M.R (2009) A GIS-based Traffic Control Strategy Planning at Urban Intersections, IJCSNS International Journal of Computer Science and Network Security, VOL.9 No.1.
23) Maling, D.H. (1973) Coordinate Systems and Map Projections. George Phillip and Son Limited, London. UK.

24) Matejicek, L. (2005) Spatial modelling of air pollution in urban areas with GIS: A case study on integrated database development, Advance in Geosciences, 4, 63-68.
25) McGuire, P. G. (2000) the NewYork Police Department COMPSTAT Process: Mapping for Analysis, Evaluation, and Accountability. Analyzing Crime Patterns: Frontiers of Practice. pp.
26) Merchant, D.C. (1987) Spatial accuracy specification for large scale topographic maps. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing 53.
27) Ministry of Shipping and Transport (1981-2001) Road Development Plan for India, Indian Roads Congress, New Delhi, India, 1984.
28) Ministry for the Environment, (2000) Good-practice guide for air quality monitoring anddata management.
29) Monmonier, M. (1982) Computer-Assisted Cartography: Principles and Prospects. Prentice-Hall, Englewood Cliffs NJ. USA.
30) Nadi S and Delavar M. (2003) Spatio-Temporal Modeling of Dynamic Phenomena in GIS, Fanland.
31) Peek-asa-c; Ramirez-MR; Shoaf-k; Seligson-H; Karus-JF. (2000) GIS mapping ofearthquake-related deaths and hospital admissions from the 1994 Northrige, California, earthquake. Ann-Epidemiol. 10(1):5-13.
32) Peuquet, D.J. (1984) A Conceptual Framework and Comparison of Spatial Data Models. Cartographica 21.
33) Peuquet, D. J. and Bacastow, T. (1991) Organizational Issues in the Development of Geographical Information Systems: A Case Study of US Army Topoghtaphic Information Automation, International Journal of Geographical Information Systems, Vol. 5, No. 3, pp.303-319.
34) Plumber, L. and Groger, G. (1997) Achieving integrity in geographic information systems: maps and nested maps, GeoInformatica 1(4): 346-367.
35) Robinson, A.H.; J.L. Morrison, P. C.; Muehrcke. A. J. Kimerling and S.C. Guptill (1995) Elements of Cartography. JOHN WILEY & SONS, INC. USA.
36) Samet, H. (1984) The Quadtree And Related Hierarchical Data Structures. ACM Computer Surveys 16 (2).
37) Samet, H. (1989) Applications of Spatial Data Structure. Annison – Wesley Publishing Company, Ontario.
38) Smith, T. R.; Menon S.; Starr J. L. and Estes J. E. (1987) Requirements and Principles for the Implementations and Construction of Large – scale GIS. International Journal of GIS NO 1.
39) Snyder, J. P. (1987) Map Projections. A Working Manual- USGS Perofessional Paper.
40) Sarker, S. and Jain, D. (2008) Use of Geospatial Techniques in Post Earthquake Disaster Mitigation, Symbiosis Institute of Geoinformatics.
41) Shelton, E. (1981) Remote Sensing and Geographic Information System an unrealized potential, Geo-Processing pp 385-420.
42) Tchobanoglous, G.H.; H. Theinsen, and S.Vigil (1993) Integrated Solid Waste Managemnent, Mc Graw-Hill Book Co., New York.
43) Travis, J. (1999) The Use of Computerized Crime Mapping by Law Enforcement: Survey Results. National Institute of Justice Research Preview.
44) Tufte, E.R. (1983) the Visual Display of Quantitative Information. Graphics Press, Press, Cheshire, CT.
45) Yeh, A.G., and X.Li. (2001) Photogrammetric Engineering & Remote sensing vol.67, No.1, pp.88-90.