

سیستم های اطلاعات جغرافیائی (GIS) و کاربردهای آن در کشاورزی

مصطفی قاسمی

کارشناسی ارشد زراعت

نام نویسنده مسئول:

مصطفی قاسمی

چکیده

سیستم های اطلاعات جغرافیائی پایگاههای رایانه ای تخصصی و ویژه ای هستند که حاوی مختصات جغرافیائی و شناسنامه مکانی اطلاعات مربوطه بوده که جهت دریافت، ذخیره سازی و ساخت و پرداخت اطلاعات و ارائه نتایج آنها به صورت های متفاوت مانند نقشه، گراف و روند نما طراحی شده است. وجه تمایز سیستم اطلاعات جغرافیائی با بانک اطلاعات معمولی، فراگیر بودن و هوشمندی نسبی آن است. فراگیر است از آن رو که اطلاعات گرافیکی (مکانی) و اطلاعات غیر گرافیکی (توصیفی و مقداری) مربوط به زمینه های گوناگون یکجا در آن جمع شده است. هوشمند است از آن جهت که قادر به انتخاب تلفیق و تحلیل داده هاست. تعاریف بسیار زیادی از GIS ارائه گردیده است که ساده ترین و جامع ترین تعریف عبارت است از (سیستم های رایانه ای که قادر به نگهداری و پردازش اطلاعات سطح زمین (اطلاعات نقشه) می باشند). دو نوع سیستم اطلاعات جغرافیائی وجود دارد ۱- دستی ۲- اتوماتیک. سیستم دستی در گذشته نیز مورد استفاده قرار می گرفته است. در این روش با قرار دادن دو و یا حداکثر سه نقشه موضوعی به عنوان مثال نقشه ناهمواریها، نقشه انواع خاک و نقشه پوشش گیاهی بر روی یکدیگر و با استفاده از میز روشن اثرات متفاوت این سه عامل را با همدیگر بررسی و در نتیجه فرسایش خاک محاسبه می شده است، که این سیستم معایبی را به همراه داشت. ولی با استفاده از سیستم اتوماتیک بسیاری از مشکلات سیستم دستی از بین رفته و محدودیتی در ترکیب و تلفیق لایه های متفاوت به استثنای حافظه رایانه ای نمی توان قائل شد. GIS از سه جزء به وجود آمده است ۱- سخت افزارها ۲- نرم افزارها ۳- اطلاعات. ابداع و توسعه فن آوری و ابزار تشخیص، سنجش و پردازش تغییرات مکانی خصوصیات کمی و کیفی خاک و محصول به کمک سیستم های ماهواره ای ناوبری جهانی نظیر سیستم آمریکائی مکان یابی جهانی، سیستم روسی ماهواره ای ناوبری جهانی، ماهواره فرانسوی و یا ماهواره آمریکائی مجموعه ای توانمند از ابزار و روش های جدیدی به نام SSF را فراهم نموده است که به کشاورز اجازه می دهد تا تغییرات درون مزرعه ای را سنجش و تحلیل نموده و تخصیص نهاده ها را متناسب با استعداد و نیاز مختلف بهینه سازد.

واژگان کلیدی: اطلاعات جغرافیائی، تکنولوژی GIS، پردازش تغییرات مکانی، ماهواره.

مقدمه

سیستم های اطلاعات جغرافیائی (Geographic information systems) در اوایل دهه ۱۹۶۰ برای اولین بار در کانادا مطرح شد و از آن تاریخ به بعد بر طرفداران آن افزوده شد و در دهه ۸۰ جنبه جهانی پیدا کرد. اکثر کشورهای پیشرفته اقدام به ایجاد سیستم های اطلاعات جغرافیائی ملی و فراگیر نموده تا بتوانند اطلاعات و داده های ذی قیمتی را در اختیار ادارات و شرکت های خصوصی قرار دهند، بدین طریق آنها از دوباره کاری در امر جمع آوری داده ها و رقومی کردن نقشه ها جلوگیری می کنند. GIS در بیست سال اخیر پیشرفت انفجار گونه ای داشته است بطوری که عملیاتی که در حال حاضر به وسیله GIS قابل انجام است در ۲۵ سال قبل غیر قابل تصور بود [۴]. تعاریف بسیار زیادی از GIS ارائه گردیده است که ساده ترین و جامع ترین تعریف عبارت است از (سیستم های رایانه ای که قادر به نگهداری و پردازش اطلاعات سطح زمین (اطلاعات نقشه) می باشند) [۹ و ۱۰]. بسیاری از مفاهیم پایه سیستم های اطلاعات جغرافیائی در دهه ۱۹۵۰ و ۱۹۶۰ شکل گرفته، منتهی رشد و شکوفائی فناوری کامپیوتر باعث افزایش شدید تعداد و تنوع استفاده از GIS گردیده است. کاهش شدید قیمت و ابعاد کامپیوتر، افزایش ضریب اطمینان و توانایی های آن، افزایش سرعت و حافظه کامپیوتر باعث دسترسی بیشتر به آن و تولید استفاده از GIS در ارگان های دولتی، خصوصی و دانشگاهها شده است. در سال ۱۹۸۳ حدود هزار سیستم اطلاعات جغرافیائی در ایالات متحده آمریکا مشغول به فعالیت بوده و در سال ۱۹۹۰ این تعداد به چهارهزار واحد افزایش یافت و چنانچه این روند به همین صورت ادامه یابد در سال ۲۰۰۰ میلیونها استفاده کننده سیستم های اطلاعات جغرافیائی به وجود خواهد آمد [۷]. استارواستس [۲] بیان می کنند با پیشرفت حیرت انگیز تکنولوژی رایانه در هر دو زمینه سخت افزار و نرم افزار استفاده از GIS روز به روز گسترده تر و فراگیر تر می شود. بدیهی است استفاده بهینه از این سیستم ها مستلزم فهم دقیق مبانی تئوری این روش عملی است. امید است با معرفی این رشته علمی و وسعت کاربرد آن در بسیاری از زمینه ها از قبیل علوم کشاورزی در آینده نه چندان دور راهگشای بسیاری از مشکلات ما باشد.

چشم اندازی بر تکنولوژی GIS

دو نوع سیستم اطلاعات جغرافیائی وجود دارد ۱- دستی ۲- اتوماتیک سیستم دستی در گذشته نیز مورد استفاده قرار گرفته است. در این روش با قرار دادن دو و یا حداکثر سه نقشه موضوعی به عنوان مثال نقشه ناهمواریها، نقشه انواع خاک و نقشه پوشش گیاهی بر روی یکدیگر و با استفاده از میز روشن اثرات این سه عامل را با همدیگر بررسی و در نتیجه فرسایش خاک محاسبه می شده است. معایب این سیستم را می توان وقت گیر بودن، مشکل تبدیل مقیاس و عدم در نظر گرفتن ضرایب کمی برای هر کدام از عوامل و بالاخره نحوه نمایش کمی نتایج بوده و از همه مهم تر اینکه چشم و مغز در ترکیب بیش از دو و یا سه نقشه و تفسیر آنها تقریباً عاجز است. بسیاری از مشکلات GIS دستی از بین رفته و محدودیتی در ترکیب و تلفیق لایه های متفاوت به استثنای حافظه کامپیوتر نمی توان قائل شد [۶]. پیترسن و همکاران [۱۱] معتقدند که دانشمندان کشاورزی همراه با مدیریت زمین می بایست بتوانند به راحتی با اطلاعات مکانی کار کنند که البته این مستلزم الگوها و یا اطلاعاتی از خصوصیات خاک، عملیات زراعی، هجوم آفات، شرایط آب و هوایی و همچنین توپوگرافی منطقه است. پیترسن و همکاران [۱۱] اطلاعات ذخیره شده در GIS را به دو رده مجزا تقسیم می کنند ۱- اطلاعات مکانی (نقطه ها) (مانند مکانهای که نمونه گیریهای گیاهی در آن انجام شده است، چاه آب و ...)، خط ها (مانند مرز بین مزرعه ها، طول و عرض کرت ها، رودخانه ها و ...) و شکل های چند ضلعی (مانند مزارع و ...) ۲- اطلاعات توصیفی (شامل اطلاعات تشریحی ذخیره شده در یک پایگاه اطلاعاتی است که در باره عوارضی که در روی نقشه می توان یافت مانند (نوع گیاه، وارپته گیاهی، نقشه خاک و ...) زمانی که اطلاعات مکانی و توصیفی را به کامپیوتر می دهیم برنامه GIS دارای این قابلیت است که فایل های مختلف را با هم ارتباط دهد و بعد از تجزیه و تحلیل کردن یک اطلاع کلی بدهد.

GIS از سه جزء به وجود آمده است ۱- سخت افزارها ۲- نرم افزارها ۳- اطلاعات [۵]

سنجش از دور

بر اساس تعریف هارپر [۷] سنجش از دور، بر سنجیدن اشیاء از یک فاصله، یعنی تشخیص و اندازه گیری خصوصیت از یک جسم بدون اینکه در تماس بالفعل با آن جسم باشیم را می گویند.

سنجش از دور به عنوان تکنولوژی منبع اطلاعات و سیستم های اطلاعات جغرافیائی به عنوان تکنولوژی تجزیه اطلاعات بیان شده است. به عبارت دیگر ماهواره منبع اطلاعات خارجی را برای ورود به سیستم های اطلاعات جغرافیائی تشکیل می دهد. بنابر این اطلاعات ورودی در سیستم های اطلاعات جغرافیائی می تواند داده های خروجی سنجش از دور باشد. معنی داده و اطلاعات در سیستم جغرافیائی تا حدودی متفاوت با سیستم ماهواره است. برای یک سیستم جغرافیائی، داده ها به عنوان یک نوع اطلاعات تلقی شده و نماینده یک پدیده واقعی هستند؛ مثل اطلاعات راهها، آبراهه ها، آبشخورها و ... که هر کدام نماینده نقاط، خطوط و پلی گونهای در سیستم هستند، در حالی

که داده های ماهواره ای دارای طبیعت متفاوتی بوده و میزان بازتاب ها را بیان می کنند که لزوماً مربوط به جسم خاصی در روی زمین نخواهد بود. سنجش از دور اطلاعاتی را با بکارگیری روش های اصلاح، استخراج و اقتباس تولید می کند، واضح است که اطلاعاتی که خصوصیات جغرافیائی را بیان می کند مراحل و فرایندهائی را طی کرده و آنچه ما می بینیم تولید نهائی است. لذا بسته به اهداف و دیدگاههای مشخص و تولیدات نهائی تجزیه داده های ماهواره ای (Image Priocessing) می تواند داده ورودی به سیستم اطلاعات جغرافیائی باشد [۱].

سنجش از دور ارتباط تنگاتنگی با سیستم اطلاعات جغرافیائی دارد به درستی چنین ادعایی شده است که نه سنجش از دور و نه سیستم اطلاعات جغرافیائی هیچ کدام بدون ارتباط اصولی با یکدیگر نمی توانند کاملاً به اهداف برسند [۳].

نمونه هائی از کاربردهای سنجش از دور توسط ماهواره های اسپات (Spot) و لندست (Landsat) در کشاورزی [۷ و ۸] ۱- تخمین سطح زیرکشت محصولات مختلف و میزان عملکرد آنها در اتریش از این طریق دقیقاً برای دولت و تصمیم گیران مشخص می کند باید به کشاورز در کدام منطقه سوبسید بدهند که بر فرض به جای گندم، سیب زمینی بکارند. این پدیده را تصاویر ماهواره ای مشخص کرده که در چه بخشی چه نوع محصولی و در چه منطقه و بخش دیگر چه نوع محصول دیگر مورد کشت قرار گیرد. شاید کشاورز گندم کار علاقه ای به کاشت سیب زمینی ندارد و گندم می کارد در صورتی که گندم هم در کشورشان با مازاد تولید مواجه شده است بنابراین دولت به کشاورز سوبسید می دهد که به جای گندم محصول دیگر بکارند و این کار با تحقیقاتی که از طریق سنجش از دور صورت گرفته با برنامه ریزی دقیق و حساب شده هدایت می شود. ۲- شرایط وضعیت محصول را در فصل رشد نشان می دهد. ۳- تعیین مناطقی از مزرعه که دارای مشکلاتی (مانند ورس، خسارات آفات، بیماریهای گیاهی و علف های هرز) هست. ۴- تخمین میزان نابودی جنگل ها در اثر آتش سوزی، قطع درختان و آفات ۵- ارزیابی کم آبیاری و بررسی مدلی برای پاسخ گیاهان به کمبود آب ۶- تعیین آب و هوای مناطق مختلف ۷- تعیین برخی از شاخص های فیزیولوژیک ۸- ارزیابی و مدیریت مناطق خشک و بیابانی و...

کشاورزی در جایگاههای ویژه (Site-Specific farming)

واژه کشاورزی در جایگاههای ویژه (SSF) که امروزه به طور فزاینده ای مورد بحث مجامع علمی و مورد توجه سرشناس ترین پژوهشگران و دانشمندان علوم و مهندسی کشاورزی و همچنین کشاورزان پیشرو در کشورهای پیشرفته جهان قرار گرفته است، مدیریت جدید از تخصیص نهاده ها در تولید محصولات زراعی می باشد که با به کارگیری سیستم های ناوبری ماهواره ای، سخت افزارها و نرم افزارها، افزایش درآمد و حفظ محیط زیست اجرا می گردد [۱۱].

ابداع و توسعه فن آوری و ابزار تشخیص، سنجش و پردازش تغییرات مکانی خصوصیات کمی و کیفی خاک و محصول به کمک سیستم های ماهواره ای ناوبری جهانی (GNSS) Global Navigation Satellite Systems نظیر سیستم آمریکائی مکان یابی جهانی (GPS) Global Positioning System، سیستم روسی ماهواره ای ناوبری جهانی (GLONASS)، ماهواره فرانسوی Spot و یا ماهواره آمریکائی Landsat مجموعه ای توانمند از ابزار و روش های جدیدی به نام SSF را فراهم نموده است که به کشاورز اجازه می دهد تا تغییرات درون مزرعه ای را سنجش و تحلیل نموده و تخصیص نهاده ها را متناسب با استعداد و نیاز مختلف بهینه سازد. با مکانیزه شدن کشاورزی، کشاورزان دیدگاه مدیریت واحدهای کوچک را به کنار گذاشتند تا از ظرفیت و سرعت بیشتر تراکتورها و ماشین های کشاورزی بهره جویند. با مدیریت یکسان سطوح وسیع، کشاورز زمان کمتری را در مزرعه به سر می برد و سطوح وسیع تری را در روز مورد کشت قرار می دهد.

در مدیریت کشاورزی مکانیزه تخصیص نهاده ها با چشم پوشی از تغییرات ذاتی خواص و پتانسیل مکانی خاک، به صورت یکنواخت و بر اساس میانگینی از ویژگی های سراسر مزرعه انجام می گیرد. بدیهی است با اتخاذ این روش همواره احتمال به کارگیری نهاده های تولید نظیر بذر، کود و علف کش و غیره به میزان بیش از حد و یا کمتر از حد مورد نیاز نقاط مختلف یک مزرعه وجود خواهد داشت [۳ و ۱۰].

سیستم های مکان یابی جهانی (Global Positioning Systems) [۸ و ۱۰]

پیشرفته ترین فن آوری در زمینه موقعیت یابی و نقشه برداری، استفاده از فن آوری ماهواره ای برای تعیین موقعیت مکانها روی زمین می باشد که از سال ۱۹۹۴ به صورت عملیاتی در امور نظامی و غیرنظامی مورد استفاده قرار می گرفت. هم اکنون ۲۴ ماهواره GPS در مدارات بیست هزار و دویست کیلومتر زمین قرار دارند که در طول شبانه روز اطلاعات مورد نیاز برای موقعیت یابی مکان ها روی زمین را

مخابره می کنند. دستگاههای گیرنده زمینی GPS نیز با دریافت این اطلاعات و انجام پردازش روی آن مختصات جغرافیائی و ارتفاع نقاط را تعیین می کنند. از GPS در کلیه امور مربوط به مطالعات و بررسی ها و عملیات زمینی از قبیل نقشه برداری، کشاورزی، محیط زیست و غیره استفاده می شود. با استفاده از GPS که قابل ارتباط با GIS است هزینه نقشه برداری و تعیین موقعیت مکان ها و همچنین ثبت رقمی داده های توصیفی مربوط به این مکان ها به میزان قابل توجهی کاهش یافته و زمان کسب داده ها نیز به شدت کاهش می یابد. با استفاده از GPS کمتر از یک ثانیه موقعیت و مکان دقیق یک نقطه روی زمین با دقت کمتر از یک متر و با استفاده از نرم افزار Post Processing با دقت ده سانتی متر قابل تعیین است. مثلاً می توانیم با راندمان بالاتری علف های هرز را کنترل کنیم و علف های هرزی را که در یک قسمت مزرعه هجوم آورده اند همان قسمت را سمپاشی کنیم.

اجزای GPS/GIS در کشاورزی در جایگاههای ویژه (SSF) [۷ و ۱۱]

اولین جزء کشاورزی در جایگاههای ویژه دادههای لایه ای GIS می باشد مانند نقشه عملکرد گیاهان زراعی، اهداف عملکرد، نقشه هائی از زمین، میزان آب خاک، آزمایش عناصر خاک، میزان علف های هرز و کنترل علف های هرز و نقشه های برداشت عملکرد که این نقشه ها توسط مهندسين، مشاوران کشاورزی و یا کشاورزان که در مزرعه مشاهده می کنند و یا توسط سیستم های سنجش از دور (RS) یا سیستم های مکان یابی جهانی (GPS) به راحتی به دست می آید. داده های به دست آمده از اولین جزء برای دومین جزء که شامل مدل ها (مانند مدیریت آب و خاک، کنترل علف های هرز، آفات و...) هستند به کار می رود که به وسیله این مدل ها بعضی از فاکتورهای مزرعه را می توان پیشگویی کنیم. سومین جزء سیستم های پشتیبانی دقیق (Decision Support Systems) که این سیستم ها دارای قدرت و حافظه کامپیوترها می است که اطلاعات کاملی شامل نقشه های مدیریتی مزارع در اختیار مهندسين کشاورزی قرار می دهد، بنابراین اولین خروجی در سیستم های پشتیبانی دقیق نقشه های مدیریتی مزارع شامل نمونه برداری از خاک، خاک ورزی، کاشتن، کوددهی، کنترل علف های هرز و برداشت گیاهان است. یک مشکل عمده برای استفاده از کشاورزی در جایگاههای ویژه (SSF) این می باشد که سیستم های اطلاعاتی، سیستم های پشتیبانی دقیق و سیستم های اطلاعات جغرافیائی را باید با هم ترکیب شوند و اعدادی به دست می آید که این اعداد بر روی آنها مدیریت صحیح انجام شود تا بتوانیم توصیه های صحیح در اختیار تولیدکنندگان قرار دهیم.

کاربردهای GIS در کشاورزی [۷ و ۴]

۱- مدل سازی محصولات کشاورزی ۲- تعیین سطح زیرکشت محصولات ۳- حاصل خیزی بالقوه اراضی ۴- تهیه شیب زمین ۵- مهندسی ژنتیک ۶- برنامه ریزی استفاده از زمین ۷- انتقال تکنولوژی در کشاورزی ۸- برآورد و مدیریت سیلاب ۹- تعیین عمق مناسب کاشت برای گیاهان زراعی ۱۰- مدیریت منابع آب های زیرزمینی ۱۱- دادن تیمار کودی به گیاهان ۱۲- آبیاری و پتانسیل منابع آبی ۱۳- برنامه ریزی جنگل ها، محاسبه حجم درختان و میزان چوب قابل برداشت ۱۴- بایگانی نقشه های توپوگرافی ۱۵- اداره معماری فضای سبز (تصمیم گیری) ۱۶- برنامه ریزی منطقه ای (حفاظت از منابع، اطلاعات بارش و تحلیل کشاورزی) ۱۷- اداره کل منابع طبیعی (نقشه کشی موضوعی، اثرات خاک، اثرات معدن، ارزیابی محصولات کشاورزی، عوارض طبیعی، برنامه ریزی زیست محیطی، کاربری زمین و برنامه ریزی ذخیره سازی آب)

سازماندهی افراد برای اجرای موفقیت آمیز GIS

هاکسهولد [۸] بیان می کند با احتمال اینکه میلیونها دلار برای یک سیستم اطلاعات جغرافیائی چند منظوره هزینه خواهد شد مهمترین منبع برای حصول اطمینان از استفاده بهینه از بودجه، افرادی هستند که در اجرا و عملیات سیستم مسولیتی دارند. مشکلات مرتبط با سخت افزار، نرم افزار و پایگاه اطلاعاتی را می توان شناسائی و حل نمود. لکن کارکنانی که از مهارت فنی و ارتباطات محرومند و انگیزه و تعهد و خلاقیت و اشتیاق برای فراگیری و قبول مفاهیم جدید ندارند شکست سیستم را حتمی خواهند نمود. چرا که صرف هر مقدار پول و وقت برای غلبه بر این کمبودها فایده نخواهد داشت. برای اجرای موفق سیستم افراد باید ۱۰ نقش کلی ایفاء کنند. با توجه به اینکه نمی توان ۱۰ نفر برای ایفای این نقش ها استخدام نمود یک نفر باید بیش از یک نقش را بازی کند ۱- مدیر ۲- تحلیل گر ۳- مجری سیستم ۴- برنامه ریز ۵- پردازش گر ۶- مجری پایگاه اطلاعاتی ۷- نقشه بردار ۸- نقشه کش ۹- رقمی کننده ۱۰- کاربران نهائی

نتایج

در جامعه کشاورزی از قبیل کشاورزان، مدیران مزرعه، دانشمندان کشاورزی، سیاستمداران و همه کسانی که از این جامعه سود می‌برند باید مزارع را باز و گسترده تر کنند که سیستم GIS به راحتی کار خود را انجام دهد از آنجایی که از طراحی تا راه اندازی و استفاده کامل سیستم GIS سالیان متمادی طول می‌کشد (کانادا (از دهه ۱۹۶۰) و هنگ هنگ (۱۹۶۰)) و همچنین هزینه دلاری نرم افزار و سخت افزار GIS فقط ۱۵-۱۰ درصد کل هزینه های تربیت نیروی متخصص، جمع آوری اطلاعات و غیره را تشکیل می‌دهد به نظر می‌رسد چنانچه همکاری مابین ارگان ها و سازمانهای دست اندرکار اعم از دولتی و خصوصی و وجود نداشته باشد بعید به نظر می‌رسد که در ایران نیز به زودی ما بتوانیم شاهد فعالیت یک سیستم GIS فعال و چند منظوره باشیم بنا به اظهار نظر رئیس سنجش از دور ایران فعالیت های زیادی در کشور در حال انجام است اما هر کدام با مدیریت ها و صلاحیت های مختلفی است که در نتیجه اینها به نتایج مطلوب و مثبتی نرسیده اند. لذا پیشنهاد می‌نمائیم که کمیته ای متشکل از نمایندگان کلیه سازمان ها و وزارتخانه های دست اندرکار GIS و RS تشکیل گردد تا فعالیت ها را هماهنگ و استاندارد نماید.

منابع و مراجع

- [۱] ارزانی، ح. ۱۳۷۵. کاربرد تلفیقی اندرکار **GIS** و **RS** برای ارزیابی و مدیریت مناطق خشک و بیابانی. دومین همایش ملی بیابان زدائی و روش های مختلف بیابان زدائی. صفحات ۲۴-۱۳.
- [۲] استار، ج. و استس، ج. ۱۳۷۶. مقدمه ای بر سیستم های اطلاعات جغرافیائی. ترجمه ثنائی نژاد، ح. انتشارات جهاد دانشگاهی
- [۳] رحیمی، ح. و ه. خالدی. سیستم های اطلاعات جغرافیائی (GIS) و سنجش از دور (RS) (آشنائی مقدماتی و تاریخچه تحول). کارگاه آموزشی کاربرد **GIS** و **RS** در آبیاری و زهکشی. ۱۲ آذر ماه ۱۳۸۳.
- [۴] سجادی، ع. ۱۳۷۵. آشنائی با تکنولوژی سیستم های اطلاعات جغرافیائی (GIS). مهندسين مشاور مهتاب قدس.
- [۵] لغوی، م. ۱۳۷۷. کشاورزی دقیق: فناوری عصر فضا. اولین کنگره مهندسی ماشین های کشاورزی و مکانیزاسیون
- [۶] میرزاخانی، ر. ۱۳۷۷. آشنائی با سیستم های اطلاعات جغرافیائی. مجله آب، خاک و ماشین. شماره ۳۸. صفحات ۱۴-۵.
- [۷] هارپر، د. ۱۳۷۵. سنجش از دور. ترجمه قادری، م. انتشارات مرکز نشر دانشگاهی. ۲۵۷ صفحه
- [۸] هاکسهولد، و. ۱۳۷۵. مقدمه ای بر سیستم های اطلاعات جغرافیائی شهری، ترجمه نوریان، ف. انتشارات مرکز اطلاعات جغرافیائی شهر تهران. ۱۷۴ صفحه.
- [9] Abbot, J., R. chambers, C. Dunn, T. Harris, E. D. Merode, G. Porter, J. Townsend, and D. Weiner. 1998. participatory GIS: Opportunity or oxymoron?. PLA Notes. 33: 27-34.
- [10] Jordan, G. 1999. Public Participation and GIS. PLA Notes. 34:16-17.
- [11] Petersen, G. W., J. C. Bell, K. Mcsweeney, G. A. Nielsen, and P. C. Robert. 1995. Geographic information systems in agronomy. Adv. Agron. 55:67-111