

سیستم حمایتی تصمیم گیری (GIS) مبتنی بر وب برای طراحی و اجرای برنامه حفاظت اداره
کشاورزی آمریکا

حامد ثریا اردکانی^۱، مهدی جماعتی اردکانی^۲، علی اکبر جمالی^۳

خلاصه:

برنامه حفاظتی (CRP) یکی از بزرگترین برنامه های وزارت کشاورزی آمریکا (USDA) است که هدف آن راهنمایی کشاورزان و دامداران به استفاده درست و بهینه از خاک، آب و منابع طبیعی در راستای توسعه پایدار است. این مقاله خلاصه ای از طرح و توسعه نمونه اولیه سیستم حمایتی تصمیم گیری مبتنی بر وب و GIS می باشد. CRP و DSS جهت مدیریت منابع و ارزیابی کیفیت زیست محیطی آنها طراحی شده است. DSS جهت کمک به طراحی و اجرای بهتر به برنامه CRP توسط USDA مورد استفاده قرار گرفته است. DSS بر اساس صنعت استاندارد (ArcIMS GIS) طراحی شده و مکمل اجرای طرح نقشه کشی AFIRS و مدل SWAT می باشد و شبکه جدید و تکامل یافته GIS-DSS با استفاده از سرور شبکه و تکنولوژی Java Servlet بر اساس ArcIMS تکامل یافته است تا این که دسترسی به داده ها و پردازش آنها را در محیطی وسیع تر گسترش دهد. کارکردهای AFIRS بعنوان ویژگی پروتکل استخراجی، مجموعه ای از داده های زمین مکانی چند منبعی و SWAT را برای شبیه سازی تغییرات طولانی مدت کیفیت آب و خاک بکار می رود. اولین نمونه (DSS) برای شبیه سازی رسوب و دینامیک عناصر غذایی در یک حوزه آبخیز کوچک در Pan handle اوکلاهما بکار برده شد. ما قصد داریم نمونه اولیه CRP-DSS را توسعه دهیم تا USDA را قادر سازیم از DSS در برنامه های آینده CRP استفاده موثرتری را ببرد.

۱. مقدمه

رشد مداوم جمعیت انسانی و افزایش تقاضا برای تولیدات کشاورزی بهبود کیفیت خاکهای تحت کشت تخریب شده و توسعه کشاورزی پایدار را الزامی می کند (۱). اهداف مهم بهبود کیفیت خاک شامل کاهش فرسایش و افزایش پایداری ساختمان خاک و افزایش حفاظت مواد غذایی خاک می شود (۲). برنامه حفاظتی (CRP) سازمان کشاورزی ایالت متحده آمریکا (USDA) به دنبال تشویق مالکین زمینهای کشاورزی است تا آنها را برای اجرای مدیریت پایدار آماده کند. CRP بخش جدایی ناپذیری از برنامه های کشاورزی ایالات متحده در استراحت دادن زمینهای کشاورزی است و

¹ - دانشجوی کارشناسی ارشد آبخیزداری - واحد علوم و تحقیقات Email: h_soraya2004@yahoo.com

² - دانش آموخته دانشگاه صنعتی اصفهان و مدرس دانشگاه آزاد اسلامی - واحد میبد mehdijamaati@gmail.com

³ - عضو هیات علمی دانشگاه آزاد اسلامی - واحد میبد

قسمتی از برنامه امنیت غذایی آمریکا است که توسط کنگره در سال ۱۹۸۵ به تصویب رسیده و مجدداً در سالهای ۱۹۹۰ و ۱۹۹۶ تحول یافته است (۳). با پذیرش CRP تولیدکنندگان محصولات کشاورزی به صورت داوطلبانه زمینهایی که از نظر زیست محیطی حساس هستند را برای مدت ۱۰ الی ۱۵ سال استراحت می‌دهند. در عوض USDA مبالغی را در عوض سود حاصل از تولید سالانه برای آنها در نظر می‌گیرد و هزینه فعالیت‌های حفاظتی انجام شده را تقبل می‌نماید. این برنامه کشاورزان را تشویق می‌کند تا طرحی طولانی مدت را برای بهبود وضعیت پوشش گیاهی اجرا کنند تا خاک، آب و حیات وحش را بهبود بخشد. این طرح سطح زمینهای تحت حفاظت را از ۱۴/۶ به ۱۵/۷ میلیون هکتار افزایش داده است (۴).

علاوه بر این USDA در سال ۲۰۰۵، ۱/۷ میلیون دلار را در قالب CRP جهت تشویق تولیدکنندگان هزینه نموده که در قالب آن هر تولیدکننده بطور میانگین به ازای هر مزرعه مبلغ ۴۱۴۳ دلار دریافت نموده است. ایالت اکلاهما رتبه دوازدهم را از نظر منابع پرداختی فوق به میزان ۳۳ میلیون دلار داشته است (۵). بین سالهای ۲۰۰۳-۱۹۸۷، ۴۲۵۵۸۳ هکتار در ایالت اکلاهما شامل این طرح CRP بوده و شهرتگزاس رتبه نخست را در این ایالت داشته است. کل مساحت در این شهر ۸۸۰۰۰ هکتار بوده و ۲۱٪ از کل برنامه CRP را به خود اختصاص داده است (۶). به طور کلی کشاورزان و مشاوران محصولات و مخصوصاً قانون‌گذاران و اقتصاد دانان کشاورزی و دانشمندان همگی در طراحی و اجرای برنامه‌های CRP دخیل هستند (۷). به اضافه حدود ۶/۴ میلیون هکتار اراضی تا سال ۲۰۰۷ نیازمند سیاستهای مدیریتی و تصمیم‌گیریهای مهم جهت تداوم اکثر بخش CRP هستند (۸، ۹). ضروری است که اهداف حفاظتی، تصمیم‌گیری صحیح و زمان‌بر و ابزار تحقیقاتی توسعه داده شوند تا به ارزیابی و تنظیم فواید محیطی که نتیجه عضو شدن در این برنامه می‌باشد، کمک کنند. در حال حاضر آژانس خدمات مزرعه USDA از یک فهرست (شاخص سودمندی زیست محیطی یا EBI) به عنوان یک ابزار کمکی برای تصمیم‌گیری اصولی جهت طبقه‌بندی زمین‌هایی که برای عضویت در CRP پیشنهاد شده است، استفاده می‌کند. (۱۰) امتیازات با توجه به پیشرفت قابل پیش‌بینی در کیفیت آب و خاک و محیط زیست و حیات وحش و سایر منابع دخیل در برنامه مذکور تعیین می‌شوند. یک عیب مهم این سیستم طبقه‌بندی، نبود تحلیل علمی و موضوعی مشخصی در رابطه با شاخص سودمندی زیست محیطی است. اکثر عواملی که بر تعیین امتیاز زمینهای مورد مطالعه تاثیر دارند بر پایه اطلاعات خاک شناسی هستند. USDA به طور عمده ای از DSS سازگار با Web برای طراحی، مدیریت، تصمیم‌گیری و اولویت‌دادن در یک محیط گسترده بهره خواهد برد DSS در منابع طبیعی حاوی سیستم‌های چند جزئی است که حاصل

ترکیب مدل‌های شبیه ساز، تکنیک های بهینه سازی و هوشمند سیستم اطلاعات جغرافیای (GIS)، پایگاه اطلاعاتی مختف برای کالیبراسیون و کاربران مختلف می باشد (۱۱) و لذا این سیستم (DSS) متواند برای بهبود فهم ما از روابط جاری بین طبیعت و متغیرهای اجتماعی- اقتصادی موثر بوده و در نتیجه تصمیم گیری بهتر را میسر می کند (۱۲). هنوز اطلاعات و تاریخچه واضح و آشکاری در رابطه با کاربرد تکنولوژی های زمینی مکانی نظیر سنجش از دور (RS) و سیستم های اطلاعاتی جغرافیایی (GIS) در مطالعه کاربری زمین و پوشش آن (LULC) و نقشه برداری آن تحت CRP وجود ندارد (۱۳، ۱۴). LULC در اغلب مطالعات از یک منبع اطلاعاتی واحد استفاده می کند که اگر چه از لحاظ اکتساب اطلاعات مقرون به صرفه است ولی مستلزم هماهنگی های موضوعی و صحت طبقه بندی می باشند (۱۵). کاربردهایی که مستلزم به کارگیری بیش از یک منبع اطلاعاتی GIS هستند، برای مثال ارتفاع، شیب، خاک و داده های فرعی دیگر، با فراهم کردن رابطه قوی بین داده های زمین مکانی و ویژگی های جالب آن برتری هایی را در صحت طبقه بندی نسبت به روشهایی که از یک منبع اطلاعاتی استفاده می کنند گزارش داده است. (۱۶، ۱۷) در گذشته نه چندان دور، روشهای جدیدتری به منظور طبقه بندی تصویری توسعه داده شده بود که شامل طبقه بندی شاخه درختی تصمیم (DTC) می شود که حاوی روش چند مرحله برای شکستن یک تصمیم گیری چند مرحله ای پیچیده به چند تصمیم ساده تر می باشد (۱۸، ۱۹). این تحقیقات در مورد یک سیستم خودکار است که از روش DTC برای طبقه بندی تصویری چند منبعی در نقشه کشی CRP استفاده می کند.

مدلهای شبیه سازی که تاثیر فعالیت های انسانی را روی محیط طبیعی ارزیابی می کنند می توانند به طور کارآمد و موثر از پتانسیل فوق العاده تکنولوژی های GIS و RS استفاده کنند. از زمانیکه منابع پایه در طرح مدل محیط زیست از توزیع های مکانی استفاده می کنند. که می تواند فرآیندها و پویایی روابط متقابل را بطور قابل ملاحظه ای تحت تاثیر قرار دهد GIS پیشنهادات زیادی را برای طرح مدل زیست محیطی دارا می باشد (۲۰). GIS نه تنها ابزار مفیدی برای مدیریت پایگاههای اطلاعاتی بزرگ که شامل اطلاعات سنجیده شده از دور می باشد، بلکه استخراج داده های گوناگون مکانی که بعنوان اطلاعات ورودی مدل‌های شبیه سازی عمل می کنند را نیز تسهیل می کند. GIS بطور موفقیت آمیزی در تعامل با مدل‌های زیست محیطی مثل AGNPS (۲۱، ۲۲)، ANSWERS (۲۳)، QUALZE (۲۴)، EPIC (۲۵)، BASINS (۲۶) و SWAT (۲۷) عمل نموده است. ما یک مدل هیدرولوژی (SWAT) (ابزار ارزیابی آب و خاک) را برای ارزیابی برخی از منافع زیست محیطی CRP به کار خواهیم گرفت. مطالعات متعددی که در گذشته صورت گرفته بیانگر نیاز و

منافع جامع سیستم های حمایت تصمیم (DSS) برای کاربردهای متنوع زیست محیطی متعدد می باشد (۳۰،۲۹،۲۸). گر چه این سیستم ها از نظر مدیریت اطلاعات کار آمد می باشند و فصل مشترک و دوستانه ای با کابر را فراهم می کنند با این حال به کارگیری سیستم های طرح مدل GIS که در اینترنت کاربری داشته باشند مورد نیاز می باشند (۳۱).

پیشرفت ها در فناوریهای اینترنت سبب شده که امکان استفاده گروههای تحقیقاتی مختلف که در نقاط جغرافیایی متنوع پراکنده هستند از اطلاعات گسترده توزیع شده در سراسر اینترنت را فراهم کند. در حال حاضر تصمیم گیرندگان زمان واقعی را دارند تا به اطلاعات مکانی ضروری و امروزی که در منابع اطلاعاتی چند گانه ذخیره شده اند و امکان اداره یا حفظ آنها نیست، دستیابی پیدا کنند. (۳۴،۳۳،۳۲) با این حال در فناوریهای GIS مبتنی بر وب که در ابتدای ظهور خود بیشتر بر پایه اطلاعات بودند سازگاری و توانایی همکاری کمی را با اینترنت داشتند. اهداف پروژه ما ایجاد نمونه اصلی GIS DSS مبتنی بر وب می باشد که به مجموعه کاملی از قابلیت های تحلیلی شامل GIS و اطلاعات تصویری برای کمک به مراحل تصمیم گیری CRP مجهز شود. مهمتر از آن اینکه سیستم ما امکان دریافت اطلاعات متنوع شامل اطلاعاتی با وضوح مختلف سنجش از دور مثل Landsat و MODIS و اطلاعات از چند منبع GIS را فراهم می آورد. این امر زمینه تهیه نقشه های گوناگون CRP در سطوح مختلف و راهنمایی برای مدیریت موثر و کارآمد CRP، تصمیم گیری، طرح ریزی و اجرا در دو سطح ایالتی و کشوری را فراهم می آورد. هدف ما توسعه طرح اصلی CRP-DSS است که قادر به تعامل با اینترنت، فناوریهای GIS و اطلاعات پراکنده باشد.

۲- CRP-DSS

CRP-DSS از ابزارهای متفاوتی تشکیل شده که در محیط ARCIMS قابل دسترس است که البته بستگی به این دارد که آیا کاربر علاقه مند به تجزیه و تحلیل داده با استفاده از مدل های AFIRS یا SWAT می باشند یا خیر؟ کاربر می تواند ابزار AFIRS را برای طبقه بندی داده های گرافیکی که با استفاده از داده های مکانی که از چند منبع به دست آمده، انتخاب کند. زمانی که کاربر ابزار SWAT را انتخاب می کند می تواند از مزایای مدل تک واحدی و جزئیات آن استفاده کند. ابزارهای دیگر فصل مشترکی را ارائه می دهند که شامل ابزار انتخاب ناحیه و ابزار نمایشی نتایج می باشند.

۳- کاربرد CRP-DSS

CRP-DSS برای نقشه بندی CRP و ارزیابی میزان پتانسیل رسوب گذاری در سطح حوضچه های رودخانه بیور (Beaver) و آبخیز در ناحیه پان هندل (Panhandle) اکلاهما استفاده شد.

۴- گسترش پایگاه‌های اطلاعاتی

پایگاه‌های اطلاعاتی چند منبعی برای پیشرفت ابزارهای SWAT و AFIRS استفاده شد. مخصوصاً این پایگاه اطلاعاتی برای AFIRS که به تصاویر چند طیفی مربوط است. (Landsat TM) از قبیل شاخص عادی سازی گیاهان مختلف (NDVI) کاربری اراضی و پوشش گیاهی، توپوگرافی و خاک را فراهم می‌کند.

سایر اطلاعات مورد نیاز در داخل مدل SWAT به صورت جمع قابل دسترسی است. بر پایه این اطلاعات خاص اولیه سایر اطلاعات از قبیل فاصله، شیب و NDVI قابل استخراج است. مدل SWAT بعنوان اولین پروژه برای یک منطقه کالیبره (واسنجی) شد (۳۵). پایگاه‌های اطلاعات چند منبعی زمین مکانی از تصاویر ماهواره ای لندست و اطلاعات GIS تشکیل شده که همگی در قالب رستر (Raster) هستند. پایگاه‌های اطلاعاتی چند منبعی از ۵۲ لایه که شامل اطلاعات LULCGAP و اطلاعات مرجع CRP است، تشکیل می‌شود. این پایگاه می‌تواند در قالب یک تصویر چند لایه کار شود هر پیکسل تصویر برداری است که شامل اطلاعات اصلی محاسباتی RS و اطلاعات دریافت شده مثل بافت خاک، راهنمای عادی سازی گیاهان مختلف (NOVI) از آن جمله هستند. باتدهای ۲ و ۳ و ۴ و ۵ و ۷ در مورد ترکیبی از پیکسلهایی که در منطقه ۳۰ در ۳۰ میلیمتر، هماهنگی‌هایی را شرح می‌دهد. اگر چه سه لایه GIS در پایگاه اطلاعاتی AFIRS وجود دارند مثل مدل رقومی ارتفاعی (DEM) که اطلاعات شیب و فاصله و ساختار آب را نشان می‌دهد که نقش مهمی را در هماهنگی و طبقه بندی ایفا می‌کند. اطلاعات GIS و مدل SWAT حوزه ابخیز رودخانه بیور (Beaver) بخشی از پروژه دیگری بوده که در مرکز کاربردی سنجش از دور (CARS) انجام شده است. این پایگاه اطلاعاتی با استفاده از SWAT-ARCVIEW گسترش یافته است. و شامل توپوگرافی، کاربری اراضی، خاک، داده های اقلیمی، داده های مدیریت کشاورزی و جریان‌ات سطحی است (۳۵).

۵- مفاهیم مدیریتی و جمع بندی

سیستمی که در این تحقیق بررسی شده اجازه یکپارچگی الگوریتم طبقه بندی نگاره (AFIRS) را با یک مدل مدیریت جامع محصول و هیدرولوژی (SWAT) فراهم آورده است. این یکپارچه سازی با هدف طرح برنامه حفاظتی USDA (CRP) و ارزیابی فواید بلند مدت زیست محیطی در بخش های کیفیت آب و خاک را فراهم می‌آورد. استفاده از ARCIMS و ARCSDE تجمیع داده های مکانی متعدد را در قالب پایگاه داده های قابل فهم فراهم می‌آورد. این پایگاه داده های سازمان یافته دسترسی آسان و ورود به الگوریتم AFIRS را فراهم می‌آورد. CRP-DSS شبیه

سازی در سطح مزرعه و دینامیک های قابل دسترسی خاک - گیاه و آب برای کاربر را به واسطه ایجاد یک سطح مشترک خوب با وی فراهم می آورد. همچنین خروجی گرافیکی (تصویری) را در قالب نقشه های موضوعی برای خاکهای مختلف و متغییر کیفیت آب و همچنین فهم سریع و مستقیمی از توزیع مکانی آنها را به دست می دهد. بر اساس نتایج حاصله از نسخه برداری مربوط به خاکهای مختلف، امکان ثبت CRP زمینهای مورد نظر فراهم می آید. در نتیجه USDA به واسطه چنین ابزاری در تصمیم گیری و طرح ریزیهای در ارتباط با به حداکثر رساندن فواید برنامه CRP از طریق ثبت زمین هایی که نیاز به محافظت دارند و در عین حال از لحاظ دیدگاه اقتصادی (پرداخت سود سالانه تولید) باید بهینه شوند، سود آوری زیادی دارد. علاوه بر این USDA می بایست پایه های علمی قانع کننده ای را جهت فواید طولانی مدت CRP به کنگره و مجلس ارائه دهد. تلفیق AFIRS در CRP-DSS یک الگوریتم طبقه بندی قوی نگاره ای برای اقتباس سریع و صحیح خصوصیات CRP را با استفاده از پایگاه داده ای زمین - مکانی چند منبعی فراهم می آورد. علاوه بر این برنامه CRP-DSS شامل بخشهای تکمیلی از قبیل پوشش دادن بیمه به محصولات کشاورزی در مواقع بروز خسارت مختلف می باشد. تلفیق برنامه SWAT با CRP-DSS امکان بررسی تغییرات مکانی کیفیت آب و خاک را در یک لنداسکیپ فراهم می آورد. فهم و تشخیص ارتباط مکانی بین پوششها و کاربری اراضی مختلف، با تغییرات کیفیت آب و خاک بسیار مهم می باشد. جهت واسنجی و اعتبار سنجی مناسب مدل برای بهترین مدیریت می بایست از نتایج طولانی مدت استفاده نمود تا بر تغییرات حاکم بر داده های ورودی مدل فائق آمد. از این رو هدف اصلی تحقیق، تلفیق الگوریتم AFIRS و مدل SWAT در چهار چوب ARCIMS می باشد، تنظیم و تعدیل مدل خیلی مورد توجه نبوده است.

- 1) Doran, W., Parkin, T., 1994. Defining and assessing soil quality. In: Doran, J., Coleman, D., Bezdicek, D., Stewart, B. (Eds), Defining soil quality for a Sustainable Environment. Soil Science Society of America, Madison, California
- 2) Baer, S., Rice, W., Blair, J., 2000. Assessment of soil quality in field with short and long term enrollment in the CRP. *J. Soil Water Conserv.* 55 (2), 142-146.
- 3) Dean, A., Bangsund, Nancy M., Hodur, F., Larry Leistritz., 2004. Agricultural and recreational impacts of the conservation reserve program in rural North Dakota, USA. *J of Environmental Management.* 71, 293-303.
- 4) USDA-NRCS, 2002. Conservation Reserve Program home page. <<http://www.fsa.usda.gov/dafp/cepd/crp.htm>>.
- 5) USDA News Release, 2005. USDA home page, Johanns Announces \$1.7 Billion In Conservation Reserve Program Payments. Release No. 0422.05.
- 6) USDA-FSA, 2005. Summary of Practice Acreages for Active Contracts by Program Year Retrieved from <<http://www.fsa.usda.gov/crpstorpt/11Approed/r1pracyr/ok.htm>>. on December 26, 2005.
- 7) Yong, D., Bechtel, A., Coupal, r., 1994. Comparing performance of the 1985 and the 1990 Conservation Reserve Program in the West. *J. Soil Water Conserv.* 49 (5), 484-488.
- 8) Skaggs, R.K., Kirksey, R.E., Harper, W.M., 1994. Determinants and implications of post-CRP land use decisions. *J. Agr. Resour. Econ.* 19 (2), 299-312.
- 9) USDA-CCC, 2004. Conservation Reserve Program – Long-Term Policy Federal Register, vol. 69, No. 153.
- 10) Farm Service Agency (FSA), 1999. Environmental Benefit Index. Fact Sheet. Conservation Reserve Program Sign-up-20.
- 11) Donald Nute, Walter D.Potter., Zhiyuan Cheng. 2005. A method for integrating multiple components in a decision support system. *J. Computers and electronics in agriculture.* 49, 44-59.
- 12) S.Westmacott . 2001. Developing decision support system for integrated coastal management in the tropics. *J of Environmental Management.* 62, 55-74.
- 13) Fitzpatrick-Lins, K., Doughty, E.F., Shasby, M., Loveland, T.R., Benjamin, S., 1987. Producing Alaska Interim Land Cover Maps from landsat Digital and ancillary Data. In: Proceeding of the 11 th Annual William Pecora Memorial Symposium America Society of Photogrammerty and Remote Sensing. Satellite Land Remote Sensing:

Current Programs and a Look to the Future, Sioux Falls, South Dakota, pp.339-347.

14) Baldrige, P.E., Geosling, P.H., Leone, F., Minshall, C., Rodgers, R.H., Wilhelm, C.L., 1975. Ohios Statewide Land use Inventory: An Operational Approach for Applying Landsat Data to State, Regional, and Local Planning Problems. In: Proceeding of the NASA Earth Resource Survey Symposium: First Comprehensive Symposium on the Prectical Application of Earth Center, Houston, Texas, pp. 25-31.

15) Whistler, J.L., Egbert, S.L., Jakubauskas, M.E., Martinko, E.A., Baumgartner,Scale Land Use/Land Cover Mapping Using Landsat Thematic Mapper Data. In: Proceeding of the ASPRS/ACSM Annual Meeting, Charlotte, North Carolina.

16) Fuller, R.M., Parsell, R.J., 1990. Classification of TM imagery in the study of land use in lowland Britain: practical considerations for operational use. *Int.j. Remote Sens.* 11 (10) , 1901-1917.

17) Price, K.P., Egbert, S.L., Nellis, M.D., Lee,R.Y., Boyce,R., 1997. Mapping land

cover in a high plains agro-ecosystem using a multirate Landsat thematic mapper modeling approach. *Trans. KAS* 100 (1-2), 21-33.

18) Friedl, M.A., Brodley, C.E., 1997. Decision tree classification of land cover from remotely sensed data. *Remote Sens. Environ.* 61, 399-409.

19) Hansen,M., Defries, R.S., Townsgend, J.R.G., Sohlberg, R., 2000. Global land cover classification at 1 km spatial resolution using a classification tree approach. *Int. J. Remote Sens.* 21, 1331-1364.

20) Fedra, K., 1993. GIS and environmental modeling. In: Goodchild, M., Parks, B., Steyaert, L. (Eds), *Environmental modeling with GIS*. Oxford University Press, New York, pp. 37-50.

21) Young, R.A., Onstad, C.A., Bosch, D., Anderson, W.P., 1987. AGPNS, Agricultural Non-point Source Pollution Model; A Large Watershed Analysis Tool, Conservation Research Report 35, Agricultural Research Service. U.S. Department of Agriculture, Washington, D.C.

22) He, C., 2003. Integration of geographic information system and simulation model for watershed management. *Environ. Modell. Softw.* 18, 809-813. <<http://www.fsa.usda.gov/pas/FullStory.asp? StoryID=2204>>.

- 23) Beasley, D.B., Hugging, L.F., 1982. ANSWERS (Areal Non-point Source Watershed Environment Response Simulation): Users Manual. U.S. Environmental Protection Agency, Chicago, Illinois.
- 24) Yang, M.-D., Merry, C., Skyee, R., 1999. Integration of water quality modeling remote sensing and GIS. *J. Am. Water Resour. As.* 35 (2), 253-263.
- 25) Rao, M., Waits, D., Neilsen, M., 2000. A GIS-based modeling approach for implementation of sustainable farm management practice. *Environ. Modell. Softw.* 18 (8), 745-753.
- 26) Lahlou, N., Shoemaker, L., Choudhury, S., Elmer, R., Hu, A., Manguerra, H., Parker, A., 1998. BASINS V.2.0 Users Manual. US Environmental Protection Agency Office of Water, Washington, DC (EPA-823-B-98-006).
- 27) Di-Luzio, M., Srinivasan, R., Arnold, J., 2002. AVSWAT: An ArcView GIS Extension as Tool for the Watershed Control of Point and Non-Point Sources. ESRI International User Conference, 26-30.6. 2000, San Diego, California.
- 28) Miller, S.N., Semmens, D.J., Goodrich, D.C., Hernandez, M., Miller, R.C., Kepner, W.G., Guertin, D.P., 2007. The automated geospatial watershed assessment tool. *Environ. Modell. Softw.* 22 (3), 365-367.
- 29) Koormann, F., Rominger, J., Schowanek, D., Wagner, J.O., Schroder, R., Wind, T., Silvani, M., Whelan, M.J., 2005. Modeling the fate of down-the-drain chemical in rivers: an improved software for GREAT-ER *Environ. Modell. Softw.* 22 (3), 365-367.
- 30) De, S., Bezuglov, A., 2006. Data model for decision support in comprehensive nutrient management in the United State. *Environ. Modell. Softw.* 21 (6), 852-867
- 31) Denzer, R., 2005. Generic integration of environmental decision support system – state-of-the-art. *Environ. Modell. Softw.* 20(10), 1217-1223.
- 32) Miller, D.A., Hall, M.H., Voortman, J., Kolb, P.J., 2002. A web-based decision support tool for forage species selection home page. *Crop Manage*, doi: 10.1094/CM-2002-1014-01-MA.
- 33) Maec-David, C., Kelly, C.B., Medaglia, A.L., 2001. Decision support with Web-Enabled Software. *Interfaces* 31 (2), 109-129.
- 34) Tan, Y., 2002. Community Based Internet GIS: A Public Oriented Interactive decision support system. GIS Research UK: 10 th Annual Conference, 3-5.4.2002, Sheffield, UK, pp. 63-67.
- 35) Rao, M., Awaedeh, M., Dicks, M., 2005. Spatial allocation and environmental benefits: the impacts of the conservation reserve program in

Texas County Oklahoma. In : Allen, A.W., Vandever, M.W., (Eds), The Conservation Reserve Program – Planting for the Future: Proceeding of a National Conference, Fort Collins, Colorado. June 86-9, 2004: U.S. Geological Survey Biological Resources Discipline, Scientific Investigation Report 2005-5145, pp. 174-182.

36) Song, X., Fan, G., Rao, M., 2005. Automatic CRP mapping using non-parametric machine learning approach. IEEE Trans. Geosci. Remote Sensing. 43 (4), 888-897.