Archive of SID

پژوهش‌های محیط‌زیست، سال ۷، شماره ۱۳، بهار و تابستان ۱۳۹۵، از صفحه ۱۷۵ تا ۱۸۸

سیستم‌های پشتیبان تصمیم‌گیری محیط‌زیستی (EDSSs): بررسی مفاهیم، تحولات و چالش‌ها از گذشته تا کنون

علی جهانی*[۱]، جهانگیر فقهی[۲]، مجید مخدوم[۳]، محمود امید[۴]

۱ استادیار گروه محیط‌زیست طبیعی و تنوع زیستی، دانشکده محیط‌زیست
۲ دانشیار گروه جنگلداری، دانشکده منابع‌طبیعی، دانشگاه تهران
۳ استاد گروه جنگلداری، دانشکده منابع‌طبیعی، دانشگاه تهران
۴ استاد گروه مهندسی مکانیک ماشین‌های کشاورزی، دانشگاه تهران

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۰۲/۳۰؛ تاریخ تصویب: ۱۳۹۵/۰۶/۱۵)

چکیده

تلاش‌های بسیاری در جهت توسعه فن‌آوری لازم برای آگاهی سازمان‌های مدیریت و سیاست‌گذاری محیط‌زیست و کمک به آنها در یافتن راه‌حل مسایل پیچیده صورت پذیرفته است و در نهایت به معرفی سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری محیط‌زیستی ختم شده است. هدف این مقاله بررسی مفاهیم، مطالعات، طراحی سیستم و چالش‌های پیش‌روی سیستم‌های پشتیبان تصمیم‌گیری محیط‌زیستی از گذشته تا کنون است. سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری به طرق مختلفی تعریف و تفسیر شده است. ساختار اغلب سیستم‌های پشتیبان تصمیم‌گیری محیط‌زیستی جهت پشتیبانی از سه فاز تصمیم‌گیری (یعنی فازهای هوش، طراحی و انتخاب) در غالب تصمیم‌های ساختاربندی نشده طراحی شده‌اند. چالش‌های شناسایی شده در سه دسته عمده بر اساسه‌بندی می‌شوند: چالش‌های مرتبط با مشارکت کاربران و ذی‌نفعان در تهیه سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری محیط‌زیستی، چالش‌های ابزار و نرم‌افزار، چالش‌های ارزیابی موفقیت. در آینده نزدیک شاهد پیشرفت‌های گسترده در سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری محیط‌زیستی به ویژه پایگاه داده‌های مکانی، پایگاه داده‌های بلندمدت، مدل‌سازی و تکنیک‌های پیشرفته محاسباتی خواهیم بود. از آن جا که کاربردی شدن سیستم‌های پشتیبان تصمیم‌گیری محیط‌زیستی توسط کاربران یکی از چالش‌های عمده شناسایی شده در طراحی سیستم است بنابراین، تحقیقات آتی در زمینه مشارکت کاربران، ذی‌نفعان و مدیران محیط‌زیست در طراحی سیستم‌های پشتیبان تصمیم‌گیری محیط‌زیستی، ابزارهای کاربر پسند، اعتماد و اعتبارسازی سیستم خواهد بود.

کلیدواژه‌ها: سیستم‌های پشتیبان تصمیم‌گیری محیط‌زیستی، طراحی سیستم، تصمیم‌گیری، چالش‌های طراحی

*نویسنده مسئول
Email: Ajahani@ut.ac.ir

www.SID.ir

Archive of SID

سرآغاز

چالش‌های اجتماعی و محیطزیستی در قرن بیستم و اوایل قرن بیست و یکم، از پیچیدگی زیادی برخوردار بوده و ارتباط تنگاتنگی با طبیعت و کره زمین برقرار کرده است. آلودگی‌های محیطزیستی بر کیفیت آب، هوا و خاک اثر منفی گذاشته و حیات بشر، حیات‌وحش و گیاهان را به مخاطره انداخته است (Sydow et al., 1998; El-Swaify & Yakowitz, 1998). هر زمان که انسان در جهت حل این مسایل تلاش می‌کند، با پیچیدگی‌هایی مواجه می‌شود. برخی از این پیچیدگی‌ها ناشی از عدم اطمینان یا دانش تقریبی در مسایل محیطزیستی است. برخی از انواع عدم اطمینان به وسیله کسب داده و تحقیقات بیشتر قابل حل هستند (Kinzig, 2001).

پاسخ به چنین چالش‌هایی، نیاز به تغییر دارد. در دهه‌های اخیر مدل‌های ریاضی و آماری، الگوریتم‌های عددی و شبیه‌سازی‌های کامپیوتری بی‌شماری جهت درک مسایل محیطزیستی و ارایه اطلاعات کاربردی به تصمیم‌گیران ارایه و استفاده شده‌اند. بنابراین، روش‌های علمی متعددی در حل مسایل مدیریت محیطزیست برای مدت زمان طولانی و با نتایج مناسب به کار برده شده‌اند. که بیشتر آنها بر روی مسایلی تمرکز دارند که از پیچیدگی بسیار کمی برخوردارند. بنابراین، بسیاری از مسایل پیچیده محیطزیستی هنوز توسط جامعه علمی پاسخ داده نشده‌اند. در سال‌های اخیر، تلاش جهت دستیابی به ابزاری نو در جهت حل مسایل پیچیده محیطزیستی ما را به سمت سیستم‌های پشتیبان تصمیم‌گیری محیطزیستی (EDSS)[۱] هدایت می‌کند (Guariso & Werthner, 1989; Rizzoli & Young, 1997). نیاز به تغییر رویه سبب شد که مدیران محیطزیست ،سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری (DSS)[۲] را به عنوان یک فن‌آوری جدید در جهت ارزیابی مقایسه‌ای و انتخاب گزینه‌ها برای تغییر معرفی نمایند. به عبارت دیگر، تلاش‌های بسیاری در جهت توسعه فن‌آوری لازم برای آگاهی سازمان‌های مدیریت و سیاست‌گذاری محیطزیست و کمک به آنها در یافتن راه‌حل مسایل پیچیده صورت پذیرفته است و در نهایت به معرفی سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری محیطزیستی ختم شده است (Guariso & Werthner, 1989; Rizzoli & Young, 1997). هدف این مقاله بررسی مفاهیم، مطالعات، طراحی سیستم و چالش‌های پیش روی سیستم‌های پشتیبان تصمیم‌گیری محیطزیستی از گذشته تا کنون است.

مواد و روش‌ها

مقاله حاضر، از نوع علمی تحلیلی بوده و به تجزیه و تحلیل کلان و ارزیابی انتقادی نوشته‌هایی می‌پردازد که پیش از این منتشر شده است. نگارندگان از طریق مقوله‌بندی، یکپارچه‌سازی و ارزشیابی آثار پیشین، سیر پیشرفت پژوهش‌های بین‌المللی جاری را در جهت روشن کردن مفاهیم، تحولات و چالش‌های سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری محیطزیستی دنبال می‌کنند. این مقاله در عین رعایت مراحل مختلف مقالات علمی پژوهشی، به پی‌گیری اندیشه‌های خرد یا کلان مندرج در آثار پیشین می‌پردازد و بیشتر در پی کشف چگونگی رشد سیستم‌های پشتیبان تصمیم‌گیری محیطزیستی در طول زمان و درعرصه‌های مختلف علمی است. بنابراین، نگارندگان به دنبال جستجوی حقایق برای بیان اندیشه‌های نهفته در موضوع سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری محیطزیستی هستند و از طریق مطالعه‌ای نظام‌مند در دستاوردهای علمی پژوهشی که از دو خصلت اصالت و ابداع برخوردار باشد و نتایج آنها به کاربردها، روش‌ها، مفاهیم و مشاهدات جدید در زمینه علمی با هدف پیشبرد مرزهای علمی و فن‌آوری منجر شود، برای یافتن سیر تحولات علمی در زمینه سیستم‌های پشتیبان تصمیم‌گیری محیطزیستی تلاش می‌نمایند. نتایج این پژوهش شامل مفاهیم و تحولات، طراحی و چالش‌های طراحی سیستم‌های پشتیبان تصمیم‌گیری محیطزیستی است و در هر بخش به جمع‌بندی و تحلیل یافته‌ها در جهت ارایه نظریه‌ای جامع و هدفمند در راستای نظریه‌های ارایه شده و رفع کاستی‌ها و انتقادات موجود پرداخته می‌شود. در پایان ارزیابی و تحلیل جامع در ارتباط با مفاهیم، تحولات و پیشرفت‌ها، ساختار، عملکرد و روند آتی مطالعات و تحقیقات در زمینه سیستم‌های پشتیبان تصمیم‌گیری محیطزیستی توسط نگارندگان ارایه می‌شود.

یافته‌ها

مفاهیم و تعاریف

برای اولین بار، مفهوم سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری توسط(Gorry & Morton, 1971) با استفاده از تحقیقات (Simon, 1960) که بر روی تصمیم‌گیری سازمانی انجام شده

www.SID.ir

Archive of SID

بود ارایه شد (McIntosh et al., 2005; Oliver & Twery, 1999) و در اواسط دهه ۱۹۷۰ به یک زمینه مطالعاتی مستقل تبدیل شده است و در اواسط و اواخر دهه ۱۹۸۰ انواع متعددی از سیستم‌های پشتیبان تصمیم‌گیری مانند سیستم اطلاعات اجرایی (EIS)[۳] سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری گروهی (GDSS)[۴] و سیستم‌های پشتیبان تصمیم‌گیری سازمانی (ODSS)[۵] به صورت گسترده‌ای مطرح شدند. در آغاز دهه ۱۹۹۰ پایگاه‌های اطلاعاتی بسیار عظیم و فرایند تجزیه و تحلیل بر خط[۶]، قلمرو سیستم‌های پشتیبان تصمیم‌گیری را وسیع‌تر کرد و در نهایت با نزدیکی به هزاره جدید، برنامه‌های تحلیلی مبتنی بر وب نیز معرفی شدند (Power, 2000).

سیستم‌های پشتیبان تصمیم‌گیری سیستم‌های اطلاعات کامپیوتری در جهت کمک به تصمیم‌گیران در شناسایی وظایف با ساختاربندی نامناسب[۷] در حوزه یک تصمیم‌گیری مشخص هستند. این سیستم‌ها، با ایجاد امکان دسترسی و استفاده تصمیم‌گیران از اطلاعات و مدل‌های تحلیلی مناسب، از طبیعت فکری حمایت می‌کنند (El-Najdawi & Stylianou, 1993). واژه ساختاربندی نامناسب به این مساله اشاره دارد که سیستم‌های پشتیبان تصمیم‌گیری برای حل مشکلاتی به کار می‌روند که دانش علمی برای آنها وجود ندارد و تلاش در جهت حل بدون ابهام آنها دارند. همچنین، مسایلی را شامل می‌شوند که اتفاق‌نظر نسبی بر روی ارزش‌ها، معیارها و نرم‌ها جهت تعریف بدون ابهام آنها وجود ندارد (Van delden, 2000).

اما سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری محیط‌زیستی چگونه تعریف می‌شود؟ (Rizzoli & Young, 1997) سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری محیط‌زیستی را یک سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری معرفی کرده که برای کاربرد در حوزه محیط‌زیست سازگار شده و مدل‌ها یا پایگاه‌های داده یا سایر ابزارهای کمک به تصمیم‌گیری را به شکل قابل استفاده برای کاربران جمع بندی نموده است. (Cortés et al., 2000) سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری محیط‌زیستی را یک سیستم اطلاعات هوشمند معرفی کرده که زمان لازم برای تصمیم‌گیری، پایداری و کیفیت آن را بهبود می‌بخشد و در بیشتر کمیت‌های اختصاصی در زمینه کاربردی آن بیان می‌شود. آنها همچنین اشاره دارند بر این که سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری محیط‌زیستی نقش مهمی در کاهش ریسک حاصل از رابطه متقابل بین جوامع انسانی و محیط‌زیست طبیعی را دارد. (Elmahdi & McFarlane, 2009) سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری محیط‌زیستی را تجزیه و تحلیل هوشمند و سیستم اطلاعاتی می‌دانند که یک سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری ساختاربندی‌شده و قابل فهم از جنبه‌های کلیدی مختلف مساله است. بدین معنا که سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری محیط‌زیستی باید مدل‌سازی و مهندسی پایگاه داده را باهم ترکیب و یک چارچوب تصمیم‌گیری مشارکتی قابل استفاده ارایه نماید. بر اساس نظر (Fox & Das, 2000)، یک سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری یک سیستم کامپیوتری است که به تصمیم‌گیران در انتخاب گزینه‌ها و فعالیت‌ها یاری رسانده و در این راه از دانش موجود در حوزه تصمیم استفاده می‌نماید تا به پیشنهادها برای هر گزینه برسد. بنابراین، یک سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری محیط‌زیستی یک سیستم اطلاعات هوشمند است که زمان لازم برای تصمیم‌گیری را کاهش داده و سبب ارتقای کیفی تصمیم‌های و ثبات آنها می‌شود (Haagsma & Johanns, 1994; Corte´s et al., 2001).

تعاریفی که از سیستم‌های پشتیبان تصمیم‌گیری ارایه می‌شود، نشان می‌دهد که سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری از داده‌ها و مدل‌ها استفاده می‌کند و یک ارتباط آسان و کاربرپسند را فراهم می‌آورد و می‌تواند دیدگاه‌های تصمیم‌گیران را به یک هماهنگی برساند. یک سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری طی فرایند فعل و انفعالی توسط کاربران ساخته شده و از یک یا چند مرحله از تصمیم‌گیری پشتیبانی می‌نماید و می‌تواند به عنوان بخشی از دانش شناخته شود. سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری بیشتر از مدل‌ها، پایگاه‌های داده و ابزارهای ارزیابی مختلفی که با یکدیگر ارتباط پیدا کرده‌اند، تشکیل شده است و تحت یک رابط گرافیکی کاربر به جامعیت رسیده است و به واسطه یک عامل مدیریت داده‌های مکانی به وسیله سیستم اطلاعات جغرافیایی به نمایش در می‌آید. اما، ساختار یک سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری محیط‌زیستی از چه الگویی پیروی می‌کند؟

طراحی سیستم

تصمیم‌های زمانی گرفته می‌شوند که انحرافی در وضعیت مورد انتظار یا ایده‌آل سیستم دیده شده یا پیش‌بینی شود. این مطلب بر آگاهی از مساله دلالت دارد که به ترتیب باید بر اساس اطلاعات، تجربه و دانش مرتبط با فرایند باشد. این سیستم‌ها با جمع‌بندی چندین روش هوش مصنوعی[۸]، اجزای سیستم اطلاعات جغرافیایی، فنون ریاضیاتی و آماری و هستی‌شناسی

www.SID.ir

Archive of SID

محیط‌زیستی[۹] ساخته می‌شوند. چگونگی تشکیل یک سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری محیط‌زیستی در رابطه با نوع مساله محیط‌زیستی و نوع اطلاعات و دانش قابل کسب از آن متغیر است. پس از بررسی محدودیت‌ها و تجزیه و تحلیل اطلاعات موجود، یک مجموعه از ابزارها انتخاب می‌شوند. چنین روشی نه تنها در مدل‌های عددی بلکه در روش‌های هوش مصنوعی همچون ابزارهای مدیریت دانش به کار می‌رود. (Sprague, 1980)، اهمیت بیشتری به جنبه‌های تجزیه و تحلیل تصمیم‌گیری در طراحی سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری داده است و پیشنهاد می‌کند که پشتیبانی از تصمیم‌گیری در یک سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری انواع مختلف تصمیم‌های (یعنی ساختاربندی شده[۱۰] و نیمه ساختاربندی شده[۱۱]، مستقل و وابسته) را پوشش دهد و تمام مراحل فرایند تصمیم‌گیری را شامل شود. (Simon, 1960). سه فاز مهم را در تصمیم‌گیری سازمانی مشخص نمود که عبارتند از: ۱. کسب دانش با هدف شناسایی نیاز برای یک تغییر که (Rogers, 2003) از این فاز تحت عنوان تنظیم دستورکار یاد می‌کند ۲. طراحی یا تهیه گزینه‌ها، برنامه‌ها یا استراتژی‌های جایگزین برای حل مساله شناسایی‌شده در فاز اول ۳. فرایند ارزیابی گزینه‌های جایگزین و انتخاب. بر اساس نظر (Courtney, 2001; Gorry & Morton, 1971)، خلاقیت اصلی در تشخیص و تفکیک تصمیم‌گیری ساختاربندی شده، نیمه ساختاربندی شده و بدون ساختار است و سپس تعریف سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری به عنوان یک سیستم کامپیوتری که از تصمیم‌گیری در جایی که حداقل یکی از سه فاز ذکر شده نیمه ساختاربندی شده یا بدون ساختار هستند. اما، چه چیز نیمه ساختاربندی شده یا ساختاربندی نشده را از هم تفکیک می‌کند؟ (Pidd, 2003) به دقت تصمیم‌ها را در سه بر اساسه ساختار یاد شده جای می‌دهد. او از پازلی استفاده می‌کند شامل: ترکیب‌بندی مساله مورد قبول و راه‌حل مورد قبول، مساله مورد قبول و راه‌حل چالشی و سوم مساله چالشی و راه‌حل چالشی (Oliver & Twery, 1999; McIntosh et al., 2005). ترکیب‌بندی مساله چالشی زمانی روی می‌دهد که ماهیت مساله مطرح شده مورد قبول نباشد و راه‌حل چالشی زمانی روی می‌دهد که دیدگاه‌های متفاوتی در بهترین راه‌حل ارایه شده به وجود آید. سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری زمانی به کمک یک مرحله از تصمیم‌گیری می‌آید که یکی از مراحل یعنی ترکیب‌بندی مساله یا راه‌حل، چالشی باشند (نیمه ساختاربندی شده) یا هر دو مرحله چالشی باشند (ساختاربندی نشده) و بر این اساس طراحی می‌شود.

مطالعات در این زمینه نشان می‌دهد که ساختار اغلب سیستم‌های پشتیبان تصمیم‌گیری محیط‌زیستی جهت پشتیبانی از سه فاز تصمیم‌گیری (یعنی فازهای هوش، طراحی و انتخاب) در بیشتر تصمیم‌های ساختاربندی نشده طراحی شده‌اند. برخی نیز توسط کاربران عملیاتی نشدند. به هر حال دامنه کاربرد و موفقیت در عمل به خوبی مشخص نشده است. ما ساختار یک سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری محیط‌زیستی را در چهار سطح معرفی می‌کنیم (شکل ۱):

- اولین سطح سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری محیط‌زیستی (شناسایی مساله) شامل فازهای تصمیم‌گیری و تعیین ترکیب‌بندی چالش در مساله یا راه‌حل در هر یک از فازهای تصمیم‌گیری است.
- سطح دوم (سطح طراحی) شامل جمع‌آوری داده، ثبت آنها در پایگاه داده و مدل‌های استدلالی است که در تشخیص وضعیت فرایند به کار می‌روند تا این که به یک راه‌کار به کارگیری دست یابند. داده‌های خام اولیه به طور معمول ناقص بوده و به یک پیش‌پردازش اولیه جهت افزایش قابلیت درک و تفسیر آنها نیاز دارند. داده‌های ناقص و نامطمئن در این مرحله، باید مورد توجه و رسیدگی قرار گیرند. این مرحله به کمک مدل‌های آماری، ریاضی و هوش مصنوعی انجام می‌گیرد.
- سطح سوم (سطح پشتیبانی از تصمیم) شامل یک وظیفه نظارتی است که مستلزم جمع‌آوری و ادغام نتایج حاصل از روش‌های عددی و دانش‌بنیان است. روابط متقابل کاربر و سیستم کامپیوتری در این سطح خود را نشان می‌دهد. زمانی که یک نتیجه مشخص و واحد به دست نمی‌آید، باید مجموعه‌ای از تصمیم‌ها به ترتیب احتمال آنها به کاربر ارایه شود.
- در سطح چهارم، برنامه‌ها جمع‌بندی شده و در چارچوب یک مجموعه فعالیت پیشنهادی در جهت حل مساله به مدیران ارایه می‌شوند. مجموعه فعالیت‌ها جهت اجرا و حل مساله در حوزه تصمیم در این سطح قرار دارند. سیستم نه تنها فعالیت‌ها را مشخص می‌کند، بلکه ارزش هر یک از آنها را نیز تعیین می‌نماید. این مرحله، آخرین بخش از ساختار یک سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری محیط‌زیستی است که چرخه را می‌بندد.

www.SID.ir

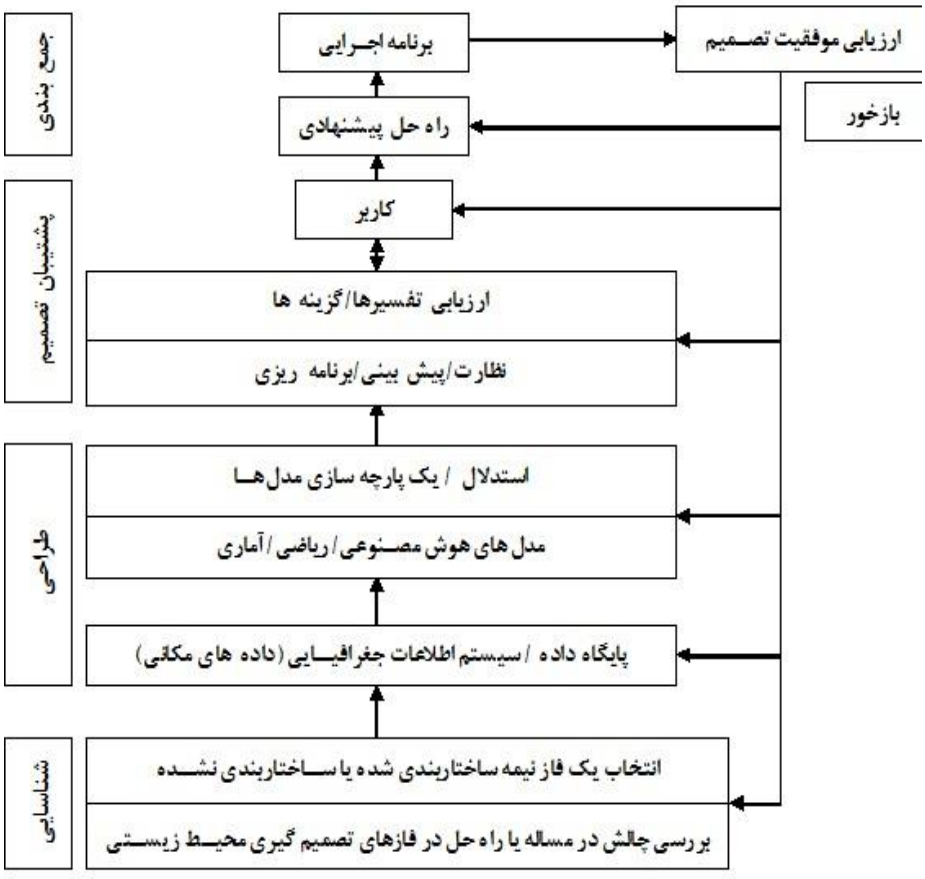
Archive of SID

دیاگرام مراحل فاز طراحی یک سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری محیط‌زیستی در شکل (۲) دیده می‌شود.

مطالعات موردی در طراحی سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری محیط‌زیستی

بررسی مطالعات موردی و سیستم‌های پشتیبان تصمیم‌گیری محیط‌زیستی طراحی شده، نمایان کننده عملکرد مدیران محیط‌زیست و کاربران، چالش‌های موجود، میزان موفقیت در طراحی و کاربرد سیستم‌های پشتیبان تصمیم‌گیری محیط‌زیستی در حوزه مدیریت محیط‌زیست است. در این رابطه، برخی سیستم‌های پشتیبان تصمیم‌گیری محیط‌زیستی در زمینه حفاظت محیط‌زیست ارایه شده است (Rudner et al., 2007). در این ارتباط (Makhdoum, 2002) مدل تخریب را به عنوان یک سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری در ارزیابی آثار محیط‌زیستی معرفی می‌نماید. مدل تخریب در دسته‌بندی کلی مدل‌ها، جزء مدل‌های اطلاع‌رسان (برای آگاهی مدیریت کلان طرح‌ها) محسوب می‌شود. این مدل، از نوع تجزیه و تحلیل سیستمی بوده و از شیوه مدل‌سازی ریاضی بهره گرفته شده است (یارعلی و همکاران، ۱۳۸۹). برخی سیستم‌های پشتیبان تصمیم‌گیری محیط‌زیستی در زمینه آلودگی‌ها طراحی شده است (Dorner et al., 2007). اما بیشتر سیستم‌های پشتیبان تصمیم‌گیری محیط‌زیستی در ارتباط با مدیریت جامع سرزمین هستند (Ro¨tter et al., 2007; Van Delden et al., 2007; Rivington et al., 2007).

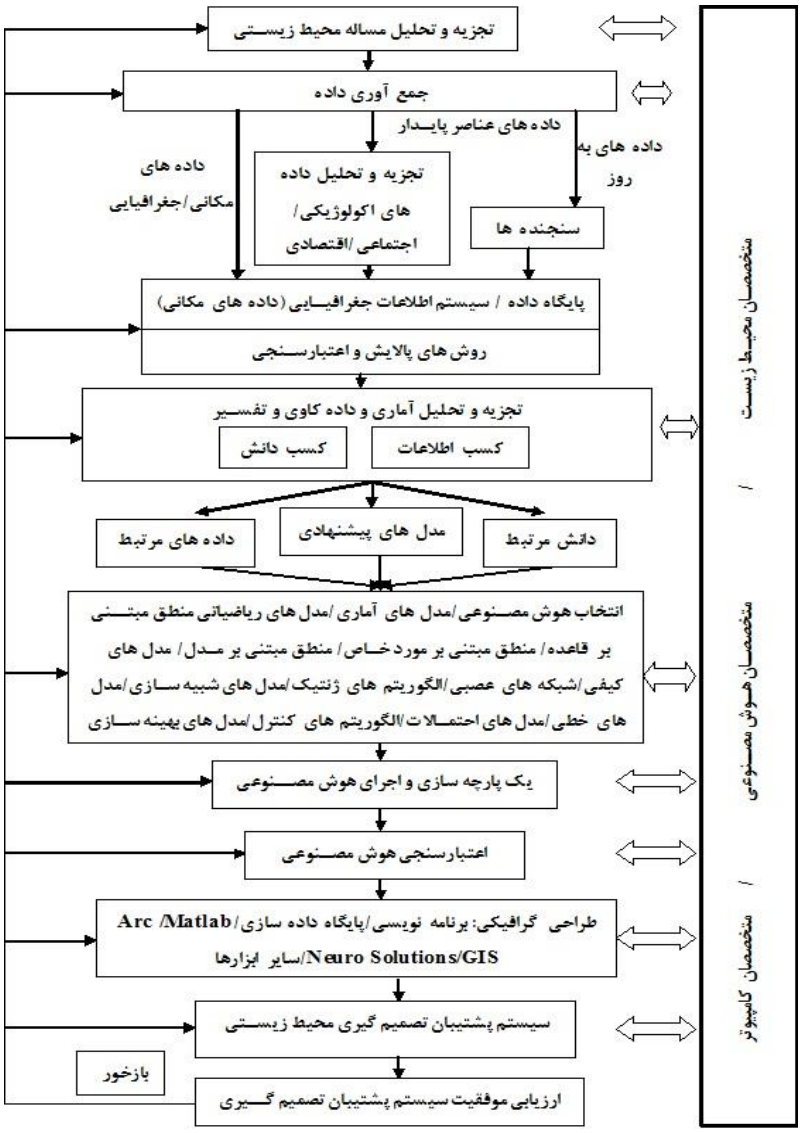
مروری خلاصه بر منابع موجود در ارتباط با سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری محیط‌زیستی، مطالعات موردی زیادی را در طراحی و ساخت سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری محیط‌زیستی در جهان واقعی نشان می‌دهد (Cortés et al., 2000; Poch et al., 2004; Twery et al., 2005; Argent et al., 2009; Elmahdi & McFarlane, 2009) و البته مطالعات محدودتری در رابطه با ارزیابی سیستم‌های پشتیبان تصمیم‌گیری محیط‌زیستی انجام شده است (جدول ۱).



شکل (۱): ساختار یک سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری محیط‌زیستی

www.SID.ir

Archive of SID



شکل (۲): مراحل فاز طراحی یک سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری محیط‌زیستی

چالش‌های طراحی

طی مرور منابع انجام شده جنبه‌های مثبت و منفی سیستم‌های پشتیبان تصمیم‌گیری محیط‌زیستی طراحی شده مورد توجه واقع شدند. هدف اصلی بررسی مسایل غالب (مدیریت مزرعه، تغییر اقلیم و سیل، منابع‌آب، منابع‌طبیعی، تخریب اراضی و غیره) و زمینه کاربردی (دولت، دانشگاه، مشاغل) سیستم‌های پشتیبان تصمیم‌گیری محیط‌زیستی بوده است تا چالش‌های عمده شناسایی شود. هدف یافتن و انتشار دیدگاه‌های مهم و کاربردی بر اساس تجارب طراحی و توسعه سیستم‌های پشتیبان تصمیم‌گیری محیط‌زیستی بوده است، به طوری که سیستم‌های پشتیبان تصمیم‌گیری محیط‌زیستی کاربردی و غیرکاربردی با هم مقایسه شوند. چالش‌های شناسایی شده در سه دسته عمده بر اساسه‌بندی می‌شوند: ۱. چالش‌هایی که مرتبط با مشارکت کاربران و ذی‌نفعان در تهیه سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری محیط‌زیستی است. ۲. چالش‌های ابزار و نرم افزار که مربوط به ساخت سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری محیط‌زیستی پایدار در طولانی مدت با استفاده از درک هزینه‌ها و استفاده از فن‌آوری نرم‌افزاری مناسب است. ۳. چالش‌های ارزیابی موفقیت، در ارتباط با توصیف و اندازه‌گیری میزان موفقیت سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری محیط‌زیستی و نحوه ارزیابی است.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول (۱): مجموعه‌ای از سیستم‌های پشتیبان تصمیم‌گیری محیط‌زیستی طراحی شده، ابزار و عملکرد آنها

نام ابزار و منابع	نوع ابزار، کاربر هدف و کاربرد گزارش شده
MedAction PSS (Van Delden et al., 2007)	مدل ارزیابی جامع ترکیبی از زیرمدل‌های عددی و مبتنی بر قاعده[۱۲]. مورد بررسی و بحث ذی‌نفعان قرار گرفته اما کاربرد عملی نداشته است.
OFDM (Jahani, et al., 2016)	سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری محیط‌زیستی در ارزیابی آثار طرح‌های جنگلداری که در مدیریت اکوسیستم‌های جنگلی به کار رفته است. مدل شبکه عصبی با ساختار تصمیم‌گیری فازی که ابزار مربوطه به صورت ابزار گرافیکی کاربر (GUI) در نرم افزار MATLAB 2012a طراحی گردید.
Participatory Integrated Planning (PIP) (Castelletti & Soncini, 2006 & 2007)	روند ساختاربندی فرایند تصمیم‌گیری گروهی در مورد اهداف (مسایل) و طراحی، ارزیابی و مباحثه در مورد گزینه‌های مدیریت آبخیز. توسعه یافته و توسط ذی‌نفعان در پروژه مدیریت دریاچه ماگیور مورد استفاده قرار گرفته است. کاربردهای دیگر بدون جزییات ذکر شده است.
MODULUS (Oxley et al., 2004)	مدل ارزیابی جامع (IAM)[۱۳] ترکیبی از زیرمدل های عددی و مبتنی بر قاعده. ارایه شده به دولت محلی و دیگر ذی‌نفعان که توسط آنها مورد بحث قرار گرفته اما کاربردی نشده است.
mDSS (Mysiak et al., 2005)	مدل‌های هیدرولوژیکی، مدل‌های تصمیم‌گیری ریاضیاتی و تجزیه و تحلیل چندمعیاره[۱۴]. پس از مرحله آزمایشی توسط متصدیان امور آب به کاربران ارایه شد اما کنترلی بر مورد استفاده قرار گرفتن آن انجام نشد.
CLAM (Ticehurst et al., 2008)	سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری. مورد توجه کاربران شامل دولت محلی واقع شده و نحوه استفاده و به روزرسانی آن آموزش داده شده است. شواهد حاکی از آن است که مدل به روزرسانی شده است اما مدارک قوی در راستای اجرایی شدن آن وجود ندارد.
NED-2 (Twery et al., 2005)	سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری با مدیریت داده، هوش مصنوعی و مدل‌های شبیه‌سازی[۱۵]. در ابتدا جنگلداران مشاور خصوصی در مدیریت مناطق جنگلی مالکان و همچنین توسط مدیران اراضی عمومی در ارزیابی گزینه‌ها در مالکیت‌های بزرگ مورد استفاده قرار گرفت.
CAPER (Kelly & Merritt, 2010)	سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری. در توسعه بخش‌های برنامه بهبود کیفیت آب دریاچه‌های بزرگ استفاده شده است.
IBIS_Merritt et al. (2009, 2010)	سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری. به طور عملی توسط وزارت تغییر اقلیم محیط و آب به کار گرفته نشده است. جهت تعیین آثار سناریوهای آب‌رسانی و تغییر اقلیم که در طرح حوزه آبخیز آمده است، به کار گرفته شده است.
Groundwater Decision Support System (GWDSS) (Pierce, 2006)	الگوریتم بهینه‌سازی[۱۶] Tabu. ارایه شده به گروهی از ذی‌نفعان برای کمک به تعیین استراتژی‌های محصول پایدار
Gnangara Decision Support Tool (GDST) (Elmahdi & McFarlane, 2009)	مدل‌های پویایی سیستم[۱۷]. توسط ذی‌نفعان در تهیه سناریوها در سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری و تجزیه و تحلیل آثار آنها بر روی سیستم آب زیرزمینی و ارزش آن استفاده شده است. شواهدی از کاربردی شدن آن وجود ندارد.
Elbe-DSS (de Kok et al., 2009; Lautenbach et al., 2009; Matthies et al., 2006)	مدل بارش و رواناب، مدل شبکه رودخانه، مدل کیفیت آب. ارایه شده به متصدیان مربوطه جهت پشتیبانی از مدیریت حوزه آبخیز و همچنین مورد استفاده در برنامه‌ریزی استراتژیک توسط موسسه هیدرولوژیکی آلمان
GESMO project DSS (Recio, 2005)	مدل‌های اقتصادی آماری. ارایه شده به متصدیان برای پشتیبانی برنامه ریزی آبرسانی
GAINS (Amann et al., 2011)	مدل ارزیابی جامع همراه با کارکردهای بهینه‌سازی و شبیه‌سازی. مدل‌های پیشین کاربرد گسترده‌ای یافت اما مدل GAINS در حال حاضر مورد استفاده قرار نگرفته است.
SMOM (Simplified Modelling On growing Monitoring) (Halide et al., 2009)	ابزار چندبخشی با بخش‌های مختلف جهت اجرای جنبه‌های مختلف طراحی امکانات آبزی‌پروری با استفاده از ترکیبی از کلاسه‌بندی و تجزیه و تحلیل تصمیم چندمعیاره. مدیران آبزی‌پروری جهت طراحی تسهیلات جدید آبزی‌پروری. عدم وجود گزارش اجرایی
OPRAH (Optimal Restoration of Altered Habitats) (Lethbridge et al., 2010)	ابزار بهینه‌سازی مکانی با کاربرد الگوریتم شبیه‌سازی‌شده. مدیران حفاظت زیستگاه و اراضی در طراحی برنامه‌های احیای زیستگاه. به جز مطالعه موردی آزمایشی گزارش اجرایی دیگری مشاهده نشده است.
StockPlan (McPhee et al., 2010)	چهار ابزار سیستم ترکیبی از تجزیه و تحلیل ساختار سنی، مالی و اقتصادی استفاده می‌کنند که توسط دولت توسعه یافته است، اما گزارشی از کاربردی شدن آن در دست نیست.
Ecosystem Management Decision Support (EMDS) (Reynolds, 2005)	سیستم اطلاعات جغرافیایی، تجزیه و تحلیل چندمعیاره و منطق مبتنی بر قاعده. مورد استفاده توسط سازمان‌های مدیریت و آموزش در مدیریت منظر و جنگل.

www.SID.ir

Archive of SID

DSS for sustainable coral reef management (Chang et al., 2008)	مجموعه‌ای از مدل‌های پویا. توسط نویسندگان در تجزیه و تحلیل مجوعه‌ای از سناریوها استفاده شده است.
Water Resources Aided by Graphical Interface-Quality model (Sulis et al., 2011)	سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری. به روز شده و مورد استفاده توسط امور آب ایتالیا
(EPAWM) (عسگری و ترابی، ۱۳۸۸)	نرم‌افزار پشتیبانی تصمیم‌گیری مدیریت پسماند
مدل تخریب مناطق حفاظت شده (یارعلی و همکاران، ۱۳۸۹)	مدل تخریب، تعیین آثار توسعه بر محیط‌زیست منطقه حفاظت شده اشترانکوه
مدل تخمین نیترات آب زیرزمینی (زارع ابیانه و همکاران، ۱۳۹۰)	شبکه عصبی مصنوعی، مدل تخمین نیترات آب زیرزمینی، ارزیابی و پیش‌بینی میزان نیترات آب زیرزمینی دشت همدان–بهار
سیستم اطلاعات جغرافیایی (مددی و همکاران، ۱۳۸۴)	GIS، سیستم اطلاعات جغرافیایی ارزیابی تخریب، ارزیابی آثار توسعه شهرستان ملایر
سامانه پشتیبان تصمیم‌گیری سریع (آذری دهکردی و خزاعی، ۱۳۸۸)	GIS، ارزیابی تخریب جنگل، ارزیابی آثار توسعه جنگل شفارود

مشارکت کاربران و ذی‌نفعان

در سال‌های اخیر تاکید بسیاری در مشارکت ذی‌نفعان در ایجاد و اجرای سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری دیده می‌شود. ایجاد یک ارتباط شفاف زمانی که به مشارکت افراد اهمیت داده می‌شود، به عنوان یک مشکل عمده در سیستم‌های پشتیبان تصمیم‌گیری کنونی شناخته می‌شود. (Diez & McIntosh, 2009) و (Quinn, 2010) هر دو بر درک صحیح نیازهای کاربران و مشارکت با آنها تاکید دارند. مشارکت گسترده ذی‌نفعان به طور اساسی در موفقیت یک سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری محیط‌زیستی اثرگذار است. ارتباط مشخصی بین کاربر و نحوه استفاده وجود دارد و مدل‌سازی مشارکتی با تاکید بر تجمیع ذی‌نفعان مختلف امکان یادگیری ذی‌نفعان از یکدیگر و دستیابی به یک ارزیابی گروهی آثار سیاست‌گذاری و گزینه‌های مدیریت را فراهم می‌آورد (Voinov & Bousquet, 2010). ممکن است دستیابی به یک سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری جامع که نیازی به یک تیم خبره در زمینه استفاده، فرضیات و محدودیت‌های آن نداشته باشد، حاصل نشده باشد. اما گرایش به سمت افزایش مشارکت ذی‌نفعان در تهیه چنین سیستمی وجود دارد. این دیدگاه از طریق چارچوب‌های قانونی جهانی به شدت مورد حمایت قرار گرفته است، مانند بخشنامه کالبد آب (Water Framework Directive) در اروپا (Rizzoli & Giupponi, 2007; Young, 1997) سه گروه مختلف کاربر سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری را شامل: دانشمندان و آنالیزورهای سیستم، مدیران و تصمیم‌گیران محیط‌زیست و ذی‌نفعان محیط‌زیستی (مالکان اراضی، گروه‌های تفرجی و حفاظتی محیط‌زیست) معرفی می‌کنند. به طورکلی، راه‌کاری برای محققان، ذی‌نفعان و سیاست‌گذاران سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری محیط‌زیستی در منابع دیده نمی‌شود.

اطمینان از برآورده کردن انتظارات کاربران و جلب رضایت آنها بدون هزینه نخواهد بود. هزینه‌ای که اغلب در طراحی سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری با توجه به طول عمر مفید سیستم کمتر به آن توجه می‌شود. چالش‌های مرتبط با عمر سیستم باید توسط طراحان بررسی شده و میزان هزینه‌های سیستم و درآمدهای آن در طول عمر مفید به وضوح مشخص شود و نحوه بهره‌گیری از سیستم، هزینه‌ها و سرمایه‌گذاری تضمین شده باشد. عوامل مهم اثرگذار بر طول عمر سیستم عبارت از: ویژگی‌های سازمان طراح سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری محیط‌زیستی، اعتبار زمانی ارایه شده و ساختار نرم‌افزار می‌باشند.

دو چالش مهم دیگر در ارتباط با کابران وجود دارد. اول این که اکثر پروژه‌های سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری محیط‌زیستی از سرمایه‌گذاری ملی و بین‌المللی برخوردارند، در صورتی که توسط محققان دانشگاهی و شرکتی اجرا شده و سرمایه‌گذاری در این بخش‌ها توسط کاربران انجام نمی‌شود (Quinn, 2010). جدایی سرمایه‌گذاری از فرایند تهیه سیستم و پاسخگویی به یک کاربر مشخص، مشکل اساسی برای تهیه کنندگان سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری محیط‌زیستی است. در مقیاس کاربردی، به محض این که کاربران شناسایی می‌شوند فرایند دریافت اطلاعات از آنها جهت تهیه سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری محیط‌زیستی مناسب از

www.SID.ir

Archive of SID

طرف تهیه‌کنندگان در نظر گرفته نمی‌شود (Burstein & Holsapple, 2008) و در بعضی موارد سبب شکست سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری محیط‌زیستی می‌شود.

ابزار و نرم‌افزار

ساختار نرم‌افزاری یکی از عوامل مهم در تعیین میزان موفقیت کاری سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری محیط‌زیستی است. سیستم‌های پشتیبان تصمیم‌گیری محیط‌زیستی پیچیده هستند و موفقیت به نرم‌افزارهای حرفه‌ای نیاز دارد. برخی از ساختارهای نرم‌افزاری عبارت از: سیستم‌های پشتیبان تصمیم‌گیری اختصاصی، چارچوب‌های مدل‌سازی و سیستم‌های مدل‌سازی تجاری می‌باشند (Harou et al., 2010). (Denzer, 2005) چهار فن‌آوری مرسوم در سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری محیط‌زیستی را معرفی می‌کند: محاسبه عددی (مدل‌ها)، نمایش جغرافیایی، هوش مصنوعی (بهینه‌سازی و تجزیه و تحلیل تصمیم) و شبکه‌بندی و مدیریت داده (سیستم مدیریت داده). تمامی سیستم‌های پشتیبان تصمیم‌گیری محیط‌زیستی شامل ابزارهای GIS هستند. زیرا، تاکید بسیاری بر جنبه مکانی مدیریت منابع محیط‌زیستی وجود دارد. نمایش گرافیکی و جدولی اطلاعات سبب بهبود عملکرد تصمیم‌گیران شده است. زمان کوتاه‌تر حل مساله، دقت بیشتر و توانایی بیشتر در حل مسایل پیچیده (Crossland et al., 1995) سبب گسترش استفاده از روش‌های بصری مکانی شده است. سیستم‌های پشتیبان تصمیم‌گیری محیط‌زیستی از پیشرفت GIS حاصل شده‌اند و استفاده از ابزارهای نمایش و تجزیه و تحلیل گرافیکی جای بحث ندارد. استراتژی کاربرد و عملکرد مکانی به طور اساسی متفاوت از یک تابع در یک بسته تجاری نرم‌افزاری GIS است (Carrick & Ostendorf, 2007; Krol & Bronstert, 2007) بلکه یک ابزار سیستم اطلاعات جغرافیایی جامع که با سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری محیط‌زیستی پیوند خورده است را نیاز دارد (Berlekamp et al., 2007).

یک تابع ساده و وابسته به یک ابزار خارجی دیگر نیاز به یک کاربر ماهر در زمینه ابزار مربوطه دارد و آشنایی کاربر با سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری محیط‌زیستی کافی نیست و یک چالش عمده نرم‌افزاری را ایجاد کرده است. از این‌رو استراتژی‌های جدید کاربران را به سمت یک مدیریت سطح بالا هدایت می‌کند. استفاده از ابزارها و مدل‌های هوش مصنوعی امکان دسترسی به تخصص و دانش کارشناسی را فراهم می‌کند و انعطاف‌پذیری آنها امکان پشتیبانی از یادگیری و فرایند تصمیم‌گیری را فراهم می‌کند. اجتماع آنها با مدل‌های ریاضی و آماری در یک سیستم واحد، دقت، اعتبار و سودمندی آنها را افزایش می‌دهد (Corte´s et al., 2000). مواردی از ابزارها و مدل‌های هوش مصنوعی که امروزه بیشترین کاربرد را در طراحی سیستم‌های پشتیبان تصمیم‌گیری محیط‌زیستی دارند، در شکل (۱) عنوان شده است. امروزه شاهد روند رو به رشد کاربرد شبکه‌های عصبی مصنوعی در طراحی سیستم‌های پشتیبان تصمیم‌گیری محیط‌زیستی به دلیل قابلیت بالای آنها در کشف روابط پیچیده حاکم در اکوسیستم هستیم.

ارزیابی موفقیت

سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری محیط‌زیستی نیز مانند هر سیستم دانش‌بنیان دیگری پس از یک بار اجرا، نیاز به ارزیابی دارد. ارزیابی آن چه سیستم می‌داند، نحوه استفاده از آن چه که می‌داند، با چه سرعتی آموزش می‌بیند و در نهایت عملکرد کلی آن. موفقیت یک سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری محیط‌زیستی از سه دیدگاه قابل بررسی است. از دیدگاه ابزار تصمیم‌گیری و سیاست‌گذاری، موفقیت سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری محیط‌زیستی در ارتباط با نحوه اثرگذاری این ابزار بر برنامه‌ریزی و مدیریت جهان واقعی و میزان قابلیت سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری محیط‌زیستی در حل مسایل از دیدگاه ابزار علمی و مهندسی، موفقیت سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری محیط‌زیستی بر اساس عملکرد آن در به تصویر کشیدن جهان واقعی، کالیبره شدن آن و اعتبارسنجی است. در نهایت موفقیت سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری محیط‌زیستی از دیدگاه ابزار نرم‌افزاری در ارتباط با عواملی است همچون نهادهای تولیدکننده سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری محیط‌زیستی، گواهی اعتبار و ساختار و دیدگاه نرم‌افزار. بنابراین، واضح است که ارزیابی موفقیت سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری محیط‌زیستی یک مقوله چندبعدی است که ترکیبی از عوامل سازمانی، تکنیکی و انسانی را شامل می‌شود. اما، چالش‌های دیگری در رابطه با تعریف و اندازه‌گیری میزان موفقیت بسیار دیده می‌شود (Matthews et al., 2011). بر اساس نظریه (Goeller, 1988) موفقیت در کاربرد سیستم‌های پشتیبان تصمیم‌گیری محیط‌زیستی در تصمیم‌گیری و سیاست‌گذاری از طریق سه معیار زیر سنجیده می‌شود: ۱.

www.SID.ir

Archive of SID

تجزیه و تحلیل: موفقیت تجزیه و تحلیل نشان می‌دهد چگونه تجزیه و تحلیل سیستم‌های پشتیبان تصمیم‌گیری محیط‌زیستی اجرا شده و به کاربران ارایه شده است. اما این معیار به تنهایی نشان از موفقیت سیستم‌های پشتیبان تصمیم‌گیری محیط‌زیستی نیست. زیرا، ممکن است تحلیل ارایه شده مورد قبول کاربران نباشد. ۲. کاربرد: موفقیت کاربرد در ارتباط با نحوه استفاده از سیستم‌های پشتیبان تصمیم‌گیری محیط‌زیستی و کاربر آن است. یک شاخص مناسب برای موفقیت کاربرد، میزان اطلاعات حاصله از سیستم‌های پشتیبان تصمیم‌گیری محیط‌زیستی است که بر فرایند تصمیم‌گیری اثر می‌گذارد (البته این خود سوالات بیشتری را در مورد نحوه اندازه‌گیری این اطلاعات به همراه خواهد داشت). از طرف دیگر، موفقیت کاربرد می‌تواند از طریق میزان حمایت سیستم‌های پشتیبان تصمیم‌گیری محیط‌زیستی در حل مساله و ارایه راه‌کار بهتر سنجیده شود (Hermans, 2005). ۳. نتیجه و خروجی: موفقیت نتیجه حاکی از نحوه استفاده از نتایج تحلیل سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری محیط‌زیستی است که بر برنامه‌ریزی، مدیریت و سیاست‌گذاری اثر می‌نهد و آیا فعالیت پیشنهادی سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری محیط‌زیستی کمکی به چاره‌جویی و حل مساله می‌کند یا خیر. بر اساس چالش‌های ارزیابی موفقیت، شاهد عدم کاربرد سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری محیط‌زیستی در اجرا هستیم (به کاربرد سیستم‌ها در جدول ۱ رجوع شود).

بحث و نتیجه‌گیری

سیستم‌های پشتیبان تصمیم‌گیری محیط‌زیستی به عنوان ابزاری نو جهت حل مسایل پیچیده محیط‌زیستی شناخته شده‌اند. بررسی مطالعات مربوط به سیستم‌های پشتیبان تصمیم‌گیری محیط‌زیستی (شامل مقالات، کنفرانس‌ها و گزارشات فنی) نشان می‌دهد به لحاظ گستره و تنوع کاربرد سیستم‌های پشتیبان تصمیم‌گیری محیط‌زیستی در حل مسایل محیط‌زیستی به ترتیب، مدیریت آب در صدر قرار دارد و پس از آن ارزیابی ریسک و مدیریت جنگل‌ها قرار دارند. به هر حال، بر این اساس که سیستم مدیریت پایگاه داده می‌تواند به عنوان یک سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری شناخته شود، توافق نظری حاصل می‌شود که یک سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری محیط‌زیستی باید یک دیدگاه مبتنی بر دانش را پذیرا باشد که این خود شامل چندین گام است که عبارت از: کسب دانش، طراحی سیستم و مدیریت می‌باشند. کسب دانش از طریق بررسی فازهای مهم تصمیم‌گیری سازمانی و شناسایی فازهایی که انحراف از نتایج مورد انتظار در آن وجود دارد (فازهای نیمه ساختاربندی شده و بدون ساختار) مشخص می‌شود و سپس سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری در این فازها تعریف می‌شود. گام‌های اصلی در طراحی سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری محیط‌زیستی عبارت از: تجزیه و تحلیل برنامه یا تعیین حوزه عمل، کسب دانش، انتخاب ابزار، مدل و جمع‌بندی و طراحی گرافیکی جهت استفاده کاربر می‌باشند. دانش در ساختار سیستم‌های پشتیبان تصمیم‌گیری محیط‌زیستی شامل دانش محیط‌زیستی و اجتماعی‌اقتصادی در چارچوب یک پایگاه داده است و به دلیل پیچیدگی‌های گسترده و مقیاس زمانی بلندمدت اکوسیستم از منابعی شامل دانش موجود، مطالعه و سنجش بازخورد اکوسیستم، تجربه متخصصان محیط‌زیست، کاربران و ذی‌نفعان تامین می‌شوند. ابزارهای مختلف (روش‌های هوش مصنوعی، روش‌های عددی و آماری، سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی و ماهیت‌شناسی محیط‌زیستی) بر اساس قابلیت آنها در مواجهه با مسایل پیچیده محیط‌زیستی و در جایی که تجربه کارشناسی از ارزش بالایی در یافتن راه‌حل برخوردار است، جهت طراحی یک سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری محیط‌زیستی به کار می‌روند. گام سوم یک سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری محیط‌زیستی، مدیریت سیستم در جهت کاربردی شدن آن، پذیرش سیستم توسط کاربر، سهولت در استفاده، آموزش کاربر، پایداری سیستم در طی زمان، ارزیابی موفقیت سیستم و تحلیل هزینه‌سودمندی آن است. بدین‌ترتیب، سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری محیط‌زیستی در فاز تصمیم‌گیری مورد نظر طراحی شده و فرایند تصمیم‌گیری را با دقت و سرعت عمل بیشتر و عدم اطمینان کمتر انجام می‌دهد. علاوه بر کمک به فرایند ساختاربندی و ارایه راه‌حل، زمانی که عدم اطمینان در آگاهی از طبیعت و آثار مساله وجود دارد، سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری و نوع تخصصی‌تر آن یعنی سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری محیط‌زیستی کمک‌های شایانی در ارتقای شفافیت فرموله کردن مساله و ارایه راه‌حل می‌باشند. شفافیت به این دلیل است که توضیحات علمی سبب پشتیبانی از تصمیم‌ها می‌شود و همچنین کاربر، ذی‌نفع یا شهروند می‌تواند رویه تصمیم‌گیری را بازبینی کند، وزن‌ها را تغییر دهد و آنالیز حساسیت را اجرا کرده و به قاطعیت و کیفیت تصمیم پی ببرد. البته در منابع مختلف می‌توان اهمیت بالایی را در درک و استفاده صحیح از سیستم

www.SID.ir

Archive of SID

پشتیبان تصمیم‌گیری محیط‌زیستی و فن‌آوری‌های مرتبط با آن را مشاهده نمود (Diez & McIntosh, 2009, 2011; Lautenbach et al., 2009; Oxley et al., 2004; Elmahdi et al., 2006). پیداست که توسعه سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری محیط‌زیستی رو به رشد است. تحقیقات (Denzer, 2005) نشان می‌دهد که در آینده نزدیک شاهد پیشرفت‌های گسترده در سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری محیط‌زیستی به ویژه پایگاه داده‌های مکانی و پایگاه داده‌های بلندمدت و مدل‌سازی و تکنیک‌های پیشرفته محاسباتی خواهیم بود. از آنجا که کاربردی شدن سیستم‌های پشتیبان تصمیم‌گیری محیط‌زیستی توسط کاربران (شامل ذی‌نفعان، مدیران و سازمان‌ها) یکی از چالش‌های عمده شناسایی شده در طراحی سیستم است، بنابراین تحقیقات آتی در زمینه مشارکت کاربران، ذی‌نفعان و مدیران محیط‌زیست در طراحی سیستم‌های پشتیبان تصمیم‌گیری محیط‌زیستی، ابزارهای کاربر پسند و اعتماد و اعتبارسازی سیستم خواهد بود.

یادداشت‌ها

1. Environmental Decision Support System
2. Decision Support System
3. Executive Information System
4. Group Decision Support System
5. Organizational Decision Support Systems
6. On-line
7. Unstructured
8. Artificial Intelligence
9. Environmental Ontology
10. Structured
11. Semi-structured
12. Rule base
13. Integrated Assessment Model
14. Multi criteria Analysis
15. Simulation Models
16. Optimization Algorithm
17. System dynamics models

فهرست منابع

آذری دهکردی، ف. و خزاعی، ن. ۱۳۸۸. سامانه پشتیبان تصمیم‌گیری سریع برای ارزیابی پیامد فعالیت‌هادر تخریب سیمای سرزمین حوزه آبخیز شفارود، مجله محیط شناسی، ۳۵(۵۱): ۶۹-۸۰.

زارع ابیانه، ح.؛ بیات ورکشی، م.؛ اخوان، س. و محمدی، م. ۱۳۹۰. تخمین نیترات آب زیرزمینی دشت همدان- بهار با استفاده از شبکهٔ عصبی مصنوعی و اثر تفکیک داده ها بر دقت پیش بینی، مجله محیط شناسی، ۳۷(۵۸): ۱۲۹-۱۴۰.

عسگری، ع. و ترابی، م. ۱۳۸۸. نرم افزار پشتیبانی تصمیم‌گیری مدیریت پسماند، چکیده مقالات سومین همایش ملی مدیریت پسماند. تهران.

مددی، ح.؛ درویش صفت، ع.ا. و مخدوم، م. ۱۳۸۴. تخصصی نمودن GIS به منظور اجرای خودکار مدل تخریب، مجله محیط شناسی، ۳۸: ۳۱-۳۸.

یارعلی، ن.؛ سلطانی، ع.؛ جعفری، ع.؛ مافی غلامی، د. و محمودی، م. ۱۳۸۹. ارزیابی اثرهای محیط‌زیستی توسعه (EIA) بر منطقه حفاظت شده اشترانکوه با استفاده از مدل تخریب، مجله پژوهش‌های محیط‌زیست، ۱(۱): ۱۳- ۲۲.

Amann, M.; Bertok, I.; Borken-Kleefield, J.; Cofala, J.; Heyes, C.; Hoglund-Isaksson, L.; Klimont, Z.; Nguyen, B.; Posch, M.; Rafai, P.; Sandler, R.; Schopp, W.; Wagner, F. & Winiwarter, W. 2011. Cost-effective control of air quality and greenhouse gases in Europe Modeling and policy applications. Environmental Modeling and Software 26, 1489-1501.

Argent, R.M.; Perraud, J.-M.; Rahman, J.M.; Grayson, R.B. & Pod, G.M. 2009. A new approach to water quality modeling and environmental decision support systems. Environmental Modeling & Software 24, 809-818.

Berlekamp, J.; Lautenbach, S.; Graf, N.; Reimer, S. & Matthies, M. 2007. Integration of MONERIS and GREAT-ER in the decision support system for the German Elbe River basin. Environmental Modeling & Software 22 (2), 239-247.

Burstein, F. & Holsapple, C. (Eds.). 2008. Handbook on Decision Support Systems 1 and 2. Springer-Verlag, New York. 1455pp.

www.SID.ir

Archive of SID

Carrick, N.A. & Ostendorf, B. 2007. Development of a spatial Decision Support System (DSS) for the Spencer Gulf penaeid prawn fishery, South Australia. Environmental Modeling & Software 22 (2), 138-147.

Castelletti, A. & Soncini-Sessa, R. 2006. A procedural approach to strengthening integration and participation in water resource planning. Environmental Modeling and Software 21, 1455-1470.

Castelletti, A. & Soncini-Sessa, R. 2007. Coupling real-time control and socioeconomic issues in participatory river basin planning. Environmental Modeling and Software 22, 1114-1128.

Chang, Y.C.; Hong, F.W.; Lee, M.T. 2008. A System dynamics based DSS for sustainable coral reef management in Kenting coastal zone, Taiwan. Ecological Modeling 211, 153-168.

Cortés, U.; Sànchez-Marrè, M.; Ceccaroni, L.; R-Roda, I. & Poch, M. 2000. Artificial intelligence and environmental decision support systems. Applied Intelligence 13 (1), 77-91.

Corte´s, U.; Sa`nchez-Marre`, M.; Sangu¨ esa, R.; Comas, J.; R-Roda, I.; Poch, M. & Rian˜o, D. 2001. Knowledge management in environmental decision support systems. AI Communications 14 (1), 3–12.

Courtney, J.F. 2001. Decision making and knowledge management in inquiring organizations: toward a new decision-making paradigm for DSS. Decision Support Systems 31, 17-38.

Crossland, M.D.; Wynne, B.E. & Perkins, W.C. 1995. Spatial decision-support systems - an overview of technology and a test of efficacy. Decision Support Systems 14 (3), 219-235.

De Kok, J.L.; Kofalk, S.; Berlekamp, J.; Hahn, B. & Wind, H. 2009. From design to application of a decision-support system for integrated river-basin management.Water Resources Management 23 (9), 1781-1811.

Denzer, R. 2005. Generic integration of environmental decision support systems - State-of-the-Art. Environmental Modelling & Software 20 (10), 1217-1223

Diez, E. & McIntosh, B.S. 2009. A review of the factors which influence the use and usefulness of Information Systems. Environmental Modelling and Software 24 (5), 588-602.

Diez, E. & McIntosh, B.S. 2011. Organisational drivers for, constraints on, and impacts of decision and information support tool use in desertification policy and management. Environmental Modelling and Software 26 (3), 317-327.

Dorner, S.; Shi, J. & Swayne, D. 2007. Multi-objective modeling and decision support using a Bayesian network approximation to a non-point source pollution model. Environmental Modeling & Software 22 (2), 211-222.

Elmahdi, A.; Kheireldin, K. & Hamdy, A. 2006. GIS and multi-criteria evaluation: robust tools for integrated water resources management. IWRA 31 (4), 411-422.

Elmahdi, A. & McFarlane, D. 2009. A decision Support System for a Groundwater System Case Study: Gnangara Sustainability Strategy - Western Australia MODSIM09 International Congress on Modeling and Simulation. Modeling and Simulation Society of Australia and New Zealand. 752 pp.

El-Najdawi, M.K. & Stylianou, A.C. 1993. Expert support systems: integrating AI technologies, Communications of the ACM 36 (2), 55–65.

El-Swaify, S.A. & Yakowitz, D.S. (Eds.). 1998. Multiple Objective Decision Making for Land, Water, and Environmental Management. Lewis Publishers. 1435 pp.

Fox, J. & Das, S. 2000. Safe and sound. Artificial Intelligence in Hazardous Applications. AAAI Press/The MIT Press. 1349 pp.

Giupponi, C. 2007. Decision support for implementing the European water framework directive: the MULINO approach. Environmental Modelling & Software 22 (2), 248-258.

Gorry, G.A. & Scott Morton, M.S. 1971. A framework for management information systems. Sloan Management Review 13 (1), 55–65.

Guariso, G. & Werthner, H. 1989. Environmental Decision Support Systems. Ellis Horwood-Wiley, New York. 864 pp.

Goeller, B.F. 1988. A Framework for Evaluating Success in Systems Analysis. The Rand Corp, Santa Monica, California. 7454 pp.

Haagsma, I.G. & Johanns, R.D. 1994. Decision support systems: an integrated approach. In: Zannetti, P. (Ed.), Environmental Systems, vol. II, 205–212.

www.SID.ir

Archive of SID

Halide, H.; Stigebrandt, A.; Rehbein, M.; McKinnon, A.D. 2009. Developing a decision support system for sustainable cage agriculture. Environmental Modeling and Software 24, 694-702.

Harou, J.J.; Pinte, D.; Tilmant, A.; Rosenberg, D.E.; Rheinheimer, D.E.; Hansen, K.; Reed, P. M.; Reynaud, A.; Medellin-Azuara, J.; Pulido-Velazquez, M.; Matrosov, E.; Padula, S. & Zhu, T. 2010. An Open-source Model Platform for Water Management that Links Models to a Generic User-interface and Data-manager. International Congress on Environmental Modeling and Software: Modeling for Environment's Sake, Fifth Biennial Meeting, Ottawa, Canada.

Hermans, L.M. 2005. Actor Analysis for Water Resources Management. Eburon Publishers, Delft. 1387 pp.

Jahani, A.; J. Feghhi, M.F.; Makhdoum, & Omid, M. 2016. Optimized forest degradation model (OFDM): an environmental decision support system for environmental impact assessment using an artificial neural network, Journal of Environmental Planning and Management, 59(2): 222-244.

Kelly, R.A. & Merritt, W.S. 2010. The role of decision support systems (DSS) in planning for improved water quality in coastal lakes. In: Decision Support Systems in Agriculture, Food and the Environment: Trends, Applications and Advances. IGI Global, 47-73.

Kinzig, A. 2001. Bridging disciplinary divides to address environmental and intellectual challenges. Ecosystems 4, 709–715.

Krol, M.S. & Bronstert, A. 2007. Regional integrated modeling of climate, water, soil, agriculture and socio-economic processes in semiarid Northeast Brazil. Environmental Modeling & Software 22 (2), 259-263.

Lautenbach, S.; Berlekamp, J.; Graf, N.; Seppelt, R. & Matthies, M. 2009. Scenario analysis and management options for sustainable river basin management: application of the Elbe-DSS. Environmental Modeling and Software, 24, 26-43.

Lethbridge, M.R.; Westphal, M.I.; Possingham, H.P.; Harper, M.L.; Souter, N.J. & Anderson, N. 2010. Optimal restoration of altered habitats. Environmental Modeling and Software 25, 737-746.

Makhdoum, M. F. 2002. Degradation model: A Quantitative EIA Instrument, acting as a Decision Support System (DSS) for Environmental Management. Environ. Manage. 30: 151- 156.

Matthies, M.; Berlekamp, J.; Lautenbach, S.; Graf, N. & Reimer, S. 2006. System analysis of water quality management for the Elbe river basin. Environmental Modeling & Software 21, 1309-1318.

Matthews, K.B.; Rivington, M.; Blackstock, K.; McGrum, G.; Buchan, K. & Miller, D.G. 2011. Raising the bar? - The challenges of evaluating the outcomes of environmental modeling and software. Environmental Modelling and Software 26, 247-257.

McIntosh, B.S.; Jeffrey, P.; Lemon, M. & Winder, N. 2005. On the design of computer based models for integrated environmental science. Environmental Management 35, 741-752.

McPhee, M.J.; Whelan, M.B.; Davies, B.L.; Meaker, G.P.; Graham, P. & Carberry, P.M. 2010. A workshop and software package to reduce environmental and financial impacts - stockplan. Environmental Modeling and Software 25, 1477-1478.

Merritt, W.; Pollino, C. & Powell, S. 2009. Integrating hydrology and ecology models into flexible and adaptive decision support tools: the IBIS DSS, International conference on environment.

Merritt, W.; Ticehurst, J. & Pollino, C. 2010. The value of using Bayesian Networks in Environmental Decision Support Systems to support natural resource management. In: Swayne, David A., Wanhong Yang, A.A., Voinov, A., Filatova, Rizzoli, T. (Eds.), International Congress on Environmental Modeling and Software (iEMSc 2010). International Environmental Modeling and Software Society, Canada, 2080-2088.

Mysiak, J.; Giupponi, C. & Rasato, P. 2005. Towards the development of decision support system for water resource management. Environmental Modeling & Software 20, 203-214.

Oliver, C.D. & Twery, M.J. 1999. Decision support systems / models and analyses. In: Sexton, W.T., Malk, A.J., Szaro, R.C., Johnson, N.C. (Eds.), Ecological Stewardship - a Common Reference for Ecosystem Management, vol. III. Elsevier, Oxford, 661-686 pp.

Oxley, T.; McIntosh, B.S.; Winder, N.; Mulligan, M. & Engelen, G. 2004. Integrated modeling & decision support tools: a Mediterranean example, environmental modeling and software. Special Issue on Integrated Catchment Modeling and Decision Support 19 (11), 999-1010.

www.SID.ir

Archive of SID

Pidd, M. 2003. Tools for Thinking, Modeling in Management Science, Second ed. John Wiley and Sons, Chichester. 234 pp.

Pierce, S.A. 2006. Groundwater Decision Support: Linking causal narratives, numerical models, and combinatorial search techniques to determine available yield for an aquifer system. PhD dissertation. University of Texas, Austin, USA.

Poch, M.; Comas, J.; Rodriguez-Roda, I.; Sanchez-Marre, M. & Cortes, U. 2004. Designing and building real environmental decision support systems. Environmental Modelling & Software 19 (9), 857-873.

Power, D.J. 2000. Web-based and model-driven decision support systems: concepts and issues. proceedings of the Americas Conference on Information Systems, Long Beach, California.

Quinn, N.W.T. 2010. Environmental Information Management Systems as Templates for Successful Environmental Decision Support. International Congress on Environmental Modeling and Software: Modeling for Environment's Sake, Fifth Biennial Meeting, Ottawa, Canada

Recio, M. 2005. A decision support system for analyzing the impact of water restrictions. Decision Support Systems 39, 385-402.

Reynolds, K. 2005. Integrated decision support for sustainable forest management in the United States: fact or fiction? Computers and Electronics in Agriculture 49, 6-23.

Rivington, M.; Matthews, K.B.; Bellocchi, G.; Buchan, K.; Sto¨ckle, C.O. & Donatelli, M. 2007. An integrated modelling approach to conduct multi factorial analyses on the impacts of climate change on whole-farm systems. Environmental Modeling & Software 22 (2), 202-210.

Rizzoli, A.E. & Young, W.J. 1997. Delivering environmental decision support systems: software tools and techniques. Environmental Modeling and Software 12, 237-249.

Rogers, E.M. 2003. Diffusion of Innovation, fifth ed. Decision Support Systems Engineering. John Wiley and Sons, Chichester. Free Press, London.

Ro¨tter, R.; van den Berg, M.; Laborte, A.G.; Hengsdijk, H.; Wolf, J.; van Ittersum, M.; van Keulen, H.; Augustin, E.O.; Thuc Son, T. & Xuan Lai, N. 2007. Combining farm and regional level modeling for integrated resource management in east and south-east Asia. Environmental Modeling & Software 22 (2), 149-157.

Rudner, M.; Biedermann, R.; Schro¨der, B. & Kleyer, M. 2007. Integrated grid based ecological and economic (INGRID) landscape model e a tool to support landscape management decisions. Environmental Modeling & Software 22 (2), 177-187.

Simon, H. 1960. The NewScience of Management Decision. Harper Brothers, NewYork.

Sprague, R.H. 1980. A Framework for the Development of Decision Support Systems. Management Information Systems Quarterly 4, 1-26.

Sulis, A.; Buscarinu, P. & Sechi, G.M. 2011. Using reservoir trophic-state indexes in optimization modeling of water-resource systems. Environmental Modeling and Software 26, 731-738.

Sydow, A.; Rose´, H. & Rufeger, W. 1998. Sustainable development and integrated assessment. Ercim News (32), 34.

Ticehurst, J.; Letcher, R. & Rissik, D. 2008. Integration modeling and decision support: A case study of the Coastal Lake Assessment and Management (CLAM) Tool. Mathematics and Computers in Simulation 78, 435-449.

Twery, Mark J.; Knopp, Peter D.; Thomasma, Scott A.; Michael Rauscher, H.; Donald Nute, E. & Walter Potter, D. 2005. NED-2: a decision support system for integrated forest ecosystem management. Computers and Electronics in Agriculture 49, 24-43

Van Delden, H. 2000. A Generic Approach for the Design of Decision Support Systems for River Basin Management, University of Twente, Enschede.

Van Delden, H.; Luja, P. & Engelen, G. 2007. Integration of multi-scale dynamic spatial models of socio-economic and physical processes for river basin management. Environmental Modeling & Software 22 (2), 223-238.

Voinov, A. & Bousquet, F. 2010. Modeling with stakeholders. Environmental Modeling and Software 25, 1268-1281.

www.SID.ir