

بررسی نقش تصویرسازی سه‌بعدی در برنامه‌ریزی سیمای سرزمین

سپیده سعیدی*^۱، مرجان محمدزاده^۲

۱. استادیار گروه محیط‌زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گلستان، ایران

۲. دانشیار گروه محیط‌زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گلستان، ایران

تاریخ تصویب: ۱۴۰۲/۰۴/۱۹

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۸/۲۳

چکیده

بصری‌سازی سیمای سرزمین یا همان نمایش سه بعدی پدیده‌های جهان واقعی می‌تواند به عنوان زیر مجموعه‌ای از زمینه‌های گسترده‌تر بصری‌سازی جغرافیایی، برای ایجاد ارتباط بین شرایط، گذشته، حال، آینده و آرایه سناریوهای جایگزین مورد استفاده قرار گیرد. همچنین قادر است مجموعه داده‌های گسترده را به گونه‌ای آرایه دهد که افراد، بخشی از یک فرآیند تصمیم‌گیری تعاملی باشند. این رویکرد یک نقش ارتباطی مهم در مجموعه‌ی مشارکت و تصمیم‌گیری دارد و به عنوان ابزاری برای برنامه‌ریزی محیط‌زیستی، راهنمایی جهت اولویت‌بندی سرمایه‌گذاری‌ها و مشوقی جهت اعمال مدیریت راهبردی (نسبت به مدیریت انفعالی) عمل می‌کند. هدف از آرایه‌ی مقاله‌ی حاضر بیان نقش تصویرسازی سه‌بعدی داده‌های مکانی در ارزیابی اثرات بصری و نقش آن به عنوان یک سیستم تصمیم‌یار در برنامه‌ریزی‌ها و همچنین یک ابزار مناسب جهت هم‌فکری و مشورت عمومی است. علاوه بر این نرم‌افزارهای معرفی شده در این مقاله می‌تواند با توجه به نوع کاربرد در پروژه‌های مختلف مورد استفاده قرار گیرند.

کلید واژه‌ها: تصویرسازی سه‌بعدی، ارزیابی اثرات بصری، سیستم تصمیم‌یار، مشورت عمومی.

سرآغاز

به کاداسترهای دو بعدی بسیار موثرتر واقع شده است (Ghawana et al., 2020).

در تاریخچه معماری سیمای سرزمین، رپتون به عنوان یک استثنا و پیشگام در زمینه به کارگیری الگوها و عناصر سیمای سرزمین در تصویرسازی مناظر مطرح است (Lange, 2001)، او در کتاب "Red books" روشی برای نمایش سه بعدی منظر ابداع کرد که بی شباهت به روش‌های کنونی نیست. در مقایسه با زمینه‌های دیگر علوم و فناوری، روش‌های تصویرسازی سیمای سرزمین از زمان رنسانس تا پیدایش گرافیک‌های کامپیوتری تقریباً به دور از فرآیند پیشرفت فناوری باقی مانده است (Danahy & Hoinks, 1995). زوب و همکاران در سال ۱۹۸۷ روش‌های شبیه‌سازی مختلف را بررسی کردند و به این نتیجه رسیدند که پیشرفت تصویرسازی سه‌بعدی وابسته به گرافیک‌های کامپیوتری است و این مهم در زمینه تصویرسازی سه‌بعدی زمانی حاصل شد که تکنیک پردازش تصویر با مدل‌سازی هندسی همگام شد (Zube et al., 1987). روش‌های تصویرسازی برای مدیریت سیمای سرزمین باید در برگزیده ابزارهای تحلیل و مدل‌سازی باشند و علاوه بر این باید مقیاس‌های چندگانه را حمایت کنند (Orland, 1992). تصویرسازی باید به عنوان یک بخش جدایی‌ناپذیر در فرآیند برنامه‌ریزی وجود داشته باشد و این که نوع تصویرسازی با هر فاز پروژه هماهنگی و تطبیق داشته باشد حایز اهمیت است (Lange, 2001). میزان تقاضا برای سه‌بعدی سازی محیط‌زیست در بحث‌های مربوط به برنامه‌ریزی سرزمین بستگی به: الگوهای برنامه‌ریزی خاص هر کشور، وضعیت اقتصادی و میزان مشارکت عمومی افراد دارد (Parr, 2006). علاوه بر این درخصوص استفاده از تصویرسازی در فرآیند برنامه‌ریزی سیمای سرزمین، تعامل، میزان واقعی بودن تصاویر، صحت و زمان آماده‌سازی تصاویر نقشی کلیدی در تعیین روش‌های مناسب تصویرسازی دارد (Warren-Kretschmar et al., 2005). در مقالات دیگر نیز به اهمیت شبیه‌سازی سه‌بعدی پرداخته شده است و برنامه‌ها و نرم‌افزارهای مختلف شبیه‌سازی با هم مقایسه شده‌اند (Lange, 2001., Lovett et al., 2001; Muhar, 2002; Egger et al., 2001). در تحقیقی که پار انجام داد ۹۱ درصد افراد بر این باور بودند که در برنامه‌ریزی سیمای سرزمین، استفاده از تصویرسازی سه‌بعدی دارای مزیت‌هایی به شرح زیر

تصویرسازی‌ها به طور فزاینده‌ای در سیاست‌گذاری‌ها و برنامه‌ریزی‌های محیط‌زیستی اهمیت دارند و تاثیر زیادی بر نحوه درک افراد از مشکلات محیط‌زیستی، راه‌حل‌های پیشنهادی و مشروعیت سیاست‌های اتخاذ شده خواهند داشت. فناوری‌های بصری‌سازی ابزار قدرتمندی برای مراددهی داده‌های علمی مدل‌های ارزیابی محیط‌زیستی به‌شمار می‌روند (Pettit et al., 2011). وجود داده‌های مکانی برای ارزیابی‌های محیط‌زیستی ضروری هستند و به روش‌های مختلف، برای حمایت از تصمیمات راهبردی و عملکردی در برنامه‌ریزی‌ها استفاده می‌شوند. ابعاد مهم اطلاعات مکانی شامل جمع‌آوری، مدیریت، تحلیل و ارایه (نمایش) آن‌ها به کاربران نهایی می‌شود. استفاده از داده‌های مکانی توسط گروه ارزیابان محیط‌زیستی به طور سنتی روی تولید نقشه‌های دو بعدی که از اصول و استانداردهای کارتوگرافی پیروی می‌کنند، متمرکز شده‌اند (Blaschke, 2005; Phua & Minova, 2005; Naidoo et al., 2001; Osborne et al., 2008). بصری‌سازی سیمای سرزمین علاوه بر یک ابزار موثر در مباحث مرتبط با ارزیابی‌های محیط‌زیستی به ویژه ارزیابی اثرات بصری سیمای سرزمین می‌تواند به‌عنوان ابزاری جهت راهنمای اولویت‌بندی سرمایه‌گذاری‌ها نیز مطرح شود. اگر چه هنوز محدودیت‌های زیادی در حیطه کاری ارزیابان سیمای سرزمین به صورت بصری وجود دارد ولی این ابزارها هم‌چنان نقش مهمی در ارتقای دانش و آگاهی از سناریوهای آینده خواهند داشت. یک انتقاد رایج در خصوص ارزیابی سیمای سرزمین و محیط‌زیست این است که به ندرت نتایج به صورت منسجم و مهیج ارایه می‌شوند. ارزیابان حرفه‌ای اغلب با توجه به تجاربشان می‌توانند در خصوص سناریوهای آتی سیمای سرزمین اظهار نظر کنند، درحالی که افراد غیر خیره معمولاً به خاطر فشردگی و پراکندگی نقشه‌های گرافیکی و دیگر نحوه‌های نمایش گیج و سر در گم می‌شوند و قادر نخواهند بود این اطلاعات را به صورت تصاویری از سیمای سرزمین ترجمه کنند. در این رابطه توانا و همکاران (۲۰۱۹)، به بررسی نقش تهیه کاداسترهای سه بعدی و مقایسه آن با نقشه‌های دو بعدی جهت بررسی وضعیت و پتانسیل مدیریت زمین در شهر دهلی‌نو پرداختند و نتایج نشان داد که تصویرسازی سه بعدی در درک بهتر مدیران و برنامه‌ریزان نسبت

است (Parr, 2006):

- ✓ کمک بصری ناشی از تصویرسازی سه بعدی: تصویرسازی سه بعدی با کمک به درک بهتر فضا، رابطه بین برنامه‌ریزان و عموم افراد را بهبود می‌بخشد.
 - ✓ شناسایی اثرات ناشی از اجرای پروژه روی مناظر از طریق تصویرسازی سه بعدی
 - ✓ فراهم شدن امکان مقایسه جایگزین‌های مختلف در یک منظر از طریق تصویرسازی سه بعدی
- به طور کلی در طول دو دهه گذشته، افزایش نسبی در مطالعات مربوط به نقش تصویرسازی در برنامه‌ریزی و سیاست‌گذاری‌های محیط‌زیستی به چشم می‌خورد (Metze, 2020) (شکل ۱).



شکل (۱): مقالات منتشر شده در خصوص نقش تصویرسازی در درک بهتر نقشه‌های آرایه شده طی سال‌های ۲۰۰۰-۲۰۱۹ (Metze, 2020)

افزایشی تعداد مقالات چاپ شده در این زمینه بیانگر اهمیت و ضرورت نقش تصویرسازی‌ها به ویژه تصویرسازی‌های سه‌بعدی در مطالعات مختلف است. در این راستا، هدف از آرایه مقاله حاضر بیان نقش تصویرسازی سه‌بعدی در ارزیابی‌های محیط‌زیستی به ویژه ارزیابی اثرات بصری و بررسی نقش آن به عنوان یک سیستم تصمیم‌یار در برنامه‌ریزی‌های آتی و همچنین یک ابزار مناسب جهت هم‌فکری و مشورت عمومی است.

روش تحقیق

روش تحقیق در این مطالعه از نوع تحقیقات بنیادی- نظری است. در این نوع تحقیق اطلاعات و داده‌های اولیه به روش کتابخانه‌ای و اسنادی گردآوری می‌شوند. از سوی دیگر با توجه به ماهیت موضوع و جنبه استفاده از آن در پژوهش‌های آتی یک نوع تحقیق کاربردی نیز به شمار می‌رود. در این مطالعه نیز سعی بر این است، ضمن مرور منابع مختلف، ابتدا کارکردهای مختلف تصویرسازی سه‌بعدی آرایه شود، در ادامه روش‌های مختلف تصویرسازی با توجه به نوع مشارکت افراد در آن معرفی خواهند شد و نقاط ضعف و قوت هر یک از این روش‌ها مورد مقایسه قرار خواهد گرفت. در نهایت نیز مجموعه‌ای از نرم‌افزارهای کارآمد در زمینه تصویرسازی سه بعدی و نمایش گرافیکی پدیده‌ها معرفی خواهد شد.

✓ کارکردهای مختلف تصویرسازی سه بعدی:

- نقش تصویرسازی سه بعدی در ارزیابی اثرات بصری (VIA(1))

ارزیابی اثرات بصری یکی از چالش برانگیزترین مباحث مرتبط با سیمای سرزمین است چرا که بخش عمده‌ی آن ادراکی و ذهنی بوده و استاندارد خاصی برای آن قابل تعریف نیست. بشر با محیط اطرافش در تعامل است و از آن تاثیر می‌پذیرد، اثرات بصری نه تنها یک تاثیر عمیق روی ارزش‌هایی که تحت عنوان مطلوبیت بصری مطرح می‌شوند، دارند بلکه روی سطح کارکردی زندگی روزمره افراد و نوع تعامل آن‌ها با محیط نیز تاثیر می‌گذارند، برای مثال افراد می‌توانند انتخاب کنند در طول مسی‌رهای سفر کنند که از نظر بصری جذاب هستند (Pullar & Tidy, 2001). ارزیابی اثرات بصری (VIA) یک فرآیند رسمی است که برای ارزیابی تناسب بصری توسعه‌های

سی و پنج مقاله از ۶۶ مقاله منتشر شده در طول این دو دهه، به نقش تصویرسازی داده‌ها جهت ایجاد ارتباط بهتر اشاره دارند. هدف اکثر مقالات مورد بررسی، توسعه و بهبود تصویرسازی داده‌های دیجیتال پیچیده برای ایجاد ارتباطات بهتر است. هدف آن‌ها کمک به درک بهتر اطلاعات از طریق تصویرسازی بهتر داده‌های رقومی در حوزه محیط‌زیست است (Gobster et al., 2002; Al-Kodmany, 2019). سیزده مطالعه به بررسی اثرات تصویرسازی سه بعدی در تصمیم‌گیری‌ها و درک و پذیرش عمومی افراد پرداخته‌اند. گروه سوم از مقالات که مجموعه‌ای از ۱۹ مطالعه است، بر نقش تصویرسازی در فرآیندهای مشارکت عمومی و اجماع نظر تمرکز دارند و اشاره داشته‌اند که چگونه تصویرسازی‌ها برای بهبود مشارکت عمومی و فرآیندهای برنامه‌ریزی مشارکتی و دانش‌افزایی یا سیاست‌گذاری‌ها استفاده می‌شوند. مرور منابع فوق و روند

استفاده از فناوری‌های مرتبط با تصویرسازی سه‌بعدی با داشتن تمام قابلیت‌های فوق، می‌تواند به عنوان سیستم‌های حامی برنامه‌ریزی و به عنوان یک ابزار تصمیم‌یار جهت ارزیابی اثرات بصری سناریوهای مختلف در مطالعات محیط‌زیستی راهگشا باشد.

– نقش تصویرسازی سه بعدی در هم‌فکری و مشورت عمومی

پیشرفت‌های صورت گرفته در خصوص قابلیت‌های گرافیکی رایانه‌ها، استفاده از مدل‌های سه‌بعدی که اغلب برای کمک به توسعه و طراحی محیط‌های داخلی (Whyte et al., 2000) و خارجی (Ling & Gong, 2002) ایجاد شده‌اند را تسهیل نموده است. این مدل‌ها به عنوان یک ابزار تصمیم‌یار، قابلیت بالایی برای هم‌فکری عمومی درخصوص ایجاد پروژه‌ها و توسعه مجدد دارند (Cote & Bouthillier, 2002). از طریق هم‌فکری، مشکلات بالقوه (که از آن‌ها اجتناب خواهد شد) و فرصت‌ها با هدف بهبود کیفیت محیط‌زیست شناسایی خواهد شد. روش‌های قدیمی برای حمایت از فعالیت‌های مربوط به هم‌فکری و مشورت شامل بروشورها، اعلامیه‌ها و برقراری جلسات و ملاقات حضوری هستند. اگر چه فناوری اطلاعات مدرن می‌تواند فرآیند مشورت و هم‌فکری را از طریق ارایه اطلاعات مربوط به برنامه‌ریزی، شبیه‌سازی، همکاری و مشارکت در قالب واقعیت افزوده ارتقا بخشند (Hanzl, 2007). لویس و شپارد (۲۰۰۶)، تصویرسازی سه بعدی را با نمایش نقشه‌ها مقایسه کردند و دریافتند که تصویرسازی سه بعدی منجر به درک بهتر پدیده‌ها خواهد شد و در نتیجه امکان هم‌فکری بیشتر میسر خواهد شد (Lewis & Sheppard, 2006).

✓ روش‌های مختلف تصویرسازی با توجه به نوع مشارکت افراد در آن

تصویرسازی سه‌بعدی تعاملی و همچنین غیرتعاملی می‌تواند حامی درک ترجیحات برای گزینه‌های طرح‌های آتی باشند اما به نظر می‌رسد یک خلأ در رابطه با تحقیقات صورت گرفته با ترجیحات مردم در رابطه با استفاده از تصویرسازی سه‌بعدی برای حمایت از مشاوره جمعی وجود دارد. مدل‌های سه‌بعدی تعاملی که به دو دسته مدل‌های واقعیت مجازی و

پیشنهادی با توجه به تعاملات انسانی تاثیرپذیر استفاده می‌شود. آنچه اهمیت دارد، ضرورت خوانا بودن نتایج حاصله از ارزیابی‌های بصری است که بتوان از آن‌ها در فرایندهای برنامه‌ریزی و طراحی محیط و منظر استفاده کرد. بهترین نتیجه از ارزیابی آثار بصری زمانی به دست می‌آید که به خوبی قابل درک باشد و یکی از روش‌هایی که به درک بهتر این اثرات کمک می‌کند استفاده از روش‌های تصویرسازی سه‌بعدی است. فرآیند مربوط به طرح‌ریزی محیط شهری معمولاً با تحلیل اهداف بر مبنای اطلاعات جمع‌آوری شده آغاز می‌شود و به دنبال آن ارزیابی سیستماتیک گزینه‌های پروژه مطرح می‌شود و در نهایت با انتخاب بهترین گزینه پایان می‌پذیرد (Batty et al., 1998).

جهت انجام ارزیابی اثرات بصری نیاز به تدوین یک چارچوب تصمیم‌گیری مدون است تا بتوان به شناسایی و تفسیر شایستگی‌ها یا مزیت‌های بصری پرداخت. در مطالعات مربوط به ارزیابی اثرات بصری، ترکیبی از عوارض فیزیکی زمین، کاربری‌های مختلف و دغدغه‌های زیبایی‌شناختی افراد، پایه قضاوت در خصوص کیفیت زیبایی‌شناختی را شکل می‌دهند، این موارد از دید یک مشاهده‌گر که بستگی به موقعیت او و همچنین نزدیکی فرد به محیط دارد، ارزیابی می‌شوند (Bishop & Hulse, 1994). چگونگی تحلیل این عوامل در کنار هم از امور دشوار در ارزیابی اثرات بصری است.

– نقش تصویرسازی سه‌بعدی به‌عنوان سیستم‌های پشتیبان برنامه‌ریزی^(۲)

ابزارهای اطلاعات زمینی که برای شبیه‌سازی سیمای سرزمین در زمینه برنامه‌ریزی سیمای سرزمین استفاده می‌شوند ممکن است تحت عنوان سیستم‌های حامی برنامه‌ریزی طبقه‌بندی شوند (Geertman & Stillwell, 2004).

سیستم‌های حامی برنامه‌ریزی باید:

- ✓ کامل‌کننده فرآیند برنامه‌ریزی باشند.
- ✓ الزامات کلیدی برای تعامل، انعطاف، سازش‌پذیری و قابلیت نگهداری لازم برای فرآیندهای برنامه‌ریزی مشارکتی مدرن را داشته باشند.
- ✓ جذاب و درخور توانایی و قابلیت‌های کاربران باشند.
- ✓ در راستای نیاز افراد استفاده‌کننده باشند.

– – تصویرسازی تعاملی (پویا)

مدل سه بعدی تعاملی امکان حرکت در طول منطقه را فراهم می‌کند و همچنین این قابلیت را دارد که افراد در حین بازدید، نظر خود را به صورت شفاهی اعلام کرده و ذخیره کنند و همچنین امکان گذاشتن نظر به صورت کتبی (تایپ) هم وجود دارد، اما امکان ویرایش و بازبینی نظر وجود ندارد (Schaik, 2010).

– – تصویرسازی ایستا

یک پلان طراحی شده، برای توسعه پیشنهادی است، در این روش معمولاً چهار عکس برای هر منطقه وجود دارد، جدا از موقعیت فضا که برای آن سه عکس در نظر گرفته شده است (همگی بی‌حرکت و به صورت سه بعدی).

– – فواید تصویرسازی پویا (تعاملی)

- ✓ ساخت مدل مکانی- عملکردی آرایه شده از محیط و حذف محرک‌های ناسازگار از محیط.
- ✓ قرار گرفتن کاربر به صورت زنده در یک محیط سه بعدی نسبت به محیط دو بعدی.
- ✓ فناوری‌های واقعیت مجازی و واقعیت افزوده امکان بیشتری برای دیدن از زوایای مختلف نسبت به زمانی که فقط امکان دید از یک زاویه دید ثابت وجود دارد را فراهم می‌کند.
- ✓ تصویرسازی سه بعدی امکان دیدن و تصور تغییرات طراحی شده در سناریوهای مختلف را به صورت آسان‌تر فراهم می‌کند (Schaik, 2010).

– – فواید تصویرسازی ایستا

- ✓ از نقاط قوت این روش امکان دید کلی و سراسری است، در نتیجه امکان اعمال نظر در خصوص فواصل بین مکان‌های مختلف وجود دارد (به راحتی می‌توانید بگویید که چرا این پدیده نسبت به دیگری اینجا قرار داده شده است در حالی که با چرخیدن دور یک مدل کامپیوتری قادر نخواهید بود که این خطاها را به آسانی کشف کنید).
- ✓ قوت این روش با آسانی استفاده از آن به علت آشنایی با نقشه خوانی و عدم کمبود مهارت کار با کامپیوتر مرتبط است.

واقعیت افزوده تقسیم می‌شوند، می‌توانند به عنوان جایگزین مناسبی برای تصویرسازی غیر تعاملی (Static) از طریق فراهم کردن تصویرسازی پویا و نمایش سناریوهای پیشنهادی که می‌تواند حامی اطلاعات، آموزش و ارزیابی باشد، مورد استفاده قرار بگیرد (رجایی و همکاران، ۱۴۰۰؛ بنی‌عامریان، ۱۴۰۰). واقعیت مجازی^(۳) و واقعیت افزوده^(۴) به عنوان فنون تصویرسازی تعاملی هر دو زنجیره و در ادامه هم هستند. واقعیت مجازی یک شبیه‌سازی و مدل‌سازی از دنیای واقعی است که تنها به واسطه سیستم رایانه‌ای قابل مشاهده است. در واقعیت مجازی تمام ادراکات از واقعیت به صورت مجازی است و هیچ تعاملی فرد با واقعیت به صورت واقعی ندارد و اگر تعاملی نیز وجود دارد به صورت مجازی است. در حالی که VR حس‌های کاربر را در محیطی که تنها به صورت مجازی و دیجیتال وجود دارد غرق می‌کند؛ واقعیت افزوده تصاویر دیجیتال و صدا را به دنیای واقعی در زمان حال اضافه می‌کند. تفاوت اصلی این دو نوع تصویرسازی در این است که واقعیت افزوده در تلاش است محیط واقعی را ارتقا دهد، ولی واقعیت مجازی در تلاش است محیط واقعی را شبیه‌سازی کند (Marto et al., 2021). در سایر زمینه‌ها نیز فواید بسیاری از نمایش‌های سه‌بعدی نسبت به دو بعدی بیان شده است که مکانیسم آن به صورت حضور (Spadoni et al., 2022) و پذیرش فناوری با توجه به سهولت درک است (بهزادپور و همکاران، ۱۴۰۰).

تصویرسازی سه‌بعدی تعاملی به ساختن یک مدل مکانی عملکردی داخلی از محیط آرایه شده با برقراری حس حضور در مکان (به عنوان یک محیط مجازی) کمک می‌کند. علاوه بر این می‌تواند روی تمرکز افراد در محیط سه بعدی مجازی کمک کند و همچنین می‌تواند در کاهش یا حذف اختلالات داده‌ها از محیط واقعی موثر واقع شوند (Schubert et al., 2001; Marto et al., 2021). آرایه‌ای که در نتیجه این دو ویژگی بوجود می‌آید می‌تواند برای کاربران از نظر اقتصادی نیز به صرفه باشد. در نتیجه ممکن است نسبت به سایر روش‌های نمایش مانند روش‌های غیر تعاملی از قبیل آرایه یک پلان و تصاویر حال حاضر، ارزیابی جامع‌تری از محیط به عمل آورند.

✓ محدودیت اندازه پلان که باعث می‌شود به هم ریخته و پیچیده به نظر برسد.
 ✓ توجیه افراد از طریق یک پلان سخت است.
 ✓ عدم وجود این امکان که فرد بتواند خود را در فضا فرض کند.

✓ نقص رئالیسم: پلان دو بعدی یک دید رئالیستیک از تغییرات پیشنهادی ارائه نمی‌کند (Schaik, 2010).
 با توجه به مرور منابع انجام شده در این تحقیق، ترجیح نسبی برای تصویرسازی سه بعدی تعاملی به عنوان یک روش مجزا یا در ترکیب با تصویرسازی ایستا وجود دارد. از برتری‌های روش سه بعدی تعاملی نسبت به یک دید کلی که در تصویرسازی ایستا فراهم می‌شود این است که منحصراً روی جزئیات تمرکز کرده است. این نتایج برتری نسبی تصویرسازی سه بعدی تعاملی در کشف محیط واقعی را تایید می‌کند و مزایای تصویرسازی ایستا احتمالاً مربوط به اندازه نسبتاً بزرگ و دید یکپارچه است. نقاط ضعف هر دو روش مانند فقدان دید کلی که برای تصویرسازی سه بعدی تعاملی گزارش شده است و سختی تصویرسازی و جزئیات ضعیف که برای تصویرسازی ایستا گزارش شده است مکمل نقاط قوتشان است (Schaik, 2010).
 با توجه به بیان کاربردهای مختلف سه بعدی سازی در درک بهتر پلان‌های مدیریتی آینده در بخش بعدی برخی از نرم‌افزارهای پرکاربرد و مورد استفاده در جهان معرفی می‌شوند.

✓ نرم‌افزارهای بصری سازی

ظهورکره‌های حقیقی^(۵) مانند Google Earth, Microsoft Virtual Earth, ESRI's Arc Explorer و NASA's Web WorldWind 3D, Web GL Earth, World Wind Virtual Globe فرصتی برای ارائه بهتر داده‌های فضایی فراهم کرده‌اند و الگویی جهت ایجاد انگیزه بیشتر برای استفاده کنندگان نهایی از داده‌هایی فضایی مطرح کرده است (Tress & Tress, 2003; Mikic et al., 2004; Wissen et al., 2008; Spadoni et al., 2022, Marto et al., 2021). بصری سازی سیمای سرزمین می‌تواند به عنوان زیر مجموعه‌ای از زمینه‌های گسترده‌تر بصری سازی جغرافیایی که برای ایجاد ارتباط بین شرایط موجود، سناریوی سیمای سرزمین جایگزین، گذشته و حال مورد استفاده قرار بگیرد. بصری سازی سیمای سرزمین

✓ توصیفات جزئی‌تر بیشتری را فراهم می‌آورد (توضیحاتی به عنوان راهنما در قالب متن و نه تصویر در اختیار شما قرار می‌گیرد) (Schaik, 2010).

- کاستی‌های روش پویا (تعاملی)

✓ کمبود دقت: در واقع بیانگر این است که گاهی ممکن است مدل سه بعدی واقعیت‌ها را به درستی نشان ندهد (برای مثال جزئیات از بین می‌روند).
 ✓ عدم وجود یک دید کلی از سراسر منطقه، که نشان‌دهنده این است که تصویرسازی سه بعدی پویا در یک آن یک تصویر کلی از سراسر منطقه ایجاد نمی‌کند. در واقع از این طریق فقط روی یک منطقه کوچک تمرکز خواهد شد در حالی که در روی نقشه دقیقاً می‌توان تشخیص داد در مقایسه با سایر مناطق در کجا قرار داریم.
 ✓ فکر کردن بسیار در خصوص این که مدل در نهایت به چه شکلی ارائه خواهد شد، در حالی که احتمالاً ممکن است دقیقاً شبیه آن چیزی که می‌خواهید نشود.
 ✓ تجربه کم و عدم مهارت کافی هنگام کار با کامپیوتر، موس و سه بعدی سازی تعاملی
 ✓ امکان از بین رفتن مقیاس در روش‌های مبتنی بر سه بعدی سازی تعاملی
 ✓ نقص در نمایش جزئیات
 ✓ امکان جابجایی محدود که باعث درک محدود مسیرهای از پیش تعریف شده در مدل می‌شود (Schaik, 2010).

- کاستی‌های روش تصویرسازی ایستا

✓ سختی تصویرسازی محیط (نگاه کردن به یک نقشه‌ی دو بعدی و نداشتن سه بعد، بنابراین سخت است که برخی پدیده‌ها را بدون واقعیت مجازی مدل سازی کرد).
 ✓ عدم امکان ارائه جزئیات (حس نقص جزئیات مکانی در مقایسه با تصویرسازی ایستا)، عکس‌ها هرگز برای افراد یک دید کامل مانند دیدی که واقعیت مجازی برای پدیده‌های خاص کوچک ایجاد می‌کند، فراهم نمی‌آورد، واقعیت مجازی برای نگاه کردن در زاویه‌های مختلف از یک پدیده بسیار مناسب است اما چنین چیزی هیچ وقت با وجود مجموعه‌ای از عکس‌ها هم حاصل نمی‌شود.

خصوصاً آمایش سرزمین را با استفاده از ارزیابی اثرات بصری (VIA) سنجیدند و از Arc view GIS و نرم افزار بصری‌سازی PolyTRIM از دانشگاه تورنتو برای ایجاد مناظر سه بعدی استفاده کردند و به این نتیجه رسیدند که برای تسهیل ارزیابی اثرات بصری در برنامه‌ریزی و طراحی سیمای سرزمین نه تنها نیاز به تصویرسازی ضروری است بلکه یک روش سازمان‌یافته (دلفی) نیز برای نهایی کردن تصمیم‌گیری‌ها الزامی است (Pullar & Tidy, 2001).

• 3D Nature & 3D max

امروزه نرم‌افزارهای سه بعدی مانند 3D max و یا نرم‌افزارهای مخصوص سیمای سرزمین مانند "Vue" E-on Software's یا (WCS) "World Construction Set" 3D Nature's اجازه مدل‌سازی سه بعدی سیمای سرزمین‌های موجود و غیر موجود با درجه بالایی از رئالیسم بصری را فراهم آورده‌اند که خروجی‌ها هم به صورت تصویر و هم به صورت انیمیشن ارائه می‌شوند (Sheppard, 2001).

• Visual Nature Studio

از سال ۲۰۰۰، 3D Nature، نرم‌افزار "Visual Nature Studio" (VNS) را ارائه کرده است که یک ورژن کاملاً سازگار با GIS است. در سال ۲۰۰۳، تقریباً سه سال بعد از مطالعه قابلیت اجرای کار کمپانی 3D Nature "Scene Express" را به عنوان یک اکستنشن الحاقی برای WCS و VNS ایجاد کرد.

• City Engine

نرم‌افزار City Engine یک نرم‌افزار تخصصی در زمینه سه بعدی سازی، مدل‌سازی و برنامه‌ریزی شهری است. این نرم‌افزار در سال ۲۰۱۱ توسط شرکت ESRI خریداری و در واقع قسمتی از بسته نرم‌افزاری Arc GIS شده است. نرم‌افزار Arc GIS در زمینه سه بعدی‌سازی دارای ابزار جانبی به نام‌های Arc Scene و Arc Globe است که در سه بعدی‌سازی شهرها و به خصوص نماهای شهری کمبودهایی داشت که از این طریق برطرف شده است. یکی از توانایی‌های نرم‌افزار City Engine توانایی تبادل اطلاعات با Arc GIS است. این بدین معنی است که می‌تواند لایه‌های اطلاعاتی دو بعدی را به نرم‌افزار City Engine منتقل و پس از سه بعدی‌سازی در برنامه‌های Arc Scene و Arc Globe نمایش داد (Shojaei et al., 2013).

می‌تواند مجموعه داده‌های گسترده را به گونه‌ای ارائه دهند که افراد را قادر سازند که بخشی از یک فرآیند تصمیم‌گیری تعاملی باشند و یک نقش مهم ارتباطی در مجموعه مشارکت و تصمیم‌گیری داشته باشند (Stock et al., 2008).

• Virtual Globe

Virtual Globe ها، محصولات بصری‌سازی تعاملی‌ای هستند که کاربران را قادر می‌سازند در یک مقیاس جهانی روی یک کشور، ناحیه، منطقه و مکان مورد نظر خودشان زوم کنند. Virtual Globe یک واسط کاربر زمین‌گرافیکی حقیقی است که از موس برای هدایت کردن و انتخاب استفاده می‌شود. کاربرانی که به اطلاعات فضایی دسترسی دارند از میان سیمای مناظر واقعی عبور می‌کنند، این مسئله یکی از نقاط قوت Virtual Globe ها هستند که آمایش محیط‌زیستی مدل‌ها را برای برنامه‌ریزان محیط‌زیستی آسان‌تر می‌کند (Sheppard et al., 2009).

Virtual Globe برای بصری‌سازی و برقراری ارتباط بین کاربردهای آمایش محیط‌زیست از دیدگاه آمایش کاربری‌ها در هلند برای زون‌های آسیب دیده مورد استفاده قرار گرفت. پتیت و همکاران (۲۰۱۱)، از Google Earth به عنوان یک Virtual Globe برای بصری‌سازی سیمای سرزمین‌های جایگزین در آینده استفاده کردند (Pettit et al., 2011).

• Smart Forest II

Smart Forest II یک مثال از نرم‌افزار سه بعدی‌سازی تخصصی برای جنگلداری است و با گسترش آن در بخش خدمات جنگلداری US یک استثناء کم‌یاب در زمینه ارزیابی به صورت عملی باقی ماند (Sheppard et al., 2009).

• PolyTRIM

پیشرفت تکنولوژیکی دیگر در زمینه سه بعدی‌سازی در دهه ۱۹۹۰ رخ داد و PolyTRIM (نرم‌افزاری برای نمایش تعاملات و مدل‌سازی) در مرکز تحقیقات سیمای سرزمین^(۶) ایجاد شد که تحت سیستم‌های ویندوز نیز در دسترس است. این مرکز توانست یک زمینه جدید را در خصوص شبیه‌سازی واقعی برای تحقیقات و آموزش آکادمیک در برنامه‌ریزی شهری و آمایش سیمای سرزمین ایجاد کند (Lange & Hehl-Lange, 2010). پولارو تایدی (۲۰۰۱)، شایستگی تغییرات پیشنهاد شده در

• EnvIn 3D

افزونه‌های مورد استفاده مرتبط به عنوان مناسب‌ترین ابزار برای تصویرسازی تعاملی مناظر جنگلی انتخاب شده‌اند (Kantartzis, 2018).

جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

با توجه به موارد اشاره شده در بخش‌های پیشین مقاله حاضر، شکل (۲)، خلاصه‌ای از کارکردهای مختلف تصویرسازی سه‌بعدی و مزایای مرتبط با هریک از کارکردها را به صورت خلاصه نمایش می‌دهد.

این نرم افزار در سال ۲۰۱۵ رونمایی شد. EnvIn 3D, 2015. ابزار جهت تولید شبیه‌سازی‌های پویا از مناظر به ویژه مناظر جنگلی واقعی است. این ابزار بر مبنای Unity Engine عمل می‌کند و یک برنامه کاربردی جهت طراحی تصاویر و پلان‌های سه بعدی است که از طریق ایجاد یک تصویر سه‌بعدی تعاملی از منطقه کاربر را قادر می‌سازد یک واقعیت مجازی ایجاد کند. تفاوت اصلی این نرم‌افزار با سایر مشابه این است که کاربر را در مرکز فعالیت‌ها قرار می‌دهد. فن‌آوری‌هایی مانند Unity و



شکل (۲): کارکردهای مختلف تصویرسازی سه‌بعدی

بعدی همان عوارض ساده‌تر است. تجسم واقعیت با استفاده از مدل‌های دو بعدی برای کاربران سخت و و زمان‌بر است به گونه‌ای که ممکن است زمانی که در پردازش و ایجاد مدل‌های دو بعدی صرفه‌جویی شده است در برابر این زمان ناچیز باشد. افزون بر این، برای این که بتوان واقعیت سه‌بعدی را با استفاده از مدل‌های دو بعدی در ذهن تجسم کرد نیاز هست که تمام لایه‌های دو بعدی را با هم ترکیب کرده و تصویری از ماهیت سه‌بعدی آن‌ها در ذهن تصور کرد و آشکار است که این تصور تا چه اندازه مشکل و نتیجه آن تا چه حد دور از واقعیت است. بنابراین در صورتی که مدل‌سازی و نمایش پدیده‌های سه‌بعدی امکان‌پذیر باشد، آنگاه تحلیل، فهم و نتیجه‌گیری از آن‌ها بسیار ساده و سریع‌تر خواهد شد. همچنین در صورتی که در جایی، نقص و یا نبود اطلاعات وجود داشته باشد در نمایش سه‌بعدی آشکارا خود را نشان می‌دهد. در این مقاله کارکردهای مختلف تصویرسازی سه‌بعدی در برنامه‌ریزی‌های محیط‌زیستی مورد بحث قرار گرفت و نتایج نشان داد که تصویرسازی سه‌بعدی

بیشتر داده‌های محیط واقعی ماهیتی سه‌بعدی دارند، فهم و درک این داده‌های سه‌بعدی از طریق نمایش مدل‌های سه‌بعدی بسیار آسان‌تر از مدل‌های دو بعدی است. فناوری‌های بصری‌سازی می‌توانند ابزار قدرتمندی برای تبادل داده‌های علمی مدل‌های ارزیابی محیط‌زیستی بین پژوهشگران و استفاده‌کنندگان عام باشند. عدم یکپارچگی و غیرجذاب بودن نتایج ارائه شده توسط ارزیابان محیط‌زیست از مشکلات عمده‌ی این افراد است. افراد غیر خبیره معمولاً به خاطر فشردگی نقشه‌های گرافیکی گیج و سر در گم می‌شوند و قادر نخواهند بود این اطلاعات را به صورت تصاویری از سیمای سرزمین در ذهن خود ترجمه کنند. یکی از راه‌حل‌ها برای حل این مشکلات استفاده از پیشرفت فناوری در رابطه با ابزارهای تصویرسازی سه‌بعدی است. ایجاد مدل دو بعدی در مقایسه با مدل‌های سه‌بعدی، آسان‌تر است و پردازش کمتری برای تولید و تحلیل آن‌ها مورد نیاز است و بالطبع سرعت انجام پردازش‌ها بالاتر است. اما فهم مدل سه‌بعدی داده‌هایی که ماهیت سه‌بعدی دارند نسبت به مدل دو

- | | |
|--|--|
| <ol style="list-style-type: none"> 2. Programming Support Systems 3. Virtual Reality (VR) 4. Augmented Reality (AR) 5. Virtual Globes 6. Center of Landscape Research | <p>می‌تواند نقش موثری در ارزیابی اثرات بصری ایفا کند و همچنین به عنوان یک سیستم تصمیم‌یار در برنامه‌ریزی‌های شهری و یک ابزار مناسب جهت هم‌فکری و مشورت عمومی نیز راهگشا خواهد بود.</p> |
|--|--|

یادداشت‌ها

1. Visual Impact Assessment (VIA)

منابع

- بهروز رجایی، ب.، سلیمی، ج.، عباسی، ن و باباخانی، خ. (۱۴۰۰). کاربردهای واقعیت مجازی و واقعیت افزوده در آموزش. نشریه سیستم‌های پردازشی و ارتباطی چند رسانه‌ای هوشمند، سال دوم شماره ۳ (پیاپی ۵)، صص ۶۹-۷۷.
- بنی عامریان، س. (۱۴۰۰). ماهنامه رشد فناوری آموزشی، سال سی و هفتم شماره ۵، ص ۴.
- Al-Kodmany, K. (2002). Visualization tools and methods in community planning: From freehand sketches to virtual reality. *Journal of Planning Literature*, 17(2), 189–211.
- Batty, M., Dodge, M., Jiang, B. & Smith, A. (1998). GIS and Urban design. Center for spatial Analysis, working paper 3. University College London. London.
- Bishop, I., & Hulse, D.W. (1994). Prediction of scenic beauty using map data and GIS. *Landscape and Urban Planning*. 39: 59-70.
- Blaschke, T. (2005). The role of the spatial dimension within the framework of sustainable landscapes and natural capital. *Landscape Urban Plan*. 75 (3–4): 198–226.
- Côté, M.-A. & Bouthillier, L. (2002). Assessing the effect of public involvement processes in forest management in Quebec. *Forest Policy and Economics* 4: 213–225.
- Danahy, J. W. & Hoinkes, R. (1995). Polytrim: collaborative setting for environmental design. In M. Tan & R. The (Eds.), *Proceedings of the CAAD Futures 95, CASA. The global design studio* (pp. 647–658). National University of Singapore.
- Egger, K., Geier, B., & Muhar, A. (2002). 3D-visualization-systems for landscape planning: concepts and integration into the workflow of planning practice. In E. Buhmann, U. Nothelfer, & M. Pietsch (Eds.), *Proceedings at Anhalt University of Applied Sciences. Trends in GIS and virtualization in environmental planning and design* (pp. 154–161). Heidelberg: Wichmann.
- Geertman, S. & Stillwell, J. (2004). Planning support systems: an inventory of current practice. *Computers, Environment and Urban Systems*, 28: 291–310.
- Ghawana, T., Sargent, J., Bennett, R. M., Zevenbergen, J., Khandelwal, P. & Rahman, S. (2020). 3D Cadastres in India: Examining the status and potential for land administration and management in Delhi. *Land use policy*, 98, 104389.
- Gobster, P. H., Ribe, R. G. & Palmer, J. F. (2019). Themes and trends in visual assessment research: Introduction to the landscape and urban planning special collection on the visual assessment of landscapes. *Landscape and Urban Planning*, 191(July).
- Hanzl, M. (2007). Information technology as a tool for public participation in urban planning: a review of experiments and potentials. *Design Studies* 28: 289–307.
- Kantartzis, A., 2018. A visualization tool for forest landscape using open software. *International journal of Engineering Research and Development*, 14(07), pp.23-40.

- Lange, E. (2001). The limits of realism: perceptions of virtual landscapes. *Landscape and Urban Planning*, 54: 163–182.
- Lange, E. & Hehl-Lange, S. (2010). Making visions visible for long-term landscape management. *Futures* 42, 693–699.
- Lewis, J. & Sheppard, S. (2006). Culture and communication: can landscape visualization improve forest management consultation with indigenous communities? *Landscape and Urban Planning* 77: 291–313.
- Li, H., Daugherty, T. & Biocca, F. (2003). The role of virtual experience on consumer learning. *Journal of Consumer Psychology* 13: 395–407.
- Ling, H. & Gong, J. (2002). Distributed virtual environments for managing country parks in Hong Kong: a case study of the Shing Mun Country Park. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing* 68: 369–377.
- Lovett, A., Kennaway, R., Sunnenberg, G., Cobb, D., Dolman, P. & Riordan, O. (2001). Visualising sustainable agricultural landscapes. In D. Unwin & P. Fisher (Eds.), *Virtual reality in geography* (pp. 102–130). London: Taylor & Francis.
- Marto, A., Gonçalves, A., Melo, M. & Bessa, M. (2022). A survey of multisensory VR and AR applications for cultural heritage. *Computers & Graphics*, 102, pp.426-440.
- Metze, T. (2020). Visualization in environmental policy and planning: a systematic review and research agenda. *Journal of Environmental Policy & Planning*, 22(5), 745-760.
- Mikic, D., Skorin-Kapov, L., Dobrijevic, O. & Schilhard, P. (2004). 3D visualization of the geographical & organizational structure of the grid. Presented Paper at 12th IEEE Mediterranean Electrotechnical Conference. Dubrovnik, Croatia.
- Muhar, A. (2001). Three-dimensional modelling and visualisation of vegetation for landscape simulation. *Landscape Urban Planning*, 54: 5–17.
- Naidoo, R., Balmford, A., Costanza, R., Fisher, B., Green, R.E. & Lehner, B., et al. (2008). Global mapping of ecosystem services and conservation priorities. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 105 (28): 9495–9500.
- Orland, B. (1992). Data visualization techniques in environmental management: a consolidated research agenda. *Landscape and Urban Planning*, 21: 241–244
- Osborne, P.E., Alonso, J.C. & Bryant, R.G. (2001). Modelling landscape-scale habitat use using GIS and remote sensing: a case study with great bustards. *J. Appl. Ecol.* 38 (2): 458–471.
- Parr, Ph. (2006). Landscape visualizations: Applications and requirements of 3D visualization software for environmental planning. *Computer, Environment and Urban Systems*. 30: 815-839.
- Pettit, Ch., Raymond, Ch., Bryan, B. & Lewis, H. (2011). Identifying strengths and weaknesses of landscape visualisation for effective communication of future alternatives. *Landscape and Urban Planning*, 100: 231-241.
- Phua, M.H. & Minowa, M. (2005). A GIS-based multi-criteria decision making approach to forest conservation planning at a landscape scale: a case study in the Kinabalu Area, Sabah, Malaysia. *Landscape Urban Plan.* 71 (2–4): 207–222.
- Pullar, D. & Tidey, M. (2001). Coupling 3D visualization to qualitative assessment of built environment designs. *Landscape and Urban Planning*. 55: 29-40.
- Schaik, P. (2010). Using interactive 3-D visualization for public consultation. *Interacting with computers*, 22:556-568.
- Schubert, T., Friedmann, F. & Regenbrecht, H. (2001). The experience of presence: factor analytic insights. *Presence, Teleoperators and Virtual Environments* 10: 266–281.

- Sheppard, S.R.J. (2001). Guide for crystal ball gazers: developing a code of ethics for landscape visualization. *Landscape Urban Plan.* 54 (1–4): 183–199.
- Sheppard, S.R.J. & Cizek, P. (2009). The ethics of Google Earth: crossing thresholds from spatial data to landscape visualisation. *J. Environ. Manage.* 90: 2102–2117.
- Shojaei, D., Kalantari, M., Bishop, I. D., Rajabifard, A. & Aien, A. (2013). Visualization Requirements for 3D Cadastral Systems. *Computers, Environment and Urban Systems* 41: 39–54.
- Spadoni, E., Porro, S., Bordegoni, M., Arosio, I., Barbalini, L. & Carulli, M. 2022. Augmented Reality to Engage Visitors of Science Museums through Interactive Experiences. <https://doi.org/10.3390/heritage5030071>
- Stock, C., Bishop, I.D., O'Connor, A.N., Chen, T., Pettit, C.J., & Aurambout, J.-P. (2008). SIEVE: collaborative decision-making in an immersive online environment. *Cartogr. Geogr. Inform.* 35 (2): 133–144.
- Tress, B. & Tress, G. (2003). Scenario visualisation for participatory environmental planning—a study from Denmark. *Landscape Urban Plan.* 64: 161–178.
- Warren-Kretschmar, B. & Haaren, C. V. (2005). Online landscape planning—What does it take. A case study in Ko'nigsblutter am Elm. In E. Buhmann, C. v. Haaren, & W. R. Miller (Eds.), *Proceedings at Anhalt University of Applied Sciences. Online landscape architecture* (pp. 100–110). Heidelberg: Wichmann.
- Whyte, J., Bouchlaghem, N., Thorpe, A. & McCaffer, R., (2000). From CAD to virtual reality: modelling approaches, data exchange and interactive 3D building design tools. *Automation in Construction* 10: 43–55.
- Wissen, U., Schroth, O., Lange, E. & Schmid, W.A. (2008). Approaches to integrating indicators into 3D landscape visualisations and their benefits for participative planning situations. *J. Environ. Manage.* 89: 184–196.
- Yoon, S.-Y., Laffey, J. & Oh, H. (2008). Understanding usability and user experience of web-based 3D graphics technology. *International Journal of Human-Computer Interaction* 24: 288–306.
- Zube, E. H., Simcox, D. E., & Law, C. S. (1987). Perceptual landscape simulations: history and prospect. *Landscape Journal*, 6(1):62–80.

A Review on the Role of 3D Visualization in Landscape Planning

Sepideh Saeidi*¹, Marjan Mohammadzadeh²

1. Assistant Professor of Environmental Sciences, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Golestan, Iran
2. Associate Professor of Environmental Sciences, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Golestan, Iran

(Received: 2022/11/14

Accepted: 2023/07/10)

Abstract

Landscape visualization or a three-dimensional display of real world phenomena can be used as a subset of the broader context of geographical visualization to create links between past, present and future conditions and represent alternative scenarios; it could also represent exclusive data in such a way that enables people to be a part of the interactive decision-making process. This approach has an important communication role in the set of participation and decision-making and serves as a tool for environmental planning, a guide for prioritizing investments, and an incentive to apply strategic management (compared to passive management). This paper aims survey the role of 3D visualization in visual impact assessment and its role as a programming support system in urban planning and also as an appropriate tool in public consultation. Moreover introduced software in the final section could be used in different projects depending on their applications.

Key words: 3D Visualization, Visual Impact Assessment, Programming Support System, Public Consultation.