

نرم افزار Vensim: تحلیل جامع پلتفرم مدل سازی پویایی سیستم ها

حنانه سادات موسوی

دانشجوی دکتری، گروه محیط زیست طبیعی، دانشکده منابع طبیعی، دانشکدگان کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران

رایانامه نویسنده: h.sadatmousavi@ut.ac.ir

چکیده

Vensim یک نرم افزار برجسته در زمینه مدل سازی پویایی سیستم ها است که توسط شرکت Ventana Systems توسعه یافته و به کاربران امکان می دهد تا سیستم های پیچیده را به صورت ساختاریافته مدل سازی، شبیه سازی و تحلیل کنند. این نرم افزار با استفاده از نمودارهای حلقه علی و مدل های موجودی- جریان، امکان درک روابط علی و پویایی های درون سیستم های چندعاملی را فراهم می آورد. این مرور جامع، تاریخچه توسعه Vensim، قابلیت های فنی پیشرفته آن، کاربردهای گسترده در حوزه های مختلف و مزایای مقایسه ای آن نسبت به سایر ابزارهای مشابه را بررسی می کند. Vensim ابزارهای متنوع و ضروری برای تحلیل سناریو، آزمون حساسیت و اعتبارسنجی مدل ها از طریق قابلیت Reality Check ارائه می دهد که به کاربران کمک می کند تا صحت و پایداری مدل های خود را ارزیابی کنند و تصمیمات مبتنی بر شواهد بهتری اتخاذ نمایند. این نرم افزار در زمینه های مدیریت استراتژیک، اقتصاد، مطالعات محیط زیست، بهداشت و سلامت عمومی، آموزش و پژوهش کاربرد گسترده ای یافته و انعطاف پذیری بالای خود را به عنوان یک پلتفرم جامع مدل سازی پویایی سیستم ها نشان داده است. علاوه بر این، نسخه آموزشی Vensim PLE دسترسی به قابلیت های مدل سازی را برای دانشجویان و پژوهشگران فراهم می کند، اگرچه محدودیت هایی از نظر منحنی یادگیری و عملکرد محاسباتی برای مدل های بسیار بزرگ همچنان وجود دارد. این مقاله با تحلیل سیستماتیک ویژگی ها، کاربردها و جایگاه Vensim، نقش آن در چشم انداز وسیع ابزارهای نرم افزاری مدل سازی پویایی سیستم ها را روشن می سازد و بینشی جامع نسبت به مزایا، محدودیت ها و ظرفیت های بالقوه این نرم افزار ارائه می کند.

کلیدواژه ها: پویایی سیستم ها، مدل سازی، شبیه سازی، نمودارهای حلقه علی، مدل های موجودی-جریان

مقدمه‌ای بر مدل سازی پویایی سیستم ها و اهمیت آن

پویایی سیستم ها یک روش شناسی برای درک و مدیریت سیستم های پیچیده ای است که در طول زمان تغییر می کنند و در ابتدا توسط جی فاستر^۱ در مؤسسه MIT در دهه ۱۹۵۰ توسعه یافته است (Forrester, 1961). این رویکرد بر ساختار زیرین موقعیت های پیچیده تمرکز دارد و نقش حلقه های بازخورد، تأخیرهای زمانی و غیرخطی بودن را در ایجاد رفتار سیستم برجسته می کند (Senge, 1990). مدل سازی پویایی سیستم ها چارچوبی برای ایجاد شبیه سازی های رسمی کامپیوتری فراهم می کند که می توانند سیاست ها و مداخلات را پیش از اجرای واقعی در سیستم های واقعی آزمایش کنند (Ford, 2010).

اهمیت مدل سازی پویایی سیستم ها در توانایی آن برای آشکار کردن ساختار زیرین است که رفتار سیستم را هدایت می کند، به ویژه در شرایطی که راه حل های شهودی اغلب ناکام می مانند یا پیامدهای ناخواسته ایجاد می کنند (Forrester, 1961; Senge, 1990). با نمایش سیستم ها به صورت شبکه ای از موجودی ها^۲ (انباشته ها) و جریان ها^۳ (نرخ های تغییر) که با حلقه های بازخورد به هم متصل شده اند، مدل های پویایی سیستم به تصمیم گیرندگان کمک می کنند تا بفهمند چگونه ساختار، رفتار سیستم را در طول زمان شکل می دهد (Ford, 2010; Rahimi et al., 2023). مدل های پویایی سیستم اهداف متعددی را دنبال می کنند: آن ها از تحلیل سیاست و آزمون مداخلات پشتیبانی می کنند، پیامدهای ناخواسته تصمیمات را آشکار می سازند، امکان آزمایش سناریوها برای بررسی اثرات بلندمدت را فراهم می کنند و از طریق شبیه سازی، یادگیری سازمانی را تسهیل می کنند (Senge, 1990; Morecroft et al., 1994). این روش شناسی به ویژه در حل مشکلات

پیچیده در استراتژی کسب و کار، سیاست گذاری عمومی، مدیریت محیط زیست و سیستم های بهداشتی که رویکردهای تحلیلی سنتی ممکن است ناکافی باشند، ارزشمند شناخته شده است (Ford, 2010; Homer & Hirsch, 2006).

سازه های اصلی پویایی سیستم شامل موجودی ها (متغیرهای حالت که انباشته ها را نشان می دهند)، جریان ها (متغیرهای فعالیت که نرخ ها را نشان می دهند)، حلقه های بازخورد^۴ (زنجیره های بسته ای از روابط علت و معلول) و تأخیرهای زمانی^۵ (فاصله بین علت ها و اثرات) هستند (Forrester, 1961; Ford, 2010). این عناصر با هم ترکیب می شوند تا مدل هایی ایجاد کنند که بتوانند پیچیدگی پویایی سیستم های واقعی را ثبت کنند و پویایی سیستم ها را به عنوان ابزاری اساسی برای درک و مدیریت موقعیت های پیچیده در حوزه های مختلف ارائه دهند (Senge, 1990).

تاریخچه و توسعه نرم افزار Vensim

نرم افزار Vensim توسط شرکت Ventana Systems به عنوان یک پلتفرم جامع برای مدل سازی و شبیه سازی پویایی سیستم ها توسعه یافته است. این نرم افزار از نیاز به ارائه ابزارهای در دسترس و قدرتمند برای ساخت و تحلیل مدل های پویایی سیستم ها، به ویژه در زمینه های آموزشی و حرفه ای، پدید آمد (Simonetto & Löbler, 2014). اگرچه تاریخ دقیق تأسیس و جزئیات توسعه زمانی به طور کامل در منابع موجود مستند نشده است، اما از زمان معرفی Vensim خود را به عنوان یکی از پیشروترین پلتفرم های نرم افزاری پویایی سیستم ها تثبیت کرده است. توسعه Vensim ناشی از این شناخت بود که مدل سازی مؤثر پویایی سیستم ها نیازمند نرم افزاری است که بتواند هم مرحله توسعه مفهومی (از طریق نمودارهای حلقه علی) و

^۴ Feedback loops
^۵ Time delays

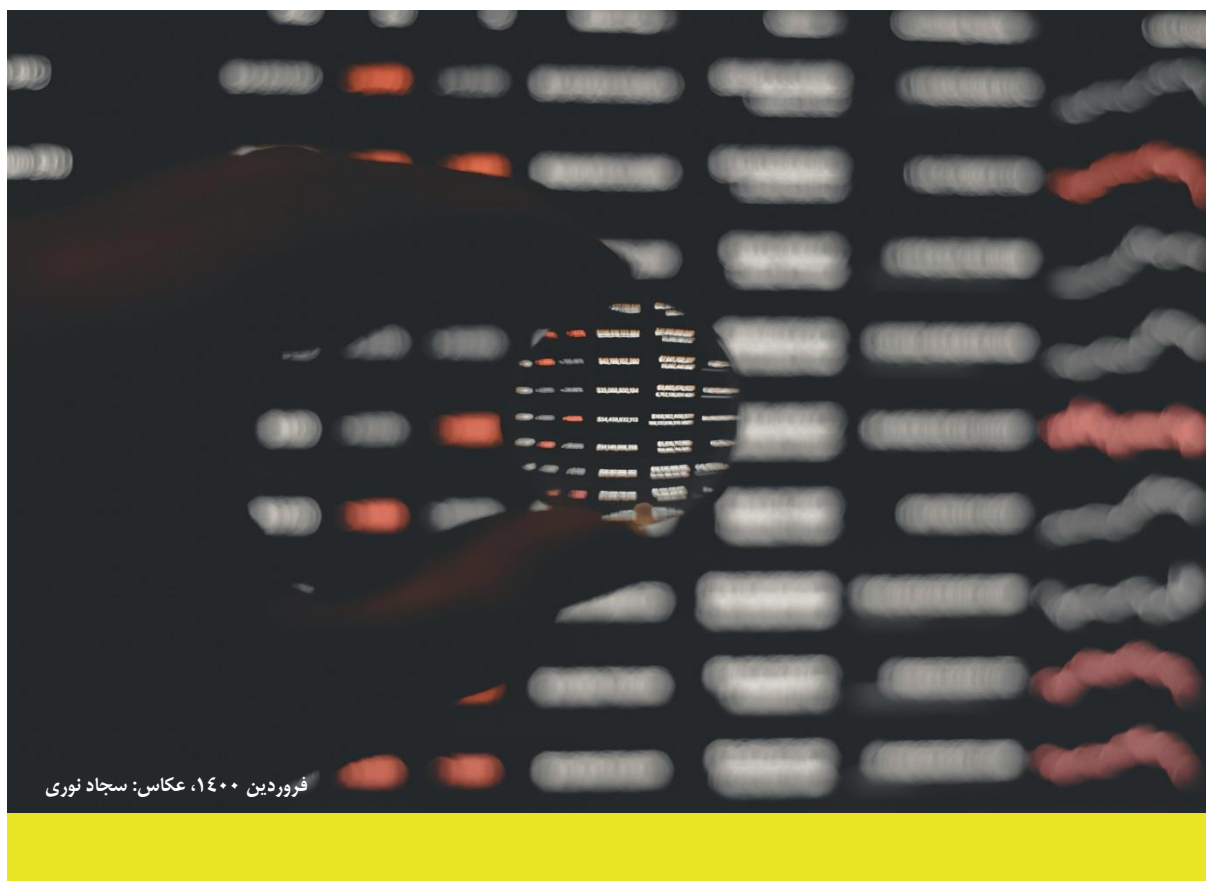
^۱ Jay Forrester

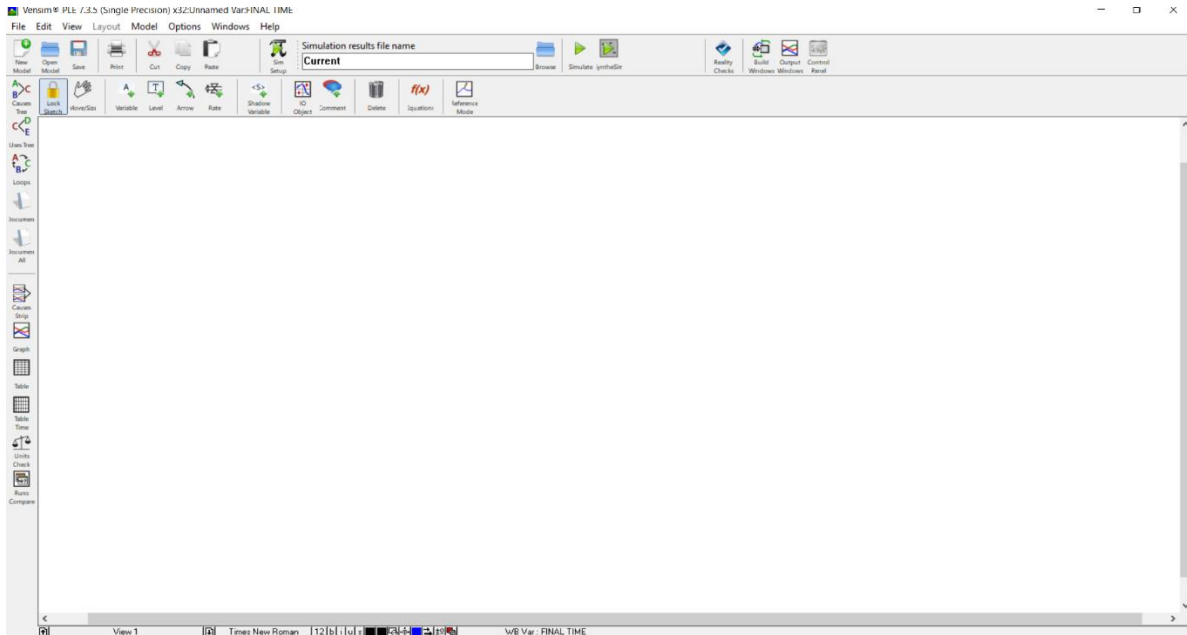
^۲ Stocks

^۳ Flows

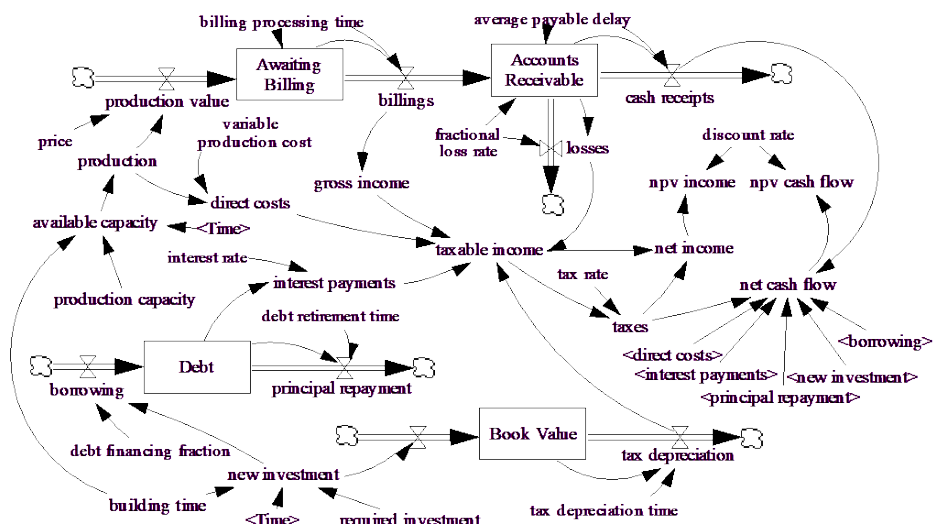
پویایی سیستم‌ها در مدارس و دانشگاه‌ها در سطح جهانی داشته است. در طول توسعه خود، Vensim قابلیت‌های پیشرفته‌ای مانند آزمون خودکار مدل از طریق Reality Check، توانمندی‌های تحلیل حساسیت پیچیده و گزینه‌های ادغام با منابع داده خارجی و دیگر پلتفرم‌های نرم‌افزاری را در خود گنجانده است (Peterson & Eberlein, 1994; Shahgholian & Hajihosseini, 2009). این نرم‌افزار با انطباق مداوم با نیازهای کاربران و پیشرفت‌های فناوری و همزمان حفظ تمرکز اصلی خود بر دسترس‌پذیری و ارزش آموزشی، جایگاه خود را به‌عنوان یک ابزار پیشرو در مدل‌سازی پویایی سیستم‌ها حفظ کرده است. شکل ۱ محیط نرم‌افزار Vensim PLE و شکل ۲ نمونه‌ای از مدل‌های سیستم پویا در نرم‌افزار Vensim را نشان می‌دهند.

هم مرحله مدل‌سازی رسمی (از طریق نمودارهای موجودی- جریان) را پشتیبانی کند و در عین حال قابلیت‌های شبیه‌سازی و تحلیل قدرتمند ارائه دهد (Einzinger et al., 2010). این نرم‌افزار به‌گونه‌ای طراحی شد تا فاصله بین تفکر کیفی سیستم‌ها و تحلیل کمی سیستم‌ها را پر کند. شرکت Ventana Systems، توسعه‌دهنده Vensim، همواره بر دسترسی‌پذیری پویایی سیستم‌ها برای کارشناسان و اساتید آموزشی تمرکز داشته است. این تعهد در توسعه نسخه Vensim PLE که یک گزینه کم‌هزینه یا رایگان ویژه استفاده آموزشی ارائه می‌دهد، مشهود است (Widmark, 2012; Kot et al., 2024). نسخه PLE نقش مهمی در گسترش آموزش





شکل ۱- محیط نرم افزار Vensim PLE (Ventana Systems, 2025a)



شکل ۲- نمونه ای از مدل های سیستم پویا در نرم افزار Vensim (Ventana Systems, 2025b)

نسخه Vensim PLE

نسخه Vensim PLE نمایانگر سطح آموزشی نرم افزار است و به طور ویژه برای تدریس و یادگیری پویایی سیستم ها طراحی شده است (Widmark, 2012; Kot et al., 2024). این نسخه برای مؤسسات آموزشی و دانشجویان به صورت رایگان یا با هزینه کم در دسترس است و امکان استفاده در کلاس درس و یادگیری فردی را فراهم می کند. نسخه PLE شامل قابلیت های مدل سازی

نسخه ها و پیکربندی های موجود

نرم افزار Vensim در نسخه های متعددی عرضه می شود که برای پاسخگویی به نیازهای مختلف کاربران، از کاربردهای آموزشی گرفته تا مشاوره حرفه ای و پژوهش، طراحی شده اند. این خانواده نرم افزاری شامل چندین نسخه متمایز است که هر یک قابلیت ها و مجوزهای خاص خود را دارند.

پیکربندی‌های تخصصی

Vensim قابلیت‌های ادغام با سایر پلتفرم‌های نرم‌افزاری و کاربردهای تخصصی را نیز نشان داده است. به عنوان مثال، پژوهش‌ها نشان داده‌اند که رابط‌های نرم‌افزاری بین Vensim و پلتفرم‌های شبیه‌سازی مبتنی بر عامل مانند RePast توسعه یافته است که امکان استفاده از روش‌های مدل‌سازی ترکیبی (ترکیب پویایی سیستم و مدل‌سازی مبتنی بر عامل) را فراهم می‌کند (Größler et al., 2003). چنین ادغام‌هایی دامنه کاربرد نرم‌افزار را به مسائلی که نیازمند چندین پارادایم مدل‌سازی هستند، گسترش می‌دهد.

ماژول‌ها و اجزای نرم‌افزار

Vensim مجموعه‌ای جامع از ابزارها و ماژول‌ها ارائه می‌دهد که فرآیند کامل مدل‌سازی پویایی سیستم‌ها را از مرحله مفهومی اولیه تا تحلیل نهایی و گزارش‌دهی پشتیبانی می‌کنند. معماری نرم‌افزار منعکس‌کننده جریان کاری معمول در مدل‌سازی پویایی سیستم‌ها است و ابزارهای یکپارچه‌ای برای هر مرحله از توسعه و تحلیل مدل فراهم می‌آورد.

نمودارهای حلقه علی (Causal Loop Diagrams)

نمودارهای حلقه علی پایه مفهومی مدل‌های پویایی سیستم‌ها را تشکیل می‌دهند و ساختار بازخورد سیستم‌ها را از طریق شبکه‌ای از روابط علی نمایش می‌دهند (Moore & Helms, 2018). در Vensim، قابلیت رسم نمودارهای حلقه علی به کاربران امکان می‌دهد ساختار علی زیرین مسائل پیچیده را پیش از ورود به مدل‌سازی ریاضی رسمی، ترسیم کنند. این نرم‌افزار ابزارهای بصری و کاربرپسندی برای ایجاد نمودارهای حلقه علی از جمله امکان تعیین قطبیت (مثبت یا منفی) برای روابط علی و شناسایی حلقه‌های بازخورد در ساختار سیستم ارائه می‌دهد. کاربران می‌توانند این نمودارها را با استفاده از رابط

اساسی از جمله رسم نمودارهای حلقه علی، مدل‌سازی موجودی-جریان و عملکرد شبیه‌سازی است که برای اکثر کاربردهای آموزشی کافی هستند. تمرکز آموزشی Vensim PLE باعث شده است که این نسخه در مدارس و دانشگاه‌ها که پویایی سیستم‌ها به عنوان بخشی از برنامه درسی کسب‌وکار، علوم محیط‌زیست یا تفکر سیستمی آموزش داده می‌شود، به گزینه‌ای محبوب تبدیل شود (Widmark, 2012; Kot et al., 2024). دسترس‌پذیری آموزشی این نرم‌افزار سهم قابل توجهی در گسترش پذیرش روش‌شناسی پویایی سیستم‌ها در محیط‌های دانشگاهی داشته است.

نسخه‌های حرفه‌ای

با اینکه منابع موجود اطلاعات دقیقی درباره تمامی نسخه‌های حرفه‌ای Vensim ارائه نمی‌دهند، اما واضح است که شرکت Ventana Systems نسخه‌های تجاری با قابلیت‌های پیشرفته برای مدل‌سازی حرفه‌ای و کاربردهای مشاوره‌ای ارائه می‌دهد (Simonetto & Löbner, 2014; Einzinger et al., 2010). این نسخه‌های حرفه‌ای معمولاً شامل ویژگی‌های پیشرفته‌ای مانند افزایش محدودیت اندازه مدل، ابزارهای تحلیل تقویت‌شده و گزینه‌های اضافی برای خروجی و ادغام با دیگر نرم‌افزارها هستند. نسخه‌های حرفه‌ای برای پشتیبانی از پروژه‌های مدل‌سازی پیچیده در زمینه‌های کسب‌وکار، دولت و پژوهش طراحی شده‌اند، جایی که نیاز به قابلیت‌های تحلیلی پیشرفته و مدل‌های بزرگ مقیاس وجود دارد. این نسخه‌ها اغلب شامل امکاناتی مانند تحلیل حساسیت پیشرفته، ابزارهای بهینه‌سازی و قابلیت‌های گزارش‌گیری توسعه یافته هستند که فراتر از عملکرد پایه‌ای نسخه آموزشی ارائه می‌شوند (Ventana Systems, 2025a).

گرافیکی ایجاد کنند که نمایش بصری روابط علی را پشتیبانی می کند و ارتباط ساختار سیستم با ذی نفعان و اعضای تیم را آسان تر می سازد (Einzinger et al., 2010; Moore & Helms, 2018). رویکرد Vensim در نمودارهای حلقه علی تأکید بر نقش آن ها به عنوان پل بین تفکر کیفی سیستم ها و مدل سازی کمی سیستم ها دارد. نرم افزار به کاربران این امکان را می دهد که با نمودارهای مفهومی حلقه علی شروع کنند و سپس آن ها را به صورت سیستماتیک به مدل های موجودی- جریان رسمی برای شبیه سازی و تحلیل تبدیل کنند (Einzinger et al., 2010; Shahgholian & Hajihosseini, 2009). این گذار از مدل سازی کیفی به کمی یکی از نقاط قوت اصلی پلتفرم Vensim است.

نمودارهای موجودی-جریان (Stock and Flow Diagrams)

نمودارهای موجودی-جریان ساختار ریاضی رسمی مدل های پویایی سیستم ها را نمایش می دهند و سیستم های معادلات دیفرانسیل یا تفاضلی را که رفتار مدل را هدایت می کنند، پیاده سازی می کنند (Forrester, 1961; Ford, 2010). در Vensim، مدل سازی موجودی-جریان پایه محاسباتی برای شبیه سازی و تحلیل فراهم می آورد. موجودی ها در Vensim نشان دهنده انباشته ها یا متغیرهای حالت در سیستم هستند، مانند سطح جمعیت، موجودی کالا یا پایگاه های دانش. این عناصر نتایج فعالیت های جریان ورودی و خروجی را در طول زمان انباشته می کنند و حافظه سیستم را تشکیل می دهند (Ford, 2010). جریان ها، نرخ های تغییر را نشان می دهند که بر موجودی ها اثر می گذارند، مانند نرخ تولد و مرگ، نرخ تولید و مصرف یا نرخ یادگیری و فراموشی. نرم افزار محیط گرافیکی مدل سازی را فراهم می کند که کاربران می توانند نمودارهای موجودی-جریان را با استفاده از نشانه گذاری استاندارد پویایی سیستم ها ایجاد کنند.

Vensim از تدوین ریاضی این مدل ها از طریق ویرایشگر معادلات پشتیبانی می کند، که به کاربران امکان می دهد روابط حاکم بر نرخ های جریان و محاسبات کمکی را مشخص کنند (Simonetto & Löbler, 2014; Shahgholian & Hajihosseini, 2009). نمونه هایی از قابلیت های موجودی-جریان Vensim در کاربردهای مختلف مستند شده در منابع دیده می شوند. به عنوان مثال، یک مطالعه مدیریت پسماند جامد شهری از Vensim برای نمایش نرخ تولید زباله، سهم بندی دفع و عوامل جمعیتی از طریق موجودی ها و جریان های مرتبط استفاده کرده است (Simonetto & Löbler, 2014). به طور مشابه، یک مطالعه آلودگی هوای تهران از مدل سازی موجودی-جریان برای نمایش پویایی تولید، پراکندگی و تأثیرات آلودگی بر سلامت طی یک دوره شبیه سازی ۱۰ ساله بهره برده است (Shahgholian & Hajihosseini, 2009).

تحلیل سناریو و حساسیت (Scenario and Sensitivity Analysis)

تحلیل سناریو یکی از قدرتمندترین قابلیت های Vensim برای آزمون سیاست ها و برنامه ریزی استراتژیک است. نرم افزار به کاربران امکان می دهد فرضیات مختلف درباره پارامترهای مدل، سیاست ها یا شرایط خارجی را به صورت سیستماتیک بررسی کنند تا بفهمند این تغییرات چگونه بر رفتار سیستم اثر می گذارند (Einzinger et al., 2014; Shahgholian & Hajihosseini, 2009; Rahimi et al., 2025). ابزارهای تحلیل سناریو در Vensim به کاربران امکان می دهند چند سناریو با مقادیر پارامتر یا فرضیات سیاست متفاوت تعریف و رفتارهای سیستم حاصل از آن ها را مقایسه کنند. این قابلیت برای تحلیل سیاست، حیاتی است، زیرا به تصمیم گیرندگان امکان می دهد اثرات بالقوه مداخلات مختلف را پیش از اجرای واقعی آزمایش کنند (Senge, 1990; Morecroft et al., 1994).

به صورت زبانی ساختاریافته نوشته شوند که Vensim آن‌ها را به طور خودکار اجرا می‌کند و بازخورد سیستماتیک درباره عملکرد مدل ارائه می‌دهد. این قابلیت فرآیند توسعه مدل تکراری را با برجسته کردن مناطقی که رفتار مدل ممکن است با انتظارات یا دانش واقعی ناسازگار باشد، پشتیبانی می‌کند. ماهیت خودکار ابزار Reality Check به‌ویژه برای مدل‌های پیچیده ارزشمند است، جایی که آزمون دستی، زمان‌بر و مستعد خطا است. سیستم می‌تواند مجموعه‌ای از آزمون‌ها را سریع اجرا کند و بازخورد دقیق درباره نتایج آزمون ارائه دهد، که امکان شناسایی و رفع مشکلات مدل را به صورت کارآمد فراهم می‌کند (Peterson & Eberlein, 1994).

اتصال به داده و کالیبراسیون (Data Connection and Calibration)

Vensim قابلیت اتصال مدل‌ها به منابع داده خارجی و کالیبره کردن پارامترهای مدل برای تطابق با الگوهای داده تاریخی را فراهم می‌کند. این ویژگی‌ها برای توسعه مدل‌هایی که بر پایه شواهد تجربی هستند و برای اطمینان از رفتار مدل مطابق با عملکرد واقعی سیستم ضروری هستند (Kot et al., 2024; Größler et al., 2003). نرم‌افزار از فرمت‌های مختلف وارد کردن داده پشتیبانی می‌کند و ابزارهایی برای تخمین پارامتر و کالیبراسیون مدل ارائه می‌دهد. کاربران می‌توانند مدل‌های خود را به پایگاه‌های داده خارجی، صفحات گسترده یا منابع داده دیگر متصل کنند، که امکان استفاده از داده‌های واقعی برای مقارنه اولیه، تخمین پارامتر یا اهداف اعتبارسنجی را فراهم می‌کند. ابزارهای کالیبراسیون در Vensim به کاربران کمک می‌کنند پارامترهای مدل را تنظیم کنند تا تطابق بهتری بین رفتار مدل و داده‌های تاریخی حاصل شود. این فرآیند برای توسعه مدل‌های معتبر که بتوانند دیدگاه‌های قابل اعتماد برای سیاست‌گذاری و تصمیم‌گیری ارائه دهند، حیاتی است (Kot et al., 2024). نرم‌افزار از

نرم‌افزار می‌تواند خروجی‌های مقایسه‌ای تولید کند که نشان دهد چگونه سناریوهای مختلف منجر به نتایج متفاوت سیستم در طول زمان می‌شوند. تحلیل حساسیت در Vensim فراتر از مقایسه ساده سناریوها است و آزمون سیستماتیک رفتار مدل در شرایط عدم قطعیت پارامترها را فراهم می‌کند. نرم‌افزار می‌تواند شبیه‌سازی‌های مونت کارلو^۷ و تحلیل‌های آماری دیگر انجام دهد تا بفهمد چگونه چگونه عدم قطعیت در ورودی‌های مدل به عدم قطعیت در خروجی‌های مدل منتقل می‌شود (Peterson & Eberlein, 1994). این قابلیت برای درک پایداری و قابلیت اعتماد مدل و انتقال اطمینان بخشی از نتایج مدل به ذی‌نفعان اهمیت دارد. کاربرد عملی این قابلیت‌ها در مطالعات مختلف نشان داده شده است. به عنوان مثال، مطالعه آلودگی هوای تهران از تحلیل سناریو Vensim برای آزمون تغییرات پارامترها و مداخلات سیاستی مختلف در طول دوره ۱۰ ساله استفاده کرده و دیدگاه‌هایی درباره اثرات بلندمدت استراتژی‌های مدیریت کیفیت هوا ارائه داده است (Shahgholian & Hajihosseini, 2009).

ابزار اعتبارسنجی مدل (Reality Check)

Reality Check رویکرد Vensim برای آزمون و اعتبارسنجی خودکار مدل را نمایندگی می‌کند و محیطی رسمی برای آزمون رفتار مدل در برابر الگوها یا روابط مورد انتظار فراهم می‌آورد. این قابلیت یکی از چالش‌های کلیدی مدل‌سازی پویایی سیستم‌ها را حل می‌کند: اطمینان از اینکه مدل‌ها به طور منطقی و مطابق با دانش واقعی رفتار می‌کنند. سیستم Reality Check به کاربران امکان می‌دهد آزمون‌هایی را مشخص کنند که مدل باید از آن‌ها عبور کند، مانند آزمون شرایط افراطی (حدی)^۸، آزمون بازتولید رفتار^۹ یا آزمون حساسیت^{۱۰}. این آزمون‌ها می‌توانند

^۷. Monte Carlo Simulation

^۸. Extreme condition tests

^۹. Behavior reproduction tests

^{۱۰}. Sensitivity tests

هر دو روش تنظیم دستی پارامتر و رویکردهای بهینه سازی خودکار برای کالیبراسیون پشتیبانی می کند.

ابزارهای گزارش دهی (Reporting Tools)

Vensim شامل ابزارهای جامع گزارش دهی و مصورسازی است که به کاربران امکان می دهد نتایج مدل را به طور مؤثر به مخاطبان مختلف منتقل کنند. نرم افزار می تواند نمودارها، جداول و سایر نمایش های بصری رفتار مدل را تولید کند، که ارتباط دیدگاه های حاصل از مدل های پیچیده پویایی سیستم را آسان تر می سازد (Simonetto & Einzinger et al., 2010; Löbner, 2014). قابلیت های گزارش دهی شامل نمودارهای سری زمانی، نمودارهای فازی، نمایش های مقایسه ای سناریوها و خلاصه های آماری رفتار مدل است. این ابزارها برای تبدیل نتایج مدل به دیدگاه های عملیاتی که می توانند فرآیندهای تصمیم گیری را اطلاع دهند، ضروری هستند (Einzinger et al., 2010). نرم افزار همچنین از خروجی گرفتن و انتقال نتایج به سایر برنامه ها برای تحلیل یا ارائه بیشتر پشتیبانی می کند.

کاربردها در حوزه های مختلف

Vensim توانمندی قابل توجهی در حوزه های مختلف نشان داده است و کاربردهای مستند آن شامل مدیریت، اقتصاد، مطالعات محیط زیست، سلامت عمومی و آموزش است. انعطاف پذیری نرم افزار و مجموعه ویژگی های جامع آن، Vensim را به ابزاری ارزشمند برای حل مسائل پیچیده در حوزه های گوناگون تبدیل کرده است.

کاربردها در مدیریت

در زمینه مدیریت، Vensim برای مدل سازی یادگیری سازمانی، برنامه ریزی استراتژیک و پویایی عملیاتی استفاده شده است. قابلیت نرم افزار در نمایش حلقه های بازخورد و تأخیرهای زمانی، آن را به ابزاری مناسب برای درک رفتار

سازمانی و اثرات مداخلات مدیریتی در طول زمان تبدیل می کند (Morecroft et al., 1994). مدل های پویایی سیستم ساخته شده در Vensim برای تحلیل توانمندسازی سازمان ها به ویژه در محیط های آموزشی کاربرد دارند. به عنوان مثال، پژوهش ها از Vensim برای مدل سازی ظرفیت مدارس برای ایجاد تغییرات پایدار استفاده کرده اند و بررسی کرده اند چگونه عوامل مختلف با یکدیگر تعامل می کنند تا تحول سازمانی در مؤسسات آموزشی را حمایت کنند یا مانع شوند (Moore & Helms, 2018). این کاربردها ارزش نرم افزار را در درک پویایی های پیچیده سازمانی و طراحی مداخلاتی که می توانند تغییر پایدار ایجاد کنند، نشان می دهند. این نرم افزار همچنین در مدیریت زنجیره تأمین کاربرد داشته است، جایی که تعاملات پیچیده بین تأمین کنندگان، تولیدکنندگان و مشتریان، رفتارهای پویایی ایجاد می کنند که فهم آن ها از طریق روش های تحلیلی سنتی دشوار است. توانایی Vensim در مدل سازی این تعاملات و آزمون استراتژی های مختلف زنجیره تأمین، برای بهبود عملکرد و تاب آوری زنجیره تأمین ارزشمند بوده است (Größler et al., 2003).

کاربردها در اقتصاد

کاربردهای اقتصادی Vensim بر درک پویایی کلان اقتصادی، اثرات سیاست ها و رفتارهای بازار تمرکز داشته است. قابلیت نرم افزار در مدل سازی حلقه های بازخورد و تأخیرهای زمانی، آن را به ویژه برای مدل سازی اقتصادی مناسب می سازد، زیرا این عوامل نقش مهمی در تعیین رفتار سیستم دارند. یک کاربرد قابل توجه شامل مدل سازی سیستم های تأمین مالی بیمه سلامت بود که در آن از Vensim برای تحلیل پویایی بازارهای بیمه و اثرات مداخلات سیاستی مختلف استفاده شد. این نوع کاربرد توانایی نرم افزار در مدیریت سیستم های اقتصادی پیچیده با چندین ذی نفع و مکانیسم بازخورد را نشان می دهد (Einzinger et al., 2010). این نرم افزار همچنین در

توسعه اقتصادی منطقه‌ای، تخصیص منابع و تحلیل سیاست مالی به کار رفته است. این کاربردها از قابلیت تحلیل سناریوهای Vensim برای آزمون گزینه‌های مختلف سیاستی و درک پیامدهای اقتصادی بلندمدت آن‌ها بهره می‌برند.

کاربردها در محیط‌زیست

کاربردهای محیط‌زیستی یکی از قوی‌ترین حوزه‌های Vensim است و موارد متعددی از استفاده نرم‌افزار برای مدل‌سازی سیستم‌های محیط‌زیستی و ارزیابی سیاست‌های محیط‌زیست مستند شده‌اند. طبیعت پیچیده و به هم پیوسته سیستم‌های محیط‌زیستی آن‌ها را برای رویکردهای مدل‌سازی پویایی سیستم‌ها بسیار مناسب می‌سازد (Currie et al., 2018). مدیریت پسماند جامد شهری نمونه‌ای عالی از کاربردهای محیط‌زیستی Vensim است. پژوهشگران از این نرم‌افزار برای مدل‌سازی تولید، جمع‌آوری و سیستم‌های دفع پسماند استفاده کرده‌اند و بررسی کرده‌اند که تغییرات جمعیتی، مداخلات سیاستی و بهبودهای فناوری چگونه بر عملکرد کلی سیستم اثر می‌گذارند (Simonetto & Löbler, 2014). این مدل‌ها به مدیران محیط‌زیست کمک می‌کنند تا پیامدهای بلندمدت استراتژی‌های مختلف مدیریت پسماند را درک کنند و سیاست‌های مؤثرتری طراحی کنند. مدل‌سازی آلودگی هوا نمونه دیگری از کاربرد محیط‌زیستی است. مطالعه آلودگی هوای تهران از Vensim برای مدل‌سازی روابط پیچیده بین فعالیت‌های اقتصادی، حمل‌ونقل، تولید آلودگی و تأثیرات بر سلامت استفاده کرده است (Shahgholian & Hajhosseini, 2009). این نوع کاربرد توانایی نرم‌افزار در ادغام عوامل محیط‌زیستی و اجتماعی - اقتصادی متعدد در مدل‌های جامع را نشان می‌دهد که می‌توانند تصمیم‌گیری‌های سیاست محیط‌زیست را اطلاع دهند. سیستم‌های مدیریت آب نیز با استفاده از Vensim مدل شده‌اند، با کاربردهایی از

مدیریت حوضه آبریز تا سیستم‌های تأمین آب شهری. در زمینه مدیریت منابع آب، Vensim به طور موفقیت‌آمیز در مطالعات مربوط به حوضه‌های آبریز به کار رفته است. برای نمونه، در حوضه رودخانه زنجان رود از این نرم‌افزار برای برنامه‌ریزی بهینه تخصیص منابع آب استفاده شد و امکان تحلیل سناریوهای گوناگون و ارزیابی تأثیرات آن‌ها بر پایداری منابع آب فراهم گردید (Abadi et al., 2015).

همچنین، در تحقیق دیگری ظرفیت حمل منابع آب^{۱۱} (WRCC) با استفاده از Vensim مدل‌سازی شد تا تعاملات پیچیده میان منابع آب، اکولوژی، جامعه و اقتصاد در راستای دستیابی به توسعه پایدار بررسی شود (Jian et al., 2023). از منظر کیفیت آب نیز Vensim ابزاری کارآمد برای شبیه‌سازی تغییرات کیفیت رودخانه‌ها و منابع آبی به شمار می‌رود. این نرم‌افزار امکان ارزیابی تأثیر عوامل مختلف و بررسی راهکارهای مدیریتی برای بهبود کیفیت آب را فراهم کرده است (Koushali et al., 2015). علاوه بر این، در حوزه آلودگی هوا مطالعاتی با استفاده از Vensim به بررسی اثر رشد تعداد خودروها بر آلودگی هوا پرداخته‌اند. این مدل‌سازی‌ها به تحلیل پیامدهای ناشی از افزایش تردد خودروها و طراحی سیاست‌های مؤثر برای کاهش آلودگی کمک کرده‌اند (Harjono et al., 2024). این نرم‌افزار در مدل‌سازی تغییرات اقلیمی نیز جایگاه مهمی دارد. Vensim برای شبیه‌سازی سناریوهای مختلف تغییرات اقلیمی و ارزیابی اثرات آن‌ها بر منابع آب و محیط‌زیست به کار رفته است. چنین کاربردهایی ابزارهای مفیدی برای برنامه‌ریزی در مواجهه با چالش‌های اقلیمی و اتخاذ تصمیم‌های پایدار در اختیار سیاست‌گذاران قرار می‌دهد (Phan et al., 2021). این مدل‌ها به مدیران آب کمک می‌کنند دینامیک پیچیده عرضه و تقاضای آب را درک کرده و استراتژی‌های مدیریتی مختلف را ارزیابی کنند (Sliwa, 2011). مطالعات متعددی نشان داده‌اند که مدل‌سازی پویایی سیستم‌ها می‌تواند در تحلیل تغییرات

^{۱۱}. Water Resources Carrying Capacity

در طول زمان شکل گیرد (Xue et al., 2018). این کاربردها ارزش نرم افزار را در درک چالش های پیچیده سلامت عمومی که شامل عوامل متعدد تعاملی هستند، نشان می دهد.

کاربردها در آموزش

آموزش هم حوزه ای برای کاربرد و هم بازار کلیدی برای Vensim، به ویژه از طریق نسخه Vensim PLE است. نرم افزار به طور گسترده در محیط های آموزشی به عنوان ابزار تدریس پویایی سیستم و همچنین به عنوان پلتفرم مدل سازی سیستم های آموزشی استفاده شده است (Widmark, 2012; Kot et al., 2024). در آموزش فیزیک، Vensim PLE برای آموزش دانش آموزان درباره سیستم های دینامیکی و مدل سازی فرآیندهای فیزیکی استفاده شده است. این کاربرد ارزش آموزشی نرم افزار را فراتر از کاربردهای سنتی کسب و کار و علوم اجتماعی نشان می دهد (Widmark, 2012). طبیعت بصری مدل سازی پویایی سیستم، آن را به ابزاری مؤثر برای کمک به دانش آموزان در درک روابط دینامیکی پیچیده تبدیل می کند. آموزش علوم محیط زیست نیز از کاربردهای Vensim بهره برده است، به طوری که نرم افزار مذکور برای آموزش دانش آموزان درباره سیستم های محیط زیستی و مدل سازی مسائل محیط زیست به عنوان بخشی از برنامه درسی استفاده شده است (Kot et al., 2024). این کاربردهای آموزشی به دانش آموزان کمک می کنند مهارت های تفکر سیستمی را هنگام یادگیری مسائل خاص محیط زیستی توسعه دهند. این نرم افزار همچنین برای مدل سازی خود سیستم های آموزشی به کار رفته است، به طوری که عواملی که بر یادگیری دانش آموزان، عملکرد مؤسسات و نتایج آموزشی اثر می گذارند، بررسی شده اند. این کاربردها به مدیران آموزشی کمک می کنند تا عوامل پیچیده مؤثر بر موفقیت آموزشی را درک کرده و مداخلات

رژیم در نظام های اجتماعی-اکولوژیک کاربرد داشته باشد. به عنوان نمونه، رحیمی و قربانی (۱۴۰۴) با بهره گیری از استعاره «گوی در حوضچه»، تغییرات رژیم سیستم اجتماعی-اکولوژیک زاینده رود را آشکارسازی کردند و نشان دادند که ابزارهای مدل سازی پویایی می توانند در درک رفتار سیستم های پیچیده محیطی مؤثر باشند. این نمونه ها اهمیت استفاده از نرم افزارهای تخصصی مانند Vensim در مطالعات بین رشته ای و کاربردی را برجسته می سازد.

کاربردها در سلامت عمومی

سلامت عمومی حوزه ای در حال رشد برای کاربردهای Vensim است و نرم افزار مذکور برای مدل سازی دینامیک بیماری ها، عملکرد سیستم های بهداشتی و مداخلات جمعیتی سلامت به کار رفته است. طبیعت پیچیده و چندعاملی مسائل سلامت عمومی آن ها را برای رویکردهای پویایی سیستم مناسب می سازد (Currie et al., 2018; Homer & Hirsch, 2006). Vensim برای مدل سازی جنبه های مختلف سیستم های سلامت از جمله ارائه خدمات بهداشتی، تخصیص منابع و مداخلات سیاستی استفاده شده است. این کاربردها به مدیران سیستم های سلامت کمک می کنند تعاملات پیچیده بین اجزای مختلف سیستم را درک کرده و مداخلات مؤثرتری طراحی کنند (Homer & Hirsch, 2006). این نرم افزار همچنین برای مدل سازی بیماری ها کاربرد داشته است، تا بررسی شود چگونه عوامل مختلف بر انتقال، پیشرفت و پیامدهای بیماری اثر می گذارند. این مدل ها می توانند سیاست های سلامت عمومی را با ارائه درک اثرات احتمالی استراتژی های مداخله ای راهنمایی کنند (Currie et al., 2018). تحقیقات مرتبط با چاقی نیز از Vensim برای مدل سازی عوامل پیچیده مؤثر بر چاقی در سطح جمعیت استفاده کرده اند و بررسی کرده اند چگونه عوامل محیطی، رفتاری و سیاستی با یکدیگر تعامل می کنند تا روند چاقی

Peterson & Eberlein, 1994; Shahgholian)
(& Hajihosseini, 2009).

* رابط گرافیکی: محیط مدل‌سازی بصری نرم‌افزار، درک ساختار مدل و ارتباط با ذی‌نفعانی که با روش‌های مدل‌سازی ریاضی آشنا نیستند را آسان‌تر می‌کند. این رویکرد بصری به‌ویژه در فرآیندهای مدل‌سازی مشارکتی اهمیت دارد (Einzinger et al., 2010; Moore & Helms, 2018).

* انعطاف‌پذیری و توسعه‌پذیری: توانایی Vensim در ادغام با دیگر پلتفرم‌های نرم‌افزاری و منابع داده، انعطاف‌پذیری لازم برای پروژه‌های مدل‌سازی پیچیده که نیازمند چندین ابزار یا داده‌های بزرگ هستند را فراهم می‌کند (Kot et al., 2024; Größler et al., 2003).

محدودیت‌ها

با وجود نقاط قوت، Vensim چند محدودیت نیز دارد که کاربران باید هنگام انتخاب نرم‌افزار برای کاربردهای خاص مدنظر قرار دهند. این موارد عبارتند از (Widmark, 2012; Größler et al., 2003):

* دشواری یادگیری: مدل‌سازی پویایی سیستم نیازمند درک مفهومی است و هرچند Vensim کاربرپسند است، کاربران جدید برای مسلط شدن به آن باید سرمایه‌گذاری زمانی قابل توجهی داشته باشند. قدرت نرم‌افزار با پیچیدگی همراه است که ممکن است برای مبتدیان چالش‌برانگیز باشد.

* عملکرد محاسباتی: برای مدل‌های بسیار بزرگ یا تحلیل‌های محاسباتی سنگین، Vensim ممکن است محدودیت عملکردی داشته باشد و نسبت به پلتفرم‌های شبیه‌سازی تخصصی که برای محاسبات با عملکرد بالا طراحی شده‌اند، کندتر عمل کند. این

آموزشی مؤثرتری طراحی کنند (Moore & Helms, 2018).

مزایا و محدودیت‌ها

مزایا

نرم‌افزار Vensim دارای چندین مزیت مهم است که به پذیرش گسترده آن در کاربردهای مدل‌سازی پویایی سیستم‌ها کمک کرده‌اند. این مزایا شامل توانمندی‌های فنی، سهولت استفاده و دسترس‌پذیری آموزشی می‌شوند.

* محیط مدل‌سازی جامع: Vensim محیط یکپارچه‌ای ارائه می‌دهد که فرآیند کامل مدل‌سازی پویایی سیستم‌ها را از مرحله مفهومی اولیه تا تحلیل و گزارش‌دهی نهایی پشتیبانی می‌کند. این یکپارچگی نیاز به استفاده از چندین نرم‌افزار مختلف را از بین می‌برد و یکپارچگی و انسجام مدل‌سازی را تضمین می‌کند (Einzinger et al., 2010; Peterson & Eberlein, 1994).

* دسترس‌پذیری آموزشی: در دسترس بودن نسخه Vensim PLE به‌صورت رایگان یا با هزینه کم برای استفاده آموزشی، مدل‌سازی پویایی سیستم‌ها را برای دانشجویان و اساتید در سراسر جهان قابل دسترس کرده است. این دسترس‌پذیری برای گسترش آموزش پویایی سیستم‌ها و تربیت نسل بعدی متخصصان این حوزه حیاتی است (Widmark, 2012; Kot et al., 2024).

* توانمندی‌های تحلیلی قوی: قابلیت‌های تحلیل سناریو، آزمون حساسیت و Reality Check در Vensim ابزارهای قدرتمندی برای اعتبارسنجی مدل و آزمون سیاست‌ها فراهم می‌آورند. این قابلیت‌ها به کاربران امکان می‌دهند به مدل‌های خود اعتماد کنند و نتایج را به‌طور مؤثر به ذی‌نفعان منتقل نمایند

محدودیت می تواند استفاده از نرم افزار را برای پروژه های مدل سازی بسیار بزرگ محدود کند.

♦ قابلیت های محدود مدل سازی مبتنی بر عامل: هرچند Vensim می تواند با پلتفرم های مدل سازی مبتنی بر عامل ادغام شود، اما عمده‌تاً برای مدل سازی تجمیعی پویایی سیستم طراحی شده و ممکن است برای کاربردهایی که نیاز به مدل سازی سطح فردی دقیق دارند، بهترین گزینه نباشد.

♦ مستندات و مشخصات فنی: منابع موجود نشان می دهند که مستندات فنی دقیق درباره الزامات سیستم، الگوریتم های حل کننده و ویژگی های پیشرفته ممکن است نسبت به برخی پلتفرم های دیگر محدود باشد. این محدودیت می تواند فهم کامل قابلیت ها و محدودیت های نرم افزار را برای کاربران دشوار کند.

♦ هزینه نسخه های حرفه ای: هرچند نسخه آموزشی قابل دسترس است، نسخه های حرفه ای Vensim ممکن است برای برخی سازمان ها به ویژه گروه های تحقیقاتی کوچک یا مؤسسات کشورهای درحال توسعه هزینه قابل توجهی داشته باشد.

مقایسه با نرم افزارهای مشابه

بازار نرم افزارهای پویایی سیستم شامل چندین پلتفرم رقیب است که هر کدام نقاط قوت و بازار هدف متفاوتی دارند. درک جایگاه Vensim نسبت به این گزینه ها برای انتخاب نرم افزار مناسب اهمیت دارد.

نرم افزارهای Stella / iThink

نرم افزارهای Stella و iThink توسعه یافته توسط isee systems، رقبای اصلی Vensim در بازار نرم افزارهای پویایی سیستم هستند. هر دو پلتفرم قابلیت های بنیادی مشابه برای مدل سازی پویایی سیستم ها دارند، اما در رابط

کاربری، بازار هدف و ویژگی های خاص متفاوت اند. Stella عمدتاً به عنوان ابزار آموزشی مانند Vensim PLE عمل می کند و بر سهولت استفاده و جذابیت بصری تأکید دارد. این نرم افزار در محیط های آموزشی به طور گسترده استفاده می شود و به دلیل رابط کاربری شهودی و قابلیت های گرافیکی قوی شناخته شده است. iThink نسخه حرفه ای این پلتفرم است که ویژگی های پیشرفته برای کاربردهای کسب و کار و پژوهش ارائه می دهد.

در مقایسه با Vensim، Stella/iThink ممکن است در طراحی رابط کاربری و سهولت یادگیری برای کاربران جدید مزیت داشته باشد. با این حال، Vensim اغلب به خاطر توانمندی های تحلیلی قوی تر، به ویژه در تحلیل حساسیت و آزمون مدل از طریق اعتبارسنجی مدل، برتر محسوب می شود (Peterson & Eberlein, 1994).

نرم افزار AnyLogic

نرم افزار AnyLogic رویکرد متفاوتی در مدل سازی شبیه سازی ارائه می دهد و قابلیت های چندروش مدل سازی^{۱۲} شامل پویایی سیستم، مدل سازی مبتنی بر عامل^{۱۳} و شبیه سازی رویداد گسسته^{۱۴} را در یک پلتفرم ترکیب می کند. رویکرد چندروش مدل سازی در AnyLogic موجب تمایز آن از نرم افزارهای صرفاً مبتنی بر پویایی سیستم مانند Vensim می شود. برای کاربردهایی که تنها نیاز به مدل سازی پویایی سیستم دارند، Vensim ممکن است از نظر ویژگی های تخصصی و سهولت استفاده مزیت داشته باشد. با این حال، برای مسائل پیچیده که از چندین پارادایم مدل سازی بهره می برند، قابلیت های چندروش مدل سازی AnyLogic ممکن است مفید باشد. انتخاب بین این پلتفرم ها اغلب بستگی به نیازهای پروژه و تخصص گروه مدل سازی دارد. قدرت AnyLogic در

¹². Multi-method Modeling

¹³. Agent-Based Modeling

¹⁴. Discrete-Event Simulation

تخصص کاربران، محدودیت‌های بودجه و زمینه سازمانی انجام شود. برای کاربردهای آموزشی و پروژه‌های پژوهشی با بودجه محدود، Vensim PLE ارزش فوق‌العاده‌ای ارائه می‌دهد. برای کاربردهای حرفه‌ای که نیازمند ویژگی‌های پیشرفته هستند، انتخاب بین Vensim، Stella/iThink، AnyLogic و Powersim به نیازهای تخصصی هر پروژه و ترجیحات سازمانی بستگی دارد.

مشخصات فنی و مسیرهای توسعه آینده

هرچند مشخصات فنی دقیق Vensim به صورت جامع در منابع علمی موجود مستند نشده است، این نرم‌افزار دارای چندین توانمندی فنی مهم است که کاربرد گسترده آن را پشتیبانی می‌کند.

توانمندی‌های فنی کنونی

Vensim از سیستم‌عامل‌های مختلف پشتیبانی می‌کند و گزینه‌های انعطاف‌پذیری برای استقرار در زمینه‌های سازمانی متفاوت ارائه می‌دهد. نرم‌افزار قادر است مدل‌هایی با پیچیدگی‌های مختلف را مدیریت کند؛ از مثال‌های آموزشی ساده تا کاربردهای حرفه‌ای بزرگ با صدها متغیر و روابط ریاضی پیچیده (Simonetto & Löbler, 2014; Einzinger et al., 2010). موتور شبیه‌سازی نرم‌افزار توانایی پشتیبانی از مدل‌سازی با زمان پیوسته و گسسته را دارد و انعطاف‌پذیری لازم برای انواع مختلف کاربردهای پویایی سیستم را فراهم می‌کند. قابلیت‌های ادغام، Vensim را قادر می‌سازند تا به منابع داده خارجی، دیگر پلتفرم‌های نرم‌افزاری و ماژول‌های کدنویسی سفارشی برای کاربردهای خاص متصل شود (Kot et al., 2024; Größler et al., 2003).

ادغام و تعامل‌پذیری

Vensim توانمندی‌های قابل توجهی در ادغام با دیگر پلتفرم‌ها و سیستم‌های نرم‌افزاری نشان داده است. توسعه

مدل‌سازی مبتنی بر عامل آن را برای کاربردهایی که رفتار سطح فردی اهمیت دارد، مناسب می‌سازد، درحالی که تمرکز Vensim بر پویایی سیستم، آن را برای مدل‌سازی در سطح تجمیعی مناسب می‌کند (Borshchev, 2014; AnyLogic, n.d).

نرم‌افزار Powersim

نرم‌افزار Powersim پلتفرم تجاری دیگری برای پویایی سیستم است که در بازار حرفه‌ای با Vensim رقابت می‌کند. این نرم‌افزار بر کاربردهای کسب‌وکار تمرکز دارد و قابلیت‌های ادغام قوی با سیستم‌های نرم‌افزاری سازمانی ارائه می‌دهد. Powersim ممکن است برای کاربردهای کسب‌وکار که نیاز به ادغام نزدیک با سیستم‌های سازمانی موجود دارند، مزیت داشته باشد، درحالی که Vensim ممکن است برای کاربردهای آموزشی و پژوهشی که نسخه PLE دسترسی مقرون‌به‌صرفه به مدل‌سازی پویایی سیستم ارائه می‌دهد، ترجیح داده شود. انتخاب بین Powersim و Vensim اغلب بستگی به نیازهای سازمانی خاص، زیرساخت نرم‌افزاری موجود و ملاحظات هزینه دارد. هر دو پلتفرم قابلیت‌های قوی مدل‌سازی پویایی سیستم دارند، اما موقعیت بازار و مجموعه ویژگی‌های متفاوت آن‌ها ممکن است یکی را برای کاربردهای خاص مناسب‌تر کند (Ventana Systems, 2025a; Powersim Software) (AS, 2025).

جمع‌بندی مقایسه‌ای

هر پلتفرم نرم‌افزاری پویایی سیستم برای خدمت به بخش‌های بازار و نیازهای کاربران مختلف توسعه یافته است. نقاط قوت خاص Vensim شامل دسترسی‌پذیری آموزشی از طریق نسخه PLE، توانمندی‌های تحلیلی قوی از طریق ابزارهای اعتبارسنجی مدل و تحلیل حساسیت و سابقه قوی در کاربردهای پژوهشی و آموزشی است. انتخاب بین این پلتفرم‌ها باید براساس نیازهای پروژه،

شده در پژوهش و کاربردهای حرفه ای، این نرم افزار را به انتخابی پیشرو برای پروژه های مدل سازی پویایی سیستم تبدیل کرده است.

نقاط قوت کلیدی

تحلیل ها چندین نقطه قوت مهم Vensim را نشان می دهند:

- تأثیر آموزشی Vensim PLE: دسترسی به مدل سازی پویایی سیستم را فراگیر کرده و موجب پذیرش گسترده آن در محیط های آموزشی و رشد جامعه متخصصان پویایی سیستم شده است.
- دقت تحلیلی: ابزار Reality Check و قابلیت های جامع تحلیل حساسیت، ابزارهای قدرتمندی برای اعتبارسنجی و آزمون مدل فراهم می کنند و از توسعه مدل های معتبر و قابل اعتماد پشتیبانی می کنند.
- کاربردهای عملی: کاربردهای مستند در حوزه های مدیریت، اقتصاد، محیط زیست، سلامت عمومی و آموزش، انعطاف پذیری و ارزش عملی نرم افزار را برای حل مسائل واقعی نشان می دهند.
- قابلیت های ادغام: توانایی اتصال به دیگر پلتفرم ها و منابع داده، انعطاف پذیری لازم برای پروژه های مدل سازی پیچیده که نیازمند چند ابزار یا داده های بزرگ هستند را فراهم می کند.

نکات قابل توجه

- کاربرانی که قصد استفاده از Vensim را دارند، باید محدودیت ها و ملاحظات را نیز در نظر بگیرند:
- سرمایه گذاری در یادگیری: استفاده مؤثر از Vensim نیازمند سرمایه گذاری زمانی قابل توجه، به ویژه برای کاربران تازه کار در حوزه پویایی سیستم، است.

رابطه های نرم افزاری با پلتفرم های مدل سازی مبتنی بر عامل مانند RePast، پتانسیل استفاده از رویکردهای مدل سازی ترکیبی که پویایی سیستم را با سایر روش های شبیه سازی ترکیب می کنند، نشان می دهد (Größler et al., 2003).

قابلیت های ادغام داده ها به مدل ها امکان اتصال به پایگاه های داده خارجی، صفحات گسترده و سایر منابع داده ای را می دهند و امکان استفاده از داده های واقعی برای مدل سازی در زمان واقعی و به روزرسانی خودکار مدل ها براساس داده های جاری را فراهم می کنند (Kot et al., 2024).

مسیرهای توسعه آینده

هرچند برنامه های توسعه آینده به طور مشخص در منابع موجود ذکر نشده اند، روندهای جاری در مدل سازی پویایی سیستم می توانند جهت های احتمالی تکامل Vensim را نشان دهند. این جهت ها ممکن است شامل توانمندی های وب محور^{۱۵} پیشرفته، بهبود ادغام با منابع داده کلان و پشتیبانی گسترده تر از فرآیندهای مدل سازی مشارکتی باشد. اهمیت روزافزون پایداری و مدل سازی محیط زیستی نشان می دهد که توسعه قابلیت ها برای کاربردهای محیط زیست ادامه خواهد یافت. به طور مشابه، تمرکز فزاینده بر کاربردهای سلامت عمومی ممکن است به گسترش کاربردهای اپیدمیولوژیک و توسعه قابلیت های ویژه برای مدل سازی سیستم های سلامت منجر شود. (Ventana Systems, 2025a; Łatuszyńska, 2017).

نتیجه گیری و جمع بندی

Vensim یک پلتفرم جامع برای مدل سازی پویایی سیستم است که ارزش قابل توجهی در حوزه های مختلف کاربردی نشان داده است. ترکیب دسترس پذیری آموزشی از طریق نسخه PLE، توانمندی های تحلیلی قوی و سابقه اثبات

¹⁵. Web-based

Abadi, L. S. K., Shamsai, A., & Goharnejad, H. (2015). An analysis of the sustainability of basin water resources using Vensim model. *KSCE Journal of civil engineering*, 19(6), 1941-1949.

AnyLogic. (n.d.). *Multimethod modeling*. AnyLogic. Retrieved October 10, 2025. <https://www.anylogic.com/use-of-simulation/multimethod-modeling/>

Borshchev, A. (2014). *The Big Book of Simulation Modeling: Multimethod Modeling with AnyLogic 6*. AnyLogic North America. https://www.researchgate.net/publication/284696969_Multi-method_modelling_AnyLogic

Currie, D. J., Smith, C., & Jagals, P. (2018). The application of system dynamics modelling to environmental health decision-making and policy-scoping review. *BMC public health*, 18(1), 402.

Einzinger, P., Zauner, G., & Ganjeizadeh-Rouhani, A. (2010). A system dynamics model of health insurance financing in Austria. *SNE*, 20(2), 59-62.

Ford, A. (2010). *Modeling the environment* (Vol. 488). Washington, DC: Island press.

Forrester, J. (1961). W. (1961). *Industrial Dynamics*. Waltham MA, Pegasus Communications.

Größler, A., Stotz, M., & Schieritz, N. (2003, July). A software interface between system dynamics and agent-based simulations: linking Vensim® and RePast®. In *Proceedings of the 21st system dynamics society international conference* (Vol. 8, No. 7, pp. 20-24).

Harjono, C., Gianto, L., Sidik, R., & Widaningrum, D. L. (2024). Forecasting Air Pollution Driven by Vehicle Growth, Public Transport, Industry, and Household Waste. *Journal of Environmental Science and Sustainable Development*, 7(2), 9.

Homer, J. B., & Hirsch, G. B. (2006). System dynamics modeling for public health: background and opportunities. *American journal of public health*, 96(3), 452-458.

Jian, Z., Abd Rahman, N. F., & Ong, J. (2023). Modelling the carrying capacity of water resources for sustainable water ecology using Vensim. *International Journal of Professional Business Review: Int. J. Prof. Bus. Rev.*, 8(9), 26.

♦ محدودیت‌های عملکردی: مدل‌های بسیار بزرگ یا تحلیل‌های محاسباتی سنگین ممکن است با محدودیت عملکرد مواجه شوند و کاربرد آن‌ها را برای برخی پروژه‌ها محدود کنند.

♦ ملاحظات هزینه‌ای: نسخه‌های حرفه‌ای سرمایه‌گذاری قابل توجهی می‌طلبند که برای همه کاربردها توجیه‌پذیر نیست، هرچند نسخه آموزشی ارزش عالی برای آموزش و یادگیری ارائه می‌دهد.

Vensim با ترکیب دسترس‌پذیری، قابلیت‌ها و عملکرد اثبات شده در کاربردهای متنوع، جایگاه پیشرو در بازار نرم‌افزارهای پویایی سیستم را تثبیت کرده است. نقاط قوت خاص آن در کاربردهای آموزشی، همراه با توانمندی‌های حرفه‌ای قوی، آن را برای استمرار اهمیت در چشم‌انداز تکامل یافته مدل‌سازی پویایی سیستم آماده می‌کند. برای سازمان‌ها و افراد علاقه‌مند به کاربرد مدل‌سازی پویایی سیستم در حل مسائل پیچیده، Vensim یک پلتفرم بالغ با قابلیت‌های جامع و جامعه کاربری قوی ارائه می‌دهد. انتخاب بین Vensim و دیگر پلتفرم‌ها باید براساس نیازهای پروژه، تخصص کاربران و زمینه سازمانی انجام شود، اما Vensim برای اغلب کاربردهای پویایی سیستم یک انتخاب مطمئن است. تکامل مداوم نرم‌افزار و شناخت روزافزون پویایی سیستم به عنوان رویکردی ارزشمند برای حل مسائل پیچیده، نشان می‌دهد که Vensim ابزار مهمی برای پژوهشگران، متخصصان و آموزگاران خواهد ماند که در تلاش برای درک و بهبود سیستم‌های پیچیده در حوزه‌های مختلف هستند.

منابع

رحیمی، م. و قربانی، م. (۱۴۰۴). آشکارسازی کمی تغییرات رژیم نظام اجتماعی - اکولوژیک زاینده‌رود: کاربرد استعاره گوی در حوضچه. *محیط‌شناسی*، ۵۱(۱)، ۹۵-۷۵.

regime shifts in Iran: Drivers and feedbacks. *River Research and Applications*, 39(6), 1173-1186.

Senge, P. M. (1990). *The art and practice of the learning organization* (Vol. 1). New York: Doubleday.

Shahgholian, K., & Hajihosseini, H. (2009). A dynamic model of air pollution, health, and population growth using system dynamics: A study on Tehran-Iran (with computer simulation by the software Vensim). *Int J Environ*, 3(11), 372-379.

Simonetto, E. D. O., & Löbler, M. L. (2014). Simulação baseada em System Dynamics para avaliação de cenários sobre geração e disposição de resíduos sólidos urbanos. *Production*, 24, 212-224.

Sliwa, K. (2011). From problem conceptualization to simulation. The application of the systems dynamics to water management problem. *Journal of Entrepreneurship, Management and Innovation*, 7(1), 51-61.

Ventana Systems. (2025a). Vensim (Version 7.3.5) [Computer software]. Ventana Systems. <https://vensim.com>

Ventana Systems. (2025b). Sample models from Vensim [Computer software]. Ventana Systems. <https://vensim.com/models>

Widmark, S. (2012). Modeling physical systems using Vensim PLE systems dynamics software. *The Physics Teacher*, 50(2), 105-108.

Xue, H., Slivka, L., Igusa, T., Huang, T. T., & Wang, Y. (2018). Applications of systems modelling in obesity research. *Obesity Reviews*, 19(9), 1293-1308.

Kot, A. G., Achasov, A. B., Seliverstov, O. Y., & Karpov, V. G. (2024). Simulation modeling tools in training environmental science students. *Visnyk of VN Karazin Kharkiv National University. Series Ecology*, (30), 105-117.

Koushali, H. P., Moshtagh, R., & Mastoori, R. (2015). Water resources modelling using system dynamic in Vensim. *Journal of Water Resource and Hydraulic Engineering*, 4(3), 251-256.

Łatuszyńska, M. (2017). Web-based tools for system dynamics simulation. *Foundations of Management*, 9(1), 287.

Moore, R. A., & Helms, M. (2018, October). Modeling Schools' Capacity for Lasting Change: A Causal Loop and Simulation-Based Approach. In *Conference of the Computational Social Science Society of the Americas* (pp. 215-227). Cham: Springer International Publishing.

Morecroft, J. D., Asay, D., & Sterman, J. D. (Eds.). (1994). *Modeling for learning organizations*. Productivity, Incorporated.

Peterson, D. W., & Eberlein, R. L. (1994). Reality check: A bridge between systems thinking and system dynamics. *System Dynamics Review*, 10(2-3), 159-174.

Phan, T. D., Bertone, E., & Stewart, R. A. (2021). Critical review of system dynamics modelling applications for water resources planning and management. *Cleaner Environmental Systems*, 2, 100031.

Powersim Software AS. (2025). *Powersim Studio* [Computer software]. Powersim Software.

Rahimi, M., Ghorbani, M., & Ahmadaali, K. (2025). How to manage regime shifts: insights from a dryland social-ecological system. *International Journal of Water Resources Development*, 41(3), 513-539.

Rahimi, M., & Ghorbani, M. (2025). Quantitative Revelation of Regime Shifts in the Social-Ecological System of Zayandeh-Rud: Application of the Ball in the Basin Metaphor. *Journal of Environmental Studies*, 51(1), 75-95.

Rahimi, M., Ghorbani, M., Ahmadaali, K., Salajeghe, A., & Azadi, H. (2023). Dryland river



Vensim Software: A Comprehensive Analysis of System Dynamics Modeling Platform

Hannaneh Sadat Sadat Mousavi

Ph.D. student, Department of Natural Environment, Faculty of Natural Resources, College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran

Author's E-mail: h.sadatmousavi@ut.ac.ir

Abstract

Vensim is a prominent software tool in the field of system dynamics modeling, developed by Ventana Systems, which enables users to model, simulate, and analyze complex systems in a structured manner. Utilizing causal loop diagrams and stock-and-flow models, the software facilitates the understanding of causal relationships and dynamics within multi-component systems. This comprehensive review examines the development history of Vensim, its advanced technical capabilities, its broad applications across various domains, and its comparative advantages over other similar tools. Vensim provides a diverse set of essential tools for scenario analysis, sensitivity testing, and model validation through its Reality Check feature, helping users assess the accuracy and robustness of their models and make evidence-based decisions. The software has found extensive applications in strategic management, economics, environmental studies, public health, education, and research, and has demonstrated high flexibility as a comprehensive system dynamics modeling platform. Additionally, the educational version, Vensim PLE, provides students and researchers with access to its modeling capabilities, although limitations remain regarding the learning curve and computational performance for very large models. By systematically analyzing the features, applications, and position of Vensim, this article clarifies its role within the broader landscape of system dynamics software tools and provides a comprehensive insight into the software's advantages, limitations, and potential capabilities.

Keywords: System dynamics, Modeling, Simulation, Causal loop diagrams, Stock-and-flow models

Sadat Mousavi, H. S. (2025). Vensim Software: A Comprehensive Analysis of System Dynamics Modeling Platform. *Zist Sepehr Student Magazine*, 18(2), 43-59.