پژوهش‌های شهری هفت حصار شماره پنجم/ سال دوم/ پاییز ۱۳۹۲
صفحات ۴۲-۳۵

شبیه‌سازی سیستم‌های شهری با استفاده از مدل اتوماسیون سلولی- ماشین‌های بردار پشتیبان (مطالعه موردی: شبیه‌سازی توسعه شهر همدان)

کیانوش ذاکرحقیقی*، سعید حاجی‌بابایی**

تاریخ دریافت مقـاله: ۹۲/۲/۲۴
تاریخ پذیرش نهایی: ۹۲/۷/۴

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

چکیده

شهرها جزء پیچیده‌ترین ساختارهایی هستند که از طریق جوامع بشری ساخته شده‌اند. اتوماسیون سلولی به‌طور گسترده برای شبیه‌سازی سیستم‌های پیچیده غیرخطی مورداستفاده قرار می‌گیرد. این مقاله ابتدا به تبیین اصول ساختاری و عمومی اتوماسیون سلولی می‌پردازد و سپس از مدل ماشین‌های بردار پشتیبان به‌عنوان یک روش در قوانین انتقال مدل اتوماسیون سلولی استفاده می‌کند. ماشین‌های بردار پشتیبان در برخورد با روابط غیرخطی پیچیده، مطلوب هستند. در ماشین‌های بردار پشتیبان برای به حداقل رساندن خطر ساختاری که در آن‌یک ابر صفحه طبقه‌بندی‌شده بهینه ساخته‌شده است. ماشین‌های بردار پشتیبان به‌عنوان روشی برای ساخت قوانین انتقال غیرخطی اتوماسیون سلولی می‌تواند پروژه‌های شبیه‌سازی را انجام دهد و در هر تکرار از شبیه‌سازی در بازه‌های زمانی مختلف احتمال توسعه شهر برآورد می‌شود. به‌عبارت‌دیگر با استفاده از ساخت قوانین انتقال مشخص می‌شود آیا یک سلول غیرشهری می‌تواند به یک سلول شهری تبدیل شود یا خیر و سپس فرآیند مدل بردار پشتیبان شرح داده می‌شود.

واژه‌های کلیدی

شبیه‌سازی سیستم‌های شهری، اتوماسیون سلولی شهری، ماشین‌های بردار پشتیبان

* استادیار گروه شهرسازی، دانشکده هنر و معماری، دانشگاه آزاد اسلامی واحد همدان. Email: k.zakerhaghighi@gmail.com
** کارشناس ارشد برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه آزاد اسلامی واحد همدان. Email: saeedhajibabaei@yahoo.com

مقدمه

شهرها جزء پیچیده‌ترین ساختارهایی هستند که از طریق جوامع بشری ساخته‌شده‌اند. علاوه بر این شهرها ممکن است از چند دیدگاه متفاوت باشند، اما برخلاف این تفاوت‌ها، شهرها چند ویژگی دارند که آن‌ها را به هم شبیه می‌سازند. پویایی و رشد دو رکنی هستند که در اغلب شهرها وجود دارد. بااین‌حال مدل‌سازی پویایی و رشد و مدل‌هایی که دربرگیرنده پیچیدگی شهرها باشند بسیار دشوار است-(barredo et al, 2003, 146). اتوماسیون سلولی برای اولین بار توسط اولام در سال ۱۹۴۸ معرفی‌شده است، اتوماسیون سلولی به‌طور گسترده برای شبیه‌سازی سیستم‌های پیچیده غیرخطی مورداستفاده قرار می‌گیرد. اخیراً استفاده از اتوماسیون سلولی در شبیه‌سازی سیستم‌های شهر استفاده‌شده است (yang et al, 2008, 1). برخی از مطالعات مهم که مؤید این موضوع هستند عبارت‌اند از:

۱- شبیه‌سازی توسعه شهری با استفاده از مدل اتوماسیون سلولی در ووهان چین(Wang et al, 2012)

۲- شبیه‌سازی زمانی و فضایی توسعه شهری در سیدنی استرالیا با استفاده از اتوماسیون سلولی(liu and phinn, 2003)

۳- عوامل مؤثر در شبیه‌سازی استفاده از زمین از طریق اتوماسیون سلولی در لایپزیک آلمان(lauf et al, 2012)

۴- پیش‌بینی اثرات رشد شهری با استفاده از اتوماسیون سلولی در جنوب کالیفرنیا(Syphard et al, 2005)

در دو دهه اخیر، اتوماسیون سلولی به‌عنوان ابزار مدل‌سازی برای شبیه‌سازی پروژه‌های شهری شهرت کسب کرده‌اند. از زمان توبلر (۱۹۷۹) چندین شیوه برای تغییر اتوماسیون سلولی ارائه‌شده است تا آن‌ها را برای شبیه‌سازی شهری مناسب کند. بااین‌حال هنوز اتوماسیون سلولی شهری در شبیه‌سازی پروژه‌های شهری مطلوب به نظر می‌رسد(Barredo, et al, 2003, 146).

مدل اتوماسیون سلولی می‌تواند الگوهای پیچیده جهانی را با استفاده از قوانین ساده محلی تولید کند. که این قوانین تعیین‌کننده چگونگی تکامل یک سلول در شرایط خاص هستند. این قوانین فقط در سطح محله می‌توانند اعمال می‌شوند. مفهوم محله وجود یک مرکزیت با استفاده از پارادایم‌های اتوماسیون سلولی است(yang et al, 2008, 2). اتوماسیون سلولی باید نشان‌دهنده تأثیر عوامل مختلف (به‌عنوان‌مثال، محلی، منطقه‌ای و جهانی) در مقیاس فضایی باشند. از گذشته قوانین انتقال با استفاده از روش‌های ارزیابی چند معیاره و رگرسیون لجستیکی، در اشکال خطی تعریف‌شده‌اند. بااین‌وجود، ظاهراً قوانین انتقال خطی به‌اندازه کافی نمی‌تواند جایگزین ویژگی سیستم‌های پیچیده شهری غیرخطی شوند، و نیاز به قوانین انتقال غیرخطی وجود دارد(Wu and Webster 1998, 2). ماشین‌های بردار پشتیبان به‌عنوان یک روش برای ساخت قوانین انتقال غیرخطی برای اتوماسیون سلولی است. این روش استخراج داده است که عملکرد آن در بسیاری از برنامه‌های کاربردی مانند نمره‌های اعتباری و مالی، پیش‌بینی سری طبقه‌بندی ترازنامه‌ها به اثبات رسیده است (yang et al, 2008, 2). ماشین‌های بردار پشتیبان در عمل با طرح بردار ورودی به فضای هیلبرت است که در آن می‌توان آن‌ها را خطی توسط ابر صفحه طبقه‌بندی کرد. ابر صفحه با استفاده از یک تابع کرنل بردار پشتیبان خاص مشتق شده است. در مدل اتوماسیون سلولی–بردار پشتیبان توسعه‌یافته در این مطالعه، قوانین انتقال با ترکیب خروجی از بردار پشتیبان و دیگر اطلاعات متنی و محدود ساخته می‌شود و خروجی نهایی از قوانین انتقال، احتمال توسعه است(vapnik, 1998).

مفاهیم اولیه در مدل اتوماسیون سلولی

یک اتوماسیون سلولی شهری برای مدل‌سازی سیستم‌های شهری و منطقه‌ای طراحی‌شده است که دربرگیرنده شبیه‌سازی پروژه‌های شهری از قبیل شبیه‌سازی رشد شهری، شبیه‌سازی تغییرات کاربری زمین و غیره باشد. اتوماسیون سلولی متشکل از عناصر زیر است: (barredo et al, 2003, 150)

الف- شبکه سلولی: شبکه در اتوماسیون سلولی شامل شبکه مستطیل شکلی از سلول‌های مربع شکل هستند که هر ناحیه اندازه مختص به خود را دارد(barredo et al, 2003, 150). درواقع فضایی که اتوماسیون سلولی در آن وجود دارد، شبکه اتوماسیون سلولی نام دارد و در طول زمان تکامل و تغییر می‌یابد. در مدل‌سازی سیستم شهری با استفاده از این مدل، در تعریف شبکه سلولی، انتخاب شکل و مقیاس سلول بر خروجی‌های مدل بسیار تأثیرگذار است. در مدل‌سازی شهری معمولاً به علت طبیعت داده‌های ورودی و سهولت محاسبه و برنامه‌نویسی، سلول‌های همگن مورداستفاده قرار می‌گیرند؛ اما تحت شرایطی خاص استفاده از سلول‌های غیر همگن به علت واقعی‌تر بودن شکل آن‌ها مانند قطعات زمین ممکن است مناسب‌تر باشند(رضازاده و میراحمدی، ۱۳۸۸، ۲).

ب- وضعیت سلول: حالتی است که هر سلول در فرآیند تکامل اتوماسیون سلولی می‌تواند داشته باشد. در مدل اتوماسیون سلولی هر چه تعداد وضعیت کمتر باشد، طبیعتاً آن مدل ساده‌تر خواهد بود. اتوماسیون سلولی در مدل اولیه خود غالباً دارای وضعیت بولین یا صفر و یک هستند (white and engelen, 2000, 386).

ج- همسایگی سلول: در اتوماسیون سلولی، فضای مجاور به‌عنوان ناحیه‌ای دایره‌ای شکل در اطراف سلول مرکزی تعریف می‌شود، که این فاصله ناحیه‌ای را تعیین می‌کند و می‌تواند به‌عنوان ناحیه تأثیر بر سلول مرکزی تعریف شود(barredo et al 2003, 151). به‌عبارت‌دیگر همسایگی دربردارنده خود سلول و تعدادی سلول دیگر در شعاع خاصی از سلول مورد آزمایش است. براثر روابط متقابل سلول مورد آزمایش و همسایه آن و تحت تأثیر قوانین انتقال، سلول به وضعیت‌های مختلف تغییر پیدا می‌کند (رضازاده و میراحمدی، ۱۳۸۸، ۲).

د- تأثیر همسایگی: این تأثیر در اتوماسیون سلولی حالتی را تعریف می‌کند که در آن سلول می‌تواند تغییر کند یا در حالت اصلی ثابت باشد. به‌طورکلی سلول‌هایی که از این همسایگی دورتر هستند، تأثیر کمتری در سلول مرکزی ارزیابی‌شده دارند و همین‌طور هر چه این همسایگی نزدیک‌تر باشد، تأثیر بیشتری را خواهد گذاشت(barredo et al, 2003, 152).

هـ- قوانین انتقال: قوانین انتقال به‌عنوان موتور اصلی تغییرات در مدل اتوماسیون سلولی رفتار سلول‌ها را طی فرآیند تکامل، در مراحل زمانی مختلف، مشخص و وضعیت آینده سلول را مشخص می‌کنند؛ این قوانین، طرز عمل سیستم واقعی را منعکس می‌کنند، همچنین سیستم‌ها را به عناصر ساده‌ای تجزیه می‌کنند که پویایی سیستم در اثر همین عناصر است. قوانین انتقال، عموماً به‌صورت جملات "اگر، آنگاه" جایگزین توابع سنتی ریاضی در مدل‌ها شدند. در اتوماسیون سلولی اولیه، قوانین انتقال به‌صورت یکنواخت و همزمان در سراسر سلول‌ها اجرا می‌شوند و در مدل اتوماسیون سلولی شهری، قوانین انتقال در رابطه با فرآیند توسعه فضایی شهر تعریف می‌شوند. فاکتورهای محلی و تئوری‌های توسعه شهری (تناسب فیزیکی، دسترسی حمل‌ونقل و غیره) در این رابطه تأثیرگذار هستند. برخلاف مدل اتوماسیون سلولی اولیه، مدل اتوماسیون سلولی شهری این امکان را برای قوانین انتقال فراهم می‌کند که ارتباطات بیرونی مختلفی (مقدار زمین موردنیاز برای توسعه، سرعت توسعه اقتصادی و غیره) با محیط اطراف داشته باشند. این قوانین معمولاً با مجموعه‌ای از جملات "اگر، آنگاه" بیان می‌شوند که بسیار ساده هستند؛ ولی می‌توانند الگوهای پیچیده‌ای از توسعه ایجاد کنند. در کل روش‌های گوناگونی برای تعریف قوانین انتقال مورداستفاده پژوهشگران قرارگرفته‌اند که عبارت‌اند از:

۱. استفاده از پنج معیار کنترل‌کننده (ضریب پراکندگی، ضریب زایش، ضریب گسترش، ضریب شیب، ضریب جاذبه شبکه راه)
۲. پیش‌بینی احتمال توسعه بر اساس فرآیند تحلیل سلسله مراتبی و ارزیابی چند معیاری
۳. تعریف قوانین انتقال بر اساس مجموعه‌های فازی
۴. محاسبه پتانسیل تغییر بر اساس ماتریس از قبل تعریف‌شده
۵. شبیه‌سازی توسعه شهری بر اساس شبکه‌های عصبی

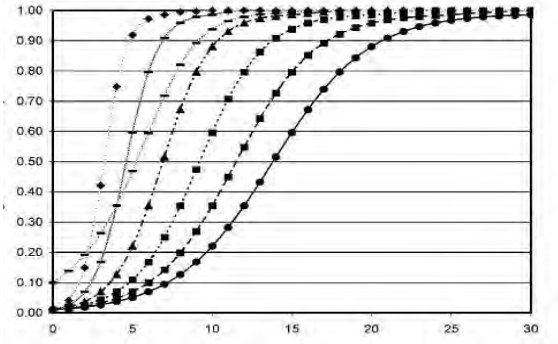
در این روش‌ها، برای تعریف قوانین از متغیرهای فراوانی که هر یک در ارتباط با یک پارامتر است، استفاده می‌شود که هر پارامتر با توجه به ضریب اهمیتش بر نتایج شبیه‌سازی تأثیرگذار است (رضازاده و میراحمدی، ۱۳۸۸، ۴). یکی از روش‌هایی که برای قوانین انتقال استفاده می‌شود ماشین‌های بردار پشتیبان هستند که خطای داده‌های غیرخطی را به حداقل ممکن می‌رساند.

و- اصول عمومی اتوماسیون سلولی: اصل عمومی اتوماسیون سلولی را به‌صورت جمله‌های زیر می‌توان نوشت: "اگر اتفاقی در همسایگی یک سلول رخ دهد آنگاه اتفاق دیگری در مرحله زمانی بعدی برای این سلول رخ خواهد داد." تغییر وضعیت سلول‌ها توسط قوانین زیر کنترل می‌شود: ۱. اگر سه سلول یا بیشتر در همسایگی توسعه‌یافته باشند پس سلول مورد آزمایش توسعه خواهد یافت؛ ۲. اگر یک یا دو سلول توسعه‌یافته در همسایگی سلول مورد آزمایش، وجود داشته باشد و یک‌راه از این سلول گذشته باشد، پس سلول توسعه خواهد یافت؛ ۳. اگر از یک سلول، رودخانه‌ای بگذرد، پس هیچ توسعه‌ای بر آن سلول اتفاق نمی‌افتد(White & Engelen, 2000, 386).

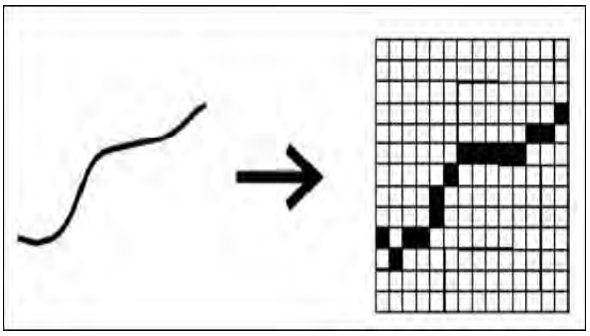
ماشین‌های بردار پشتیبان و اتوماسیون سلولی شهری

ماشین‌های بردار پشتیبان در برخورد با روابط غیرخطی پیچیده، مطلوب است. در ماشین‌های بردار پشتیبان برای به حداقل رساندن خطر ساختاری و حداکثر حاشیه که در آن‌یک ابر صفحه طبقه‌بندی‌شده بهینه ساخته‌شده است. در پروژه‌های بردار پشتیبان، بردارهای ورودی به بعد بالاتر، از ویژگی‌های فضایی هیلبرت است، که در آن ابر صفحه بهینه می‌تواند ساخته شود. رده‌بندی خطی در فضای هیلبرت را می‌توان با استفاده از توابع کرنل ساخت. بردار پشتیبان ایجاد خطاهای کلی که از یک سیستم انتظار می‌رود را به حداقل ممکن می‌رساند(yang et al, 2008, 596). ماشین‌های بردار پشتیبان به‌عنوان روشی برای ساخت قوانین انتقال غیرخطی اتوماسیون سلولی می‌تواند پروژه‌های شبیه‌سازی را انجام دهد. و در هر تکرار از شبیه‌سازی در بازه‌های زمانی مختلف احتمال توسعه شهر برآورد می‌شود. به‌عبارت‌دیگر با استفاده از ساخت قوانین انتقال مشخص می‌شود آیا یک سلول غیرشهری می‌تواند به یک سلول شهری تبدیل شود؟(ana et al, 2004, 296).

شکل ۱: نمونه‌هایی از داده‌های خطی(yeh and li, 2006)



شکل ۲: نمونه‌هایی از داده‌های خطی (liu and phinn, 2003)



الف- ماشین‌های بردار پشتیبان برای داده‌های خطی و غیرخطی

ماشین بردار پشتیبان توسط وپنیک در سال ۱۹۹۵ معرفی شد و در ابتدا برای حل مسائل رده‌بندی مورداستفاده قرار گرفت. سپس برای مسائل رگرسیونی و برآورد نیز توسعه داده شد(chen et al, 2006, 68). به‌طورکلی بردار پشتیبان الگوریتمی است که با استفاده از رده‌بندی کننده‌های خطی، داده‌ها را رده‌بندی می‌کند. در حالتی که داده‌ها به‌طور خطی تفکیک‌پذیرند، ابتدا ساده‌ترین حالت را بررسی می‌شود که یک مسئله رده‌بندی با دو کلاس است سپس مجموعه داده‌ی آموزشی $S=\{(x1,y1),(x2,y2),\ldots,(xn,yn)\}$ در نظر گرفته می‌شود که $xi \in R^d$ و $yi \in \{-1,+1\}$ برچسب‌های متناظر با رده‌ها و n تعداد داده‌های آموزشی است. هدف یافتن بهترین رده‌بندی کننده خطی است به‌طوری‌که خطای رده‌بندی را برای نمونه‌های مشاهده نشده حداقل می‌کند.

$$f(x) = \langle \mathbf{w}, \mathbf{x} \rangle + b$$

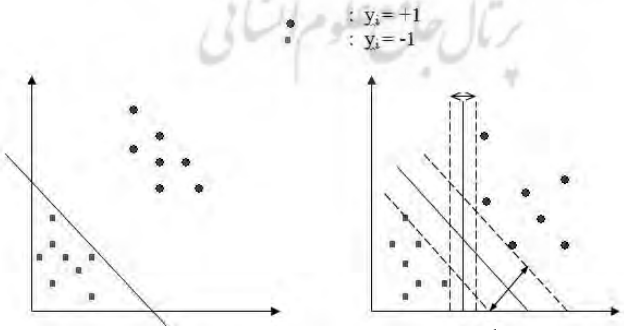
رابطه بالا نشان‌دهنده‌ی ضرب نقطه‌ای بین w و x است. هموار بودن به معنای این است که به دنبال مدلی با کمترین پیچیدگی هستیم که این کار با مینیمم کردن انجام می‌شود. بنابراین مسئله‌ی اصلی را می‌توان به‌صورت زیر نوشت:

$$\min \frac{1}{2} \| \mathbf{w} \|^2$$

$$y_i - \langle \mathbf{w}, \mathbf{x_i} \rangle - b \le \varepsilon \quad , i = 1,2,\ldots., \ n$$

$$\langle \mathbf{w}, \mathbf{x_i} \rangle + b - y_i \le \varepsilon \quad , i = 1,2,\ldots, \ n$$

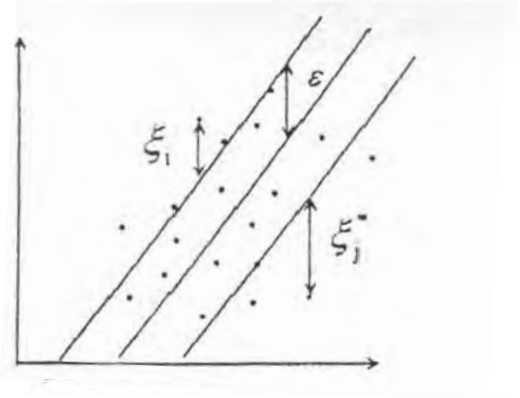
که در آن $\| \mathbf{w} \|^2 = \langle \mathbf{w}, \mathbf{w} \rangle$ است.



فرضیه‌ی ضمنی در این است که این تابع f واقعاً وجود دارد که می‌تواند همه‌ی زوج‌های (**xi, yi**) را با دقت ε تقریب کند. بعضی مواقع این حالت ممکن است اتفاق نیفتد، برای برخورد با قیود غیرممکن مسئله بهینه‌سازی فوق، متغیرهای کمکی تعریف می‌شود به‌طوری که در قیود زیر صدق کنند.

$$\min \ \frac{1}{2} \| \mathbf{w} \|^2 + C \sum_{i=1}^{n} (\xi_i + \xi_i^*)$$

$$y_i - \langle \mathbf{w}, \mathbf{x_i} \rangle - b \le \varepsilon + \xi_i$$
$$\langle \mathbf{w}, \mathbf{x_i} \rangle + b - y_i \le \varepsilon + \xi_i^*$$
$$\xi_i^{(*)} \ge 0, i = 1,2,..., n$$

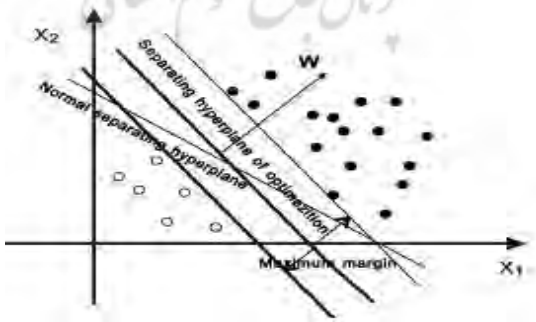


متغیرهای کمکی به‌صورت زیر تعریف می‌شود:

$$L_\varepsilon(y - f(X)) = \begin{cases} 0 & |y - f(x)| \le \varepsilon \\ |y - f(x)| - \varepsilon & 0.\omega \end{cases}$$

(vapnik, 1998, 316) در این نمونه، y_i نشان می‌دهد آیا سلول i می‌خواهد به منطقه شهری تبدیل شود یا خیر و x_i نشان‌دهنده متغیرهای مربوط به آن تبدیل است(yang et al, 2008, 596). درصورتی‌که داده‌ها غیرخطی باشند، از یک نگاشت غیرخطی مناسب برای تبدیل داده‌های آموزشی اصلی به یک فضا با بعد بالاتر استفاده می‌کند و سپس در این بعد جدید، رده‌بندی کننده بهینه خطی را جستجو می‌کند. بنابراین به‌طورکلی مسئله شامل یافتن ابر صفحه جداکننده بهینه است. اگر این ابر صفحه به یکی از رده‌ها (مثلاً رده ۱-) خیلی نزدیک باشد، برای یک نمونه آزمون، وقتی باید آن را به رده ۱+ رده‌بندی کنیم مرتکب خطا نخواهیم شد، اما در حالتی که باید نمونه آزمون به رده ۱- تخصیص یابد، احتمال خطا زیاد می‌شود بنابراین برای یک ابر صفحه بهینه باید فاصله آن از هر دو رده برابر باشد یعنی درست در وسط قرار بگیرد(صادقی فر و زهره وند، ۱۳۸۹). همچنین بردار پشتیبان با بکار بردن نگاشت داده‌ها به یک فضای بالاتر، قادر به برآورد توابع غیرخطی پیچیده نیز است. از طرف دیگر حل مسئله و یافتن مدل بهینه تنها به زیر مجموع‌هایی از داده‌های اصلی بستگی دارد. به دلیل این ویژگی‌ها، روش ماشین بردار پشتیبان موردتوجه بسیاری از محققان قرارگرفته است و کاربرد بسیاری در مسائل مختلف پیداکرده است. به عنوان مثال، یانگ و همکاران شبیه‌سازی تغییرات استفاده از زمین را در شهر شنژن چین برآورد کردند(vapnik, 1998, 316).

شکل ۳: نمونه‌هایی از داده‌های غیرخطی

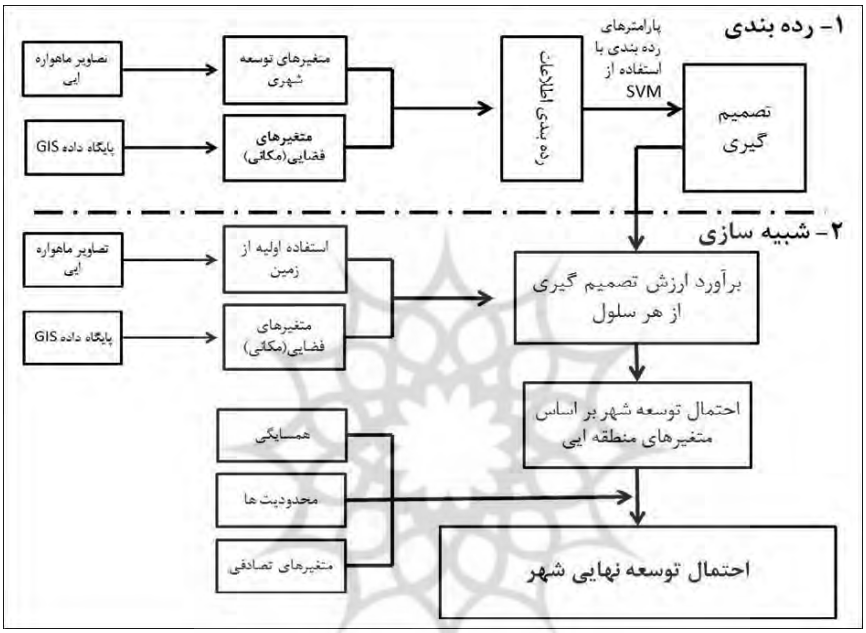


برای اجرای الگوریتم بردار پشتیبان هر یک مجموعه داده خام به سه بخش تقسیم می‌شوند. بخش اول که شامل ۶۰ درصد از کل داده‌ها هست به عنوان مجموعه آموزشی برای ساخت مدل مورد استفاده قرار می‌گیرد. بخش دوم که شامل ۳۰ درصد از کل داده‌ها است، مجموعه اعتبارسنجی نامیده می‌شود و برای انتخاب پارامترهای مدل بردار پشتیبان استفاده می‌شود و ۱۰ درصد باقیمانده به‌عنوان مجموعه آزمون برای ارزیابی دقت مدل به کار می‌رود(صادقی فر و زهره وند، ۱۳۸۹).

فرایند شبیه‌سازی شهری با مدل ca-svm

این مدل پیشنهادی برای استفاده از شبیه‌سازی توسعه شهری است. متغیرهای مکانی(فضایی) مورداستفاده از در شبیه‌سازی از پایگاه اطلاعات سیستم اطلاعات جغرافیایی استخراج می‌شود و متغیرهای توسعه شهری از تصاویر ماهواره‌ای به دست خواهد آمد. پس از مشخص شدن وضعیت یک سلول در دوره زمانی بعد سلول‌ها یک‌به‌یک باهم مقایسه می‌شوند. فرایند انجام این روش از دو مرحله اصلی رده‌بندی و شبیه‌سازی تشکیل‌شده است. در مرحله اول رده‌بندی کننده‌های خطی با استفاده از بردار پشتیبان منجر به تصمیم‌گیری می‌شود و در مرحله شبیه‌سازی با توجه به متغیرهای مختلف احتمال توسعه نهایی شهر پیش‌بینی خواهد شد(yang et al, 2008, 597). شکل (۴) مراحل انجام اتوماسیون سلولی به همراه ماشین‌های بردار پشتیبان برای شبیه‌سازی شهرها را نشان می‌دهد.

شکل ۴: فرایند مدل اتوماسیون سلولی–ماشین بردار پشتیبان شهری (yang et al, 2008)

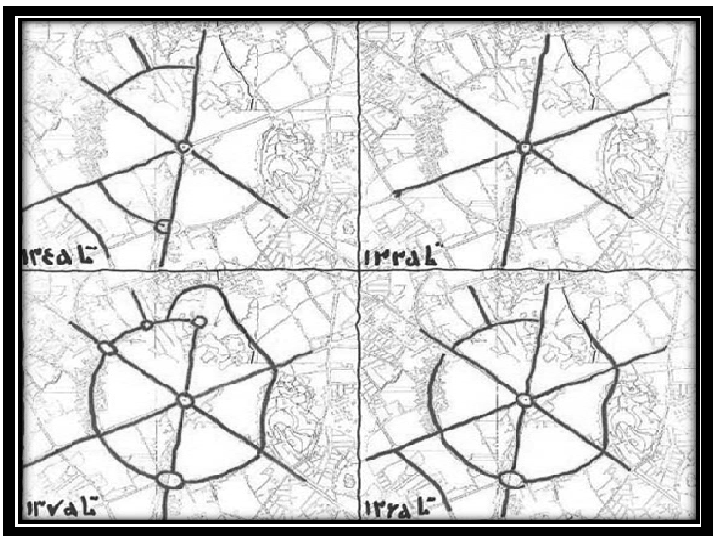


شبیه‌سازی سیستم‌های شهری از طریق اجرای مکرر این مدل انجام می‌گیرد تا این‌که شرایط خاص به وجود آید، به عنوان مثال مقدار کل زمین شهری شبیه‌سازی برابر با مقدار واقعی زمین شهری است(yang et al, 2008, 596).

توسعه شهر همدان

بافت قدیمی شهر بافتی است که به دور هسته اولیه شهر یا بافت تاریخی تنیده شده است. انتهای مرحله زمانی شکل‌گیری این بافت به اواخر قاجار می‌رسد؛ یعنی قبل از تغییرات و دگرگونی‌های جدید که از اوایل حکومت پهلوی شروع شد. بافت قدیمی در طی زمانی طولانی و بر اساس تجارب گذشتگان روند تکاملی خود را طی کرده است. وجود ساخت متحدالمرکز باعث گسترش هسته‌ای شهر به دور منطقه مرکزی شد. خیابان‌ها و کوچه‌های شهر و راه‌های بیرون آن نیز از طریق راه‌های اصلی، منتهی به همین منطقه مرکزی باهم مرتبط شده‌اند. با گسترش‌های بعدی شهر پیرامون بافت قدیم و رشد سریع شهرنشینی، این بافت‌ها اشباع از جمعیت شده و مراکز خدماتی و تجاری و غیره بیشتر در آن تجمع یافتند. با شروع دهه ۴۰ و با تشدید تغییر و تحولات در اوضاع اجتماعی و اقتصادی کشور، بافت جدیدی به دور بافت قبلی شهر شکل گرفت. اقدامات عمرانی در شهر مانند خیابان‌کشی و آسفالت کوچه‌ها و معابر، به تشدید فعالیت‌های ساختمان‌سازی منجر شد. افزایش مهاجرت به شهر نیز خود عامل دیگر رشد جمعیت شهری و افزایش ساخت‌وسازهای داخل شهری و به‌تبع آن توسعه شهر همدان در جهات مختلف حول نقطه مرکزی شهر بود. بافت قدیمی شهر که شالوده مدنی و تشکیلاتی خود را تا دوره پهلوی حفظ کرده بود، با شروع فعالیت‌های جدید متحول شده و تغییر شکل و نقش ظاهری و درونی شدیدی را متحمل شد. طرح شعاعی ارائه‌شده توسط کارل فریش خود محرک توسعه شهر، پیرامون عناصر اصلی کالبدی شهر مانند بازار، بافت قدیم، مسجد جامع و مدرسه علمیه شد. در شکل (۵) توسعه شهر همدان در چهار نقشه در سال‌های ۱۳۳۵، ۱۳۴۵، ۱۳۶۵ و ۱۳۷۵ نمایش داده شده است.

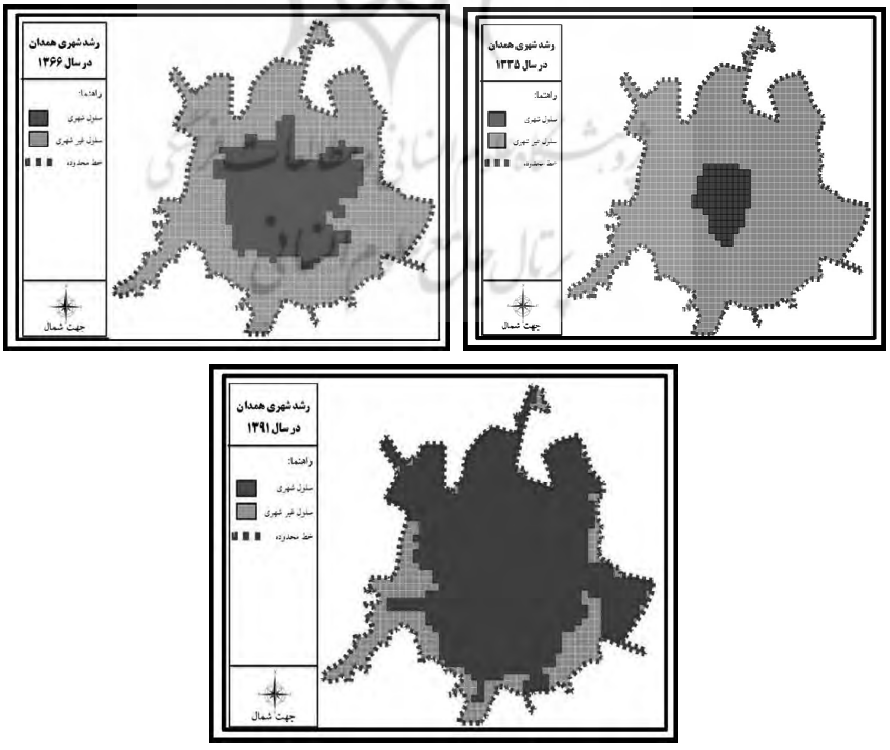
شکل ۵: توسعه شهر همدان در سال‌های ۱۳۳۵، ۱۳۴۵، ۱۳۶۵ و ۱۳۷۵



شبیه‌سازی توسعه شهری در شهر همدان

از مدل پیشنهادی برای شبیه‌سازی توسعه شهری در شهر همدان استفاده‌شده است، شهری که توسعه شهری متوسط در نیم‌قرن اخیر پیداکرده است. اطلاعات پیرامون توسعه شهری از اطلاعات کاربرد زمین که از طریق تصاویر ماهواره‌ای اخذشده‌اند، به‌دست‌آمده‌اند. محدوده طبقه‌بندی که تعیین می‌کند آیا یک سلول غیرشهری به یک سلول شهری تبدیل می‌شود یا خیر، می‌تواند بسیار پیچیده باشد و معادلات خطی در این زمینه ناکافی و ناقص هستند. همچنین برخی متغیرها را می‌توان برای نشان دادن محدودیت‌ها نسبت به توسعه شهری به کار گرفت، به‌عنوان‌مثال، توسعه زمین‌های حفاظت‌شده برای اهداف کشاورزی و اکولوژیکی امکان‌پذیر نیست و در رودخانه‌ها و کوه‌ها غیرممکن است. در این بررسی از بردار پشتیبان برای پایه‌ریزی قوانین انتقال غیرخطی برای شبیه‌سازی‌های اتوماسیون سلولی استفاده‌شده است. در شکل (۶) شبیه‌سازی توسعه شهر در سال‌های ۱۳۳۵ و ۱۳۶۶ و ۱۳۹۱ نمایش داده‌شده است.

شکل ۶: شبیه‌سازی توسعه شهر در سال‌های ۱۳۳۵ و ۱۳۶۶ و ۱۳۹۱



نتیجه‌گیری

در این مقاله از ماشین‌های بردار پشتیبان برای به دست آوردن قوانین انتقال خطی و غیرخطی برای شبیه‌سازی اتوماسیون سلولی شهری استفاده‌شده است. روش‌های دیگر که برای انتقال سلول‌ها مثل رگرسیون لجستیکی، روش‌های ارزیابی چند معیاره و غیره، دارای محدودیت مختلفی از قبیل تغییرات زمانی هستند، اما مدل اتوماسیون سلولی–ماشین بردار پشتیبان به اصلاح محدودیت‌های فوق و ارائه روش‌های مختلف برای کشف محدودیت‌های زیست‌محیطی، اقتصادی، اجتماعی می‌پردازد. بردار پشتیبان در عمل با طرح بردار ورودی به فضای هیلبرت است که در آن می‌توان آن‌ها را به‌صورت خطی توسط ابر صفحه طبقه‌بندی کرد. ابر صفحه با استفاده از یک تابع کرنل بردار پشتیبان خاص مشتق شده است. مدل توسعه‌یافته در این مطالعه، قوانین انتقال با ترکیب خروجی از بردار پشتیبان و دیگر اطلاعات متنی و محدود ساخته می‌شود. و خروجی نهایی از قوانین انتقال، احتمال توسعه است. به‌عبارت‌دیگر در شبیه‌سازی احتمال توسعه نهایی شهر، متغیرهای منطقه‌ای تأثیرگذار در رشد شهر، همسایگی و مدت‌زمانی که یک سلول صرف می‌کند تا تغییر کند و به وضعیت دیگری منتقل شود و بسیاری عوامل دیگر تأثیرگذار هستند. این مدل برای شبیه‌سازی توسعه شهری در شهر همدان در غرب ایران به‌کاررفته است. این مدل، توسعه شهری این شهر را از سال ۱۳۳۵ تا سال ۱۳۹۱ شبیه‌سازی می‌کند و نتایج معتبر نشان‌دهنده مطابقت خوب بین الگوهای توسعه شهری واقعی و شبیه‌سازی‌شده می‌باشند بنابراین می‌توان نتیجه‌گیری کرد که مدل اتوماسیون سلولی بر اساس قوانین انتقال بردار پشتیبان یک ابزار مفید برای شبیه‌سازی توسعه شهری است.

فهرست مراجع

۱- رضازاده، راضیه، میراحمدی، مهرداد(۱۳۸۸)، مدل اتوماسیون سلولی، روشی نوین در شبیه‌سازی رشد شهری، *مجله فناوری آموزش*، جلد۴،(۱)، ص۴۷-۵۵.

۲- صادقی فر، مجید، زهره وند، نفیسه(۱۳۸۹)، کاربرد مدل آمیخته ARIMA-SVM در پیش‌بینی کوتاه‌مدت قیمت نفت، *چهارمین کنفرانس داده‌کاوی ایران*، دانشگاه صنعتی شریف.ص ۱۵.

3- Barredo J., kasanko M., McCormick M. & Lavalle C. (2003) Modelling dynamic spatial rocesses: simulation of urban future scenarios through cellular automata. *Landscape and Urban Planning* (64), pp.145–160.

4- Yang Q., Li X. & Shi X. (2008) Cellular automata for simulating land use changes based on support vector machines. *Computers & Geosciences. (34), pp. 592–602.*

5-Wang H., He S., Liu X., Dai X., Pan P., Hong S. & Zhang W. (2012). Simulating urban xpansion using a cloud-based cellular automata model: A case study of Jiangxia. Wuhan, China, *Landscape and Urban Planning.*

6- Liu Y., Phinn S. (2003) Modelling urban development with cellular automata incorporating fuzzy-set approaches. *Computers, Environment and Urban Systems* , pp. 637–658.

7- Lauf S., Haase D., Hostert P., Lakes T. & Kleinschmit B. (2012) Uncovering land-use dynamics driven by human decision-making – A combined model approach using cellular automata and system dynamics. *Environmental Modelling & Software*, pp 71–82.

8-Syphard D., Clarke C. & Franklin J. (2005) Using a cellular automaton model to forecast the effects of urban growth on habitat pattern in southern California. *Ecological Complexity*, pp. 185–203.

9- Wu F. & Webster C. (1998) Simulation of natural land use zoning under free-market and incremental development control regimes.*Computers, Environment and Urban Systems*, pp. 241–256.

10- Vapnik V. (1998). *Statistical Learning Theory*. Wiley.New York, p.768.

11- White R. & Engelen G. (2000). High-resolution integrated modelling of the spatial dynamics of urban and regional systems. *Computers, Environment and Urban Systems*, pp. 383–400.

12- Ana D., Nikolik L.Curfs. (2004).Probabilistic SVM outputs for pattern recognition using analytical geometry. *Neurocomputing*, pp. 293–303.

13- Chen W.H. (2006). Comparison of Support Vector Machines and back Propagation Neural Networks in Forecasting the Six Major Asian Stock Markets. *Electronic Finance*, pp. 49-67.