

## مدل‌ها و جستجو در یک GIS مکانی - زمانی

مهدی مدیری

مدیر مسئول و سردبیر سپهر

mmodiri@ut.ac.ir

### چکیده

اخیراً گرایش به اجرای تلفیقی اطلاعات زمانی-فضایی در پایگاه‌های فضایی گسترده، بوجود آمده است. در سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی و سایر علوم، تحقیق و بررسی‌هایی در زمینه‌های مختلف نمایش و استدلال فضا-زمان صورت می‌گیرد. ایجاد یک سامانه اطلاعات جغرافیایی زمانی (TGIS)<sup>(۱)</sup> منجر به سیستمی می‌گردد که قابلیت ترسیم، نمایش، تجزیه و تحلیل محدوده‌های مطالعاتی گوناگون، ذخیره‌سازی مشخصه‌های خاص جغرافیایی و پیش‌بینی مشخصه‌های بعدی را دارد.

یک سامانه اطلاعات جغرافیایی زمانی (TGIS) می‌تواند برای تشخیص مراحل که باعث تغییرات جغرافیایی گردیده استفاده شود و مراحل مختلف را برای اخذ الگوهای مختلف داده‌ای به یکدیگر مرتبط نماید. بنای اصلی مقاله توسعه سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی زمانی (TGIS)، تعیین مدل‌های مفهومی و ساختارهای مدل‌سازی می‌باشد. در یک سیستم TGIS، چندین روش برای مدل‌سازی مفهومی پیشنهاد گردیده است. در گذشته نیز، این روش‌ها بر طبق نوع جستجو که مورد نظر بوده، انجام می‌گرفت. در واقع با سئوالاتی مانند «چه؟»، «کجا؟» و «چه وقت؟» مطابق با فضا، عارضه و رویداد طبقه‌بندی می‌شدند (Peuquet and Duan, 1995). سایر طبقه‌بندی‌های این روش‌ها نیز با توجه با ابزارهای به‌کار گرفته شده در مدل‌سازی تعیین می‌گردند مانند نمودار و رابطه نمادها، مدل‌های معنایی یا شیء‌گرا...

این مقاله به بررسی جامع دیدگاه‌ها و نقطه‌نظرات مختلفی که در رابطه با TGIS مطرح است، می‌پردازد.

**کلید واژه‌ها:** سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی زمانی (TGIS)، مدل‌های مفهومی، مدل‌های فرآیندی، مدل‌های فرآیندگرا، مدل‌های ترکیبی، مدل‌های تلفیقی.

### مقدمه

اجرای تلفیقی اطلاعات زمانی-فضایی در پایگاه‌های داده‌ای می‌تواند با قابلیت نمایش، تجزیه و تحلیل محدوده‌های مطالعاتی گوناگون، ذخیره‌سازی مشخصه‌های جغرافیایی و پیش‌بینی مشخصه‌های بعدی کمک مؤثری در انواع مدل‌سازی فراهم سازد (Stock, 1997).

### فضای مسائل و فضای داده‌ها

واژه «حالت» برای ارائه مجموعه‌ای از مشخصات فضایی و غیر فضایی یک عارضه یا فضا در یک نقطه خاص زمانی استفاده می‌شود و واژه «تغییر» خطی است که دو حالت مختلف یک عارضه را به هم

وصل می‌نماید. در کاربردهای فضایی - زمانی یک سیستم GIS، مهمترین مسئله حالت‌های عوارض، روابط عوارض در فضا و زمان و روابط متقابل عوارض در فضا و زمان می‌باشد. سپس به مسائل فضایی (TGIS) در سه محور ذیل مدل سازی می‌گردند، (نگاره ۱-ا).

(۱) یک محور فضایی که موقعیت حالت‌های متفاوت عوارض را ارائه می‌دهد.

(۲) یک محور معنایی که طبقه بندی‌های عوارض یا مشخصه‌ها را ارائه می‌نماید.

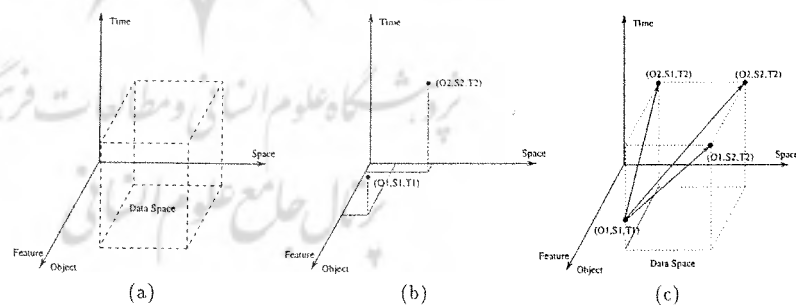
(۳) یک محور زمانی که حالت زمانی عوارض و مدت تغییر بین حالت را ارائه می‌کند.

مسائل مربوط به فضا به سه محور نامحدود تعیین می‌شوند که ویژگی وسیع فضا و زمان مسائل مربوط به فضا به سه محور نامحدود تعیین می‌شوند که ویژگی وسیع فضا و زمان و کلیه طبقه بندی‌های احتمالی معنایی را منعکس می‌نماید.

به منظور کاربردهای خاص که محدود به در نظر گرفتن انواع خاص عوارض می‌باشد، فضای مسائل به فضای داده‌ای محدودتر تقلیل می‌یابد.

هر نقطه در فضای داده‌ها یک حالت منحصر به یک عارضه را نشان می‌دهد، نگاره (۱-ب).

تغییر در حالت‌های عوارض نیز با دو یا چند نقطه ارائه می‌شود. در محیط داده‌ای که حالت‌ها با تغییرات پیوسته کنترل می‌شوند، تغییر با یک خط اتصالی ارائه می‌شود. بنابراین حالت  $ST_1$  موقعیت یک عارضه در فضا است که به صورت سه گانه  $(O_i, S_i, T_i)$  ارائه می‌گردد که  $O_i$  در زمان  $T_i$  موقعیت  $S_i$  را به خود اختصاص داده است. تغییر افزایشی یک عارضه در مشخصه‌های فضایی یا غیر فضایی، با برداری که حالت‌های فعلی و قبلی عارضه را به هم وصل می‌نماید مشخص می‌شود.



نگاره (۱) -a فضای مسئله و فضای داده‌ای. b- حالت عارضه به عنوان یک نقطه در فضای عارضه تعیین می‌شود. c- انواع احتمالی تغییر در حالت‌های عوارض

سه نوع تغییر احتمالی را می‌توان طبق مشخصات ذیل دسته‌بندی نمود:

(۱) تغییر فضایی: تغییر فقط در مشخصه‌های فضایی یک عارضه است که مشخصه‌های فضایی را از حالت  $ST_1=(O_1, S_1, T_1)$  به حالت  $ST_2=(O_2, S_2, T_2)$  تغییر می‌دهد.

(۲) تغییر غیر فضایی: تغییر فقط در مشخصه‌های غیر فضایی یک عارضه است که مشخصات عارضه را از حالت  $ST_1=(O_1, S_1, T_1)$  به حالت  $ST_2=(O_2, S_1, T_2)$  تغییر می‌دهد.

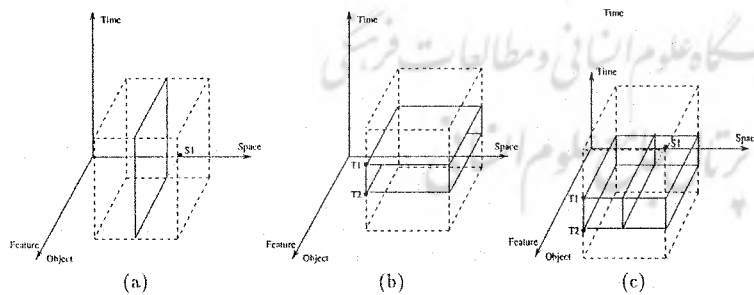
(۳) تغییر کلی: تغییر در هر دو مشخصه‌های فضایی و غیر فضایی یک عارضه است که مشخصات عارضه را از حالت  $ST_1=(O_1, S_1, T_1)$  به حالت  $ST_2=(O_2, S_2, T_2)$  تغییر می‌دهد.

### سبکهای جستجو در سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی زمانی (TGIS)

بسیاری از نقاط که در فضای داده‌ای بالا تعیین گردیدند، از آنجا که نمی‌توانند مقادیر معتبری را داشته باشند، احتمالاً حذف می‌شوند. این مسئله به این دلیل می‌باشد که عوارض یا مشخصه‌ها در مکان‌های معین و با زمان‌های دقیق وجود ندارند. این نقاط فقط در زمانی که جستجویی نظیر «آیا عارضه  $O_1$  موقعیت  $S_1$  را در زمان  $T_k$  به خود اختصاص می‌دهد» قابل شناسایی می‌باشد و از آنجا که نمی‌تواند نتیجه معتبری را ارائه نماید به پایگاه داده‌ای زمانی - مکانی ارجاع می‌شود. در این قسمت سعی می‌شود که براساس نوع فضای جستجویی که پایگاه داده‌ای فضایی - زمانی ایجاد می‌نماید، انواع احتمالات جستجوها را در پایگاه داده‌ای فضایی - زمانی تعیین نمود.

#### ۱- فضای جستجو برای جستجوهای فضایی - زمانی

جستجوگرهای مکانی - زمانی مرجعی را برای یک نقطه یا گستره‌ای از نقاط که در محورهای مختلف قرار گرفته‌اند در بردارند. یک نقطه در یکی از محورهای فضای داده‌ای، صفحه‌ای تعیین می‌نماید که در همان فضا با صفحه دو محور دیگر موازی است. به عنوان مثال نگاره (۲-a) نمایانگر این است که چگونه یک نقطه در محور فضایی، موقعیت  $S_1$  را نشان می‌دهد که صفحه موازی با صفحه زمانی - عارضه‌ای را تعیین می‌نماید. همچنین گستره‌ی مقادیر در یکی از محورها حجم مستطیل ایجاد شده در همان فضا را تعیین می‌کند. نگاره (۲-b) حجم ایجاد شده با فاصله زمانی  $(t_1, t_2)$  را نشان می‌دهد. صفحه و حجم تعیین شده در نگاره (۲)، نمونه‌های فضای جستجوهای تعیین شده در رابطه با  $S_1$  در صفحه و جستجو در رابطه با فاصله زمانی  $(t_1, t_2)$  در حجم می‌باشد.



نگاره (۲) a- نمونه فضای جستجوی صفحه. b- نمونه فضای جستجوی حجم.

c- فضای جستجوی O از تقاطع سطوح و حجم‌های ایجاد شده.

اصولاً، فضای جستجویی که از طریق جستجوگر یک پایگاه داده‌ای زمانی - فضایی تعیین می‌شود، نتیجه تقاطع سطوح و حجم‌های مختلفی است که از طریق عناصر جستجوگر تعیین گردیده است. به عنوان مثال، در فضای محتوی جستجوگر «کلیه عوارضی که در موقعیت  $S_1$  بین زمان‌های  $T_1$  و  $T_2$  وجود دارد، را پیدا نمایید؟» که این جستجو از طریق صفحه ایجاد شده از تقاطع صفحه مشخص شده در  $S_1$  تعیین می‌گردد، حجم مستطیل نیز از طریق  $T_1$  و  $T_2$  تعیین می‌شود. بنابراین جستجوگرهای زمانی - مکانی بر اساس محدوده فضاهای جستجوی آنها طبق موارد ذیل طبقه‌بندی می‌شوند:

● پرسش فضای جستجوی نقطه‌ای (P-TSS):<sup>(۲)</sup> در جایی که فضای جستجوی نقطه‌ای از طریق تقاطع سه صفحه‌ای تعیین شده است، به عنوان مثال پرسش «آیا عارضه  $F_1$  در زمان  $T_1$  در موقعیت  $L_1$  وجود دارد؟» فضای جستجو یک نقطه را تعیین می‌کند، نگاره (۳-a).

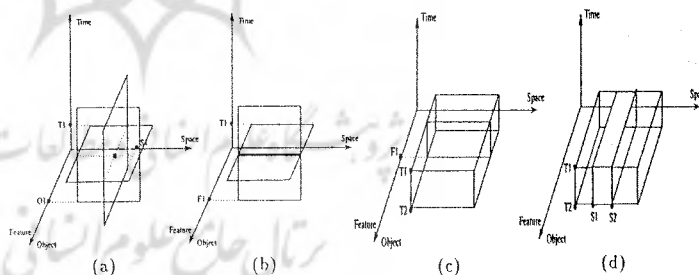
● پرسش فضایی جستجوی خطی (LSS)<sup>(۳)</sup>: در جایی که فضای جستجو خطی است که از طریق تقاطع دو صفحه مختلف تعیین شده است. سؤال «چه عوارضی در زمان  $T_1$  در موقعیت  $L_1$  وجود دارد؟» پرسش خطی - فضایی است.

LSS در محور فضایی: جایی که جستجوی فضایی یک خط مشخص است که بوسیله تقاطع صفحات زمان و مشخصه ایجاد گردیده است.

به عنوان مثال، پرسش «موقعیت مشخصه  $F_1$  در زمان  $T_1$  چیست؟» که یک سؤال فضایی - خطی می‌باشد و در نگاره (۳-b) مشخص است.

LSS در محور مشخصه: در جایی که جستجوی فضایی یک خط مشخص می‌باشد که از تقاطع صفحات زمان و فضا ایجاد گردیده است، به عنوان مثال، پرسش «مشخصاتی که وجود داشت در موقعیت  $L_1$  در زمان  $T_1$  چه بود؟». یک سؤال مشخصه - خطی است.

LSS در محور زمانی: در جایی که فضای جستجو، خطی است که از تقاطع صفحات فضایی و مشخصه ایجاد گردیده و به عنوان مثال، پرسش «چه زمان عارضه  $F_1$  در موقعیت  $L_1$  است؟» سؤال خطی - زمانی است.



نگاره (۳) - a پرسش های P-TSS, b پرسش های LSS, c پرسش های P-NSS, d پرسش های VSS.

● پرسش فضایی جستجوی صفحه‌ای (P-NSS)<sup>(۴)</sup>: در جایی که فضای جستجو یک صفحه است که فضای داده‌ای از طریق تقاطع صفحات تعیین گردیده‌اند، پرسش‌های صفحه بر طبق صفحه محورها، طبقه‌بندی می‌شوند بطوری که با صفحه ایجاد شده موازی هستند.

○ پرسش‌های (P-NSS) فضایی - زمانی: در جایی که فضای جستجو یک صفحه است که از طریق تقاطع صفحه مشخصه و زمان یا حجم فضایی ایجاد گردیده‌اند.

پرسش «در چه جایی مشخصه  $F_1$ ، بین زمانهای  $T_1$  و  $T_2$  وجود دارد؟» این مثال در نگاره (۳-c) مشاهده می‌شود.

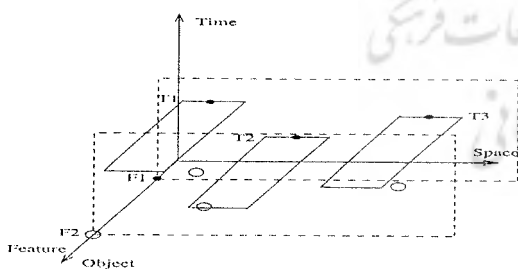
○ پرسش‌های (P-NSS) زمانی - مشخصه‌ای: در جایی که فضای جستجو صفحه‌ای است، از طریق تقاطع صفحه زمانی و حجم مشخصه عارضه یا زمان ایجاد می‌شود. به عنوان مثال، پرسش «مشخصاتی که وجود داشت در موقعیت  $L_1$  بین زمانهای  $T_1$  و  $T_2$  چه بود؟» از جمله سئوالات است.

○ پرسش‌های (P-NSS) فضایی - مشخصه‌ای: درجایی که فضای جستجو صفحه‌ای که از تقاطع صفحه زمانی و مشخصه‌ای یا یک حجم فضایی بوجود می‌آید. به عنوان مثال، پرسش «کدام مشخصات در موقعیت‌های  $L_1$  و  $L_2$  در زمان  $T_1$  وجود داشت؟» که این نیز از آن نمونه سئوالات می‌باشد.

● پرسش‌های فضایی جستجوی حجم (VSS):<sup>(۵)</sup> در جایی که فضای جستجو یک حجم است که از طریق تقاطع دو حجم متفاوت ایجاد گردیده است. به عنوان مثال «چه عوارضی در بسط فضایی  $S_1$  به  $S_2$  نقاط زمانی  $T_1$  و  $T_2$  قرار داشتند؟» که این نمونه‌ای از سئوالات حجمی است که در نگاره (۳-d) آمده است.

## ۲- پرسش‌های ترکیبی

پرسش‌های ترکیبی در سامانه‌های اطلاعات زمانی - فضایی به استخراج عوارض با روابطی می‌پردازند که به وضوح تعیین نشده‌اند. معمولاً جستجوگرهایی که در فضای جستجو به تعریف دو یا سه عارضه می‌پردازند باید به ترتیب اجرا شوند. به عنوان مثال، پرسش «چه زمانی عوارض  $F_1$  و  $F_2$  کاملاً در مجاور یکدیگر هستند؟» یک سؤال ترکیبی است، به طوری که شامل چندین مرحله است. ابتدا، یک P-NSS در  $F_1$  و در  $F_2$  تعیین می‌شوند تا کلیه نمونه‌های آنها را مورد بررسی قرار داد. محدوده فضایی نیز در اطراف نمونه‌های تعیین شده  $F_1$  برای مدل سازی کاملاً مجاور تعیین می‌گردد. سپس، فضاهای جستجوی نهائی صفحاتی هستند که از طریق گسترش محدوده‌های فضایی در اطراف  $F_1$  ایجاد گردیده‌اند که در  $F_2$  یا P-NSS متقاطع می‌گردند. نگاره (۴) این مراحل را نشان می‌دهد که نمونه‌های  $F_1$  به صورت نقاط سیاه و نمونه‌های  $F_2$  به صورت نقاط سفید ارائه گشته‌اند به طوری که  $F_1$  و  $F_2$  فقط در زمان‌های  $T_2$  کاملاً مجاور یکدیگر هستند.



نگاره (۴): نمونه پرسش‌های  
زمانی - فضایی ترکیبی

## مدل سازی مفهومی در یک TGIS

مدل سازی مفهومی شامل مراحل تعیین روابط و طبقه بندی معنایی بین عناصر داده‌ای است. مراحل طبقه بندی شامل یکی از مراحل تعیین مشخصه‌ها، روابط و عملکردهای مجزای یک گروه خاص از نمادها است.

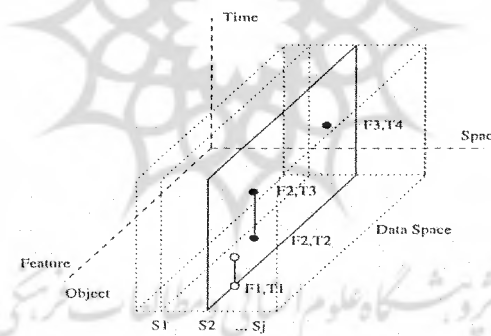
به طور کلی سه نوع روابط را می‌توان بین نمادهای یک TGIS به نام فضایی، زمانی و طبقه بندی نمود. سطوح مدل‌های مفهومی نیز با طبقه بندی‌های معنایی مورد استفاده و انواع روابط که به وضوح تعیین گردید، قابل شناسایی می‌باشند. این مقاله، به مدل‌های مفهومی برای یک TGIS از طریق تجزیه و تحلیل قابلیت آنها برای ارائه و طبقه بندی نمادها در فضای داده‌ای و معرفی انواع مختلف روابطی که در آن فضا طبقه بندی می‌شوند، می‌پردازد.

### ۱-۱- مدل‌های اصلی بررسی با پرسش «کجا، چه و چه زمان»

مدل‌های مفهومی برای یک TGIS در اطراف محورهای اصلی فضای مسئله ایجاد می‌گردند. یعنی محور فضا، محور مشخصه و محور زمان.

#### ۱-۱-۱- مدل‌های مبتنی بر موقعیت «بررسی با کلمه پرسش کجا؟»

در این مدل، طبقه بندی براساس موقعیت‌های محورهای فضایی می‌باشد. یک شبکه برای تقسیم نمودن فضا به موقعیت‌ها استفاده می‌شود. برای هر موقعیت، تغییرات زمانی که ایجاد می‌گردند در لیستی ثبت می‌شوند. این روش از طریق مجموعه‌ای از  $n$  صفحات موازی مشخصه - زمان در فضای داده‌ها  $\sum_{j=1}^n (O, S_j, T)$  است، نگاره (۵). در این مدل هیچگونه عناصر داده‌ای غیر مرتبط ذخیره نمی‌شود و فقط وضعیت متغیر ثبت می‌گردد، بنابراین مدل فشرده است. این مدل برای پاسخ دهی، به سئوالات برای موقعیت بسیار کارآمد است و معمولاً با مجموعه داده‌ای راستری ارتباط دارد. محدودیت اصلی پرسش براساس مشخصه (عارضه) است که اجرای آن مشکل است. زیرا رویدادها را نمی‌توان به وضوح ثبت نمود که اولین بار مدل پرسش براساس موقعیت توسط لانگران در سال ۱۹۹۳ پیشنهاد گردید (Langran, 1993).



نگاره (۵) مدل‌های براساس موقعیت. اطلاعات در موقعیت‌های فضایی ثبت می‌گردد، کجای  $S_2$  ابتدا  $F_1$  سپس  $F_2$  و در آخر  $F_3$  را ننگه می‌دارد؟

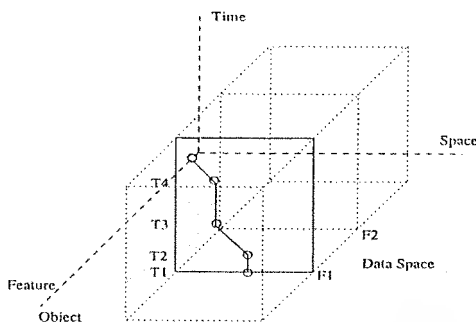
#### ۱-۲- مدل‌های مبتنی بر عارضه «بررسی با کلمه پرسش چه؟»

در این مدل، طبقه بندی براساس عوارض یا مشخصه‌های جغرافیایی در محور عوارض هستند. تغییرات از طریق به هنگام سازی نمونه‌های ذخیره شده ثبت می‌شوند و تغییراتی که در اندازه فضایی آنها صورت گرفته را منعکس می‌نماید. به عنوان مثال، در طی زمان، اندازه هندسی خطی یا چند ضلعی به طور افزایشی تغییر می‌یابد. این روش مزایایی همانند مدل مبتنی بر موقعیت را دارد اما نمی‌توان به وضوح رویدادها را ثبت کرد. روش مبتنی بر عارضه در نگاره (۶) ارائه گشته است که مجموعه  $n$  صفحات موازی  $O$  مکانی - زمانی در رابطه  $\sum_{j=1}^n (O_i, S, T)$  در فضای داده‌ای ارائه شده است. این روش را نیز اولین بار لانگران در سال ۱۹۹۳ پیشنهاد نمود (Langran, 1993).

هازلتون در ۱۹۹۱ و کملیس در ۱۹۹۱ با توجه به اینکه عوارض اصلی مدل اولیه لانگران را حفظ نمودند، مدل پیشرفته‌تر را با استفاده از خطوط، چند ضلعی‌ها یا سطوح در یک مدل فضایی چهار بعدی پیشنهاد نمودند (Hazelton, 1991) و (Kemelis, 1991).

#### ۱-۳- مدل‌های براساس زمان «بررسی از طریق تصویر لحظه‌ای»

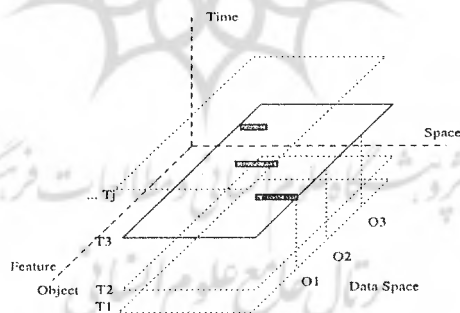
در این مدل، طبقه بندی‌ها براساس محور زمانی است که تصاویر لحظه‌ای وضعیت‌های جهان را در یک



نگاره (۶): بررسی براساس عارضه -  
اطلاعات در عوارض و سپس در  
موقعیت‌های زمانی مختلف ثبت  
می‌شوند.

لحظه معین اخذ می‌نماید. در این مدل مجموعه داده‌ای برداری و راستری ارائه شده‌اند. محدودیت اصلی این مدل، افزایش غیر قابل اجتناب در داده‌های ثبت شده است که عوارض با موقعیت‌ها نیز در روش مرحله‌ای تغییر نمی‌یابند.

این روش به صورت مجموعه‌های صفحات موازی با محور عارضه - فضا،  $(O, S, T_k)$  ،  $\sum_{k=1}^m$  در فضای داده‌ای ارائه گشته‌اند، نگاره (۷). این روش رایج‌ترین روش مورد استفاده برای این مسائل می‌باشد (Peuquet and Qian, 1995).



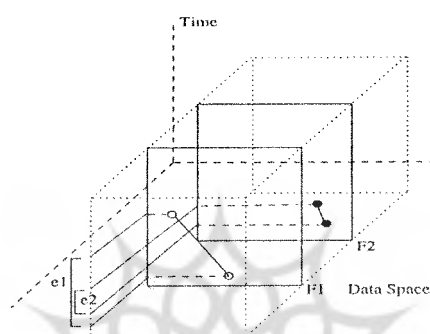
نگاره (۷): مدل‌های لحظه‌ای، براساس زمان  
- اطلاعات در نقاط زمانی عوارض در فضا  
جمع می‌شوند.

پرسش‌ها در مورد رویدادها، نسبت به دو روش قبلی کمی پیچیده‌تر می‌باشد و احتمالاً به پردازش طولانی‌تری نیاز دارند. حالت، مهم‌ترین نمادی است که در کلیه مدل‌های اصلی بالا استفاده می‌شود. محدودیت اصلی این مسئله است که نمی‌تواند داده‌ای را که به عنوان مجموعه رویدادها است، بررسی نماید یا به عبارت دیگر، تغییرات عوارض مختلف را نشان می‌دهد که همین مسئله باعث می‌گردد اجرای پرسش رویدادهای مرتبط با زمان را دچار مشکل سازد. به عنوان مثال «کدام نواحی در هفته اول بارندگی‌های شدید دچار زمین لغزه می‌شوند؟».

#### ۱-۴- مدل‌های مبتنی بر رویداد «بررسی با کلمه پرسش چه وقت؟»

در این مدل روابط زمانی بین دو حالت متوالی از عوارض یا موقعیت‌ها در فضا به وضوح تعیین می‌گردد و تغییر با رویدادها ارائه می‌گردد. بنابراین یک رویداد به عنوان خطی است که دو حالت را در فضای داده‌ای به هم وصل می‌نماید.

این مدل، نسبت به مدل‌های قبلی، روابط را به صورت تئوری توضیح می‌دهد. پرسش‌ها شامل روابط زمانی بین تغییرات می‌باشد که می‌تواند کارآمدتر اجرا گردد. این مدل در نگاره (۸) ارائه شده است. در نگاره (۸)،  $e_1$  تغییر فضایی  $F_1$  و  $e_2$  تغییر فضایی  $F_2$  را ثبت می‌نماید و  $e_1$  و  $e_2$  را پوشش می‌دهد.



نگاره ۸: بررسی براساس رویداد - روابط بین رویدادها را می‌توان مدل سازی نمود. مثلاً  $e_1$  و  $e_2$  را تحت پوشش قرار می‌دهد

#### ۱-۵- مدل تلفیقی رویدادها

رویدادها می‌توانند به موقعیت‌های فضایی یا به موقعیت‌های عوارض اشاره نمایند. مدل TRIAD که توسط پیوکوت و کویین ارائه شده است (Peuquet and Qian, 1996)، اشاره گرها را برای اتصال به جستجوگرهای زمانی، عارضه و موقعیت استفاده می‌نماید. تغییرات پی در پی موقعیت‌ها همانند مدل مبتنی بر موقعیت ذخیره می‌شود که به تشریح مشخصات کامل سلول‌های شبکه می‌پردازد. به هر حال این مدل تنها از دو محدوده فضایی برای عوارض استفاده می‌نماید که مقدار گسترش فضایی آنها را در هنگام تکوین آنها (زمان ثبت شکل‌گیری) و مقدار گسترش فعلی آنها را ذخیره می‌کند. این چارچوب از آنجا که، شرح سابقه تغییر فضایی یک عارضه را در نظر می‌گیرد محدود است و فقط متکی به مقایسه اولین و آخرین نمونه‌ها می‌باشد و هیچ ارجاعی به تغییرات صورت گرفته در بین آنها ندارد. همچنین حدود فضایی عوارض نیز از طریق محدود سازی مستطیل‌ها، عوارض ناحیه‌ای و محدود سازی نقاط پایانی عوارض خطی تخمین می‌گردد که لازم است فهرست سوابق سلول‌های شبکه محدود شده در یک فرم را نیز بازایی نمود تا بتوان شرح کامل تغییرات فضای یک عارضه را ارائه نمود.

مدل TRIAD می‌تواند به عنوان یک مدل مبتنی بر موقعیت و رویداد طبقه بندی گردد. این مدل تلفیقی، مزیت‌های مدل براساس رویداد را حفظ می‌نماید که در جستجوهای براساس رویداد، عوارض و موقعیت‌ها به هم مرتبط می‌شوند.

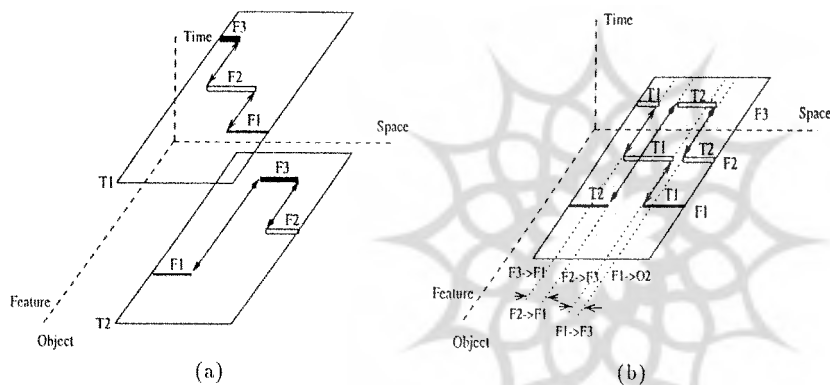
#### ۱-۶- مدل‌های ترکیبی براساس فضا

در این مدل روابط مشترک بین حالت‌های مختلف عوارض و زمان‌های مختلف به وضوح تعیین می‌گردند که فضا به صورت بخش‌های به هم پیوسته دوباره تجزیه یا طبقه‌بندی می‌شود. این روش را لانگران در سال ۱۹۹۳ پیشنهاد نمود. این روش می‌تواند به صورت مدل ترکیبی مکان - زمان طبقه بندی گردد (Langran, 1993)، نگاره (۹).

در نگاره (۹-a) عوارض  $F_1, F_2, F_3$  در مقاطع زمانی  $T_1$  و  $T_2$  ارائه شده است. در نگاره (۹-b) مقاطع زمانی روی هم قرار گرفتند و توزیع عوارض در فضا را نیز ارائه می‌دهند. اصطلاح



( $O_1 \rightarrow O_2$ ) نشان می‌دهد که فضا ابتدا به  $O_1$  و سپس به  $O_2$  اختصاص یافته است. مزیت اصلی این مدل قابلیت پاسخ دادن به پرسش‌های لیست سوابق عوارض یک موقعیت است. با استفاده از اتصال عوارض، می‌توان از طریق جستجوی لیست سوابق هر چند ضلعی حالتهای یک لحظه معین را بازسازی نمود، تا بتوان مجموعه مشخصه‌ها را که در یک مقطع زمانی دلخواه وجود دارد، پیدا نمود. بنابراین، این مدل مزایای هر دو بررسی را براساس عارضه و موقعیت با یکدیگر تلفیق می‌نماید. به هر حال در هر لحظه یک تصویر لحظه‌ای جدید اضافه می‌گردد که برای طبقه بندی نمودن مجدد فضا و بازسازی لیست سوابق، باید عملیات بین بخشی نیز اجرا گردد.



نگاره (9) a- سه عارضه در مقاطع زمانی مختلف وجود دارد، b- بررسی ترکیبی شرح سوابق موقعیت‌ها را در فضا ذخیره می‌نماید.

## ۲- مدل‌های پیشرفته «بررسی با کلمات پرسشی چرا و چگونه؟»

در کلیه بررسی‌های قبلی، مسئله اصلی بازیابی حالتهای و تغییرات براساس نوع عارضه، موقعیت و مشخصه‌های زمانی بود. اجرای مدل سازی پیشرفته‌تر برای بازیابی تغییرات می‌باشد که براساس مراحل اصلی آنها و نوع ارتباط آنها صورت می‌پذیرد. این نوع مدل‌ها با بررسی کلمات پرسش چرا؟ و چگونه؟ طبقه بندی می‌گردد.

### ۲-۱- مدل‌های فرایندگرا «چگونگی نمایش؟»

در این روش روابط فضایی بین حالتهای پیوسته عوارض به وضوح تعیین می‌شود و طبق مراحل خاص طبقه بندی می‌گردد. این روش با تعیین یک محور جدید در مکعب داده‌ای با متغیر تغییر برابر است. برای مدل‌های فرایندگرا، سه مدل در نظر گرفته می‌شود (Gagnon, 1992). طبقه بندی را برای تعیین سه نوع تغییر ارائه نموده است. آنهایی که شامل یک نماد، دو نماد و n نماد هستند. گروه اول که شامل یک نماد می‌باشد، تغییر در موقعیت، اندازه، شکل و جهت را دربرمی‌گیرد. آنها نشان می‌دهند که روابط فضایی فقط از طریق تعیین متغیرهای فضایی اصلی به یک یا دو نماد فضایی می‌باشد. هرگونه تغییر در روابط فضایی بین دو نماد فضایی می‌تواند از تغییرات داده‌ای هندسی استنتاج شود، یعنی تغییر در روابط فضایی با تغییر اندازه، جهت، شکل و نزدیکی به یک یا دو نماد ایجاد می‌شود. در صورت

دو یا  $n$  نماد، دو روش اصلی برای تغییر در متغیرهای فضایی یک گروه تعیین می‌گردد. تغییر در مشخصه‌های فضایی اصلی در هر نماد، یا تغییر در ایجاد هر نماد است. تریولیت و کلرامونت در سالهای ۱۹۹۵ و ۱۹۹۶ میلادی، مدل فرآیندگرایی مفهومی را پیشنهاد کردند که تغییرات در سه گروه ذیل طبقه بندی می‌شود:

(۱) شکل‌گیری هر نماد.

(۲) نمادها.

(۳) شکل‌گیری ساختار فضایی که شامل چندین نماد است (Claramunt and Theriault, 1995, 1996). به هر حال، طبقه بندیها انحصاری نیستند، به طوری که هر تغییر در مشخصه‌های فضایی یک عارضه بر نواحی مجاور نیز اثر می‌گذارد. به عنوان مثال به انتقال یک عارضه منجر می‌گردد یا همراه با انتقال، ناپدید شدن، توسعه یا تغییر شکل یک عارضه دیگر خواهد بود. رنولن (۱۹۹۷) تغییرات را به شش کلاس اصلی طبقه بندی نمود: ایجاد، تناوب، توقف، تناسخ، تلفیق/الحاق و استنتاج (Renolen, 1997).

#### ۲-۲- بررسی مدل‌های فرآیندی «چگونگی نمایش اختلاف (تغییرات)»

در صورتی که تغییر فضای یک عارضه  $O_1$  در طی فاصله زمانی خاص  $\Delta t$  با حالت شروع  $(O_i)_s$  و حالت پایانی  $(O_i)_f$  در نظر گرفته شود، پرسش‌هایی با کلمه «چرا؟» مطرح می‌باشد که یکی از سه گزینه ذیل می‌باشد:

بررسی عملکردی: حالت‌های  $(\Delta O_i)_s$  و  $(\Delta O_i)_f$ ، تنها نمادهایی هستند که همراه با روابط فضایی آنها در نظر گرفته می‌شوند (آثار Claramunt and Theriault, 1995, 1996, 1996-Gagnon et al, 1992, Yuan, 1998, Cheng and Molenaar 1998-Renolen, 1997 طبق این بررسی‌ها صورت گرفته است).

بررسی روالی: تغییر مشخصات عوارض در طی زمان یک عامل متمایز کننده است. روالهای مختلف تغییرات را می‌توان طبقه بندی نمود. به عنوان مثال آهسته، سریع و... بررسی رفتاری: تغییر با یک عارضه مکانی - زمانی کامل ارائه می‌گردد. تحقیق وربر (۱۹۹۲) طبق این بررسی می‌باشد (Worbors, 1992). در این تحقیق کلیه عوارض فضایی - زمانی تغییرات ثابت یا آنی دارند.

رنولن (۱۹۹۷) چهار مرحله کلی از این نوع تغییرات مثل تغییر تدریجی، ثابت، پیوسته و مجزا را مشخص نمود که بعد به نامتظم، یکنواخت و هموار نیز طبقه بندی گردید.

بررسی رفتاری، بررسی الگویی نیز نامیده می‌شود، زیرا تغییر را از طریق یک الگوی تلفیقی اجرا می‌نماید. بررسی و طبقه بندی تغییر، در خارج از شرایط مدل سازی داده‌ای راگالتن (۱۹۹۷) اجرا نمود که تغییر پیوسته و مداوم در محدوده‌های فضایی با استفاده از سه اندازه‌گیری از جمله محدوده‌ای، داخلی یا بر طبق اندازه طبقه بندی گردند.

اگرندفگ و آل طاها (۱۹۹۲)، از یک مدل متقاطع برای تعیین فاکتورهای «فاصله توپولوژیکی» استفاده نمود تا تغییر تدریجی روابط را توضیح دهد.

از آنجائیکه عارضه مکانی - زمانی مجزا و روابط فضایی - زمانی بین تغییرات وجود دارد، یک بررسی

کلی و جامع برای تغییرات باید صورت گیرد.

## ۲-۳- مدل‌های علی «چرا نمایش؟»

روابط علی نوع سوم، روابط متمایز کننده یک TGIS است. همیشه روابط خاص زمانی بین علت و معلول وجود دارد، همیشه مدل‌های محدودی وجود دارد که به مدل سازی علت و معلولی در GIS بپردازند.

طبقه بندی احتمالی روابط علت و معلولی می‌تواند به روابط زمانی بین علت و معلول مرتبط گردد. به عنوان مثال، سریع، طولانی، تأخیر یافته... که می‌تواند تجزیه و تحلیل‌های تخصصی تر را تسهیل بخشد.

## نتیجه گیری

در این مقاله ابتدا سبک و روش پرسش‌های مکانی - زمانی ارائه و سپس یک بررسی دقیق برای روش‌های مدل سازی مفهومی در یک TGIS مطرح گردید. روش‌های متفاوت براساس روابط معنایی و نوع روابط طبقه بندی گردید و در نهایت نتایج ذیل را می‌توان نام برد:

۱- طبقه بندی مدل‌ها افزون بر بررسی با کلمات پرسش چه؟، کجا؟، چه وقت؟، با کلمات پرسش چرا؟ و چگونه؟ نیز می‌باشد.

۲- مدل‌های فرآیندی - به مدل‌های رفتاری، عملکردی و روالی تقسیم می‌شوند. مفاهیم مرحله و تغییر در عوارض مکانی - زمانی به مطالعات و بررسی‌های جامع‌تری نیاز دارد.

۳- بررسی عوارض مکانی - زمانی و روابط فضایی - زمانی برای تشخیص پیوسته نیاز می‌باشد.

۴- با وجود اینکه مدل سازی از روابط علی یک مسئله اصلی برای مدل سازی مفهومی در TGIS است، اما آثار و تحقیقات کمی برای مدل سازی از روابط علی ارائه شده است.

## منابع

- 1- Allen, E., Edwards, G., and Bedard, Y., 1995, Qualitative Causal modeling in Temporal GIS. In Spatial Information Theory: A Theoretical Basis for GIS, Proceedings of the International Conference COSIT'97, PP.397-412.
- 2- Cheng, T. and Molenaar, M., 1998, A Process-Oriented Spatio - Temporal data model to Support Physical environment modeling. In Proceeding of the 8th International Symposium on Spatial Data Handling PP.418-429.

## پی‌نوشت

- 1) Temporal GIS
- 2) Point Search Space Queries (P-TSS)
- 3) Line Search Space Queries (LSS)
- 4) Plane Search Space Queries (P-NSS)
- 5) Volume Search Space Queries (VSS)