توسعه و پيادهسازي يك سيستم مديريت پايگاه داده مكاني- زماني

علي اصغر آل شيخ*[۱] و سميه دوج[۲]

[۱]استاديار گروه مهندسي سيستمهاي اطلاعات مكاني - دانشگاه صنعتي خواجه نصير الدين طوسي

[۲]دانش آموخته كارشناسی ارشد سيستمهاي اطلاعات مكاني - دانشگاه صنعتي خواجه نصيرالدين طوسي

(تاريخ دريافت ۸۴/۱۰/۱۰، تاريخ دريافت روايت اصلاح شده ۸۵/۱/۱۹، تاريخ تصويب ۸۵/۳/۶)

چكيده

مقاله حاضر به بررسي رفتاري پايگاه اطلاعات مكاني-زماني مي پردازد. اهداف اين مقاله عبارتند از: تعيين پارامترها و ارزيا بي سيستم هاي مديريت پايگاه داده موجود، و توسعه سيستم بهينه به نحوي كه مدل سازي و مديريت اشيائ متحرك در آن صورت پذيرد. بيش از سي و پنج مشخصه جهت تعيين نرم افزار بهينه تعيين و پنج سيستم Oracle10g, DB2, MS SQL Server, MySQL, and Postgre SQL بر اساس آنها ارزيابي شدند. مروري بر مدلهاي داده اي مو جود صورت پذيرفت و پس از تعيين پارامترهاي ارزيابي نقاط قوت و ضعف هر يك از مدلها تعيين گرديد. مدل انتخابي توسط زبان برنامه نويسي C ++ گسترش يافته و با سيستم مديريت پايگاه داده بهينه تلفيق گرديد. به منظور آزمايش مدل پيشنهادي، پرسشهاي مكاني – زماني متداول در سيستم مديريت حمل و نقل مطرح و پاسخها مورد ارزيابي قرار گرفتند. نتايج حاصله بيا نگرقابليتهاي برتر سيستم پيشنهادي است كه جزييات آن در مقاله ارائه شده است.

واژه هاي كليدي : سيستم اطلاعات مكاني (GIS) - اشياء متحرک - سيستم مديريت پايگاه داده (DBMS) - توابع مكاني- زماني

مقدمه

زمان يكي از پارامترهاي اساسي در زندگي بشر مي‌باشد. زمان در زمينة فن آوري اطلاعات مكاني و سيستم‌هاي مديريت پايگاه داده نقش مهمي را ايفا مي‌نمايد كه در گذشته توجه چنداني به آن نمي‌شد. وارد كردن پارامتر زمان در مدل‌ها و نتايج پردازش‌هاي پديده‌هاي متغير در طول زمان پيشرفت‌هاي نويني را در سيستم‌هاي اطلاعات مكاني ايجاد خواهد كرد [۱].

سيستم‌هاي خدمات رساني مكان مرجع (LBS)، خدمات فوريتي، رديابي و پايش وسايل نقليه و سيستم‌هاي كنترل ترافيك هوايي از جمله كاربري‌هاي سيستم‌هاي اطلاعات مكاني هستند كه مرتبط با آن دسته از اشياء مكاني مي‌باشند كه موقعيت و يا گسترة آن‌ها در طول زمان به صورت پيوسته تغيير مي‌كند. اين گونه اشياء را اشياء متحرك[۱] نامند. با توجه به تغييرات پيوسته و سريع موقعيت مكاني اشياء متحرک، لازم است براي مكان اشياء متحرک مدلی تهيه شود تا به سيستم هاي مديريت پايگاه داده امكان پيش بيني مكان شئ در آينده داده شود. لذا نياز به يک سيستم مديريت پايگاه داده اي مي باشد كه به خوبي بتواند اشياء متحرک را مديريت نمايد. چنين سيستمي مي تواند پاسخگوي نياز كاربران در مديريت اشياء متحركي نظير خودرو ها، تلفن هاي همراه، هواپيماها، لكه هاي نفتي موجود در درياها و ... باشد.

مسئلة اساسي در مديريت و آناليز اشياء متحرك، چگونگي مدلسازي مكان اينگونه اشياء و امكان پيش بيني موقعيت آينده شئ متحرك توسط سيستم مديريت پايگاه داده (DBMS) با استفاده از مدل‌هاي تحليلي كارآمد مي‌باشد. فن آوري سيستم‌هاي مديريت پايگاه داده بستر بالقوه‌اي را به منظور طراحي و توسعة پايگاه داده اشياء متحرك فراهم مي‌آورند. اما، سيستم‌هاي مديريت پايگاه داده موجود براي مديريت اشيايي كه به صورت پيوسته تغيير مي‌كنند كارآمد نمي‌باشند. علت اين است كه، يكسري قابليت‌هايي براي مديريت اشيا متحرك نياز است كه بايد به اينگونه سيستم‌ها اضافه گردد. اين قابليت‌ها را مي‌توان به چهار دسته تقسيم‌بندي نمود [۲]:

- توانايي مدلسازي موقعيت اشياء متحرك
- زبان پرسش و پاسخ كارآمد
- روش‌هاي اندكس‌گذاري و جستجوي اشياء
- مباحث صحت و دقت اطلاعات

در اين تحقيق، هدف غايي ساخت بسته‌اي نرم افزاري است كه دربرگيرندة قابليت‌هاي فوق، به ويژه

* نويسنده مسئول : تلفن : ۸۸۷۸۶۲۱۲ , فاكس : ۸۸۷۸۶۲۱۳ , Email: alesheikh@kntu.ac.ir

قابليت مدلسازي موقعيت و نيز ارائه مدل تحليلي و زبان پرسش و پاسخ به منظور مديريت اشياء متحرك، بر روي يك سيستم مديريت پايگاه داده مي‌باشد. در اين تحقيق، بيشتر از ۳۵ پارامتر به منظور انتخاب بهترين سيستم مديريت پايگاه داده براي توسعه، جهت پشتيباني كارآمد اشياء متحرك مشخص و مورد ارزيابي قرار گرفته است. بدين منظور برخي از سيستم‌هاي متداول مديريت پايگاه داده موجود از جمله پايگاه داده Oracle محصول شركت Oracle، پايگاه داده DB2 Universal محصول شركت IBM، پايگاه داده SQL Server محصول شركت Microsoft ، My SQL و PostegerSQL مورد ارزيابي قرار گرفته است. در اين تحقيق همچنين روشي جديد و جامع و مستقل از كاربرد خاص به منظور مديريت داده‌هاي مكاني- زماني ارائه گرديده است و سيستم مديريت پايگاه داده انتخابي به منظور مديريت و تحليل و مدلسازي داده‌هاي مكاني- زماني توسعه داده شده است.

از بررسي هاي انجام شده مي‌توان نتيجه گرفت كه سيستم‌هاي مديريت پايگاه داده تجاري موجود توانايي لازم جهت مديريت اشياء متحرك را دارا نيستند. از طريق ارزيابي سيستم‌هاي مديريت پايگاه داده مختلف مي‌توان پايگاه داده Oracle را به عنوان بستري مناسب به منظور توسعة پرس و جوهای مكاني- زماني براي اشياء متحرك پيشنهاد داد. نرم افزار توسعه داده شده علاوه بر قابليت مديريت اشياء متحرك (داده‌هاي مكاني- زماني)، توانايي تحليل داده‌هاي مكاني و داده‌هاي زماني را نيز دارا مي‌باشد. بر اساس آناليزهاي عملي انجام شده طي اين تحقيق، مشاهده گرديد كه سيستم ارائه شده توانايي به كارگيري در كاربري‌هايي نظير رديابي وسائل نقليه را داراست.

در سيستم ارائه شده در اين تحقيق هندسه اشياء مكاني و تغييرات و جابجايي‌هاي آن‌ها تنها در فضاي دو بعدي (صفحه كارتزين) در نظر گرفته شده است. از اين رو در آينده نياز به تحقيقات بيشتر به منظور مدلسازي رويه‌ها و تغييرات زماني اشياء مكاني در فضاي سه بعدي مي‌باشد. همچنين در اين سيستم، پرس و جوهای و نتايج آن‌ها به فرمت متني ارائه گرديده‌اند، لذا اقدامات بيشتر جهت ارائة يك واسطه كاربر گرافيكي مناسب (GUI) به منظور اضافه نمودن قابليت‌هاي نمايشي و گرافيكي به سيستم ضروري به نظر مي‌رسد [۱۳].

پايگاه داده اشياء متحرك

دامنه وسيعي از كاربري‌هاي پايگاه داده از جمله سيستم‌هاي رديابي، سيستم‌هاي حمل و نقلي و سيستم كنترل ترافيك خطوط هوايي مرتبط با داده‌هاي متغير در زمان و مكان مي‌باشند. اشياء مكاني- زمان به دو دسته طبقه‌بندي مي‌شوند؛ اشيايي كه به صورت گسسته و منقطع حركت و يا تغيير مي‌كنند و اشيايي كه به صورت پيوسته و متداوم در حركت و يا تغيير مي‌باشند. آن دسته از اشياء را كه موقعيت و يا گسترة آن‌ها به صورت پيوسته تغيير مي‌كند، در اصطلاح اشياء متحرك مي‌نامند. وسعت كاربرد اينگونه اشياء در مقايسه با اشيايي كه داراي تغييرات گسسته هستند وسيعتر و اما مدلسازي آن‌ها در پايگاه‌هاي داده داراي پيچيدگي بيشتري مي‌باشد [۷].

پايگاه‌هاي داده مكاني- زماني پايگاه داده‌اي هستند كه كلية مفاهيم داده‌هاي مكاني، داده‌هاي زماني و داده‌هاي مكاني- زماني را دربر دارند و كلية خصوصيات و پارامترهاي مكاني و زماني داده را در خود ذخيره مي نمايند. مي‌توان گفت كه در يك بازه زماني خاص، اينگونه پايگاه داده‌ها، كاملاً مشابه پايگاه داده‌هاي مكاني متداول مي‌باشد. يك پايگاه داده مكاني- زماني ايده‌آل، علاوه بر توابع اوليه كه لازمة هر پايگاه داده مكاني است، داراي قابليت‌هايي براي ذخيره و تحليل داده‌هاي متغير در زمان مي‌باشد. در اينگونه پايگاه داده، مكانيزم به‌روزرساني آخرين وضعيت توپولوژي مكاني و زماني در نظر گرفته شده است. همچنين در پايگاه داده مكاني- زماني براي اشياء متحرك به‌روزرساني‌ها در حجم عظيمي انجام مي گيرد و اطلاعات بسياري از مسير طي شده و نقاط عبوري اشياء ذخيره و تحليل مي گردد. لذا اينگونه پايگاه داده بايد توانايي مديريت و تحليل مقدار عظيم داده را در كوتاه‌ترين زمان دارا باشد. همچنين ابزارهايي براي ذخيره، فراخواني، تحليل داده‌هاي مكاني- زماني، مكانيزم‌هاي مناسب اندكس‌گذاري، روش‌هاي كارآمد ارزيابي درخواست‌هاي كاربر ضروري مي‌باشد تا اطلاعات مفيد در اسرع وقت در اختيار كاربر قرار گيرد[۱].

پايگاه‌هاي داده اشياء متحرك بواسطة تحليل اشياء مكاني متغير در طول زمان داراي كاربردهاي گسترده‌اي مي‌باشند. در خدمات نظامي كاربرد اينگونه پايگاه داده در زمينة جنگ‌هاي رقومي و در صنعت عمران در زمينة سيستم‌هاي حمل و نقلي نمود پيدا مي‌كند [۱۱].

پرس و جوهاى مكاني- زماني[۲]

يك پرس و جو در پايگاه‌هاي داده مكاني- زماني مستندي بر پيشينة پايگاه داده مي‌باشد. پرس و جوها براساس نوع ارتباط بين اشياء، به پرس و جوهاى مكاني، پرس و جوهاى زماني و پرس و جوهاى مكاني- زماني تقسيم‌بندي مي‌شوند. پرس و جوهاى مكاني اطلاعات توصيفي وابسته به مكان و يا اطلاعات توصيفي محاسبه شده از اطلاعات مكاني را فراخواني مي‌كند و توسط عملگرهاي مكاني مدل مي‌شوند. پرس و جوهاى زماني به توابعي گفته مي‌شود كه حداقل دربرگيرندة يك عملگر زماني باشند و عملگرهاي مكاني در مدلسازي آن‌ها دخالت نداشته باشند. پرس و جوهاى مكاني- زماني شامل مستندهاي مكاني و زماني مي‌باشند و در مدلسازي آن‌ها از عملگرهاي مكاني و زماني استفاده شده باشد. در اين تحقيق تمركز بر روي پرس و جوهاى مكاني- زماني مي‌باشد كه خود نيز به چندين دسته طبقه‌بندي مي‌گردند[۱].

بر حسب اينكه پرس و جو روي چه تاريخچه‌اي از پايگاه داده ارزيابي گردد و نيز بر اساس زمان ارزيابي تابع، پرس و جوهاى مكاني- زماني به سه دسته طبقه بندي مي‌گردند؛ پرس و جوهاى لحظه‌اي، پيوسته و دائمي. يك پرسش مشابه مي‌تواند به صورت لحظه‌اي، پيوسته و دائمي وارد گردد كه در هر صورت براي آن پاسخ متفاوتي توليد مي‌گردد. پرس و جوهاى لحظه‌اي آناليزي روي وضعيت جاري پايگاه داده و پرس و جوهاى پيوسته جستجو بر روي وضعيت‌هاي آتي سيستم مي‌باشد. پرس و جوهاى پيوسته و دائمي مي‌توانند براي تعريف تريگرهاي[۳] زماني در سيستم به كار برده شوند[۶].

با توجه به زماني كه پرسش براي آن تعريف مي‌شود و حالت زماني سيستم، مي‌توان پرسش‌ها را به سه دسته تقسيم‌بندي نمود؛ پرس و جوهاى گذشته[۴] ، پرس و جوهاى جاري[۵] و پرس و جوهاى آينده[۶] . در سيستم مديريت اشياء متحرك، كاربر ممكن است علاقه‌مند به آناليز ويا بازيابي اطلاعات مكاني گذشته، هم اكنون و يا پيش بيني وضعيت آتي سيستم باشد. به هر حال در بسياي از شرايط، موقعيت آتي، بويژه در آينده دور براي كاربر ممكن است جذاب‌تر و قابل توجه‌تر باشد.

در پايگاه داده اشياء متحرك، اغلب پرسش‌ها براساس روابط هندسي مكاني- زماني به سه دسته تقسيم‌بندي مي‌گردند. از جمله پرس و جوهاى نقطه‌اي، پرس و جوهاى محدوده‌اي و پرس و جوهاى نزديك‌ترين همسايه[۷] . پرس و جوهاى نقطه‌اي موقعيت يك شي متحرك خاص را در زمان داده شده بررسي مي‌كنند. پرس و جوهاى محدوده‌اي، اشياء متحركي كه در يك بازه زماني خاص از يك محدودة جغرافيايي معين عبور كرده باشند را جستجو مي نمايند. تعيين K شئ متحرك كه نزديك‌ترين اشياء به موقعيت مكاني خاص در زماني معين مي‌باشند، تحت عنوان پرس و جوهاى نزديك‌ترين همسايه طبقه‌بندي مي‌گردند.[۹]

مقايسه سيستم‌هاي مديريت پايگاه داده مختلف

با توجه به قابليت‌هاي لازم براي پايگاه‌هاي داده اشياء متحرك، و به منظور گزينش بهترين سيستم مديريت پايگاه داده (DBMS) براي طراحي و توسعه يک پايگاه داده اشياء متحرک برخي از سيستم‌هاي مديريت داده تجاري موجود انتخاب و با استفاده از مقالات و منابع موجود در اينترنت ارزيابي گرديدند[۸] .

در اين تحقيق برخي از DBMS هاي تجاري موجود مورد ارزيابي و تحليل قرار گرفتند. جدول (۱) نمايانگر نتايج حاصل از ارزيابي است كه بيانگر خلاصه‌اي از تفاوت‌هاي بين اين سيستم‌هاي مديريت پايگاه داده و بر اساس پارامترهاي مورد نظر مي‌باشد. بر اساس معيارهاي كلي و جزيي بررسي شده و نتايج حاصل از ارزيابي سيستم مديريت پايگاه داده Oracle به عنوان گزينه مناسب به منظور مديريت داده‌هاي مكاني پيشنهاد مي‌گردد. DB2 و SQL Server به ترتيب در اولويت‌هاي بعدي قرار مي- گيرند[۱۱].

پايگاه داده Oracle شامل زبان‌هاي برنامه‌نويسي و واسطه كاربرهاي[۹] متفاوت است كه به برنامه‌نويسان امكان دستيابي و مديريت داده را در پايگاه داده مي‌دهد.

زبان برنامه نويسي Oracle PL / SQL زباني مناسب براي پياده سازي و نوشتن ماژول‌هاي برنامه به منظور توليد يک كاربري مي‌باشد. PL / SQL كاملاً قابل انتقال در سيستم- هاي متفاوت است و يک زبان پردازشي با تراكنش و كارايي بالا[۱۰] مي‌باشد.

جدول ۱: مقايسه قابليت‌هاي برخي از DBMS هاي تجاري موجود.

قابليت‌ها	PostgreSQL	MySQL	MS SQL server	DB2	Oracle
ساختار داده	خيلي خوب	خوب	خوب	خوب	خيلي خوب
زبان برنامه نويسي SQL	خوب	متوسط	خيلي خوب	خيلي خوب	خيلي خوب
اعمال قيود يكپارچگي پايگاه داده	خيلي خوب	متوسط	خيلي خوب	خيلي خوب	خيلي خوب
كليد اصلي	بلي	بلي	بلي	بلي	بلي
كليد خارجي	بلي	خير	بلي	بلي	بلي
سطح تجريد در برنامه‌نويسي	متوسط	ضعيف	خوب	خوب	خيلي خوب
پشتيباني كاراكترهاي بين‌المللي	خوب	خوب	خوب	خيلي خوب	خيلي خوب
تراكنش	خوب	ضعيف	خيلي خوب	خيلي خوب	خيلي خوب
قفل	خوب	ضعيف	خوب	خوب	خيلي خوب
دستيابي چند كاربر همزمان	متوسط	متوسط	متوسط	خوب	خيلي خوب
روال‌ها و تريگرها	خيلي خوب	ضعيف	خوب	خيلي خوب	خيلي خوب
كنترل دست‌يابي	خوب	خيلي خوب	خوب	خيلي خوب	خيلي خوب
نسخه پشتيباني	متوسط	متوسط	خوب	خيلي خوب	خيلي خوب
قابليت حمل DBMS	خوب	خوب	ضعيف	خوب	خيلي خوب
مقياس‌پذيري	متوسط	خوب	خوب	خيلي خوب	خيلي خوب
بهينه سازي تحليل‌ها	خوب	خوب	خوب	خيلي خوب	خيلي خوب
پشتيباني پردازش‌هاي تحليلي	ضعيف	ضعيف	خوب	خيلي خوب	خيلي خوب
تخصيص فضاي ديسك	متوسط	متوسط	خوب	خوب	خيلي خوب
محدوديت اندازه داده	متوسط	خوب	خيلي خوب	خيلي خوب	خيلي خوب
پياده‌سازي داده‌هاي حجيم (VLDB)[11]	خوب	ضعيف	خوب	خيلي خوب	خيلي خوب
دستيابي به چند پايگاه داده	متوسط	متوسط	ضعيف	خيلي خوب	خيلي خوب
داده‌هاي عظيم در پايگاه داده	متوسط	خوب	خوب	خيلي خوب	خيلي خوب
تعريف داده‌هاي جديد	بلي	خير	خير	بلي	بلي
قابليت‌هاي رابطه‌اي-شئ‌گرا	بلي	خير	خير	بلي	بلي
پشتيباني داده‌هاي مكاني	متوسط	ضعيف	خوب	خيلي خوب	خيلي خوب
كاربري‌هاي پيچيده	خوب	ضعيف	متوسط	خيلي خوب	خيلي خوب
Embedded SQL	خوب	ضعيف	خوب	خيلي خوب	خيلي خوب
واسطه‌كاربرهاي استاندارد (ODBC, JDBC)[12]	خوب	خوب	خوب	خيلي خوب	خيلي خوب
قابليت انتقال توسط فنآوري Web	خوب	خوب	خوب	خيلي خوب	خيلي خوب
XML[13]	ضعيف	ضعيف	خيلي خوب	خيلي خوب	خيلي خوب
بازگشت از خطا	متوسط	متوسط	خوب	خيلي خوب	خيلي خوب
امنيت پايگاه داده	متوسط	متوسط	خوب	خوب	خيلي خوب
آساني استفاده	خوب	خوب	خيلي خوب	ضعيف	متوسط
توسعه قابليت‌هاي مكاني	ضعيف	متوسط	خوب	خيلي خوب	خيلي خوب
هزينه	رايگان	رايگان	پايين	متوسط	بالا
پشتيباني توليد كننده	ضعيف	متوسط	خوب	خوب	خيلي خوب
موقعيت در بازار تجاري	ضعيف	ضعيف	خوب	خيلي خوب	خيلي خوب

که خلاء بين فن آوري پايگاه داده و زبان‌هاي برنامه نويسي روالي[۱۴] را پر مي‌کند و مزيت‌هاي فراواني در بردارد. بعلاوه، کاربري‌هاي نوشته شده به زبان PL / SQL روي کليه سيستم عامل ها و سخت‌افزارهايي که Oracle در آن اجرا مي‌شود، قابل اجرا مي‌باشند. يک از ويژگي‌هاي قوي پايگاه داده Oracle توانايي آن در مديريت حجم عظيم داده و تعداد زياد کاربر مي‌باشد. Oracle نه تنها مي‌تواند روي سخت‌افزارهاي متعدد و قوي کار کند، بلکه توانايي اجرا به صورت سيستم‌هاي گسسته (شبکه‌اي) را داراست. پايگاه داده Oracle روي سخت‌افزارهاي مجزا مي‌تواند به گونه‌اي ادغام می شود که به صورت يک پايگاه داده منطقي گسسته عمل نمايد[۵].

ويژگي اصلي Oracle ، ماژول مکاني آن مي‌باشد. اوراکل مکاني[۱۵] امکان ذخيره سازي، اندکس‌گذاري[۱۶] ، پرسش‌هاي مجاورتي و آناليزهاي توپولوژيکي را براي اطلاعات مکان مرجع فراهم مي‌آورد. اين گونه اطلاعات مکاني ممکن است شامل شبکه راه‌ها، مرزهاي خدمات بي‌سيم، آدرس‌هاي مکان مبنا شده مشتريان باشد. اوراکل مکاني به عنوان گزينه‌اي براي نسخه جامع پايگاه داده اوراکل[۱۷] ، بستر آماري مناسبي را براي کاربري‌هاي پيچيده GIS، که نياز به آناليزهاي مکاني و پردازش‌هاي بيشتري دارد، فراهم مي‌آورد. [۱۰] علاوه بر مديريت کارآمد و امن داده تحت مدل داده‌اي رابطه‌اي، Oracle داده‌هاي سازمان يافته تحت مدل داده‌اي شئ‌گرا رانيز پشتيباني مي‌نمايد. اشياء و عوارض ديگر نظير اشياء بزرگ (LOBS)، روال‌هاي[۱۸] خارجي، اندکس‌گذاري قابل توسعه و بهينه‌سازي Query براي توليد اجزاء قابل استفاده مکرر و قوي تحت Data Cartridge قابل اجرا است[۸] . Data Cartridge توانايي سرور اوراکل را توسعه مي‌دهد. با استفاده از Data Cartridge ، کاربر پايگاه قادر است نوع داده پيچيده خاص را توليد و اينگونه اشياء را در يک ستون تحت يك Object Table، و نيز در يک سطر در پايگاه داده توسط جداول تودرتو مديريت و ذخيره سازي نمود. مهم‌ترين ويژگي فني اوراکل براي پياده سازي اشياء متحرک خاصيت تعريف جداول تودرتو است که کاربران را قادر به مدلسازي اشياء متحرک به عنوان مجموعه‌اي از نوع واحدهاي متحرک[۱۹] مي‌سازد[۱۱].

مدل‌هاي داده مکاني- زماني

تحقيقات در زمينه پايگاه‌هاي داده مکاني- زماني در دو دهه‌ي اخير پيشرفت روز افزونی داشته است. از آغاز انجام پژوهش‌ها در اين زمينه تاکنون، مدل‌هاي داده مکاني- زماني بسياري ارائه گرديده است. اين مدل‌هاي نوع داده، روابط، عملگرها و قوانين لازم را براي برقراري يکپارچگي پايگاه داده تعريف مي‌نمايند. از جمله جديدترين اين مدل‌ها، مدل‌هاي داده اشياء متحرک است. پژوهشگران سعي نموده‌اند با استفاده از مفهوم اشياء متحرک پايگاه‌هاي داده مکاني- زماني را مدلسازي نمايند. در اين روش پارامتر زمان به عنوان جزء جدا نشدني و تلفيقي موجوديت‌هاي مکاني مدلسازي مي‌شود. بعد زماني در اين روش بر اساس مدل زماني مطلق، گسسته / پيوسته و خطي مي‌باشد و در اين مدل‌ها تنها زمان واقعي وقوع رخداد در طبيعت[۲۰] در نظر گرفته شده است. اين مدل تغييرات و جابجايي‌ها را در برمي‌گيرد و براي کليه پرسش‌هاي مکاني- زماني مناسب مي‌باشد[۲].

از مقايسه مدل‌هاي داده مکاني- زماني مختلف، نتيجه مي‌شود که روشي که در مدل‌هاي داده اشياء متحرک دنبال مي‌شود، که در آن زمان به عنوان جزء لاينفک موجوديت‌هاي مکاني به صورت تابع ساده و پيوسته است، بهترين روش مي‌باشد که بايد در يک مدل مکاني- زماني جامع و جديد به کار برده شود. در حيطه مفاهيم مکاني اکثر مدل‌هاي ارائه شده فضا را به صورت ساختار برداري در نظر مي‌گيرند. مدل‌هاي شئ گرا و مدل‌هاي داده اشياء متحرک تنها روش‌هايي هستند که انواع اعمال مديريتي داده‌هاي مکاني از جمله اندازه‌گيري و ارتباطات توپولوژيکي را در برمي‌گيرند. از نظر مفاهيم مکاني- زماني تقريباً تمامي مدل‌هاي ارائه شده قابليت مديريت تغييرات گسسته در طول زمان را دارا مي‌باشند، در حاليکه جابجايي‌ها و تغييرات پيوسته تنها در مدل‌هاي داده اشياء متحرک در نظر گرفته شده‌اند. تنها مدل‌هاي اشياء متحرک و مدل‌هاي شئ‌گرا در برگيرنده روش‌ها و توابعي براي تعريف توپولوژي و اندازه‌گيري‌هاي داده‌هاي مکاني- زماني در فضا و زمان مي‌باشند. از نظر قابليت‌هاي آناليزي، کليه مدل‌ها تا حد قابل قبولي پرسش‌هاي توصيفي ساده را در ابعاد مکاني، زماني و مکاني- زماني حمايت مي‌کنند و تنها مدل‌هاي اشياء متحرک است که همه نوع پرسش مکاني- زماني را جوابگو هستند. دکتر

پلکیس یک مدل Data Type-Oriented ارائه نموده که از ارائه اشیاء در دو مدل داده رابطه‌اي- شئ گرا و شئ گرا پشتیباني و از مدل‌هاي داده اشیاء متحرک پیروي مي‌کند [۲].

در این تحقیق مدل ارائه شده توسط دکتر پلکیس در محیط Oracle 10g به منظور طراحي سیستمي مجهز به پرس و جوهای مکاني- زماني توسعه و پیاده سازي شده است. اجزاء اصلي این سیستم عبارتند از [۳]:

- کارتریج داده‌هاي زماني[۲۱]
- کارتریج داده هاي مکاني
- کارتریج داده هاي متحرک

کارتریج داده زماني (TLL) یك راه حل مدلسازي رابطه‌اي- شئ‌گرا براي حل مسائل و آنالیزهاي زمانمند مي‌باشد. کارتریج زماني نگاشت یك مدل زماني در فن اوري پایگاه داده‌اي رابطه‌اي- شئ‌گرا مي‌باشد. در این کارتریج داده چندین نوع شئ[۲۲] زماني پشتیباني شده است، از جمله چهار نوع داده زماني استاندارد یعني تاریخ، زمان، Timestamp و فاصله زماني[۲۳] به همراه سه نوع داده زماني[۲۴] شامل Time Point ، Period و Temporal Element.

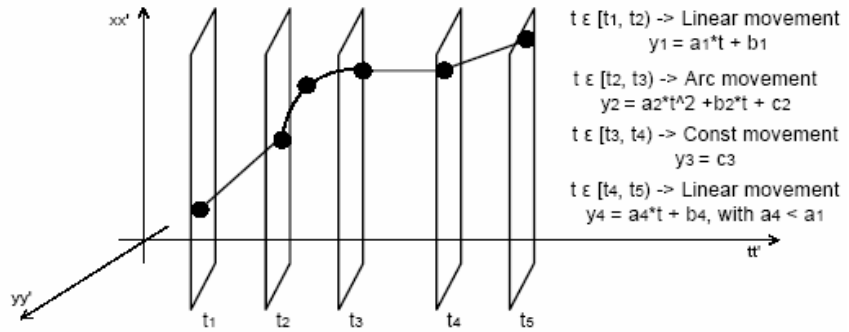
قابلیت‌هاي رابطه‌اي- شئ‌گرا مکاني براي این سیستم از طریق کارتریج داده مکاني اوراکل فراهم مي‌گردد. کارتریج داده مکاني توسط اوراکل پیاده سازي شده است و تلفیق یکپارچه‌اي است از مجموعه‌اي از توابع و روال‌ها که براي داده‌هاي مکاني امکان ذخیره سازي، دستیابي و آنالیز را به صورت کارآمد و سریع در محیط پایگاه داده Oracle 10g فراهم مي‌آورد. عملگرهاي هندسي، که رفتارهاي اشیائ تعریف شده در این کارتریج را تشکیل مي‌دهند، تحلیل‌هاي ایستا را مدیریت مي‌کنند. بدین معني که پارامتر زمان براي اشیاء مکاني حمایت شده در این کارتریج در نظر گرفته نشده است[۱۱].

کارتریج داده اشیاء متحرک (MDC) مهمترین جزء معماري این سیستم مي‌باشد و انواع شئ مکاني- زماني[۲۵] را پشتیباني مي‌کند. نوع‌ها دراین سیستم به نوع‌هاي پایه‌اي[۲۶]، نوع‌هاي زماني[۲۷] ، نوع‌هاي مکاني[۲۸]، و نوع داده متحرک[۲۹] تقسیم بندي شده اند.

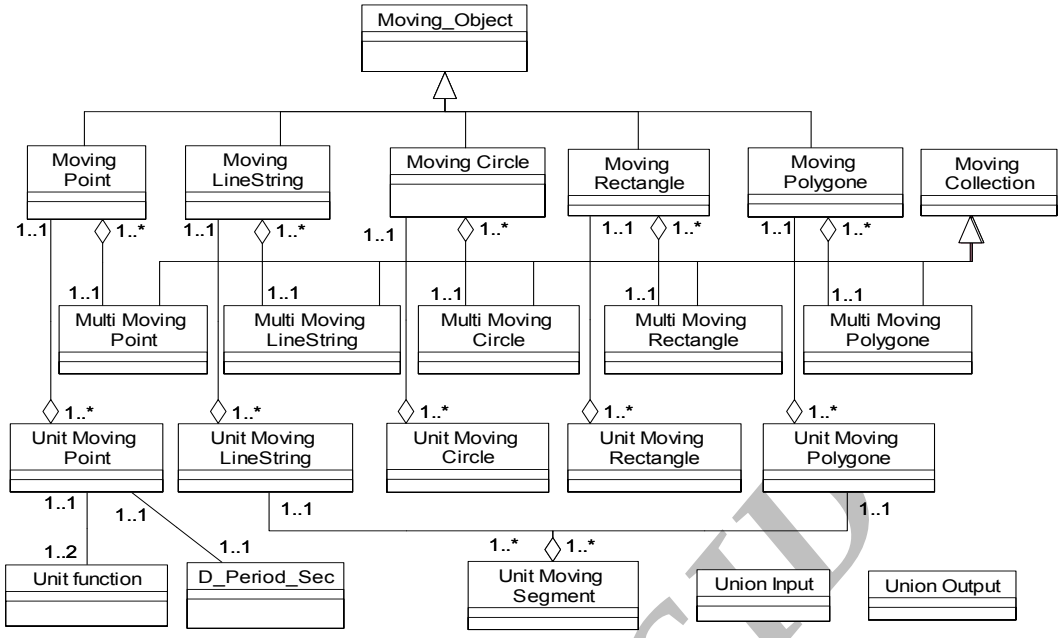
نوع داده متحرک

در مدل داده مکاني- زماني به کار گرفته شده در پیاده‌سازي کارتریج داده متحرك (MDC) از مفهوم نمایش قطعه‌اي[۳۰] استفاده شده است. اساس مفهوم نمایش قطعه اي، تقسیم نمودن روند پیشرفت زماني یک شئ به قطعاتي است که در آن‌ها تغییرات زماني توسط توابعي ساده قابل تعریف باشد. به منظور استفاده از مفهوم نمایش قطعه اي براي تعریف اشیا متحرک، هر نوع متحرک به چندین جزء نوع متحرک تقسیم بندي مي شود که هر کدام مرتبط به یک تابع ساده مي باشد (شکل۱) [۳] .

در سیستم طراحي شده، دو مفهوم، دوره زماني و تابع ساده[۳۱] ، در جهان واقعي وجود دارد که به صورت مستقیم در این مدل به عنوان نوع شي نگاشته مي شود. در این مدل رابطه اي ترکیبي[۳۲] بین اجزاء نوع متحرك و Moving Type ها در این مدل وجود دارد، بدین معني که ، هر Moving Type مجموعه اي ازUnit Moving Type هاي مربوطه مي باشد. به همین ترتیب مي توان گفت، هر Moving_point به صورت مجموعه اي از Moving Type Unit ها تعریف مي گردد. به صورت مشابه هر Moving Multi_ Type در این سیستم به عنوان مجموعه اي از Moving Type هاي مربوطه تعریف مي گردند. شئ Moving_ collection، کلیه واسط کاربر ، و خصوصیات و مفاهیم مکاني- زماني کلیه Multi Moving Type ها را در بر مي گیرد و نوع رابطه آن‌ها aggregate مي باشد.



شکل ۱: نمایش قطعه‌اي شيء متحرك.



شكل ۲ : مدل UML كلاس‌هاي كارتريج داده متحرك (MDC) [۸].

نوع شئ Moving Object ارتباط مابقي Moving object Type ها را مدل مي‌نمايد و همچنين هر گونه Moving Type حاصل از اعمال عملگر بين Moving object ها را مدل مي‌نمايد. به صورت خلاصه، شكل (۲) بيانگر مدل UML كلاس‌هاي كارتريج داده متحرك (MDC) در اين سيستم مي‌باشد.

عملگرهاي ارائه شده بر Moving Object و Moving Type

عملگرهاي ارائه شده در كارتريج MDC سيستم براي Moving Type ها به چندين دسته طبقه بندي شده اند. اينگونه عملگرها به منظور تعريف قابليت‌هاي تحليلي جديد در سيستم به‌كار مي روند[۴] :

- عملگرهاي checking مسئول نگه داري پايگاه داده در وضعيت صحيح و پايدار مي باشند.
- Predicate: عملگرهايي هستند كه مقادير Boolean متناسب با نوع ارتباط توپولوژيكي و ديگر ارتباطات بين Moving Type ها رابر مي گردانند.
- Projection: عملگرهايي هستند كه Moving object ها را در يک دامنه مكاني و زماني محدود تصوير مي كنند [۱۲] .
- Numeric: عملگرهاي هستند كه برخي مقادير عددي همانند محيط يک شي متحرک را محاسبه مي نمايند.
- عملگرهاي فاصله و جهت : اين عملگر ها محاسبات را تسهيل مي نمايند به عنوان مثال، تعيين كوتاهترين فاصله بين اشياء متحرک و يا زاويه تشكيل شده بين نقاط متحرک دريک لحظه معين را محاسبه مي‌نمايند.
- Set relationships: شامل عملگرهايي همانند تقاطع، اجتماع، اشتراک و... مي‌باشند.
- عملگرهاي نرخ تغييرات[۳۳] : نرخ تغييرات حركت يک object type نسبت به زمان را تشريح مي نمايند.

پياده سازي و اجرا : توسعه پايگاه داده رابطه اي شي گرا براي مديريت ناوگان حمل و نقل

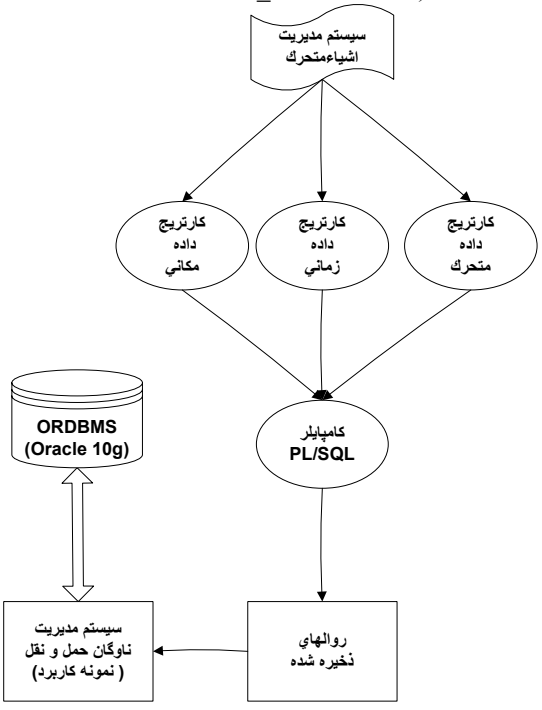
شركت‌هاي بزرگ باربري و حمل و نقل نيازمند يك راه‌حل مناسب براي مديريت مسيرهاي حركت و جابجايي كاميون‌هاي حامل كالاهاي تجاري خود هستند.

براي اينگونه شركت‌ها علاوه بر اينكه موقعيت جاري و آرايش كاميون‌هايشان مهم است، برنامه ريزي و زمان بندي مسير آتي كاميون هاي نيز از اهميت ويژه اي برخوردار است. در كل توانايي مدل سازي و تحليل آرايش مكاني- زماني كاميون‌ها و فعاليت‌هاي اينگونه شركت‌ها

يك نياز اساسي براي تصميم‌گيرندگان و مديران آن‌هاست. در اين بخش به منظور بيان قدرت عالي و كاربردي بودن سيستم ارائه شده، يك نمونه از كاربردهاي سيستم جهت تحليل مكاني- زماني و مديريت كاميون‌هاي حامل كالا ارائه گرديده است.

در شكل (۳) معماري سيستم مديريت كاميونها به عنوان نمونه‌اي ازكاربردهاي سيستم ارائه شده است. در اين نمونه كاربردي به منظور مديريت كاميونهاي حامل كالا دو سري جداول پايگاه داده رابطه‌اي- شئ‌گرا به سيستم اضافه گرديده است. گروه اول از جداول شامل رابطه‌هايي است كه محيطي را كه كاميون ها بر روي آن در حركتند را به صورت توپولوژيكي تعريف مي‌كند. اين جداول از طريق وارد نمودن اطلاعات مكاني و نقشه ها به سيستم توليد مي‌گردند. بدين منظور ابتدا نقشه هاي موجود از طريق shp2sdo به فرمت قابل قبول براي اوراكل تبديل شده سپس در محيط اوراكل جداول توليد و داده ها از طريق SQL * Loader فراخواني گرديده اند[۱۱]. جداول مرتبط با اطلاعات مكاني در زير آورده شده اند.

PROVINCE (PROVINCE_ID: NUMBER, AREA: NUMBER, PERIMETER: NUMBER, OSTAN_NAME: VARCHAR2, CODE: NUMBER, GEOM: MDSYS.SDO_GEOMETRY)



شكل ۳: معماري سيستم مديريت كاميونها.

ROAD (ROAD_ID: NUMBER, LENGTH: NUMBER, ROADTYPE1: VARCHAR2, DISTANCE: NUMBER, RELATED: NUMBER, KEY: VARCHAR2 GEOM: MDSYS.SDO_GEOMETRY)
CITIES (CITY_ID:NUMBER, ELEVATION: NUMBER, FCODE: VARCHAR2, GPSX: VARCHAR2, GPSY: VARCHAR2, GPSZ: NUMBER, C_NAME: VARCHAR2, GEOM: MDSYS.SDO_GEOMETRY)
FUELST (FUELST_ID: NUMBER, ELEVATION: NUMBER, FCODE: VARCHAR2, GPSX: VARCHAR2, GPSY: VARCHAR2, GPSZ: NUMBER, GEOM: MDSYS.SDO_GEOMETRY)
POLICE (POLICE_ID: NUMBER, ELEVATION: NUMBER, FCODE: VARCHAR2, GPSX: VARCHAR2, GPSY: VARCHAR2, GPSZ: NUMBER, GEOM: MDSYS.SDO_GEOMETRY)
TERMINALS (TERMINAL_ID: NUMBER, ELEVATION: NUMBER, FCODE: VARCHAR2, GPSX: VARCHAR2, GPSY: VARCHAR2, GPSZ: NUMBER, GEOM: MDSYS.SDO_GEOMETRY)

در اين جداول، PROVINCE مجموعه اي از پلي‌گون‌هايي است كه قلمرو استان ها ي جنوب غربي و مركزي ايران را در بر دارد. جدول رابطه اي ROAD مجموعه خطوطي است كه جاده هايي را كه كاميون ها بر روي آن ها در حركتند تعريف مي كند. بقيه رابطه ها شامل مكان سايت هاي مشخص از جمله ايستگاههاي پمپ بنزين، مراكز شهري، ايستگاههاي پليس و ... مي باشند.

سه جدول ديگر از جداول رابطه اي- شئ‌گرا به سيستم اضافه گرديده است كه عبارتند از [۱۱] :

Truck (company: Varchar2, id: Varchar2, type: Varchar2, route: Moving_Point)
Weather (name: Varchar2, kind: Varchar2, extent: Moving_Polygon)
Truck_Companies (company: Varchar2, trucks: Moving_Collection)

صفت هاي Company و id در رابطه Truck معرف مسيري است كه كاميون ها، كه به عنوان نقطه متحرک در نظر گرفته شده‌اند، بر آن‌ها در حركتند. صفت Type براي هر كاميون نوع كاميون را مشخص مي‌كند. در رابطه Weather اطلاعات آب و هوايي كه زمان بندي مسير كاميون را تحت تاثير قرار مي دهد ثبت مي گردد همانند توفان، برف، رگبار و... . صفت extent، ناحيه متغير در

طول زمان را براي اينگونه پديده هاي آب و هوايي تعريف مي نمايد.

تحليل و گرفتن پرسش از پايگاه داده رابطه‌اي-شئ‌گرا براي كاميون‌ها

در اين بخش چند نمونه از پرسش‌هاي مكاني-زماني كه براي تحليل اطلاعات كاميون‌ها ضروري به نظر مي‌رسد آورده شده است.

- فاصله كاميون ۱۰۰ از شركت A تا استان خوزستان چقدر است؟

با استفاده از دو نوع هندسه داده مكاني، يكي Moving–Point براي كاميون و ديگري SDO–Geometry براي قلمرو خوزستان، از طريق تعيين تقاطع بين مسير طي شده توسط كاميون شماره ۱۰۰ و قلمرو خوزستان مي توان به اين Query پاسخ داد. اين Query را مي‌توان تنها از طريق عملگرها ی مكاني ارائه شده توسط اوراكل پاسخ گفت. اساساً پاسخ اين Query نتيجة تصوير يک نقطه متحرك در يك محدودة مكاني مشخص است.

- زمان خروج از مبداء و ورود به مقصد كاميون ۱۰۰ از شركت A چيست؟

در اين Query هدف محاسبة زمان شروع و خاتمة مسير يك Moving–Point است. اين نقطه بر يک محور زماني پيوسته تصوير مي گردد. زمان ترک كاميون مي تواند از ثانيه شروع دوره زماني اول يک المان زماني و زمان ورود آن از ثانيه پاياني آخرين دوره زماني المان محاسبه گردد.

- ارائه چندين گزينه به راننده كاميون ۱۰۰ از شركت A به منظور سوخت‌گيري در ۵۰ كيلومتر آينده.

در اين مثال توانايي سيستم براي پاسخ گويي به پرسشهاي كه احتياج به پاسخ فوري و به روز دارند مشخص شده است و در آن وضعيت و نيازهاي كنوني سيستم با استفاده از توابع تعريف شده بررسي مي گردد.

- در چه دوره زماني كاميون شماره ۱۰۰ در توفان B قرار مي گيرد؟

اين Query نشان مي دهد كه يک Moving Type مي تواند در يک Moving Type ديگر محصور شود. اين عملگر يک رشته متغير در طول زمان را براي هر لحظه بر مي گرداند كه تعيين كننده ارتباط بين اين دو نوع شي متحرک است.

- در چه زمان و مكاني كاميون ۲۰۱ از شركت B وارد قلمرو اصفهان مي گردد؟

در اين مثال چگونگي محدود شدن يک Moving Type در يک منطقه جغرافيايي ثابت با بهره‌گيري از پرس و جوهای سيستم ارزيابي مي گردد.

- چه تعداد كاميون از شركت A هم اكنون در و يا به سمت محدوده تهران حركت مي كنند؟

اينQuery قابليت ويژه‌اي كه از طريق كارتريج داده زماني (TLL) و كارتريج داده متحرک بهPL/SQL اضافه گرديده است را ارائه نمايد. روش پاسخگويي به اين Query از طريق نوع خاصي از دستورات SQL است كه از رابطه Truck مقاديري را شمارش مي كند. در اين مورد كاربر تعداد كاميون هايي را كه در تهران حركت مي كنند جستجو مي نمايد.

نتيجه گيري

براساس تحقيق انجام شده نتايج فوق حاصل گرديد:

- پايگاه داده اوراكل به منظور توسعه قا بليتهای مديريت داده هاي مكاني- زماني به عنوان بهترين انتخاب پيشنهاد مي گردد. DB2 و SQL server به عنوان گزينه هاي بعدي پيشنهاد مي شوند.
- سيستم ارائه شده مي تواند به عنوان سيستمي كه توانايي پاسخگويي به نيازهاي اساسي جهت مديريت داده هاي مكاني- زماني را دارد در نظر گرفته شود.
- مدل سازي، آناليز و تحليل اشياء متحرک قابليت اساسي سيستم ارائه شده مي باشد.
- قابليت هاي زماني سيستم از طريق كتابخانه توابع زماني به عنوان يک كار ترجح داده زماني تامين مي‌گردد.
- نمايش يكه از انواع هندسه مكاني اعم از متحرك و ثابت[۳۰] ، باعث افزايش انعطاف پذيري و قابليت استفاده Moving Type ها و اشيا مكاني مي شود.
- سيستم كليه Query هاي مرتبط به آينده، گذشته و حال را پشتيباني مي نمايد.
- سيستم راه حلي براي برخي مسائل و مشكلات مربوط به مديريت حجم عظيم داده، به عنوان نمونه در

سیستم هاي مـديريت ناوگـان حمـل ونقـل، را ارائـه مي‌نمايند.

پیشنهادات و کارهاي آینده

به دليل اينكه سيستم ارائه شـده در ايـن تحقيـق تنها اشياء مكاني دو بعـدي و تغييـرات و حركـت اينگونـه عوارض در صفحه كارتزين دو بعدي را درنظـر مـي گيـرد، نياز است كه تحقيق بيشتري به منظور ارائه روشـي بـراي مدلسازي سطوح سه بعدي و اشياء مكاني سه بعدي كه در زمان تغيير مي كنند ارائه گردد.

همچنين، با توجه به اينكه در سيستم ارائـه شـده تنها Query هاي به فرمت نوشتاري حمايت مي شود و نيز جواب Query ها نيز به صورت نوشتاري بـراي كـاربر ارائـه مي گردد، لذا نياز است تحقيق بيشتري به منظور طراحـي يک واسط كاربر گرافيكي مناسـب و افـزايش قابليـت‌هـاي نمايشي سيستم انجام گردد.

روش‌هاي اندكس گذاري و مباحث مرتبط با دقـت و صحت سيـستم و رونـد بـه‌روزرسـاني داده هـا مبـاحثي هستند كه بايد به عنوان اقدامات آينده براي تكميل پايگاه داده اشياء مكاني- زماني در نظر گرفته شوند.

تشکر و قدر داني

بدين وسيله از آقاي دكتر پليكس (Pelekis) و آقاي پروفسور تئودوليـديس (Theodoulidis) از بخـش علـوم و تكنولوژي دانشگاه منچستر كه كمک شاياني در انجام ايـن تحقيق و نيز تهيه كدهاي مـورد نيـاز سيـستم نمـوده‌انـد تشكر و قدرداني مي شود.

مراجع

1 - Ott, T. and Swiaczny, F. (2001). *Time-Integrative Geographic Information Systems*. Springer-Verlag Berlin.

2 - Alesheikh, A., Blais, J. A. R., Chapman, M. A. and Karimi, H. (1999). "Rigorous geospatial data uncertainty models for GIS." in *Spatial Accuracy Assessment: Land Information Uncertainty in Natural Resources*, Chapter 24. Edited by: Kim Lowell and Annick Jaton. Ann Arbor Press, Michigan, USA.

3 - Glaucia, F., Medeiros, C. B. and Nascimento, M. A. (1998). "An extensible framework for spatio-temporal database applications." *A TIMECENTER Technical Repor*.

4 - Dodge, S. (2005). *Evaluating and Extending Spatio-Temporal Database Functionalities for Moving Objects*, M.Sc Thesis, Department of GIS Engineering, K.N.T. University of Technology.

5 - Sistla, P., Wolfson, S. O. and Dao, C. S. (1997). "Modeling and querying moving objects." *Proceedings of the Thirteenth International Conference on Data Engineering (ICDE13)*, Birmingham, UK.

6 - Pelekis, N., Theodoulidis, B., Kopanakis, I. and Theodoridis, Y. (2005). "Literature review of spatio-temporal database models." *Knowledge Engineering Review*.

7 - Pelekis, N. (2002). *STAU: A spatio-temporal extension to ORACLE DBMS*, PhD Thesis, UMIST, U.K.

8 - Pelekis, N., Babis Theodoulidis, Yannis Theodoridis, Ioannis Kopanakis, (2005). *An Oracle Data Cartridge for Moving Objects*, UMIST, U.K.

9 - Oracle10g Release 1, (2003). *Oracle Data Cartridge Developer's Guide*, Part No. B10800-01.

10 - Greenwald, R., Stackowiak, R. and Stern, J. (2004). *Oracle Essentials, Oracle Database*, 10g: 3rd Edition. ISBN: 0-596-00585-7.

11 - Roshannezhad, A. (1996). *The Management of Spatio-Temporal Data in a National Geographic Information System*, PhD Dissertation. ITC, The Netherlands.

12 - Xiaofeng M. and Ding, Z. (2003). "DSTTMOD: A discrete spatio-temporal trajectory based moving object database system." *DEXA2003, LNCS 2736*, Springer Verlag.

13 - Alesheikh, A., Oskouei, A.K., Atabi, F. and Helalim H. (2005). "Providing interoperability for air quality in-situ sensors observations using GML technology." *International Journal of Environmental Science and Technology,* Vol. 2, No 2, PP. 133-140.

واژه های انگلیسی به ترتیب استفاده در متن

1 - Moving Objects
2 - Spatio-Temporal Queries
3 - Triggers
4 - Past Queries
5 - At present Queries
6 - Future Queries
7 - K-Nearest Neighbor
8 - www.databasejournals.com www.rocket99.com
9 - Interface
10 – High performance
11 - VLDB (Very Large Database)
12 - Open database Connectivity, Java Database Connectivity
13 - Extensible Markup language
14 - Procedural
15 - Oracle Spatial
16 - Indexing
17 - Oracle Enterprise
18 - Procedures
19 - Unit Moving Type
20 - Valid Time
21 - Temporal Literal Library
22 - Object Type
23 - Interval
24 - User Defined Temporal Type
25 - Spatio-Temporal Object Type
26 - Base Type
27 - Pure Temporal
28 - Pure Spatial Type
29 - Moving Type
30 - Sliced Representation
31 - Simple Function
32 - Composition
33 - Rate of Change