

# بکارگیری نظریه تلفیق اطلاعات در کشف اتوماتیک تغییرات مکانی ساختمان‌ها در پایگاه اطلاعات مکان مرجع شهری

## بهزاد مشیری

استاد قطب علمی کنترل و پردازش هوشمند - دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر - پردیس  
دانشکده های فنی - دانشگاه تهران

## فرهاد صمدزادگان

استادیار گروه مهندسی نقشه‌برداری - پردیس دانشکده های فنی - دانشگاه تهران

## رحیم علی عباسپور

دانشجوی دکتری گروه مهندسی نقشه‌برداری - پردیس دانشکده های فنی - دانشگاه تهران

## سارا سعیدی

فارغ التحصیل کارشناسی ارشد گروه مهندسی نقشه‌برداری - پردیس دانشکده های فنی - دانشگاه تهران

(تاریخ دریافت ۸۴/۱/۳۱، تاریخ دریافت روایت اصلاح شده ۸۴/۹/۵، تاریخ تصویب ۸۴/۱۱/۱۵)

## چکیده

رشد فزاینده تغییرات ساختمانها در مناطق شهری به ویژه در کشورهای در حال توسعه، نیاز به روشی مؤثر و کارآمد جهت اطلاع از تغییرات به منظور مدیریت و بهنگام‌کردن پایگاه‌داده‌های مکانی شهری را ایجاب می‌کند. با این وجود، اغلب روشهای اتوماتیک موجود در این زمینه از تکنیک‌های پارامتریک استفاده کرده و ویژگیهای فازی عوارض و اشیا در آنها نادیده گرفته می‌شود. از اینرو روشهای مذکور، پیچیدگی‌های موجود در کشف تغییرات را در عمل در نظر نگرفته و در نبل به سطح اعتمادپذیری قابل قبول در شرایط پیچیده با مشکلات عدیده‌ای مواجه می‌گردند. در این تحقیق، یک روش کارآمد به منظور حل و یا کاهش مشکلات مطرح در این زمینه در قالب یک استراتژی بر مبنای بکارگیری همزمان داده‌های مختلف موجود از منطقه به کمک یک سیستم استنتاج نوروفازی، ارائه گردیده‌است. به منظور ارزیابی فرآیند پیشنهادی جهت کشف اتوماتیک تغییرات مکانی بر مبنای مفاهیم تلفیق اطلاعات، تستی بر روی مجموعه داده‌های شهر رشت انجام گرفت. نتایج حاصل از بکارگیری روش پیشنهادی در تعیین میزان تغییرات در یک منطقه شهری بیانگر توانایی بالای این روش می‌باشد.

**واژه های کلیدی:** تلفیق اطلاعات، استنتاج فازی، شبکه نوروفازی، کشف تغییرات، سیستم اطلاعات مکانی (GIS)

## مقدمه

با ارائه نسل جدید تصاویر ماهواره‌ای با قدرت تفکیک بالای در حد یک متر و کمتر، افق جدیدی در زمینه کشف اتوماتیک تغییرات و بهنگام‌سازی پایگاه داده‌های مکانی گشوده شده‌است. از اینرو، در چند سال اخیر، این موضوع در زمره یکی از موضوعات عمده مورد علاقه بسیاری از پژوهشگران در گرایشهای سنجش از دور و سیستم‌های اطلاعات مکانی قرار گرفته است [۲۳، ۲۲، ۱۸، ۴، ۲].

## مروری بر تحقیقات انجام شده

در زمینه کشف اتوماتیک تغییرات به‌ویژه در بخش ساختمان، پژوهشهای عمده‌ای در سالهای اخیر در

نرخ بالا و روزافزون تغییرات مکانی در بافت شهری به ویژه در کشورهای در حال توسعه، نیاز به یافتن تکنیکی کارآمد، سریع و قابل‌اعتماد جهت مدلسازی و مدیریت این تغییرات به ویژه با هدف بهنگام‌سازی پایگاه‌داده مکان‌مرجع در سیستم‌های اطلاعات شهری را ایجاب می‌کند [۲، ۴]. با این وجود در عمل، بیشتر فرآیندهای آنالیز تغییرات، مبتنی بر روشهای سنتی نظیر کشف دستی تغییرات بر روی صفحه نمایش با مقایسه دو منبع توسط عامل انسانی می‌باشد که اغلب فرآیندی پرهزینه، زمانبر و وابسته به تخصص شخص خبره می‌باشد [۲، ۲۳].

پروژه دیگری در دانمارک بر روی بهنگام‌سازی نقشه‌های پایگاه‌داده توپوگرافی TOP10DK این کشور جهت کشف تغییرات انجام گرفت [۱۵]. این پروژه از سه بخش اصلی آماده‌سازی، طبقه‌بندی و کشف تغییرات به صورت تکراری تشکیل شده و در آن از داده‌های متفاوتی نظیر پایگاه‌داده مکانی، تصاویر رنگی و مادون قرمز نزدیک و مدل رقومی زمین و ارتفاعی استفاده شده است. در این روش نیز تمرکز بر روی استخراج سه دسته از ساختمانها یعنی ساختمانهای از بین رفته، جدید و تغییر یافته بود. نتایج حاصل از اعمال این روش بر روی داده های تست نشان داد که تنها ۵۰٪ تغییرات واقعی توسط الگوریتم شناسایی گردیده بود [۱۵].

در حال حاضر، پروژه ای با عنوان کشف تغییرات در زیرگروه سوم گروه تحقیقاتی داده‌های مکانی اروپا (EuroSDR) در حال انجام است. تمرکز اصلی در این پروژه بر روی مقایسه روشهای متعدد موجود در کشف تغییرات و توسعه روشهایی جهت ادغام نقشه‌های تغییرات در فرآیند بهنگام‌سازی می‌باشد [۶].

با بررسی روشهای فوق الذکر مشاهده می‌گردد که در عمل اغلب این روشها قادر به استفاده همزمان و کارا از منابع مختلف اطلاعات نبوده و علاوه بر این، در روندهای مختلف تصمیم‌گیری از تکنیک‌های پارامتریک استفاده کرده و ویژگیهای فازی اشیا و امکان یادگیری در آنها نادیده گرفته شده است [۴]. بدین جهت، روشهای مذکور پیچیدگیهای موجود در کشف تغییرات را به حساب نیاورده و در نیل به سطح اعتمادپذیری قابل قبول در شرایط پیچیده با مشکلات عمده‌ای مواجه می‌باشند.

در این پژوهش، سیستمی که تمامی ویژگیهای فوق‌الذکر را در یک راه حل جامع به منظور کشف تغییرات مکانی در برمی‌گیرد، طراحی و پیاده‌سازی گردیده است. روش بکار گرفته شده بر مبنای تلفیق همزمان اطلاعات و منطق‌ها استوار است؛ بدین ترتیب که از تلفیق اطلاعات به منظور اعمال ویژگیهای چندسطحی اشیا و از تلفیق منطق‌ها به منظور بارسازی آموزش و افزایش توان بازشناخت سیستم استفاده گردیده‌است. در ادامه، ابتدا مبانی مطرح در تلفیق اطلاعات و منطق‌ها بیان گردیده و سپس بر مبنای آنها مشخصات روش پیشنهادی ارائه می‌گردد.

سطح جهان انجام گرفته یا در حال انجام است. در این بخش مروری بر اهم این تحقیقات ارائه می‌گردد.

در آلمان، در دانشگاه اشتوتگارت، پروژه‌ای برای بهنگام‌سازی اشیا و عوارض GIS پایگاه داده ATKIS با بکارگیری داده‌های سنجش از دور تعریف و به انجام رسید [۱۶]. در این پژوهش ابتدا، با بکارگیری داده‌های آموزشی که به صورت اتوماتیک استخراج شده‌بودند، طبقه‌بندی با ناظر به روش بیشترین احتمال<sup>۱</sup> بر روی تصاویر انجام گرفت. از داده‌های GIS موجود جهت محاسبه ماسک پیکسلی برای هر کلاس از اشیا استفاده گردید. جهت کشف ناهمگونی بین داده‌های GIS و سنجش از دور، سیستم طبقه‌بندی با داده‌های GIS تناظریابی<sup>۲</sup> شدند. در مواجهه با دو دسته عوارض خطی و سطحی، روش‌های متفاوتی بکار گرفته‌شد. به عنوان مثال، در مورد عوارض سطحی نظیر ساختمانها، به مقایسه داده‌های ATKIS و تصاویر سیستم DPA پرداخته شد. در نهایت، فرآیند کشف تغییرات منتهی به تولید نقشه تغییرات شد که اشیا در آن به سه کلاس بدون تغییر، تغییر محتمل و تغییر یافته تقسیم‌بندی شدند [۲۱، ۱۶]. از آنجائیکه در این پژوهش صرفاً از یک نوع تصویر استفاده گردیده‌بود، لذا مشکلاتی در نتایج حاصل از تشخیص عوارض سطحی ناهمگون با بافت متفاوت مطرح بود.

در سوئیس، پروژه‌ای با عنوان ATOMI به‌صورت مشترک بین دانشگاه ETH زوریخ و اداره فدرال توپوگرافی با هدف بهنگام‌سازی تقریباً اتوماتیک داده‌های برداری جاده‌ها و ساختمانها در نقشه‌های ملی VECTOR25 (که در مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ می‌باشند) جهت بهبود دقت مسطحاتی این داده‌ها تعریف و اجرا گردید [0،0]. در این پروژه، از طیف بیشتری از داده‌ها شامل تصاویر هوایی رنگی، مدل رقومی ارتفاعی با قدرت تفکیک بالا و مدل رقومی سطح استفاده گردید. جهت کشف تغییرات در ساختمانها، ابتدا با تقریب، حدود ساختمانهای موجود از نقشه‌های برداری استخراج و بر روی تصاویر همپوشانی گردید. سپس بر اساس اطلاعات مدل رقومی سطح و همچنین خوشه‌بندی تصاویر چند طیفی به روش K-means به بهبود یا تشخیص ساختمانهای جدید پرداخته شد. مقایسه نتایج حاصل با داده های واقعی نشان داد که ۸۹٪ از ساختمانهای موجود در تصویر کشف شده بودند [۱۴].

## تلفیق اطلاعات

در سالهای اخیر، توجه روزافزونی بر روی مسأله تلفیق اطلاعات تولید شده از منابع و سنجنده‌های مختلف به منظور افزایش قابلیت‌ها و تواناییهای سیستم‌های هوشمند معطوف گردیده است [۱۳]. تکنیک‌های تلفیق اطلاعات، داده‌های اخذشده توسط سنجنده‌های مختلف به همراه اطلاعات مربوطه را با هدف حصول به استنتاج بهتر و مشخص‌تر از آنچه که با بکارگیری هر یک از اطلاعات به شکل منفرد و مستقل بدست می‌آید، با یکدیگر ترکیب می‌کنند. از این رو، موضوع تلفیق اطلاعات، یکی از موضوعات مورد علاقه پژوهشگران در چند سال اخیر بوده است [۱، ۸، ۲۰، ۲۳].

تلفیق اطلاعات، مفهومی گسترده را در برمی‌گیرد و بدین جهت بیان تعریف دقیق از آن دشوار است. در ادبیات فنی مربوطه، تعاریف متعددی بر اساس زمینه کار از مفهوم تلفیق اطلاعات ارائه گردیده است [۱۲، ۱۹، ۱۰، ۹، ۱۸]. از بین آنها، یکی از تعاریف جامع توسط دسارتی<sup>۲</sup> به صورت زیر بیان شده است [۳]:

”تلفیق داده‌ها دلالت بر ترکیب افزایشی<sup>۴</sup> از اطلاعات بدست آمده از منابع متعدد دانش نظیر سنجنده‌ها به منظور فراهم ساختن درک صحیح و بهتر از موضوع مورد بحث دارد.“

تلفیق اطلاعات، با اهداف مختلفی ممکن است انجام گیرد، اما این فرآیند، اغلب به منظور ارزیابی یا برآورد حالت فیزیکی موجودیتها نظیر شناسه، اطلاعات توصیفی، فعالیت، مکان و حرکت در طول بازه‌ای از زمان انجام می‌گیرد. هرچند ارائه مفهوم تلفیق به شکل فعلی آن موضوعی جدید به شمار می‌رود، لیکن با دید عام به مسأله، موضوع تلفیق اطلاعات، چندان جدید نیست. انسان در کنار سایر حیوانات به عنوان یک سیستم، از تلفیق آنی اطلاعات حاصل از سنجنده‌های مختلف موجود نظیر چشم، گوش و اندام حسی به اتخاذ تصمیم مناسب در شرایط مختلف می‌پردازند [۸].

موضوع تلفیق اطلاعات در برخی از موضوعات مرتبط با داده‌های مکان مرجع نظیر سیستم‌های پشتیبانی تصمیم‌گیری مکانی<sup>۵</sup> نقش بسزایی بازی می‌کند. در سیستم‌های اطلاعات مکانی<sup>۶</sup>، که ادغام، تلفیق و همپوشانی لایه‌های مختلف اطلاعات مکانی به عنوان هسته اصلی و وجه تمایز آن از سایر سیستم‌های اطلاعاتی

می‌باشد، مفهوم تلفیق، جایگاه ویژه و نقش اصلی را دارا می‌باشد [۲۳]. از جمله بارزترین کاربردهای تلفیق اطلاعات در این سیستم‌ها، می‌توان به سیستم‌های چندعاملی<sup>۷</sup> اشاره نمود که با تلفیق اطلاعات ادراکی حاصل از طریق سنجنده‌های هر عامل از محیط پیرامون خود، می‌توان به مدل محاسباتی بهتر و کامل‌تری دست یافت.

یکی از مسائل مطرح در زمینه تلفیق اطلاعات، تعیین نحوه تلفیق اطلاعات می‌باشد. بسته به سطحی که تلفیق در آن انجام می‌گیرد، اغلب این فرآیند به سه سطح به نام سطح داده (سطح پائین)، سطح عارضه (سطح متوسط) و سطح تصمیم‌گیری (سطح بالا) تقسیم‌بندی می‌شود [۸، ۱].

در تلفیق در سطح داده، مکانیزم ترکیب مستقیماً بر روی داده‌های حاصل از خروجی سنجنده‌ها کار می‌کند. به عبارت دیگر، در این نوع تلفیق، پیش از انجام هر نوع آنالیزی، داده‌های سنجنده‌های مختلف موجود با یکدیگر تلفیق می‌گردند و مراحل استخراج مشخصه‌ها و تشخیص اشیا بر مبنای داده‌های ترکیب شده انجام می‌گیرد.

از سوی دیگر، تلفیق در سطح عارضه، بر روی عوارض مستخرج از داده‌های سنجنده یا عوارض حاصل از منابع مختلف اطلاعاتی کار می‌کند. به عبارت دیگر، در این نوع تلفیق، روند استخراج مشخصه‌های توصیفی در رابطه با اطلاعات هریک از سنجنده‌ها بصورت مجزا انجام پذیرفته و در مرحله بعد نسبت به تشخیص عوارض بر مبنای آنالیز همزمان مشخصه‌های توصیفی سنجنده‌های مختلف اقدام می‌گردد. فرآیند تشخیص در این حالت، شامل تکنیک‌هایی از قبیل روش‌های دانش‌منا (نظیر سیستم‌های خبره و منطق فازی) یا روش‌های یادگیری‌منا (نظیر تئوری بیزین<sup>۸</sup> و شبکه‌های عصبی) می‌باشد. تلفیق در سطح تصمیم‌گیری، در سطح بالاتری کار کرده و به ترکیب و تلفیق تفاسیر و استنتاج‌های حاصل از اشیا یا سنجنده‌های مختلف می‌پردازد. در این نوع تلفیق، روند استخراج مشخصه‌های توصیفی و تشخیص اشیا در رابطه با اطلاعات هریک از سنجنده‌ها بصورت مجزا انجام پذیرفته و در مرحله بعد بر مبنای بکارگیری تکنیک‌هایی از قبیل تئوری بیزین یا روش دهمپستر-شفر<sup>۹</sup> که حالت تعمیم‌یافته تئوری بیزین است، نسبت به حل همزمان عدم قطعیت سطح بالای موجود در نتایج هریک از سنجنده‌ها اقدام می‌گردد.

روند تصمیم‌گیری در روش استنتاج فازی از پنج مرحله فازی‌سازی متغیرهای ورودی، استفاده از عملگرهای فازی (AND/OR) در قسمت شرط قضیه، دلالت شرط بر نتیجه، تجمع نتایج در قواعد و نافازی‌سازی تشکیل گردیده است [۱۱]. فرآیند استنتاج فازی با ذخیره مؤلفه‌های ضروری در پایگاه‌دانش و انجام استدلال به منظور استنباط نتایج تشخیصی کلی، نحوه تفکر و استنتاج شخص خبره را مدلسازی می‌کند. اما همانگونه که مشخص است، تعریف ویژگی‌های قابل استخراج اشیا از دنیای واقعی مسأله‌ای کلیدی و پیچیده است. لذا، نیاز به سازگاری جهت تعیین بهینه توابع عضویت و قواعد بنا بر پیچیدگی‌های کاربرد مورد نظر احساس می‌شود.

از آنجاییکه آموزش بر مبنای مجموعه داده‌های ورودی-خروجی یکی از ویژگی‌های شناخته شده و اساسی شبکه‌های عصبی مصنوعی می‌باشد، در سالهای اخیر، تحقیقات وسیعی پیرامون تلفیق دو منطق فکری سیستم‌های استنتاج فازی و شبکه‌های عصبی مصنوعی در حال انجام است (برای مروری جامع به [۱۱] مراجعه گردد).

یک سیستم تلفیقی نوروفازی از ویژگی‌های هر دو سیستم شبکه‌های عصبی مصنوعی (که امکان یادگیری از طریق نمونه‌ها را دارا بوده و امکان بهینه‌سازی سیستم را از طریق مجموعه داده‌های ورودی-خروجی فراهم می‌سازند) و سیستم‌های فازی (که دارای ویژگی‌هایی همچون نمایش معنی‌دار، دانش کدگذاری و استنتاج از طریق قواعد اگر-آنگاه می‌باشند) برخوردار است.

راجر جَنگ<sup>۱۰</sup> کلاسی از شبکه‌های عصبی مصنوعی را پیشنهاد داد که از نظر عملکرد معادل با سیستم‌های استنتاج فازی می‌باشند و آنها را ANFIS نامید که مخفف اصطلاح سیستم استنتاج فازی بر مبنای شبکه انطباقی<sup>۱۱</sup> می‌باشد [۱۷]. شبکه انطباقی، شبکه‌ای چند لایه از نوع پیش‌خور در ترکیب با الگوریتم یادگیری از نوع پس انتشار گرادیان نزولی می‌باشد [۱۷، ۱۱]. از نقطه‌نظر ساختاری، شبکه نوروفازی (شکل ۱) یک شبکه چند لایه‌ای پیش‌خور است که در آن هر گره<sup>۱۲</sup> یک عمل خاص (کنش گره) را روی سیگنال‌های دریافتی بر اساس مجموعه پارامترهایی که به این گره متعلقند، انجام می‌دهد. ماهیت عملکرد گره‌ها، می‌تواند از یک گره به گره

مزایای بالقوه متعددی را می‌توان برای تلفیق اطلاعات در سطوح مختلف آن برشمرد. از آن جمله می‌توان به افزونگی اطلاعات، تکمیل اطلاعات، کاهش زمان و هزینه اشاره داشت [۱].

**افزونگی اطلاعات:** با بکارگیری اطلاعات از چندین منبع (یا از یک سنجنده در طول بازه‌های زمانی مختلف) اطلاعات افزوده حاصل خواهد آمد. تلفیق این اطلاعات باعث کاهش میزان عدم قطعیت سراسری شده و بدین ترتیب، صحت درک عوارض توسط سیستم بالا می‌رود. **تکمیل اطلاعات:** با داشتن اطلاعات مکمل و بکارگیری تلفیق اطلاعات، این امکان فراهم است تا سیستم با ارزش افزوده نرم‌افزاری به درک عوارضی بپردازد که امکان آن با بکارگیری اطلاعات هریک از سنجنده‌ها به صورت مجزا و منفرد فراهم نیست.

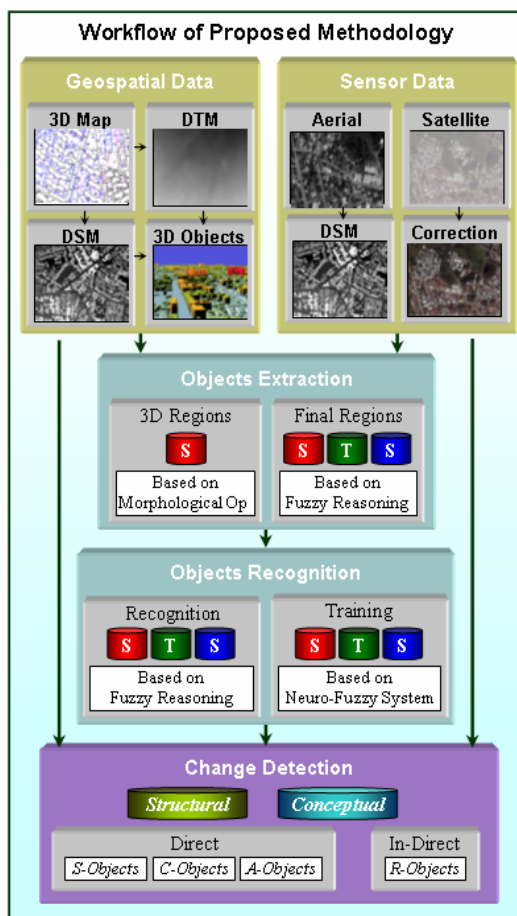
**کاهش زمان و هزینه:** با بکارگیری تلفیق اطلاعات می‌توان با بکارگیری سنجنده‌های ساده و ارزان در طول زمان به کارایی سنجنده‌های پیچیده و غنای اطلاعات دست یافته و بدین ترتیب هزینه بکارگیری سیستم پائین‌تر خواهد بود. به عبارت دیگر، زمانی که یک سنجنده برای درک یک عارضه نیاز دارد، از طریق پردازش موازی اطلاعات چندین سنجنده و تلفیق آنها، در مدت زمان کوتاه‌تری قابل حصول می‌باشد.

## تلفیق منطق‌ها

اگرچه بکارگیری همزمان مشخصه‌های گوناگون حاصل از سنجنده‌های مختلف، ابزاری مؤثر در تشخیص اشیا می‌باشند، با اینحال در عمل، مشکل اساسی، ناتوانی روش‌های پارامتریک موجود در تلفیق واقع‌گرایانه و قابل‌اعتماد شرایط به منظور اتخاذ تصمیم می‌باشد. روش‌های متعددی در تلفیق پارامترهای توصیفی وجود دارد که از این بین، روش استنتاج فازی یکی از روشهایی است که با بکارگیری آن، می‌توان پارامترهای مؤثر در فرآیند تصمیم‌گیری را از طریق استراتژی استدلال شبیه به آنچه انسان انجام می‌دهد، با اعتمادپذیری بالایی انجام داد. این امر، با تعریف مفاهیم کلیدی این استنتاج یعنی متغیرهای زبانی، برجسب‌های زبانی و توابع عضویت حاصل می‌آید. در ادامه، فرآیند استنتاج فازی با بکارگیری مجموعه قواعد "اگر-آنگاه"، این امکان را فراهم می‌سازد تا بیان قواعد زبانی، رفتاری ریاضی از خود نشان دهند.

پیکسل در فضای چندطیفی و ساختار به شکل پارامترهای هندسی سه بعدی در فضای متناظر شیء تعریف می‌گردند. این سه پارامتر، فاکتورهای مهمی در فرآیند درک جامع بوده و لازمست تا به صورت همزمان به موتور تشخیص تزریق شوند

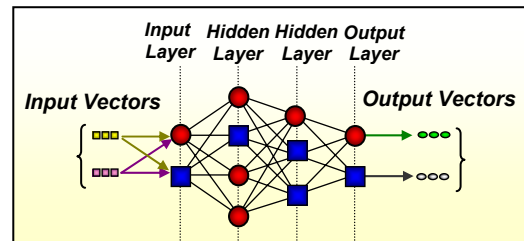
روند بکار رفته در مطالعه موردی جهت کشف اتوماتیک تغییرات مکانی همانگونه که در شکل (۲) نشان داده شده است، از سه فاز استخراج اشیا<sup>۱۵</sup>، تشخیص اشیا<sup>۱۶</sup> و کشف تغییرات تشکیل گردیده است.



شکل ۲: استراتژی بکار گرفته شده در مطالعه موردی به منظور کشف اتوماتیک تغییرات مکانی

**استخراج اشیا:** هدف از انجام محاسبات فرآیند استخراج، تعیین محدوده اشیا بر مبنای مشخصه‌های STS می‌باشد. در روش ارائه شده، در گام نخست، مدل سه بعدی سطح شیء تعیین گردیده و با استفاده از آن، نواحی سه بعدی اولیه که بیانگر کاندیداهای عوارض قابل تشخیص هستند، بر مبنای آنالیز مشخصه ساختاری استخراج می‌گردند. بر مبنای اطلاعات این نواحی و المانهای توجیه سنجنده،

دیگر فرق کند و انتخاب هر عملکرد گره به عملکرد ورودی-خروجی کلی بستگی دارد که شبکه تطابق پذیر ملزم به انجام آن است. پیوندهای موجود در شبکه تطابق پذیر فقط بیانگر جهت حرکت سیگنال‌ها در بین گره‌ها هستند و برخلاف شبکه‌های عصبی هیچگونه وزنی همراه با این پیوندها نیست.



شکل ۱: ساختار کلی شبکه‌های نوروفازی [۱۷].

به منظور نمایش نحوه عملکرد نودهای مختلف، عموماً از گره‌های دایره‌ای و مربع شکل در نمایش شبکه‌های تطابق پذیر استفاده می‌گردد. هر گره مربع شکل یا گره تطابق پذیر<sup>۱۳</sup> دارای پارامترهای تطبیقی بوده، حال آنکه یک گره دایره‌ای شکل یا گره ثابت<sup>۱۴</sup> فاقد پارامترهای تطبیقی است.

## روش پیشنهادی

به منظور مدل‌سازی تواناییهای انسان در درک و تشخیص عوارض و اشیا لازمست تا در یک سیستم جامع کشف تغییرات و بهنگام‌سازی پایگاه داده مکان مرجع شهری سه ویژگی عمده مدنظر قرار گیرد:

- تمامی مشخصه‌های اطلاعات توصیفی موجود برای یک شیء می‌بایست طی فرآیند تلفیق، به صورت همزمان مورد استفاده قرار گیرند؛
- فرمولاسیونی فازی جهت تعریف شیء می‌بایست تعبیه گردد؛
- لازمست به منظور بهبود نقایص ناشی از تعریف اشیا، امکانات یادگیری برای سیستم در نظر گرفته شود. این قابلیت، پتانسیل تشخیص در مواجهه با اشیای جدید و تعریف نشده را فراهم می‌سازد.

مهمترین پارامترهای توصیفی به منظور درک رفتار یک شیء در بینایی کامپیوتری سه مشخصه اطلاعات ساختاری، بافتی و طیفی (STS) می‌باشد [۷]. بافت به عنوان تغییرات شدت روشنایی پیکسل نسبت به پیکسل‌های همسایه، طیف به صورت میزان شدت روشنایی

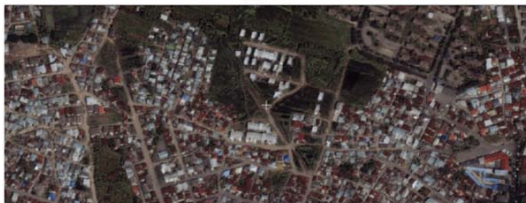
حذف شیء از روی نقشه زده می‌شود که مبین حذف شیء موجود در موقعیت نشان داده شده از پایگاه داده مکانی می‌باشد.

### نتایج عملی و ارزیابی

به منظور ارزیابی توانایی روش پیشنهادی نسبت به تعیین میزان تغییرات به وجود آمده در وضعیت ساختمانها در یک منطقه از شهر رشت بر مبنای نقشه‌های رقومی در مقیاس ۱:۱۰۰۰ شهر رشت به همراه تصویر pan-sharpen ماهواره ایکونوس و تصویر هوایی در مقیاس ۱:۴۰۰۰ از منطقه مورد نظر اقدام گردید (شکل ۳). نقشه‌های رقومی در سال ۱۳۷۳ از تصاویر هوایی در مقیاس ۱:۴۰۰۰ توسط سازمان نقشه‌برداری کشور تهیه شده است. تصویر ماهواره‌ای در خردادماه سال ۱۳۸۰ اخذ شده است. در طول فاصله هفت‌ساله بین تولید اطلاعات موجود بر روی نقشه رقومی و تصویر ماهواره‌ای اخذ شده، برخی تغییرات مکانی در عوارض سطح شهر رخ داده است.



الف



ب



ج

شکل ۳: منطقه مورد ارزیابی: نقشه توپوگرافی (الف)، تصویر ماهواره‌ای (ب) و تصویر هوایی (ج).

در فرآیند پیشنهادی، از بخش نخست داده‌ها (عکسهای هوایی و تصاویر ماهواره‌ای) به عنوان منابع داده جهت تولید مدل رقومی زمین و استخراج اطلاعات بافت و طیف استفاده گردیده است. اطلاعات متریک از تصاویر هوایی (به واسطه داشتن هندسه مستحکم) و داده‌های

نسبت به آنالیز همزمان مشخصات STS شیء (تلفیق اطلاعات) به منظور تشخیص نهایی محدوده اشیا اقدام می‌گردد.

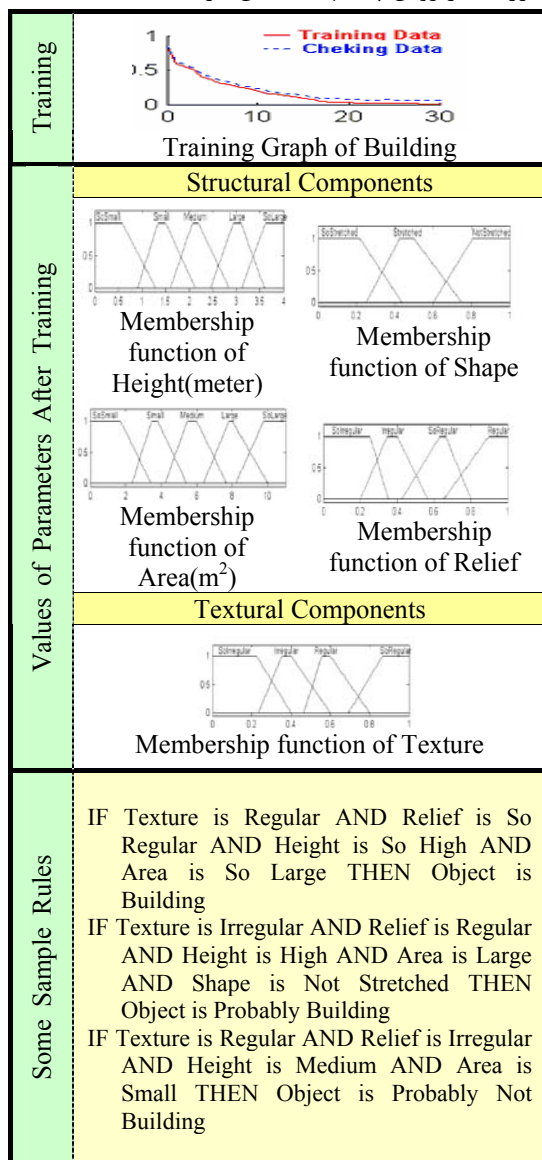
**تشخیص اشیا:** پس از استخراج محدوده اشیا، در این مرحله، ابتدا مشخصه‌های STS در این نواحی تعیین گردیده و در گام بعد، اطلاعات فوق در قالب یک سیستم استنتاج فازی به منظور تشخیص عارضه موردنظر بکار برده می‌شوند. با توجه به عدم امکان تعریف دقیق پارامترهای توابع عضویت در رابطه با برخی از اشیا، این پارامترها می‌توانند در قالب یک سیستم نوروفازی به منظور دستیابی به مقادیر تصحیح شده آنها و یادگیری اطلاعات جدید بکار برده شوند.

**کشف تغییرات:** فرآیند آماده‌سازی اطلاعات به همراه دو فاز نخست از فرآیند، دو مجموعه داده مختلف تولید می‌کند. مجموعه نخست، اشیا هستند که با استفاده از مشخصه‌های STS تشخیص داده شده‌اند. مجموعه دوم، اشیا هستند که با بکارگیری ابزار موجود در سیستم‌های اطلاعات مکانی از روی نقشه استخراج می‌گردند. این امر با انتقال اشیا تشخیص داده شده از فضای تصویر به موقعیت متناظر آنها در فضای نقشه حاصل می‌آید. پس از بدست آمدن این دو مجموعه داده، فاز کشف تغییرات آغاز می‌شود. در مقایسه دو مجموعه از اطلاعات با چهار حالت ممکن است مواجه شویم:

- شیء تشخیص داده شده در فضای تصویر با شیء متناظر در نقشه کاملاً مطابقت دارد،
- شیء تشخیص داده شده در فضای تصویر با شیء متناظر در نقشه مطابقت ندارد،
- هیچ عارضه‌ای در موقعیت متناظر شیء موجود در تصویر بر روی نقشه وجود ندارد،
- هیچ عارضه‌ای در موقعیت متناظر شیء موجود در نقشه بر روی تصویر وجود ندارد.

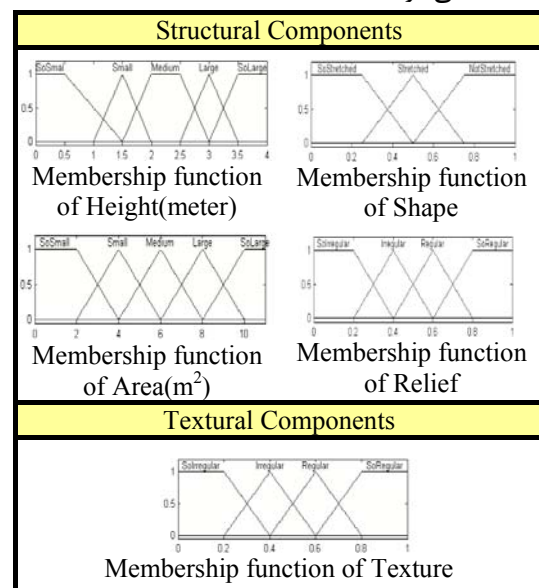
در حالت اول، شیء موجود بر روی نقشه به صورت تغییر نیافته برچسب می‌خورد. در حالت دوم، شیء موردنظر بر روی نقشه به صورت تغییر یافته برچسب می‌خورد و می‌بایست شیء قدیمی موجود در نقشه با شیء جدید جایگزین شود. در حالت سوم، شیء جدید بر روی نقشه در موقعیت مربوطه قرار می‌گیرد و می‌بایست شیء جدید به پایگاه داده مکانی اضافه گردد. در حال چهارم که نشان می‌دهد شیء قدیمی دیگر وجود ندارد، برچسبی مبنی بر

سیستم، ۲۰۰ نمونه از ساختمانها به عنوان مجموعه داده آموزشی و ۵۰ نمونه به عنوان مجموعه داده چک به گونه‌ای انتخاب گردید تا کلاسهای عوارض ساختمان را در برگیرد. بدیهی است که هرچه تعداد نمونه‌های آموزشی به منظور یادگیری بیشتر باشد، توابع عضویت کاملتر و جامع‌تری را می‌توان تعریف کرد و لذا فرآیند تشخیص قابل اعتمادتر خواهد بود. بر مبنای عملیات یادگیری اولیه، توابع عضویت تعدیل شده برای مشخصه‌های ساختاری و بافت مشخص گردیدند. این توابع در شکل (۵) به همراه منحنی همگرایی شبکه نشان داده شده‌اند. علاوه بر این در این شکل برخی از قواعد فازی مورد استفاده جهت تشخیص ساختمانها که در استنتاج بکاررفته در روش پیشنهادی بیان گردیده است.



شکل ۵: منحنی همگرایی شبکه، توابع عضویت تعدیل شده و برخی از قواعد فازی جهت تشخیص شی.

طیفی از تصاویر ماهواره‌ای (به واسطه گسترده‌ی اطلاعات طیفی آنها) استخراج می‌گردند. نوع دوم داده‌ها، پایگاه داده توپوگرافی شهری می‌باشد. در حالیکه تصاویر ماهواره‌ای و هوایی، اطلاعات جدید و تغییرات را در برمی‌گیرند، این داده‌ها، اطلاعات مرجع را به منظور تعیین تغییرات شهری فراهم می‌سازند. استراتژی معرفی شده در بخش پیشین، بر اساس تعریف کلاس عوارض و اشیا، توانایی کشف تغییرات در مورد تمامی کلاسها را دارا می‌باشد، اما با توجه به اینکه اغلب تغییرات رخ داده در سطح مناطق شهری به واسطه تغییر در ساختمانها می‌باشد، لذا تمرکز اصلی در این ارزیابی بر روی این کلاس از عوارض می‌باشد. از آنجائیکه این امکان وجود دارد که ساختمانها در تصویر، هر رنگ دلخواهی را داشته باشند، لذا مشخصه طیفی در محدوده مرئی طیف الکترومغناطیس برای این کلاس از اشیا در فرآیند تشخیص استفاده نگردد. توابع عضویت اولیه ایجاد شده برای مشخصه ساختاری شامل ارتفاع، شکل، مساحت و جایگاهی و مشخصه بافت برای کلاس ساختمان در شکل (۴) دیده می‌شود.



شکل ۴: توابع عضویت پدیدآمده برای مشخصه‌های ساختاری و بافت (ST).

از آنجائیکه توابع عضویت در ابتدا به حد کافی قابل اعتماد تعریف نمی‌شوند، لذا، سعی گردید با بکارگیری تکنیک نوروفازی که قابلیت یادگیری دارد، تا حد امکان این توابع بهبود داده شوند. برای عملیات یادگیری



براساس جدول (۱)، میزان شاخص‌های خطای حذف، خطای افزونگی، دقت سراسری و کاپا به ترتیب مقدار ۰/۴، ۰/۴، ۰/۹۱ و ۰/۸۷ بدست آمد. در مقایسه با نتایج حاصل از دیگر روشهای مطرح در این زمینه که با بکارگیری مجموعه داده‌های ورودی بیشتری به سیستم طراحی شده خود، در بهترین شرایط به میزان دقت سراسری ۰/۸۹ دست یافته‌اند [۱۴] شواهد موجود نشان‌دهنده کارایی بالای روش پیشنهادی در مقایسه با روشهای پارامتریک موجود می باشد.

### نتیجه‌گیری و پیشنهاد

با توجه به توسعه روزافزون فناوری که امکان اخذ اطلاعات از منابع مختلف را فراهم می‌سازد، بکارگیری تکنیکهای مطرح در تلفیق اطلاعات به عنوان ابزاری کارآمد و موثر در این زمینه نه تنها اجتناب‌ناپذیر بوده، بلکه ضروری نیز به نظر می‌رسد. این مساله به‌ویژه در زمینه شاخه‌های مختلف علوم ژئوماتیک نظیر سیستم‌های اطلاعات مکانی که با حجم وسیعی از داده‌های مکان مرجع که از منابع مختلف فراهم می‌آیند، صدق می‌کند.

در پژوهش حاضر، سعی گردید تا با طراحی و پیاده سازی یک استراتژی مبتنی بر تلفیق همزمان اطلاعات و منطق‌ها، به حل یکی از مسائل مهم مطرح در سیستم‌های اطلاعات مکانی، یعنی تعیین اتوماتیک تغییرات پرداخته شود. نتایج حاصل از اعمال استراتژی پیشنهادی بر روی نمونه‌ای از یکی از کلاسهای عمده عوارض یعنی ساختمانها نشان‌دهنده توانایی بالای روش پیشنهادی برای کشف تغییرات عوارض سه‌بعدی در مقایسه با روش‌های مشابه موجود که به شکل پارامتریک به حل این مساله مبادرت می‌ورزند، می‌باشد. استراتژی بکار گرفته شده بر مبنای چهار مفهوم اساسی استوار بود: (۱) تلفیق همزمان اطلاعات موجود در روند استخراج و تشخیص، (۲) فرمول‌سازی خصوصیات اشیا و عوارض بر مبنای منطق فازی و (۳) توانایی یادگیری اطلاعات جدید با تلفیق ساختار شبکه‌های عصبی در منطق فازی.

با توجه به کارایی بالای روش بکاررفته در این پژوهش، بکارگیری آن در کشف تغییرات در سایر کلاسهای عوارض که در پایگاه اطلاعات مکانی ذخیره می‌گردند، به عنوان موضوع پژوهش آتی پیشنهاد می‌گردد.

به منظور ارزیابی تواناییها، میزان اعتبار نتایج و کارایی روش کشف پیشنهادی، بخشی از ناحیه شهری مزبور انتخاب گردید. از بین کلاسهای متعددی که این سیستم قادر به کشف تغییرات در آنها می باشد، جهت ارزیابی و امکان مقایسه با روشهای پارامتریک موجود، صرفاً کلاس ساختمان انتخاب گردید. به واسطه نزدیکی ساختمانها، ابعاد آنها و تداخل با سایر عوارض، شرایط پیچیده‌ای بر این مجموعه تست حاکم بود. نتایج حاصل از اعمال استراتژی پیشنهادی به صورت بصری در شکل (۶) نشان داده شده است.

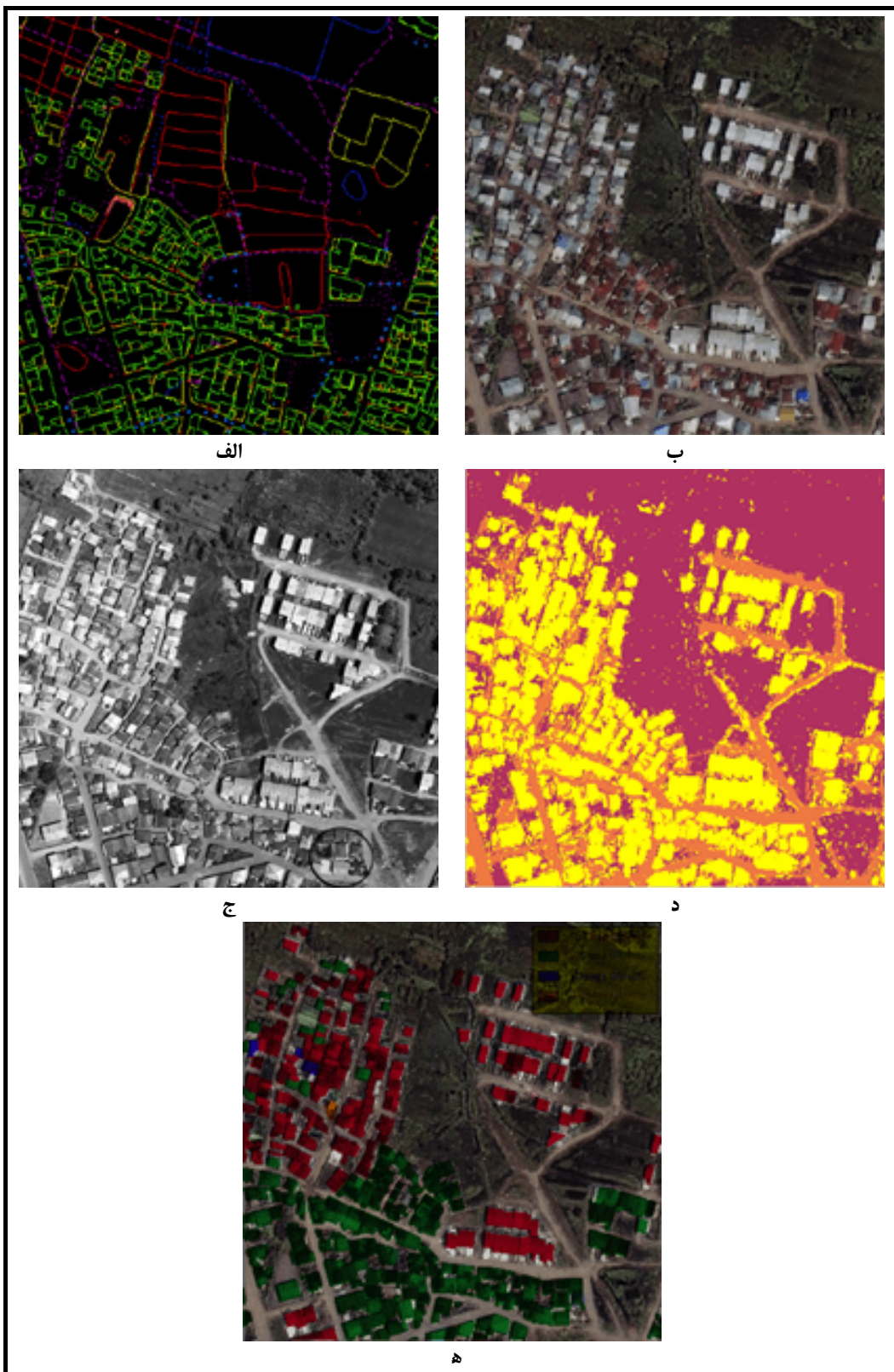
به منظور ارزیابی سطح کیفی و میزان خطای روش پیشنهادی و امکان مقایسه نتایج حاصل از روش بکاررفته با روشهای کشف تغییرات مکانی موجود، از معیارهای رایج در این زمینه نظیر ماتریس ابهام<sup>۷</sup> و شاخص‌های مستخرج از آن همچون خطای حذف<sup>۸</sup>، خطای افزونگی<sup>۹</sup>، دقت سراسری<sup>۲۰</sup> و پارامتر کاپا استفاده گردید. با هدف فراهم ساختن مبنای صحیح و قابل اعتماد جهت ارزیابی نتایج، ساختمان‌های موجود در منطقه تست، از روی تصاویر هوایی توسط عامل انسانی به صورت دستی استخراج گردید تا به عنوان اطلاعات مرجع در برآورد سطح خطا و دقت روش بکارگرفته شوند.

جهت ارزیابی دقت روش، تغییرات کشف شده در قالب چهار گروه ساختمانهای حذف شده، اضافه شده، تغییر یافته و بدون تغییر طبقه‌بندی گردید. نتایج حاصل از مقایسه نتایج روش پیشنهادی و رقوم‌سازی دستی در قالب ماتریس ابهام برای این چهار گروه در جدول (۱) آمده است. لازم به ذکر است که با توجه به ماهیت کشف شی‌مبنای روش پیشنهادی، این جدول بر مبنای تعداد اشیا در هر گروه تشکیل گردیده است و اعداد جدول نشان‌دهنده تعداد شی (ساختمان) می‌باشد.

جدول ۱: ماتریس ابهام حاصل در منطقه تست برای روش پیشنهادی.

|              |             | داده های مرجع |           |             |            |
|--------------|-------------|---------------|-----------|-------------|------------|
|              |             | حذف شده       | اضافه شده | تغییر یافته | بدون تغییر |
| پیشنهادی روش | حذف شده     | ۲             | ۰         | ۱           | ۲          |
|              | اضافه شده   | ۱             | ۴۹        | ۰           | ۱          |
|              | تغییر یافته | ۱             | ۰         | ۸           | ۱          |
|              | بدون تغییر  | ۲             | ۰         | ۱           | ۴۲         |





شکل ۶: بخشی از نقشه پلانیمتری شهر رشت (الف)، تصویر ایکونوس منطقه (ب)، تصویر هوایی متناظر (ج)، اشیای طبقه بندی شده از تصویر (د)، نتیجه حاصل از اعمال استراتژی پیشنهادی (ه).

## مراجع

- 1 - Abidi, M. A. and Gonzalez, R. C. (1992). *Data fusion in robotics and machine intelligence*. Academic Press Inc. San Diego, CA.
- 2 - Armenakis, C., Cyr, I. and Papanikolaou, E. (2002). "Change detection methods for revision of topographic databases." *Symposium on Geospatial theory, Processing and Applications*, Ottawa.
- 3 - Dasarathy, B. V. (1994). "Decision fusion." *IEEE Computer Society Press*, Los Alamitos, CA.
- 4 - Dowman, I. (1998). "Automated procedures for integration of satellite images and map data for change detection." *IAPRS*, Vol. 32, Part 4, PP.162-169.
- 5 - Eidenbenz, C., Kaeser, C. and Baltsavias, E. (2000). "ATOMI-automated reconstruction of topographic objects from aerial images using vectorized map information." *International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing*, Vol. XXXIII(B3), ISPRS, PP.462-471.
- 6 - EuroSDR. (2004). *EuroSDR- Change Detection Project for Consideration*, <http://69.20.29.108/euroedr/2002/research/recentproj.asp?ResProjID=20>.
- 7 - Gonzalez, R.C. and Woods, R. (1993). *Digital image processing*, Addison-Wesley Publishing, PA.
- 8 - Hall, D. L. and Llinas, J. (2001). "Multisensor data fusion." In: Hall D.L. and Llinas J. (eds.): *Multisensor Data Fusion*, CRC Press, Washington, D.C. PP.3-12.
- 9 - Klein, L. A. (1993). "Sensor and data fusion concepts and applications." *SPIE Optical Engineering Press*, Tutorial Texts, Vol. 14.
- 10 - Li, H., Manjunath, B. S. and Mitra, S. K. (1993). "Multisensor image fusion using the wavelet transform, computer vision, graphics, and image processing." *Graphical Models and Image Processing*, Vol. 57, PP.235-245.
- 11 - Lin C. T. and Lee, C. S. G. (1996). *Neural fuzzy systems*, Prentice Hall Publication.
- 12 - Llinas, J. and Walts, E. (1990). *Multisensor data fusion*, Artech House, Boston.
- 13 - Luo, R. C. and Kay, M. G. (1995). *Multisensor integration and fusion for intelligent machines and system*, Ablex Publishing Corp.
- 14 - Niederöst, M. (2003). *Detection and Reconstruction of Buildings for Automated Map Updating*. PhD thesis, ETH Zurich, Institute for Geodesy and Photogrammetry, Zurich.
- 15 - Olsen, B. P. (2004). "Automatic change detection for validation of digital map databases." *XXth ISPRS Congress, Commission 2, WG II/IV*, Istanbul, Turkey.
- 16 - Petzold, B. and Walter, V. (1999). "Revision of topographic databases by satellite images." In: Schroeder, M., Jacobsen, K., Konechy, G., Heipke, C. (eds.): *Sensors and Mapping from Space*, ISPRS, Hanover, Germany, 9.
- 17 - Roger Jang, J. S. (1995). "ANFIS: adaptive-network-based fuzzy inference systems." *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, Vol. 23, No. 3, PP.665-685.
- 18 - Shi, Z. and Shibasaki, R. (2000). "GIS database revision—the problems and solutions." *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, Vol. 32, Part B2, PP.494-501.
- 19 - U.S. Department of Defense, (1991). "Data fusion sub panel of the joint directors of laboratories." *Technical Panel for C3, Data Fusion Lexicon*.
- 20 - Varshney, P. K. (1997). "Scanning the special issue on data fusion." *IEEE*, Vol. 85, PP.3-5.

- 21 - Walter, V. and Fritsch, D. (2000). "Automated revision of GIS databases." In: L. K. J. et al. (eds.): *Proc. of 8<sup>th</sup> ACM Symposium of Advances in Geographic Information Systems, ACM*, PP.129-134.
- 22 - Waltz, E. (2001). "The principles and practice of image and spatial data fusion." In: Hall D.L. and Llinas J. (eds.): *Multisensor Data Fusion*, CRC Press, Boca Raton London New York Washington, D.C. PP.51-68.
- 23 - Worboys, M. and Duckham, M. (2004). *GIS: A Computing Perspective*, CRC Press, London

### واژه های انگلیسی به ترتیب استفاده در متن

- 1 - Maximum Likelihood
- 2 - Matching
- 3 - Dasarthy
- 4 - Synergistic
- 5 - Spatial Decision Support Systems (SDSS)
- 6 - Geospatial Information System (GIS)
- 7 - Multi-agent (MA)
- 8 - Bayesian Theory
- 9 - Dempster-Shafer
- 10 - Roger Jang
- 11 - Adaptive Network based Fuzzy Inference System
- 12 - Node
- 13 - Adaptive Node
- 14 - Fixed Node
- 15 - Object Extraction
- 16 - Object Recognition
- 17 - Confusion Matrix
- 18 - Omission Error
- 19 - Commission Error
- 20 - Overall Accuracy