

تشخیص اتوماتیک اشیاء سه‌بعدی بر مبنای بکارگیری همزمان مفاهیم هوش مصنوعی و تئوری ادغام

فرهاد صمدزادگان

استادیار گروه مهندسی نقشه برداری - دانشکده فنی - دانشگاه تهران

کارو لوکس

استاد گروه مهندسی برق و کامپیوتر - دانشکده فنی - دانشگاه تهران

علی عزیزی

استادیار گروه مهندسی نقشه برداری - دانشکده فنی - دانشگاه تهران

(تاریخ دریافت ۸۰/۷/۷، تاریخ تصویب ۸۱/۱/۳۱)

چکیده

تنوع و پیچیدگی بسیار زیاد اشیاء و پدیده‌ها در طبیعت باعث می‌گردد خصوصیات توصیفی این عوارض، غیر قابل مدل‌سازی ریاضی و پیش‌بینی باشند. از اینرو روشهای پارامتریک مطرح در بینایی کامپیوتر که سعی بر توصیف اشیاء بر مبنای یک فرمول سازی ریاضی را داشته و به علت عدم توانایی یادگیری، به حل مسئله در یک حالت ایستا می‌پردازند، نمی‌توانند در عمل به عنوان یک راه حل کارا در استخراج و تشخیص پدیده‌های موجود در طبیعت مطرح گردند. در این نوشته برای اولین بار روشی پویا بر مبنای بکارگیری منطق فازی به منظور بیان خصوصیات اشیاء و بکارگیری مفاهیم ادغام در دو سطح داده‌ها و منطق‌ها در روند استنتاج، به منظور استخراج و تشخیص اشیاء سه‌بعدی ارائه گردیده است. با ادغام اطلاعات و داده‌های مختلف، از تمام اطلاعات جمع‌آوری شده در رابطه با شیء استفاده گردیده و با ادغام منطق فازی و ساختار یادگیری شبکه‌های عصبی، روش فوق از قابلیت تطبیق‌پذیری و یادگیری اطلاعات جدید برخوردار گردیده است. نتایج حاصل از بکارگیری روش ارائه شده در رابطه با اشیاء از نوع ساختمان، درخت و ماشین از تصاویر هوایی رنگی، بیانگر قابلیت بالای این روش در استخراج و تشخیص عوارض سه‌بعدی است.

واژه‌های کلیدی: استخراج، تشخیص، تناظریابی، مدل‌سازی سطح، استنتاج فازی، شبکه نوروفازی، عملگرهای مورفولوژیکی، تکنیک المانهای محدود، رشد ناحیه

مقدمه

توانایی یادگیری منحصر به فرد خود، نسبت به تشخیص و یا تفسیر پدیده‌ها در طبیعت اقدام می‌نماید. در این رابطه در سالهای اخیر تحقیقات گسترده‌ای نه‌تنها در زمینه ساخت سنجنده‌هایی با توانایی کسب اطلاعات پنج‌گانه بینایی، شنوایی، بویایی، چشایی و لامسه (مشابه با اطلاعات قابل تشخیص توسط انسان) بلکه به منظور ساخت سنجنده‌هایی با قابلیت جمع‌آوری اطلاعاتی ماورای ویژگیهای معمول قابل مشاهده از اجسام انجام پذیرفته است [۱۰]. در زمینه بینایی کامپیوتری عموماً تأکید اصلی بر روی سنجنده‌های بینایی بوده که دارای قابلیت ثبت

ایده دستیابی به یک سیستم کاملاً اتوماتیک بعنوان جایگزین عامل انسانی در استخراج و تشخیص عوارض سه‌بعدی همواره از آرزوهای دیرینه متخصصان بینایی کامپیوتر و هوش مصنوعی بوده و تحقیقات گسترده‌ای در این زمینه در حال انجام می‌باشد [۱-۹]. در این راستا با بررسی نحوه عملکرد انسان در شناخت عوارض، مشاهده می‌گردد انسان بر مبنای آنالیز همزمان اطلاعات دریافت شده توسط هر یک از قوای پنج‌گانه خود (بینایی، شنوایی، بویایی، چشایی و لامسه) و با استفاده از

بکارگیری همزمان مشخصه‌های متفاوت موجود از اشیاء است. در این راستا در سالهای گذشته استراتژی‌های متفاوتی به منظور ادغام اطلاعات مختلف سنجنده‌ها ارائه گردیده است که می‌توان آنها را در قالب سه گروه "سطح پایین"، "سطح متوسط" و "سطح بالا" تقسیم‌بندی نمود [۱۴]. در ادغام "سطح پایین"، قبل از انجام هر پردازشی، داده‌های (سیگنال‌ها یا پیکسل‌های) سنجنده‌های مختلف موجود بر مبنای روش‌هایی از قبیل Brovy, HIS یا Wavelet با یکدیگر ادغام می‌گردند و مراحل استخراج مشخصه‌ها و تشخیص اشیاء بر مبنای این داده‌های ترکیب شده انجام می‌پذیرند. در ادغام "سطح متوسط"، روند استخراج مشخصه‌های توصیفی در رابطه با داده‌های 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 دانش-مبنا (از قبیل سیستم‌های خبره و منطق فازی) یا روش‌های یادگیری-مبنا (تئوری بیزین و شبکه‌های عصبی) است. در ادغام "سطح بالا"، روند استخراج مشخصه‌های توصیفی و تشخیص اشیاء در رابطه با اطلاعات هریک از سنجنده‌ها بصورت مجزا انجام پذیرفته و در مرحله بعد بر مبنای بکارگیری تکنیک‌هایی از قبیل تئوری بیزین^۵ یا روش دمپستر شفر^۶ که حالت تعمیم‌یافته تئوری بیزین است، نسبت به حل همزمان عدم قطعیت سطح بالای موجود در نتایج هر یک از سنجنده‌ها اقدام می‌گردد.

با توجه به تنوع، پیچیدگی و ابهام موجود در پدیده‌های واقع در طبیعت و عدم امکان ارائه یک روند قطعی برای ادغام مشخصه‌های STS به منظور توصیف آنها، به نظر می‌رسد برای آنکه در عمل یک روش بتواند بعنوان یک روش بهینه و جامع در تشخیص اتوماتیک عوارض مطرح گردد میبایست در کنار برخورداری از قابلیت بکارگیری همزمان اطلاعات مختلف، از توانایی فرمول‌سازی بر مبنای عدم قطعیت واقعیت‌های فیزیکی موجود در طبیعت و یادگیری خصوصیات عوارض جدید نیز برخوردار باشد. به منظور دستیابی به یک روش کارا و جامع که از قابلیت‌های فوق‌الذکر برخوردار باشد، روش

اطلاعات ظاهری اجسام در طیف مرئی یا نامرئی می‌باشند. بر مبنای اطلاعات حاصل از این سنجنده‌ها سه مشخصه بنیادی مطرح در اشیاء یعنی مشخصه‌های ساختاری^۱، بافتی^۲ و طیفی^۳ (STS) قابل بیان می‌باشند.

"مشخصات ساختاری" بیان‌کننده خصوصیات سه‌بعدی المانهای تشکیل دهنده سطح شیء می‌باشند. در روند تشخیص پدیده‌های موجود در طبیعت با استفاده از این مشخصه میتوان یک آنالیز کارا در تشخیص اولیه و سریع بسیاری از پدیده‌های سه بعدی مورد نظر ارائه نمود که انجام این کار بر مبنای مشخصه‌های دیگر (طیفی و بافتی) دارای ابهامات و مشکلات فراوانی می‌باشد [۳]. با این وجود مشخصه فوق‌قادر به بیان تمام ویژگی‌های شیء مورد نظر نمی‌باشند. چراکه: اولاً مشخصات هندسی تنها مشخصات موجود در شیء نبوده و مشخصاتی از قبیل روشنایی و رنگ می‌توانند مستقل از اطلاعات ساختار هندسی جسم باشند. ثانیاً این مشخصه در رابطه مستقیم با مدل ریاضی سطح شیء می‌باشد که همواره دارای محدودیت در فاصله نمونه‌برداری^۴ بوده و در رابطه با عوارض ساخت بشر یا پدیده‌های طبیعی که ساختار هندسی آنها دارای تغییرات ناگهانی شیب است قادر به بیان مشخصات کامل شیء نمی‌باشد. "مشخصات بافتی" بیان‌کننده ابعاد، شکل، روشنایی و ترتیب المانهای تشکیل دهنده سطح شیء می‌باشند. این مشخصه یکی از مهمترین و پرکاربردترین مشخصه‌های مورد استفاده در زمینه تشخیص اتوماتیک اشیاء در مباحث بینایی کامپیوتر بوده و در سالهای اخیر روش‌های بسیار متنوعی به عنوان معیاری برای ارزیابی و بیان خصوصیات بافتی ارائه شده است [۱۰-۱۲]. "مشخصات طیفی" بیان‌کننده عکس‌العمل‌های فیزیکی مرئی و یا غیر مرئی عوارض موجود در طبیعت در باندهای مختلف الکترومغناطیس است [۱۳]. مشخصات فوق می‌توانند بعنوان معیاری مناسب برای تشخیص عوارض مختلف مانند: گیاهان، آب و عوارض مصنوعی (ساخت انسان) مورد استفاده قرار گیرند.

با توجه به قابلیت‌ها و محدودیت‌های هریک از مشخصه‌های فوق، اولین ویژگی مورد نیاز در یک روش جامع در تشخیص عوارض، برخورداری از توانایی ادغام و

پردازش داده‌ها

اولین مرحله در روند استخراج و تشخیص تعیین وضعیت تصاویر در فضا و ایجاد ارتباط تحلیلی بین نقاط تصاویر و شیء می‌باشد. در این راستا با توجه به حجم بالای تصاویر و محاسبات مورد نیاز در مراحل مختلف کار نیاز به انجام یکسری پردازش‌های اولیه در تصاویر ضروری می‌باشد. بدین منظور در روش ارائه شده پس از تعیین وضعیت تصاویر در فضا و ایجاد ارتباط تحلیلی بین نقاط آن و شیء، ساختار هندسی تصاویر به منظور اعمال هندسه اپی‌پولار^۷ (نمونه برداری مجدد تصویر در راستای امتداد تصویربرداری) و ایجاد هرم‌های تصویری، تصحیح می‌شود [۱۵].

با توجه به تنوع سنجنده‌های مورد استفاده در زمینه بینایی کامپیوتری، مدل ریاضی مورد استفاده در این مرحله می‌بایست قابلیت مدل‌سازی و بکارگیری سنجنده‌های مختلف که دارای ساختار هندسی متفاوت می‌باشند را در مراحل مختلف پردازش‌های اولیه دارا باشد.

استخراج اشیاء

هدف از انجام مجموعه محاسبات روند استخراج، تعیین محدوده اشیاء (بدون در نظر گرفتن نوع آنها) بر مبنای مشخصات STS می‌باشد. در روش ارائه شده در قدم اول، مدل سه‌بعدی سطح شیء/اشیاء تعیین گردیده و با استفاده از آن نواحی سه‌بعدی اولیه که بیانگر کاندیدهای عوارض قابل تشخیص هستند، بر مبنای آنالیز مشخصه ساختاری استخراج می‌گردند. بر مبنای اطلاعات این نواحی و المانهای توجیه سنجنده، با استفاده از شروط هم‌خطی^۸ (در یک امتداد بودن نقطه تصویری، مرکز تصویر سنجنده و نقطه متناظر در سطح شیء)، نسبت به آنالیز همزمان مشخصات STS شیء (ادغام اطلاعات) به منظور تشخیص نهایی محدوده اشیاء اقدام می‌گردد.

تعیین مدل ارتفاعی سطح شیء

مبنای اصلی محاسبات مطرح در مدل‌سازی سطح اشیاء، وجود یکسری نقاط ارتفاعی در سطح جسم

ارائه شده در این نوشته برای اولین بار طراحی و پیاده‌سازی گردید. این روش ضمن برخورداری از قابلیت ادغام همزمان اطلاعات مختلف (در سطح متوسط)، از مفاهیم و منطق فازی برای بیان واقعیت‌های موجود در طبیعت و الگوریتم‌های یادگیری شبکه‌های عصبی در منطق فازی به منظور اعمال قابلیت یادگیری در روشهای معمول فازی (ادغام منطق‌ها) استفاده می‌نماید.

روند کلی روش ارائه شده در تشخیص اتوماتیک اشیاء

روش ارائه شده در این نوشته از سه مرحله اصلی: پردازش اطلاعات، استخراج و تشخیص اشیاء تشکیل گردیده است (شکل ۱).

پردازش اطلاعات: این مرحله مبنای کلیه محاسبات و آنالیزهای انجام شده در مراحل بعدی بوده که در آن ابتدا بر مبنای نقاط کنترل موجود در منطقه موقعیت تصاویر مورد استفاده در فضا تعیین گردیده و ارتباط نقاط شیء و تصویر برقرار می‌گردد. در قدم بعد بر مبنای المانهای توجیه خارجی تصاویر، نسبت به تصحیح هندسی تصاویر و ساخت هرمهای تصویری اقدام می‌گردد.

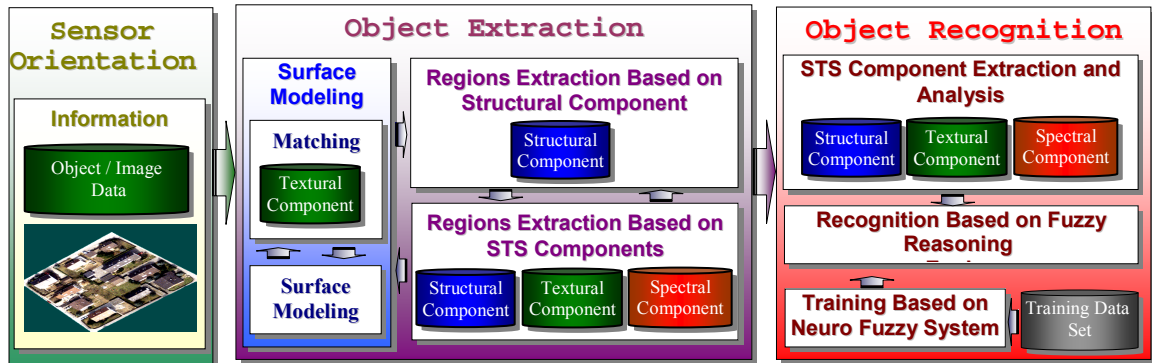
استخراج اشیاء: در این مرحله بر مبنای اختلاف مشخصه‌های STS اشیاء از محیط اطراف، نسبت به تعیین محدوده آنها اقدام می‌گردد. بدین منظور با توجه به مزایای بیان شده در رابطه با مشخصه ساختاری اجسام، ابتدا مدل ارتفاعی سطح اشیاء تعیین گردیده و در مرحله بعد بر مبنای این اطلاعات ساختاری محدوده آنها تعیین می‌گردد. در ادامه مشخصات دقیق نواحی فوق با بکارگیری همزمان دیگر مشخصه‌های STS قابل بیان از شیء استخراج می‌گردد.

تشخیص اشیاء: با استخراج محدوده اشیاء، در این مرحله ابتدا مشخصه‌های STS ناحیه معرف شیء، آنالیز گردیده و در مرحله بعد نسبت به معرفی مشخصات فوق به هسته استنتاج سیستم به منظور تشخیص نوع عارضه اقدام می‌گردد.

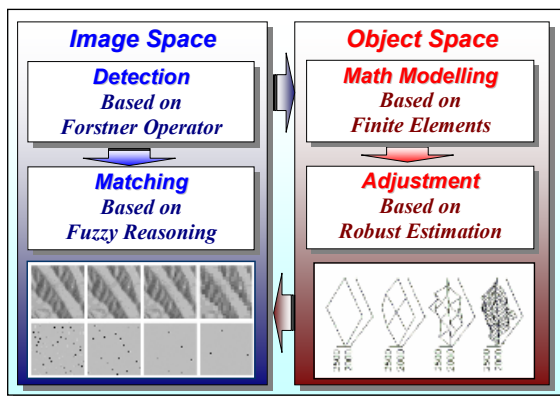
در ادامه خصوصیات روش ارائه شده مورد بررسی قرار گرفته و نتایج حاصل از بکارگیری این روش در تشخیص عوارض یک منطقه شهری ارائه می‌گردد.

بر مبنای انجام عملیات تناظریابی^۹ نقاط متناظر در تصاویر ارائه گردیده است [۱۵]. در روش ارائه شده در

مورد نظر بوده که بعنوان نقاط مشاهداتی در روند مدلسازی بکار برده می‌شوند. در سالهای اخیر روشهای بسیار متفاوتی به منظور اندازه‌گیری اتوماتیک این نقاط



شکل ۱: ساختار عمومی روند ارائه شده به منظور استخراج و تشخیص عوارض سه‌بعدی.



شکل ۲: روند ارائه شده به منظور مدل‌سازی سطح اشیا.

تشکیل گردیده است که در ادامه خصوصیات هریک از این مراحل به تفکیک ارائه می‌گردد.

تناظریابی نقاط کلیدی با استفاده از منطق فازی

مجموعه عملیات مطرح در فضای تصویر از دو مرحله استخراج و تناظریابی نقاط کلیدی (نقاط تقاطع، گوشه‌ها و مراکز ثقل) تشکیل یافته است. به منظور استخراج نقاط کلیدی، در روش ارائه شده از عملگر "فورسترنر" استفاده گردیده است [۱۷]. روند محاسباتی در روش فوق عبارت است از:

$$1 - \text{محاسبه ماتریس } N \text{ در پنجره‌های مورد نظر } (5 \times 5) \text{ یا } (7 \times 7):$$

این نوشته از یک استراتژی دوگانه که در آن بصورت همزمان روند تشخیص نقاط ارتفاعی و مدلسازی سطح جسم انجام می‌پذیرد استفاده گردیده است [۱۶].

در روش فوق روند تناظریابی از بالاترین لایه هرمهای تصویری آغاز می‌گردد (شکل ۲). در این لایه ابتدا با استفاده از نقاط کنترل موجود، یک تقریب اولیه از مورفولوژی سطح شیء که در واقع بیانگر اولین لایه در هرم مدل رقومی سطح عارضه است تعیین می‌گردد. نقاط گره‌ای این لایه با استفاده از معادلات شرط هم‌خطی به اولین لایه در هرم تصویری انتقال می‌یابند. در این مرحله با استفاده از پارامترهای تبدیل افاین محاسبه شده بر مبنای مختصات نقاط گره‌ای در دو تصویر، نسبت به استخراج و تناظریابی نقاط کلیدی در قالب یک سیستم استنتاج فازی اقدام می‌گردد. در مرحله بعد مختصات سه بعدی نقاط تناظریابی شده در فضای شیء محاسبه گردیده و این نقاط به عنوان نقاط مشاهداتی در تشکیل لایه بعدی هرم مدل رقومی سطح بر مبنای تکنیک المانهای محدود^{۱۰} بکار برده می‌شوند. روند فوق تا آخرین لایه هرم تصویری و نتیجتاً آخرین لایه هرم مدل رقومی سطح که بیانگر مدل رقومی سطح شیء می‌باشد ادامه می‌یابد. همانگونه که بیان گردید، روند فوق از دو مرحله اصلی "تناظریابی نقاط کلیدی" و "فرمول‌سازی سطح شیء"

استنتاج مورد استفاده از نوع "ممدنی" بوده و دارای چهار ورودی که عبارت‌اند از مقادیر اندازه‌گیری شده قیود و یک خروجی است که بیانگر میزان تناظر دو نقطه مورد نظر می‌باشد [۱۹].

با تعیین نقاط متناظر در تصاویر، بر مبنای مختصات معلوم این نقاط در تصاویر و المانهای توجیه خارجی سنجنده‌ها، با اعمال روابط تحلیلی تقاطع، مختصات سه‌بعدی نقاط تعیین می‌گردد. نقاط فوق بعنوان نقاط ارتفاعی مشاهداتی اندازه‌گیری شده از سطح شیء در تعیین مدل ارتفاعی سطح شیء بکار برده می‌شوند.

مدلسازی سطح شیء

مجموعه عملیات انجام شده در این مرحله از دو قسمت اصلی تشکیل گردیده است: مدلسازی بر مبنای تکنیک المانهای محدود [۲۰]، [۲۱] و انجام محاسبات بر مبنای "تخمین ریاست" [۲۲]. مدل ریاضی مورد استفاده در این مرحله عبارت است از:

$$\begin{aligned} z_p &= k_a \cdot z_a + k_b \cdot z_b + k_c \cdot z_c + k_d \cdot z_d \\ z_{xx} &= z_{i-1,j-1} - 2z_{i,j-1} + z_{i+1,j-1} + 2z_{i-1,j} \\ &\quad - 4z_{i,j} + 2z_{i+1,j} + z_{i-1,j+1} - 2z_{i,j+1} + z_{i+1,j+1} \\ z_{yy} &= z_{i-1,j-1} + 2z_{i,j-1} + z_{i+1,j-1} - 2z_{i-1,j} \\ &\quad - 4z_{i,j} - 2z_{i+1,j} + z_{i-1,j+1} + 2z_{i,j+1} + z_{i+1,j+1} \\ z_{xy} &= z_{i-1,j-1} - z_{i+1,j-1} - z_{i-1,j+1} + z_{i+1,j+1} \end{aligned} \quad (۵)$$

که در آن، P بیانگر نقطه ارتفاعی مشاهداتی معلوم (حاصل از روند تناظریابی)، a, b, c, d نقاط مجهول شبکه منظم سطح شیء بوده که در روند فرمول‌سازی المانهای محدود مختصات آنها تعیین می‌گردد. z_{xx}, z_{yy}, z_{xy} بترتیب مقادیر انحنا در جهت‌های x, y, xy می‌باشند که برای برقراری شرط پیوستگی اعمال گردیده و مقادیر مشاهداتی آنها صفر در نظر گرفته می‌شوند. مقادیر k_a, k_b, k_c, k_d توابع پایه بوده که بصورت ذیل در نظر گرفته شده‌اند (شکل ۳).

$$\begin{aligned} k_a &= (1 - \frac{\Delta x}{dx})(1 - \frac{\Delta y}{dy}), k_b = (\frac{\Delta x}{dx})(1 - \frac{\Delta y}{dy}), \\ k_c &= (1 - \frac{\Delta x}{dx})(\frac{\Delta y}{dy}), k_d = (\frac{\Delta x}{dx})(\frac{\Delta y}{dy}) \end{aligned} \quad (۶)$$

$$N = \begin{bmatrix} \sum I_x^2 & \sum I_x I_y \\ \sum I_x I_y & \sum I_y^2 \end{bmatrix} \quad (۱)$$

که در آن I_x و I_y بترتیب عبارتند از مشتقات جزئی تصویر در جهت‌های x و y .

۲- تعیین مقادیر $w(x, y), q(x, y)$

$$w = \frac{trN}{\det N}, \quad q = \frac{tr^2 N}{4 \det N} \quad (۲)$$

۳- تعیین $w^*(x, y)$ بصورت:

$$w^*(x, y) = \begin{cases} w(x, y) & \text{if } q(x, y) > q_{lim}, w(x, y) > w_{lim} \\ 0 & \text{else} \end{cases} \quad (۳)$$

۴- حذف ماکزیمم‌های محلی با صفر در نظر گرفتن

$w^*(x, y)$ در نقاط ماکزیمم محلی

۵- محاسبه مختصات نقطه کلیدی (x_0, y_0) از حل

دستگاه معادلات ذیل در پنجره‌هایی که $w^*(x, y) \neq 0$:

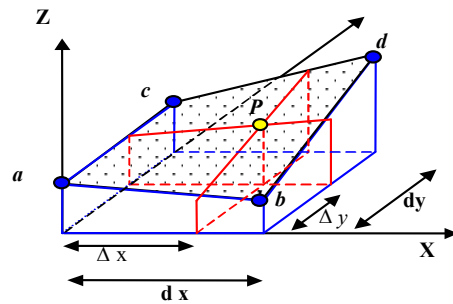
$$\begin{bmatrix} \sum I_x^2 & \sum I_x I_y \\ \sum I_x I_y & \sum I_y^2 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} x_0 \\ y_0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sum I_x^2 \cdot x + \sum I_x I_y \cdot y \\ \sum I_x I_y \cdot x + \sum I_y^2 \cdot y \end{bmatrix} \quad (۴)$$

با استخراج نقاط کلیدی در تصاویر، نسبت به

تعیین نقاط متناظر بر مبنای قیود هندسی^{۱۱} و روشیابی^{۱۲} قابل بیان در تصاویر اقدام می‌گردد. بدین منظور در روش ارائه شده از میزان اختلاف مختصات نقاط مورد بررسی بعنوان قیود هندسی و از میزان شباهت و اختلاف بافت دو نقطه بعنوان قیود روشیابی استفاده گردیده است.

مشکل مطرح در این مرحله نحوه ترکیب نتایج حاصل از هریک از این قیود در استنتاج نهایی می‌باشد که نمی‌توان در عمل یک فرمول‌سازی قطعی برای ادغام این نتایج ارائه نمود. از اینرو در روش ارائه شده، از قیود هندسی و قیود روشیابی در قالب یک سیستم استنتاج فازی به منظور تعیین نقاط متناظر استفاده گردیده است [۱۸]. جدول (۱) بیانگر متغیرها و برجسبهای زبانی مورد استفاده در رابطه با هریک از این قیود می‌باشد. سیستم

با توجه به امکان ایجاد نقاط مشاهداتی اشتباه در روند تناظریابی، به منظور حل دستگاه معادلات فوق از روش "تخمین ریاست" بعنوان جایگزین روش حل کمترین



شکل ۳: ارتباط نقاط مشاهداتی و نقاط شبکه .

جدول ۱: متغیرها و برچسب‌های زبانی سیستم استنتاج فازی مورد استفاده در روند تناظریابی.

	Type	Linguistic Variable	Linguistic Labels
Input	Geometric	ParallaxX	SoSmall, Small, Medium, Big, SoBig
		ParallaxY	SoSmall, Small, Big, SoBig
	Radiometric	Correlation	Worst, Bad, Medium, Good, Fine, Exelent
		TextureDiff	Small, Medium, Big
Output	Conjugate	Conjugate	NotCon, ProbablyNotCon, ProbablyCon, Con

$$\begin{aligned} \hat{v}_p &= A_1 \cdot \hat{z} - z_p \\ \hat{v}_{xx} &= A_2 \cdot \hat{z}, \\ \hat{v}_{yy} &= A_3 \cdot \hat{z}, \\ \hat{v}_{xy} &= A_4 \cdot \hat{z} \end{aligned}$$

(۹)

در روند فوق در هر مرحله مقادیر مجهولات از رابطه ذیل محاسبه می‌گردد:

$$\hat{Z} = \left(\sum_{i=1}^4 A_i^T P_i A_i \right)^{-1} \cdot \left(\sum_{i=1}^4 A_i^T P_i \bar{Z}_p \right) = \left(\sum_{i=1}^4 N_i \right)^{-1} \cdot U_1$$

(۱۰)

که در آن P ماتریس وزن مشاهدات بوده و در هر مرحله $(k+1)$ بر مبنای مقادیر باقیمانده‌ها تعیین می‌گردد:

$$P^{(k+1)} = P^{(k)} \cdot f(v) \quad k = 0, 1, 2, \dots$$

(۱۱)

استخراج نواحی سه‌بعدی بر مبنای مشخصه ساختاری با تعیین مدل رقومی سطح اشیاء، نسبت به استخراج نواحی معرف محدوده اشیاء بر مبنای مشخصه‌های ساختاری اقدام می‌گردد. در روش ارائه شده انجام این امر بر مبنای استفاده از عملگرهای مورفولوژیکی^{۱۴} انجام می‌پذیرد. بدین منظور در قدم اول با اعمال عملگر مورفولوژیکی "تاپ-هت"^{۱۵}، نواحی

مربعات - که از توانایی محدودی در رابطه با حذف مشاهدات اشتباه برخوردار می‌باشد- استفاده گردید [۲۲]. در این روش برخلاف روش کمترین مربعات که در آن مجموع مربعات باقیمانده‌ها مینیمم می‌گردد، نسبت به مینیمم نمودن تابعی از باقیمانده‌ها $f(v)$ اقدام می‌گردد (معادله ۷).

$$\sum f(v) \longrightarrow Min$$

(۷)

توابع مورد استفاده در روش ارائه شده عبارتند از:

$$f_1(v) = \frac{1}{\sqrt{1+v^2}}, f_2(v) = e^{-v^2}$$

(۸)

روند تکرار در محاسبات اجستمنت در دو مرحله انجام می‌پذیرد، مرحله اول: با در نظر گرفتن تابع وزن f_1 برای حذف نقاط مشاهداتی اشتباه و ایجاد یک وضعیت دارای ثبات برای سیستم و مرحله دوم: بکارگیری تابع وزن f_2 برای حذف خطاهای کوچک و دستیابی به بالاترین دقت ممکن. در هر مرحله بردار باقیمانده‌ها بر مبنای روابط ذیل بهنگام می‌گردند.

یکدیگر نسبت به آنالیز همزمان مشخصه‌های STS موجود از شیء اقدام می‌گردد.

در روش ارائه شده آنالیز فوق بر مبنای بکارگیری یک الگوریتم رشد ناحیه نواحی در قالب یک سیستم استنتاج فازی از نوع ممدنی انجام می‌پذیرد. ورودی سیستم استنتاج در این مرحله متغیرهای زبانی "اختلاف بافت"، "اختلاف ناهمواری" و "ابعاد" و خروجی آن متغیر زبانی "رشد" در نظر گرفته شده است. متغیر زبانی "ابعاد" در روند رشد ناحیه، از ایجاد نواحی کوچکتر از ابعاد مینیمم اشیاء مورد نظر جلوگیری نموده و همچنین از این معیار بعنوان قیدی برای کنترل روند رشد ناحیه نسبت به ناحیه اولیه تعریف شده بر مبنای مشخصات ساختاری استفاده می‌گردد.

آنالیز اختلاف بافت و ناهمواری بر اساس میانگین مقادیر انحنا میانگین (K) و گوسی (H) در بازه‌های تعریف شده (3×3 یا 5×5) در اطراف نقطه مورد بررسی و نقاط موجود تعیین می‌گردد (فرمول ۱۵).

$$H = \frac{S_{uu} + S_{vv} + S_{uu}S_u^2 - 2S_uS_vS_{uv}}{2(1 + S_u^2 + S_v^2)^{3/2}}$$

$$K = \frac{S_{uu}S_{vv} - S_{uv}^2}{(1 + S_u^2 + S_v^2)^2}$$

(۱۵)

در رابطه فوق $S_u, S_v, S_{uv}, S_{uu}, S_{vv}$ مشتقات جزئی مرتبه اول و دوم تصویر (در رابطه با آنالیز بافت) و یا سطح جسم (در رابطه با آنالیز ناهمواری)، H انحنا گوسی و K انحنا میانگین می‌باشند [۲۳]. با توجه به مشتقات درجه دوم موجود در محاسبات فوق‌الذکر، توابع انحنا سطح بشدت به نویز حساس بوده و باعث افزایش (جهش) نویزهای فرکانس بالا می‌گردند. از اینرو قبل از انجام محاسبات فوق، میبایست نسبت به اعمال یک فیلتر پایین‌گذر در ناحیه مورد نظر اقدام نمود.

با تعیین نهایی نواحی در تصویر به منظور تصحیح و بهبود مشخصات نواحی سه‌بعدی اولیه، وضعیت جدید این نواحی با استفاده از شروط هم‌خطی و با در اختیار بودن مدل رقومی سطح در فضای شیء تعیین می‌گردند.

سه‌بعدی اولیه از مدل رقومی سطح (DSM) استخراج می‌گردد [۱۰]. با تعریف دو عملگر "اروژن" \oplus و "دیلیشن" \ominus بصورت ذیل:

$$\therefore (a \oplus b)(s, t) = \min\{a(s - x, t - y) - b(x, y)\}$$

Where $(s - x), (t - y) \in D_a; (x, y) \in D_b$

$$\therefore (a \ominus b)(s, t) = \min\{a(s + x, t + y) - b(x, y)\}$$

Where $(s + x), (t + y) \in D_a; (x, y) \in D_b$

(۱۲)

عملگر "تاپ-هت" عبارت خواهد بود از

$$Regions = DSM \ominus (DSM \oplus b)$$

(۱۳)

در رابطه فوق b عنصر ساختاری D_a و D_b ، بترتیب، دامنه تعریف a و b و "عملگر" اپنینگ^{۱۸} بوده که بصورت زیر تعریف می‌گردد:

$$a \circ b = (a \ominus b) \oplus b$$

(۱۴)

خروجی این مرحله بصورت باینری بوده که در آن نقاط با مقادیر "یک" بیانگر نقاط متعلق به اشیاء و نقاط با مقادیر "صفر" بعنوان نقاط زمینه در نظر گرفته می‌شود. در ادامه با اعمال عملگرهای مورفولوژیک "اپنینگ" و "کلینینگ"^{۱۹} (در حالت باینری) نسبت به اصلاح نواحی و حذف اشیاء کوچکتر از ابعاد مورد نیاز اقدام می‌گردد [۱۰]. با تعیین نقاط مرزی نواحی سه‌بعدی استخراج شده، محدوده دقیق اشیاء بر مبنای آنالیز همزمان مشخصات STS تعیین می‌گردد.

استخراج نواحی بر مبنای آنالیز همزمان مشخصه‌های STS در قالب یک سیستم استنتاج فازی

همانگونه که بیان گردید، هرچند مشخصه ساختاری، پارامتر بسیار کارایی در تشخیص اولیه نواحی معرف اشیاء سه‌بعدی است، با این وجود با توجه به محدودیت توانایی آن در توصیف کامل اشیاء، نواحی تشخیص داده شده بر مبنای این مشخصه از دقت محدودی برخوردار بوده و عموماً اشیاء مجاور هم، در قالب یک ناحیه استخراج می‌گردند. از اینرو به منظور استخراج دقیقتر پارامترهای معرف شکل عوارض و تفکیک آنها از

(۱۶)

مقادیر بردار نرمالیزه شده قائم بر سطح فوق بصورت زیر قابل محاسبه می‌باشد:

$$\begin{bmatrix} K_i \\ L_i \\ M_i \end{bmatrix} = \frac{1}{\sqrt{\alpha_i^2 + \beta_i^2 + 1}} \begin{bmatrix} \alpha_i \\ \beta_i \\ -1 \end{bmatrix} \quad (17)$$

در روابط بالا α_i, β_i ضرایب صفحه برآزنده $w=1: \text{Width}, h=1: \text{Height}$ ده، K_i, L_i, M_i مولفه‌های بردار نرمال i -امین بازه مورد نظری باشند. با تعریف پارامتر R در ناحیه مورد نظر بصورت:

$$R^2 = \left(\sum_{i=1}^N K_i \right)^2 + \left(\sum_{i=1}^N L_i \right)^2 + \left(\sum_{i=1}^N M_i \right)^2 \quad (18)$$

توصیف گر ناهمواری سطح، k بصورت زیر تعریف می‌گردد:

$$k = \frac{N-1}{N-R} \quad (19)$$

مقادیر بزرگ k بیانگر سطوح هموار و مقادیر نزدیک به صفر آن، بیانگر سطوح بسیار ناهموار می‌باشد [۱۲].

مشخصه‌های بافتی

با در نظر گرفتن اطلاعات روشنایی سطح شیء بعنوان بعد سوم آنها، در این مرحله مشابه روابط ارائه شده در توصیف ناهمواریهای سطح شیء، با تعیین پارامتر k نسبت به بیان مشخصه بافتی ناحیه مورد نظر اقدام می‌گردد.

مشخصه‌های طیفی

در صورت در دسترس بودن اطلاعات سنجنده‌های چند طیفی از شیء، در این مرحله با محاسبه مقدار میانگین اطلاعات هر یک از باندهای طیفی در ناحیه مورد نظر، نسبت به توصیف این مشخصه از شیء اقدام می‌گردد. با توجه به میزان توانایی سنجنده در تشخیص اشیاء، پارامتر فوق به عنوان یکی از معیارهای مورد استفاده در

تشخیص اشیاء

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

تعیین مشخصه‌های STS

همانگونه که بیان گردید، با توجه به پیچیدگی و ابهامات بسیاری که در اشیاء و در نتیجه اطلاعات ثبت شده از آنها موجود است، می‌بایست از ادغام کلیه اطلاعات قابل استفاده در توصیف خصوصیات شیء و نتیجتاً تشخیص آنها بر مبنای مشخصه‌های STS استفاده نمود. از اینرو در این مرحله نسبت به آنالیز همزمان مشخصه‌های STS اشیاء بر مبنای توصیف‌گرهای مطرح در هر زمینه اقدام می‌گردد. لازم به ذکر است، توصیف‌گرهای مورد استفاده تنها موارد ممکن در انجام روند فوق نبوده و می‌توان از تکنیکهای مطرح دیگر در هر یک از زمینه‌های فوق استفاده نمود [۲۴].

مشخصه‌های ساختاری

مشخصه‌های ساختاری مورد استفاده در این تحقیق عبارت‌اند از: ارتفاع، مساحت، شکل و ناهمواری سطح شیء. در روند ارائه شده، از نسبت طول به عرض شیء (میزان کشیدگی) که بر مبنای روش MER قابل محاسبه می‌باشد بعنوان توصیف شکل شیء استفاده گردیده است [۲۵]. به منظور تعیین مشخصه ناهمواری، مدل ارتفاعی سطح شیء مورد نظر به N بازه با ابعاد مشخص $(3*3$ یا $5*5)$ تقسیم گردیده و در هر بازه، یک صفحه از طریق کمترین مربعات برازش داده می‌شود. با در نظر گرفتن معادله صفحه i -امین بازه بصورت ذیل:

$$I_i(w, h) = \alpha_i \cdot w + \beta_i \cdot h + \gamma_i$$

با وجود اینکه سیستم استنتاج فازی امکان مدل کردن دانش شخص خبره را بدون نیاز به کمیت‌های دقیق امکان پذیر می‌سازد، در رابطه با پارامترهای مورد استفاده در توصیف اشیاء در طبیعت، در برخی از موارد تنها تهیه یک مدل اولیه بر اساس تخصص شخص خبره میسر است و تنظیم دقیق پارامترهای مدل فازی به منظور کاهش خطا و بهبود رفتار سیستم معمولاً به سختی امکان پذیر است. در این رابطه در سالهای گذشته تحقیقات گسترده‌ای به منظور افزودن قابلیت تصحیح پارامترها و یا به عبارت دیگر توانایی یادگیری به سیستم‌های استنتاج فازی انجام پذیرفته است [۲۷]. یکی از موفق‌ترین و کاراترین روش‌های ارائه شده، ادغام شبکه‌های عصبی و سیستم استنتاج فازی به منظور دستیابی به تکنیک‌هایی است که از یک طرف دارای توانایی فرمول سازی و بیان واقعیت‌های دارای عدم قطعیت بوده و از طرف دیگر از قابلیت تطبیق و یادگیری اطلاعات برخوردار باشند.

در روش ارائه شده در این نوشته از ادغام این دو تکنیک در قالب یک ساختار نوروفازی از نوع انفیس (ANFIS) استفاده گردیده است [۲۷]. ساختار شبکه مورد استفاده از شش ورودی که بیانگر مشخصه‌های STS شیء و یک خروجی که بیانگر نوع شیء مورد نظر است تشکیل گردیده است. در شبکه فوق توابع عضویت مورد استفاده در لایه اول به شکل دوزنقه‌ای و تابع عضویت خروجی به صورت یکنوا در نظر گرفته شده است. در ساختار فوق عملکرد هر لایه مطابق با قسمتی از یک قانون فازی است که بصورت زیر عمل می‌کند (شکل ۴):

روند استنتاج بکار برده می‌شود. هرچه توانایی یک سنجنده در تشخیص یک عارضه قویتر باشد مشخصه فوق از تاثیر بیشتری در استنتاج نهایی سیستم برخوردار خواهد بود.

توصیف اشیاء بر مبنای ادغام مشخصه‌های STS در قالب یک سیستم استنتاج فازی

اگرچه مشخصه‌های STS قادر به بیان طیف گسترده‌ای از خصوصیات موجود در اشیاء می‌باشند، با این وجود با توجه به تنوع، پیچیدگی و ابهام موجود در حالت‌های متفاوت یک شیء در طبیعت، توصیف پارامتریک اشیاء بر مبنای یک مدل قطعی از این مشخصه‌ها در عمل امکان پذیر نمی‌باشد. در این رابطه در روش ارائه شده به منظور دستیابی به یک سیستم کارا، از منطق فازی به منظور توصیف اشیاء بر مبنای مشخصه‌های STS آنها استفاده گردیده است. متغیرهای زبانی ورودی سیستم استنتاج در رابطه با مشخصه ساختاری عبارت‌اند از: ارتفاع، مساحت، ناهمواری و شکل. در رابطه با مشخصه بافتی: مقادیر توصیف‌گر بافت و در رابطه با مشخصه طیفی: میانگین مقادیر عددی باند مورد استفاده در توصیف شیء می‌باشند. در ساختار فوق نوع عارضه مورد نظر بعنوان متغیر زبانی خروجی سیستم در نظر گرفته شده است. در جدول (۲) متغیرها و برچسب‌های زبانی مورد استفاده در روند تشخیص ارائه گردیده است. با توجه به قابلیت انطباق‌پذیری مورد نیاز در پارامترهای استنتاج فازی، به منظور تشخیص حالت‌های متفاوت اشیاء که در بخش بعد بیان خواهد گردید، ساختار استنتاج مورد استفاده در این

جدول ۲: متغیرها و برچسب‌های زبانی سیستم استنتاج فازی مورد استفاده در روند تشخیص اشیاء.

	Type	Linguistic Variable	Linguistic Labels
Input	Structural	Height	SoSmall, Small, Medium, Large, SoLargw
		Area	SoSmall, Small, Medium, Large, SoLargw
		Relief	Very Irregular, Irregular, Regular, Very Regular
		Shape	Non Stretched, Stretched, Very Stretched
	Textural	Texture	Very Irregular, Irregular, Regular, Very Regular
	Spectral	Spectral Value	Light, Medium, Deep
Output	Object	Object Type	Not, Probably Not, Probably Yes, Yes

قسمت از نوع تاکاگی - ساجنو می‌باشد [۲۶].

یادگیری اشیاء بر مبنای ادغام همزمان داده‌ها و منطق‌ها

$$\bar{w}_i = \frac{w_i}{\sum_{n=1}^N w_n} \quad (20)$$

لایه چهارم: سلول‌های این لایه دارای تابع عملکرد:

$$O_i^4 = \bar{w}_i f_i = \bar{w}_i (p_i x + q_i y + r_i), \quad (21)$$

می‌باشند که در آن \bar{w}_i خروجی لایه سوم و $\{p_i, q_i, r_i\}$ مجموعه پارامترهای تالی است.

لایه پنجم: دارای یک سلول با عملکرد جمع (Σ) بوده که با انجام عمل جمع بروی تمام سیگنالهای ورودی، خروجی نهایی شبکه را محاسبه می‌نماید (معادله ۲۲).

$$O_1^5 = \sum \bar{w}_i f_i = \frac{\sum w_i f_i}{\sum w_i} \quad (22)$$

در این روند در هر مرحله بر مبنای انتشار خطا نسبت به تعیین پاسخ شبکه برای ورودی آموزشی خاص اقدام نموده و با معلوم بودن مقدار واقعی مورد نظر، میزان خطا (اختلاف مقدار محاسباتی و واقعی) در لایه آخر محاسبه می‌گردد. با محاسبه خطای خروجی، با حرکت در جهت خلاف گرادیان و انتشار خطا به عقب، نسبت به تصحیح و تعدیل پارامترهای سلول‌های تطبیق‌پذیر اقدام می‌گردد. روند فوق تا دستیابی به مقادیر تصحیح قابل صرف‌نظر برای پارامترهای شبکه ادامه خواهد یافت. عدم دستیابی به مقادیر ثابت تصحیحاتی کوچک پس از ماکزیمم تعداد تکرار تعریف شده در سیستم، بیان‌کننده وجود اشتباه در داده‌های ورودی و یا ناسازگاری قوانین ایجاد گردیده، است [۲۷].

ارزیابی کارایی روش ارائه شده

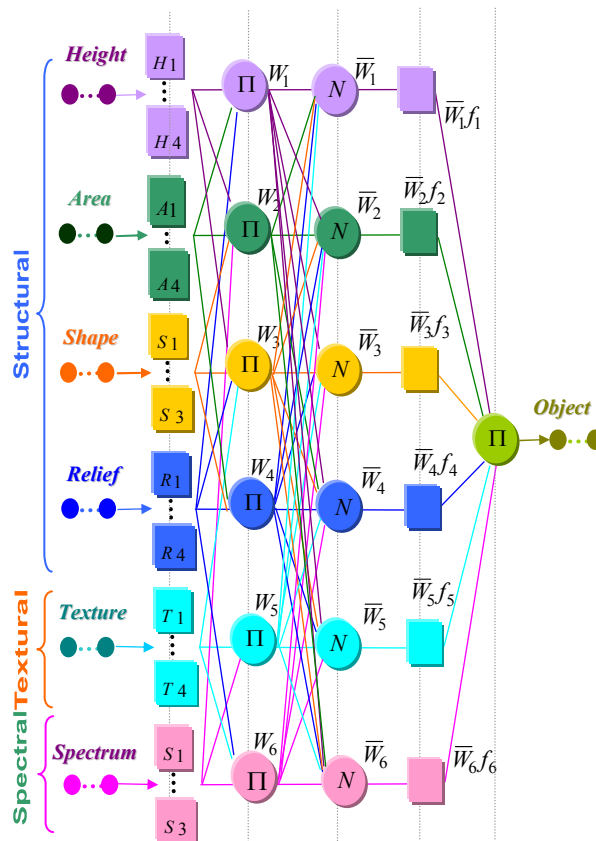
به منظور ارزیابی توانایی مفاهیم و الگوریتمهای ارائه شده در این نوشته، نسبت به استخراج و تشخیص اتوماتیک اشیاء سه‌بعدی از نوع ساختمان، درخت و ماشین از تصاویر هوایی رنگی یک ناحیه شهری اقدام گردید (شکل ۵). این تصاویر با دوربین هوایی متریک RMK-TOP زایس با فاصله کانونی ۱۵۳/۲۷ و ارتفاع پرواز ۱۲۳۸ متر تهیه

لایه اول: ساختار متناظر با مرحله فازی سازی ورودی است. در این لایه ورودی‌ها (مشخصه‌های ساختاری، روشنایی، طیفی) با توابع عضویت متناظر خود مقایسه شده و میزان تطابق هر ورودی با تابع عضویت متناظر در خروجی سلول ظاهر می‌شود. تمام سلول‌های این لایه با عملکرد: $O_i^1 = \mu_{A_i}(x)$ می‌باشند که در آن x ورودی سلول i و A_i برچسب زبانی وابسته به تابع این سلول در نظر گرفته شده است.

لایه دوم: ساختار متناظر با بررسی مقدم قانون در استنتاج فازی است. سلول‌های این لایه حاصلضرب ورودی‌ها که در حقیقت بیانگر میزان تطابق با هر قانون است را محاسبه می‌نماید.

لایه سوم: i -امین سلول این لایه نسبت توان آتش i -امین قانون به مجموع توان آتش تمام قانونها را محاسبه می‌نماید.

Inputs Layer-1 Layer-2 Layer-3 Layer-4 Layer-5 Outputs



شکل ۴: ساختار شبکه نوروفازی مورد استفاده در روند تشخیص.

خصوصیات سیستم استنتاج فازی مورد استفاده در تناظریابی: توابع عضویت قیود هندسی و روشیابی در روند تناظریابی بر مبنای مشخصات هندسی تصاویر (ساختار، مقیاس، قدرت تفکیک) و دقت نقاط کنترل موجود در منطقه تعیین گردیده و بر مبنای دانش شخص خبره در توصیف خصوصیات نقاط متناظر در تصاویر، قوانین قابل بیان بر مبنای متغیرهای زبانی موجود ایجاد گردیدند. شکل (۶) بیانگر پارامترهای تعریف شده و نمونه‌هایی از قوانین بیان شده است.

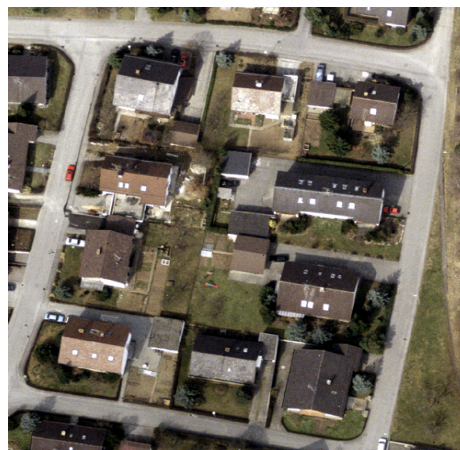
خصوصیات سیستم استنتاج فازی مورد استفاده در استخراج نواحی: در این مرحله بر مبنای خصوصیات کلی اشیاء مورد نظر (ساختمان، درخت، ماشین) و مشخصات تصاویر (مقیاس و قدرت تفکیک)، مقادیر توابع عضویت و قوانین قابل بیان در تشخیص محدوده اشیاء بر مبنای متغیرهای زبانی بافت، ابعاد و شکل تعیین گردیدند (شکل ۷).

خصوصیات سیستم استنتاج فازی مورد استفاده در تشخیص عوارض: با توجه به دانش شخص خبره از اشیاء مورد نظر و نحوه ارتباط مشخصه‌های STS در بیان خصوصیات آنها، توابع عضویت و قوانین قابل بیان به منظور توصیف اشیاء فوق بر مبنای متغیرهای زبانی ارتفاع، شکل، ابعاد، ناهمواری بافت و رنگ تعیین گردیدند. شکل (۸) بیانگر قوانین و وضعیت مقادیر پارامترهای موجود در ساختار استنتاج ایجاد گردیده می‌باشد.

با تعیین پارامترهای تشخیص توسط شخص خبره (مقادیر اولیه)، به منظور تعیین دقیقتر مقادیر تعریف شده، از یک مجموعه داده آموزشی به تعداد ۲۰۰ نمونه و یک مجموعه داده جمع‌آوری شده به تعداد ۵۰ نمونه بعنوان داده‌های کنترلی که در برگیرنده حالت‌های متفاوت مشاهده شده در رابطه با اشیاء مورد نظر می‌باشند، در شبکه نوروفازی ایجاد شده استفاده گردید. با آموزش شبکه بر مبنای داده‌های فوق مقادیر تعدیل شده پارامترهای تطبیقی توابع عضویت تعیین گردیدند. شکل (۸) بیانگر پارامترها، منحنی همگرایی شبکه و وضعیت تعدیل شده پارامترهای استنتاج می‌باشد.

بکارگیری سیستم

گردیده و با استفاده از اسکریپت SCAI با قدرت تفکیک هندسی ۲۱ میکرون و قدرت تفکیک طیفی ۸ بیت برای هر باند، رقومی گردیدند. تصاویر فوق با استفاده از نقاط کنترل موجود در منطقه در سیستم توجیه گردیده و امکان برقراری ارتباط بین فضای تصویر و شیء برقرار گردید.



شکل ۵: ناحیه انتخابی مورد نظر به منظور ارزیابی توانایی روش ارائه شده در استخراج اشیاء.

همانگونه که از شکل (۵) مشاهده می‌گردد، تشخیص اشیاء مورد نظر در ناحیه انتخابی، با توجه به تلفیق و نزدیکی آنها به یکدیگر و تنوع خصوصیات ساختاری هر یک از عوارض فوق، از پیچیدگی خاصی برخوردار بوده که روشهای کلاسیک معمول، عموماً در انجام روند فوق با مشکلات مختلفی مواجه می‌باشند.

ایجاد و تنظیم سیستم

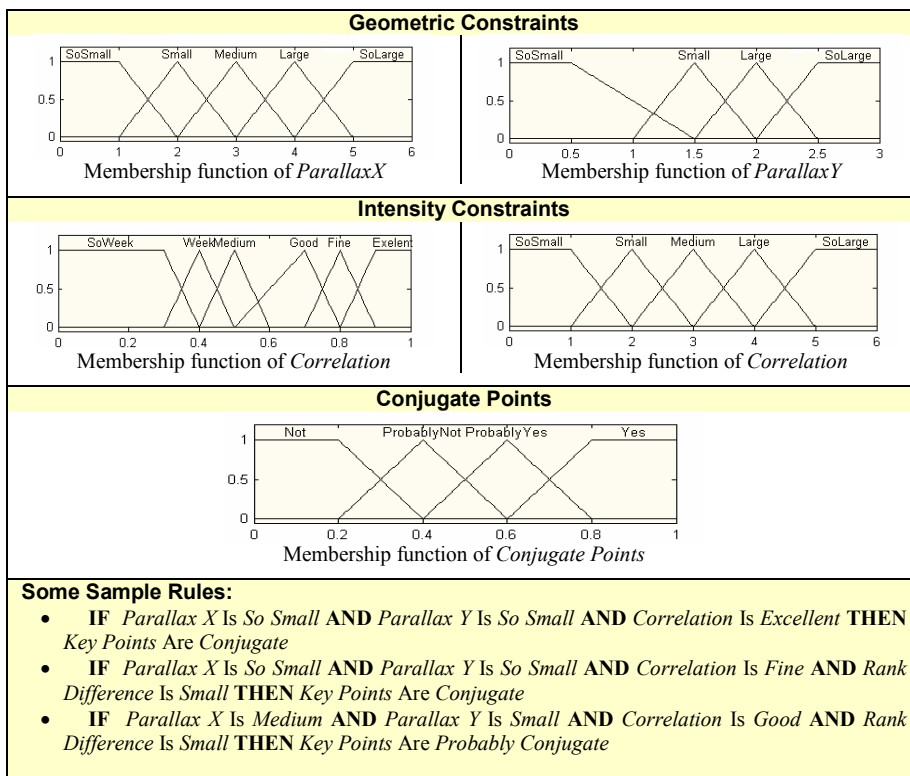
از آنجاییکه در روش ارائه شده در سه مرحله تناظریابی، استخراج نواحی و تشخیص اشیاء از ساختار استنتاج فازی استفاده می‌گردد، به منظور بکارگیری سیستم پیاده‌سازی شده، مبنایست ابتدا توابع عضویت و قوانین مطرح در هر یک از این مراحل تعیین گردند. خصوصیات در نظر گرفته شده توسط شخص خبره در رابطه با داده‌های مورد استفاده و اشیاء مورد نظر در این تحقیق در ادامه ارائه می‌گردد.

ساختمان، درخت و ماشین به عنوان اشیاء مورد نظر با موفقیت تعیین گردیده‌اند.

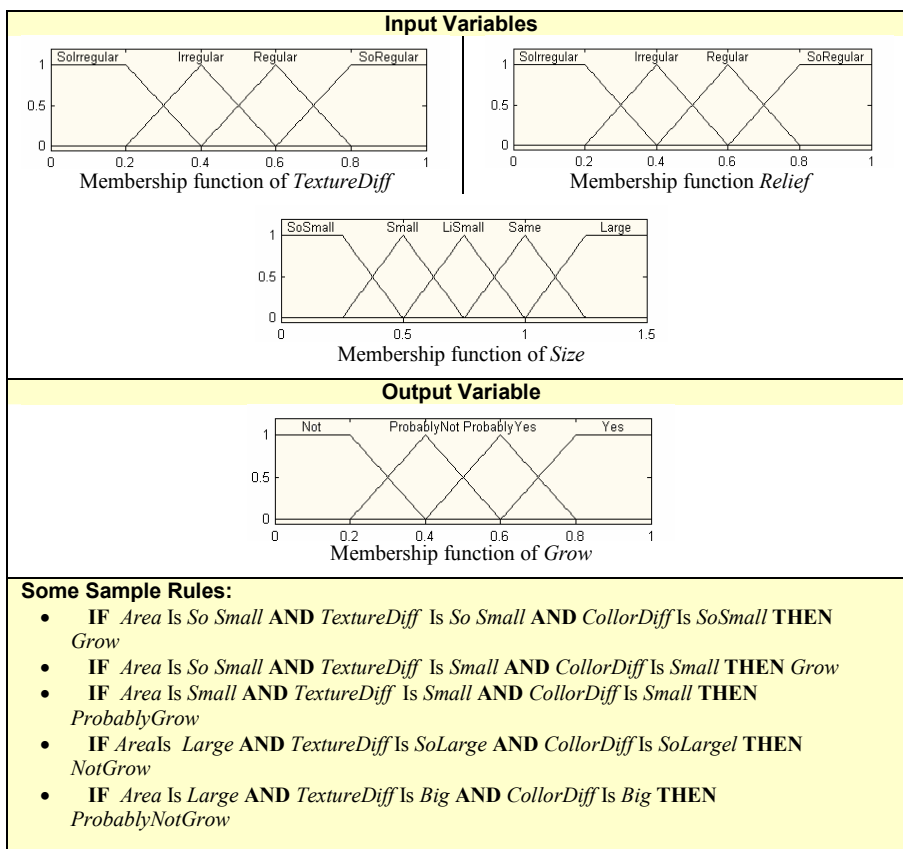
نتیجه‌گیری و پیشنهاد

همانگونه که مشاهده گردید، در روش ارائه شده در این نوشته، قابلیت‌های مورد نظر برای یک سیستم جامع و کارا در زمینه تشخیص اتوماتیک اشیاء سه‌بعدی بصورت: ۱- ادغام کلیه اطلاعات قابل بیان از شیء در ساختار استنتاج، ۲- فرمول‌سازی اشیاء و پدیده‌های مورد نظر بر مبنای منطق فازی و ۳- توانایی یادگیری اطلاعات جدید با ادغام ساختار یادگیری شبکه‌های عصبی در منطق فازی اعمال گردید. نتایج حاصل از بکارگیری روش فوق در رابطه با اشیاء سه بعدی مختلف در محیط‌های پیچیده بیانگر توانایی بالای روش فوق در حل مسئله تشخیص اتوماتیک اشیاء می‌باشد. با این وجود موفقیت بدست آمده در این روش به معنای حل کامل مسائل مطرح در تشخیص اشیاء نبوده و هنوز تحقیقات مختلف دیگری در زمینه‌های بکارگیری مشخصه‌های توصیفی دیگر (غیر از مشخصه‌های STS) و تعدیل قوانین بیان شده توسط شخص خبره در سیستم استنتاج مورد نیاز است.

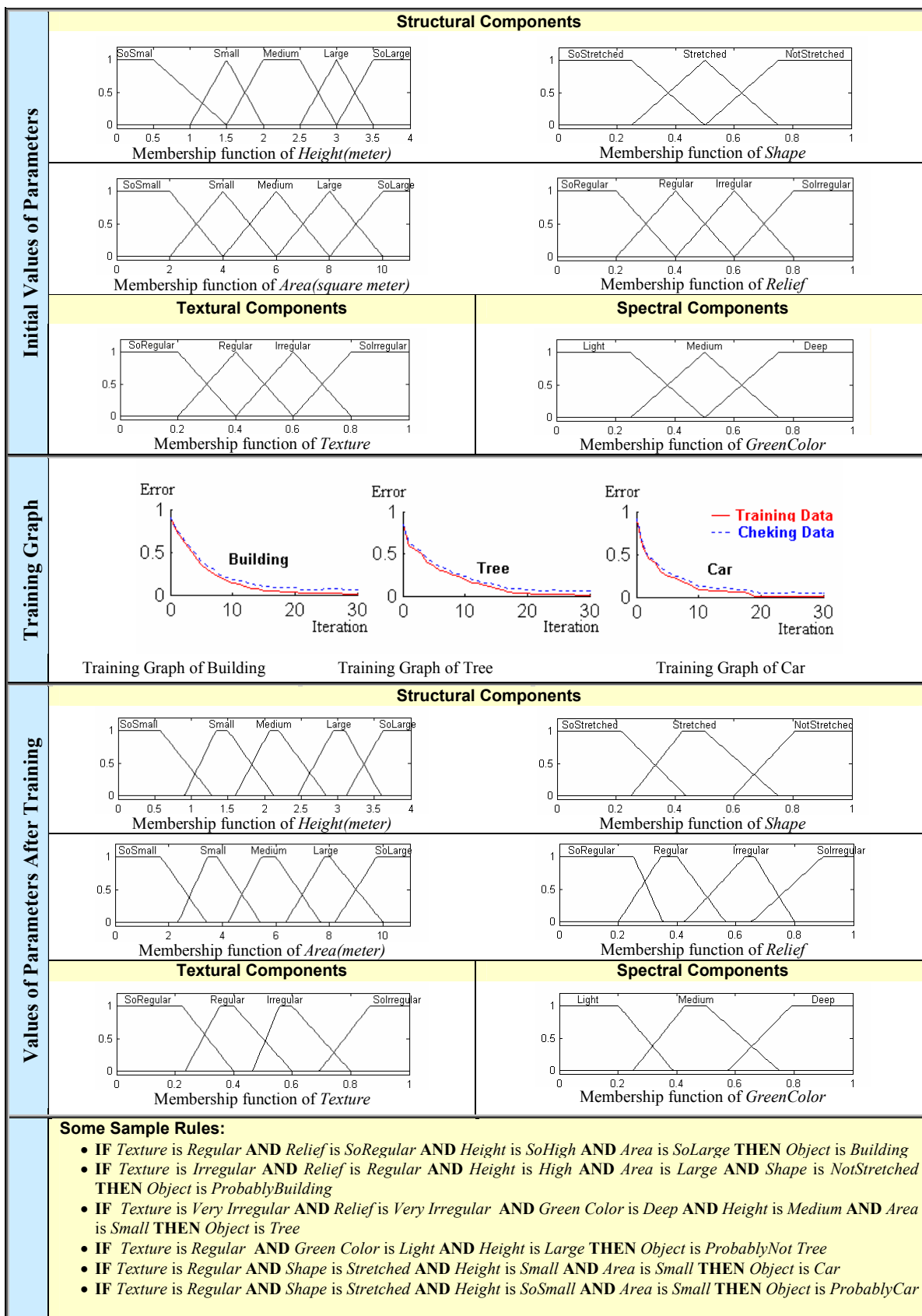
با تشکیل و تنظیم پارامترهای روند استنتاج، نسبت به استخراج و تشخیص اشیاء مورد نظر اقدام گردید. شکل (۹) بیانگر نتایج حاصل از بکارگیری روش ارائه شده در منطقه ارزیابی است. در شکل فوق جزئیات نتایج حاصل در هریک از مراحل استخراج و تشخیص اشیاء در رابطه با یک ناحیه از منطقه ارزیابی که دارای هر سه نوع نمونه مورد نظر (ساختمان، درخت و ماشین) میباشد ارائه گردیده است (۹- A). همانگونه که از شکل (۹- B) مشاهده می‌گردد، در مرحله اول مدل رقومی سطح ناحیه مورد نظر تعیین گردیده است. اشکال (۹- C) تا (۹- E) بیانگر مجموعه عملیات انجام شده به منظور تعیین و تصحیح نواحی سه‌بعدی و استخراج نقاط مرزی آن می‌باشد. در شکل (۹- F) محدوده انتقال یافته بروی تصویر نمایش داده شده است. در شکل (۹- G) اشیاء استخراج شده بر مبنای آنالیز همزمان مشخصه‌های STS در ناحیه فوق مشاهده می‌گردد. با ارزیابی مولفه‌های STS در رابطه با هریک از اشیاء استخراج شده، نسبت به تعیین نوع آنها اقدام می‌گردد. همانگونه که از شکل (۹- H) مشاهده می‌گردد، از بین نواحی متعدد استخراج شده، سه نوع شیء



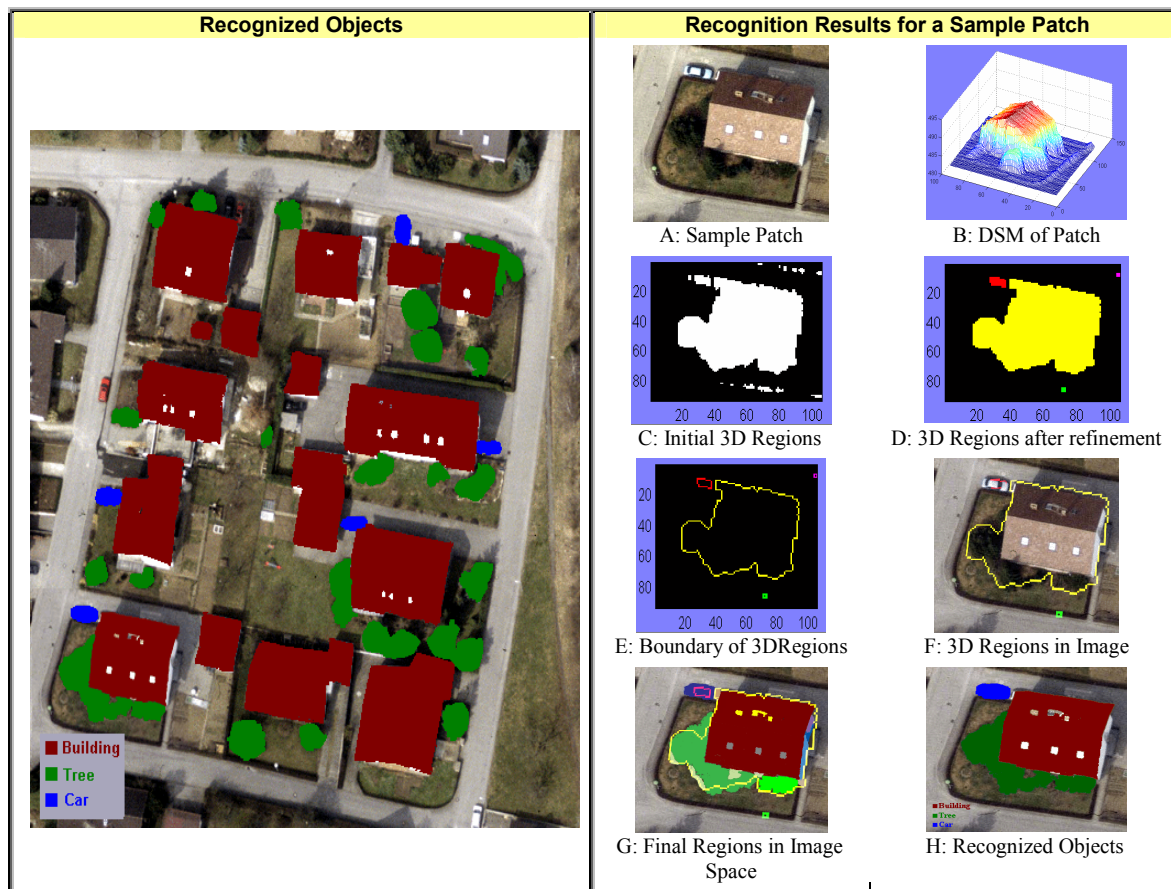
شکل ۶: متغیرها و برجسبهای زبانی، توابع عضویت و نمونه‌هایی از قوانین بیان شده در روند استخراج ناحیه.



شکل ۷: متغیرها و برجسبهای زبانی، توابع عضویت و نمونه‌هایی از قوانین بیان شده در روند تناظریابی.



شکل ۸: متغیرها و برجسبهای زبانی، توابع عضویت و نمونه‌هایی از قوانین بیان شده در روند تناظریابی.



شکل ۹: نتایج حاصل از بکارگیری روش ارائه شده در منطقه مورد نظر.

مراجع

- 1 - Baltasvias, E., Mason, S. and Stallmann, D. (1995). *Use of DTMs/DSMs and orthoimages to support building extraction*, in A.Gruen, O.Kuebler & P.Agouris, eds, *Automatic Extraction of Man-Made Objects from Aerial and Space Images*, Birkhauser Verlag, Basel, Boston, Berlin, PP. 199-210.
- 2 - Brenner, C. and Hala, N. (1998). *Rapid acquisition of virtual reality city models from multiple data sources*, in IAPRS, Vol. 32, Part 5, Hakodate, Japan.
- 3 - Brunn, A. and Weidner, U. (1997). "Extracting buildings from digital surface models." in *ISPRS Workshop on 3D Reconstruction and Modelling of Topographic Objects*, Stuttgart, Germany, PP. 27-34.
- 4 - Collins, R., Hanson, A., Riseman, E. & Schultz, H. (1995). *Automatic extraction of buildings and terrain from aerial images*, in A. Gruen, O. Kuebler & P. Agouris, eds, *Automatic Extraction of Man-Made Objects from Aerial and Space Images*, Birkhauser Verlag, Basel, Boston, Berlin, PP. 169-178.
- 5 - Ebner, E., Eckstein, W., Heipke, C. & Mayer, H., eds (1999). *Automatic Extraction of GIS Objects From Digital Imagery*, Vol. 32, B3-2W5, ISPRS, Munich, Germany.
- 6 - Fua, P. and Haanson, A (1988). "Extracting generic shapes using model-driven optimisation." in *DAPRA Image Understanding Workshop*, Morgan Kaufmann Publishers, Cambridge, Massachusetts, PP. 994-1004.

-
- 7 - Gruen, A., Baltsavias, E. and Henricson, O., eds (1997). *Automatic Extraction of Man-Made Objects from Aerial and Space Images*, Vol. II, Birkhauser Verlag, Basel, Boston, Berlin.
- 8 - Haala, N. and Brenner, C. (1999). "Extraction of buildings and trees in urban environments." *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, Vol. 54, No. 2-3, PP. 130-137.
- 9 - Mohan, R. and Nevatia, R. (1989). "Segmentation and description based on perceptual organization". in *Proc. IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, San Diego, CA, PP. 333-341.
- 10 - Gonzales, R. and Woods, R. (1993). *Digital image processing*. Addison-Wesley Publishing, Reading, Massachusetts.
- 11 - Haralick, R. M. and Shapiro, L. G. (1993). *Computer and Robot Vision*.
- 12 - Parker, J. L. (1997). *Algorithms for image processing and computer vision*. John Wiley & Sons, Inc.
- 13 - Clowell, R. N. (1986). *Manual of Remote Sensing (2nd Edition)*. American society of photogrammetry and remote sensing, Vol. 2.
- 14 - Hall, D. L. and Linn R. J. (1987). "Algorithm selection for data fusion systems." *Proceedings of Triservice Data Fusion Symposium*, John Hopkins University, Baltimore. PP. 100-110.
- 15 - Atkinson, K. B. (1996). *Close Range Photogrammetry and Machine Vision*, Wittles Publishing.
- 16 - Ackermann, F. and Krzystek, P. (1991). "MATCH-T: Automatic Mensuration of Digital Elevation Models." *Proceedings of Technical Seminar of the Sociedad Espanola de Cartografia Fotogrametriay Teledetection*, Barcelona, PP. 67-73.
- 17 - Forstner W. and Gulch, E. (1987). "A Fast Operator for Detection and Precise Location of Distinct Points, Corners and center of Circular Features." *Proceeding of Inter-commission conference of ISPRS on Fast Processing of Photogrammetric Data*, Interlaken.
- 18 - Zadeh, L. A. (1973). "Outline of a new approach to the analysis of complex systems and decision process." *IEEE Trans. On systems, Man and Cyberencs.*, Vol. 3, No. 1, PP. 28-44.
- 19 - Zimmermann, H. -J. (1993). *Fuzzy Set Theory, and Its Applications*. Kluwer Academic Publishers.
- 20 - Zienkiewicz, O. C. and Morgan, K. (1983). *Finite Elements and Approximation*. John Wiley & Sons, Inc.
- 21 - Ebner H., B. Hofmann-Wellenhof, P. Reib, and F. Steidler, (1980). "HIFI - A minicomputer program package for height interpolation by finite elements." *International Archive for Photogrammetry and Remote Sensing Congress*, Hamburg, Vol. 27, No. 3, PP. 205-215.
- 22 - Huber, J. P. (1981). *Robust Statistics*. John Wiley & Sons.
- 23 - Besl, P. J. & Jain, R. C. (1988). "Segmentation through variable order surface fitting." *IEEE Transaction of Pattern Analysis and Machine Intelligence*, Vol. 10, No. 2, PP. 167-192.
- 24 - Bernd, J., HouBecker, H. and, GeiBler, P., (1999). *Handbook of Computer Vision and Applications*. Academic Press.
- 25 - Hilditch, J. and Rutovitz., D. (1969). *Chromosome Recognition*. Annals of the New York Academy of Science, Vol. 157, PP. 339-364.
- 26 - Takagi, T. and Sugeno, M. (1985). "Fuzzy identification of systems and its applications to modeling and control." *IEEE Trans. on Systems, Man, and Cyberentics*, Vol. 15, PP. 116-132.
-

27 - Roger Jang, j. S. (1993). "ANFIS: Adaptive-Network-Based Fuzzy System." *IEEE Trans. on Systems, Man and Cyberencs.*, Vol. 23, No. 3, PP. 665-685.

واژه‌های انگلیسی به ترتیب استفاده در متن

- 1- Structural
- 2- Textural
- 3- Spectral
- 4- Sampling Interval
- 5- Bayesian Theory
- 6- Dempster-Shafer
- 7- Eppipolar Geometry
- 8- Colinearity Condition
- 9- Matching
- 10- Finite Elements
- 11- Geometrical Constraints
- 12- Intensity Constraints
- 13- Robust Estimation
- 14- Morphological Operators
- 15- Top-Hat
- 16- Erosion
- 17- Dilation
- 18- Opening
- 19- Cleaning