ارزیابی جامع مدلسازی هندسی تصاویر ماهوارهای Worldview-2 با روشهای هوشمند وکلاسیک

حسین باقری*^۱، سعید صادقیان^۲، اصغر میلان لک^۳

دانشجوی دکتری فتوگرامتری- گروه مهندسی نقشهبرداری- پردیس دانشکدههای فنی- دانشگاه تهران h.bagheri.en@gmail.com

> ^۲استادیار آموزشکده نقشهبرداری- سازمان نقشهبرداری کشور sadeghian@ncc.org.ir

^۳عضو هیئت علمی آموزشکده نقشهبرداری- سازمان نقشهبرداری کشور milanlak@yahoo.com

(تاریخ دریافت اردیبهشت۱۳۹۲، تاریخ تصویب مهر ۱۳۹۳)

چکیدہ

تعیین و بررسی مدلهای تصحیح هندسی و زمین مرجع نمودن تصاویر ماهوارهای با توجه به رونـق اسـتفاده از آنها در بسـیاری از زمینهها در دههای اخیر به شدت مورد توجه قرار گرفته و به عنوان یکی از موضوعات مهم در فتوگرامتری و سنجش از دور مطـرح است. در این مطالعه با استفاده از روشهای مختلف مدلسازی به تصحیح هندسی تصویر ماهوارهای 2-Worldview پرداخته و سعی گردیده است تا یک ارزیابی جامع از قابلیت روشهای مختلف در مدلسازی تصویر این ماهواره در منطقه شهری مانند تهران بدست آیـد. همچنـین اثـر تعداد و توزیع نقاط کنترل در روشهای مختلف در مدلسازی تصویر این ماهواره در منطقه شهری مانند تهران بدست آیـد. همچنـین اثـر دقت بالایی در حدود ۲/۳۶ متر حاصل گردید. علاوه بر روشهای معمول از روشهای هوش مصنوعی نظیر الگوریتم ژنتیک و شـبکههای عصبی به منظور بهینهسازی استفاده گردید و با استفاده از شبکه پرسپترون با ۴ نرون در لایه میانی دقت ۱/۷۰ پیکسل حاصل گردید و در نهایت مشخص شد که با استفاده از این الگوریتمها میتوان مدلهای موجود را بهینه کرد و نتایج بهتری را نسبت به روشهای معمول بدست آورد.

واژگان كليدى : مدلسازى هندسى، 2-Worldview، ارزيابى دقت، الگوريتم ژنتيك، شبكه عصبى

^{*}نويسنده رابط

۱– مقدمه

امروزه استفاده از تصاویر ماهوارهای با توان تفکیک بالا بەدلىل دقت بالاى ھندسى، محتواى مناسب اطلاعات، پوشش وسعت زیاد و عدم محدودیتهای جغرافیایی و سیاسی، موردتوجه کشورها در حوزههای مختلف علوم و مهندسی، طراحی و اجرا قرار گرفتهاست. علاوه بر این عواملی چون سرعت، دقت و تکرار پذیری موجب افزایش استفاده از این تصاویر گشته است. تصاویر خام بدست آمده از این ماهوارهها دارای اعوجاجات هندسی می باشد که عوامل و منابع متعددی دارند مانند: خطاهای ناشی از تغییرات و موقعیت سکو، خطاهای مرتبط با سنجنده، دوران، كرويت و اختلاف ارتفاع زمين و غيره [١٩،٢١]. تعیین و بررسی مدلهای تصحیح هندسی و زمین مرجع نمودن تصاویر ماهواره ای با توجه به رونق استفاده از آنها در بسیاری از زمینهها در دههای اخیر به شدت مورد توجه قرار گرفته و به عنوان یکی از موضوعات مهم در فتوگرامتری و سنجش از دور مطرح است. هرکدام از این خطاهای هندسی به مدلها و توابع ریاضی برای انجام تصحیحات هندسی نیاز دارند. علاوه بر این، مدلهای ریاضی، برای برقراری ارتباط بین زمین و تصاویر به کار می رود. به طور کلی این مدلهای ریاضی در دو گروه عمده قرار می گیرند که عبارتند از: مدلهای فیزیکی و مدلهای تجربی[۲۱].

در مدلهای فیزیکی، تصحیح هندسی براساس هندسهی تصویربرداری در لحظه تصویربرداری و تعیین پارامترهای توجیه خارجی زوج عکس استوار است. یکی از معمول ترین این مدلها، مدل پارامتر مداری است که توسط افراد زیادی در انواع تصاویر مورد استفاده قرار گرفته است [۲۱،۲۲،۳۳]. در مدل پارامتری مداری به دادههای کمکی مانند بردار موقعیت و سرعت، از سکوی ماهواره در لحظهی تصویر برداری نیاز است که همهی آنها همیشه در دسترس نیستند. اما در مدلهای تجربی به هندسهی تصویر در لحظهی تصویربرداری نیاز نیست و درصورت فقدان اطلاعات مداری ماهوارهها یا مدل دوربین به ویژه در ماهوارههای با توان تفکیک بالا، دارای کاربرد بیشتری هستند. این مدلها نیازی به پارامترهای توجیه داخلی و

اطلاعات مداری ندارند و بهوسیلهی نقاط کنترل زمینی⁽(GCPs) با توزیع مناسب قابل استفاده میباشد[۱]. مدلهای تجربی براساس توابع ریاضی مختلفی بیان

شده که برخی از آنها عبارتند از: توابع چندجملهای شده که برخی از آنها عبارتند از: توابع چندجملهای دوبعدی، توابع چندجملهای سهبعدی و تابع رشنال^۲و تابع TPS. از مهمترین مزایای این مدلها می توان به مستقل بودن از سنجنده بدون نیاز به المانهای توجیه داخلی و خارجی (به گونه ای که می تواند برای انواع سنجندههای خارجی (به گونه ای که می تواند برای انواع سنجندههای مختلف Frame type ،Wisk broom ،Push broom و SAR به کار رود) ، محرمانه ماندن اطلاعات مداری، سرعت کافی در پردازش اطلاعات و حمایت از هر نوع سیستم مختصات اشاره نمود. در دهه اخیر تحقیقات زیادی در مورد مدلهای دوبعدی و سه بعدی و توابع رشنال صورت گرفته است.

Fraser از مفهوم بهینهسازی ضرایب توابع رشنال با استفاده از حذف بایاسهای مربوط به توجیه خارجی استفاده کرد. این مدل بر روی تصاویر استریو ماهواره Quickbird و IKONOS مورد آزمون قرار گرفت. نتایج بدست آمده از اجستمنت بلوک تصاویر با استفاده از ضرایب بهینهسازی شده نشان داد که در هر دو دسته از تصاویر دقت زیر پیکسل بدست آمده است[۲].

علاوه بر مدلهای تجربی از مدلهای فیزیکی نیز در تصحیح هندسی تصاویر ماهوارهای استفاده شده است. تصحیح هندسی تصاویر ماهوارهای استفاده شده است. پایه گذاری نمودند. Deren,Shibssaki و عاویر پایه گذاری نمودند. Gugan مدل پارامتر مداری را ارائه داد. این مدل بر روی تصاویر Spot و 1-IRS و تصاویر ژئوآیکونوس مورد آزمون قرار گرفت[۶،۷،۲۷]. یوسفزاده و هکاران [۲۸] روش حل جدیدی برای معادله TLT بر مینای تبدیل تصویر آرایه خطی به تصویر فریم مجازی مینای تبدیل تصویر آرایه خطی به تصویر فریم مجازی مینای تبدیل تصویر آرایه خطی به تصویر فریم مجازی مینای تبدیل تصویر آرایه خطی به تصویر فریم مجازی مینای تبدیل تصویر آرایه خطی به تصویر فریم محازی مینای تبدیل تصویر آرایه خطی به تصویر فریم محازی معاران از مدل فیزیکی CCRS (مدل Tutin) و ضرایب همکاران از مدل فیزیکی CCRS (مدل Tutin) و ضرایب همکاران از مدل فیزیکی Fraser (۱۱]. تصویر و همکارانش نیز GeoEye و دقت به تصحیح هندسی تصاویر Fraser (۱۰]. و مرادته و دقت به تصحیح هندسی تصاویر GeoEye (دادند[۳۵].

۱ Ground Control Points

۲ Rational Function

در تحقیقی دیگر با استفاده از یک مدل جدید ریگروس که بر اساس معادله شرط همخطی برای دوربین-های پوشبروم طراحی شده بود، مدلسازی هندسی تصاویر Worldview-2 صورت گرفت و نتایج قابل قبولی به دست آمد[۲۴].

در مدلسازی تصاویر ماهوارهای با استفاده از الگوریتم ژنتیک، صمدزادگان و همکاران [۲۵] با بهینهسازی توابع رشنال با استفاده از کد الگوریتم باینری به تعیین ضرایب مناسب توابع رشنال پرداختند و نتایج با دقت بالاتری را نسبت به روشهای معمول کسب کردند اما توانایی الگوریتم در بهینهسازی سایر توابع- چندجلهای دوبعدی و سهبعدی مورد بررسی قرار نگرفت. در این تحقیق از یک تصویر ماهوارهای ژئو آیکونوس به منظور بهینهسازی استفاده گردید که دارای تصحیح هندسی از قبل توسط شرکت ارئه کننده تصویر میباشد و قابلیت و انعطاف شرکت ارئه کننده تصویر میباشد و قابلیت و انعطاف نظیر 2-Worldview که هیچگونه تصحیحی بر روی آنها از قبل صورت نگرفته و دارای اعوجاجات بیشتری نیز می-باشد مورد آزمون قرار نگرفت.

ساعتی و همکاران نیز به مدلسازی تصویر ماهوارهای آیکونوس با استفاده از شبکههای عصبی مصنوعی پرسپترون با الگوریتم پس انتشار خطا و روش آموزش گرادیان نزولی پرداختند اما نتوانستند به دقت زیر پیکسل سایز دست پیدا کنند و در بهترین حالت به دقت ۲/۵۹ در ابعاد پیکسل در نقاط چک توسط شبکه پرسپترون با ۵ نرون در یک لایه میانی دست یافتند[۹].

در این مطالعه با استفاده از روشهای مختلف مدلسازی به تصحیح هندسی تصویر ماهوارهای Worldview-2 پرداخته و سعی گردیده است تا یک ارزیابی جامع از قابلیت روشهای مختلف در مدلسازی تصاویر این ماهواره در منطقه شهری مانند تهران بدست آید. همچنین اثر تعداد و توزیع نقاط کنترل در روش-آید. همچنین اثر تعداد و توزیع نقاط کنترل در روش-های مدلسازی مورد مطالعه قرار گرفته است. بنابر این در ابتدا لازم است تا مروری بر مشخصات سنجنده ماهواره ابتدا لازم است تا مروری بر مشخصات سنجنده ماهواره ماهوارهای داشته باشیم. در شکل ۱ نمودار الگوریتمهای مورد استفاده در این تحقیق بهمنظور مدلسازی تصویر ماهوارهای 2-Worldview نشان داده شده است.



شکل ۱- نمودار الگوریتمهای مورد استفاده در این تحقیق

۲- ماهواره Worldview-2

ماهواره Worldview-2 از سری ماهوارههای با توان تفکیک بالا، ساخت شرکت Digital Globe است که در هشتم اکتبر سال ۲۰۰۹ به فضا پرتاب گردید. این ماهواره در ارتفاع ۷۷۰ کیلومتری ازسطح زمین و در یک مدار خورشید آهنگ در حال چرخش می باشد و در ساعت am ۱۰:۳۰ از نقطه گرهی نزولی مدار خود عبور میکند. پریود گردش ماهواره در مدار ۱۰۰ دقیقه و مدت زمان بازبینی مجدد ماهواره ١/١روز مىباشد. هندسه سنجنده اين ماهواره از نوع پوشبروم و شامل یک لنز با فاصله کانونی ۱۳/۳ متر است. هر خط تصویربرداری دارای بیش از ۳۵۰۰۰ دیتکتور با ابعاد ۸ میکرون در حالت پانکروماتیک میباشد و میتواند تصویر را در دو حالت مونو و استرئو به روش flexible با امکان دوران[°]۴۵± از نادیر تهیهکند و پهنای تصویربرداری در نادیر ۱۶/۴ کیلومتر است. سنجنده ماهواره دارای ابعاد پیکسل زمینی کمتر از ۵/۰متر (حدود ۴۶/۰ متر در نادیر) برای تصاویر پانکروماتیک و ابعاد پیکسل زمینی ۱/۸۴متر برای تصاویر چندطیفی است[۱۴]. ویژگی مهم سنجنده این ماهواره قابلیت تصویربرداری در ۸ باند طیفی می باشد. بنابراین علاوه بر داشتن توان تفکیک مکانی بالا، دارای توان تفکیک طیفی مناسب نیز بوده و یک سنجنده با توان تفکیک بالای مکانی و طیفی بهحساب میآید.

۳- مشخصات تصویر و ناحیه مورد مطالعه

در این مطالعه از یک تصویر 2-Worldview در پانکروماتیک با وسعت پوشش ۱۴KM×۱۸۲۸ در محدوده شهر تهران استفاده شده است. این تصویر در ۹ سپتامبر ۲۰۱۰ با زاویه انحراف از نادیر ۱۶/۶ درجه به دست آمده است. تغییرات ارتفاع ناحیه مورد مطالعه بین دست آمده است. تغییرات ارتفاع ناحیه مورد مطالعه بین دست آمده است. تغییرات ارتفاع ناحیه مورد مطالعه بین دست آمده است. تغییرات ارتفاع ناحیه مورد مطالعه بین پرک از نقشه راهمی با مقیاس ۲۰۰۰ که توسط چک از نقشه راومی با مقیاس ۲۰۰۰ که توسط سازمان نقشه برداری کشور (NCC) در سال ۱۳۸۱ تهیه شده، استخراج شده است. محدوده ای از تصویر در شکل ۲ نمایش داده شده است. همچنین برای بررسی اثر توزیع و تعداد نقاط کنترل در فرایند مدلسازی، ۵ سری نقاط با ترکیبهای متفاوت مطابق جدول ۱ در نظر گرفته شده است.

جدول۱- ترکیبات مختلف نقاط کنترل و چک

	× 2) 0) .
	سرى	تعداد نقاط كنترل	تعداد نقاط چک
ſ	1	47	18
	۲	38	٢٢
	٣	۲۹	۲۹
	۴	٢٢	۳۶
	۵	18	47



شکل۲- محدودهای از ناحیه مورد مطالعه در تصویر worldview-2

در اشکال (۳–۱) تا (۳–۵) نحوه توزیع سری نقاط جدول ۱ نشان داده شده است.









www.SID.ir



شکل۳-۴- نحوه توزیع هندسی نقاط در سری نقاط ۴



شکل۳-۵- نحوه توزیع هندسی نقاط در سری نقاط ۵

۴-روشهای کلاسیک در مدلسازی هندسی تصاویر ماهوارهای

همانگونه که در مقدمه بیان گردید در حالت معمول دو نوع مدل جهت تصحیح هندسی و مدلسازی ریاضی تصاویر ماهوارهای وجود دارد که عبارتند از مدلهای فیزیکی و مدلهای تجربی که در ادامه مروری بر این مدلها خواهیم داشت.

۴-۱- مدلهای فیزیکی

مدلهای فیزیکی شرایط فیزیکی حاکم بر هندسه تصویربرداری را بازسازی میکنند. تصحیح هندسی با این مدلها بر اساس هندسه تصویربرداری در لحظه تصویربرداری و تعیین پارامترهای توجیه خارجی زوج عکس استوار است. یکی از معمول ترین این مدلها، مدل پارامتر مداری است که توسط افراد زیادی در انواع تصاویر مورد استفاده قرار گرفته است.[۲۱،۲۲،۲۳] تمام مدلهای ریاضی به همراه دادههای

www.SID.ir

مداری بر پایه استفاده از شرط همخطی هستند. با این حال هر محقق روش متفاوتی را انتخاب نموده و پارامترهای متفاوتی نیز در فرمول بندی به کار گرفته است. در این مقاله از مدل پارامتر مداری موجود در نرمافزار PCI (مدل پارامتر مداری Toutin) به عنوان یک مدل فیزیکی جهت مدلسازی هندسهی تصاویر 2-Worldview استفاده شده است.

۴–۲– مدلهای تجربی یا درونیاب

مدلهای تجربی زمانی به کار میروند که پارامترها و هندسه سیستم تصویربرداری در دسترس نمی باشد. به-عبارت دیگر جهت مدلسازی اعوجاجات موجود در سطح تصوير، نياز به اطلاعات موقعيت و وضعيت سنجنده در لحظه تصویربرداری نداشته و تنها با استفاده از نقاط کنترل زمینی ارتباط بین فضای تصویر و زمین برقرار می شود [۲۱]. اینگونه مدلها می توانند برای هر گونه سکو و سنجنده به-کار روند. نیاز به نقاط کنترل فراوان و حساسیت زیاد به دقت آنها، وابستكى نتايج به توزيع نقاط كنترل، غير قابل تفسیر بودن پارامترهای موجود در این مدلها، عدم تامین دقت سراسری در صحنههای بزرگ تصویربرداری و پیچیدگیهای مربوط به شناسایی ساختار بهینه نقاط كنترل از جمله معايب اين مدلها مىباشد [۳،۱۰،۲]. مدل های تجربی بر اساس توابع ریاضی مختلفی شکل گرفتهاند که عبارتند از[1]: توابع چندجملهای دوبعدی، توابع چندج ملهای سهبعدی و توابع رشــنال و تابع TPS.

توابع رشنال به یکی از دو حالت زیر میتواند مورد استفاده قرار گیرد: استفاده از توابع رشنال برای تخمین یک مدل فیزیکی سهبعدی به صورت ضرایب RPC (مدل مستقل از زمین)[۱۶] و استفاده از توابع رشنال برای محاسبه مجهولات چندجملهای با نقاط کنترل زمینی (مدل وابسته به زمین)[۱۲]. چندجملهایهای دوبعدی از دهه ۲۰ توسط (۱۹75)Reg برای مدلسازی ریاضی تصاویر ماهوارهای مطرح شدهاند[۲۶]. تبدیل چندجملهای سهبعدی نیز برای انتقال مختصات از یک سیستم مختصات به سیستم دیگر (مثلا از سیستم تصویر به سیستم مختصات زمینی) به کار میرود. روش RBF برمبنای ترکیب خطی توابع پایه است و تعداد زیادی از این توابع شناخته شدهاند. معروفترین آنها توابع مالنی کوادریک میباشند[۴].

۵- روشهای هوشمند در مدلسازی هندسی تصاویر ماهوارهای

در روشهای هوشمند از الگوریتمهای هوش مصنوعی نظیر الگوریتم ژنتیک و شبکههای عصبی برای بهینهسازی و مدلسازی به کار گرفته میشوند. در این مقاله از شبکه-های عصبی مصنوعی برای یافتن مدل بهینه ارتباطدهنده فضای تصویر و زمین و از الگوریتم ژنتیک به منظور بهینه کردن روشهای مدلسازی کلاسیک نظیر توابع رشنال و چندجملهای دوبعدی و سهبعدی استفاده گردیده است.

۵-۱- استفاده از الگوریتم ژنتیک در بهینه-سازی چندجملهایهای دو بعدی و سه بعدی و توابع رشنال

مبنای الگوریتم ژنتیک که برگرفته از طبیعت است، استفاده از جست وجوى تصادفي براي بهينهسازي مسائل و فرآیندهای یادگیری است[۱۷]. در طبیعت از ترکیب کروموزومهای مناسب نسلهای بهتری پدید می آید. در این بین گاهی جهشهایی نیز در کروموزومها رخ میدهد كه ممكن است باعث بهترشدن نسل بعدى شود. الگوريتم ژنتیک با استفاده از این ایده اقدام به حل مسائل می كند[1۸]. به طوركلى عملگرهاى اين الگوريتم عبارتند از: برازش، انتخاب، تلفيق و جهش [16]. اولين گام دراستفاده از توابع ریاضی نظیر چند جملهایهای دو بعدی، سه بعدی و رشنال مشخص شدن شکل بهینه و ترم های موثر از این توابع برای ارتباط بین تصویر و زمین است. شکل بهینه از چندجملهایها وابسته به هندسه تصویربرداری، توپوگرافی منطقه موردپوشش، تعداد و توزیع نقاط کنترل میباشد. از الگوریتم ژنتیک برای بررسی تاثیر وجود یا عدم وجود ترمهای مختلف در چندجملهایهای این توابع و یافتن موثرترین آنها استفاده می گردد. برای این منظور از یک کروموزوم باینری که به شکل رشتهای از صفر و یکهاست استفاده می شود، به گونهای که عدد صفر بیانگر عدم دخالت ترم موردنظر و عدد یک به معنای وجود آن ترم می باشد. در فرآیند الگوریتم ژنتیک کروموزوم بهینه که نشان دهندهی بهترین ترمهای چندجملـــهای است، بهدست میآیـــد[۲۵]. طی این فرایند مقدار ضرايب ترمها نيز بهروش كمترين مربعات تعيين مي گردد.

از نقاط کنترل زمینی و مختصات تصویری آنها برای برقراری ارتباط بین تصویر و زمین استفاده می گردد. در فرآیند بهینهسازی با الگوریتم ابتدا یک جمعیت اولیه از کروموزوم ها تشکیل و مقدار ضرایب به وسیلهی نقاط کنترل و به روش کمترین مربعات محاسبه می گردد و با استفاده از نقاط چک مقدار باقیمانده به دست میآید. بنابراین با به کارگیری نقاط کنترل و چک و تابع هدف، کروموزوم بهینه شکل می گیرد. در پایان پس از اتمام فرآیند بهینه سازی، توسط مجموعه نقاط چک دیگری که در فرآیند بهینه سازی دخالت نداشتهاند، کروموزوم به-دست آمده مورد ارزیابی قرار میگیرد. بهعبارت دیگر در فرآيند تعيين ضرايب مناسب چندجملهاىها و توابع رشنال با الگوریتم ژنتیک علاوهبر نقاط کنترل، دو دسته نقطه چک به کارمی رود که یک دسته در فرآیند بهینه-سازى بەھمراه نقاط كنترل براى يافتن كروموزوم بهينه به کاررفته است و در اصطلاح به آن نقاط چک الگوریتم ژنتیک^۱ می گویند (GACPs) و دسته دوم، نقاط چک مستقلی است که درپایان برای ارزیابی کروموزوم نهایی مورد استفاده قرار می گیرد و به آن نقاط چک مستقل^۲ می گویند (ICPs).

برای بهینهسازی توابع از یک الگوریتم ژنتیک باینری استفاده شده که برای هر متغیر(ژنوم) یک بیت درنظر گرفته شده است که شامل اعداد ۰ و ۱ به معنای وجود یا عدم وجود ترم موردنظر می باشد و از روش تلفیق تک نقطهای برای تلفیق کروموزومها استفاده شده است. نرخ جهش برابر با ۰/۱۵ و تعداد نسلها برابر ۷۰۰ نسل می باشد که هر نسل شامل ۲۰ کروموزوم است. تعداد ۳۰ نقطهی کنترل زمینی (GCPs) و ۱۲ نقطه چک در فرایند الگوريتم ژنتيک (GACPs) بهمنظور يافتن بهينهترين شکل توابع و برآورد مقدار ضرایب مورد استفاده قرار گرفتهاست و در پایان از ۱۶ نقطهی چک مستقل از فرآیند بهینهسازی (ICPs) برای ارزیابی کروموزوم نهایی بدست آمده استفاده شده است. در پایان میزان باقیمانده در حالت معمول مدلها بر روی دو دسته نقطه چک (GACPs) و (ICPs) تحت عنوان نقاط چک ۱ (ChC-1) و نقاط چک ۲ (ChC-2) در جدول ۱۱ نمایش داده شده است.

www.\$ID.ir

۱ GA Check Points

۲ Independent Check Points

۵-۲- استفاده از شبکههای عصبی در مدلسازی هندسی تصاویر ماهوارهای

شبکههای عصبی مصنوعی^۱ روشهایی هستند که بر اساس ساختمان مغز انسان سازمان یافتهاند و رفتارهایی از خود نشان میدهند که مشابه آن در کارکرد مغز انسان وجود دارد و یا آنکه قابل تفسیر به یکی از رفتارهای آدمی است. بررسیها نشان میدهد که این شبکهها قابلیت يادگيرى، يادآورى، فراموشكردن، استنتاج، شناخت الگو، طبقهبندی اطلاعات و بسیاری دیگر از مهارتهای مغز انسان را دارند[۸،۱۳]. به منظور مدلسازی هندسی تصویر با شبکههای عصبی مصنوعی از یک شبکه پرسپترون سه لايه با الگوريتم پس انتشار خطا و آموزش به روش Marquarlt-Levenberg استفاده شده است. همانگونه که در شکل ۴ نشان داده شده است، این شبکه شامل یک لايه ورودي، يک لايه مياني و يک لايه خروجي است و لایه ورودی شامل سه نرون متناظر با دادههای سه بعدی زمینی X، X و Z و لایه خروجی متناظر با مختصات تصویر r,c و لایه میانی با تعداد نرونهای مختلف در نظر گرفته می شوند [۹]. به منظور آموزش شبکه ۵۵٪ نقاط (۳۱ نقطه) با عنوان نقاط آموزش ۲ همانند نقاط کنترل و ۲۰٪ از نقاط (۱۲ نقطه) به عنوان نقاط اعتبارسنجی^۳ همانند نقاط چک به کار رفته است و در نهایت ۲۵٪ از نقاط نیز به عنوان نقاط چک مستقل که در فرآیند آموزش استفاده نشدهاند برای تست^۴ و آزمون شبکه به کار گرفته شده است. دیگر تنظیمات به کار رفته در فرآیند آموزش عبارتند از:

> تعداد ایکهای آموزش: ۱۰۰۰ حد بالای گرادیان: ۱٫۰۰ حد پایین گرادیان: ۱٫۰۰ e-۱۹

محدوده تغییرات µ بین ۰,۰۰۱ تا ۱٫۰۰ e+10 در نظر گرفته شده است. سیگنال خطا نیز بر مبنای میزان باقیمانده تشکیل گشته است و اصلاح وزنها برای رسیدن به مقدار مینیمم باقیمانده صورت میگیرد.



۲ Training Points



تصوير Worldview-2

۶- ارزیابی نتایج

در این مطالعه انواع روشهای مدلسازی تجربی و فیزیکی نظیر توابع چندجملهای دو بعدی و سه بعدی، توابع رشنال، روش TPS، روش مدل پارامتر مداری و نیز استفاده از ضرایب RPC ، با هدف ارزیابی دقت آنها در تصویر به کار رفته است.

توابع رشنال به شدت وابسته به توزيع و تعداد نقاط كنترل زمينى هستند بنابراين تركيبات مختلف نقاط کنترل و چک برای به دست آوردن ضرایب این توابع و مدلسازی در نظر گرفته شده است. از نقاط کنترل به منظور تخمین ضرایب و از نقاط چک به منظور ارزیابی مدل ایجاد شده و ضرایب بدست آمده استفاده گردیده و باقیماندهها در نقاط چک و نقاط کنترل که نشان دهنده دقت هندسی مدلسازی میباشد، بیان شده است. با تغییر تعداد ترمها و همچنین تغییر در ترکیب نقاط مطابق جدول ۲ و ۳ میزان باقیماندهها در نقاط کنترل و چک تغییر می یابد. بهترین نتایج بدست آمده در هرترکیب که دارای کمترین باقیمانده میباشند، در جدول ۳ نشان داده شده است و ترمی را که در آن ترم، تابع رشنال به بهترین شکل ممکن (دارای حداقل باقیماندهها) به مدلسازی پرداخته است نیز بیان گردیده است. مقدار باقیمانده در نقاط چک در ترکیب ۲ ، با ۳۶ نقطه کنترل و ۲۲ نقطه چک، کمترین میزان است. تعداد مناسب نقاط چک و کاهش تعداد نقاط کنترل آن در این ترکیب نسبت به ترکیب شماره ۱، نتیجه قابل اعتمادتری را رقم میزند. در جدول ۲ جزئیات نتایج حاصل از تصحیح هندسی با توابع رشنال و ترکیب نقاط ۲۲-۳۶ نشان داده شده است.

Validation Point

	رل	یمانده در نقاط کنتر	باق	ن	فیمانده در نقاط چک	باف			
ضريب		بر حسب پیکسل			بر حسب پیکسل				
	x RMS	y RMS	RMS	x RMS	y RMS	RMS			
۳ (Projective)	• 88	۱۰/۲۱	1./22	٠/۵٢	11/88	11/88			
۴ (DLT)	• /۵Y	٣/٣٢	۳/۳۶	• /٣٩	١/٩١	1/94			
۵	۰/۵۳	۲/۱۸	۲/۲۴	۰/۳۶	١/٨٨	۱/۹۱			
۶	• /۵A	۲/۵۹	۲/۶۵	۰ /۴۱	۲/۴۷	۲/۵			
۷	•/۴٧	۲/۵۴	۲/۵۸	۰ /۳۵	7/47	۲/۴۴			
٨	• /۴٨	۰/۸۵	٠/٩٧	۰/٣۶	٠/۶٩	• /YY			
٩	•/۴٧	٠/٨۴	٠/٩۶	۰ /۳۲	• /۶V	۰/۷۴			
۱.	•/۴٧	٠/٨۴	٠/٩٢	۰ /۳۳	• 188	٠ /٧٣			
11	٠/۴٧	٠/٨۴	٠/٩٢	۰ /۳۴	+180	٠ /٧٣			
١٢	•/48	۰/۸۲	• / ٨ ٨	۰ /۳ ۱	۰/۶۸	٠/٧۴			
١٣	•/48	۰ /۸۳	٠/٩	۰ /۳ ۱	194	• /Y)			
١۴	•/48	• /A •	۰/۸۵	۰ /۳ ۰	•/87	۰ <i>/۶</i> ۹			
۱۵	•/48	٠/٧٩	٠/٩١	• /٣ •	• /YY	٠/٨٢			
18	• /٣٩	• /YA	• /AY	• /۵۵	•/٨٩	۲/۰۴			
١٧	٠/۴١	• /YY	• /AY	•/۴۲	۰/۸۵	۰/۹۴			
١٨	• / ۴	• /YA	• /AY	• /۵ •	•/A•	٠/٩۴			

جدول۲- نتایج حاصل از تصحیح هندسی تصویر Worldview-2 با استفاده از تابع رشنال و ترکیب نقاط ۲۲-۳۶

جدول۴- نتایج حاصل از مدلسازی با توابع چند جملهای دوبعدی

	نوع مدل: چند جملهای دو بعدی					
سری نقاط	باقیماندہ بر حسب پیکسل					
	نقاط كنترل	نقاط چک	درجه			
١	۱/•۸	۰/۹۴	۴			
٢	1/11	۰/٩۴	٣			
٣	1/17	۱/۰۵	٣			
۴	۱/•۲	1/19	٣			
۵	١/•٧	1/14	٢			

جملهای سهبعدی	توابع چند	مدلسازی با	حاصل از	جدول۵- نتايج

سری نقاط	نوع مدل: چند جملهای سه بعدی باقیمانده بر حسب پیکسل			
	نقاط چک	درجه		
١	• /A	٢		
٢	• /A	٢		
٣	٠/٩١	٢		
۴	1/10	٢		
۵	۲/۴۳	٢		

رشنال	توابع	مدلسازی با	حاصل از	جدول۳- نتايج	

	نوع مدل: تابع رشنال						
سری نقاط	باقيمانده بر حسب پيكسل						
	نقاط كنترل	نقاط چک	ضريب				
١	٠/٩	٠/٨۴	٩				
٢	٠/٩١	•/۶٩	14				
٣	٠/٩۴	۰/٩۶	٩				
۴	• /۶٨	۱/۵۱	٨				
۵	٠/٨٩	1/0.	٨				

با مراجعه به جدول ۲ مشخص است که با وجود اعمال تصحیح پروژکتیو بر روی تصویر به علت وجود نوعی خطا در مقدار y تصویر، میزان باقیمانده در مولفه x مناسب اما در مولفه y بسیار بالا است و با اعمال تابع رشنال تا ترم ۴، مقدار این خطا به شدت کاهش یافته و در ترم ۸ به مقدار کمتر از یک پیکسل میرسد و در ترم ۱۴ کمترین میزان باقیمانده برای نقاط چک وجود دارد. همانگونه مشخص است اثر اضافه شدن این ترم ها در مولفه x ناچیز بوده و بیشتر باعث کاهش خطا در مولفه y گردیده است.

	نوع مدل: روش TPS				
سری نقاط	باقيمانده بر حسب پيكسل				
	نقاط كنترل	نقاط چک			
١	•	١/۵۴			
٢	•	١/٧			
٣	•	1/42			
۴	•	۱/۹۵			
۵		۲/۰۰			

جدول۷- نتایج حاصل از مدلسازی به روش پارامتر مداری

سرى	نوع مدل: روش مدل پارامتر مداری			
نقاط	حسب پیکسل	باقیماندہ بر		
	نقاط كنترل	نقاط چک		
١	7/81	۲/۸۹		
٢	۳/۰۸	١/٨١		
٣	۲/۹۷	۲/۴۸		
۴	5/40	٣/•۴		
۵	١/٧٣	٣/•۵		

نتایج حاصل از تصحیح هندسی تصویر و مدلسازی با استفاده از چندجملهای دو بعدی و سهبعدی در جدول ۴ و ۵ بیان شده است. در این مدلها، بهترین نتیجه با سری نقاط ۱ و ۲ حاصل گشته است. همچنین تصحیحات با درجات مختلف صورت گرفته است. در چندجملهای دو بعدی در اکثر ترکیبات بهترین نتیجه در درجه سوم و در چندجملهای سه بعدی نیز در تمامی ترکیبات بهترین نتیجه در درجه دوم حاصل گشته است.

در تصحیح هندسی با استفاده از مدل TPS به عنوان یکی از معروفترین مدلهای توابع پایهای به دلیل عدم استفاده از روش کمترین مربعات و حل دستگاه بدون درجه آزادی، هیچگونه باقیمانده ای برای نقاط کنترل وجود ندارد، لذا باقيماندهها فقط براى نقاط چک قابل بيان است. جدول ۶ باقیمانده در نقاط چک را در تصحیح هندسی به روش TPS نشان میدهد. در این روش کمترین باقیمانده در ترکیب ۳ حاصل شده است که مقدار آن برابر ۱/۴۲ پیکسل میباشد.

در تصحیح هندسی با مدل فیزیکی نیز از مدل پارامتر مداری موجود در نرم افزار PCI (مدل Toutin) استفاده شده است. در ماهواره Worldview-2 موقعیتهای $(X_0, \cdot, t+\Delta t \, e \, (X_0, \, Y_0, \, Z_0)_t \, \cdot \, t \, e \, (X_0, \, x_0, \, Z_0)_t \, \cdot \, t \, e \, (X_0, \, x_0, \, z_0)_t \, e \, (X_0, \, x_0)_t \, e \, (X_0$ ، DGPS توسط Y₀, Z₀)_{t+Δt} توسط مختـصات WGS 84 اندازه گیری می شوند. زوایـای

دوران مربوط به سنجنده $(\omega, \phi, k)_{t+\Delta t}$ و $(\omega, \phi, k)_{t+\Delta t}$ توسط ردیابهای ستارهای و IMU اندازهگیری می گردد. این دادهها در ماهواره Worldview-2 در قالب دو فایل افمرید^۱ و وضعیتی^۲ میباشند (eph, .att.) و از این دو فایل برای مدلسازی مداری استفاده می گردد. جدول ۷ نتایج حاصل از این روش را بر روی نقاط کنترل و چک در ترکیبات مختلف نقاط نشان می دهد. همانگونه که در جدول ۷ نشان داده شده، با کاهش نقاط کنترل در این مدل دقت مسطحاتی کاهش می یابد که به دلیل عدم دسترسی به مقادیر دقیق پارامترهای مداری و تقریبی بودن این مقادیر می باشد، در نتیجه هر چند که بصورت تئوری این روش باید با تعداد کمی نقطه کنترل نیز به دقت برسد اما تقریبی بودن پارامترهای ارائه شده در فایلهای همراه تصویر سبب افزایش نقاط کنترل مورد نیاز و کاهش دقت گشته است. به همین دلیل از نقاط کنترل اضافی برای جبران تقريبی بودن پارامترها استفاده می گردد. بهترین نتیجه در این نوع مدلسازی با استفاده از نقاط ترکیب دوم بدست آمده است.

همانگونه که در قسمت (۴-۲) بیان گردید یک حالت استفاده از توابع رشنال به صورت زمین مستقل میباشد. د حالت زمین مستقل، مسئله ترفیع برای محاسبه ضرایب توابع رشنال، با استفاده از پارامترهای فیزیکی سنجنده بدون نیاز به نقاط کنترل زمینی حل می شود و سپس ظرایب محاسبه شده (ضرایب RPC)^۳ به صورت فایل همراه با تصویر برای کاربران ارسال میشود. بنابراین از این روش زمانی استفاده می شود که نقطه کنترلی از منطقه نداریم یا تعداد آن بسیار کم می باشد. جدول ۸ و ۹ و ۱۰ نتایج حاصل از استفاده از ضرایب RPC را نشان می-دهد.

همچنین نتایج بدست آمده از این روش، با روش پارامتر مداری و مدلسازی توابع رشنال به روش زمین وابسته (وابسته به نقاط كنترل) مقايسه گرديده است. نتایج موجود در جداول بر حسب متر بیان گشتهاند. همانگونه در جداول ۸ و ۹ و ۱۰ مشخص شده است در صورتی که تعداد نقاط کنترل کم باشد یا نقطه کنترلی موجود نباشد استفاده از ضرایب RPC نسبت به روشهای

نشریه علمی - پژوهشی علوم و فنون نقشه برداری، دوره چهارم، شماره۲، بهمن ماه ۲۹۳

۱ ephemeris

۲ attitude

Rational Polynomial Coefficient

دیگر به نتایج بهتری میانجامد به طوری که با یک یا دو نقطه کنترل می توان به دقت بسیار بالایی دست یافت در حالی که در دو روش مدل پارامتر مداری و تابع رشنال به ترتیب به حداقل ۴ و ۵ نقطه کنترل مورد نیاز می باشد. علاوه بر این در حالت بدون نقطه کنترل، مقدار RMSE در ۵۸ نقطه چک (که تعداد نقاط چک زیاد میباشد و قابلیت اعتماد به نتایج نیز بالاتر است) مقدار بسیار مطلوبی برابر ۲/۹۵ متر گشته است یعنی دقت تصویر ارائه شده به صورت خام و بدون استفاده از هیچ نقطه کنترلی، برابر ۲/۹۵ متر است که نتیجه به دست آمده با ادعای شرکت سازنده ماهواره مطابقت دارد زیرا بر اساس ادعای شرکت سازنده، دقت تعیین موقعیت تصاویر ماهوارهای Worldview-2 تنها با استفاده از اطلاعات ناوبری نظیر دادههای GPS و ژیروسکوپ و غیره کمتر از سه متر می-باشد که در این مطالعه نیز در حالت بدون نقطه کنترل و تنها با استفاده از ضرایب RPC به دست آمده از دادههای

ناوبری و مدلهای فیزیکی کمتر از سه متر شده است. این نتیجه همچنین نشاندهنده دقت بالای دادههای ناوبری ارائه شده در این ماهواره نسبت به ماهوارههای دیگر مانند آیکونوس است. از روش RPC در مناطقی که نقشهای از مناطق تاکنون تهیه نشده و نقطه کنترل به تعداد کافی و دقت مناسب موجود نمیباشد استفاده میگردد. با افزودن یک نقطه کنترل، دقت به مقدارقابل ملاحظهای بهبود یافته، برابر ۱/۵۶ متر میگردد. روش پارامتر مداری نیز وابستگی به تعداد و توزیع نقاط کنترل ندارد و در صورت داشتن تعداد کم نقاط کنترل، دقت این روش بیشتر از روشهای تجربی مانند تابع رشنال است. اما همانطور که بیان شد پارامترهای موجود در فایلهای همراه تصویر بیان شد پارامترهای موجود در این مطالعه ترکیبات مختلف نقاط کنترل در روش پارامتر مداری، نتایج متفاوتی را

جدول ۸- نتایج حاصل از مدلسازی به روش RPC

تعداد	تعداد	حسب متر	در نقاط کنترل بر	باقیماندہ د	اقیمانده در نقاط چک بر حسب متر باقیم			
كنترل	چک	x RMS	y RMS	xy RMS	x RMS	y RMS	xy RMS	
•	۵۸			·	۲/۴۵	1/88	۲/۹۵	
١	۵۷	٠/۴٩	·/\Y	۰/۵۲	•/۵	۱/۴۸	۱/۵۶	
٢	۵۶	•/44	•/٢۴	· /۵	۰ /٣	۱/۵	۳۵/۱	
٣	۵۵	٠/٢٩	+/۴	•/۴٩	۰ /٣	۱/۵	۱/۵۳	
۴	۵۴	•/۴٣	•/۴	• /۵A	۰/۲۹	۱/۵۹	۱/۶۱	
۵	۵۳	•/41	۰/۴	• /۵Y	۰/۳۱	١/۵٣	۱/۵۶	
۶	۵۲	•/٣۶	•/۴۴	• /۵Y	۰/٣	۱/۵۴	1/ΔΥ	

تعداد	تعداد	حسب متر	ر نقاط کنترل بر	باقیماندہ د	باقیمانده در نقاط چک بر حسب متر			
كنترل	چک	x RMS	y RMS xy RMS		x RMS y RMS		xy RMS	
۴	۵۴		•	•	22/22	۶/۵	22/24	
۵	۵۳	٠/۴١	٠/١٩	۰/۴۵	4/18	۴/۸۲	۶/۳۸	
۶	۵۲	*	•	•	٠/٨۵	٣/۵۵	۳/۶۵	

جدول۹- نتایج حاصل از مدلسازی به روش پارامتر مداری

رشنال	تابع	با	مدلسازى	از	حاصل	ايج	۱ – نت	ل •	جدوا
-------	------	----	---------	----	------	-----	--------	-----	------

تعداد	تعداد	باقیمانده در نقاط کنترل بر حسب متر			باقیمانده در نقاط چک بر حسب متر		
كنترل	چک	x RMS	y RMS	xy RMS	x RMS	y RMS	xy RMS
۵	۵۳	•	•	•	٠/٨۴	۷۰/۶۵	۷۰/۶۵
۶	۵۲	•/•٨	۱/۹۵	۱/۹۵	٠/٧۴	18	18/•2

نتایج حاصل از بهینهسازی با الگوریتم ژنتیک در جدول ۱۱ تنظیم گردیده است که شامل نتایج به دست-آمده بر حسب پیکسل برای چندجملهایهای دوبعدی، سه

بعدی و تابع رشنال میباشد که در هر تابع درجات مختلف از چندجملهایها بهینهسازی شدهاند و نتایج حاصل از بهینهسازی توابع و روش معمول (با در نظر گرفتن تمامی

ترمها) بیان شده است. با افزایش درجات تعداد متغیرها افزایش مییابد و باید تعداد بیتهای بیشتری را برای هر کروموزوم درنظرگرفت و این موجب میشود الگوریتم زمان بیشتری را برای به دستآوردن نتایج صرف کند. از آنجایی که الگوریتم ژنتیک از یک فرآیند تصادفی در ایجاد

جمعیت اولیه استفاده می کند و به تدریج آن را بهبود می-بخشد در هر بار اجرا مقادیر باقیمانده متفاوت می باشد. بنابر این در جدول ۱۱ کمترین مقادیر باقیمانده که از ۱۰ بار اجرای الگوریتم به دست آمده است در نظر گرفته شده-است..

· · · · · · · · · · · · ·	0,	, , , , , , , , , , , , , , , , , , ,	,, C, - C	- , , , ,	· C · · · · ·
		میزان باقیمانده حاصل از بهینه سازی		میزان باقیمانده به روش معمول	
	تعداد متغیر	وريتم ژنتيک	مدل با الگو	(بدون استفاده از الگوریتم ژنتیک)	
نوع مدل		بر حسب پیکسل		بر حسب پیکسل	
		RMS in GACP (ChC-1)	RMS in ICP (ChC-2)	RMS in ChC-1	RMS in ChC-2
چندجملهای دو بعدی درجه دو	١٢	۵	٣/۵٩	1/44	۱/• ۱
چندجملهای دو بعدی درجه سه	۲.	١/٢۵	۳ ۱/۰	1/171	1/17
چندجملهای دو بعدی درجه چهار	۳۰	١/١٨	۱/۰۰	١/٨٢	۱/•٣
چندجملهای سه بعدی درجه دو	۲.	۱/• ۲	1/98	1/77	۱/۰۰
چندجملهای سه بعدی درجه سه	۴.	٠/٩٨	۰/۹۵	۶/۰۰	۱/۹۵
چندجملهای سه بعدی درجه چهار	٧٠	۱/۰ ۹	٠/٩٨	۶۸۶۵	TOON
تابع رشنال درجه دو	۲۹	۱/• ۲	•/٩٣	۶/۳۸	١/٧
تابع رشنال درجه سه	۵۹	•/٩۶	٠/٩۵	۳۴	Y٨

ژنتیک، ۱۶ نقطه چک مستق	۱۲ نقطه چک الگوریتم	ر ۳۰ نقطه کنترل،	ِبی با الگوریتم ژنتیک د	ه از بهینهسازی مدلهای تجر	جدول ۱۱– نتايج بدست آمد
------------------------	---------------------	------------------	-------------------------	---------------------------	-------------------------

در نمودار ۵ فرآیند بهینهسازی الگوریتم ژنتیک در ۷۰۰ نسل نشان داده شده است. در این نمودار میزان هزینه متوسط و حداقل هزینه در فرآیند اجرای الگوریتم نشان داده شده است و سعی گردیده است گوناگونی جمعیت به گونهای باشد که انعطاف الگوریتم برای بهینه-سازی افزایش یابد.



الگوريتم ژنتيک

از مقایسهی نتایج می توان دریافت که الگوریتم ژنتیک توانایی استخراج ترمهای بهینه در تمامی مدلها چندجملهای دوبعدی، سهبعدی خصوصا توابع رشنال را دارد به گونه ای که مقدار باقیمانده برای نقاط چک

مستقل (ICPs) با استفاده از الگوریتم ژنتیک نسبت به روشهای معمول کاهش مییابد. در چند جملهایهای دو بعدی درجه ۲ به دلیل کم بودن تعداد متغیرها در فرآیند بهینهسازی با الگوریتم ژنتیک نتیجه مناسبی حاصل نشده است. با افزایش درجه و تعداد ترمها و با به کارگیری الگوریتم ژنتیک مقادیر باقیمانده کاهش یافته و در درجه چهارم به کمترین مقدار خود میرسد که به مقدار ۱/۰۰ در واحد پیکسل میرسد.

در روش معمول نیز با افزایش درجات کاهش مقدار باقیماندهها را خواهیم داشت که در کمترین مقدار خود برابر ۱/۰۳ در واحد پیکسل است که به نتیجه به دست آمده از ژنتیک بسیار نزدیک است. با به کارگیری الگوریتم ژنتیک در توابع چندجملهای سه بعدی می توان به دقت مناسب-زیر پیکسل- دست یافت. با استفاده از الگورتیم ژنتیک تا درجـه سوم مقدار باقیمانـدهها تقریبا برابـر میباشد و در مقایسه با روشهای معمول در تمامی درجات، مقدار باقیمانده حاصل از ژنتیک، بسـیار کمتر است. در روش معمول، تصـحیح هندسی بـا چندجملهایهای سه بعدی با افزایش درجه تا مرتبه سوم مقدار باقیماندهها در نقاط چک مستقل کاهش نمییابد و

که با استفاده از الگوریتم ژنتیک جواب مناسبی حاصل شده است و دیگر مشکل پایداری مطرح نمیباشد.

در توابع رشنال نیز، استفاده از الگوریتم ژنتیک نسبت به روشهای معمول به نتایج بهتری منجر می گردد و قابل مقایسه با روشهای معمول میباشد. در توابع رشنال، بهترین دقت در درجه دوم حاصل شده است. از مقایسه بهترین نتایج بدست آمده با الگوریتم ژنتیک در نقاط چک مستقل(ICPs) و روشهای معمول در درجات مختلف توابع، میتوان به این نتیجه دست یافت که نتایج حاصل از روش الگوریتم ژنتیک در نقاط چک مستقل دارای دقت بالاتری نسبت به روشهای معمول هستند و بهترین

نتیجه از بهینهسازی تابع رشنال درجه دو با الگوریتم ژنتیک حاصل شدهاست. علاوه بر این با توجه به نزدیکی نتایج تابع رشنال بهینه شده با توابع چندجملهای سه بعدی بعدی بهینه شده استفاده از توابع چندجملهای سه بعدی مقرون به صرفه تر است زیرا توابع چندجملهای سه بعدی نسبت به توابع رشنال تعداد متغیر کمتری دارند و درجه آزادی بالاتری در سرشکنی کمترین مربعات را ایجاد می کند. علاوه بر این معادلات سادهتری را تشکیل می دهند درحالی که توابع رشنال از تقسیم دو چندجملهای به دست میآیند که با تعداد متغیرهای بیشتر و درجه آزادی کمتر دارای ماتریس طراحی پیچیدهتری نیز هستند.

> جدول ۱۲- نتایج بدست آمده از مدلسازی به روش شبکههای عصبی با ۳۱ نقطه آموزش، ۱۲ نقطه اعتبار سنجی، ۱۵ نقطه چک یا تست

	میزان باقیمانده حاصل از مدلسازی با شبکههای عصبی پرسپترون						
تعداد نرون	بر حسب پیکسل						
	RMS in Training Points	RMS in Validation Points	RMS in Testing Points				
٢	۱/• ۱	۱/۶۹	•/A1				
٣	۱/۰ ۰	1/9V	۱/۸۱				
۴	٠/۴٨	•/۵۶	• /Y 1				
۵	۰/۵۸	۲/۳۴	٣/٣۵				
۶	• /AY	۱/۰۶	۲/۱۵				
٧	۰/۲۵	۲/۹۵	۲/۴۳				
٨	•/19	۱/۸۶	17/•4				
٩	• /٢ ٨	۱/۳۶	۱/۰۵				
۱.	•/1٩	1/14	٣/۵				

نتایج حاصل از مدلسازی هندسی تصویر به روش شبکههای عصبی مصنوعی با تنظیمات ذکر شده در بالا در جدول ۱۲ تنظیم گردیده است که شامل میزان باقیمانده-ها برای نقاط آموزش، نقاط اعتبارسنجی و نقاط تست میباشد. با تغییر تعداد نرونها از یک نرون تا ۱۰ نرون میزان باقیماندهها دچار تغییر میشود. البته در حالتی که میزان باقیماندهها دچار تغییر میشود نتیجه مناسبی در لایه میانی از یک نرون استفاده میشود نتیجه مناسبی حاصل نمیشود بنابراین از بیان آن در جدول صرف نظر حاصل نمیشود بنابراین از بیان آن در جدول صرف نظر تقاط تست به عنوان نقاط چک مستقل میباشد. همانگونه که از جدول ۱۲ مشخص است بهترین نتیجه-دارای نمرین باقیمانده- در شبکهای با تعداد ۴ نرون در لایه میانی به دست آمده است. مقدار باقیمانده در شبکهای دارای ۴ نرون در لایه میانی در نقاط تست برابر ۰/۲۱ پیکسل میباشد که قابل مقایسه با نتایج به دست آمده از

روشهای معمول است. نتایج نشان می دهد که شبکههای پرسپترون با یک لایه میانی و با تعداد نرون مناسب قادر به مدلسازی هندسی تصاویر ماهوارهای 2-Worldview هستند. با استفاده از این مدلها می توان به دقت بسیار مناسب-زیر پیکسل- در نقاط آموزش، اعتبارسنجی و تست دست یافت.

۷- نتیجهگیری

در این مقاله از روشهای مختلف مدلسازی به منظور تصحیح هندسی تصویر ماهوارهای Worldview-2 استفاده گردید. همچنین اثر تعداد و توزیع نقاط کنترل و چک در میزان دقت مدلسازی مورد بررسی قرار گرفت برای این منظور ۵ ترکیب مختلف از نقاط کنترل و چک در نظر گرفته شد و هر یک از روشهای معمول مدلسازی با در گرفته شود. توزیع نقاط باید به گونهای باشد که سراسر تصویر را پوشش دهد. البته در این مطالعه، با کاهش نقاط کنترل در مدل پارامتر مداری، دقت مسطحاتی کاهش می ابد که به دلیل عدم دسترسی به مقادیر دقیق پارامترهای مداری و تقریبی بودن این مقادیر می باشد، در نتیجه هر چند که بصورت تئوری این روش باید با تعداد کم نقطه کنترل نیز به دقت برسد اما تقریبی بودن پارامترهای ارائه شده

در فایلهای همراه تصویر سبب افزایش نقاط کنترل مورد نیاز و کاهش دقت گشته است. به همین دلیل از نقاط کنترل اضافی برای جبران تقریبی بودن پارامترها استفاده می گردد.

۲- در حالتی که تعداد نقاط کنترل بسیار کم باشد، استفاده از ضرایب RPC و روش پارامتر مداری نتیجه بهتری را نسبت به مدلهای تجربی نتیجه میدهد و در صورت فقدان نقطه کنترل، تنها به روش RPC میتوان مدلسازی را انجام داد.

۳– با استفاده از الگوریتم ژنتیک میتوان چندجملهایهای دوبعدی، سهبعدی و توابع رشنال را بهینه نمود و ترمها و ضرایب مناسب را استخراج نمود. همانگونه که در جدول ۱۱ نشان داده شده است با بهینه سازی توابع رشنال با الگوریتم ژنتیک نتایج حاصل نسبت به حالت معمول آن بهبود بسیاری یافته است به گونهای که مقدار آن برابر ۲/۹۳ پیکسل گشته است در حالی که در حالت معمول برابر ۲/۹۳ پیکسل میباشد. این کاهش هم در نقاط چک مستقل و هم در نقاط چک به کار رفته در فرآیند الگوریتم، نسبت به روشهای معمول دیده میشود. ۴- شبکههای پرسپترون با یک لایه میانی و با تعداد

نرون و همچنین روش اموزش مناسب قادر به مدلسازی هندسی تصاویر ماهوارهای Worldview-2 هستند. با استفاده از این مدلها میتوان به دقت بسیار مناسب-زیر پیکسل- در نقاط آموزش، اعتبارسنجی و تست دست یافت. نظر گرفتن توزیع مختلف نقاط در مدلسازی تصویر مورد استفاده قرار گرفت. در جدول ۱۳ بهترین نتایج حاصل از مدلسازی در روشهای مختلف نشان داده شده است. همچنین ترکیب و توزیع نقاطی که در آن بهترین نتایج حاصل از مدلسازی با روشهای معمول به دست آمده است بیان گردیده است.

	talä: S :	مقدار باقيمانده		
روش مدلسازی	مرتیب تفاط حک کنتا	در نقاط چک	ضريب	
	چى-ىىرن	برحسب پيکسل		
تابع رشنال	86-22	•/8V	14	
چند جملهای دو بعدی	89-22	•/٩۴	٣	
چند جملهای سه بعدی	89-82	• /A	٢	
TPS	2 9-29	1/47		
مدل پارامتر مداری (Toutin)	79-77	۱/۸۱		

جدول ۱۳- نتایج حاصل از روشهای مختلف مدلسازی هندسی با ترکیبات مختلف نقاط کنترل وچک در تصویر Worldview-2

به طور کلی میتوان نتایج زیر را جمعبندی نمود: ۱- از جدول ۱۳ میتوان نتیجه گرفت که مقدار باقیمانده در صورت استفاده از تابع رشنال با ترکیب ۳۶ نقطه کنترل و ۲۲ نقطه چک به کمترین مقدار خود می-رسد. به عبارت دیگر توابع رشنال در صورت داشتن تعداد و توزیع مناسب نقاط کنترل و چک، بهترین نتیجه را برای مدل بدست میدهد، بلکه پخش هندسی و توزیع نقاط بسیار مهمتر از تعداد نقاط میباشد و تغییر در تعداد و توزيع نقاط كنترل و چک بر دقت مدلسازی اثر می گذارد. در این مقاله در روشهای مختلف مدلسازی، ترکیب نقاط بصورت ۳۶ نقطه کنترل و ۲۲ نقطه چک و همچنین ترکیب ۲۹ نقطه کنترل و ۲۹ نقطه چک بهترین ترکیب برای مدلسازی میباشد در حالی که در ترکیب سری نقاط ۱ با وجود تعداد نقاط کنترل بیشتر (۴۲ نقطه کنترل) لزوما دقت بالاتری در مدلسازی بهدست نمیدهد، بلکه اثر توزيع نقاط بسيار مهمتر از تعداد مي باشد. به طور كلي ضمن در نظر گرفتن تعداد مناسب نقاط کنترل، توزیع نقاط نیز باید برای دستیابی به مدلسازی دقیقتر در نظر

- مراجع
- Dowman, I., Dollof, J.T., (2000), An Evaluation of Rational function for Photogrammetric restitution, The International Archives of the Photogrammetric, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, 33, Part B3, pp. 254-266.
- [2] Fraser, C.S., Dial, G., Grodecki, J., (2006), Sensor orientation via RPCs, ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing 60, pp. 182-194.
- [3] Fraser, C.S., Ravanbakhsh, M., GEOREFRENCING FROM GEO EYE-1 IMAGERY: EARLY INDICATION OF METRIC PERFORMANCE, Accessed in: www.isprs.org/proceedings/XXXVIII/1_4_7-W5/.../Fraser-207.pdf
- [4] Fogel, D.N., (2001), Image rectification with radial basis functions: application to RS/GIS dataintegration, http://www.sbg.ac.at/geo/idrisi/gis_environmental_modeling/sf_papers/fogel_david /santafe.html [accessed July, 2001].
- [5] Meguro, Y., Fraser, C.S., (2010), GEOREFERENCING ACCURACY OF GEOEYE-1 STEREO IMAGERY:EXPERIENCES IN A JAPANESE TEST FIELD, International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Science, Volume XXXVIII, Part 8, Kyoto Japan.
- [6] Sadeghian S., Valadan Zouj M.J., (2011), A comprehensive study of Mapping potential for Ikonos Geo Image , SMPR 2011, Tehran , Iran.
- [7] Sadeghian, S., Valadan Zoej, M.J., Delavar and M. R. and Abootalebi, A., (2001), Precision rectification of high resolution satellite imagery without ephemeris data, International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, Vol. 3, Issue 4, pp. 366-371.
- [8] Hertz, J., Krogh, A. Palmer.R.G., (1991), Introduction to the Theory of Neural Computation. Addison-Wesley Publishing Company, Redwood City, CA.
- [9] Saati, M., Amini, J., Sadeghian, S., and Hosseini, S.A., (2008), Generation of orthoimage from high resolution DEM and high resolution image, Scientia Iranica, Vol. 4, No.4, pp. 568-574.
- [10] McGlone, J.C., (2004), Manual of Photogrammetry, 5th Edition. Bethesda, American Society of Photogrammetry and Remote Sensing, pp. 1151.
- [11] Aguilar, M.A., (2011), Geometric processing of Geo Eye-1 satellite imagery for coastal mapping applications, International conference of Innovative Methods in Products Design, Italy.
- [12] OGC, The Open GIS abstract specification, (1999), Volume 7: The Earth Imagery Case (99-107.doc).http://www.opengis.org/techno/specs.htm.
- [13] Picton, P., (2000), Neural Networks. Palgrave Macmillan.
- [14] Polia, D., Angiulia, E., Remondino, F., (2010), RADIOMERIC AND GEOMETRIC ANALYSIS OF WORLDVIEW-2 STEREO SCENES, Joint ISPRS, Commission I, WG I/4.
- [15] Ravagnani, M.A.S.S. Silva, A.P., Constantino Arroyo, P.A., (2005), Heat exchanger network synthesis and optimization using genetic algorithm, Applied Thermal Engineering Vol. 25, No. 7, pp. 1223–1217.
- [16] Samadzadegan, F., Ramzi, P., Abootalebi, A., (2006), CAPABILITY ASSESSMENT OF HIGH RESOLUTION SATELLITE IMAGERY FOR 3D RECONSTRUCTION USING RPC PARAMETERS, The International Archives of the Photogrammetry Remote Sensing and Spatial Information Science, Vol. XXXVII, Part B1, Beijing.
- [17] Sheta, A., Turabieh, H., (2006), A comparison between genetic algorithms and sequential quadratic programming in solving constrained optimization problems, ICGST International Journal on Artificial Intelligence and Machine Learning (AIML), Vol. 6, No. 1, pp. 67–74.
- [18] Sivanandam, S.N., Deepa, S.N., (2008), Introduction to Genetic Algorithms, Springer.Berlin Heidelberg.
- [19] Tao, C. V., and Hu, Y., (2001), A comprehensive study of the rational function model for photogrammetric processing, photogram. Eng. Remote Sens., Vol. 67, No. 12, pp. 1347-1357.
- [20] Tao, C.V., and Hu, Y., (2002), 3D construction methods based on The rational function model, Photogramm. Eng. Remote Sens, Vol. 68, No. 7, pp. 705–714.

- [21] Toutin, T., (2003), Review paper: geometric correction processing or remote sensing image: model, algorithm and methods, International Journal of Remote Sensing, vol. 24, No. 8, pp. 102-114.
- [22] Valadan Zoej, M.J., (1997), Photogrammetric Evaluation of Space Linear Array Imagery for Medium Scale Topographic Mapping, Ph.D. Thesis, University of Glasgow, vol. 1, 303 pp,
- [23] Valadan Zoej, M. J., Sadeghian, S., (2003), Orbital parameter modeling accuracy testing of Ikonos Geo image, Photogrammetric Journal of Finland, Vol. 18, No. 2, pp. 70-80.
- [24] Deltsidis, P., Ioannidis, C., ORTHORECTIFICATION OF WORID VIEW 2 STEREO PAIRS USING NEW RIGOROUS ORIENTATION MODEL, Joint ISPRS Conference, Commission IV, WG IV/2.
- [25] Samadzadegan, F., Azizi, A., Abootalebi, A., (2005), Automatic Determination of the Optimum Generic Sensor Model Based on Genetic Algorithm, Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, Vol. 71, No.3, pp. 277-288.
- [26] Wang, Y., (1999), Automated triangulation of linear scanner imagery, Proc. Joint ISPRS Workshop on Sensors and Mapping from Space, Hanover, 5 pages (on CD).
- [27] Valadan Zoej, M.J., Foomani, L., (1999), Mathematical modeling and accuracy testing of IRS-1C stereo pairs, JointWorkshop of ISPRS WG I/1, I/3 and IV/4, Sensors and Mapping from Space. Hanover, September.
- [28] M., Yousefzadeh, A., Azizi, M., Saadat Seresht, (2008), IMPROVING THE ACCURACY OF THE GEOMETRIC CORRECTION OF THE LINEAR ARRAY IMAGERIES, JournalL OF Faculty OF Engineering (University of Tehran), Vol. 42, No. 3 (113), pp. 371-383.