



بسمه تعالی



بدینوسیله گواهی میشود مقاله با عنوان:

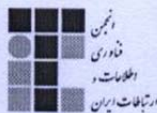
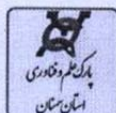
تحلیل چندمقیاسه تصاویر عمق با استفاده از تبدیل فاصله

شعاعی مبتنی بر Lifting Scheme

مهدی آقائی بنادکوکي, احد هراتي

توسط آقای مهدی آقائی بنادکوکي در ششمین کنفرانس فناوری اطلاعات و دانش ارائه شده است.

دکتر حسین طوسیان شاندیز
رئیس کنفرانس





تحلیل چندمقیاسه تصاویر عمق با استفاده از

تبدیل فاصله شعاعی مبتنی بر Lifting Scheme

مهدی آقائی بنادکوکي^۱، احد هراتي^۲

^۱ گروه کامپیوتر دانشکده مهندسی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، m_ghaee@stu-mail.um.ac.ir

^۲ استادیار، گروه کامپیوتر دانشکده مهندسی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، a.harati@um.ac.ir

چکیده

در سالهای اخیر با توسعه فناوری های مربوط به ادراک و جمع آوری اطلاعات سه بعدی از محیط و همچنین افزایش دقت نتایج این ادراکات، تبیین روش های مناسب برای نگهداری و پردازش حجم بالای داده های جمع آوری شده، ضروری و اجتناب ناپذیر است. تصاویر عمق شامل موقعیت سه بعدی نقاط تصویر است که توسط حسگرهای عمق گرفته می شوند. این تصاویر اطلاعات مکانی با ارزشی از محیط را در اختیار روباتهای متحرک که در فضاهای داخلی فعالیت می کنند، قرار می دهند. با توجه به اینکه برخلاف تصاویر معمولی که از محیط گرفته می شود، تصاویر عمق دارای اطلاعات هندسی محیط نیز هستند، در این مقاله به جای استفاده از تبدیل های موجک کلاسیک، تبدیل فاصله شعاعی (RDT) مبتنی بر طرحواره ترفیع، معرفی شده است که در تحلیل، رفع نویز و فشرده سازی تصاویر عمق با استخراج خواص هندسی محیط از تصویر موفق تر عمل می کند. آزمایش های انجام شده بر روی تصاویر عمق ذخیره شده توسط حسگر Kinect انجام شده است؛ و نتایج به دست آمده، رویکرد اتخاذ شده را تایید می کند.

کلمات کلیدی: تصویر عمق، تبدیل موجک فاصله شعاعی، حسگر عمق، نسل دوم موجک ها، تحلیل چندمقیاسه، Lifting Scheme

تحلیل چندمقیاسه تصاویر عمق با استفاده از تبدیل فاصله شعاعی مبتنی بر Lifting Scheme

مهدی آقائی بنادکوکي^۱، احد هراتي^۲

^۱ گروه کامپیوتر دانشکده مهندسی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، a.ghaee@stu-mail.um.ac.ir

^۲ استادیار، گروه کامپیوتر دانشکده مهندسی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، a.harati@um.ac.ir

چکیده

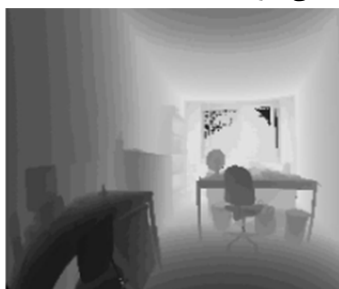
در سالهای اخیر با توسعه فناوری های مربوط به ادراک و جمع آوری اطلاعات سه بعدی از محیط و همچنین افزایش دقت نتایج این ادراکات، تبیین روش های مناسب برای نگهداری و پردازش حجم بالای داده های جمع آوری شده، ضروری و اجتناب ناپذیر است. تصاویر عمق شامل موقعیت سه بعدی نقاط تصویر است که توسط حسگرهای عمق گرفته می شوند. این تصاویر اطلاعات مکانی با ارزشی از محیط را در اختیار روباتهای متحرک که در فضاهای داخلی فعالیت می کنند، قرار می دهند. با توجه به اینکه برخلاف تصاویر معمولی که از محیط گرفته می شود، تصاویر عمق دارای اطلاعات هندسی محیط نیز هستند، در این مقاله به جای استفاده از تبدیل های موجک کلاسیک، تبدیل فاصله شعاعی (RDT) مبتنی بر طرحواره ترفیع، معرفی شده است که در تحلیل، رفع نویز و فشرده سازی تصاویر عمق با استخراج خواص هندسی محیط از تصویر موفق تر عمل می کند. آزمایش های انجام شده بر روی تصاویر عمق ذخیره شده توسط حسگر Kinect انجام شده است؛ و نتایج به دست آمده، رویکرد اتخاذ شده را تایید می کند.

کلمات کلیدی

تصویر عمق، تبدیل موجک فاصله شعاعی، حسگر عمق، نسل دوم موجک ها، تحلیل چندمقیاسه، Lifting Scheme

برده شوند [3]، همچنین آن ها ابزار مناسبی برای فشرده کردن سیگنال و تصویر هستند.

تصاویر به عنوان سیگنال های دو بعدی در نظر گرفته می شوند، که می توانند افقی و عمودی تغییر کنند. در نتیجه تحلیل موجک دوبعدی برای تصاویر استفاده می شود [4, 5].



شکل ۱: نمایش سه بعدی تصویر عمق

تبدیل یک بعدی، اطلاعات با فرکانس بالا را از اطلاعات با فرکانس پایین در هر سطح از تجزیه فیلتر می کند. در دو بعدی، تصاویر ماتریس های N سطری و M ستونی در نظر گرفته می شوند. در هر سطح از تجزیه، داده افقی فیلتر می شود، سپس تقریب و جزئیات تولید شده از این از سطر ها فیلتر می شوند [6].

بخش هموار شامل فرکانسهای پایین، پایه تصویر را می سازد و بخش جزئیات شامل فرکانسهای بالا، به بخش هموار اضافه می شوند تا تصویر را بهبود بخشند. تغییرات قسمت هموار از جزئیات مهم ترند.

۱- مقدمه

تصویر برداری عمق به مجموعه فنونی گفته می شود که برای تولید یک تصویر دوبعدی از فاصله نقاط صحنه تا یک نقطه خاص (محل حسگر یا دوربین عمق) استفاده می شوند. مقادیر نقاط شکل حاصل که تصویر عمق نامیده می شود، فاصله نقاط از حسگر است، طوری که مقادیر روشن تر، فاصله دور تر و مقادیر تیره تر، فاصله نزدیک تر را نشان می دهند. شکل ۱ نمونه ای از یک تصویر عمق را نشان می دهد.

یافتن الگوریتم های سریع برای محاسبه نمایش فشرده از توابع و مجموعه داده ها انگیزه توسعه موجک^۱ ها و زمینه های مرتبط با آن بود. انواع مختلفی از موجک ها برای رفع نیازهای کاربردهای مختلف موجود است. موجک، انرژی محدودی در زمان دارد و این خصوصیت آن است که به آن توانایی تحلیل هر سیگنال متغیر با زمان را می دهد. تبدیل موجک قادر است اطلاعات زمان و فرکانس را همزمان در اختیار ما بگذارد.

همچنین موجک ها ابزاری ریاضی برای تجزیه سلسله مراتبی توابع هستند [1]. آن ها به توابع این اجازه را می دهند تا به یک شکل کلی از تصویر به اضافه جزئیات که بازه ای از وسیع تا محدود دارند، دست یابند.

تبدیل موجک گسسته (DWT^۲)، اطلاعات کافی برای تحلیل و بازسازی سیگنال را تولید می کند [2]. در پردازش تصویر، موجک ها می توانند برای تحلیل و بهبود سیگنال یا در حذف نویز از تصویر به کار

¹ wavelet

² Discrete Wavelet Transform

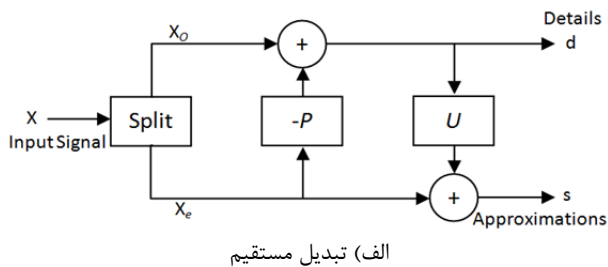
بدین معنی است که آن‌ها باید از سیگنال حذف شوند تا یک نوع هموارتر (با سطح مقیاس پایین‌تر) حاصل شود. این همان چیزی است که در طرحواره ترفیع انجام می‌شود.

$$d[i] = x_o[i] - P(x_e[i]) \quad (1)$$

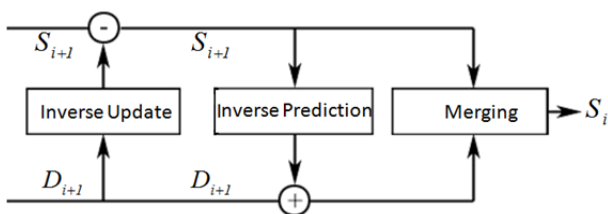
در مرحله ی بروزرسانی نمونه های زوج بر مبنای جزئیات به دست آمده اصلاح می‌شوند طوری که ویژگی های بارز سیگنال اولیه را در تقریب هایش (مانند مقادیر متوسط) حفظ کند. خروجی مرحله بروزرسانی، ضرایب تقریب هستند که نوع هموارتر سیگنال ورودی را می‌دهند (رابطه ۲). برای به دست آوردن سیگنال اصلی از تقریب و جزئیات، این روال شکل ۲-ب به صورت عقبگرد تکرار می‌شود.

$$s[i] = x_e[i] + U(d[i]) \quad (2)$$

قابل ذکر است که این تبدیل هیچ فشردگی، انتزاع یا حذف نویز را به طور خودکار انجام نمی‌دهد. این اعمال مفید به وسیله ی دستکاری عناصر (اغلب جزئیات) بازنمایی جدید به دست می‌آیند.



الف) تبدیل مستقیم



ب) تبدیل معکوس

شکل ۲: طرحواره ترفیع مستقیم و معکوس [9, 10]

۳- تبدیل فاصله شعاعی (RDT)

برای انجام تبدیل موجک بر روی یک سیگنال، بایستی فاصله نمونه های سیگنال برابر باشد، اما همانطور که در شکل ۳ دیده می‌شود، در حالیکه وقتی حسگر از نقطه O نمونه برداری از محیط را انجام می‌دهد، فاصله نقاط A, B, C و D برابر نیستند و پیش بینی یک نمونه از روی نمونه های مجاور آن انجام پذیر نیست. برای غلبه بر این مشکل، با توجه به اینکه تصاویر عمق از یک نقطه (محل دوربین) گرفته می‌شود و فاصله زاویه ای نمونه برداری تقریباً برابر است، نمونه ها به جای فاصله طولی یکسان، فاصله زاویه ای یکسان دارند.

از این رو برای پیش بینی نمونه ها از یک تبدیل جدید استفاده شده است که ضمن توجه به این نکته، خواص هندسی محیط را نیز در نظر می‌گیرد [11].

سطوح جزئیات در یک تصویر از یک مکان به مکان دیگر تغییر می‌کنند. برخی مکان‌ها شامل جزئیات مهمی هستند، که برای تحلیل نیاز به سطح دقت هموارتری از آن داریم و همچنین برخی مکان‌ها هستند که ارائه سطح دقت هموارتر کفایت می‌کند. تحلیل چند مقیاسه (MSA) از یک تصویر به ما ایده کاملی از سطح جزئیات موجود در تصویر در مکانهای مختلف می‌دهد که با آن می‌توانیم نیازهای خود از جزئیات مورد دلخواه را انتخاب کنیم.

از آن جایی که صحنه ای که با حسگر مشاهده می‌شود به طور ذاتی چند مقیاسه است، منطقی و مناسب به نظر می‌رسد که یک بازنمایی چند مقیاسه برای اطلاعاتی که از حسگر حاصل شده است را به دست آوریم. مهم ترین انگیزه برای گسترش چنین ایده ای نیاز به الگوریتم های سریع تر برای محاسبه ی بازنمایی فشرده ی داده های خام است.

۲- طرحواره ترفیع

Lifting Scheme یا به اختصار LS تبدیل موجک مرسوم را به موجک های نسل دوم تعمیم می‌دهد و یک روش انعطاف پذیر برای ساخت تبدیلهای موجک خطی و غیرخطی است [7].

طرحواره ترفیع بر روی سیگنال های گسسته متمرکز است و یک دید الگوریتمی برای ساخت تبدیل دلخواه پیشنهاد می‌کند [8, 9]. مهمترین ویژگی طرحواره ترفیع این است که همه ساختارها در حوزه ی زمان حاصل می‌شوند. ماندن در حوزه ی زمان منجر به دو نتیجه ی مهم می‌شود: نخست این که نیاز به تشکیلات تبدیل فوریه به عنوان یک پیش نیاز ندارد. دوم اینکه این روش زیرساخت هایی الگوریتمی فراهم می‌کند که می‌تواند هنگام تبدیل معکوس با اجرای عقبگرد کم، به آسانی پیاده سازی شود.

طرحواره ترفیع یک مجموعه سه تایی از بلاک ها می‌سازد که همان طور که در شکل ۲-الف نشان داده شده عبارتند از: تقسیم کردن^۱، پیش بینی^۲ و بروزرسانی^۳.

مرحله تقسیم، نمونه های سیگنال را به دو مجموعه ی زوج و فرد تفکیک می‌کند. زیرمجموعه های زوج و فرد در مجموعه اصلی پراکنده اند و اگر ورودی دنباله ای تصادفی نباشد بین مقادیر نزدیک به هم همبستگی وجود دارد. به دست آوردن وابستگی ها یا ساختارهایی در داده، هدف اصلی در هر بازنمایی فشرده است.

در مرحله ی پیش بینی هر نمونه ی فرد با استفاده از تعدادی نمونه های زوج اطراف آن پیش بینی می‌شود. اختلاف بین مقادیر واقعی نمونه های فرد و پیش بینی آن ها به عنوان جزئیات ضرایب در نظر گرفته می‌شود (رابطه ۱). توجه کنید که اگر جریان ورودی به طور کامل از ساختار در نظر گرفته شده در قانون پیش بینی تبعیت کند، همه ی جزئیات صفر می‌شوند. در نتیجه جزئیات انحراف سیگنال از ساختار فراهم شده است و متعلق به سطح مقیاس جاری می‌باشد. این

¹ Multi Scale Analysis

² Lifting Scheme

³ Split

⁴ Predict

⁵ Update

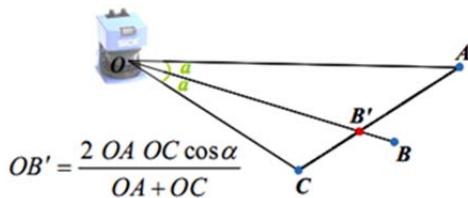
⁶ Radial Line Distance Transform

برای بازسازی سیگنال S^{j+1} ، طبق شکل ۲-ب سیگنال S^j به همراه جزئیات سیگنال d^j در تبدیل معکوس طرحواره ترفیع استفاده می شوند که آن را IRDT نامگذاری کرده ایم.

مشابه سیگنال یک بعدی برای تصاویر عمق نیز می توان تحلیل چند مقیاسه ارائه کرد و اطلاعات حاصل از آن را، در پردازش های مورد نیاز به کار گرفت.

در تحلیل چند مقیاسه تصاویر عمق، از همان فرآیند تجزیه استاندارد که در DWT2 انجام می شود، الگوبرداری شده است. به این صورت که ابتدا RDT روی سطرهای تصویر اعمال می شود و سیگنال های خروجی تقاریب و جزئیات آن از RDT در کنار هم به عنوان سطرهای تصویر ذخیره می شوند. سپس RDT روی ستون های تصویر جدید انجام می شود و خروجی این مرحله تقاریب و جزئیات عمودی هستند که در زیر هم به عنوان ستون های تصویر ذخیره می شوند.

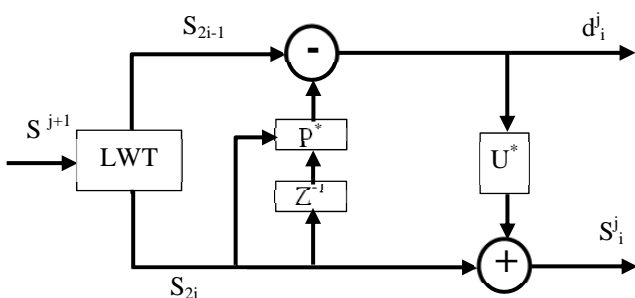
برای بازسازی تصویر، مراحل فوق به ترتیب عکس اجرا می شود.



شکل ۴: مدل پیش بینی (P^*) تبدیل موجک فاصله شعاعی [12]

در بازسازی کامل تصویر عمق، جزئیات در هر سطح دقت به همراه تقاریب همان سطح به کار برده می شوند و تصویر اولیه به طور کامل بازسازی می شود. اما در صورت دستکاری جزئیات استخراج شده در سطوح مختلف، تصویر عمق بازسازی شده با تصویر اولیه متفاوت بوده و با توجه به اقدامات انجام شده، بعضی ویژگیهای آن بارزتر و برخی اطلاعات آن تخریب می شود.

در کاربردهایی از قبیل فشرده سازی یا حذف نویز، می توان با حذف برخی جزئیات ضمن حفظ اطلاعات کلی و شاخص تصویر عمق، به سطح فشرده سازی مطلوبی رسید و یا نویز وارد شده به تصویر عمق را حذف کرد.



شکل ۵: طرحواره ترفیع تبدیل فاصله شعاعی (RDT)

با توجه به اینکه تصاویر عمق، اطلاعات مکانی با ارزشی از محیط را در اختیار روبات های متحرک که در فضاهای داخلی^۲ فعالیت می کنند، قرار

هنگام روبرو شدن با داده های عمق به دست آمده از یک حسگر، ارتباط نقاط عمق همسایه، وابسته به شکل محیط پوشش شده است. در نتیجه هر الگوریتم فیلترینگ باید ویژگی های هندسی صحنه را در نظر بگیرد. هنگامی که هدف، یک لایه ی مسطح است طبق شکل ۴ می توان نشان داد هر عمق با دو مقدار همسایه اش پیش بینی می شود.

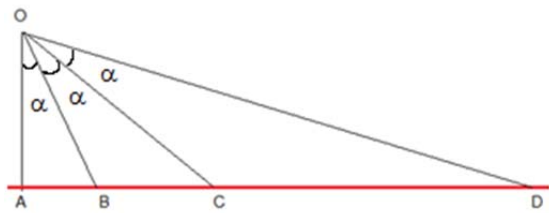
از آن جایی که این تبدیل فواصل شعاعی از یک مبدأ را با یک خط در نظر می گیرد، این روش، تبدیل فاصله شعاعی نامیده می شود. مشخص است که رابطه استفاده شده در مدل پیش بینی غیرخطی است و لذا این تبدیل بر پایه طرحواره ترفیع پیشنهاد شده است.

این مدل که به منظور دیگری در [12] معرفی شده است، در مرحله ی پیش بینی طرحواره ترفیع برای بدست آوردن جزئیات به کار برده می شود. رابطه ۳ این مدل را معرفی می کند:

$$d_i^j = s_{2i-1}^{j+1} - \frac{2s_{2i-2}^{j+1}s_{2i}^{j+1}\cos\alpha^{j+1}}{s_{2i-2}^{j+1}+s_{2i}^{j+1}} \quad (3)$$

s و d همان جزئیات و تقاریب هستند. نشانه ی بالایی سطح مقیاس را نشان می دهد و نشانه ی پایینی اندیس را. α^{j+1} افزایش زاویه در سطح $j+1$ است. جزئیات به دست آمده طول مشخص شده ی BB' در شکل ۴ است. مرحله ی برورسانی از موجک های خطی طبق رابطه ۴ استفاده می کند.

$$s_i^j = s_{2i}^{j+1} + \frac{d_i^j + d_{i+1}^j}{4} \quad (4)$$



شکل ۳: نمونه برداری حسگر از یک سطح صاف

در هر مرحله از RDT طول قسمت تقاریب S^j و قسمت جزئیات d^j ، به علت نمونه برداری کاهشی با فاکتور دو در مرحله ی تقسیم، نصف دنباله ورودی است. از آن جایی که هر بخش از سیگنال شامل نیمی از پهنای باند فرکانس اصلی است، نمونه برداری کاهشی منطقی است و برای پیاده سازی مؤثرتر لازم است.

در این تحقیق برای بررسی داده های عمق از حسگر kinect استفاده شده است. ویژگی اصلی kinect فراهم آوردن نقشه عمق است که نشان می دهد چه اشیائی نزدیک و چه اشیائی دور هستند. علاوه بر این تصویر رنگی با فرمت RGB از صحنه را نیز در اختیار می گذارد.

با توجه به ثابت بودن زاویه بین نقاط نمونه برداری شده، اطلاعات سه بعدی تصویر از فضای دستگاه مختصات سه بعدی (x,y,z) به فضای دستگاه مختصات کروی (θ, ϕ, ρ) منتقل می شوند تا تنها متغیر اطلاعات، فاصله نقاط تصویر از حسگر (ρ) باشد.

با اعمال تبدیل RDT بر روی تقریب سیگنال (S^j) به سطح مقیاس پایین تر S^{j-1} می رسمیم و با تکرار این عمل یک تحلیل چند مقیاسه از سیگنال فراهم می شود (شکل ۵).

¹ Inverse RDT
² indoor

جدول ۱، مقایسه نتایج حاصل از اجرای این آزمایش را نشان می دهد. ستون آخر با استفاده از ایده اندازه گیری کیفیت بازسازی تصاویر فشرده شده (PSNR) طبق رابطه ۶ محاسبه شده است.

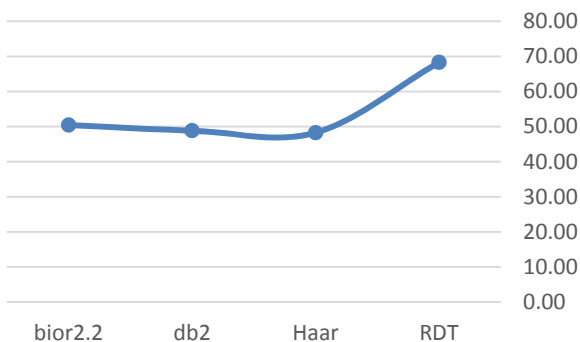
جدول ۱: مقایسه نتایج تجزیه و بازسازی تصویر عمق با تبدیل های مختلف

نام تبدیل	انرژی جزئیات حذف شده	خطای بازسازی	کیفیت بازسازی
Haar	0.8031	1.1954E-05	48.27
db2	0.0805	1.0524E-06	48.84
bior2.2	0.0997	8.9982E-07	50.45
RDT	6.1069	8.99E-07	68.32

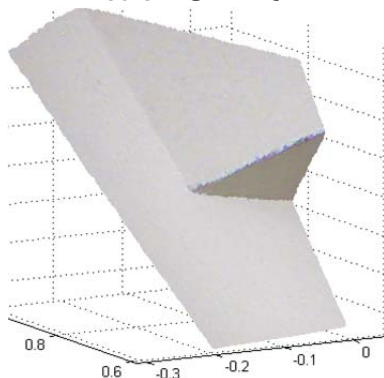
$$recQ = 10 * \log_{10} E_{details} - 10 * \log_{10} MSE_{Err} \quad (6)$$

این ضریب نشان دهنده کیفیت بازسازی با توجه به میزان انرژی حذف شده از تصویر عمق است که مقدار آن نشان دهنده میزان موفقیت در فشرده سازی تصویر عمق است.

شکل ۷ ضریب کیفیت بازسازی با توجه به میزان انرژی حذف شده از تصویر عمق در هر بار آزمایش با تبدیل های چهارگانه را در یک نمودار خطی نشان می دهد و برتری RDT را نسبت به تبدیل های موجک کلاسیک نشان می دهد.



شکل ۷: نمودار مقایسه ضریب کیفیت بازسازی RDT با تبدیل موجک های نسل اول



شکل ۸: نمایش سه بعدی داده ورودی مورد آزمایش

می دهند، و بیشتر صحنه ها در فضاهای داخلی از سطوح هموار تشکیل می شود، می توان با اعمال این تبدیل در چندین سطح، و با حذف بسیاری از جزئیات حاصل از تجزیه تصویر عمق، بازسازی را تا رسیدن به ابعاد تصویر اولیه ادامه دارد.

استفاده از ویژگی های هندسی محیط در RDT یکی از نقاط قوت این تبدیل برای مدیریت جزئیات حاصل از تحلیل چند مقیاسه است که استفاده از تبدیل های موجک کلاسیک به این اطلاعات دسترسی ندارند.

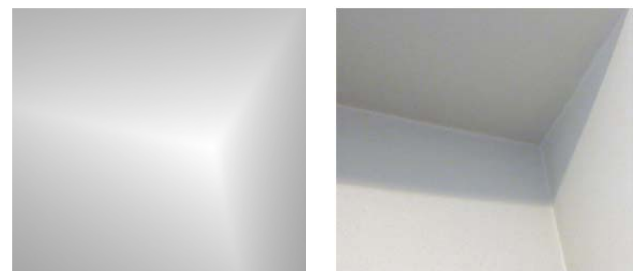
۴- آزمایشات

در این بخش، روش توسعه داده شده با استفاده از RDT را بر روی تصویر عمق، آزمایش کرده و نتایج را بررسی می نمایم.

۴-۱- آزمایش با داده واقعی

اطلاعات ورودی این آزمایش مربوط به تصویر اخذ شده با استفاده از حسگر Kinect است که در فضای داخلی ساختمان برداشته شده است.

شکل ۶-الف، تصویر RGB یک بخش از دیوار با سه سطح صاف است که توسط حسگر Kinect گرفته شده است. در شکل ۶-ب تصویر عمق همان صحنه نمایش داده شده است.



شکل ۶: (الف) تصویر RGB دیوار دارای سه سطح. (ب) تصویر عمق گرفته شده توسط kinect

این تصویر عمق از آن جهت مورد توجه و مهم است که در فضاهای داخلی، سطوح صاف و هموار مانند در و دیوار و اشیایی نظیر میز وجود دارند. همانطور که ملاحظه می شود در این تصویر سه دیوار وجود دارد که تبدیل ها باید لبه های محل اتصال دیوارها را تخریب نکرده و حفظ کنند.

در آزمایش انجام شده علاوه بر RDT، سه تبدیل موجک نسل اولی Haar، db2 و bior2.2 نیز استفاده شدند. تصویر عمق توسط هر تبدیل تا سه سطح تجزیه و انرژی جزئیات استخراج شده از تصویر عمق محاسبه شد. سپس بازسازی تصویر عمق با حذف جزئیات انجام و خطای بازسازی طبق رابطه ۵ به دست آمد که نمایش سه بعدی تصاویر اصلی و بازسازی شده در شکل های ۸ و ۹ نشان داده شده است.

$$MSE_{Err} = \frac{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n (RI(i,j) - recRI(i,j))^2}{m*n} \quad (5)$$

که در آن RI تصویر عمق اولیه و recRI تصویر بازسازی شده پس از اعمال تبدیل است. m و n ابعاد تصویر هستند.

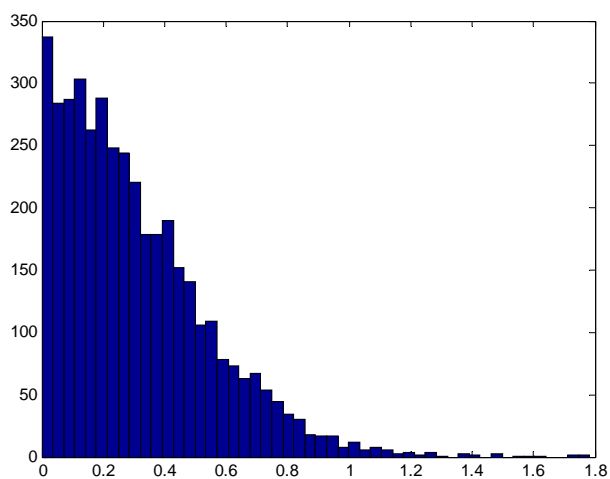
¹ Peak Signal-to-Noise Ratio

تخریب می شود. لذا در بازسازی بایستی در خصوص حذف جزئیات، با برنامه عمل نمود تا بتوان جزئیات مربوط به نویز را از جزئیات مربوط به واقعیات صحنه تفکیک کرد تا صحنه دچار خرابی نشود.

همانطور که در شکل ۹ (د) مشاهده می شود علیرغم اینکه روش RDT از شرایط مرزی تصویر رنج می برد، در حذف نویز و نگهداری اطلاعات اصلی محیط بهتر عمل کرده است.

با استفاده از روش رسم هیستوگرام جزئیات تصویر (شکل ۱۰) و تعیین سطح آستانه برای جلوگیری از حذف تمام جزئیات تولید شده در تحلیل تصویر عمق، بازسازی سیگنال باعث حفاظت لبه های تصویر می شود.

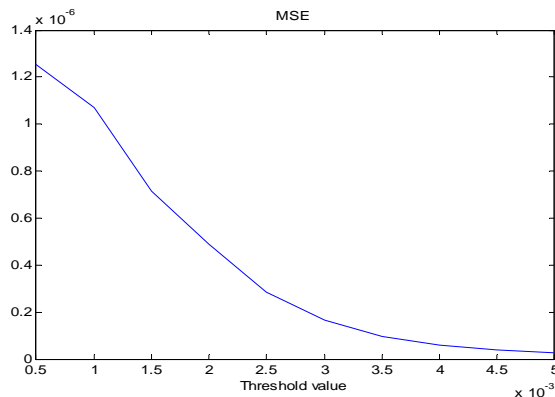
جزئیاتی که کم تر از این مقدار آستانه هستند صفر می شوند. در حقیقت در این روش سعی بر این است که داده های بزرگی که قاعدتاً از اهمیت بالایی برخوردار هستند حذف نشوند. در این حالت خطای بازسازی به طور قابل توجهی کاهش یافته و از مرتبه میلی متر است.



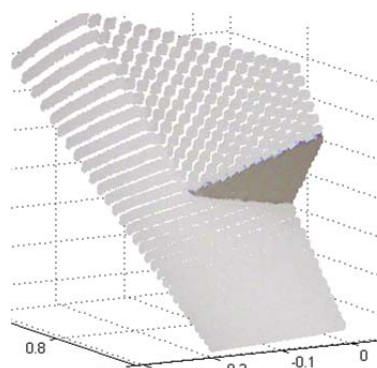
شکل ۱۰: هیستوگرام جزئیات عمودی بعد از سه سطح تجزیه

شکل ۱۱ میانگین مربعات خطای بازسازی در سطوح مختلف را نشان می دهد.

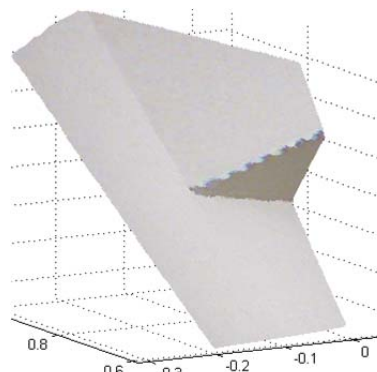
حداکثر آستانه در نظر گرفته شده، تمام جزئیات را از بین می برد که همان مشکلات از بین رفتن لبه ها را دارد در حالیکه با کاهش آستانه و حفظ جزئیات طبیعی تصویر، ضمن جلوگیری از خراب شدن تصویر بازسازی شده، خطای بازسازی نیز بسیار ناچیز (در حد 10^{-6}) است.



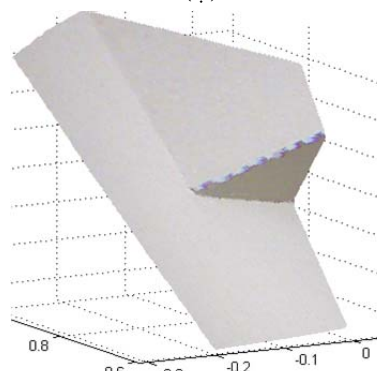
شکل ۱۱: نمودار تغییر خطای بازسازی تصویر عمق با آستانه گیری در سطوح مختلف



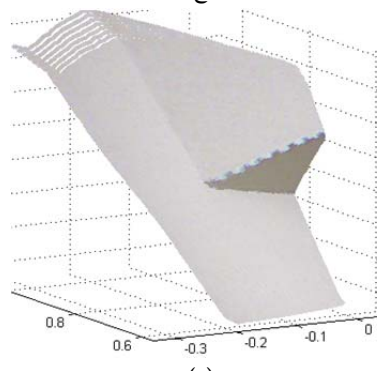
(الف)



(ب)



(ج)



(د)

شکل ۹: نمایش سه بعدی نتیجه بازسازی با روشهای (الف) موجک هار (ب) موجک RDT2 (ج) موجک (bior2.2) و (د) RDT

باید توجه نمود که تصویر بازسازی شده شامل جزئیات تصویر اولیه نیست و نویزهای اضافی از تصویر حذف شده اند. البته با توجه به حذف تمام جزئیات، لبه های موجود در تصویر که محل برخورد دیوارها هستند

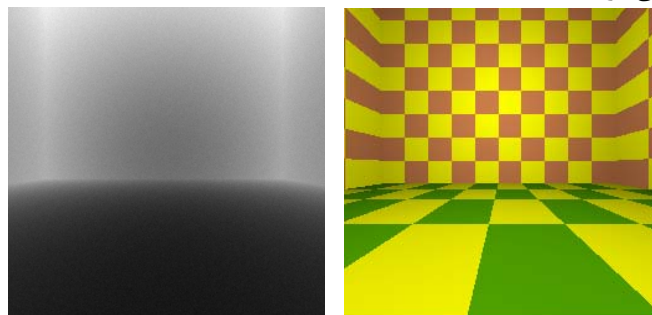
۴-۲- آزمایش با داده شبیه سازی

در حفظ اطلاعات اصلی تصویر به خاطر توجه آن به اطلاعات هندسه محیط است که با یک آستانه گیری مناسب، ضمن حفظ ماهیت اصلی تصویر عمق، بازسازی با حداقل خطای ممکن را به دست آورد.

در ادامه، روش RDT را بر روی تصویر عمق شبیه سازی شده که مقداری نویز گوسی به آن اضافه شده است، نیز آزمایش کرده و نتایج را بررسی می نماییم. اطلاعات ورودی آزمایشات در شکل ۱۲ مشاهده می گردد.

۵- نتیجه گیری

در این تحقیق، با استفاده از تحلیل چند مقیاسه، تبدیل RDT مبتنی بر طرحواره ترفیع، به عنوان روشی که به هندسه محیط توجه دارد معرفی گردید و آزمایش هایی برای نمایش صحت عملکرد تبدیل ارائه شد. جزئیات کوچک زیادی در فرایند تجزیه تولید می شود که انگیزه استفاده از این تبدیل برای فشرده سازی و رفع نویز تصاویر عمق است. با صرف نظر کردن از این جزئیات که عمدتاً مربوط به خطای دریافت اطلاعات توسط حسگر و یا نویز طبیعی است، ضمن اینکه اطلاعات صحنه حفظ می شود حجم زیادی از اطلاعات دور ریخته می شود و فشرده سازی قابل توجهی حاصل می شود.



شکل ۱۲: (الف) تصویر RGB کف اتاق و سه دیوار. (ب) تصویر عمق شبیه سازی شده توسط نرم افزار webots

۶- سپاسگزاری

در اینجا لازم می دانیم از حمایت های موسسه آموزش عالی خراسان و نیز از کمک سرکار خانم مهندس افسانه رفیعی تشکر و قدردانی نماییم.

جدول ۲، مقایسه نتایج حاصل از اجرای آزمایش روی داده شبیه سازی شده توسط روش RDT، و سه تبدیل موجک نسل اولی Haar، db2 و bior2.2 را نشان می دهد.

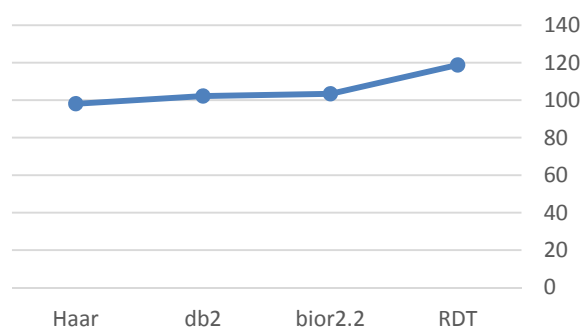
جدول ۲: مقایسه نتایج بازسازی تصویر عمق شبیه سازی شده

نام تبدیل	انرژی جزئیات حذف شده	خطای بازسازی	کیفیت بازسازی
Haar	14.3035	3.4127e-09	98.0958
db2	7.0684	1.6167e-09	102.1773
bior2.2	8.6198	3.9452e-10	103.3943
RDT	1336.815257	1.7607e-09	118.8038

مراجع

- [1] S.G.Mallat, "A Theory for Multiresolution Signal Decomposition: The Wavelet Representation," IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine intelligence, vol. 11, pp. 674-693, 1989.
- [2] I. Daubechies, "Ten lectures on wavelets," Presented at CBMS-NSF conference series in applied mathematics. 1992.
- [3] M. Vetterli and J. Kovacevic. Wavelets and Subband Coding. Prentice-Hall, Engle-wood Cliffs, NJ, 1995.
- [4] Eric J.Stollnitz, Tony D.Derose, David H.Salesin. *Wavelet for Computer Graphics A Primer Part1*, IEEE Computer Graphics and Application, May 1995
- [5] Eric J.Stollnitz, Tony D.Derose, David H.Salesin. *Wavelet for Computer Graphics a Primer Part2*, IEEE Computer Graphics and Application, July 1995.
- [6] Gabriel Peyré, Advanced Signal, Image and Surface Processing, January 14, 2010
- [7] Y. Zheng, R. Wang, and J. LI, "NonLinear Wavwlet AND BP Neural Networks Adaptive Lifting Scheme," Presented at IEEE International Conference on Apperceiving Computing and Intelligence Analysis (ICACIA), pp. 316 – 319, 2010.
- [8] W. Sweldens. "The lifting scheme: A custom-design construction of biorthogonal wavelets. Applied and Computational Harmonic Analysis," pp. 186–200, 1996.
- [9] W. Sweldens and P. Schröder. "Building your own wavelets at home," In Wavelets in Computer Graphics, ACM SIGGRAPH Course notes, pp. 15–87, 1996.
- [10] X. Wang, S. Liu, and F. Han, "A Fast Image Coding Algorithm Based on Lifting Wavelet Transform," Presented at 4th International Congress on Image and Signal Processing, pp.594-597, 2011.
- [11] A. Harati, "Simultaneous Localization and Mapping for Structured Indoor Environments," Ph.D. dissertation, Univ. the Swiss Federal Institute of Technology (ETH Z'urich), 2008.
- [12] M. D. Adams, "Sensor modelling, design and data processing for autonomous navigation" World Scientific, 1999.

شکل ۱۳ ضریب کیفیت بازسازی این آزمایش را با استفاده از همان تبدیل های چهارگانه آزمایش اول نشان می دهد و برتری RDT را نسبت به تبدیل های موجک کلاسیک در این نمودار نیز مشهود است.



شکل ۱۳: مقایسه ضریب کیفیت بازسازی تصویر عمق شبیه سازی شده

از دیگر کاربردهای تحلیل چند مقیاسه تصویر، فشرده سازی اطلاعات عمق تصویر است که می توان بخش عمده ای از اطلاعات جزئیات را حذف کرد و هنوز کیفیت مناسبی از اطلاعات را حفظ نمود. موفقیت روش RDT