

# امیج پروسیسنگ میں ویولیت تھیوری کا استعمال: ڈیجیٹل امیج ڈینوائزنگ کا مطالعہ



تحقیقی مقالہ

برائے

پی۔ ایچ۔ ڈی۔ ریاضیات

مقالہ نگار

پرویز احمد ڈار

اندراج نمبر: A171106

نگران

ڈاکٹر افروز

ایسوسیٹ پروفیسر اور صدر

شعبہ ریاضیات

سکول آف سائنسز

مولانا آزاد نیشنل اردو یونیورسٹی، گچی بولی حیدرآباد۔ انڈیا

(۲۰۲۲)



مولانا آزاد نیشنل اردو یونیورسٹی

MAULANA AZAD NATIONAL URDU UNIVERSITY

(A Central University established by an Act of Parliament in 1998)

(Accredited with 'A' Grade by NAAC)

## اقرار نامہ

میں پرویز احمد ڈار یہ اقرار کرتا ہوں کہ مولانا آزاد نیشنل اردو یونیورسٹی، حیدرآباد میں پیش کیا گیا تحقیقی کام بہ عنوان "ایچ پی سی" میں پروسیسنگ میں ویولٹ تھیوری کا استعمال: ڈیجیٹل ایچ ڈی ایناؤنگ کا مطالعہ "پر مشتمل مکمل طور پر میں نے تیار کیا ہے اور یہ میری اپنی کوششوں کا نتیجہ ہے۔ ڈاکٹر افروز ایسوسیٹ پروفیسر، شعبہ ریاضی کی نگرانی میں تحقیقی مقالہ تیار کیا گیا ہے۔ اس مقالے میں کیا گیا تجزیہ مکمل طور پر اصلی ہے اور کسی کی نقل نہیں کی گئی ہے۔

لہذا میں اقرار کرتا ہوں کہ یہ مقالہ میرا اپنا ذاتی کام ہے اور یہ کسی اور یونیورسٹی یا ادارے میں کسی بھی قسم کی ڈگری کے حصول کے لیے پیش نہیں کیا گیا ہے۔

پرویز احمد ڈار

پی۔ ایچ۔ ڈی۔ اسکالر

شعبہ ریاضی

مولانا آزاد نیشنل اردو یونیورسٹی، حیدرآباد



مولانا آزاد نیشنل اردو یونیورسٹی

مولانا آزاد نیشنل اردو یونیورسٹی

MAULANA AZAD NATIONAL URDU UNIVERSITY

(A Central University established by an Act of Parliament in 1998)

(Accredited with 'A' Grade by NAAC)

## تصدیق نامہ

یہ اس بات کی تصدیق کے لیے ہے کہ "ایچ پروسیڈنگ میں ویولنٹ تھیوری کا استعمال: ڈیجیٹل ایچ ڈینوائزنگ کا مطالعہ" کے عنوان سے مقالہ پرویز احمد ڈار، انزولنٹ نمبر: A171106، مولانا آزاد نیشنل اردو یونیورسٹی، حیدرآباد کے تقاضوں کی جزوی تکمیل میں جمع کرایا گیا ہے۔ ریاضی میں ڈاکٹر آف فلسفی کی ڈگری کے ایوارڈ کے لیے اور یہ میری رہنمائی میں ایک اصل کام ہے۔

نگران

ڈاکٹر افروز

صدر

ڈین

شعبہ ریاضی

سکول آف سائنسز

مولانا آزاد نیشنل اردو یونیورسٹی، حیدرآباد

مولانا آزاد نیشنل اردو یونیورسٹی، حیدرآباد

مقام: گچی باؤلی حیدرآباد

تاریخ:

## اظہارِ شکر

تمام تعریفیں اللہ تعالیٰ کے لیے ہیں، درود و سلام ہو حضور نبی اکرم ﷺ پر جس نے مجھے یہ کام مکمل کرنے کا شرف بخشا۔

میں سب سے پہلے اپنے نگران اور سرپرست ڈاکٹر افروز کا تہہ دل سے شکر یہ ادا کرتا ہوں کہ ان کی دانش مندانہ رہنمائی، تجاویز، ان کی محبت اور ان کی حوصلہ افزائی اور اس تحقیقی کام کو اس کے مکمل ہونے تک بے پناہ تعاون فراہم کیا۔ درحقیقت ان کی رہنمائی اور تعاون کے بغیر اس مقالے کی حتمی شکل دینا ناممکن تھا، مجھے ایسا لگتا تھا کہ یہ تحقیقی کام ان کی بے پناہ کوششوں کے بغیر میرے لیے بے حد مشکل تھا۔

ان کے بعد میں پروفیسر سید نجم الحسن کی حمایت، محبت اور پیار کا بے حد مشکور ہوں۔ آپ میرے مشکل ترین ایام میں میری حوصلہ افزائی کرتے رہے۔ ان ہی کی وجہ سے میں تحقیق کے ابتدائی مراحل میں اپنی طبعیت کی ناسازگاری کی وجہ سے کیمپس میں قیام پزیر رہا۔

میں شعبہ ریاضی کے دیگر اساتذہ جن میں ڈاکٹر خواجہ معین الدین، ڈاکٹر سہاش الہا، ڈاکٹر ماجد علی چوہدری، اور ڈاکٹر سید وسیم راجہ کا بھی مشکور ہوں جنہوں نے میرا تعاون پیش کیا۔

میں چیف لائبریرین ڈاکٹر اختر پرویز اور سید حامد لائبریری مانو حیدر آباد کے دیگر عملے کا بھی تہہ دل سے شکر یہ ادا کرتا ہوں۔

میں نے نان ٹینگ سٹاف، دوست و احباب اور اپنے شعبہ کے ساتھیوں خصوصاً جناب سہیل احمد اور جناب روپک صاحب کا تہہ دل سے شکر یہ ادا کیا جنہوں نے میرے کام کے تمام مراحل میں مخلصانہ حوصلہ افزائی اور مدد کی۔

میں اپنے مانو کی برادری میں جناب رمیز دانی، جناب حامد کاوا، جناب اشفاق ملا، جناب یاسر الطاف، جناب ہلال احمد، جناب توصیف احمد اور جناب امتیاز احمد کا بے حد مشکور ہوں جنہوں نے اپنے بھائی چارے کے لیے کیمپس کے اندر اور باہر محبت و عقیدت اور ایک دوسرے کا بھرپور خیال رکھا۔

یہ ناانصافی کی بات ہوگی کہ اگر میں ان خوش گوار لمحات میں اپنے خاندان خصوصاً اپنے والدین کا شکر یہ ادا نہ کروں۔ حقیقت یہ کہ ان ہی کی دعاؤں اور ان کے تعاون کے بغیر یہ تحقیقی کام مکمل کرنا واقعی مشکل اور ناممکن تھا۔ انہوں نے میری تحقیق

کے دوران وقتاً فوقتاً میری حوصلہ افزائی کی۔ اور مجھے اس کام کے لیے فارغ کر دیا، اس تعلق سے میں اپنے والد محترم جناب غلام محمد ڈار اور والدہ محترمہ ساجہ بانو کا بے حد ممنون ہوں۔ میں اپنے مہربان بھائیوں جناب ظہور احمد ڈار، جناب فاروق احمد اور جناب اعزاز احمد ڈار اور اپنی پیاری بہنوں جویرہ اختر اور روبی جان کا بھی بے حد مشکور ہوں۔

آخر میں اس خوش گوار موقع پر اپنی شریک حیات محترمہ نزہت یوسف کا خصوصی شکر یہ ادا کرتا ہوں۔ اصل حقیقت یہ ہے کہ انھوں نے تحقیق کے مشکل ترین ایام میں مجھے نہ صرف فارغ کر کے رکھا تھا بلکہ ہر لمحے حوصلہ اور بھرپور تعاون پیش کرتی تھیں۔

پرویز احمد ڈار

## موضوعات کی فہرست

| صفحہ نمبر | موضوعات          |
|-----------|------------------|
| i         | اقرار نامہ       |
| ii        | تصدیق نامہ       |
| iii       | اظہارِ تشکر      |
| v         | موضوعات کی فہرست |
| xi        | فکر یس کی فہرست  |
| xiv       | ٹیبلز کی فہرست   |
| xviii     | محققات           |

| صفحہ نمبر   | موضوعات                   | شمار نمبر |
|-------------|---------------------------|-----------|
|             | ابواب :                   |           |
| (1-37)..... | باب اول۔ تعارف.....       | 1         |
| 1.....      | تعارف.....                | 1.1       |
| 2.....      | ادب کا جائزہ.....         | 1.2       |
| 9.....      | امیج اور اس کی اقسام..... | 1.3       |
| 9.....      | امیج.....                 | 1.3.1     |
| 10.....     | پکسل.....                 | 1.3.1.1   |
| 10.....     | ڈیجیٹل امیج.....          | 1.3.2     |
| 10.....     | رنگین امیج.....           | 1.3.3     |
| 11.....     | گرے اسکیل امیج.....       | 1.3.4     |
| 12.....     | بانٹری امیج.....          | 1.3.5     |
| 12.....     | فارمیت امیج.....          | 1.4       |

## موضوعات جاری

|         |                                       |            |
|---------|---------------------------------------|------------|
| 13..... | مشترکہ فوٹو گرافی ماہر گروپ.....      | 1.4.1      |
| 13..... | ٹیگ شدہ امیج فائل فارمیٹ.....         | 1.4.2      |
| 13..... | رافک انٹر چینج فارمیٹ.....            | 1.4.3      |
| 13..... | پورٹریٹ نیٹ ورک گرافکس.....           | 1.4.4      |
| 13..... | خام امیج فارمیٹ.....                  | 1.4.5      |
| 14..... | ڈیجیٹل امیج کی تفصی.....              | 1.5        |
| 14..... | ڈیجیٹل امیج کی گرافیکل نمائندگی.....  | 1.6        |
| 14..... | ڈیجیٹل امیج کی ریاضیاتی نمائندگی..... | 1.7        |
| 15..... | امیج پروسیسنگ اور اس کی اقسام.....    | 1.8        |
| 15..... | ڈیجیٹل امیج پروسیسنگ.....             | 1.8.1      |
| 15..... | ڈیجیٹل امیج پروسیسنگ کا جزو.....      | 1.9        |
| 16..... | ڈیجیٹل کیمرہ.....                     | 1.9.1      |
| 16..... | ڈیجیٹل امیج پروسیسنگ کا مقصد.....     | 1.10       |
| 16..... | ڈیجیٹل امیجز کے ذرائع.....            | 1.11       |
| 17..... | ریاضی کا ابتدائی.....                 | 1.12       |
| 17..... | کنولیشن.....                          | 1.12.1     |
| 17..... | پارسیوال کی شناخت.....                | 1.12.2     |
| 18..... | استعمال کے ساتھ ریاضیاتی سگنل.....    | 1.12.3     |
| 21..... | تفلی نوٹز اور اس کی اقسام.....        | 1.12.4     |
| 21..... | امیج پروسیسنگ میں ڈیجیٹل نوٹز.....    | 1.12.4.1   |
| 21..... | ڈیجیٹل نوٹز کی اقسام.....             | 1.12.4.2   |
| 22..... | گاو سین نوٹز.....                     | 1.12.4.2.1 |
| 22..... | سالت اور پیپر نوٹز.....               | 1.12.4.2.2 |

## موضوعات جاری

|              |   |            |
|--------------|---|------------|
| 22.....      | پوزن نوٹز   | 1.12.4.2.3 |
| 22.....      | سپیکل کانوٹز  | 1.12.4.2.4 |
| 24.....      | ویولیت  | 1.12.5     |
| 27.....      | ہار ویولیت  | 1.12.5.1   |
| 29.....      | میکیسکن ہیٹ ویولیت  | 1.12.5.2   |
| 30.....      | ڈوبچیز ویولیت   | 1.12.5.3   |
| 30.....      | آرتھونورمل ویولیت   | 1.12.5.4   |
| 30.....      | بائیور تھوگوتل ویولیت   | 1.12.5.5   |
| 30.....      | میسر ویولیت   | 1.12.5.6   |
| 31.....      | مورلیٹ ویولیت   | 1.12.5.7   |
| 32.....      | سملیٹ ویولیت  | 1.12.5.8   |
| 32.....      | کوفلیٹ ویولیت   | 1.12.5.9   |
| 33.....      | ویولیت ٹرانسفارم  | 1.12.6     |
| 34.....      | مسلسل ویولیت ٹرانسفارم  | 1.12.6.1   |
| 35.....      | ڈسکریٹ ویولیت ٹرانسفارم   | 1.12.6.2   |
| 35.....      | ویولیت پیکٹ ٹرانسفارم   | 1.12.7     |
| 36.....      | الٹا ویولیت ٹرانسفارم   | 1.12.8     |
| 37.....      | مالٹی ریزولوشن تجزیہ  | 1.12.9     |
| (38-58)..... | باب دوم - مختلف فلٹرز اور ویولیت ٹرانسفارمیشن کے ذریعے ڈیجیٹل امیج کی ڈینوائزنگ | 2          |
| 38.....      | تعارف   | 2.1        |
| 39.....      | ڈیجیٹل امیج فلٹرنگ تکنیک  | 2.2        |
| 39.....      | گاو سین فلٹر  | 2.2.1      |
| 39.....      | میڈین فلٹ   | 2.2.2      |



## موضوعات جاری

|         |  |         |
|---------|--|---------|
| 39..... | ویز فلٹر.....  | 2.2.3   |
| 40..... | گائیڈڈ فلٹر.....   | 2.2.4   |
| 40..... | بلاک میچنگ اور 3D فلٹرنگ.....  | 2.2.5   |
| 40..... | اضافی فزری سوچنگ میڈین فلٹر.....   | 2.2.6   |
| 40..... | لکیری فلٹر.....  | 2.2.7   |
| 41..... | من فلٹر.....   | 2.2.8   |
| 41..... | میکس فلٹر.....   | 2.2.9   |
| 41..... | ڈیجیٹل امیج کا ریولٹ ڈیکمپوزیشن.....   | 2.3     |
| 42..... | ویرینسی.....   | 2.4     |
| 43..... | سگنل نوئز کا تناسب.....  | 2.5     |
| 43..... | مین اسکوائر ایرر.....  | 2.6     |
| 43..... | چوٹی سگنل نوئز کا تناسب.....   | 2.7     |
| 44..... | تھریش ہولڈنگ تکنیک اور اس کی اقسام.....  | 2.8     |
| 44..... | تھریش ہولڈنگ.....  | 2.8.1   |
| 45..... | تھریش ہولڈنگ کی اقسام.....   | 2.8.2   |
| 45..... | ہارڈ تھریش ہولڈنگ.....   | 2.8.2.1 |
| 46..... | سوفٹ تھریش ہولڈنگ.....   | 2.8.2.2 |
| 47..... | ڈیجیٹل امیج ڈینوائزنگ کے لیے مجوزہ الگورتھم.....   | 2.9     |
|         | SNR، MSE اور PSNR کے لحاظ سے مجوزہ الگورتھم (proposed algorithm) کے                                | 2.10    |
| 49..... | جدول کے تجزیے.....   |         |
| 57..... | ٹیسٹ امیج (Test Image) اور سنتھیسائزڈ (Synthesized) امیج.....                                      | 2.11    |
| 58..... | خلاصہ.....   | 2.12    |
|         | باب سوم۔ تھریش ہولڈنگ تکنیک اور ریولٹ پیکٹ کی تبدیلی کے ذریعے ڈیجیٹل امیج کی ڈینوائزنگ ... (59-71) | 3       |

## موضوعات جاری

|              |  |       |
|--------------|--|-------|
| 59.....      | تعارف.....   | 3.1   |
| 62.....      | مجوزہ حد بندی کی تکنیک.....  | 3.2   |
| 63.....      | تجویز کردہ طریقہ.....  | 3.3   |
| 64.....      | SNR اور PSNR کے لحاظ سے جدولوں کے ذریعے ڈیٹا کا تجزیہ.....                                   | 3.4   |
| 71.....      | اصل امیج اور ترکیب شدہ امیج.....   | 3.5   |
| 71.....      | خلاصہ کریں.....  | 3.6   |
|              | باب چہارم۔ ویولٹیو پیکٹ ٹرانسفارمیشن کے ذریعے ڈیجیٹل امیج ڈینوائزنگ کے لیے تخمینہ تھریش ہولڈ | 4     |
| (73-84)..... |  |       |
| 73.....      | تعارف.....   | 4.1   |
| 75.....      | نوئز شرنگ فنکشن.....   | 4.2   |
| 75.....      | یقینی شرنگ.....  | 4.2.1 |
| 76.....      | بایز شرنگ.....   | 4.2.2 |
| 76.....      | ویسو شرنگ.....   | 4.2.3 |
| 77.....      | نئی تھریش ہولڈنگ فنکشن.....  | 4.3   |
| 77.....      | تجویز کردہ الگورتھم.....   | 4.4   |
| 80.....      | امیج ڈینوائزنگ تجزیہ.....  | 4.5   |
| 84.....      | خلاصہ.....   | 4.6   |
| (85-97)..... | باب پنجم۔ ڈیجیٹل امیج ڈینوائزنگ میں نارم کی اہمیت.....                                       | 5     |
| 85.....      | تعارف.....   | 5.1   |
| 85.....      | ڈیجیٹل نوئز داخل کریں.....   | 5.2   |
| 86.....      | نارم.....  | 5.3   |

## موضوعات جاری

|          |  |       |
|----------|--|-------|
| 86.....  | نارم-1   | 5.3.1 |
| 87.....  | نارم-2   | 5.3.2 |
| 87.....  | نارم کی خصوصیات  | 5.4.3 |
| 87.....  | مجوزہ الگورتھم   | 5.5   |
| 88.....  | ڈینوائزنگ پرفارمنس پیرامیٹرز                                 | 5.6   |
| 89.....  | نتائج کا جدول تجزیہ  | 5.7   |
| 102..... | ان پٹ ڈیجیٹل امیجز (یا ٹیسٹ امیجز) اور ڈینوائزڈ ڈیجیٹل امیجز | 5.8   |
| 103..... | خلاصہ  | 5.9   |
| 105..... | اختتامی کلمات  |       |
| 108..... | مستقبل کا دائرہ کار  |       |
| 108..... | اشاعت اور کانفرنس میں شرکت کی فہرست                          |       |
| 108..... | حوالہ جات  |       |

## گہریں فہرست

| گہری نمبر  | موضوعات   | صفحہ نمبر |
|------------|---|-----------|
| 1.1: گہری  | (a) پاؤٹس (b) سبزیاں، (c) مصنف اور (d) سیب کی رنگین ڈیجیٹل امیجز.....                               | 11.....   |
| 1.2: گہری  | (a) چاک (b) سورج مکھی (c) موٹر کار اور (d) لڑکی کی گرے اسکیل ڈیجیٹل امیج.....                       | 12.....   |
| 1.3: گہری  | (a) صنف کی رنگین امیج (b) امیج میٹرکس (c) بانٹری ڈیجیٹل امیج.....                                   | 12.....   |
| 1.4: گہری  | پکسل میٹرکس ڈیجیٹل امیج.....  | 14.....   |
| 1.5: گہری  | ڈیجیٹل امیج کی بٹ میپ نمائندگی.....   | 15.....   |
| 1.6: گہری  | امیج کے لیے برقی مقناطیسی توانائی کا سپیکٹرم (آن لائن).....   | 17.....   |
| 1.7: گہری  | مختلف ڈومینز میں سگنل کی نمائندگی، یعنی ٹائم ڈومین، فریکوئنسی ڈومین، STFT اور Wavelet Analysis..... | 24.....   |
| 1.8: گہری  | مورلیٹ ویولٹ کا گراف.....   | 25.....   |
| 1.9: گہری  | ویو اور ویولٹ کی گرافیکل نمائندگی.....  | 26.....   |
| 1.10: گہری | ایک ویولٹ کا پیمانہ اور منتقلی.....   | 26.....   |
| 1.11: گہری | ہار ویولٹ کی گرافیکل نمائندگی.....  | 28.....   |
| 1.12: گہری | ہار ویولٹ کے پھیلاؤ کی گرافیکل نمائندگی.....  | 28.....   |
| 1.13: گہری | میکسیکن ویولٹ کی گرافیکل نمائندگی.....  | 29.....   |
| 1.14: گہری | میسرو ویولٹ کی گرافیکل نمائندگی.....  | 31.....   |
| 1.15: گہری | مورلیٹ ویولٹ کی گرافیکل نمائندگی.....   | 32.....   |
| 1.16: گہری | کوفلیٹ ویولٹ کی گرافیکل نمائندگی.....   | 33.....   |
| 1.17: گہری | ویولٹ پیکٹ کی تبدیلی کی گرافیکل نمائندگی.....   | 36.....   |
| 2.1: گہری  | پہلی سطح پر ویولٹ ڈیکمپوزیشن.....   | 42.....   |
| 2.2: گہری  | دوسری سطح پر ویولٹ ڈیکمپوزیشن.....  | 42.....   |
| 2.3: گہری  | تیسری سطح پر ویولٹ ڈیکمپوزیشن.....  | 42.....   |
| 2.4: گہری  | ہار ڈتھ ریش ہولڈنگ.....   | 46.....   |

## گھریس جاری

|         |   |           |
|---------|---|-----------|
| 47..... | سوفٹ تھریس ہولڈنگ                             | 2.5: گھر  |
| 48..... | فلوچارٹ                                       | 2.6: گھر  |
| 49..... | سیملیٹ 4 کے ساتھ گاوسین                       | 2.7: گھر  |
| 50..... | سیملیٹ 4 کے ساتھ میڈین فلٹر                   | 2.8: گھر  |
| 51..... | سیملیٹ 4 کے ساتھ گائیڈڈ فلٹر                  | 2.9: گھر  |
| 51..... | سیملیٹ 4 کے ساتھ ویز فلٹر                     | 2.10: گھر |
| 52..... | کوفلیٹ 2 کے ساتھ گاوسین فلٹر                  | 2.11: گھر |
| 52..... | کوفلیٹ 2 کے ساتھ میڈین فلٹر                   | 2.12: گھر |
| 53..... | کوفلیٹ 2 کے ساتھ گائیڈڈ فلٹر                  | 2.13: گھر |
| 53..... | کوفلیٹ 2 کے ساتھ ویز فلٹر                     | 2.14: گھر |
| 54..... | ڈبوشیز 2 کے ساتھ گاوسین فلٹر                  | 2.15: گھر |
| 54..... | ڈبوشیز 2 کے ساتھ میڈین فلٹر                   | 2.16: گھر |
| 55..... | ڈبوشیز 2 کے ساتھ گائیڈڈ فلٹر                  | 2.17: گھر |
| 55..... | ڈبوشیز 2 کے ساتھ ویز فلٹر                     | 2.18: گھر |
| 56..... | بایور 1.5 کے ساتھ گاوسین                      | 2.19: گھر |
| 56..... | بایور 1.5 کے ساتھ میڈین فلٹر                  | 2.20: گھر |
| 57..... | بایور 1.5 کے ساتھ گائیڈڈ فلٹر                 | 2.21: گھر |
| 57..... | بایور 1.5 کے ساتھ ویز فلٹر                    | 2.22: گھر |
| 57..... | آلودہ میچ (پوزن نوڑ)                          | 2.23: گھر |
| 58..... | ویز فلٹر اور ویولٹ (sym4) کے ذریعے ڈینازڈ میچ | 2.24: گھر |
| 60..... | سطح 1، سطح 2، اور سطح 3 پر ان پٹ میچ کا DWT   | 3.1: گھر  |
| 61..... | سطح 1، سطح 2، اور سطح 3 پر WPD                | 3.2: گھر  |
| 61..... | ویولٹ اور ویولٹ پیکٹ سگنل کی ڈکمپوزیشن        | 3.3: گھر  |

## گکریس جاری

|          |   |           |
|----------|---|-----------|
| 64.....  | اوپر تجویز کردہ طریقہ کا فلو چارٹ   | 3.4: گکر  |
| 71.....  | ویولیٹیون کے MSE، SNR، اور PSNR کا گراف موازنہ                            | 3.5: گکر  |
| 71.....  | کیمرہ مین کی ان پٹ اور ترکیب شدہ امیج                                     | 3.6: گکر  |
| 74.....  | تھریش ہولڈنگ کے مختلف طریقے   | 4.1: گکر  |
| 79.....  | ایک مجوزہ الگور تھم کا خاکہ   | 4.2: گکر  |
| 79.....  | ان پٹ امیج، نوئز والی امیج، اور ڈینوائزڈ امیج                             | 4.3: گکر  |
| 83.....  | لینا امیج کی SNR اقدار کا لائن گراف                                       | 4.4: گکر  |
| 83.....  | لینا امیج کی PSNR اقدار کا لائن گراف                                      | 4.5: گکر  |
| 83.....  | لینا امیج کی SNR اور PSNR اقدار کا کامل گراف                              | 4.6: گکر  |
| 89.....  | مجوزہ الگور تھم کا خاکہ   | 5.1: گکر  |
| 92.....  | بار برا امیج کی مختلف ڈی کمپوزیشن سطحوں پر چارویولیٹیون کی SNR قدریں      | 5.2: گکر  |
| 93.....  | بار برا امیج کی مختلف ڈی کمپوزیشن سطحوں پر چار ڈیفرنٹ ویولیٹیون کا 1-نارم | 5.3: گکر  |
| 94.....  | بار برا امیج کی مختلف ڈی کمپوزیشن سطحوں پر چار ڈیفرنٹ ویولیٹیون کا 2-نارم | 5.4: گکر  |
| 96.....  | گھرا امیج کی مختلف ڈی کمپوزیشن سطحوں پر چارویولیٹیون کی SNR قدریں         | 5.5: گکر  |
| 97.....  | گھرا امیج کی مختلف ڈی کمپوزیشن سطحوں پر چار ڈیفرنٹ ویولیٹیون کا 1-نارم    | 5.6: گکر  |
| 97.....  | گھرا امیج کی مختلف ڈی کمپوزیشن سطحوں پر چار ڈیفرنٹ ویولیٹیون کا 2-نارم    | 5.7: گکر  |
| 100..... | مصنف کی امیج کی مختلف ڈی کمپوزیشن سطحوں پر چارویولیٹیون کی SNR قدریں      | 5.8: گکر  |
| 101..... | صنف کی امیج کی مختلف ڈی کمپوزیشن سطحوں پر چار ڈیفرنٹ ویولیٹیون کا 1-نارم  | 5.9: گکر  |
| 101..... | صنف کی امیج کی مختلف ڈی کمپوزیشن سطحوں پر چار ڈیفرنٹ ویولیٹیون کا 2-نارم  | 5.10: گکر |
| 102..... | باربر کی ڈیجیٹل امیج اور ڈینوائزڈ امیج                                    | 5.11: گکر |
| 103..... | گھر کی ڈیجیٹل امیج اور ڈینوائزڈ امیج                                      | 5.12: گکر |
| 103..... | مصنف کی ڈیجیٹل امیج اور ڈینوائزڈ امیج                                     | 5.12: گکر |

## ٹیبلز کی فہرست

| صفحہ نمبر | موضوعات  | ٹیبل نمبر       |
|-----------|--|-----------------|
| 49.....   | sym4 کے ساتھ گاوسین فلٹر، sym4 کے ساتھ میڈین فلٹر.                               | ٹیبل نمبر: 2.1  |
| 50.....   | sym4 کے ساتھ ساتھ گائیڈڈ فلٹر، sym4 کے ساتھ ویز فلٹر.                            | ٹیبل نمبر: 2.2  |
| 51.....   | coif2 کے ساتھ گاوسین فلٹر، coif2 کے ساتھ میڈین فلٹر.                             | ٹیبل نمبر: 2.3  |
| 52.....   | coif2 کے ساتھ گائیڈڈ فلٹر، coif2 کے ساتھ ویز فلٹر.                               | ٹیبل نمبر: 2.4  |
| 53.....   | db2 کے ساتھ گاوسین فلٹر، db2 کے ساتھ میڈین فلٹر.                                 | ٹیبل نمبر: 2.5  |
| 54.....   | db2 کے ساتھ گائیڈڈ فلٹر، db2 کے ساتھ ویز فلٹر.                                   | ٹیبل نمبر: 2.6  |
| 55.....   | bior1.5 کے ساتھ گائیڈڈ فلٹر، bior1.5 کے ساتھ ویز فلٹر.                           | ٹیبل نمبر: 2.7  |
| 56.....   | bior1.5 کے ساتھ گائیڈڈ فلٹر، bior1.5 کے ساتھ ویز فلٹر.                           | ٹیبل نمبر: 2.8  |
| 64.....   | تفصیلی کتابوں coefficient سے WT (haar) کے ذریعے حاصل کردہ تھریش ہولڈ ویلیو.....  | ٹیبل نمبر: 3.1  |
| 65.....   | $\lambda = 1.315$ پروپولیٹ پیکٹ ٹرانسفارم (haar).....                            | ٹیبل نمبر: 3.2  |
| 65.....   | تفصیلی کتابوں coefficient سے WT (sym4) کے ذریعے حاصل کردہ تھریش ہولڈ ویلیو.....  | ٹیبل نمبر: 3.3  |
| 65.....   | $\lambda = 1.505$ پروپولیٹ پیکٹ ٹرانسفارم (sym4).....                            | ٹیبل نمبر: 3.4  |
| 65.....   | تفصیلی کتابوں coefficient سے WT (sym6) کے ذریعے حاصل کردہ تھریش ہولڈ ویلیو.....  | ٹیبل نمبر: 3.5  |
| 66.....   | $\lambda = 1.423$ پروپولیٹ پیکٹ ٹرانسفارم (sym6).....                            | ٹیبل نمبر: 3.6  |
| 66.....   | تفصیلی کتابوں coefficient سے WT (sym8) کے ذریعے حاصل کردہ تھریش ہولڈ ویلیو.....  | ٹیبل نمبر: 3.7  |
| 66.....   | $\lambda = 1.370$ پروپولیٹ پیکٹ ٹرانسفارم (sym8).....                            | ٹیبل نمبر: 3.8  |
| 66.....   | تفصیلی کتابوں coefficient سے WT (db4) کے ذریعے حاصل کردہ تھریش ہولڈ ویلیو.....   | ٹیبل نمبر: 3.9  |
| 67.....   | $\lambda = 1.505$ پروپولیٹ پیکٹ ٹرانسفارم (db4).....                             | ٹیبل نمبر: 3.10 |
| 67.....   | تفصیلی کتابوں coefficient سے WT (coif2) کے ذریعے حاصل کردہ تھریش ہولڈ ویلیو..... | ٹیبل نمبر: 3.11 |
| 67.....   | $\lambda = 1.423$ پروپولیٹ پیکٹ ٹرانسفارم (coif2).....                           | ٹیبل نمبر: 3.12 |
| 67.....   | تفصیلی کتابوں coefficient سے WT (coif5) کے ذریعے حاصل کردہ تھریش ہولڈ ویلیو..... | ٹیبل نمبر: 3.13 |

## ٹیبلز کی فہرست جاری

|   |                  |
|---|------------------|
| 68.....(coif2) پر ویولٹ پیکٹ ٹرانسفارم $\lambda = 1.081$                              | ٹیبیل نمبر: 3.14 |
| 68.....تفصیلی آگتاکوں coefficient سے WT (coif2.4) کے ذریعے حاصل کردہ تھریش ہولڈ ویلیو | ٹیبیل نمبر: 3.15 |
| 68.....(bior2.4) پر ویولٹ پیکٹ ٹرانسفارم $\lambda = 1.480$                            | ٹیبیل نمبر: 3.16 |
| 68.....تفصیلی آگتاکوں coefficient سے WT (bior2.6) کے ذریعے حاصل کردہ تھریش ہولڈ ویلیو | ٹیبیل نمبر: 3.17 |
| 69.....(bior2.6) پر ویولٹ پیکٹ ٹرانسفارم $\lambda = 1.370$                            | ٹیبیل نمبر: 3.18 |
| 69.....تفصیلی آگتاکوں coefficient سے WT (bior2.8) کے ذریعے حاصل کردہ تھریش ہولڈ ویلیو | ٹیبیل نمبر: 3.19 |
| 69.....(bior2.6) پر ویولٹ پیکٹ ٹرانسفارم $\lambda = 1.301$                            | ٹیبیل نمبر: 3.20 |
| 69.....تفصیلی آگتاکوں coefficient سے WT (bior3.3) کے ذریعے حاصل کردہ تھریش ہولڈ ویلیو | ٹیبیل نمبر: 3.21 |
| 70.....(bior2.6) پر ویولٹ پیکٹ ٹرانسفارم $\lambda = 1.505$                            | ٹیبیل نمبر: 3.22 |
| ویولٹ پیکٹ ٹرانسفارمیشن کے ذریعے ان پٹ اور سنٹھیسائزڈ آؤٹ پٹ کے درمیان MSE، SNR اور   | ٹیبیل نمبر: 3.23 |
| 80..... PSNR کی قدریں   |                  |
| 80.....(haar) پر ویولٹ پیکٹ ٹرانسفارم   | ٹیبیل نمبر: 4.1  |
| 80.....(haar) پر WPT $\lambda = 44.6047$ بذریعہ PSNR، SNR، MSE                        | ٹیبیل نمبر: 4.2  |
| 80.....(db5) پر ویولٹ پیکٹ ٹرانسفارم  | ٹیبیل نمبر: 4.3  |
| 80.....(db5) پر WPT $\lambda = 42.7079$ بذریعہ PSNR، SNR، MSE                         | ٹیبیل نمبر: 4.4  |
| 81.....(sym7) پر ویولٹ پیکٹ ٹرانسفارم   | ٹیبیل نمبر: 4.5  |
| 81.....(sym7) پر WPT $\lambda = 43.4729$ بذریعہ PSNR، SNR، MSE                        | ٹیبیل نمبر: 4.6  |
| 81.....(coif2) پر ویولٹ پیکٹ ٹرانسفارم  | ٹیبیل نمبر: 4.7  |
| 81.....(coif2) پر WPT $\lambda = 42.4829$ بذریعہ PSNR، SNR، MSE                       | ٹیبیل نمبر: 4.8  |
| 82.....(bior6.8) پر ویولٹ پیکٹ ٹرانسفارم  | ٹیبیل نمبر: 4.9  |
| 82.....(bior6.8) پر WPT $\lambda = 41.9924$ بذریعہ PSNR، SNR، MSE                     | ٹیبیل نمبر: 4.10 |
| 82..... لینا اور ریجنل اور ڈینوائزڈ آؤٹ پٹ کی MSE، SNR اور PSNR ویلیوز                | ٹیبیل نمبر: 4.11 |



## ٹیبلز کی فہرست جاری

|         |                  |  |
|---------|------------------|--|
| 89..... | ٹیبیل نمبر: 5.1  | باربرا امیج کی مختلف ڈی کمپوزیشن سطحوں پر پولیٹ (db2) کا استعمال کرتے ہوئے SNR، 1-نارم اور 2-نارم قدریں.....     |
| 90..... | ٹیبیل نمبر: 5.2  | باربرا امیج کی مختلف ڈی کمپوزیشن سطحوں پر پولیٹ (sym5) کا استعمال کرتے ہوئے SNR، 1-نارم اور 2-نارم قدریں.....    |
| 90..... | ٹیبیل نمبر: 5.3  | باربرا امیج کی مختلف ڈی کمپوزیشن سطحوں پر پولیٹ (coif4) کا استعمال کرتے ہوئے SNR، 1-نارم اور 2-نارم قدریں.....   |
| 91..... | ٹیبیل نمبر: 5.4  | باربرا امیج کی مختلف ڈی کمپوزیشن سطحوں پر پولیٹ (bior2.4) کا استعمال کرتے ہوئے SNR، 1-نارم اور 2-نارم قدریں..... |
| 91..... | ٹیبیل نمبر: 5.5  | مختلف ڈی کمپوزیشن سطحوں پر باربرا امیج کے لیے مختلف ویولیسٹس کا استعمال کرتے ہوئے SNR قدریں.....                 |
| 92..... | ٹیبیل نمبر: 5.6  | باربرا امیج کی اصل اور ڈی نوٹز امیج کے درمیان 1-نارم اور 2-نارم قدریں.....                                       |
| 93..... | ٹیبیل نمبر: 5.7  | باربرا امیج کی مختلف ڈی کمپوزیشن سطحوں پر مختلف ویولیسٹس کے لیے 1-نارم قدریں.....                                |
| 93..... | ٹیبیل نمبر: 5.8  | باربرا امیج کی مختلف ڈی کمپوزیشن سطحوں پر چارڈیفرنٹ ویولیسٹس کا 2-نارم قدریں.....                                |
| 94..... | ٹیبیل نمبر: 5.9  | گھر کی امیج کی مختلف ڈی کمپوزیشن سطحوں پر پولیٹ (db2) کا استعمال کرتے ہوئے SNR، 1-نارم اور 2-نارم قدریں.....     |
| 94..... | ٹیبیل نمبر: 5.10 | گھر کی امیج کی مختلف ڈی کمپوزیشن سطحوں پر پولیٹ (sym5) کا استعمال کرتے ہوئے SNR، 1-نارم اور 2-نارم قدریں.....    |
| 95..... | ٹیبیل نمبر: 5.11 | گھر کی امیج کی مختلف ڈی کمپوزیشن سطحوں پر پولیٹ (coif4) کا استعمال کرتے ہوئے SNR، 1-نارم اور 2-نارم قدریں.....   |
| 95..... | ٹیبیل نمبر: 5.12 | گھر کی امیج کی مختلف ڈی کمپوزیشن سطحوں پر پولیٹ (bior2.4) کا استعمال کرتے ہوئے SNR، 1-نارم اور 2-نارم قدریں..... |
| 95..... | ٹیبیل نمبر: 5.13 | مختلف ڈی کمپوزیشن سطحوں پر گھر کی امیج کے لیے مختلف ویولیسٹس کا استعمال کرتے ہوئے SNR قدریں.....                 |

## ٹیبلز کی فہرست جاری

|          |                  |   |
|----------|------------------|---|
| 96.....  | ٹیبیل نمبر: 5.14 | گھر امیج کی اصل اور ڈی نوئزڈ امیج کے درمیان 1-نارم اور 2-نارم قدریں.....  |
| 96.....  | ٹیبیل نمبر: 5.15 | گھر امیج کی مختلف ڈی کمپوزیشن سطحوں پر مختلف ویولٹیٹس کے لیے 1-نارم قدریں.....                                      |
| 97.....  | ٹیبیل نمبر: 5.16 | گھر امیج کی مختلف ڈی کمپوزیشن سطحوں پر چار ڈیفرنٹ ویولٹیٹس کا 2-نارم.....   |
| 98.....  | ٹیبیل نمبر: 5.17 | مصنف کی امیج کی مختلف ڈی کمپوزیشن سطحوں پر ویولٹیٹ (db2) کا استعمال کرتے ہوئے SNR, 1-نارم اور 2-نارم قدریں.....     |
| 98.....  | ٹیبیل نمبر: 5.18 | مصنف کی امیج کی مختلف ڈی کمپوزیشن سطحوں پر ویولٹیٹ (sym5) کا استعمال کرتے ہوئے SNR, 1-نارم اور 2-نارم قدریں.....    |
| 98.....  | ٹیبیل نمبر: 5.19 | مصنف کی امیج کی مختلف ڈی کمپوزیشن سطحوں پر ویولٹیٹ (coif4) کا استعمال کرتے ہوئے SNR, 1-نارم اور 2-نارم قدریں.....   |
| 98.....  | ٹیبیل نمبر: 5.20 | مصنف کی امیج کی مختلف ڈی کمپوزیشن سطحوں پر ویولٹیٹ (bior2.4) کا استعمال کرتے ہوئے SNR, 1-نارم اور 2-نارم قدریں..... |
| 99.....  | ٹیبیل نمبر: 5.21 | مختلف ڈی کمپوزیشن سطحوں پر مصنف کی امیج کے لیے مختلف ویولٹیٹس کا استعمال کرتے ہوئے SNR قدریں.....                   |
| 100..... | ٹیبیل نمبر: 5.22 | صنف کی امیج کی اصل اور ڈی نوئزڈ امیج کے درمیان 1-نارم اور 2-نارم قدریں.....   |
| 100..... | ٹیبیل نمبر: 5.23 | صنف کی امیج کی مختلف ڈی کمپوزیشن سطحوں پر مختلف ویولٹیٹس کے لیے 1-نارم قدریں.....                                   |
| 101..... | ٹیبیل نمبر: 5.24 | صنف امیج کی مختلف ڈی کمپوزیشن سطحوں پر چار ڈیفرنٹ ویولٹیٹس کا 2-نارم.....   |

## مختقات

| سیریل نمبر | مختقات | الفاظ                                |
|------------|--------|--------------------------------------|
| 01.        | AIP    | Analog Image Processing              |
| 02.        | AWGN   | Additive White Gaussian Noise        |
| 03.        | CWT    | Continuous Wavelet Transform         |
| 04.        | DIP    | Digital Image Processing             |
| 05.        | DWT    | Discrete Wavelet Transform           |
| 06.        | FT     | Fourier Transform                    |
| 07.        | GSI    | Gray Scale Image                     |
| 08.        | HPF    | High Pass Filter                     |
| 09.        | LPF    | Low Pass Filter                      |
| 10.        | IWT    | Inverse Wavelet Transform            |
| 11.        | ICWT   | Inverse Continuous Wavelet Transform |
| 12.        | IDWT   | Inverse Discrete Wavelet Transform   |
| 13.        | IWPT   | Inverse Wavelet Packet Transform     |
| 14.        | MSE    | Mean Square Error                    |
| 15.        | MATLAB | Matrix Laboratory                    |
| 16.        | PSNR   | Peak Signal to Noise Ratio           |
| 17.        | SNR    | Signal to Noise Ratio                |
| 18.        | SPN    | Salt & Pepper Noise                  |
| 19.        | WT     | Wavelet Transform                    |

## باب اول

### تعارف (INTRODUCTION)

#### 1.1 تعارف - (Introduction)

ریاضیاتی دنیا میں تجزیہ کے مقاصد کے لیے ایک فنکشن (function) کو دوسرے فنکشن میں تبدیل کرنا پرانا طریقہ ہے۔ ہر سگنل کا اس کے حقیقی ڈومین (domain) میں تجزیہ نہیں کیا جاسکتا۔ لہذا تجزیہ اور مشاہدے کے مقاصد کے لیے یا سگنل کی نوعیت جاننے کے لیے اسے دوسری شکل میں تبدیل کرنا ہوگا یا تو اسے کسی اور ڈومین میں تبدیل کرنا ہوگا۔ دوسرے لفظوں میں ہم کہہ سکتے ہیں کہ کسی بھی سگنل کی دوسری شکل میں تبدیلی ہمیں اس کی چھان بین کرنے میں مدد دیتی ہے۔ یہ ریاضیاتی تبدیلیاں سیکھنے والے کے لیے ان سگنلز کی نوعیت اور مقصد جاننے کا ایک آسان طریقہ بناتی ہے اور ساتھ ہی ساتھ ان سگنلز سے نمٹنے کا طریقہ بھی۔

تجزیہ کے مقاصد کے لیے کئی قسم کے سگنل دستیاب ہیں جیسے سیمک سگنل، آڈیو سگنل، اسپیک سگنل، فلکیاتی سگنل، ای سی جی سگنل، میڈیکل امیجنگ وغیرہ۔ جیسا کہ ہم جانتے ہیں کہ عملی طور پر سگنلز کی زیادہ سے زیادہ تعداد خام شکل میں ہے۔ کچھ سگنلز میں سگنل فریکوئنسی کا حصہ ضروری ہوتا ہے اور اس حصے میں معلومات کی ایک بڑی مقدار چھپی ہوتی ہے۔ فویرٹرانسفارم ٹائم بیسڈ سگنل کو فریکوئنسی بیسڈ میں تبدیل کرنے کے لیے لاگو ہوتا ہے۔ یہ تبدیلی سگنل کو مختلف فریکوئنسیوں کے سانسو سائڈز میں توڑ دیتی ہے۔ بلا شبہ فویرٹرانسفارم (FT) کی اپنی خوبصورتی اور اہمیت ہے لیکن اس میں ایک بڑی خرابی ہے یعنی یہ فریکوئنسی ڈومین میں تبدیلی کرنے کے دوران، وقت کی معلومات کھو دیتا ہے۔ دوسرے لفظ میں ہم کہہ سکتے ہیں کہ ہم نہیں جانتے کہ کون سی فریکوئنسی کس وقت ہوتی ہے یا سگنل کا کون سا حصہ کس وقت ہوتا ہے۔ اس کے بعد شارٹ ٹائم فویرٹرانسفارم (STFT) وجود میں آیا، جس نے ایک نقطہ نظر کو انجام دیا جسے ونڈونگ آف سگنل (windowing of signal) کہا جاتا ہے۔ لہذا، STFT کی مدد سے، سگنل کے صرف ایک چھوٹے حصے کا تجزیہ کیا جاتا ہے۔ بلاشبہ، STFT وقت کے بارے میں معلومات فراہم کرتا ہے کہ سگنل کی ہر فریکوئنسی کس وقت ہوتی ہے۔

اس میں ایک سنگین خرابی بھی ہے یعنی ایک بار ایک خاص سائز طے ہو جانے کے بعد، ونڈو کا سائز تبدیل نہیں کیا جاسکتا اور یہ تمام تعدد (frequencies) کے لیے مقرر رہتا ہے۔ اس کے علاوہ سگنل پر STFT کرتے ہوئے، اگر ہم ونڈو کے لیے ایک

چھوٹا سا سائز طے کرتے ہیں، تو یہ بہتر ٹائم ریزولوشن دیتا ہے، لیکن کم فریکوئنسی ریزولوشن دیتا ہے، دوسری طرف اگر ہم ونڈو کے لیے بڑا سائز طے کرتے ہیں۔ یہ خراب ٹائم فریکوئنسی ریزولوشن (Poor frequency resolution) اور بہتر فریکوئنسی ریزولوشن (better frequency resolution) دیتا ہے۔ اس طرح، مختلف تکنیک اور الگورتھم جیسے ڈسکرپٹ فوئیر ٹرانسفارم، فاسٹ فوئیر ٹرانسفارم، ویولٹ ٹرانسفارمیشن، اور کرولیٹ ٹرانسفارمیشن کو سگنلز کے تجزیہ کے مقصد کے لیے استعمال کیا جاتا ہے۔ عام طور پر، سگنل دوسرے ناپسندیدہ سگنلز (unwanted signals) جیسے نوئز (noise) کو لے جاتے ہیں، اور جدید سائنس کے لیے ان کی اصل خصوصیات کو متاثر کیے بغیر انہیں ہٹانا ایک مشکل کام ہے۔ بعض اوقات ہم کہتے ہیں کہ سگنل میں نوئز اسی سگنل کا اجزا (components) ہیں جن کی شناخت نہیں کی گئی ہے اور یہ نوئز اصل سگنل کی خصوصیات سے میل نہیں کھاتے ہیں۔ سگنل میں دستیاب نوئز سگنل کے پورے یا کسی حصے کو متاثر کر سکتا ہے۔ سگنل بڑھانے اور معیار کی بہتری کے لیے نوئز والے سگنلز سے نوئز کو ہٹانا لاگو کی گئی تکنیک اور طریقہ پر منحصر ہے۔

سگنلز جیسے سیمک سگنلز، فلکیاتی سگنلز، اسپیس سگنلز، آڈیو سگنلز، ای سی جی سگنلز، اور بہت کچھ سائنس کی مختلف شاخوں کے بارے میں معلومات کے بڑے ذرائع ہیں۔ یہاں ہم ایک ضروری سگنل پر بات کریں گے جسے ڈیجیٹل امیج کہا جاتا ہے۔ ڈیجیٹل امیجز کو معلومات کا ایک بھرپور ذریعہ سمجھا جاتا ہے، جو انسانی زندگی کے تقریباً ہر شعبے میں دستیاب ہے۔ ڈیجیٹل امیج پروسیسنگ امیج بڑھانے کا ایک عمل ہے، جیسے کمپیوٹر کے ذریعے امیج ڈینوائزنگ، امیج کمپریشن، میڈیکل امیجز کی تشخیص وغیرہ۔ ڈیجیٹل امیجز کیپچرنگ، ٹرانسمیشن، پروسیسنگ، اور بہت سی دوسری وجوہات کے دوران نوئز پکڑتی ہیں۔ یہ نوئز کچھ اجزاء (components) خصوصیات، پوری یا امیج کے کسی حصے کو نقصان پہنچا سکتا ہے۔ اس لیے اس قسم کے نوئز کو دور کرنے کے لیے مختلف انداز، الگورتھم، تکنیک اور طریقے اپنائے جاتے ہیں، تاکہ اس قسم کی ڈیجیٹل امیجز کا اصل مقصد دیکھا جاسکے۔

## 1.2 ادب کا جائزہ۔ (Literature Review)

ادب کا جائزہ کچھ بھی نہیں ہے، بلکہ کسی بھی موضوع یا تحقیق سے متعلق ایک جامع مطالعہ یا ڈیٹا (data) ہے۔ یہ ڈیٹا مختلف شکلوں میں دستیاب ہو سکتا ہے جیسے کتابیں، اخبارات، میگزین کی کٹنگ، تحقیقی مقالے، مضامین، دستاویزات، آڈیو اور ویڈیو وغیرہ۔ اسی طرح تمام باتوں کو مد نظر رکھتے ہوئے ہم نے اس تحقیق کے لیے لٹریچر ریویو کا ذکر کیا ہے۔

سمیع حسین اسماعیل، فراس محمود مصطفیٰ، اور ابراہیم تنور نے اپنے تحقیقی مقالے کے عنوان سے ڈسکرپٹ ویولٹ ٹرانسفارم پر مبنی امیج ڈینوائزنگ کا ایک نیا نقطہ نظر، ویولٹ ٹرانسفارم پر مبنی ڈیجیٹل امیج ڈینوائزنگ کے لیے ایک طریقہ تجویز کیا، کیونکہ اس کا معیار

ہے۔ ڈیجیٹل امیج کو سب بینڈز (sub-bands) میں تقسیم کرنا اور پھر ہر سب بینڈ فریکوئنسی پر انفرادی طور پر کام کرنا۔ انہوں نے نوئز والی امیجز کے نوئز کے تناسب کا اندازہ لگانے کے لیے درمیانی تخمینہ لگانے والا بھی استعمال کیا۔ آخر میں یہ ظاہر کرتا ہے کہ مجوزہ نقطہ نظر میں اسکوائر ایرر (MSE) اور چوٹی سگنل ٹونوئز ریشو (PSNR) کے لحاظ سے امیج ڈینوائزنگ کے لیے اچھی اقدار دیتا ہے [1]۔

بارویز میبلہ فیروز، فراس محمود مصطفیٰ نوروز نے اپنے تحقیقی مضمون میں، ویولٹ ڈومین میں امیج ڈینوائزنگ میسڈ تھریس ہولڈنگ و داپلائنگ ویز فلٹر میں، ایڈیٹیووائٹ گاوسین نوئز (AWGN) سے متاثر ہونے والی امیجز کے لیے امیج ڈینوائزنگ کے لیے ایک نیا طریقہ تجویز کیا۔ ویولٹ ٹرانسفارم سے پہلے اور بعد میں ویز فلٹر۔ پکسل سے نوئز کو ہٹانے کے لیے، دو جہتی مجرد ویولٹ ٹرانسفارم کے ساتھ ساتھ تھریس ہولڈ تکنیک اور ویز فلٹر کو بھی مد نظر رکھا جاتا ہے۔ آخر میں، ایک دو جہتی الٹا ڈسکریٹ ویولٹ ٹرانسفارم (D-IDWT2) نوئز کو دور کرنے اور مقصد حاصل کرنے کے لیے استعمال کیا جاتا ہے۔ امیج ڈینوائزنگ کے لحاظ سے طریقہ کار کی کارکردگی چوٹی سگنل ٹونوائس ریشو (PSNR) کے ذریعہ دکھائی گئی ہے اور متعلقہ کام کے نتائج کے مقابلے میں تقریباً 17.5 فیصد بہتری دیتی ہے [2]۔

Dejan Zivkovic, Ura Tuba نے اپنے مضمون میں عنوان، " امیج پر زرویشن کے ساتھ ڈسکریٹ ویولٹ ٹرانسفارم کے ذریعے امیج " میں ڈیجیٹل امیجز کو ڈینوائز کرنے کے لیے ایک طریقہ تجویز کیا۔ وہ تین طریقوں کو یکجا کرتے ہیں جو ویولٹ ڈومین میں امیج ڈینوائزنگ کی کارکردگی کو بہتر بنانے کے لیے لاگو کیے گئے ہیں۔ لہذا، امیج کے نوئز کو ہٹانے کے لئے، نرم حد (soft thresholding) کے نقطہ نظر کو میڈین فلٹر (median filter) کے ساتھ جوڑ دیا گیا تھا۔ طریقہ کار کو چار بیچ مارک امیجز پر آزما یا گیا۔ آخر میں مجوزہ طریقہ کے نتائج کا موازنہ دوسرے ادبی طریقوں سے چوٹی سگنل ٹونوئز ریشو (PSNR) کے لحاظ سے کرتا ہے۔ مجوزہ طریقہ بھی مضبوط نتائج حاصل کرتا ہے اور گاوسین نوئز کو دور کرنے کے لیے موثر ہے [3]۔

تلین کمار اور مسز ایم ناچامائی، اپنے تحقیقی مضمون میں نوئز ہٹانے کا طریقہ فراہم کرتے ہیں، جس کا عنوان ہے، طبی امیجز میں استعمال ہونے والی نوئز کو ہٹانے اور فلٹر کرنے کی تکنیک۔ اس مقالے میں، انہوں نے بنیادی طور پر تین فلٹرز یعنی ویز، گاوسین اور میڈین فلٹرز کا استعمال کیا جو پہلے ہی میگنیٹک ریزوننس امیج (MRI) جیسے میڈیکل میں کامیابی سے استعمال ہو چکے ہیں۔ ڈیجیٹل امیج ایم آر آئی عام طور پر نمک اور کالی مرچ (salt & pepper noise)، اسپیکل، گاوسین اور زہر (poisson) کے نوئز سے متاثر ہوتا ہے۔ یہ طریقہ ہر قسم کی امیجز پر لاگو کیا گیا تھا، جو اوپر بیان کردہ نوئز سے آلودہ تھی۔ آپریشن کے لیے جس طبی امیج کو مد نظر

رکھا گیا ہے اس میں گرے اسکیل (grayscale)، RGB، اور MRL امیجز شامل ہیں۔ ان الگورتھم کا ٹیسٹ فائل کے سائز، ہسٹوگرام اور امیج کی وضاحت کی بنیادوں پر کیا جاتا ہے۔ آخر کار تجرباتی نتائج کے مطابق میڈین فلٹر گرے اسکیل میں امیجز کے لیے نمک اور مرچ (salt & pepper noise) کے نوئز اور پوس نوئز کو دور کرنے کے معاملے میں بہتر کارکردگی کا مظاہرہ کرتا ہے، ویز فلٹر دھبے اور گاو سین نوئز کو دور کرنے کے لیے بہتر کارکردگی کا مظاہرہ کرتا ہے، اور گاو سین فلٹر دھندلے نوئز کے لیے بہتر کارکردگی کا مظاہرہ کرتا ہے [4]۔

Xiao Han, QingKum Song, Li Ma, JianKun Cao نے اپنے تحقیقی مضمون میں عنوان کے ساتھ ایک نقطہ نظر تجویز کیا ہے۔ Mean Filter اور Wavelet Transform پر مبنی امیج ڈینوائزنگ، مصنفین ڈیجیٹل امیج نوئز کو ہٹانے کے لیے دو فلٹریں طریقوں کو یکجا کرتے ہیں۔ نوئز والی امیجز کے نوئز کو کم کرنے کے لیے نتیجہ اور تجرباتی ٹیسٹ کا اثر دیگر سادہ ڈینوائزنگ طریقوں سے برتر لگتا ہے۔ امیجز سے نوئز کو ختم کرنے کے طریقہ کار کے نتیجہ اور کارکردگی کو سگنل ٹو نوئز ریشو (SNR) اور روٹ اسکوائر ایرر (PSNR) کے ذریعے چیک کیا گیا [5]۔

Chang Jiang اور JunLie Song, MeiJuan Chen نے اپنے تحقیقی مضمون میں ایک نئی تھریس ہولڈ فنکشن پیش کیا ہے جس کا عنوان ہے، ویولٹیٹ ٹرانسفارم پر مبنی امیج ڈینوائزنگ میتھڈ پر ریسرچ، جو کہ امیج ڈینوائزنگ کے لیے روایتی نرم سخت تھریس ہولڈ فنکشنز (soft & hard thresholding) پر مبنی ہے۔ میٹلب (MATLAB) کے سافٹ ویئر کے ذریعے، نرم حد، سخت حد (soft & hard threshold)، اور مجوزہ تھریس ہولڈ فنکشن کے denoising اثر کا موازنہ سگنل سے نوئز کے تناسب (SNR) اور روٹ مطلب مربع غلطی (root mean square error) کے لحاظ سے کیا جاتا ہے۔ آخر میں، بنیاد کے نتیجے پر، یہ ظاہر کرتا ہے کہ مجوزہ تھریس ہولڈ فنکشن کے نتیجے میں سگنل ٹو نوئز کا تناسب زیادہ ہے اور چھوٹے اوسط مربع کی خرابی یعنی SNR=26.27709 اور MSE=153.4579 [6]۔

L. Sun اور Y. Yang, Z. Su نے اپنے تحقیقی مقالے میں جس کا عنوان ہے، طبعی امیج بڑھانے والے الگورتھم ویولٹیٹ ٹرانسفارم پر مبنی، میڈیکل امیج ڈینوائزنگ کے لیے ایک بہتر طریقہ تجویز کیا۔ میڈیکل امیج کو ویولٹیٹ ٹرانسفارم کے ذریعے گلیا (decomposed) جاتا ہے، ہائی فریکوئنسی کی ذیلی امیج ہار ویولٹیٹ کے ذریعے گل (decomposed) کی جاتی ہیں، فریکوئنسیوں میں نوئز کو نرم حد (soft thresholding) کے طریقہ کار سے ہٹا دیا گیا تھا، اور مختلف ذیلی امیجز میں متنوع

وزن کی قدروں کے ذریعے اعلیٰ کے گتاتک (high-frequency) کو بڑھایا گیا تھا۔ آخر میں، امیجز میں اضافہ ٹاویولٹ ٹرانسفارم خاص طور پر ہارویولٹ ٹرانسفارم کے ذریعے کیا گیا۔ تجربے کے نتائج سے اندازہ ہوتا ہے کہ یہ طریقہ نہ صرف امیج کو بڑھانے کے لیے بہتر ہے بلکہ امیج کے کنارے کی خصوصیات کو بھی محفوظ رکھ سکتا ہے [7]۔

وسان اے علوسی، زہرا چوہدری۔ اولیوی، علی امیج الوان، اور میتھم کے فضیل نے اپنے مضمون میں، ڈیجیٹل امیجز کے لیے نوٹز ہٹانے کی تکنیکوں کا کارکردگی کا تجزیہ، نوٹز کے مختلف ذرائع، اور ڈیجیٹل امیجز کے لیے نوٹز ہٹانے کی تکنیکوں کا ایک جائزہ پیش کیا ہے۔ اس مقالے کا بنیادی مقصد نوٹز ہٹانے والے فلٹرز کو استعمال کرنے سے پہلے خراب شدہ امیج کو الگ کرنا تھا اور امیج کے ہر حصے کے لیے انفرادی طور پر نوٹز کو ختم کرنے کے لیے نوٹز کے فلٹرز لگائے جاتے ہیں۔ ایم ایس ای (MSE) اور پی ایس این آر (PSNR) کے لحاظ سے نوٹز ہٹانے والی فلٹرنگ اور امیج ڈینوائزنگ کے لیے سیکمینٹیشن پر مبنی طریقہ کے درمیان ایک تقابلی مطالعہ تیار کیا جاتا ہے اور پھر نتیجہ کا اصل امیج سے موازنہ کیا جاتا ہے۔ اسی آپریشن کے لیے، چھ امیج نمونے امیج نوٹز ہٹانے کے طریقہ کار کے لیے ٹیسٹ کے لیے استعمال کیے جاتے ہیں۔ سیکمینٹیشن تکنیک نے روایتی نوٹز ہٹانے والے فلٹرز کے مقابلے میں MSE اور PSNR کے لحاظ سے بہترین نتیجہ دکھایا ہے [8]۔

تینے مہندے، وشال رامینا، اور سوہام پنگے نے اپنے تحقیقی مضمون میں، بعنوان، ویولٹ ٹرانسفارم کا استعمال کرتے ہوئے کسی امیجز کے نوٹز کو ختم کرنے میں استعمال ہونے والے نوٹز اور لہروں (waves) کی مختلف اقسام کے اثرات کا تجزیہ، ویولٹ ٹرانسفارمیشن کے ذریعے ڈیجیٹل امیجز کو ختم کرنے کے لیے جدید ترین طریقہ استعمال کیا ہے۔ بہت زیادہ نوٹز اور نوٹز کو دبا کر منٹنوٹز والی امیج حاصل کیے۔ دو اہم عوامل امیج کو متاثر کر سکتے ہیں، پہلا نتیجہ کی قسم لہروں کی اور دوسرا نوٹز کی قسم۔ اسی مقالے میں، ان عوامل کا مطالعہ کیا گیا ہے اور تفصیلی تجزیے دیئے گئے ہیں تاکہ ویولٹ ٹرانسفارم کے ذریعے امیج ڈینوائزنگ کرتے ہوئے صحیح پیرامیٹر کا انتخاب کیا جاسکے [9]۔

لینا جین اور پلویندر سنگھ نے اپنے تحقیقی مضمون میں، الٹراساؤنڈ امیجز سے دھبے کو کم کرنے کے لیے ایک نوول ویولٹ تھریس ہولڈنگ اصول، ویولٹ ٹرانسفارم پر مبنی ایک اہم تھریس ہولڈنگ تکنیک کی تجویز پیش کی۔ اس کا بنیادی مقصد الٹراساؤنڈ امیجز سے دھبے کو کم کرنا ہے کیونکہ دھبے کے نوٹز سے کناروں کو دھندلایا نقصان پہنچتا ہے اور امیج کی پوری یا اہم خصوصیات کو خراب کر سکتا ہے۔ ویولٹ ٹرانسفارم ایک امیج میں موجود مختلف فریکوئنسی اجزاء کا الگ الگ علاج کر کے سگنل کے کثیر پیمانے پر



تجزیہ کرتا ہے۔ آخر میں، مجوزہ تھریش ہولڈنگ تکنیک کا ٹیسٹنگ نتیجہ دہجے کے نوٹز میں کمی، کنارے کے تحفظ، اور طبی الٹراساؤنڈ کے فیچر کے تحفظ کے لیے موجودہ تھریش ہولڈنگ تکنیکوں کے مقابلے میں اعلیٰ نتائج فراہم کرتا ہے [10]۔

چتاڈالاونیا اور ڈی یوگندھرنے اپنے مضمون بعنوان، میڈیکل امیج لہنا سنسٹ میڈ ویولٹ ٹرانسفارم میں، میمو گرافک امیجز کو گاو سینن بلور سے بچانے کے لیے ایک بلاسنڈ امیج ڈی-کنولوشن (BID) طریقہ تجویز کیا، اور اصلی ڈوئل ٹری ویولٹ ٹرانسفارم کو امیج بڑھانے کے لیے استعمال کیا جاتا ہے۔ تجربے سے حاصل کردہ آؤٹ پٹ نتائج کا موازنہ BID کے ہائبرڈ امتزاج، روایتی ویولٹ ٹرانسفارم، اور میڈین فلٹر اپروچ (median filter approach) کے ساتھ کیا جاتا ہے۔ تاکہ گاؤشیائی نوٹز، نمک اور کالی مرچ اور اسپیکل کے نوٹز کو ختم کیا جاسکے۔ طریقہ کار کی کارکردگی کا اندازہ Mini-MIAS ڈیٹا بیس (data base) کے پلیٹ فارم سے حاصل کیا جاتا ہے [11]۔

ناصر ایڈن بینسنین، عبدالنور بوکاچے، اور جلیل بودجم نے اپنے تحقیقی مضمون میں بعنوان، بہترین ڈی کمپوزیشن کی سطح (best decomposition level) اور ماں ویولٹ کے انتخاب کے ساتھ ویولٹ کو فیشنٹس کی بہترین حد کا استعمال کرتے ہوئے میڈیکل امیج ڈینوائزنگ، ڈسکریٹ ویولٹ ٹرانسفارم پر مبنی میڈیکل امیج ڈینوائزنگ کے لیے ایک طریقہ تجویز کیا۔ مدر ویولٹ کی بہترین ڈی کمپوزیشن (best wavelet decomposition level) کی سطح کو منتخب کر کے۔ پھر ڈیٹیل گتاتکوں (detailed coefficients) پر تھریش ہولڈنگ تکنیک کا اطلاق ہوتا ہے۔ بہترین حد کو اسرچ الگور تھم (crow search algorithm) اور سماجی مکڑی (social spider) کی اصلاح کی تکنیک جیسی اصلاح کی تکنیکوں کا استعمال کر کے حاصل کیا جاتا ہے۔ آخر میں الٹا ویولٹ ٹرانسفارم (IDWT) کا اطلاق منحرف شدہ امیج کی تشکیل نو کے لیے کیا جاتا ہے اور نقطہ نظر کے نتائج کو چوٹی کے سگنل سے نوٹز کے تناسب، اوسط مربع کی خرابی، اور ساختی مماثلت کے اشاریہ کی پیمائش کی بنیاد پر تصور کیا جاتا ہے۔ تحقیقاتی نتائج سے پتا چلتا ہے کہ مجوزہ denoising طریقہ معیاری طریقوں سے بہتر ہے [12]۔

بچیر دہدا اور خالد میلکی نے ویولٹ تھریش ہولڈنگ فنکشن کا استعمال کرتے ہوئے امیج ڈینوائزنگ کے عنوان سے اپنے تحقیقی مضمون میں، تھریش ہولڈنگ تکنیک پر مبنی ایک نیا ڈیجیٹل امیج ڈینوائزنگ اپروچ تجویز کیا۔ اسی نقطہ نظر میں مصنفین شکل کے پیرامیٹر اور خصوصیات سے ممتاز ایک نان لائنر تھریش ہولڈنگ فنکشن متعارف کراتے ہیں۔ اس قسم کی انفرادیت مجوزہ طریقہ کو اس قابل بناتی ہے کہ دونوں روایتی تھریش ہولڈنگ تکنیکوں جیسے ہارڈ اور سافٹ تھریش ہولڈنگ کے درمیان سمجھوتہ کر سکے۔ جانچ کے اڈوں پر بہت سی امیجز کے تجرباتی نتائج چوٹی سگنل ٹونوائس ریشو (PSNR) کے لحاظ سے بنائے گئے ہیں۔ آخر

میں، حسابی نتائج سے پتا کرتے ہیں کہ مجوزہ طریقہ نوز سے پاک امیج کے ظاہری معیار کے لحاظ سے دیگر کلاسیکی حد بندی کے طریقوں کے مقابلے میں بہتر کارکردگی فراہم کرتا ہے اور اس کا PSNR زیادہ ہے [13]۔

Jing Qing، Zhifang Pan، Weifeng Ding، Yang Zhang نے اپنے تحقیقی مضمون میں امیج ڈینوائزنگ کے لیے بہتر ویولٹ تھریش ہولڈ کے عنوان سے، اعلیٰ معیار کی امیجز حاصل کرنے کے لیے ڈیجیٹل امیج کے نوز کو ہٹانے کے لیے ایک طریقہ تجویز کیا۔ ایک امیج کو جمع کرنے، ٹرانسمیشن اور اسٹوریج کے دوران نوز ملتا ہے، جس سے امیج کا حقیقی معیار کم ہو جاتا ہے۔ لہذا نوز سے پاک امیج حاصل کرنے کے لیے نوز کو کم کرنے کا عمل اہم اور ضروری ہے۔ ایک ویولٹ ٹرانسفارم امیج ڈینوائزنگ کے میدان میں ایک طاقتور اور مضبوط ٹول ہے، کیونکہ اس کی کثیر تجزیہ خاصیت، کم اینٹروپی، اور پکچر ڈاٹے ہیں۔ تھریش ہولڈنگ میں کوتاہیاں جیسے ہارڈ تھریش ہولڈ فنکشن منقطع ہیں، نرم تھریش ہولڈ فنکشن مستقل انحراف کا سبب بنتا ہے اور روایتی تھریش ہولڈ فنکشنز میں امیج ڈی-نازنگ میں کچھ کمی ہوتی ہے۔ تمام چیزوں کو مد نظر رکھتے ہوئے، مصنفین نے ڈیجیٹل امیجز میں نوز ہٹانے کا طریقہ تجویز کیا۔ پہلے مرحلے میں، طریقہ ویولٹ گٹانک (wavelet coefficients) کا تعین کرنے کے لیے نوز والی ڈیجیٹل امیج کو گلا (decomposed) دیتا ہے۔ اگلے مرحلے میں یہ گٹانک ایک اعلیٰ تھریش ہولڈ فنکشن کا استعمال کرتے ہوئے تھریش ہولڈ پروسیسنگ کے لیے ہائی فریکوئنسی والے حصے پر استعمال کیے جاتے ہیں۔ آخر میں، ویولٹ پر مبنی حالات میں اندازے کے تحت امیجز کو دوبارہ تشکیل دینے کے لیے ڈی-نازڈ امیجز حاصل کی گئیں۔ حاصل شدہ نتائج واضح کرتے ہیں کہ یہ طریقہ روایتی ہارڈ تھریش ہولڈ ڈی نوزنگ اور نرم تھریش ہولڈ ڈی نوزنگ طریقوں سے بہتر ہے [14]۔

دیو اکرمونج، چوہان دیو کا اور تیجیسوی نیگی نے اپنے مضمون میں، ایک بہتر MoBayesShrink میڈیکل امیج ڈینوائزنگ کی تھریش ہولڈنگ ایک طریقہ تجویز کیا جو نوز کو دور کرنے کے لیے حد (T) کو موافقت سے کنٹرول کرتا ہے۔ مجوزہ طریقہ ڈی کمپوزیشن کی چار سطحوں پر (db4) کا استعمال کرتے ہوئے سائز (512 × 512) والی متعدد گرے اسکیل ٹیسٹ امیجز پر لاگو کیا جاتا ہے۔ بایز (bayse) کے طریقہ کار میں ترمیم کی گئی ہے تاکہ کناروں پر نوز کو بالکل کم کیا جاسکے اور کناروں کو بہتر طور پر محفوظ کیا جاسکے۔ طریقہ نتیجہ کارکردگی ٹول چوٹی سگنل ٹونوز ریشو (PSNR) کا استعمال کرتے ہوئے حاصل کیا جاتا ہے۔ مجوزہ طریقہ کے آؤٹ پٹ نتائج نوز ہٹانے اور کنارے کے تحفظ کے معاملے میں موجودہ ڈینوائزنگ الگورتھم سے بہتر ہیں، جیسے Modified NormalShrink، BayesShrink، SPBIDM (18)، NSTISM (19) اور [15] [BayesShrink]۔

ارون ڈکشت اور پونم شرمانے اپنے تحقیقی مضمون بعنوان امیج ڈینوائزنگ کے لیے ویولیت تھریش ہولڈنگ کا تقابلی مطالعہ، ویولیت تھریش ہولڈنگ کا استعمال کرتے ہوئے امیج ڈینوائزنگ کے مختلف طریقوں کا جائزہ لیا ہے۔ مختلف ویولیت پر مبنی امیج نوئز کو ختم کرنے کے طریقوں جیسے ProbShrink، BayesShrink، SureShrink، VisuShrink، اور Neigh Shrink Sure BlockShrink کا ایک مختصر تجزیہ کیا گیا ہے۔ پھر ان ویولیت پر مبنی اپروچز کا موازنہ دوسرے خاص لاگو طریقوں سے کیا جاتا ہے یعنی میڈین فلٹر اور ویز فلٹر۔ آخر میں، امتحانی اڈوں پر، ویولیت پر مبنی طریقے جیسے ProbShrink، Block Shrink اور Neigh Shrink Sure، مقامی ڈومین طریقوں سے بہتر کارکردگی کا مظاہرہ کرتے ہیں۔ ہر طریقہ کے نتائج کی جانچ پڑتال کی جاتی ہے اور اس کا موازنہ چوٹی سگنل سے نوئز کے تناسب (PSNR) کے ساتھ ساتھ امیجز ظاہری برتری کی بنیادوں پر کیا جاتا ہے [16]

ریدھی بھٹنا گراور اپرنا دیاس اپنے مضمون میں جس کا عنوان ہے، ویولیت ٹرانسفارمیشن کا تقابلی مطالعہ اور تھریش ہولڈنگ تکنیک کا استعمال کرتے ہوئے امیج ڈینوائزنگ میں ویولیت پیکٹ ٹرانسفارمیشن، ویولیت ٹرانسفارمیشن اور ویولیت پیکٹ ٹرانسفارمیشن کا استعمال کر کے ڈیکمپل امیج ڈینوائزنگ کے مختلف طریقوں کے تقابلی مطالعہ سے نمٹ رہے ہیں۔ جدید دنیا میں، امیجز کو کسی بھی شعبے کے لوگوں کے لیے رابطے کا بہترین ذریعہ سمجھا جاتا ہے، لیکن امیجز میں موجود نوئز ان امیجز میں موجود بہت کم یا پوری معلومات کو متاثر کر سکتا ہے۔ تجربے میں استعمال ہونے والی امیجز گاوسین نوئز سے آلودہ ہیں، پھر بہترین نتیجہ فراہم کرنے اور امیج کی اصل معلومات حاصل کرنے کے لیے تھریش ہولڈنگ اپروچ کا اطلاق کیا جاتا ہے۔ تقابلی نتائج چوٹی سگنل سے نوئز کے تناسب (PSNR) اور اوسط مربع قدر (MSE) فارمولوں کے ذریعہ دکھائے یا ظاہر کیے گئے ہیں [17]۔

پی ویٹکلا لاونیا، سی ویٹکلا نرسمہلو اور کے ستیہ پر سادا اپنے تحقیقی مضمون جس کا عنوان ہے، ڈوئل ٹری کمپلیکس ویولیت ٹرانسفارم کے ذریعے بیٹا-ہوریسٹک آپٹیمائزیشن الگورتھم کے ساتھ مل کر ڈینوائزنگ امیجز، ایک ڈوئل ٹری کمپلیکس ویولیت ٹرانسفارم (DTCWT) پیش کرتے ہیں۔ ڈینوائزنگ امیجز تک پہنچنا کیونکہ یہ دو DWT درختوں کے ذریعہ ملٹی ریزولوشن ڈی کمپوزیشن کو انجام دیتا ہے۔ ویولیت تکنیک، نرم اور سخت تھریش ہولڈنگ (soft & hard thresholding) کو ویولیت گتائیک کی حد (threshold wavelet coefficients) کے لیے استعمال کیا جاتا ہے۔ مجوزہ تحقیق نوئز والی امیجز سے نوئز کو دور کرنے کے لیے ایک نئی تکنیک فراہم کرتی ہے اور حد بندی اور اصلاح کی تکنیک کے ذریعے امیج کے بارے میں واضح معلومات بھی فراہم کرتی ہے۔ اصلاح کا عمل مختلف الگورتھم یعنی

Grey-wolf اور Meta-heuristic Optimization, Genetic Algorithms

optimization algorithms, کے ذریعے لیا جاتا ہے [18] -

پائل گپتا اور امیت گرگ نے اپنے تحقیقی مقالے بعنوان امیج ڈینوائزنگ یوزنگ بائیز شرنک میتھڈ بیسڈ یولیٹ ٹرانسفارم میں، الٹراساؤنڈ امیجز سے نوئز کو ہٹانے کا بہترین طریقہ تجویز کیا ہے، لکیری فلٹرنگ کی بنیاد پر، ان امیجز کے لیے جو گاوسین نوئز سے خراب ہوئی تھیں۔ مجوزہ طریقہ امیج کے مناسب یولیٹ گتائوں کی لکیری فلٹرنگ پر مشتمل ہے، جو اخترن اور عمودی تفصیلات کے مطابق ہے۔ تجربے اور ٹیسٹ کے مقاصد کے لیے معیاری کشتی کی امیجز اور حقیقی امریکی امیجز کو مد نظر رکھا جاتا ہے۔ مجوزہ طریقہ مندرجہ بالا امیجز کے نوئز کو ہٹانے کے لیے اچھی کارکردگی اور تاثیر کو ظاہر کرتا ہے۔ پھر نتائج مرتب کیے جاتے ہیں اور PSNR اور SSIM قدروں کے لحاظ سے موازنہ کیا جاتا ہے جو گاوسین کرپٹڈ امیجز کے لیے حاصل کیے جاتے ہیں۔ آخر میں، مجوزہ طریقہ کار کے نتائج نے ظاہر کیا کہ یہ طریقہ زیادہ کارآمد ہے اور PSNR, SSIM کے پیرامیٹرز کو بڑھانے کے لیے براہ راست ہے [19]۔

خولہ بنو، سید راضی اور عبداللہ حکیم اپنے مضمون میں، ایک یولیٹ ڈینوائزنگ اپروچ بیسڈ آن غیر زیر نگرانی لرننگ ماڈل میں، غیر نگرانی شدہ لرننگ ماڈل پر مبنی بہترین یولیٹ ڈینوائزنگ اپروچ تجویز کرتے ہیں۔ امیج کو معلومات کے ذرائع کے طور پر بھی جانا جاتا ہے، لیکن ناپسندیدہ چیز جو انہیں آلودہ کرتی ہے۔ اسے نوئز کہتے ہیں۔ لہذا، امیج ڈینوائزنگ امیج پروسیسنگ میں ایک اہم کردار ادا کرتی ہے، کیونکہ یہ نوئز والی امیج سے نوئز کو صاف کرنے میں مدد کرتا ہے۔ مجوزہ طریقہ یولیٹ ٹرانسفارمیشن پر مبنی ہے، کیونکہ اس کی اسپارسیٹی، ملٹی ریزولوشن ڈھانچہ، انسانی بصری نظام کے ساتھ مماثلت، اور اچھی طرح سے امیجز کو صاف کرنے یا صاف کرنے کی خاصیت ہے۔ SVD (singular value decomposition) الگورتھم کا استعمال کرتے ہوئے، وہ نوئز والی امیج کے یولیٹ کے بارے میں سیکھ کر ایک انکولی لغت حاصل کرتے ہیں۔ آخر میں، ہینچ مارک ٹیسٹ امیجز کے تجزیوں اور نتائج کی بنیادوں پر، یہ واضح طور پر ظاہر کرتا ہے کہ مجوزہ طریقہ ڈیجیٹل امیج ڈینوائزنگ کے لحاظ سے بہترین نتائج حاصل کرتا ہے۔ مذکورہ مجوزہ طریقہ کی ڈینوائزنگ کارکردگی کچھ دیگر اچھی طرح سے تیار شدہ ڈینوائزنگ طریقوں سے بہتر ہے۔ یہ چوٹی کے سگنل سے نوئز کے تناسب (PSNR) کے لحاظ سے تصور کیا جاتا ہے [20]۔

### 1.3 امیج اور اس کی اقسام (Image and Its Types)

#### 1.3.1 امیج (Image)

امیج کا نام لاطینی لفظ 'Imago' سے وجود میں آیا جس کا مطلب ہے کسی بھی چیز کی نقل۔ امیج کسی بھی جگہ، شخص یا چیز کی اصل شکل یا امیج یاد و جہتی (2D-Image) امیج ہے۔ سگنل پروسیسنگ میں یہ جسمانی مقدار کی ڈیجیٹل نمائندگی کرتی ہے۔ جدید دنیا میں امیجز کو معلومات کا سب سے بڑا ذریعہ سمجھا جاتا ہے۔ امیجز مختلف معلومات کے مقاصد کے لیے روزانہ کیسچر (capture) اور منتقل (transferred) کی جاتی ہے۔

ریاضی کے لحاظ سے امیج ایک دو جہتی فنکشن (2D function) ہے۔ یہاں (x,y) خاص نقاط ہیں۔ نقاط کے کسی بھی جوڑے (x,y) کے طول و عرض کو اس نقطہ یا پکسل ویلیو (pixel value) پر شدت (intensity) کہا جاتا ہے۔ دو جہتی فنکشن (2D- function) کو ڈیجیٹل امیج کہا جاتا ہے اگر اس کی قدریں یعنی x،y، اور طول و عرض محدود ہوں [21]۔

### 1.3.1.1 پکسل (Pixel)

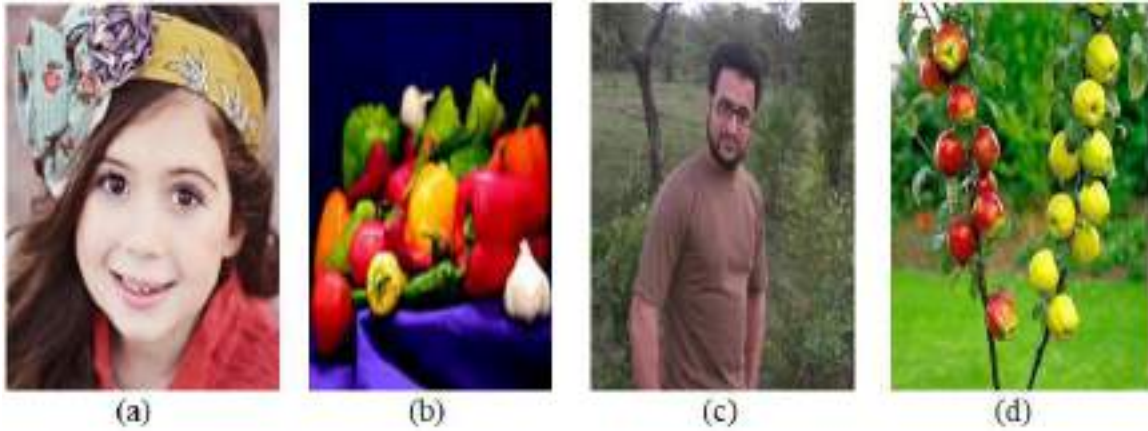
ایک پکسل ایک امیج کا ایک اہم اور چھوٹا جزو یا امیج عنصر ہے، جس کی امیج میں ایک خاص جگہ ہے عام طور پر، ہم اسے امیج کی شدت کہتے ہیں [21]۔

### 1.3.2 ڈیجیٹل امیج (Digital Image)

جو امیج ڈیجیٹل طور پر لی جاتی ہے اسے ڈیجیٹل امیج کہا جاتا ہے۔ مثال کے طور پر ڈیجیٹل کیمروں، کمپیوٹرز، CCTV قسم کی امیجز وغیرہ ڈیجیٹل امیجز ہیں۔ دوسرے لفظ میں ایک ڈیجیٹل ڈیوائس کے ذریعے حاصل کی جانے والی امیج جس پر مختلف کمپیوٹرز کے ذریعے کارروائی کی جاسکتی ہے، ڈیجیٹل امیجز کے نام سے جانا جاتا ہے۔ یہ امیجز بانسری کوڈز (binary code) میں محفوظ ہوتی ہیں اور ریاضی کے لحاظ سے پکسلز کے میٹرکس (pixel matrix) کے طور پر بنائی جاتی ہیں۔ بطور مثال سیٹلائٹ کیمرہ کی امیجز (satellite camera images)، جدید طبی کیمرے کی امیجز (modern medical images)، سائنسی کیمرے کی امیجز دوسرے انسانی مقصد کے کیمرے کی امیجز (other human purpose images) وغیرہ ہیں [22]۔

### 1.3.3 رنگین امیج (Colour Image)

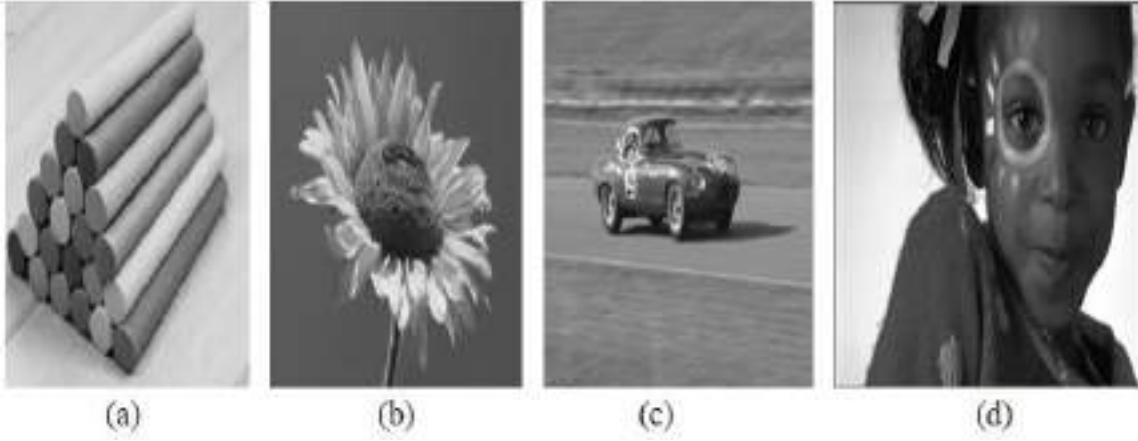
یا کمپیوٹر ڈیوائس (computer devices) کی مدد سے مختلف رنگوں کے ساتھ دکھائی جانے والی امیج کو کلر امیج کہا جاتا ہے۔ رنگین امیجز کو تین میٹرکس (matrix) سے ظاہر کیا جاتا ہے: ایک پکسل میں سرخ کی شدت کو ظاہر کرتا ہے، دوسری سبز کے لیے اور تیسری نیلے رنگ کے لیے۔ دوسرے لفظوں میں، ایک امیج جس میں تین رنگ یا اس سے زیادہ رنگین چینلز ہوں، مختلف طریقوں سے بیان کیے گئے ہوں، اسے کلر امیج کہا جاتا ہے۔ مثالیں ہیں آر جی بی (RGB) (سرخ، سبز، نیلا)، امیج آئی ایس (HIS) (ہیو، سنترپتی، شدت) وغیرہ [22][23][24]۔ رنگین امیجز کی مثالیں



فگر: 1.1 (a) پاؤٹس (b)۔ سبزیاں، (c)۔ مصنف اور (d)۔ سیب کی رنگین ڈیجیٹل امیجز

#### 1.3.4 گرے اسکیل امیج (Grayscale Image)

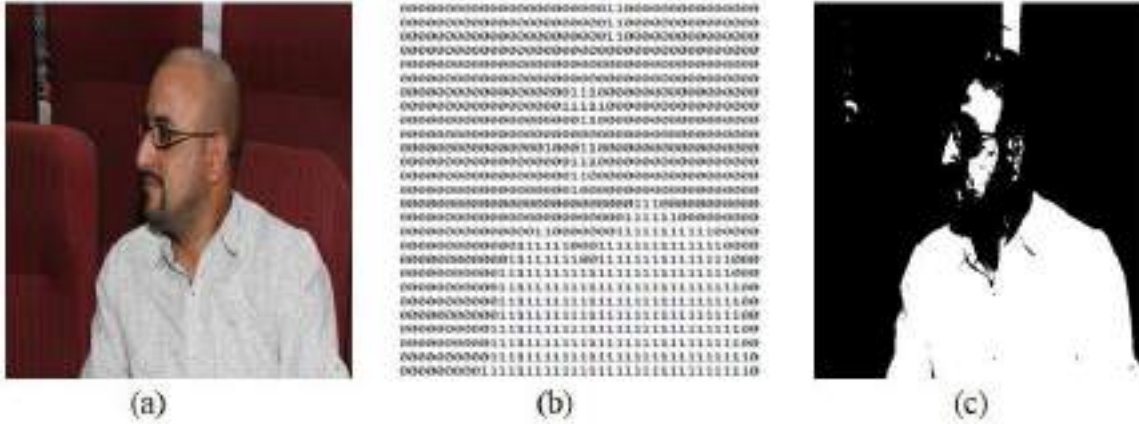
ایک امیج جس کی ہر پکسل ویلیو روشنی کی شدت کی معلومات کو ظاہر کرتی ہے یعنی یہ صرف روشن سفید اور گہرے سیاہ رنگ دکھاتا ہے۔ دوسرے لفظوں میں ہم کہہ سکتے ہیں کہ امیجز میں گہرا سیاہ، سب سے چمکدار سفید اور سرمئی رنگ شامل ہیں، لیکن سرمئی رنگ میں متعدد رنگوں کی سطحیں ہیں۔ عام طور پر، گرے اسکیل امیجز میں 256 گرے شیڈز یا پکسل ویلیو 0 سے 255 تک ہوتی ہے۔ یہاں ویلیو صفر، یا صفر کے قریب پکسل ویلیو، گہرے پکسلز یا گہرے شیڈز کو ظاہر کرتی ہے اور 255 کے قریب پکسل ویلیو سفید پکسل یا سفید شیڈ (white shade) کو ظاہر کرتی ہے [21][22]۔ گرے اسکیل امیجز کی مثالیں:



فکر: 1.2 (a) چاک (b) سورج مکھی (c) موٹر کار اور (d) لڑکی کی گرے اسکیل ڈیجیٹل امیجز

### 1.3.5 بائرنری امیج (Binary Image)

اگر کسی امیج میں صرف دو شدت کی قدریں ہیں یعنی 0 اور 1 ہم اسے بائرنری امیج کہتے ہیں۔ یہاں 0 کو بلیک پیکسل اور 1 کو سفید پیکسل کے طور پر دکھایا گیا ہے [22]۔ بائرنری امیج کی مثال:



فکر: 1.3 (a) صنف کی رنگین امیج (b) امیج میٹرکس (c) بائرنری ڈیجیٹل امیج

### 1.4 امیج فارمیٹ (Image Format)

ایک امیج کو کئی دستیاب فارمیٹس میں محفوظ کیا جاسکتا ہے۔ امیج اسٹوریج کے لیے کچھ عام استعمال شدہ اور دستیاب فارمیٹس ہیں۔

#### 1.4.1 مشترکہ فوٹو گرافی ماہر گروپ (Joint Photographic Expert Group)

جے پی ای جی (JPEG) ایبجز ڈیجیٹل ایبجز ہیں، جن کو ایک چھوٹی سی فائل میں ڈیٹا (data) کی ایک بڑی مقدار کو ذخیرہ کرنے کے لیے کمپریس کیا جاتا ہے۔ یہی وجہ ہے کہ زیادہ تر عام لوگ اس قسم کا فارمیٹ استعمال کرتے ہیں کیونکہ وہ اس فارمیٹ میں فوٹوز کی شکل میں بڑے پیمانے پر ڈیٹا محفوظ کرتے ہیں [24]۔

#### 1.4.2 ٹیگ شدہ امیج فائل فارمیٹ (Tagged Image File Format)

TIFF ایبجز غیر کمپریسڈ ڈیجیٹل ایبجز ہیں۔ TIFF امیج کی تفصیلی معلومات پر مشتمل ہے اور فائل کے بڑے سائز لیتا ہے۔ یہ ایبجز رنگین مواد کے معاملے میں بہت پکدار ہیں۔ اس قسم کا فارمیٹ عام طور پر فوٹو سافٹ ویئر اور فوٹو لے آؤٹ سافٹ ویئر میں استعمال ہوتا ہے جیسے، فوٹوشاپ اور کوارک ڈیزائن [24]۔

#### 1.4.3 گرافک انٹراچینج فارمیٹ (Graphic Interchange Format)

ڈیجیٹل ایبجز کا JIF فارمیٹ ایبجز کو کمپریس کر سکتا ہے لیکن JPEG فارمیٹ سے زیادہ موثر نہیں ہے۔ امیج کی اس قسم کی کمپریشن بے عیب ہے یعنی ایبجز کے بارے میں کوئی معلومات یا تفصیلات ضائع نہیں ہوتی ہیں۔ لہذا، GIF کا فائل سائز JPEG فائل کے سائز سے کم نہیں ہو سکتا [24]۔

#### 1.4.4 پورٹبل نیٹ ورک گرافکس (Portable Network Graphics)

PNG کو GIF فارمیٹ کو تبدیل کرنے کے لیے متعارف کرایا گیا تھا کیونکہ GIF کا کاپی رائٹ کسی دوسری کمپنی کے قبضے میں تھا اور کوئی بھی اس فارمیٹ کے لیے لائسنسنگ فیس ادا نہیں کرنا چاہتا ہے۔ یہ فارمیٹ بہترین کمپریشن اور مکمل رنگ کی حد کے لیے قابل ہے۔

#### 1.4.5 خام امیج فارمیٹ (Raw Image Format)

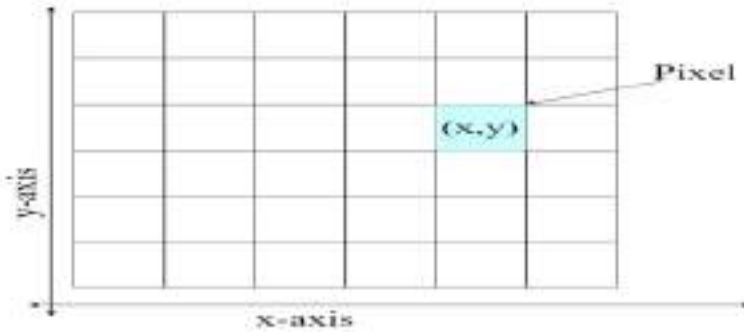
RIF میں ڈیجیٹل کیمرے سے ڈیٹا کا ایک ذریعہ موجود تھا۔ اسے خام امیج کہا جاتا ہے کیونکہ ایبجز پر کارروائی نہیں کی گئی ہے اور وہ ابھی تک غیر ترمیم شدہ اور غیر مطبوعہ ہیں۔ RIF کا سائز عام طور پر بڑا ہوتا ہے کیونکہ خام ایبجز یا فائلوں میں ڈیٹا کی ایک بڑی



مقدار غیر کمپریسڈ ہوتی ہے۔ یہی وجہ ہے کہ وہ ترمیم اور کلرپروسیسنگ سے پہلے TIFF یا کسی اور فارمیٹ میں تبدیل ہو جاتے ہیں۔

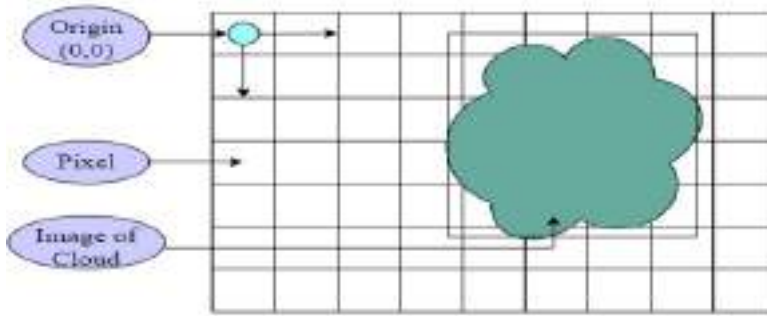
### 1.5 ڈیجیٹل امیج کی تفصیل (Description of Digital Image)

اوپر میں ہم پہلے ہی بتا چکے ہیں کہ امیج  $f(x, y)$  ایک 2-D سگنل یا میٹرکس (matrix) ہے۔ کوآرڈینیٹ  $x$  اور  $y$  کے ساتھ مل کر ایک ہی امیج کی پکسل ویلیوز بناتے ہیں۔ ڈیجیٹل امیج کچھ نہیں بلکہ مختلف شدت (intensity) کی اقدار کا ڈھانچہ ہے۔



فکر: 1.4 پکسل میٹرکس ڈیجیٹل امیج

### 1.6 ڈیجیٹل امیج کی گرافیکل نمائندگی (Graphical Representation of Image)



فکر: 1.5 ڈیجیٹل امیج کی بٹ میپ نمائندگی

### 1.7 ڈیجیٹل امیج کی ریاضیاتی نمائندگی (Mathematical Representation of Image)

ڈیجیٹل امیج ایک 2D فنکشن ہے جسے ریاضی کے طور پر ایسے بیان کیا گیا ہے۔

$$f(x, y) = \begin{bmatrix} f(0,0), f(0,1), \dots & \dots & f(0,n-1) \\ f(1,0), f(1,1), \dots & \dots & f(1,n-1) \\ \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots \\ f(m-1,0), f(m-1,1), \dots & \dots & f(m-1,n-1) \end{bmatrix}_{M \times N} \quad \text{-----(1.1)}$$

یہاں M اور N ڈیجیٹل امیج کی متعلقہ قطاریں اور کالم ہیں

## 1.8 امیج پروسیسنگ اور اس کی اقسام (Image Processing and its Types)

امیج پروسیسنگ ایک ایسا عمل ہے جسے بہتر امیج حاصل کرنے کے لیے امیجز پر آپریشن کیا جاتا ہے۔ بعض اوقات ہم اسے امیجز کا تجزیہ کرنے یا ان میں بہتریکے لیے استعمال ہونے والا طریقہ کہتے ہیں۔ امیج پروسیسنگ سگنل پروسیسنگ کی ایک ذیلی قسم ہے۔ امیج پروسیسنگ میں، ان پٹ ڈیٹا ایک امیج ہے، لیکن آؤٹ پٹ امیج ایک امیج یا ان پٹ امیج سے متعلق کچھ خصوصیات یا خصوصیات ہو سکتی ہے۔ جدید ٹیکنالوجی اور تحقیق میں، امیج پروسیسنگ نے انجینئرنگ، ریاضی اور کمپیوٹر سائنس کے شعبوں جیسے کئی شعبوں میں اپنے بازو پھیلائے ہیں۔ امیج پروسیسنگ دو طریقوں سے کی جاسکتی ہے [24][22]۔

### 1.8.1 ڈیجیٹل امیج پروسیسنگ (Digital Image Processing)

ڈیجیٹل امیج پروسیسنگ ایک ایسا عمل یا طریقہ ہے، جو کمپیوٹر کی مدد سے ڈیجیٹل امیجز کو اضافہ اور بہتر بنانے میں مدد کرتا ہے۔ امیج بڑھانے کے لیے DIP کام کے تحت تین مراحل ہیں [24][22]۔

- - پری پروسیسنگ (Pre-Processing)
- - بڑھاوا دینا (Enhancement)
- - موجودہ معلومات کو ہٹانا (Present Information Removal)

### 1.9 ڈیجیٹل امیج پروسیسنگ کا جزو (Component of the Digital Image Processing)

ڈیجیٹل امیج پروسیسنگ کا پہلا اور سب سے اہم جزو کیمرہ ہے۔ اس کا استعمال ۳-D آجیکٹ کی امیج لینے اور اسے 2D کاغذ پر ظاہر کرنے یا اس کی نمائندگی کرنے کے لیے کیا جاتا ہے۔

### 1.9.1 ڈیجیٹل کیمرہ (Digital Camera)

ڈیجیٹل کیمرہ ایک کیمرہ ہے، جو ڈیجیٹل امیج تیار کرتا ہے جسے کمپیوٹر پر ڈسپلے، شیئر اور اسٹور کیا جاسکتا ہے۔

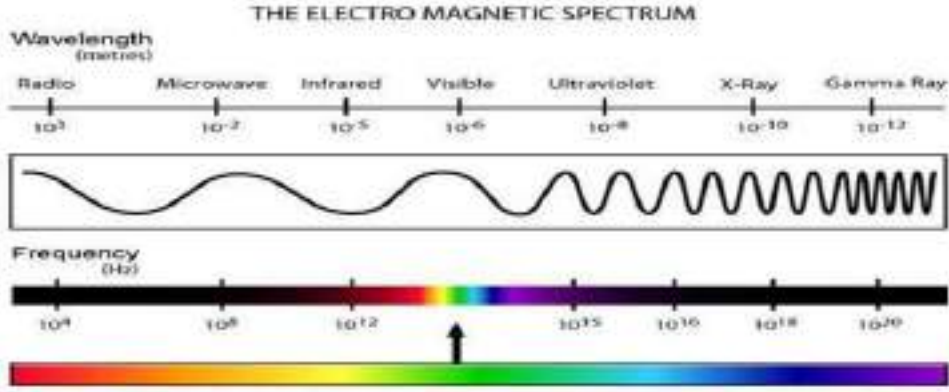
ڈیجیٹل کیمرے میں دو قسم کے سینسر (sensor) استعمال ہوتے ہیں۔ پہلے کو چارجڈ کپلڈ ڈیوائس (CCD) اور دوسرے کو کمپلیمنٹری میٹل آکسائیڈ سیمی کنڈکٹر (CMOS) کہا جاتا ہے۔ سی سی ڈی سینسر قسم کے کیمروں میں بہت بڑی تعداد میں چھوٹے فوٹو ڈائیوڈ ہوتے ہیں، جنہیں فوٹوسائٹس کہا جاتا ہے۔ CMOS سینسر ٹائپ کیمرہ میں بڑی تعداد میں ٹرانزسٹرز کا استعمال ہر پکسل کے مقام پر امیج سگنل کو بڑھانے کے لیے کیا جاتا ہے۔ کبھی کبھی یہ دونوں سینسر ڈیجیٹل امیجز میں نوٹس پیدا کرنے کے ذمہ دار ہوتے تھے۔ ڈیجیٹل کیمرہ 411×388، 410×330، 515×417، 710×615، وغیرہ پکسلز میں مختلف ریزولوشنز پر ڈیجیٹل امیج کھینچ سکتا ہے جس کی چھوٹی سے اوسط ریزولوشن رینج 1250×916 یا 1500×1300 تک زیادہ ریزولوشن سائز پر ہوتی ہے۔ ایک عام ڈیجیٹل کیمرہ تقریباً ۱۶ ملین رنگ پیدا کر سکتا ہے۔ دوسرے الفاظ میں، ہر شدت (یا پکسل) کی قدر کے لیے، ۱۶ ملین رنگ دستیاب ہیں۔

### 1.10 ڈیجیٹل امیج پروسیسنگ کا مقصد (Objective of Digital Image Processing)

DIP کے بنیادی مقاصد میں سے ایک ان پٹ امیج کو ڈیجیٹل شکل میں تبدیل کرنا اور پھر اس پر کچھ آپریشن کرنا اور پھر اس سے مختلف قیمتی معلومات نکالنا ہے [22]، [23]، [۱]۔

### 1.11 ڈیجیٹل امیجز کے ذرائع (Sources of Digital Images)

برقی مقناطیسی توانائی سپیکٹرم (electromagnetic energy spectrum) ڈیجیٹل امیجز کے اہم ذرائع میں سے ایک ہے۔



فکر: 1.6 امیج کے لیے برقی مقناطیسی توانائی کا سپیکٹرم (آن لائن)

## 1.12 ریاضی کا ابتدائی (Mathematical Preliminary)

### 1.12.1 کنولوشن (Convolution)

ریاضی کے لحاظ سے دو افعال کا اختلاط (convolution)  $g_1(t)$  اور  $g_2(t)$  اس طرح پیش کیا جاتا ہے [25]-

$$g(t) = \int_{-\infty}^{\infty} g_1(x) g_2(t-x) dx \quad \text{----- (1.2)}$$

علامتی طور پر ہم لکھتے ہیں:

$$g(t) = g_1(t) * g_2(t) \quad \text{----- (1.3)}$$

یہاں علامت \* دو افعال کے کنولوشن کی نشاندہی کرتی ہے۔

### 1.12.2 پارسیوال کی شناخت (Parseval's Identity)

اگر دو افعال  $g_1(t)$ ، اور  $g_2(t)$  ان کے فوئیرٹرانسفارمز سے متعلق ہیں۔

$$g_1(\omega) \text{ اور } g_2(\omega)$$

پھر ان کی شناخت پیش کی جاتی ہے۔

$$\langle g_1(t), g_2(t) \rangle = \frac{1}{2\pi} \langle g_1(t), g_2(t) \rangle \quad \text{----- (1.4)}$$

اگر  $g_1(t) = g_2(t)$  اسے پارسیوال کا نظریہ کہا جاتا ہے۔

### 1.12.3 استعمال کے ساتھ ریاضیاتی سگنل (Mathematical Signal with Application)

ہمیشہ کی طرح سگنلز بہت زیادہ معلومات لے جاتے ہیں۔ بعض اوقات سگنلز کی معلومات ناقص یا خام ڈیٹا کی شکل میں ہو سکتی ہیں۔ شروع میں، وقت کے ڈومین پر مبنی طریقوں کے ذریعے سگنلز کی چھان بین اور تجزیہ کیا گیا۔ یہ تکنیک اور طریقے سگنلز کا مطالعہ کرنے کے لیے کافی نہیں تھے، کیونکہ سگنل کی تمام خصوصیات کا مطالعہ نہیں کیا گیا تھا۔ اس کے علاوہ، ہم جانتے ہیں کہ سگنل فریکوئنسی کے مشمولات بہت بڑی معلومات کو چھپاتے ہیں، لہذا، اس سے اصل اور حقیقی معلومات حاصل کرنے کے لیے کچھ مناسب تفتیشی تکنیکوں اور طریقوں کی ضرورت تھی۔ پھر ان سگنلز کا تجزیہ کرنے کے لیے فوئیر ٹرانسفارم کی شکل میں ایک مضبوط طریقہ وجود میں آیا۔ سگنل کے تجزیوں کے لیے یہ نقطہ نظر 1807 میں فرانسیسی جغرافیہ دان اور ریاضی دان جوزف فوئیر کے ذریعے عمل میں آیا۔ اس طریقہ کے ذریعے، اصل سگنل کو وقت کی بنیاد سے تعدد کی بنیاد پر تبدیل کر دیا جاتا ہے، تاکہ تعداد کے مواد سے معلومات لی جاسکیں۔ دوسرے لفظوں میں FT دیئے گئے خام سگنل کو مختلف فریکوئنسی اجزاء کے سائوسائڈز میں گلا دیتا ہے۔ پھر ان فریکوئنسی اجزاء سے دیئے گئے سگنلز کے بارے میں معلومات لی جاتی ہیں۔ فوئیر ٹرانسفارم (FT) کی ریاضیاتی شکل اس طرح دی گئی ہے۔

$$F[f(t)] = \int_{-\infty}^{\infty} f(t) e^{-i\omega t} dt = F(\omega) \quad \omega = 2\pi v \text{ or } \frac{2\pi}{T} \quad \text{----- (1.5)}$$

$$\omega = 2\pi v \text{ or } \frac{2\pi}{T} \text{ یہاں}$$

مندرجہ بالا فنکشن میں F فوئیر ٹرانسفارم دکھاتا ہے۔  $f(t)$  ایک تجزیہ سگنل ہے، T ایک مدت کو کہا جاتا ہے جو کسی خاص وقت میں سائیکل کی لمبائی کی نمائندگی کرتا ہے،  $v$  کو عام تعدد کہا جاتا ہے۔ T ایک وقت ہے، اور  $\omega$  کو نی فریکوئنسی ہے۔ فوئیر ٹرانسفارم میں استعمال شدہ انٹیگرل سائن اور کوزائن سیریز کی خصوصیات کو مائٹس انفینٹی سے پلس انفینٹی تک طول و عرض کو بہتر

بنانے کے لیے استعمال کرتا ہے۔ الٹا فوئیر ٹرانسفارم (I.FT) پیش کیا گیا ہے۔

$$f(t) = \int_{-\infty}^{+\infty} F[f(t)] e^{i\omega t} d\omega \quad \text{----- (1.6)}$$

یہاں ایک بڑا مسئلہ FT کے ساتھ جڑا ہوا ہے، یعنی فریکوئنسی انفارمیشن میں تبدیل ہوتے وقت، وقت کی معلومات دستیاب نہیں ہوتی۔ دوسرے لفظوں میں، ہم یہ کہہ سکتے ہیں کہ، کسی بھی سگنل کی FT کرتے ہوئے، ہم یہ نہیں کہہ سکتے کہ کس وقت کون سا فریکوئنسی مواد واقع ہوتا ہے۔ کسی بھی سگنل میں، مختلف تعدد اجزاء کے طول و عرض موجود ہوتے ہیں۔ لہذا، ٹائم ڈومین کی فریکوئنسی ریزولوشن بہت زیادہ ہے اور اس میں صفر ٹائم ریزولوشن ہے۔ خاص طور پر، FT سٹیٹنری سگنلز کے لیے موزوں ہے اور نان سٹیٹنری سگنلز کے لیے موزوں نہیں ہے، کیونکہ فریکوئنسی تبدیلیاں وقت کے ساتھ ہوتی ہیں۔ کچھ وجوہات کی بنا پر، FT کچھ سگنلز کا تجزیہ کرنے کے لیے مناسب نہیں ہے اور اس کے کچھ نقصانات اور حدود ہیں جیسے:

- یہ اسٹیٹنری سگنلز پر لاگو نہیں ہوتا ہے۔
- فوئیر ٹرانسفارم سگنل کے مقامی رویے کی تصدیق کرنے سے قاصر ہے یعنی یہ تجزیہ کرنے والے سگنل میں کسی وقفے یا بڑھنے کی جانچ نہیں کر سکتا۔
- اس میں صفر وقت کی ریزولوشن ہے، لیکن انتہائی اعلیٰ تعدد والی ریزولوشن۔
- فوئیر ٹرانسفارم میں تجزیہ کرنے والا (ان پٹ) سگنل حقیقی یا پیچیدہ ہو سکتا ہے، لیکن دوبارہ تشکیل شدہ (آؤٹ پٹ) سگنل ہمیشہ ایک پیچیدہ فنکشن ہوتا ہے۔

ان نقصانات اور حدود کی وجہ سے ایک نئے طریقہ کار کی ضرورت تھی جو FT میں پیدا ہونے والے مسئلے کو حل کرے گی۔

پھر فوئیر ٹرانسفارم کے مسائل کو حل کرنے کے لیے شارٹ ٹائم فوئیر ٹرانسفارم (STFT) کی شکل میں ایک نقطہ نظریہ تکنیک وجود میں آئی۔ STFT کا تصور ڈینس گیر نے 1947 میں متعارف کرایا تھا۔ اس نقطہ نظر میں، ہم صرف ونڈو فنکشن کے ساتھ تجزیہ کرنے والے سگنل کو ضرب (multiple) دیتے ہیں۔ STFT کے پیچھے کا تصور سگنل کو مختلف حصوں میں تقسیم کرنے اور وقت کی لوکلائزیشن حاصل کرنے کے لیے ایک ونڈو قائم کرنا تھا۔ یہاں تبدیلی میں استعمال ہونے والی ونڈو کی لمبائی چھوٹی ہے، لیکن کھڑکی کا ایک مقررہ سائز ہے۔ یہاں سگنل کی تقسیم کا سیدھا مطلب ہے۔ ونڈو فنکشن  $\omega(t)$  کو اصل فنکشن  $f(t)$  سے ضرب دے کر سگنل۔ پھر FT سگنل کے ہر اس حصے پر لگایا جاتا ہے جو STFT کے ذریعے لگایا گیا تھا۔

ریاضیاتی نمائندگی ذیل میں دی گئی ہے۔

$$\int_{-\infty}^{+\infty} f(t)W(t-\kappa)e^{-i\omega t} dt \quad \text{----- (1.7)}$$

$$\text{اور } g_{\kappa,\omega}(t) = W(t-\kappa)e^{-i\omega t} dt \quad \text{----- (1.8)}$$

یہاں،  $\omega$  کو ونڈو فنکشن کی اوسط تعدد کہا جاتا ہے۔  $K$  وقت میں ونڈو کا مرکز ہے  $f(K,t)$  سگنل  $f(t)$  کا حصہ ہے اور  $g_{\kappa,\omega}(t)$  کو مختصر وقت کے فویر ٹرانسفارم ایٹم کے نام سے جانا جاتا ہے۔

شارٹ ٹائم فویر ٹرانسفارم کے پیچھے کلیدی تصورات میں سے ایک یہ ہے کہ یہ نان سٹیشنری سگنل کو تھوڑے وقت کے وقفے کے لیے سٹیشنری سمجھتا ہے۔ لہذا، STFT کچھ حدود کے تحت FT کے مسائل کا حل دیتا ہے۔

کسی بھی سگنل کے لیے STFT تین 3D معلومات فراہم کرتا ہے یعنی وقت، تعدد اور طول و عرض کے بارے میں۔ STFT کی ایک بڑی کمزوری یہ ہے کہ کھڑکی کا سائز ہمیشہ فکس رہتا ہے۔ لیکن ونڈو کا مستقل سائز سگنل میں موجود تمام فریکوئنسی اجزاء کے لیے قابل قبول نہیں ہے۔ STFT سے متعلق مسئلہ کو حل کرنے کے لیے، 1980 کی دہائی کے اوائل میں ایک اور تبدیلی وجود میں آئی جسے (Wavelet Transform) کہا جاتا ہے۔ ویولٹ تھیوری ان پٹ سگنل کے مقامی رویے کا تجزیہ کرنے کے معاملے میں ڈیجیٹل سگنلز کے لیے موزوں ہے۔ بعض اوقات ہم کہتے ہیں کہ یہ وقت (اسپیس) میں ایک خاص حد تک لوکلائزیشن کو پیش کرتا ہے۔ سادہ الفاظ میں، ویولٹ سیریز ایک اسکوائر انٹیگریبل فنکشن " کی نشاندہی کرتی ہے " بیسز فنکشن کے آر تھو گونل سیٹ کے حوالے سے جسے ویولٹ کہتے ہیں، جس کا مطلب ہے چھوٹی لہر۔ شروع میں، طول و عرض کا نظریہ وقت کے طول و عرض کی شناخت کے لیے سیمک سگنلز کے تجزیوں کے لیے استعمال کیا جاتا تھا۔ وقت کے ساتھ اس نے بہت سے شعبوں جیسے فنانس اور شماریات، ہنگامہ خیزی، طبی سائنس، فلکی طبیعیات، امیج پروسیسنگ، اور دیگر سگنل پروسیسنگ کے شعبوں میں تیزی سے اطلاق پھیلا یا۔

ویولٹ ٹرانسفارم سگنل کو فنکشنز کے ایک سیٹ میں تحلیل کرتا ہے جسے ویولٹ (ڈیٹر ویولٹ) کہتے ہیں۔ پھر ماڈیولر ڈومین کے ساتھ ساتھ ٹائم ڈومین (کنورٹڈ اسپیس ڈومین) میں سگنل کی خصوصیات کا تجزیہ کریں۔ ہم اس مقالے کے اگلے باب میں ویولٹ ٹرانسفارمیشن پر تفصیل سے بات کریں گے۔ موجودہ وقت میں، ہم ڈیجیٹل امیج پروسیسنگ میں ویولٹ تھیوری کے اطلاق پر کام کر

رہے ہیں۔ خاص طور پر ویولیٹ ٹرانسفارمیشن کے ذریعے ڈیجیٹل امیجز کی ڈینوائزنگ (نوئز میں کمی)۔ یہاں ہم ڈیجیٹل امیج ڈینوائزنگ (نوئز ہٹانا، نوئز کمپریشن) کے مقصد اور ضرورت پر بھی بات کریں گے۔ جیسا کہ ہم جانتے ہیں کہ ڈیجیٹل امیج ڈینوائزنگ سگنل پروسیسنگ کے اہم کاموں میں سے ایک ہے۔ ڈیجیٹل امیجز عام طور پر نوئز (غیر مطلوبہ سگنلز) سے خراب ہوتی ہیں۔ امیجز کے حصول، ٹرانسمیشن، اور اسے اسٹوریج سے بازیافت کرنے کے عمل کے دوران نوئز پکڑتا ہے۔

اپنی نئی آنکھوں سے، ہم ڈیجیٹل امیج پر کچھ نقطوں کا مشاہدہ کر سکتے ہیں۔ وجہ امیج کی پیچیدگی کے دوران کم روشنی ہو سکتی ہے۔ یہ نوئز کی وجہ سے اصل امیج کے خراب ہونے کی وجہ ہو سکتی ہے۔ یہ ناپسندیدہ یا نوئز کرنے والے سگنل امیج اور ویڈیوز دونوں کو خراب کر سکتے ہیں۔ امیج کو مسترد کرنے کی ایک وجہ یہ ہے کہ نوئز والی امیج دیکھنے میں خوشگوار نہیں ہوتی ہے۔ بعض اوقات امیجز میں موجود اہم تفصیلات نوئز کی وجہ سے الجھ جاتی ہیں اور امیجز میں موجود حقیقی معلومات کو پہچانا مشکل ہو جاتا ہے۔ ریاضیاتی طور پر ہم امیج ڈینوائزنگ کی تعریف کر سکتے ہیں۔

$$h(x, y) = f(x, y) + g(x, y) \quad \text{----- (1.9)}$$

یہاں  $h(x, y)$  ایک نوئز والی امیجز ہے،  $f(x, y)$  ایک اصل امیج ہے، اور  $g(x, y)$  ایک نقلی نوئز ہے (کسی بھی قسم کا)۔ بنیادی مقصد  $f(x, y)$  کا اندازہ لگانا ہے جب  $g(x, y)$  دی گئی ہے۔ ڈیجیٹل امیج نوئز کو کم کرنے یا کمپریشن کے لیے کئی طریقوں اور تکنیکوں کا اطلاق کیا گیا۔

#### 1.12.4 نقلی نوئز اور اس کی اقسام (Simulated Noises and Its Types)

##### 1.12.4.1 امیج پروسیسنگ میں ڈیجیٹل نوئز (Digital Noise in Image Processing)

ڈیجیٹل امیجز میں ڈیجیٹل نوئز بے ترتیب پکسلز ہے جو پوری امیجز پر پھیلا ہوا ہے۔ یہ ٹرانسمیشن کے عمل کے دوران پیدا ہوتا ہے، کیمرہ کے غلط زاویے سے پکڑنے، یا میڈیا اسٹوریج سے حاصل کرنے کے دوران۔ یہ اکثر کم روشنی میں امیجز لینے کی وجہ سے ہوتا ہے جیسے، اندھیرے والے کمرے میں، رات کو وغیرہ۔ جیسا کہ اوپر ذکر کیا گیا ہے، ڈیجیٹل کیمروں میں نصب سینرز (CCD) اور (CMOS) کی وجہ سے نوئز امیج میں داخل ہو سکتا ہے۔

##### 1.12.4.2 ڈیجیٹل نوئز کی اقسام (Digital Noise Types)



نقلی نوئز کی کئی قسمیں ہیں، کچھ عام نوئز ذیل میں ذکر کیے گئے ہیں [26]۔

#### 1.12.4.2.1 گاوسین نوئز (Gaussian Noise)

گاوسین نوئز کو عام طور پر اضافی نوئز کہا جاتا ہے۔ یہ ایمجز میں ایمجز لینے کے عمل کے دوران کم روشنی کی وجہ سے یا بعض اوقات اعلیٰ درجہ حرارت کی وجہ سے پیدا ہوتا ہے۔ پکسلز میں ترمیم کے عمل میں، ہر پکسل میں ایک مخصوص تقسیم شامل کی جاتی ہے۔ یہ الیکٹرونک سرکٹس میں دستیاب نوئز کی وجہ سے ہو سکتا ہے۔

#### 1.12.4.2.2 سالٹ اور پیپر نوئز (Salt & Pepper Noise)

اس قسم کے نوئز کو impulse noise بھی کہا جاتا ہے۔ یہ صرف چند پکسلز کو متاثر کرتا ہے اور باقی ایمجز پکسلز اچھوتے رہتے ہیں۔ یہ امیج کے الزام کے دوران دھول یا ناقص سی سی ڈی جیسی اچانک خرابی کی وجہ سے ہو سکتا ہے [26]۔

#### 1.12.4.2.3 پوزن نوئز (Poisson Noise)

اسے کبھی کبھی فوٹان یا مختصر نوئز کہا جاتا ہے۔ یہ Poisson noise کی تقسیم کی پیروی کر سکتا ہے۔ یہ اکثر امیج کے ہلکے حصوں میں پیدا ہوتا ہے۔ یہ ایک دی گئی نمائش کی سطح پر محسوس ہونے والے فوٹون کی تعداد میں تفاوت کی وجہ سے پیدا ہو سکتا ہے [26]۔

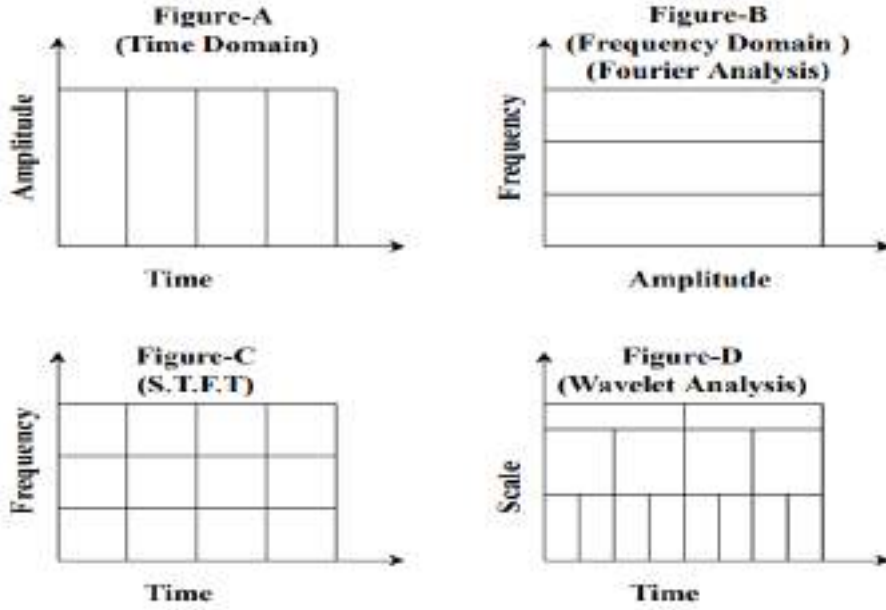
#### 1.12.4.2.4 سپیکل کانوئز (Speckle Noise)

اسے متعدد نوئز (multiple noise) بھی کہا جاتا ہے اس قسم کا نوئز الٹراساؤنڈ، لیزر سونار وغیرہ جیسی ایمجز کو خراب کر سکتا ہے۔ امیج کے پکسلز میں ترمیم کے لیے مخصوص تقسیم کو امیج کے مخصوص پکسلز سے ضرب دیا جاتا ہے۔ ابھی بھی بہت سے نوئز ہیں جن کا سامنا ڈیجیٹل ایمجز میں کیا جاسکتا ہے۔

ڈیجیٹل امیج پروسیسنگ میں تازہ ترین تحقیقی مضامین اور تحقیقی رجحان کے مطابق، خاص طور پر ڈیجیٹل امیج ڈینوائزنگ کے لیے، یہ واضح طور پر ظاہر کرتا ہے کہ ڈیجیٹل امیج ڈینوائزنگ کے شعبے میں تحقیق کی بہت بڑی گنجائش موجود ہے۔ ویولٹیو تھیوری کے اطلاق میں یہ ایک اہم اور پیچیدہ تحقیقی مسئلہ بھی ہے۔

لہذا اس تحقیقی مسئلے سے نمٹنے کے لیے اسے کچھ طریقوں، طریقوں اور تکنیکوں اور دیگر شمارتیاتی پیرامیٹرز کا مطالعہ کرنے اور ان کا اطلاق کرنے کی ضرورت ہے۔ ہمیں ڈیجیٹل امیج ڈینوائزنگ کے لحاظ سے مجوزہ کام کے نتائج کی ایک قابل قبول وجہ کے لیے مختلف تھریس ہولڈنگ تکنیکوں، مختلف ویولٹ فنکشنز کی اپیلی کیشنز، باہر نکلنے والے فلٹرز اور فلٹرنگ کی تکنیکوں، اور دیگر ریاضیاتی خیالات کے اطلاق اور توثیق پر کام کرنے کی ضرورت ہے۔ آخر میں، شمارتیاتی پیرامیٹرز کی رائے میں موجودہ کام میں کچھ ترمیم اور موافقت کی گئی ہے۔ ڈیجیٹل امیج کے تجزیہ، اضافہ، ترمیم اور دیگر مقاصد کے لیے وقتاً فوقتاً مختلف تکنیکیں اور طریقے وجود میں آئے ہیں۔ فویرٹرانسفارم سگنل کے تجزیوں کے لیے ایک اہم تکنیک ہے، جس میں ایک دیا ہوا سگنل (یا امیج) تعدد کی تعداد کی سائن اور کوسائن لہروں میں گل جاتا ہے۔ اسی طرح، ویولٹ ٹرانسفارم بھی سگنل (امیج) کو ویولٹ (مدر ویولٹ) کے ترجمہ شدہ اور اسکیل شدہ ورژن میں گلا دیتا ہے۔ ہم پہلے ہی فورٹرانسفارم اور STFT کے نقصانات اور حدود کا ذکر کر چکے ہیں۔ لیکن اب ان سگنلز کا تجزیہ تازہ ترین تبدیلی کے ذریعے کیا جاتا ہے جسے ویولٹ ٹرانسفارمیشن کہا جاتا ہے کیونکہ یہ دیئے گئے سگنل کو دو ڈومینز یعنی ٹائم ڈومین اور فریکوئنسی ڈومین میں تجزیہ کرتا ہے۔ خاص طور پر، فوری تبدیلیوں کو لے جانے والے سگنلز کا اچھی طرح سے تجزیہ کیا جاسکتا ہے ویولٹس پھر موجودہ سینوسائڈز۔ اس لیے دیئے گئے سگنل کا تجزیہ کرنے کے لیے ویولٹ تھیوری کو بہترین ٹول سمجھا جاتا ہے۔

سگنل کے تجزیوں کے لیے ویولٹ کی تبدیلی میں دو اہم افعال اہم کردار ادا کرتے ہیں، جنہیں ویولٹ فنکشن (یا مدر ویولٹ) اور اسکیلنگ فنکشن (فادر ویولٹ) کہا جاتا ہے۔ یہ دونوں فنکشنز مل کر فنکشنز یا ویولٹ فنکشنز کا ایک سیٹ یا فیملی تیار کرتے ہیں (wavelets daughter)۔ بعد میں افعال کے اس سیٹ کو دیئے گئے سگنل کو گلنے یا دوبارہ تشکیل دینے کے لیے لاگو کیا جاتا ہے۔ یہاں ہم دیئے گئے سگنل کے لیے دیگر تبدیلیوں کے مقابلے میں ویولٹ ٹرانسفارم کو گرانی طور پر دکھا سکتے ہیں۔



فکر: 1.7 مختلف ڈومینز میں سگنل کی نمائندگی، یعنی ٹائم ڈومین، فریکوئنسی ڈومین، STFT اور Wavelet Analysis۔

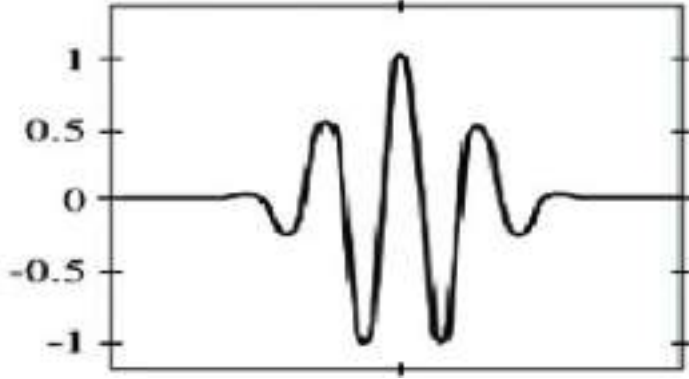
مندرجہ بالا اعداد و شمار سے فگر (figure) - فگر - اے (A) وقت کی معلومات دیتا ہے لیکن ٹائم ڈومین میں فریکوئنسی کے بارے میں صفر معلومات رکھتا ہے، فگر - بی (B) وقت کے بارے میں صفر معلومات دیتا ہے، لیکن فریکوئنسی ڈومین میں فریکوئنسی کے بارے میں اچھی معلومات دیتا ہے، فگر - سی (C) بہر حال دونوں کے بارے میں معلومات دیتا ہے۔ وقت اور تعدد لیکن حاصل کردہ فریکوئنسی معلومات ٹائم ڈومین میں اپنائی گئی ونڈو پر منحصر ہے۔ کیونکہ ایک بار جب کھڑکی کا سائز طے ہو جاتا ہے تو یہ وقت کے محور کے ساتھ ایک جیسا رہتا ہے۔ فگر - ڈی (D) پورے وقت کے محور میں غیر متعین چوڑائی کے ذریعہ ویولٹ کا ترجمہ کر کے وقت اور تعدد دونوں کے بارے میں معلومات فراہم کرتا ہے۔

آخر میں، ہم کہہ سکتے ہیں کہ زیادہ فریکوئنسی پر، ویولٹ ٹرانسفارم بہتر ٹائم ریزولوشن اور بری فریکوئنسی ریزولوشن دیتا ہے، اور کم فریکوئنسی پر، یہ برا ٹائم ریزولوشن اور اچھی فریکوئنسی ریزولوشن دیتا ہے۔

### 1.12.5 ویولٹ (Wavelet)

ویولٹ کو ایک ریاضیاتی فنکشن (mathematical function) کے طور پر بیان کیا جاسکتا ہے جو محدود وقت میں دوغلی انداز (oscillatory fashion) کو ظاہر کرتا ہے۔ دوسرے الفاظ میں oscillaton fashion کی طرح کی ایک چھوٹی لہر

ہے جو صفر سے بڑھنا شروع ہوتی ہے اور آخر میں واپس صفر پر کم ہو جاتی ہے۔ مثال مورلیٹ ویولیت۔



فکر: 1.8: مورلیٹ ویولیت کا گراف

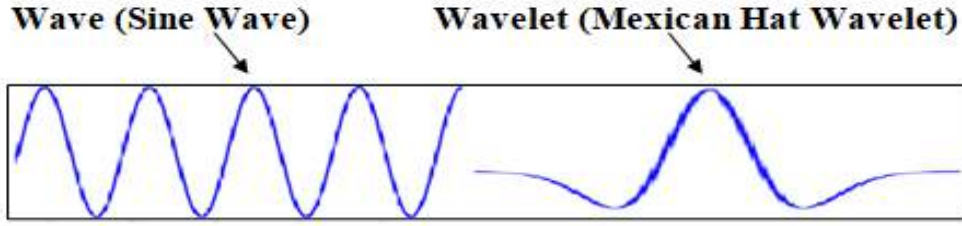
اس فنکشن کو بیس (bases) فنکشن بھی کہا جاتا ہے جو ویولیت ٹرانسفارم کے لیے استعمال ہوتا ہے۔ علامتی طور پر اسے  $\psi(t)$  کے طور پر ظاہر کیا جاتا ہے۔

ریاضیاتی طور پر ایک ویولیت فنکشن کی تعریف [27] نیچے اس طرح کی گئی ہے۔

$$\psi_{a,b}(t) = \frac{1}{\sqrt{|a|}} \psi\left(\frac{t-b}{a}\right) \quad a, b \in \mathbb{R}, a \neq 0 \quad \text{----- (1.10)}$$

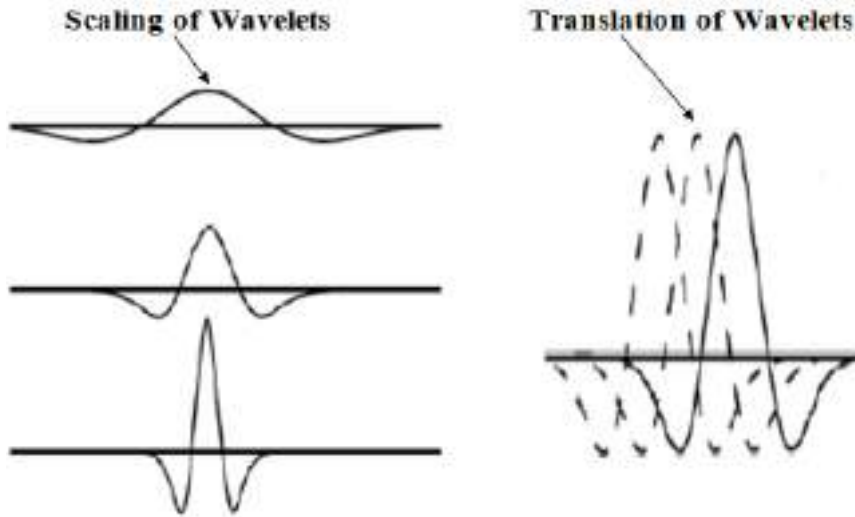
یہاں "a" اسکیکنگ فیکٹر ہے یعنی  $f = \frac{1}{a}$  ایک فریکوئنسی ہے۔ "b" محور پر ترجمہ یا ونڈلوکیشن کے طور پر جانا جاتا ہے۔ اور  $\psi \in L^2(\mathbb{R})$  یعنی  $L^2(\mathbb{R})$  میں آر تھوگونل ویولیت بیسز کا ایک سیٹ ہے۔

اس فنکشن کو ماں ویولیت (mother wavelet) کے نام سے جانا جاتا ہے۔ گراف کے طور پر ہم ویولیت فنکشن کو ویو فنکشن (wave function) سے اس طرح الگ کر سکتے ہیں:



فکر: 1.9 ویو اور ویولٹ کی گرافیکل نمائندگی

ویولٹ فنکشن نے ان پٹ سگنل کو کئی فریکوئنسی اجزاء میں تحلیل کیا۔ یہ فریکوئنسی کے بارے میں مختلف پیمانوں کے ویولٹ فنکشنز (بیٹی ویولٹ۔ daughter wavelet) کی ایک سیریز تیار کر سکتا ہے یا ہر پیمانے کے جزو کو فریکوئنسی ریج تفویض کر سکتا ہے۔ یہ پیدا کردہ افعال ایک مختصر مدت کے ساتھ چھوٹی لہریں ہیں۔ پھر ہر منقسم سگنل کے جزو کا تجزیہ ایک قرارداد کے ساتھ کیا جاتا ہے جو اس کے پیمانے سے میل کھاتا ہے۔ ویولٹ ٹرانسفارمیشن میں دو پیرامیٹرز اہم کردار ادا کرتے ہیں، ایک کو ٹرانسلیشن پیرامیٹر (translation parameter) کہا جاتا ہے اور دوسرا اسکیلنگ پیرامیٹر (scaling parameter)۔ ٹرانسلیشن پیرامیٹر کا مطلب ہے کہ سگنل کے بارے میں وقت کی معلومات معلوم کرنے کے لیے طول کو وقت کے محور کے ساتھ منتقل کرنا۔ جب کہ پیرامیٹر کو پیمانہ کرنے کا مطلب ہے تعدد کی معلومات حاصل کرنے کے لیے طول و عرض کے فنکشن کی مدت کو تبدیل کرنا۔



فکر: 1.10 ایک ویولٹ کا پیمانہ اور منتقلی

کسی بھی فنکشن کو ویولیت یا مادر ویولیت کہا جاتا ہے اگر وہ کچھ شرائط کو پورا کرتا ہے۔

▪ ویولیت میں محدود توانائی ہونی چاہیے [27]۔

$$E = \int_{-\infty}^{+\infty} |\psi(t)| dt < \infty \quad \text{----- (1.11)}$$

یہاں E کو فنکشن کی توانائی کہا جاتا ہے، جو اس کے مربع کی شدت کے اٹوٹ کے برابر ہے۔

▪ جب  $\psi(x)$  فویرٹرانسفارم ہو  $\psi(t)$  کا پھر۔

$$\psi(x) = \int_{-\infty}^{+\infty} \psi(t) e^{-i(2\pi x)t} dt \quad \text{----- (1.12)}$$

پھر، مندرجہ ذیل شرط کو پورا کرنا ضروری ہے۔

$$C_g = \int_0^{\infty} \frac{|\psi(x)|}{x} dx < \infty \quad \text{----- (1.13)}$$

مندرجہ بالا فنکشن قابل قبول شرط کے طور پر جانا جاتا ہے۔ یہاں  $C_g$  کو قابل قبول مستقل (admissibility

condition) کے طور پر جانا جاتا ہے۔ اس کا مطلب ہے کہ ویولیت میں کوئی صفر فریکوئنسی جزو نہیں ہے یا  $\psi(0) = 0$

ویولیت  $\psi(t)$  میں صفر مین (zero mean)  $\psi(t)$  ہے [27]۔

یہاں ہم اس تحقیقی کام میں استعمال ہونے والے کئی ویولیتس پر بحث کرنے جا رہے ہیں، بطور بنیاد افعال۔

### 1.12.5.1 ہار ویولیت (Haar wavelet)

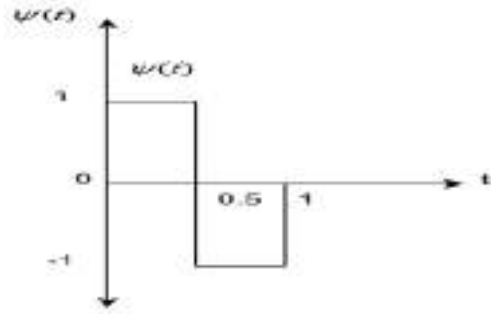
ہار ویولیت کی تعریف اس طرح کی گئی ہے

$$\psi(t) = \begin{cases} 1 & ; 0 \leq t < 1/2 \\ -1 & ; 1/2 \leq t < 1 \\ 0 & ; \text{otherwise} \end{cases} \quad \text{----- (1.14)}$$

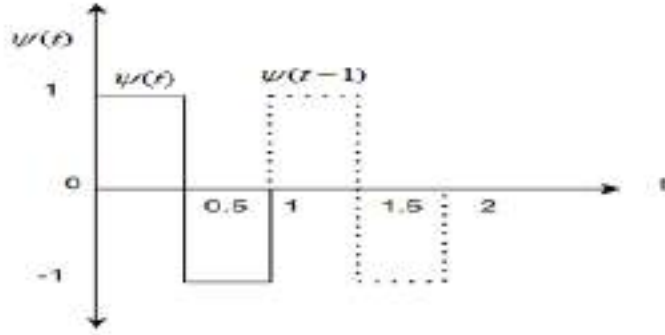
اس کے علاوہ اس کا اسکیکنگ فنکشن  $\phi(t)$  بطور دیا گیا ہے۔

$$\phi(t) = \begin{cases} 1 & ; 0 \leq t < 1 \\ 0 & ; \text{elsewhere} \end{cases} \quad \text{----- (1.15)}$$

یہاں یہ مشاہدہ کرنا آسان ہے کہ فنکشن " $\psi(t-k) : k \in N$ " بنیادوں کے فنکشن کا ایک آر تھوگونل سیٹ بناتا ہے۔ یہ مجرد کے ساتھ ساتھ مسلسل افعال دونوں کے لیے استعمال کیا جاسکتا ہے۔ ہارویولٹ اور اس کے پھیلاؤ کی امیجی نمائندگی ذیل میں دی گئی ہے۔



فکر: 1.11 ہارویولٹ کی گرافیکل نمائندگی



فکر: 1.12 ہارویولٹ کے پھیلاؤ کی گرافیکل نمائندگی

اگر ہم انضمام کرتے ہیں تو  $\psi(t)$  اور  $\psi(t-1)$  مل کر نتیجہ صفر کے برابر ہوتا ہے یعنی

$$\int_{-\infty}^{\infty} \psi(t)\psi(t-1)dt = 0 \quad \text{----- (1.16)}$$

لہذا عام طور پر ہمارے پاس ہے

$$\int_{-\infty}^{\infty} \psi(t-m)\psi(t-n)dt = \delta_{m-n} \quad \text{----- (1.17)}$$

لیکن (1.17) کے برابر ہے، جب  $m=n$  اور  $0$  جب  $m \neq n$  یعنی

$$\int_{-\infty}^{\infty} \psi(t)\psi(t)dt = 1 \quad \text{----- (1.18)}$$

### 1.12.5.2 میکسیکن ہیٹ ویولٹ (Mexican Hat Wavelet)

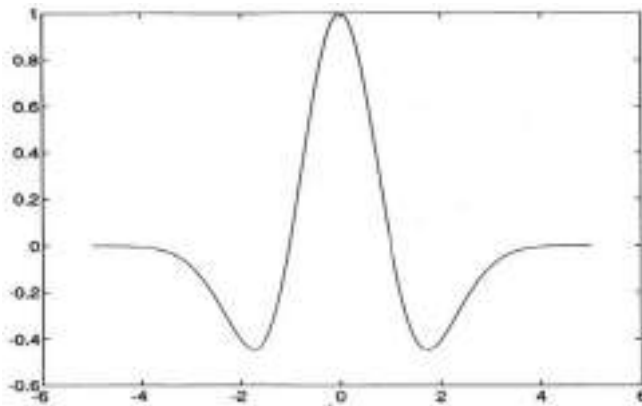
میکسیکن ہیٹ ویولٹ کو Richer Wavelet بھی کہا جاتا ہے کیونکہ یہ اصل میں امریکی جیوفزیکسٹ H. Richer نے متعارف کرایا تھا۔ یہ ویولٹ فنکشن گاوسین فنکشن کا منفی دوسرا مشتق ہے۔ آرتھوگونل تجزیہ ممکن نہیں ہے، کیونکہ یہ اسکیلنگ فنکشن میں موجود نہیں ہے۔ یہ ایک یکساں، حقیقی قدر والا اور مسلسل قسم کا طول نامہ ہے [28]۔

ریاضی کے لحاظ سے میکسیکن ہیٹ ویولٹ کو [27] کے طور پر بیان کیا جاتا ہے۔

$$\psi(t) = (1-t^2)e^{-\frac{t^2}{2}} \quad \text{----- (1.19)}$$

یہاں  $e^{-\frac{t^2}{2}}$  پونٹ کے تغیر کے ساتھ گاوسین فنکشن ہے۔

اسے گرافک طور پر اس طرح ظاہر کیا جاتا ہے۔



گراف: 1.13 میکسیکن ویولٹ کی گرافیکل نمائندگی



### 1.12.5.3 ڈومپچیز ویولیت (Daubechies Wavelet)

ڈومپچیز ویولیت (dbN) ویولیتس کا ایک خاندان ہے اور یہ مجرد، آر تھوگونل، اور کمپیکٹ سپورٹ شدہ آر تھوگونل ویولیتس ہیں۔ ڈومپچیز کا سارا کام مورلیٹ اور گراسمین کے نظریہ اور فریم ورک کی بنیادوں پر کیا گیا تھا اور آخر میں مارز نے اسے بہتر کیا تھا۔ یہ ویولیتس مختلف قسم کے سگنلز کے لیے لاگو ہوتے ہیں۔ اس میں db1 کے علاوہ کوئی مطلق اظہار نہیں ہو سکتا۔ زیادہ سے زیادہ موجودہ لہریں غیر متناسب ہیں۔ اس کے ویولیت فنکشن میں غائب ہونے والے لمحات کا N نمبر ہے۔

### 1.12.5.4 آر تھو نورمل ویولیت (Orthonormal Wavelet)

ایک ویولیت فنکشن  $\psi(t) \in L^2(R)$  کو آر تھوگونل ویولیت کے طور پر جانا جاتا ہے جب ویولیت فنکشن کا ایک سیٹ

$$\psi_{l,m}(t) \quad l, m \in Z$$

یعنی۔

$$\psi_{l,m}(t) = 2^{l/2} \psi(2^l t - m) \quad \text{----- (1.20)}$$

یہ ایک "محدود توانائی کی جگہ  $L^2(R)$  کا آر تھو نارمل بیس" ہے۔ یہاں فیکٹر  $2^{l/2}$  کے ذریعہ فنکشن کی آر تھوگونالیٹی یقینی ہے۔

### 1.12.5.5 بائیور تھوگونل ویولیت (Biorthogonal Wavelet)

ایک بائیور تھوگونل ویولیت میں، منسلک ویولیت ٹرانسفارم ناقابل تبدیل ہے، لیکن ضروری نہیں کہ آر تھوگونل ہو۔ یہ آر تھوگونل ویولیتس سے زیادہ آزادی دیتا ہے یعنی ہم آہنگ ویولیتس بنانے کا امکان۔ بائیو آر تھوگونل قسم کے فنکشن میں، ہمارے پاس دو اسکیکنگ فنکشنز ہیں یعنی  $\phi$  and  $\phi$  جو ملٹی ریزولوشن (multi-resolution) کے تجزیوں میں مدد کر سکتے ہیں۔

### 1.12.5.6 میسر ویولیت (Meyer Wavelet)

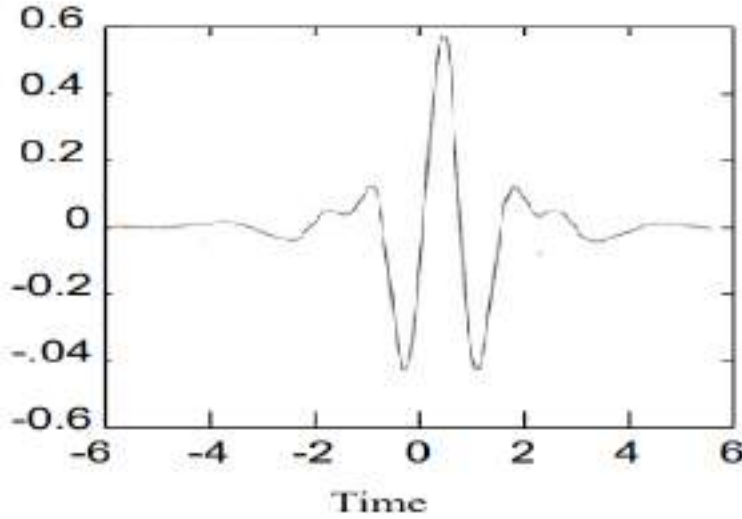
میسر ویولیت کو ایک مشہور ریاضی دان یولیس میسر نے متعارف کرایا تھا [28]۔ موج کا نام ان کے اعزاز میں چنا گیا۔ وہ ویلیٹ تھیوری کے بانی کے گروپ کا بھی ایک حصہ ہے۔ یہ ویولیت ایک مسلسل قسم کا ہے اور کئی قسم کے سگنل کے تجزیوں پر لاگو ہوتا

ہے۔ اس کی تعریف اس طرح کی گئی ہے۔

$$\psi(t) = 2 \int_0^{\infty} \sin(\omega(h)) \cos[2\pi(t - \frac{1}{2})h] dh \quad \text{----- (1.21)}$$

میسر ویولٹ کو الٹراسونک ویوز پر وسیع، آڈیو اور اسپینچ کوڈنگ، بائیومیڈیکل سگنل پروسیسنگ، امیج پروسیسنگ، امیج اینڈ میٹیکشن، سگنل فلٹرینگ اور امیج کمپریشن وغیرہ جیسے کئی شعبوں میں لاگو کیا جاسکتا ہے۔

یہ گرافک کے طور پر دکھایا جاسکتا ہے۔



فکر: 1.14 میسر ویولٹ کی گرافیکل نمائندگی

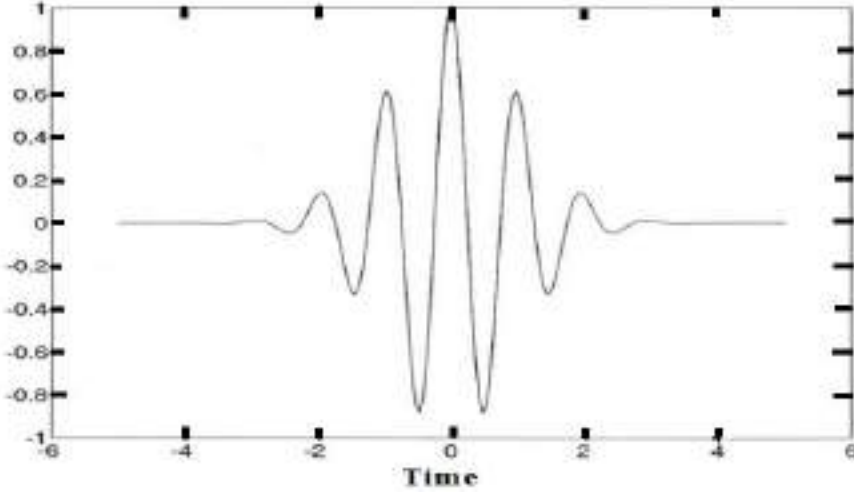
### 1.12.5.7 مورلیٹ ویولٹ (Morlet Wavelet)

مورلیٹ ویولٹ کو فرانسیسی جیوفزیکسٹ جین مورلیٹ نے متعارف کرایا تھا [28]-1975 میں انہوں نے ویلیٹ تھیوری پر کام شروع کیا۔ اس کا ویولٹ بنیادی طور پر دو افعال کا مجموعہ ہے، یعنی سائنوسائیڈل فنکشن اور گوسین فنکشن۔ اس میں وقت کے ساتھ ساتھ فریکوئنسی لوکلائزیشن کی خصوصیات بھی ہیں، بہتر ہیں۔ یہ ایک مستقل نوعیت کا طول و عرض ہے۔

اس کا ریاضیاتی فعل بطور پر اس طرح دیا گیا ہے۔

$$\psi(x) = Ce^{-x^2/2} \cos(5x) \quad \text{----- (1.22)}$$

یہاں سگنل کی تعمیر نو کے لیے مستقل C کا اطلاق کیا جاسکتا ہے۔ گرافک طور پر مورلیٹ ویولٹ کو ذیل میں دکھایا جاسکتا ہے۔



فکر: 1.15 مورلیٹ ویولٹ کی گرافیکل نمائندگی

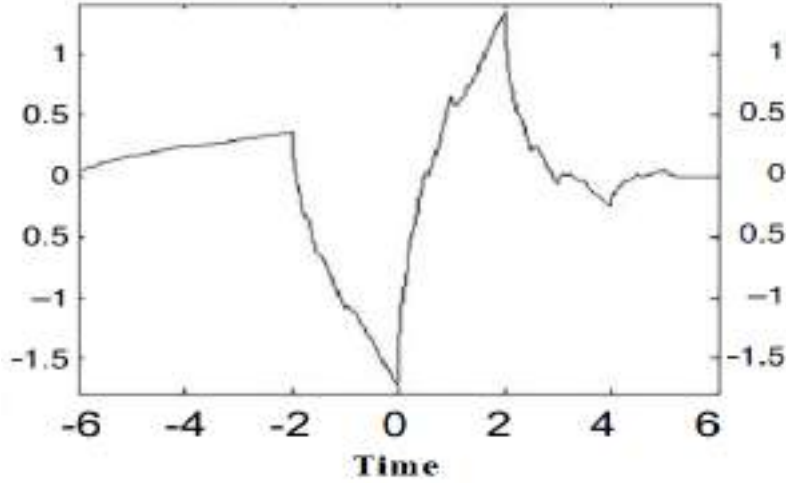
### 1.12.5.8 سملیٹ ویولٹ (Symlet Wavelet)

سملیٹ ویولٹ کو ڈوبیچیز نے ڈیزائن کیا تھا، تجزیہ اور ترمیم کے ذریعے ڈوبیچیز کے طول و عرض کے سیٹ میں۔ دو ویولٹ کے افعال کی خصوصیات کو ایک جیسا بنانے کے لیے۔ یہ ویولٹ ایک غیر متناسب ویولٹ کے قریب ہے۔ اسے کبھی کبھی Daubechies "کم سے کم غیر متناسب" ویولٹ کے نام سے جانا جاتا ہے۔ ویولٹ کے سیٹ کو SymN کے ذریعے دکھایا گیا ہے، N ترتیب کو ظاہر کرتا ہے۔ اس کا اطلاق کئی شعبوں میں ہوتا ہے، جیسے بائیومیڈیکل، کمیونیکیشن، میڈیسن، سیمک، الٹراسونک ویوز، آڈیو اسپینچ کوڈنگ، جیوفزکس، فلٹرنگ ڈینوائزنگ، امیج، کمپریشن وغیرہ۔

### 1.12.5.9 کو فلیٹ ویولٹ (Coiflet Wavelet)

ویولٹ کو فلیٹ کا نام [28] رونالڈ کوف مین کے اعزاز میں دیا گیا تھا۔ کیونکہ اس کی درخواست پر Ingrid Daubechies نے ایک ویولٹ کو ڈیزائن کرنے اور غائب ہونے والے لمحات کے ساتھ اسکیننگ کا کام کرنے کی درخواست کی۔ یہ آرٹھوگونل ویولٹس ہیں جن میں ماں ویولٹ اور باپ ویولٹ دونوں میں صفر کے بعد بہت سے غائب ہونے والے لمحات ہوتے ہیں۔ اس میں  $\frac{N}{3}$  غائب ہونے والے لمحات ہیں اور منسلک اسکیننگ فنکشن میں  $1 - \frac{N}{3}$  غائب ہونے والے لمحات ہیں۔

یہ گراف اس طور پر دکھایا جاسکتا ہے۔



فکر: 1.16 کو فلیٹ ویولٹ کی گرافیکل نمائندگی

### 1.12.6 ویولٹ ٹرانسفارم (Wavelet Transform)

ویولٹ ٹرانسفارم میں ہمیں ایک مدر ویولٹ (mother wavelet) کی ضرورت ہوتی ہے، جو پہلے موجود دیگر سے زیادہ لچکدار (more flexible) ہونا چاہیے۔ ہم دو بنیادی manipulations کرتے ہیں، waves کو زیادہ flexible بنانے کے لیے، پہلے ہمیں اسے stretch اور squeeze کرنا پڑتا ہے، اور دوسرا ہمیں اسے شفٹ کرنا پڑتا ہے۔ یہاں ڈائلیشن پیرامیٹر (dilation parameter) کو "a" سے اور translation parameter کو "b" سے ظاہر کیا گیا ہے۔ اس طرح، اگر ہم ان پیرامیٹرز کو میکسیکن ہیٹ ویولٹ (mexican hat wavelet) میں ڈالتے ہیں، جو اوپر مساوات (1.19) دی گئی ہے، یہ اس طرح بن جاتا ہے [27]۔

$$\psi\left(\frac{t-b}{a}\right) = \left(1 - \left(\frac{t-b}{a}\right)^2\right) e^{-\frac{1}{2}\left[\frac{t-b}{a}\right]^2} \quad \text{----- (1.23)}$$

اگر ہم مساوات (1.19) میں  $a=1$  اور  $b=0$  ڈالتے ہیں تو یہ اصل مساوات ہیٹ ویولٹ کو واپس دیتا ہے۔ اس طرح مذکورہ مساوات (1.23) کے لحاظ سے، ہم ایک فنکشن  $x(t)$  کو  $a$ 's اور  $b$ 's کی حدود کی بنیادوں پر تبدیل کرتی ہے۔

### 1.12.6.1 مسلسل ویولیت ٹرانسفارم (Continuous Wavelet Transform)

ویولیت فنکشن  $\psi$  کے حوالے سے سگنل  $x(t)$  کا ویولیت ٹرانسفارم اس طرح دیا گیا ہے [28][27]-

$$T(a,b) = w(a) \int_{-\infty}^{\infty} x(t) \psi^* \left( \frac{t-b}{a} \right) dt \quad \text{----- (1.24)}$$

یہاں "a" پیمانہ (scale) ہے، "b" شفٹنگ ہے۔ "w(a)" ایک وزنی (weight) فنکشن ہے، "ψ" ویولیت فنکشن ہے۔ اور "\*" پیچیدہ جوڑنا (complex conjugate) ہے

لہذا، ہمیں مسلسل ویولیت ٹرانسفارم (CWT) ملے گا، اگر ہم اوپر کی مساوات (1.24) میں صرف  $w(a) = \frac{1}{\sqrt{a}}$  ڈالیں،  
یعنی

$$T(a,b) = \frac{1}{\sqrt{a}} \int_{-\infty}^{\infty} x(t) \psi^* \left( \frac{t-b}{a} \right) dt \quad \text{----- (1.25)}$$

مساوات (1.25) اسے اس طرح لکھا جاسکتا ہے۔

$$T(a,b) = \int_{-\infty}^{\infty} x(t) \psi_{a,b}^*(t) dt \quad \text{----- (1.26)}$$

یہاں  $\frac{1}{\sqrt{a}}$  نارملائزیشن فیکٹر (normalization factor) ہے یہ ہر پیمانے پر indicates کرتا ہے کہ ویولیسٹس میں برابر توانائی ہوتی ہے۔

یہاں انٹیگرل دو افعال کے درمیان مصنوع کی نشاندہی کرتا ہے، یعنی سگنل کی لمبائی سے زیادہ سگنل اور مدرو ویولیت کا تجزیہ کرنا، اور اس عمل کو  $x(t)$  اور  $\psi$  کے درمیان کنولوشن بھی کہا جاتا ہے۔ سگنل کے لیے CWT کا آؤٹ پٹ نتیجہ ویولیت کو فیشنٹس کی شکل میں ہوتا ہے، یہ دراصل scale اور translation کا کام ہوتے ہیں۔ سی ڈبلیو ٹی کے ذریعہ "ہر scale اور translation" پر ویولیت گتاتک (wavelet coefficients) کی کمپیوٹنگ بہت بڑا ڈیٹا تیار کر سکتی ہے۔ لہذا CWT کو کسی بھی سگنل کے بارے میں ڈیٹا کا حساب لگانے میں بہت زیادہ وقت لگتا ہے۔ اس طرح کے حسابات سے بچنے کے لیے

ہمیں "ڈائیک اسکیلنگ اینڈ شفٹنگ" نامی عمل کو اپنانا ہوگا۔

### 1.12.6.2 ڈسکریٹ ویولٹ ٹرانسفارم (Discrete Wavelet Transform)

جیسا کہ ہمارے پاس ڈسکریٹ فوئیر ٹرانسفارم (DFT) اور ڈسکریٹ شارٹ ٹائم فوئیر ٹرانسفارم (DSTFT) ہے، اسی طرح ہمارے پاس ڈسکریٹ ویولٹ ٹرانسفارم (DWT) ہے۔ جیسا کہ فوئیر تھیوری میں ہم وقت اور فریکوئنسی محور کو الگ کرتے ہیں، لیکن DWT میں ہم scale اور translation کے پیرامیٹرز سے مجرد اقدار کو ایک الگ طریقے سے نکالتے ہیں۔ یہاں DWT کو متعارف کرانے کا مقصد ہے، اور پھر DWT اور IWT کے درمیان تعلق کی وضاحت کرنا ہے [25][28]۔

اب، ہم ذیل میں scale پیرامیٹر اور translation پیرامیٹر کی ایک اور شکل دیں گے۔

$$b = k2^{-l} \text{ اور } a = 2^{-l} \text{ یہاں}$$

$$k, l \in Z$$

یہ اقدار کو مساوات (1.25) سے ملتا ہے۔

$$T(2^{-l}, k2^{-l}) = 2^{l/2} \int_{-\infty}^{\infty} x(t) \psi(2^l t - k) dt \quad \text{----- (1.26)}$$

اوپر لگائے گئے ویولٹ کو ڈائیک گرو ویولٹ کے نام سے بھی جانا جاتا ہے یعنی

$$\psi_{l,k}(t) = 2^{l/2} \psi(2^l t - k) \quad \text{----- (1.27)}$$

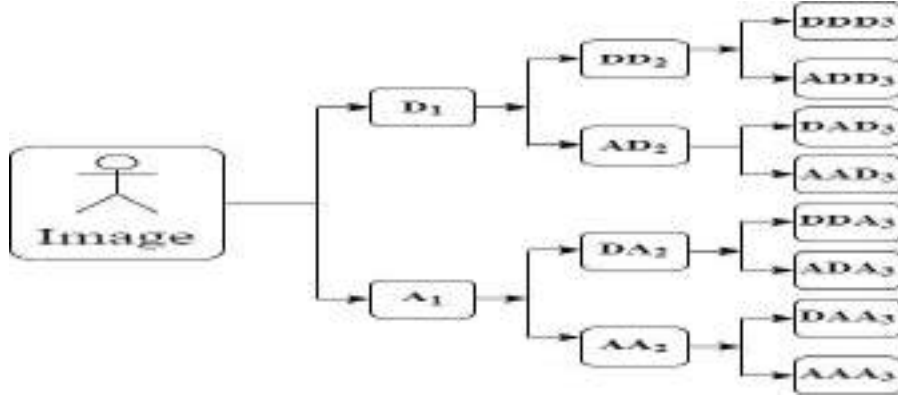
اوپر لگائے گئے ویولٹ کو ڈائیک گرو ویولٹ (dyadic grid wavelet) کے نام سے بھی جانا جاتا ہے یعنی

$$\psi_{l,k}(t) = 2^{l/2} \psi(2^l t - k) \quad \text{----- (1.28)}$$

### 1.12.7 ویولٹ پیکٹ ٹرانسفارم (Wavelet Packet Transform)

ویولیت پیکٹ ٹرانسفارم (WPT) کو میسر کوف مین اور دیگر محققین نے متعارف کرایا تھا۔ حقیقت میں، یہ ویولیت اور ملٹی ریزولوشن تھیوری کی توسیع ہے۔ ویولیت پیکٹ کی آر تھوگوئل بنیاد کا ایک سیٹ بنانے کے لیے ویولیت ٹرانسفارم آفاقی ہے۔ ویولیت پیکٹ میں یہ فیصلہ کرنے کی طاقت ہوتی ہے کہ کون سا بیس فنکشن دیئے گئے سگنل کی نمائندگی کرنے کے لیے بہترین ہے۔ اس میں دیئے گئے سگنل کے فریکوئنسی مواد کے لیے بنیادی فنکشن استعمال کرنے کے لیے بہت زیادہ flexibility ہے۔ WPTs اڈوں کے افعال کے ایک سیٹ کے scale اور translation کے ذریعے تیار کیے جاتے ہیں، وہ ماں اور باپ (mother and father wavelets) یعنی  $\psi$  اور  $\phi$  ہو سکتے ہیں۔ [30]۔

WPT میں دونوں قسم کے گٹانک ("تقریباً اور تفصیلی گٹانک") کو مزید ہر سطح پر تخمینے اور تفصیلات میں تحلیل کیا جاتا ہے، جو کہ WT میں ممکن نہیں ہے۔ Wavelet Transformation میں معلومات کے ضائع ہونے کا امکان ہوتا ہے کیونکہ کی پہلی سطح کے بعد ہی تخمینہ گٹانک مزید ڈی کمپوز ہو جاتا ہے۔ لیکن ویولیت پیکٹ میں دونوں تخمینے کے ساتھ ساتھ تفصیلی گٹانکوں کو بھی ہر سطح پر مزید ڈی کمپوز کرتا ہے۔ WPT کے ذریعہ دیئے گئے سگنل کا تجزیہ کرنے کا عمل ذیل میں دکھایا گیا ہے۔



گھر: 1.17 ویولیت پیکٹ کی تبدیلی کی گرافیکل نمائندگی

### 1.12.8 الٹا ویولیت ٹرانسفارم (Inverse Wavelet Transform)

مختصراً الٹا ویولیت ٹرانسفارمیشن (IWT) کا مطلب سگنل کی تعمیر نو ہے، جو ویولیت ٹرانسفارمیشن کے تحت تھے۔ دوسرے الفاظ میں، ہم تجزیے کے مقاصد کے لیے ویولیت ٹرانسفارمیشن کے ذریعے سگنل کو ڈی کمپوز کرتے ہیں پھر ہمیں سگنل کو واپس حاصل کرنے (یادو بارہ تشکیل دینے) کے لیے ایک transformation کی ضرورت ہوتی ہے جسے IWT کے نام سے جانا جاتا

ہے۔ ریاضیاتی طور پر یہ اس طرح لکھا جاتا ہے۔

$$f(t) = \frac{1}{C_\psi} \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} W_\psi f(a,b) \psi_{a,b}(t) \left(\frac{1}{a^2} da\right) db$$

$$or f(t) = \frac{1}{C_\psi} \int_0^{\infty} \frac{1}{a^2} [W_\psi f(a,b)] \psi_{a,b}(t) da \int_{-\infty}^{\infty} db$$

----- (1.34)

یہاں،  $C_\psi = \int_{-\infty}^{\infty} \left| \frac{\psi(\omega)}{\omega} \right| d\omega < \infty$  کو admissibility شرط کے طور پر جانا جاتا ہے۔

ڈیجیٹل میچ پروسیڈنگ میں، IWT کا اطلاق ان پٹ سگنل کی ترکیب کے لیے کیا جاتا ہے۔ IWT ہمیں سگنل کے بارے میں ترکیب شدہ نتیجہ فراہم کرتا ہے جس کا WT کے ذریعے تجزیہ کیا جاتا ہے۔ بعض اوقات ہم کہتے ہیں کہ یہ مخصوص حالات کے تحت WT کا الٹا عمل ہے۔

### 1.12.9 ملٹی ریزولوشن تجزیہ (Multiresolution Analysis)

ملٹی ریزولوشن کا سیدھا مطلب ہے سگنل کے ہر جزء کا مختلف پیمانے پر تجزیہ کرنا (مختلف ونڈوسائز)۔ دوسرے لفظوں میں ایم۔ آر۔ اے کا اطلاق کر کے ہم ایک مشکل فنکشن کو کئی آسان حصوں میں توڑ سکتے ہیں اور پھر انفرادی طور پر ان کا مطالعہ کر سکتے ہیں۔ ان تجزیوں کا ایک اہم مقصد مختلف قراردادوں پر فنکشن  $f(x)$  کا تخمینہ حاصل کرنا ہے۔ MRA کو Yves Mayer اور Mallat نے 1989 میں متعارف کرایا تھا۔ یہ بنیادی طور پر اسپیس  $L^2$  کے لیے آر تھوگوئل ویولٹ کی بنیاد بنانے کے لیے لاگو ہوتا ہے۔ یہ  $L^2$  کے بند ذیلی جگہ کا ایک مجموعہ ہے اور کچھ شرائط کو پورا کرتا ہے [31][25]۔



## باب دوم

### مختلف فلٹرز اور پولیٹ ٹرانسفارمیشن کے ذریعے ڈیجیٹل امیج کی ڈینوائزنگ

#### 2.1 تعارف

جدید دنیا میں، ڈیجیٹل امیج کو مختلف مقاصد کے لیے معلومات کا ایک شاندار ذریعہ سمجھا جاتا ہے۔ اس مقالے کے پہلے باب میں ہم نے ڈیجیٹل امیجز کی مختلف اقسام کا ذکر کیا ہے۔ جدید طبی علوم میں، میڈیکل امیجنگ بیماری کی کئی اقسام کا پتہ لگانے میں اہم کردار ادا کرتی ہے۔ انسانی جسم کی بیماریوں کے معائنے کے لیے مختلف قسم کی مشینری مارکیٹ میں دستیاب ہے۔ طبی مشینوں میں، مختلف قسم کے کیمرے انسانی جسم کی اندرونی اور بیرونی طور پر بیماری کی جگہ کی نشاندہی کرنے کے لیے امیج یا ویڈیوز (امیج سیٹ) حاصل کرنے کے لیے لگائے جاتے ہیں۔

مختلف حالیہ تحقیقی مضامین اور تجزیہ کے مقاصد کے مطابق ہم نے انسانی سینے کی ایک گرے اسکیل (CT-اسکین امیج  $255 \times$ ) (255) کو بطور ٹیسٹ امیج منتخب کیا ہے۔ انسانی مقاصد کے لیے سی ٹی اسکین کی سہولت کا اطلاق 1971 میں طبی درخواست کے طور پر کیا گیا تھا۔ یہ ایکس رے امیجنگ ٹیکنالوجی کا ایک بہتر ورژن ہے جو جسم کی امیجنگ تک محدود تھا۔ یہ سی ٹی اسکین امیج کچھ وجوہات کی وجہ سے خراب اور متاثر ہو سکتی ہے۔ سی ٹی امیج گاؤسین نوئز سے آلودہ ہو سکتی ہے اور کم کٹراسٹ اشیاء کی وضاحت کو کم کر سکتی ہے۔ بعض اوقات سی ٹی اسکین امیجز گاؤسین نوئز سے خراب ہو جاتی تھیں، کیونکہ برقی سگنلز کی موجودگی کی وجہ سے۔ یہ نمونے اور ساختی نوئز سے بھی آلودہ ہو سکتا ہے۔ دیکھنے کے لیے اعتراض کے ساتھ، "تیز رفتار کمپیوٹیشن" پر ST-اسکین امیج نمبر "تھرمل انرجی اتار چڑھاؤ" پیدا کرتا ہے اور امیج میں نوئز کے داخلے کا سبب بنتا ہے۔ یہ "ریاضی کمپیوٹیشنل اور کوانٹم شماریات" کے ذریعے پیدا ہونے والے نوئز سے متاثر ہو سکتا ہے۔ لہذا، نوئز اصل ڈیجیٹل امیجز کے بارے میں صحیح معلومات حاصل کرنے کی راہ میں رکاوٹ بن گیا۔ نوئز والے سگنلز (غیر مطلوبہ سگنلز) اصل سگنل کو مکمل طور پر یا اس کے کچھ حصے کو خراب کر سکتے ہیں۔ آلودہ سی ٹی اسکین امیج (یا نوئز والی سی ٹی اسکین امیج) بعض اوقات طبی ڈاکٹروں کے لیے مختلف کثافتوں کے ٹشوز میں فرق کرنے میں مشکلات پیدا کرتی ہے۔ اس لیے متاثرہ امیجز سے نوئز کو ہٹانا جدید تحقیق کا لازمی حصہ بن گیا۔ آلودہ والی امیجز سے نوئز (noise) کو کم کرنے کے لیے مختلف تکنیک اور طریقے استعمال کیے گئے۔

• بہتر وزن کا طریقہ [32] (Optimal Weight Method) -

- سلیکٹیو مین فلٹر [32](Selective Mean Filter)۔
- بلائنڈ امیج ڈی کنولوشن (Blind Image De-convolution (BID) method) طریقہ [11]۔
- ویولیت ڈومین فلٹرنگ (Wavelet Domain Filtering method) طریقہ۔
- غیر مقامی اوسط اور ویولیت پیکٹ پر مبنی حد (Non Local Mean and wavelet packet-based thresholding) [34]۔

## 2.2 ڈیجیٹل امیج فلٹرنگ تکنیک (Digital Image Filtering Techniques)

امیج پروسیسنگ میں فلٹرنگ کی کئی تکنیکیں استعمال ہوتی ہیں۔ یہاں ہم ڈیجیٹل امیج بڑھانے میں استعمال ہونے والی کچھ عام فلٹرنگ تکنیکوں کا ذکر کرتے ہیں، خاص طور پر ڈیجیٹل امیج کو کم کرنے کے لیے [26]۔

### 2.2.1 گاوسین فلٹر (Gaussian Filter)

گاوسین فلٹر کا استعمال نوئز کو کم کرنے اور ڈیجیٹل امیجز کی غیر ضروری تفصیلات کو کم کرنے کے لیے کیا جاتا ہے۔ یہ اکثر ڈیجیٹل امیجز کو دھندلا کرنے کے لیے استعمال ہوتا ہے۔ یہ ونڈو کے مرکز سے آگے پکسلز کو چھوٹا وزن دیتا ہے [35]۔

### 2.2.2 میڈین فلٹر (Median Filter)

میڈین فلٹر ڈیجیٹل امیجز میں نوئز ہٹانے کا ایک اور بہترین طریقہ ہے، بغیر کسی ہموار اثرات کے۔ یہ نوئز ہٹانے کے معاملے میں بہتر نتائج دیتا ہے جب نمک اور کالی مرچ (salt & pepper noise) کے نوئز کی طرح تیز آواز کو شامل کیا جاتا ہے [35][26]۔

### 2.2.3 وینر فلٹر (Wiener Filter)

وینر فلٹر ایک قسم کا اضافی فلٹر ہے۔ یہ چھوٹی ہمواری کرتا ہے جب تغیر بڑا ہوتا ہے اور دوسری طرف بڑی ہمواری کرتا ہے جب variance چھوٹا ہوتا ہے۔ اور اس کے برعکس وینر فلٹر دوسرے عام لکیری فلٹرز (Linear filters) کے مقابلے میں زیادہ منتخب ہوتا ہے کیونکہ یہ ڈیجیٹل امیج کے کناروں کے ساتھ ساتھ امیج کے اعلیٰ تعدد والے حصوں کو بھی محفوظ رکھتا

ہے [35][26]-

#### 2.2.4 گائیڈڈ فلٹر (Guided Filter)

اسے گائیڈڈ فلٹر کہا جاتا ہے کیونکہ یہ دیگر ایجنز کے مواد کو ڈیجیٹل ایجنز کے ایجنز پر زور و ایشن انجام دینے کے لیے استعمال کرتا ہے۔ رہنمائی کے لیے زیر غور ایجنز خود ایجنز ہو سکتی ہے۔ لیکن اگر دونوں ایجنز ایک ہیں تو ان کی ساخت ایک جیسی ہے اور اگر وہ مختلف ہیں تو گائیڈنس ایجنز میں موجود ڈھانچہ فلٹر شدہ ایجنز کو متاثر کرتا ہے۔

#### 2.2.5 بلاک میچنگ اور 3D فلٹرنگ (Block matching and 3-D Filtering)

یہ ایجنز فلٹرنگ کے لیے ایک اعلیٰ اور مشکل تکنیک ہے۔ یہ اسی طرح کے دو جہتی ایجنز کو سہ جہتی ڈیٹا سرنی میں گروپ کر کے اپنا عمل انجام دیتا ہے، جسے "گروپز" کہا جاتا ہے۔ اس فلٹرنگ ایجنز میں، اچھی تفصیلات گروپ بند بلاکس کے ذریعہ دکھائی جاتی ہیں اور ہر بلاک کی اہم خصوصیات کی حفاظت کرتے ہیں۔

#### 2.2.6 اضافی فزری سوچنگ میڈین فلٹر (Additive Fuzzy Switching Median Filter)

اس قسم کی فلٹرنگ ایجنز کو نوٹوز انکولی فلٹر کے نام سے بھی جانا جاتا ہے۔ ایجنز کے فلٹرنگ کے عمل کے لیے، یہ سب سے پہلے خراب شدہ ایجنز کے ہسٹوگرام کا استعمال کرتا ہے، تاکہ نوٹوز والے پیکسلز کی شناخت کی جاسکے۔ پھر ان شناخت شدہ نوٹوز والے پیکسلز کو فلٹرنگ ایکشن کے لیے استعمال کیا جاتا ہے، یہاں ڈیٹا نوٹوز پیکسلز کو برقرار رکھا جاتا ہے اور بغیر عمل کے چھوڑ دیا جاتا ہے۔ آخر میں، فلٹرنگ کے عمل کے لیے، فلٹرز "بیرونی مقامی معلومات میں موجود غیر یقینی صورت حال سے نمٹنے کے لیے فزری منطق" کا استعمال کرتے ہیں۔

#### 2.2.7 لکیری فلٹر (Linear Filter)

ایجنز پروسیسنگ میں، لکیری فلٹرنگ ایک انوکھی تکنیک ہے جو نوٹوز کو کم کرنے، ایجنز کے کناروں کو تیز کرنے اور غیر مساوی روشنی کو درست کرنے کے لیے استعمال کی جاتی ہے۔ اسے لکیری فلٹر کہا جاتا ہے کیونکہ آؤٹ پٹ ایجنز پیکسل کی ویلیو ان پٹ پیکسلز کے پڑوس میں پیکسل کی قدر کا ایک لکیری مجموعہ ہے۔ فلٹرنگ تکنیک ان پٹ ایجنز کو ایک مناسب فلٹر کرنل کے ارتباط کے ساتھ فلٹر کر کے کی جاتی ہے [35][26]-

### 2.2.8 من فلٹر (Min Filter)

اس فلٹرنگ تکنیک کا استعمال ڈیجیٹل امیجز کے تاریک ترین پوائنٹس کو تلاش کرنے اور پھر ڈیجیٹل امیج کے اندھیری حصے کو enhance کے لیے کیا جاتا ہے۔ اس کا استعمال فلٹر سے area surrounded میں کم از کم values تلاش کرنے کے لیے بھی کیا جاتا ہے۔ یہ کبھی کبھی نمک کے نوئز جیسے تسلسل کے نوئز کو دور کرنے کے لیے استعمال کیا جاتا ہے، کیونکہ کم سے کم آپریشنز کیے جاتے ہیں۔

### 2.2.9 میکس فلٹر (Max Filter)

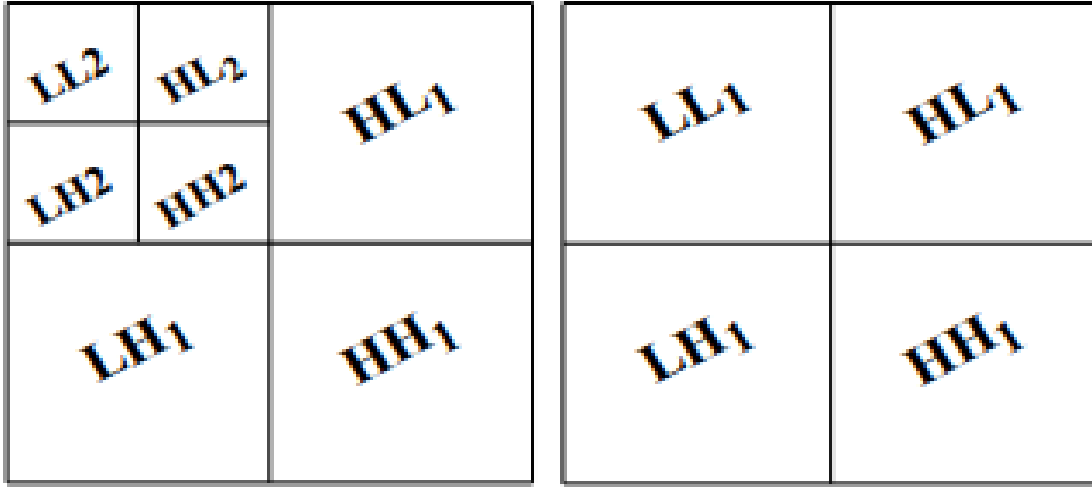
اس فلٹرنگ تکنیک کا استعمال ڈیجیٹل امیجز میں روشن ترین پوائنٹس تلاش کرنے اور پھر ڈیجیٹل امیج کے روشن حصے کو بڑھانے کے لیے کیا جاتا ہے۔ یہ فلٹر سے area surrounded میں زیادہ سے زیادہ value تلاش کرنے کے لیے بھی استعمال ہوتا ہے۔ زیادہ سے زیادہ کارروائیوں کی وجہ سے یہ کبھی کبھی کالی مرچ (pepper noise) کے نوئز جیسے تسلسل کے نوئز کو دور کرنے کے لیے استعمال ہوتا ہے۔

### 2.3 ڈیجیٹل امیج کا ویولٹ ڈیکمپوزیشن (Wavelet Decomposition of a Digital Image)

ویولٹ ڈیکمپوزیشن سے مراد مختلف فریکوئنسی ذیلی بینڈز میں سگنل کا ڈی کمپوزیشن ہے [35][36]۔

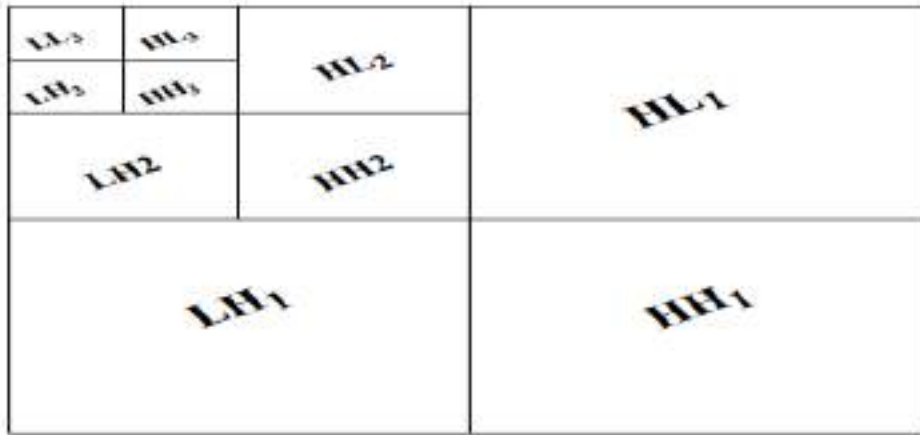
یہ ذیلی بینڈ "  $HH_k$ ،  $HL_k$ ،  $LH_k$ ،  $LL_i$  " کی طرح ہیں، یہاں  $k = 1, 2, \dots, i$  یا  $k^{th}$  فریکوئنسی لیول،  $i$  ڈی کمپوزیشن (Decomposition) کے سب سے بڑے پیمانے کی نمائندگی کرتا ہے۔ یہاں LL سب سے کم فریکوئنسی ذیلی بینڈ ہے جسے تجزیہ کرنے والے سگنل کا تخمینہ عدد کہا جاتا ہے،  $HL_k$ ،  $LH_k$ ، اور  $HH_k$  کو بالترتیب افقی عدد، عمودی عدد، اور اخترن عدد "Horizontal Coefficient, Vertical Coefficients, and Diagonal Coefficients" کے نام سے جانا جاتا ہے۔ پہلے سطح پر ایک سگنل کو چار حصوں میں تقسیم کیا جاتا ہے یعنی تقریباً گویا فیشنٹس کا حصہ افقی کو فیشنٹس کا حصہ، عمودی گتاتک کا حصہ، اور ڈائیگنل کو فیشنٹس کا حصہ "Horizontal Coefficient, Vertical Coefficients, and Diagonal Coefficients"۔ لیکن سطح 2 پر

صرف قریب کا حصہ مزید decompose کیا جاتا ہے۔ کیونکہ لگ بھگ گتاتک کم پاس فلٹرز کے ذریعے پاس کیے گئے تھے۔ اس طرح، سگنل کے Decomposition کا پورا عمل کیا جاتا ہے۔ ویولٹ Decomposition کو نیچے دیے گئے خاکوں (diagrams) سے دکھایا جاسکتا ہے [36]۔



فکر: 2.2 دوسری سطح ویولٹ ڈیکمپوزیشن

فکر: 2.1 پہلی سطح ویولٹ ڈیکمپوزیشن



فکر: 2.3 تیسری سطح ویولٹ ڈیکمپوزیشن

## 2.4 ویریانس (Variance)

ریاضی کی اصطلاحات میں، ہم ویریئنس کی تعریف اس طرح کرتے ہیں۔

$$(\sigma^2) = \sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} \frac{(f(x, y) - \bar{f}(x, y))^2}{M \times N}$$

یہاں،  $f(x, y)$  ایک تخمینہ شدہ فنکشن ہے،  $\bar{f}(x, y)$  تخمینہ شدہ فنکشن کا اوسط ہے، اور  $\sigma^2$  سگما اسکوائر اس کے وسط سے پیش گوئی شدہ قدروں کا فرق ہے۔

## 2.5 سگنل نوئز کا تناسب (Signal Noise Ratio)

ریاضی میں ہم SNR فنکشن کو اس طرح لکھتے ہیں۔

$$\text{ایس این آر} = 20 \times \log_{10} \frac{\sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} [\hat{f}(x, y)]^2}{\sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} [f(x, y) - \hat{f}(x, y)]^2} \text{----- (2.2)}$$

یہاں،  $f(x, y)$  ان پٹ امیج ہے اور  $\hat{f}(x, y)$  ترکیب شدہ امیج ہے۔

## 2.6 مین اسکوائر ایرر (Mean Square Error)

مین اسکوائر ایرر فنکشن کی تعریف اس طرح کی گئی ہے۔

$$\text{ایم ایس ای} = \frac{1}{M \times N} \sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} [f(x, y) - \hat{f}(x, y)]^2 \text{----- (2.3)}$$

جیسا کہ اوپر بتایا گیا ہے،  $f(x, y)$  ایک ان پٹ امیج ہے اور  $\hat{f}(x, y)$  ترکیب شدہ امیج ہے۔

## 2.7 چوٹی سگنل نوئز کا تناسب (Peak Signal Noise Ratio)

PSNR کی ریاضیاتی شکل اس طرح دی گئی ہے۔

$$\text{پی ایس این آر} = 10 \times \log_{10} \frac{255^2}{\frac{1}{M \times N} \sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} [f(x, y) - \hat{f}(x, y)]^2} \text{----- (2.4)}$$

یہاں،  $255 \times 255$  ان پٹ امیج کا سائز ہے،  $f(x, y)$  ان پٹ امیج، اور  $\hat{f}(x, y)$  ترکیب شدہ امیج ہے۔

## 2.8 تھریش ہولڈنگ تکنیک اور اس کی اقسام (Thresholding Technique and its Types)

### 2.8.1 تھریش ہولڈنگ (Thresholding)

تھریش ہولڈنگ امیج سیکمنٹیشن کی ایک تکنیک ہے۔ دوسرے الفاظ میں، یہ امیج کو مختلف حصوں یا حصوں میں تقسیم کرتا ہے۔ ڈی کمپوزیشن کے عمل میں شبیہ کو اشیاء سے مماثل خطے میں تقسیم کرنا شامل ہے۔ ہم مشترکہ خصوصیات کو پہچاننے کے لیے علاقوں کے حصے کر رہے ہیں۔ کسی خطے میں پکسلز کی ایک اہم خوبی یہ ہے کہ وہ شدت کا اشتراک کر سکتے ہیں۔ لہذا ان areas کو تقسیم کرنے کے لیے حد بندی ایک منفرد تکنیک ہے۔ کبھی کبھی یہ bright اور dark areas کو تقسیم کرنے کے لیے استعمال ہوتا ہے [36]۔

اس تکنیک کو گرے اسکیل امیجز سے بائری امیجز بنانے کے لیے بھی استعمال کیا جاتا ہے، جس میں تھریش ہولڈ سے اوپر کی تمام پکسل ویلیو کو ایک میں اور تمام پکسل ویلیو کو تھریش ہولڈ سے کم صفر میں تبدیل کیا جاتا ہے۔

جب،  $h(x, y)$  عالمی حد  $T$  پر  $I(x, y)$  کی دہلیز ہے، تب ریاضی کے طور پر اسے اس طرح دکھایا جاسکتا ہے۔

$$h(x, y) = \begin{cases} 1 & \text{if } I(x, y) \geq T \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad \text{----- (2.5)}$$

یہاں  $(x, y)$   $h(x, y)$  کی حد (threshold) ہے، اور  $I(x, y)$  پر گرے اسکیل کی امیج ہے۔

ڈیجیٹل امیج پروسیسنگ میں، تھریش ہولڈنگ تکنیک امیج ڈینوائزنگ میں اہم کردار ادا کرتی ہے۔ دوسرے الفاظ میں، تھریش ہولڈنگ اپروچ دی گئی امیجز سے غیر ضروری اور ناپسندیدہ خصوصیات کو ہٹاتا ہے اور امیجز میں چھپی ہوئی معلومات کو ظاہر کرنے میں بھی مدد کرتا ہے۔ ویولٹیو تھریش ہولڈنگ کو ویولٹیو ڈی کمپوزیشن کے نام سے بھی جانا جاتا ہے۔ ویولٹیو تھریش ہولڈنگ تکنیک میں، ویولٹیو کے ڈی کمپوزیشن سے حاصل ہونے والے ہر چھوٹے گتاتک coefficients کو کم کر کے صفر کر دیا جاتا ہے۔ عام طور پر، یہ بڑے ویولٹیو گتاتک حقیقی امیج کی نمائندگی کرتے ہیں اور چھوٹے ویولٹیو گتاتک نوئز والی امیج کی نمائندگی کرتے ہیں۔ وقتاً فوقتاً، ڈیجیٹل امیج ڈینوائزنگ کے لیے تھریش ہولڈنگ کی مختلف تکنیکیں تجویز کی گئیں۔ لیکن سب سے زیادہ

عام اور وسیع پیمانے پر لاگو تھریش ہولڈنگ تکنیک سخت اور نرم تھریش ہولڈنگ ہیں، جو ڈونوہ نے 1994 میں متعارف کروائی تھیں۔ یہ تکنیک تھریش ہولڈ ویلیو کی شدت سے نیچے نوئز کو لے جانے والے ویولٹ گٹانک کو ہٹانے میں مدد کرتی ہے اور بقیہ گٹانک سگنل کے تخمینے کی ضرورت کو پورا کریں گے۔ لہذا، نوئز کی امیجز سے نوئز کو دور کرنے کے لئے، مختلف طریقوں اور تکنیکوں کی ضرورت ہے۔ اس تحقیقی کام میں، ہم نے ڈیجیٹل امیج ڈینوائزنگ کے لیے مختلف طریقوں اور تکنیکوں کا استعمال کیا۔ ان تکنیکوں میں، ویولٹ تھریش ہولڈنگ ڈیجیٹل امیج ڈینوائزنگ کے لیے استعمال ہونے والی اہم تکنیکوں میں سے ایک ہے۔

تھریش ہولڈنگ کی تکنیک میں ہارڈ تھریش ہولڈنگ (hard thresholding)، نرم تھریش ہولڈنگ (soft thresholding)، بیز تھریش ہولڈنگ (BayesShrink)، VisuShrin، شور تھریش ہولڈنگ، SureShrink تھریش ہولڈنگ وغیرہ شامل ہیں۔ ڈیجیٹل امیج ڈینوائزنگ کے لیے تھریش ہولڈنگ کے اطلاق میں، یہ چھوٹے ویولٹ گٹانک کو صفر کے برابر کرتا ہے، کیونکہ یہ امیج میں موجود نوئز والے ویولٹ گٹانک ہیں۔ حد threshold کی تھیوری کا انحصار ایک قدر (Threshold Value) پر ہوتا ہے۔ اگر ہم چھوٹی قدر کا انتخاب کرتے ہیں، تو کچھ ویولٹ گٹانک باقی رہ سکتے ہیں جو نوئز رکھتے ہیں، اور وہ اندازے کے مطابق سگنل کے تحت رہیں گے۔ لیکن پھر بھی ہماری امیج نوئز رہتی ہے۔ دوسری طرف، اگر ہم ایک بڑی قدر کا انتخاب کرتے ہیں تو اس سے کچھ نوئز سے پاک pure ویولٹ گٹانک ختم ہو سکتا ہے اور یہ معلومات کو کھونے کا مسئلہ پیدا کر سکتا ہے۔ یہ ایک بار پھر ڈیجیٹل امیج ڈینوائزنگ کی راہ میں رکاوٹ بن جاتا ہے۔ اس قسم کے مسئلے کی نشاندہی SNR اور PSNR سے کی جاسکتی ہے۔ دوسرے لفظ میں، اگر SNR اور PSNR زیادہ ہیں، تو ڈیجیٹل امیج ڈینوائزنگ کی درستگی بہتر ہے۔ آخر میں، ہم یہ کہہ کر نتیجہ اخذ کرتے ہیں کہ، ہمیں اعلیٰ SNR اور PSNR حاصل کرنے کے لیے ایک بہترین حد threshold کا انتخاب کرنا چاہیے۔

## 2.8.2 تھریش ہولڈنگ کی اقسام (Types of Thresholding)

ویولٹ گٹانک کی حد بندی (thresholding the wavelet coefficients) کے دو عمومی طریقے ذیل میں دیئے گئے ہیں۔

### 2.8.2.1 ہارڈ تھریش ہولڈنگ (Hard Thresholding)

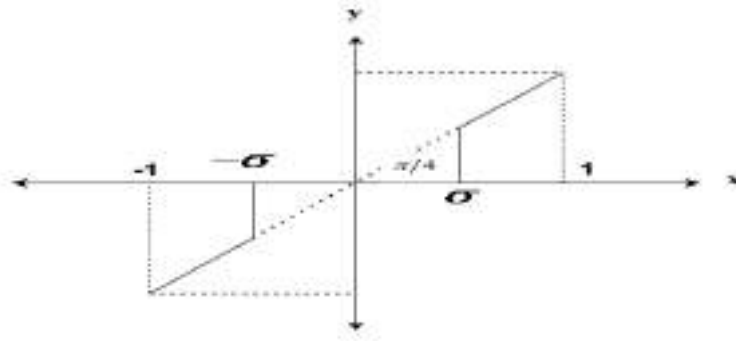
ہارڈ تھریش ہولڈنگ کو گیتنگ بھی کہا جاتا ہے۔ یہ فنکشن کے تمام گٹانک (coefficients) کو صفر پر سیٹ کرتا ہے اگر وہ منتخب



کردہ حد کی قدر سے کم ہوں۔ نوٹز والے گتائوں (coefficients) کو ختم کرنے کے لیے امیج کے تمام ویولٹ کے گتائے (coefficients) پر ہارڈ تھریش ہولڈنگ لگانے کے لیے۔ T کو نوٹز کے تغیر سے لے جانے والی حد کی قدر ہونے دیں۔ ڈوہونو (Dohono) نے سخت دہلیز (hard thresholding) کو [36][25] [37][38] اس طرح سے بیان کیا ہے۔

$$T_h = \begin{cases} x, & \text{if } |x| \geq \sigma \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad \text{----- (2.6)}$$

یہاں، x تمام ویولٹ گتائوں (wavelet coefficients) کی نمائندگی کرتا ہے، جو ہماری منتخب کردہ حد کی قدر سے زیادہ ہے اور 0 نوٹز والے ویولٹ کو فیشنٹس (noisy wavelet coefficients) کی نمائندگی کرتا ہے، جسے ہم ختم کرنے جارہے ہیں۔



فکر: 2.4: ہارڈ تھریش ہولڈنگ

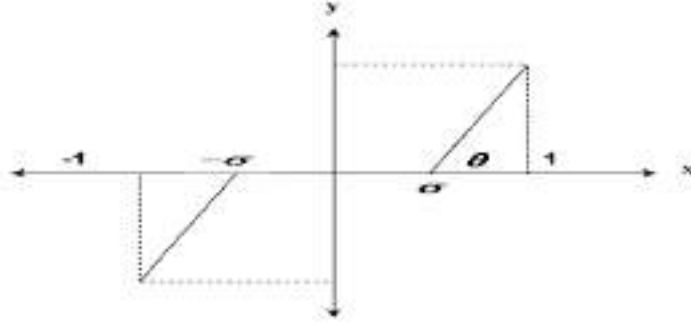
### 2.8.2.2 سوفٹ تھریش ہولڈنگ (Soft Thresholding)

ریاضی کے لحاظ سے ڈوہونو نے سوفٹ دہلیز کی تعریف اس طرح کی ہے [36][37][38]:

$$T_s = \begin{cases} \text{sig}(x)(|x| - \sigma), & \text{if } |x| \geq \sigma \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad \text{----- (2.7)}$$

یہاں sig کو signum فنکشن کہا جاتا ہے

نرم تھریش ہولڈنگ (soft thresholding) تمام ویولٹ گتاتک (wavelet coefficients) کو صفر پر بھی سیٹ کرتی ہے، جس کی مطلق قدر دی گئی حد کی قدر T سے کم ہوتی ہے، پھر غیر صفر ویولٹ کو فیشنٹس کو سکڑ کر shrink صفر کی طرف کر دیتی ہے۔ حد کی قدر T (threshold value) جسے ہم اوپر کی حد بندی کی تکنیکوں میں لاگو کرتے ہیں اسے یونیورسل تھریش ہولڈنگ کہا جاتا ہے۔



فکر: 2.5 سوفٹ تھریش ہولڈنگ

ریاضی کے لحاظ سے ڈوہونو اور جان سٹون نے اس کی تعریف اس طرح کی ہے [38]:

$$T = \sqrt{\sigma^2 \log_2 N} \quad \text{----- (2.7)}$$

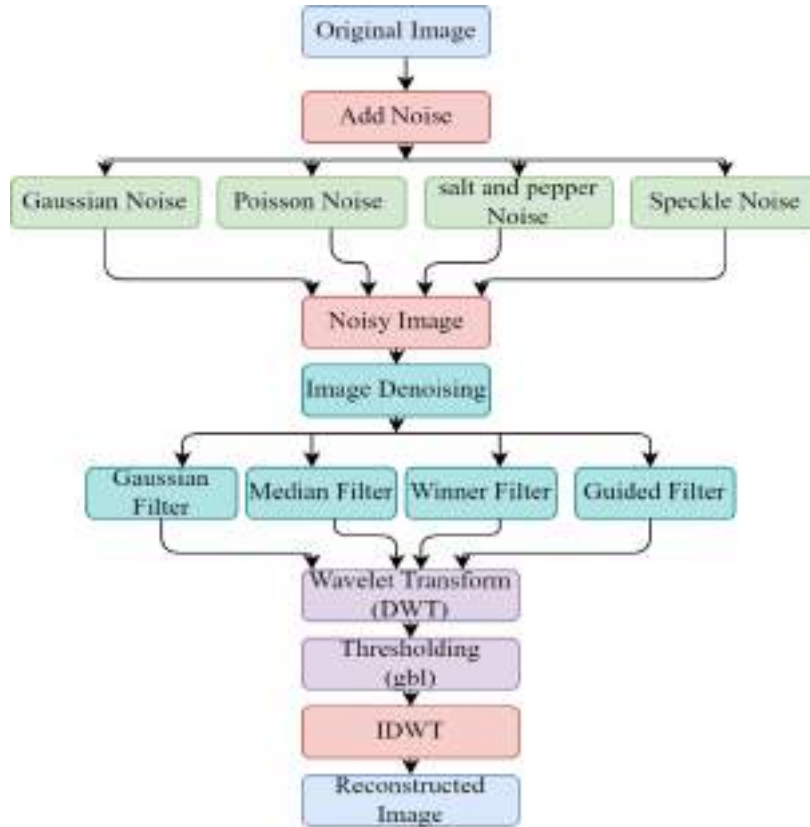
یہاں  $\sigma^2$  کوڈی کمپوزیشن (decomposition) کی انتہائی سطح پر تفصیلی ویولٹ گتاتکوں (wavelet coefficients) کا نوز تغیر کہا جاتا ہے۔

N سگنل کا سائز ہے (یعنی ڈیجیٹل امیج کا سائز  $256 \times 256$  ہو سکتا ہے) وغیرہ۔ اوپر والے T کو بعض اوقات یونیورسل یا VisuShrink تھریش ہولڈنگ کہا جاتا ہے۔

2.9 ڈیجیٹل امیج ڈینوائزنگ کے لیے مجوزہ الگورتھم۔

- MATLAB (2020a سافٹ ویئر) میں  $255 \times 255$  سائز کے ساتھ گرے اسکیل (سیٹی اسکین) امیج لوڈ کریں۔
- بھری (loaded image) ہوئی امیج میں مذکورہ بالا چاروں نوزز کو الگ سے شامل کریں۔

- مرحلہ 2 میں موجود امیجز پر چاروں فلٹرز الگ الگ لگائیں
  - ویولیت ٹرانسفارم (bior1.5 اور db2، coif2، sym4) کو ڈی کمپوزیشن (decomposition level) کی سطح 3 پر مرحلہ 3 میں موجود تمام امیجز پر لگایا گیا ہے۔
  - مرحلہ 4 میں موجود میٹرکس کے تفصیلی کتاتکوں (detailed coefficients) پر تھریش ہولڈنگ (gbl) کا اطلاق کیا گیا ہے۔
  - انورس ڈسکریٹ ویولیت ٹرانسفارم (IDWT) کو مرحلہ 5 میں موجود میٹرکس پر لاگو کیا گیا ہے۔ آخر میں ہمیں ترکیب شدہ (دوبارہ تشکیل شدہ) امیجز ملتی ہیں اور ہم MSE، SNR، اور PSNR کی بنیادوں پر اصل اور ترکیب شدہ امیجز کے درمیان نتائج تلاش کرتے ہیں۔
- مندرجہ بالا الگورتھم کا فلو چارٹ ذیل میں دکھایا گیا ہے۔



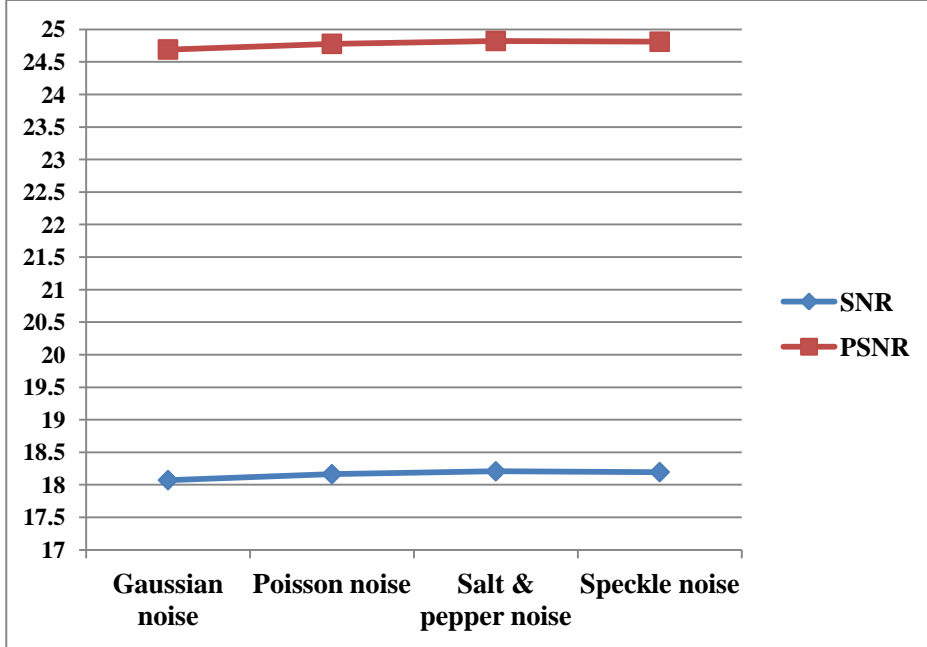
فکر: 2.6: فلو چارٹ

2.10 MSE، SNR، اور PSNR کے لحاظ سے مجوزہ الگورتھم (proposed algorithm) کے جدول کے

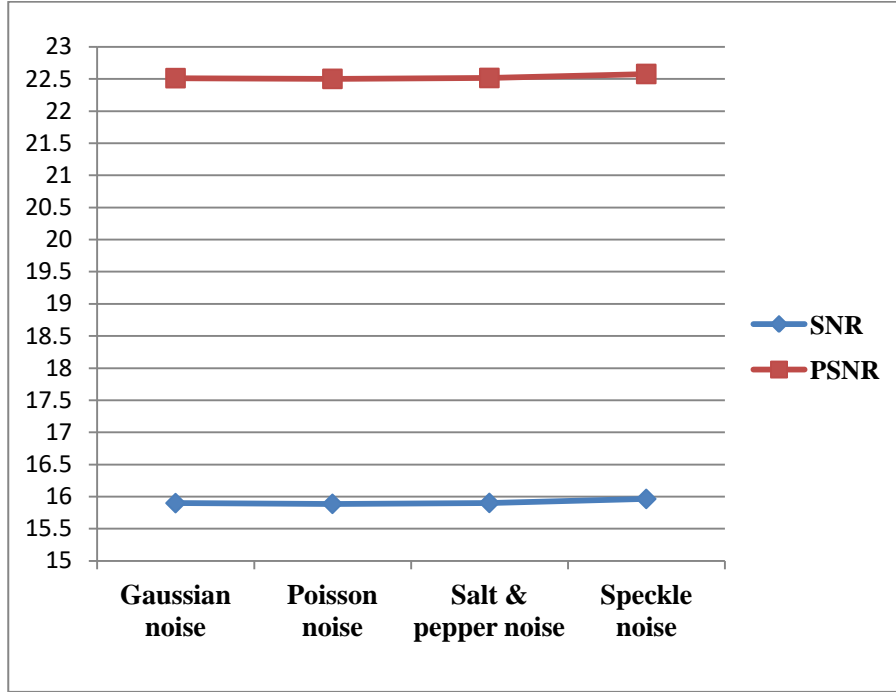
تجزیے۔

| ایجنج               | (sym4) ویولیٹ کے ساتھ گاوسین فلٹر |         |         | (sym4) ویولیٹ کے ساتھ میڈین فلٹر |         |         |
|---------------------|-----------------------------------|---------|---------|----------------------------------|---------|---------|
|                     | MSE                               | SNR     | PSNR    | MSE                              | SNR     | PSNR    |
| Gaussian noise      | 222.7798                          | 18.0714 | 24.6905 | 367.5120                         | 15.8974 | 22.5120 |
| Poisson noise       | 218.1478                          | 18.1627 | 24.7773 | 368.4742                         | 15.8861 | 22.5007 |
| Salt & pepper noise | 215.9369                          | 18.2069 | 24.8215 | 366.2468                         | 15.9006 | 22.5152 |
| Speckle noise       | 216.5448                          | 18.1947 | 24.8093 | 362.0227                         | 15.9628 | 22.5774 |

ٹیبل نمبر: 2.1 sym4 کے ساتھ گاوسین فلٹر، sym4 کے ساتھ میڈین فلٹر



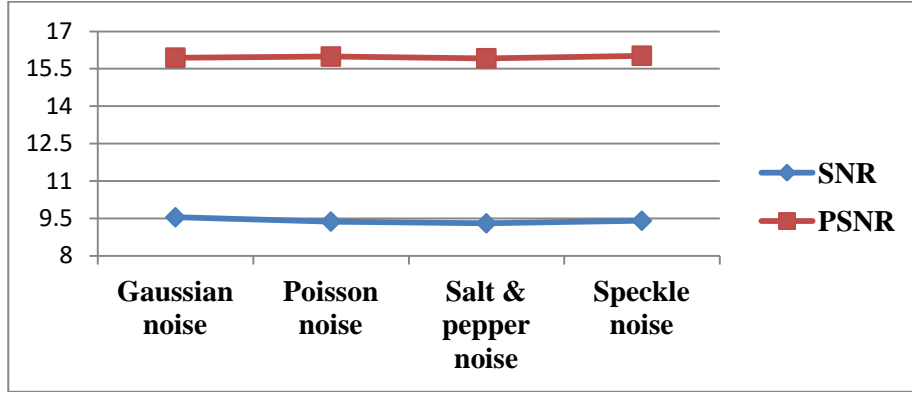
فکر: 2.7 سیملیٹ 4 کے ساتھ گاوسین فلٹر



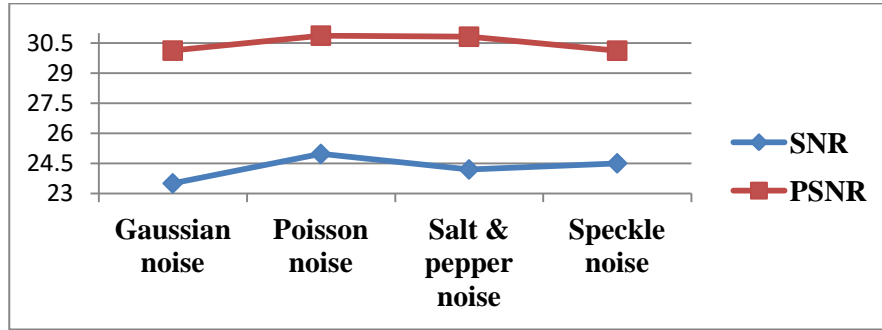
فکر: 2.8: سیملیٹ 4 کے ساتھ میڈین فلٹر

| ایچ                 | (sym4) ویولٹ کے ساتھ گائیڈ فلٹر |        |         | (sym4) ویولٹ کے ساتھ ویز فلٹر |         |         |
|---------------------|---------------------------------|--------|---------|-------------------------------|---------|---------|
|                     | MSE                             | SNR    | PSNR    | MSE                           | SNR     | PSNR    |
| Gaussian noise      | 166.777                         | 9.5464 | 15.9444 | 63.7052                       | 23.5084 | 30.1230 |
| Poisson noise       | 165.457                         | 9.3727 | 15.9873 | 57.2195                       | 24.9747 | 30.8694 |
| Salt & pepper noise | 167.714                         | 9.3031 | 15.9177 | 54.3127                       | 24.2012 | 30.8158 |
| Speckle noise       | 163.546                         | 9.4066 | 16.0212 | 50.6327                       | 24.5059 | 30.1205 |

ٹیبل نمبر: 2.2: sym4 کے ساتھ گائیڈ فلٹر، sym4 کے ساتھ ویز فلٹر



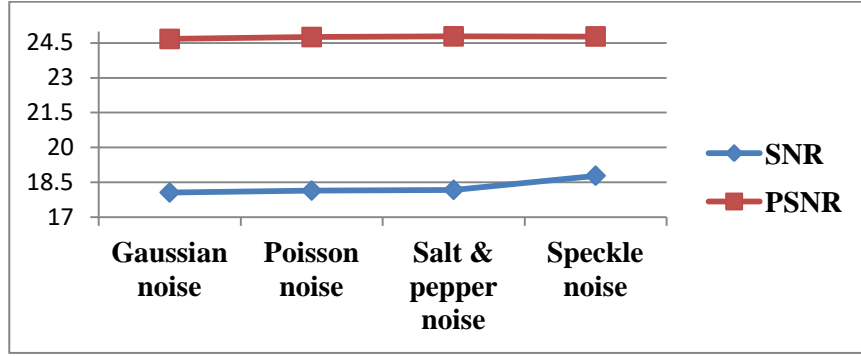
فگر: 2.9 سیملیٹ 4 کے ساتھ گائڈڈ فلٹر



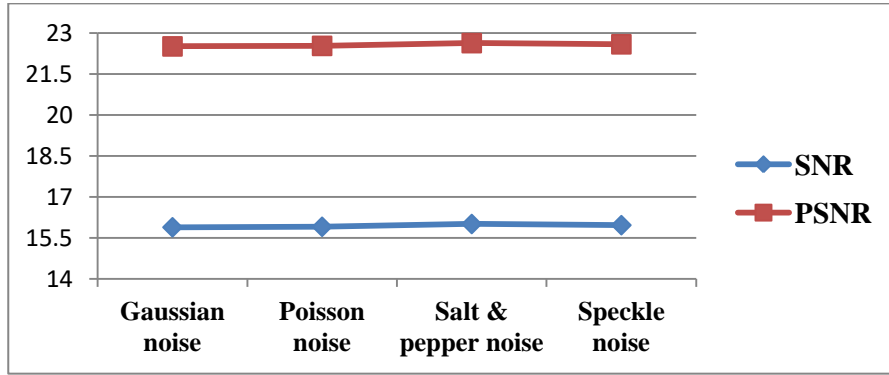
فگر: 2.10 سیملیٹ 4 کے ساتھ ویز فلٹر

| ایچ                 | coif2 کے ساتھ گاوسین فلٹر |         |         | coif2 کے ساتھ میڈین فلٹر |         |         |
|---------------------|---------------------------|---------|---------|--------------------------|---------|---------|
|                     | MSE                       | SNR     | PSNR    | MSE                      | SNR     | PSNR    |
| Gaussian noise      | 233.6111                  | 18.0553 | 24.6699 | 367.7112                 | 15.8951 | 22.5097 |
| Poisson noise       | 219.3934                  | 18.1380 | 24.7526 | 367.014                  | 15.9137 | 22.5283 |
| Salt & pepper noise | 217.9397                  | 18.1669 | 24.7814 | 357.6676                 | 16.0154 | 22.6300 |
| Speckle noise       | 218.0626                  | 18.7790 | 24.7790 | 361.2324                 | 15.9723 | 22.5869 |

ٹیبل نمبر: 2.3 coif2 کے ساتھ گاوسین فلٹر، coif2 کے ساتھ میڈین فلٹر



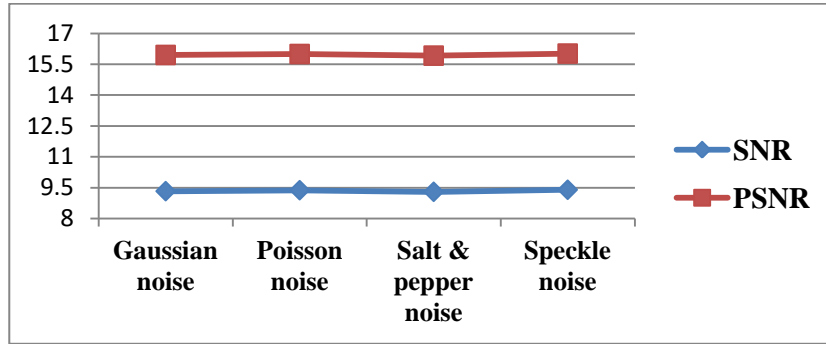
فکر: 2.11 کو فلیٹ 2 کے ساتھ گاوسین فلٹر



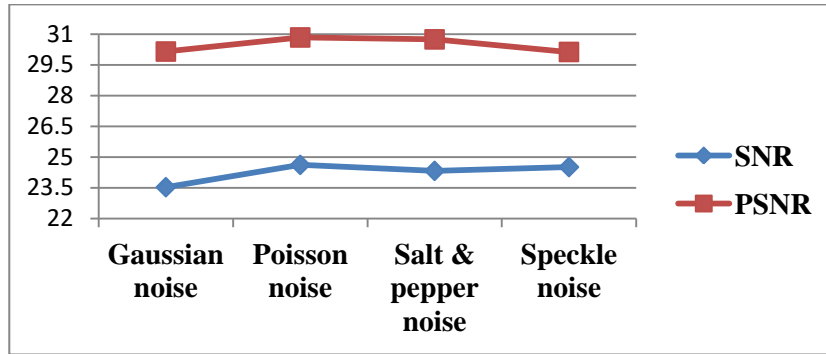
فکر: 2.12 کو فلیٹ 2 کے ساتھ میڈین فلٹر

| ایچ                 | coif2 کے ساتھ گاؤسیٹڈ فلٹر (coif2) |        |         | coif2 کے ساتھ ویز فلٹر (coif2) |         |         |
|---------------------|------------------------------------|--------|---------|--------------------------------|---------|---------|
|                     | MSE                                | SNR    | PSNR    | MSE                            | SNR     | PSNR    |
| Gaussian Noise      | 166.565                            | 9.3321 | 15.9468 | 63.4031                        | 23.5291 | 30.1437 |
| Poisson Noise       | 165.456                            | 9.3789 | 15.9936 | 70.9913                        | 24.6166 | 30.8312 |
| Salt & Pepper Noise | 167.425                            | 9.3003 | 15.9149 | 52.8049                        | 24.3234 | 30.7381 |
| Speckle Noise       | 164.102                            | 9.3991 | 16.0137 | 50.5920                        | 24.5094 | 30.1240 |

ٹیبل نمبر: 2.4 coif2 کے ساتھ گاؤسیٹڈ فلٹر, coif2 کے ساتھ ویز فلٹر



فکر: 2.13 کو فلیٹ 2 کے ساتھ گائیڈ فیلٹر

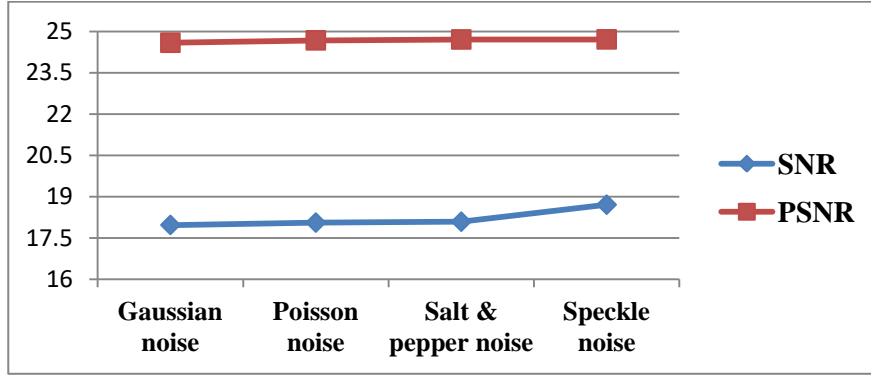


فکر: 2.14 کو فلیٹ 2 کے ساتھ ویزر فیلٹر

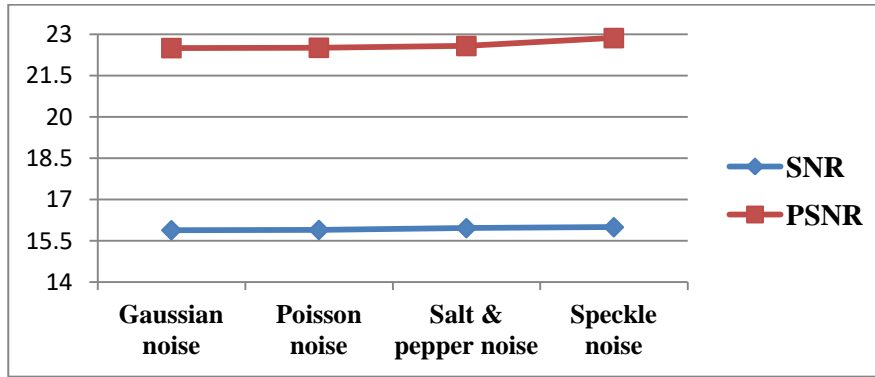
| انج                 | db2 کے ساتھ گائیڈ فیلٹر (db2) |         |         | db2 کے ساتھ میڈین فیلٹر |         |         |
|---------------------|-------------------------------|---------|---------|-------------------------|---------|---------|
|                     | MSE                           | SNR     | PSNR    | MSE                     | SNR     | PSNR    |
| Gaussian noise      | 227.9909                      | 17.9710 | 24.5856 | 368.145                 | 15.8835 | 22.4981 |
| Poisson noise       | 223.4957                      | 18.0575 | 24.6721 | 367.7662                | 15.8945 | 22.5091 |
| Salt & pepper noise | 221.8690                      | 18.0892 | 24.7038 | 362.2767                | 15.9598 | 22.5744 |
| Speckle noise       | 221.7060                      | 18.7069 | 24.7070 | 346.457                 | 15.9941 | 22.8614 |

ٹیبل نمبر: 2.5 db2 کے ساتھ گائیڈ فیلٹر، db2 کے ساتھ میڈین فیلٹر





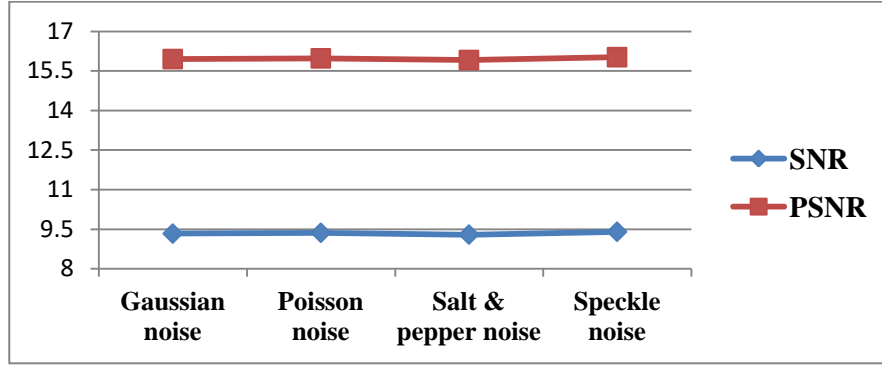
فکر: 2.15 ڈبوشیز 2 کے ساتھ گاوسین فلٹر



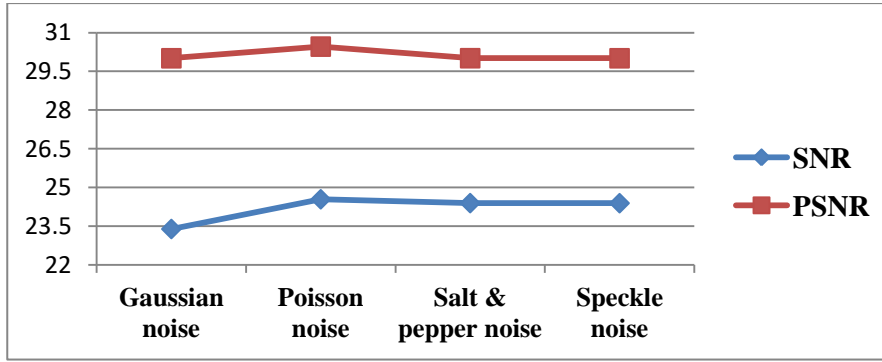
فکر: 2.16 ڈبوشیز 2 کے ساتھ میڈین فلٹر

| ایچ                 | (db2) ویولیٹ کے ساتھ گائیڈ فلٹر |        |         | (db2) ویولیٹ کے ساتھ ویز فلٹر |         |         |
|---------------------|---------------------------------|--------|---------|-------------------------------|---------|---------|
|                     | MSE                             | SNR    | PSNR    | MSE                           | SNR     | PSNR    |
| Gaussian noise      | 166.600                         | 9.3335 | 15.9481 | 65.3762                       | 23.3960 | 30.0106 |
| Poisson noise       | 165.455                         | 9.3644 | 15.9753 | 60.9272                       | 24.5470 | 30.4616 |
| Salt & pepper noise | 166.154                         | 9.2966 | 15.9112 | 51.9088                       | 24.3978 | 30.0124 |
| Speckle noise       | 164.125                         | 9.4041 | 16.0187 | 54.4555                       | 24.3956 | 30.0102 |

ٹیبل نمبر: 2.6 db2 کے ساتھ گائیڈ فلٹر، db2 کے ساتھ ویز فلٹر



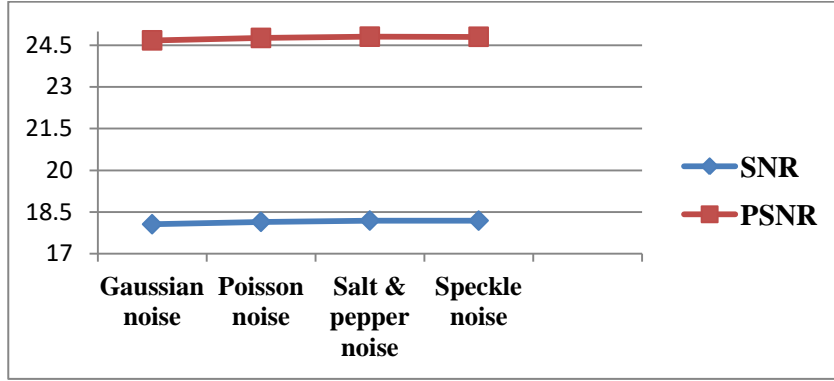
فگر: 2.17 ڈبوشیز 2 کے ساتھ گائیڈ فلٹر



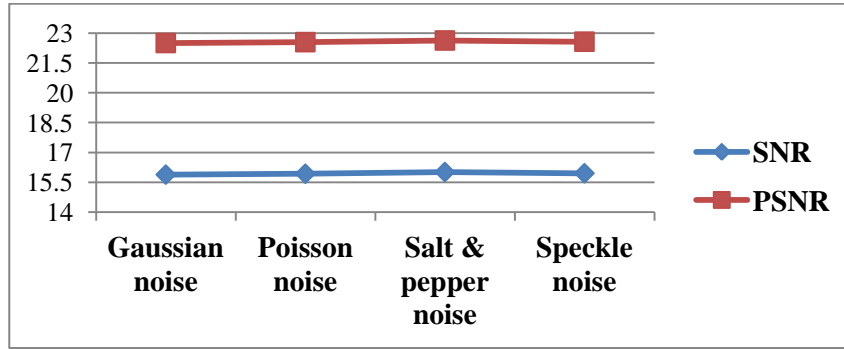
فگر: 2.18 ڈبوشیز 2 کے ساتھ ویز فلٹر

| ایج                 | (bior1.5) ویولیت کے ساتھ گائیڈ فلٹر |         |         | (bior1.5) میڈین فلٹر کے ساتھ |         |         |
|---------------------|-------------------------------------|---------|---------|------------------------------|---------|---------|
|                     | MSE                                 | SNR     | PSNR    | MSE                          | SNR     | PSNR    |
| Gaussian noise      | 223.3576                            | 18.0602 | 24.6748 | 368.6849                     | 15.8830 | 22.4982 |
| Poisson noise       | 218.9749                            | 18.1463 | 24.7609 | 364.9486                     | 15.9279 | 22.5425 |
| Salt & pepper noise | 216.6532                            | 18.1925 | 24.8071 | 357.9440                     | 16.0120 | 22.6266 |
| Speckle noise       | 216.8145                            | 18.1893 | 24.8039 | 363.0442                     | 15.9506 | 22.5652 |

ٹیبل نمبر: 2.7 bior1.5 کے ساتھ گائیڈ فلٹر، bior1.5 کے ساتھ ویز فلٹر



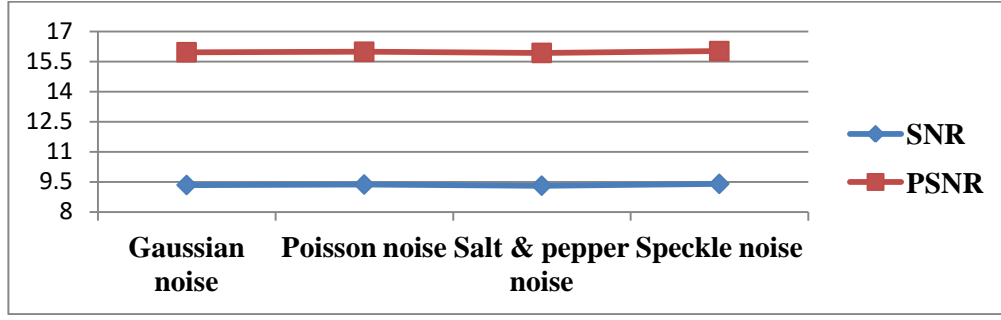
فگر: 2.19 باپور 1.5 کے ساتھ گاوسین فلٹر



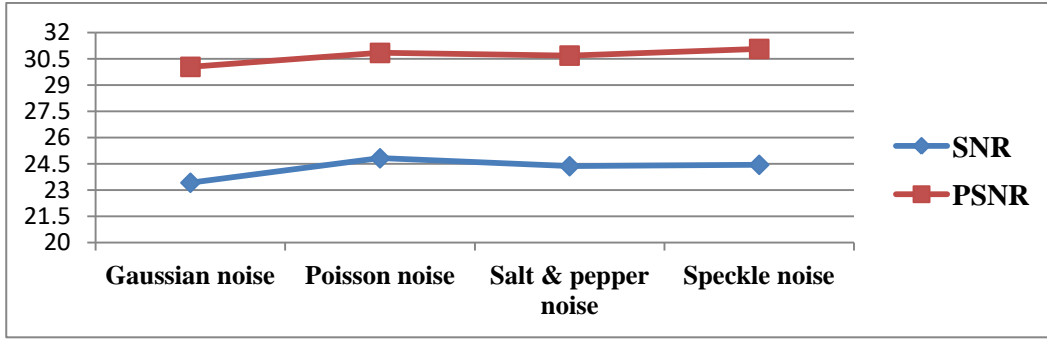
فگر: 2.20 باپور 1.5 کے ساتھ میڈین فلٹر

| انچ                 | (bior1.5) ویولٹ کے ساتھ گائیڈڈ فلٹر |        |         | (bior1.5) ویولٹ کے ساتھ ویز فلٹر |         |         |
|---------------------|-------------------------------------|--------|---------|----------------------------------|---------|---------|
|                     | MSE                                 | SNR    | PSNR    | MSE                              | SNR     | PSNR    |
| Gaussian noise      | 166.456                             | 9.3417 | 15.9563 | 64.9217                          | 23.4263 | 30.0409 |
| Poisson noise       | 164.215                             | 9.3659 | 15.9805 | 59.2671                          | 24.8222 | 30.8368 |
| Salt & pepper noise | 164.524                             | 9.3075 | 15.9221 | 52.2470                          | 24.3696 | 30.6842 |
| Speckle noise       | 161.456                             | 9.3984 | 16.0130 | 59.2972                          | 24.4493 | 31.0639 |

ٹیبل نمبر: 2.8 bior1.5 کے ساتھ گائیڈڈ فلٹر, bior1.5 کے ساتھ ویز فلٹر



فگر: 2.21 باپور 1.5 کے ساتھ گائیڈڈ فلٹر



فگر: 2.22 باپور 1.5 کے ساتھ ویزر فلٹر

### 2.11 ٹیسٹ امیج (Test Image) اور سنتھیسیزڈ (Synthesized) امیج۔

سینے کے سی ٹی اسکین کو ٹیسٹ امیج کے طور پر منتخب کیا جاتا ہے کیونکہ یہ مختلف تحقیقی مضامین میں استعمال ہوا ہے [41][40][39][34]۔



فگر: 2.23 آلودہ امیج (پوزن نوئز)



فکر: 2.24 ویز فلٹر اور ویولیت (sym4) کے ذریعے ڈینائز ڈا میج

## 2.12 خلاصہ (Summarize)

دیے گئے الگورتھم میں ہم چار نقلی نوئز، چار موجودہ ڈیجیٹل امیج فلٹرز، اور سی ٹی اسکین امیج ڈینائزنگ کے لیے چار ڈسکریٹ ویولٹس استعمال کرتے ہیں۔ ایک تقابلی مطالعہ امیج کو مسترد کرنے والی کارکردگی کے اڈوں پر کیا گیا تھا۔ امیج ڈینائزنگ پر فارمنس تین پیرامیٹرز پر مبنی ہے یعنی "سگنل نوئز ریشو (SNR)، اور چوٹی سگنل ٹو نوئز ریشو (PSNR)"۔ پورا سمولیشن (کام) MATLAB (2020a) سافٹ ویئر کے ذریعے کیا جاتا ہے۔ مندرجہ بالا آٹھ جدولوں سے ہم مشاہدہ کرتے ہیں کہ متعلقہ فلٹر کے ساتھ ساتھ ہر ایک ویولٹ مخصوص نقلی نوئز پر St-scan امیج ڈینائزنگ کے لحاظ سے بہتر کارکردگی کا مظاہرہ کرتا ہے۔ Table2، Table4، Table6، اور Table8 سے، ویولٹس، یعنی db2، coif2، اور bior1.5 ویز فلٹر کے ساتھ SNR قدروں کے لحاظ سے جذبہ نقلی نوئز پر باقی کی نسبت بہتر کارکردگی کا مظاہرہ کرتے ہیں۔ دوسری طرف ویولٹس یعنی sym4، db2، اور bior1.5 ویز فلٹر کے ساتھ PSNR قدروں کے لحاظ سے جذبہ نقلی نوئز پر باقی کی نسبت بہتر کارکردگی کا مظاہرہ کرتے ہیں۔

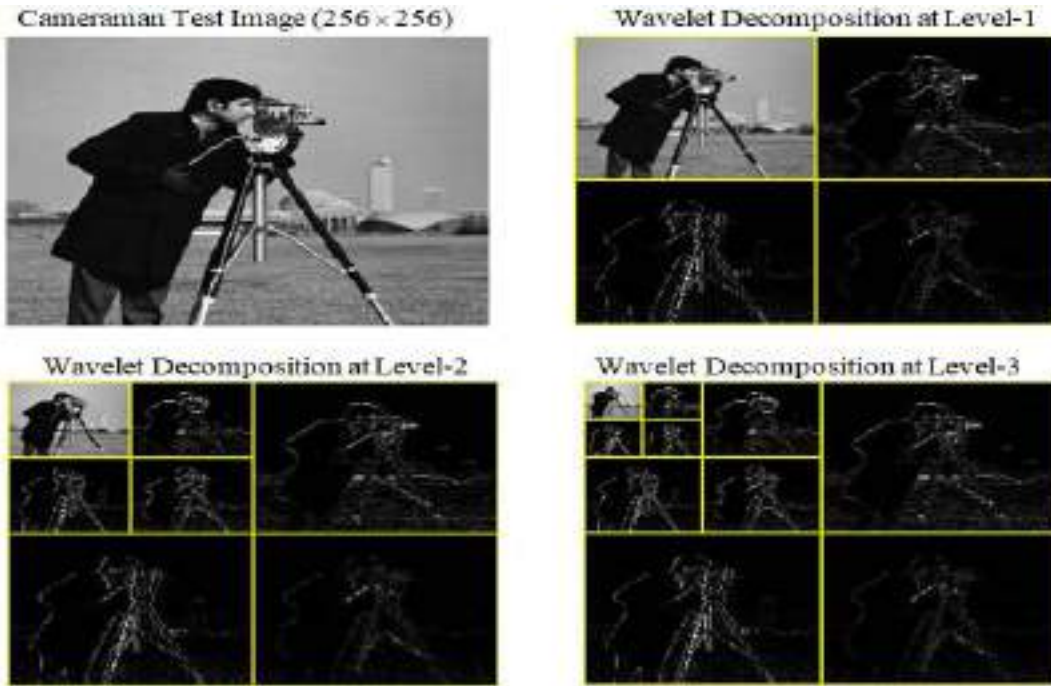
## باب سوم

### تھریش ہولڈنگ تکنیک اور ویولٹ پیٹ کی تبدیلی کے ذریعے ڈیجیٹل امیج کی ڈینوائزنگ

#### 3.1 تعارف۔ (Introduction)

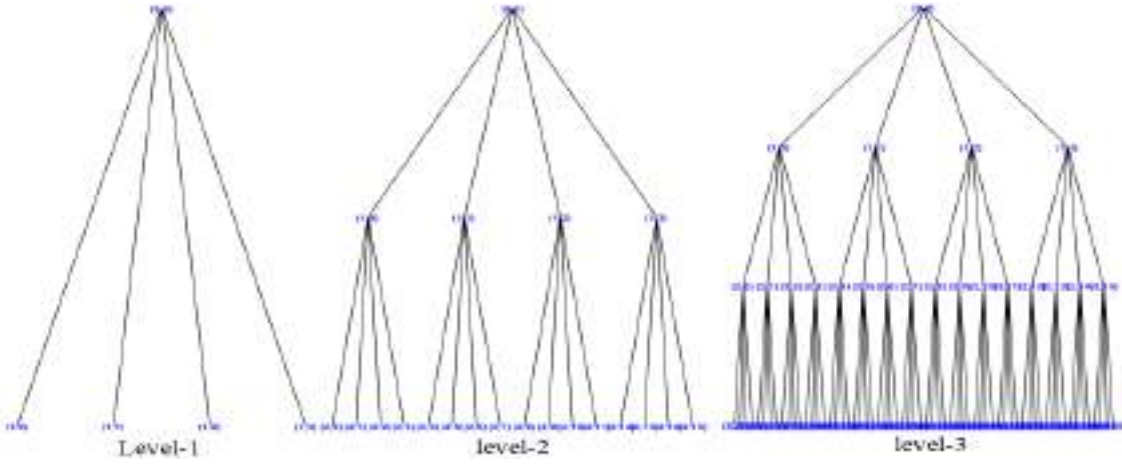
کمپیوٹرنگ، ٹرانسمیشن، اور اسٹورنگ کے دوران ڈیجیٹل امیج میں noise کا داخلہ ایک بڑی تشویش ہے [42]۔ noisy image سے noise کو دور کرنے کے لیے مختلف تکنیک اور طریقے استعمال کیے جاتے ہیں [43][8]۔ ویولٹ ٹرانسفارم اسٹیشنری اور نان اسٹیشنری سگنلز کا تجزیہ کرنے کا ایک معروف طریقہ ہے [44]۔ یہ فریکوئنسی ڈومین کے ساتھ ساتھ ٹائم ڈومین میں سگنل کی نمائندگی کرتا ہے [45]۔ ویولٹ ٹرانسفارم کے پیچھے کلیدی تصور یہ ہے کہ یہ تجزیہ کرنے والے سگنل (یا فنکشن) کو دو قسم کے گٹانکوں میں بیان کرتا ہے [36]۔ زیادہ شدت کے گٹانک ایک حقیقی سگنل کی نشاندہی کرتے ہیں جبکہ چھوٹے گٹانک اس میں موجود نوز کو ظاہر کرتے ہیں۔ یہ گٹانک پیدا ہوتے ہیں کیونکہ ویولٹ ڈی کمپوزیشن کا طریقہ کار پیمانے اور ترجمہ کا کام ہے۔ اسکیلنگ کا مطلب ہے کھڑکی کے فنکشن (یا ویولٹ) کو کھینچنا اور نچوڑنا تاکہ تیز اسپاگس اور انقطاع کا پتہ لگایا جاسکے اور ترجمہ کا مطلب ہے پورے وقت کے محور پر ونڈو فنکشن کو سگنل کے پار منتقل کرنا [45]۔ اس باب میں، ہم نے  $256 \times 256$  سائز کے کیمرہ مین کی ڈیجیٹل امیج کی تردید کی ہے [46]۔ سب سے پہلے، ہم نے دیے گئے فنکشن (امیج) کو لیول تھری تک ڈی کمپوزیشن کے لیے ویولٹ ٹرانسفارم لاگو کیا، یہاں ہمیں تفصیلی کو فیشنٹس سے ایک تھریس ہولڈ ویلیو ملتی ہے، اور پھر آخر میں ہم ویولٹ پیٹ ٹرانسفارم کے ذریعے اسی فنکشن کو ڈکمپوز کرتے ہیں اور ویولٹ سے حاصل کردہ تھریس ہولڈ ویلیو کو لاگو کرتے ہیں۔ دوسرے الفاظ میں، ہم نے دی گئی ڈیجیٹل امیج سے نوز کو ہٹانے کے لیے تین پیرامیٹرز یعنی ویولٹ ٹرانسفارم، تھریس ہولڈنگ، اور ویولٹ پیٹ ٹرانسفارم کا اطلاق کیا ہے۔ ہم پہلے ہی باب میں ویولٹس اور ویولٹ ٹرانسفارم پر بات کر چکے ہیں۔ یہاں ہم یہ شامل کرتے ہیں کہ ویولٹس میں بڑے سگنل کو چھوٹے ٹکڑوں یا ویولٹس میں کاٹ دینے کی صلاحیت ہوتی ہے، اور پھر ہر ٹکڑے کا تجزیہ اس کے پیمانے سے مماثل قرار داد کے ساتھ کیا جاتا ہے [49][48][47][44]۔ ویولٹ مختلف مقاصد کے لیے لگائے جاتے ہیں، جیسے سگنل کمپریشن، ہموار کرنا، تیز کرنا، ڈینوائزنگ وغیرہ۔ تقریباً ہر قسم کے سگنل کو مسترد کرنے کے لیے اس کی بڑی قدر ہے۔ ویولٹ کی اپنی شکل اور شناخت ہے اور اس میں مختلف خصوصیات ہیں۔ کسی بھی سگنل کے لیے سلیکشن ویولٹ کے لیے کوئی خاص اصول نہیں ہے۔ سگنل کے تجزیوں کے لحاظ سے ویولٹ کی کارکردگی سگنل سے سگنل تک مختلف ہوتی ہے یعنی کوئی خاص ویولٹ کسی بھی سگنل کے لیے ہر وقت بہتر کارکردگی کا مظاہرہ نہیں کر سکتا۔ مختلف تازہ ترین تحقیقی مضامین اور تحقیقی رجحانات کے

مطابق ہم نے کیمرہ مین کی ڈیجیٹل امیج کو ٹیسٹ امیج کے طور پر منتخب کیا ہے جو کہ ایک نان سٹیشنری سگنل ہے۔ ویولیت ٹرانسفارم ان پٹ سگنل کو پہلے سطح پر چار قسم کے گتاتوں میں تحلیل کرتا ہے یعنی تقریباً گتاتک، افقی قابلیت، عمودی عددی سر، اور اختزن عدد۔ لیکن ایک لیول سینڈر، سگنل کا صرف لگ بھگ حصہ مزید گل جاتا ہے۔ یہی عمل اگلی سطحوں پر لاگو ہوتا ہے جب تک کہ ہم الٹا ویولیت ٹرانسفارم کو لاگو نہیں کرتے [50][49][44]-DWT کی طرف سے ان پٹ امیج (input image) کی مختلف ڈی کمپوزیشن کی سطحیں (decomposition levels) دی گئی ہیں۔



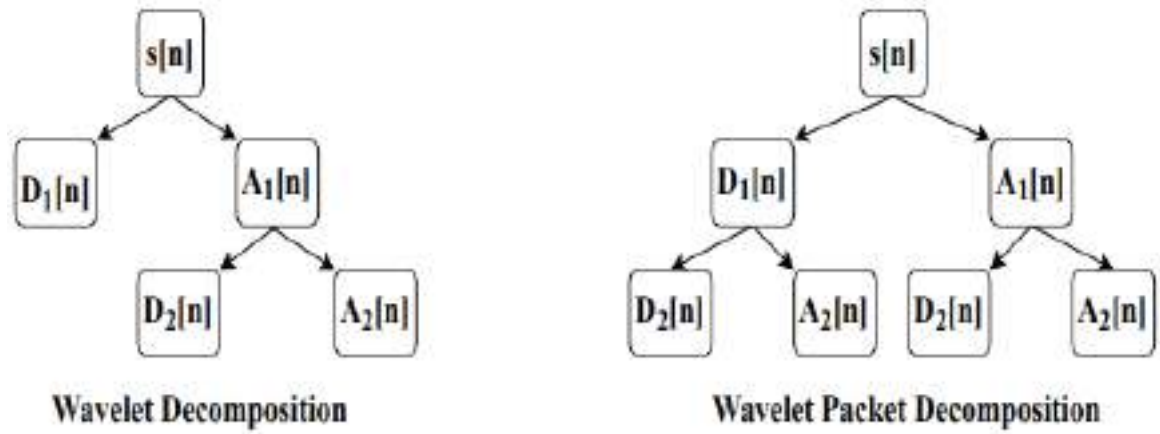
فکر: 3.1 سطح 1-، سطح 2-، اور سطح 3- پر ان پٹ امیج کا DWT

ویولیت ٹرانسفارمیشن کے عمل میں کسی ان پٹ (input) سگنل سے کچھ معلومات کے ضائع ہونے کا امکان ہے۔ لیکن ویولیت پیکٹ ٹرانسفارم (WPT) کے معاملے میں جو کہ ویولیت ٹرانسفارم کا ایک عام ہونا ہے، جہاں تمام گتاتک (coefficients) یعنی تقریباً گتاتک (approximation coefficients)، افقی عدد (horizontal coefficients)، عمودی گتاتک (vertical coefficients)، اور اختزن گتاتک (diagonal coefficients) ہر سطح پر مزید گل جاتے ہیں [47]- ڈیپٹیوٹی (WPT) کی طرف سے ایک سگنل کے درختوں (tree) کے گلنے کو اس طرح دیا گیا ہے۔



فكر: 3.2 سطح-1، سطح-2، اور سطح-3 پر WPD

ويوليٹ ٹرانسفارم اور ويوليٹ پيكت ٹرانسفارم کے درميان فرق درج ذيل ميں شامل كيا گيا ہے [36][50][44]-



فكر: 3.3 ويوليٹ اور ويوليٹ پيكت سگنل كى ڈكمپوزيشن

يہاں  $s[n]$  اصلى سگنل ہے،  $A[n]$  تخمينہ گتائىك (approximation coefficients) ہے اور  $D[n]$  تفصيلى گتائىك (Detailed coefficients) ہے۔

اسى باب ميں، ہم نے ويوليٹ ٹرانسفارم اور ويوليٹ پيكت ٹرانسفارم دونوں كو الگ الگ استعمال كيا ہے اور آخر ميں ڈينوائزنگ مقصد كے ليے تركيب شدہ اميج كو دوبارہ بنانے كے ليے IWPT كا استعمال كيا ہے۔



### 3.2 مجوزہ حد بندی کی تکنیک (Proposed Thresholding Technique)

ہم نے پہلے ہی اس مقالے کے دوسرے باب میں نوٹز کو ہٹانے کے لیے حد بندی کی تکنیک کی وضاحت کی ہے۔ کئی قسم کی تھریش ہولڈنگ تکنیکیں جیسے سافٹ، ہارڈ، ہائبرڈ، سیورسٹرنک، اور ویسوٹرنک بے ٹرنک ڈیجیٹل امیجز کو مسترد کرنے کے لیے استعمال کی جاتی ہیں [38][16][51]۔

عام طور پر تھریش ہولڈنگ فنکشن کی تعریف اس طرح کی گئی ہے [52]:

$$\lambda(n) = \sigma \sqrt{n \log(M)} = T, \quad n \in N \quad \text{----- (3.1)}$$

یہاں  $M$  امیج کا سائز ہے، جیسے،  $128 \times 128$ ,  $240 \times 240$ ,  $256 \times 256$ ، وغیرہ،  $\sigma$  باریک سطحوں پر تفصیلی گٹانک کا معیاری انحراف ہے۔

آئیے  $n=1$  ڈالیں، فنکشن (3.1) میں ہم حاصل کرتے ہیں

$$\lambda_1 = \sigma \sqrt{\log(M)} \quad \text{----- (3.2)}$$

$M$  امیج کا سائز ہے،  $\sigma^2$  تفصیلی گٹانک سے حاصل کردہ تغیر (variance obtained from detailed coefficients)،  $\lambda$  یا  $T$  کو تھریش ہولڈ ویلیو (threshold value) کہا جاتا ہے۔

$n = 2$ ، فنکشن (3.1) میں ڈالیں، ہمیں ملتا ہے

$$\lambda_2 = \sigma \sqrt{2 \log(M)} \quad \text{----- (3.3)}$$

یہاں  $\lambda$  یا  $T$  کو یونیورسل (Universal) یا SureShrink تھریش ہولڈ [53][36][52] " کہا جاتا ہے۔

اب،  $n=2$ ، فنکشن (3.1) میں ڈالنے سے ہمیں ملتا ہے۔

$$\lambda_3 = \sigma \sqrt{3 \log(M)} \quad \text{----- (3.3)}$$

اب مندرجہ بالا تین تھریش ہولڈ فنکشن  $\lambda_1$ ,  $\lambda_2$ ,  $\lambda_3$  کو الگ الگ لاگو کریں اور ان کے درمیان اوسط قدر تلاش کریں یعنی  $\frac{\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3}{3}$ ۔

### 3.3 تجویز کردہ طریقہ (Proposed method)

سارا کام MATLAB (2020a) سافٹ ویئر کے ذریعے کیا جاتا ہے۔ مجوزہ طریقہ درج ذیل مراحل پر مشتمل ہے۔

❖  $256 \times 256$  سائز کے کیمرہ مین کی امیج لوڈ کریں اور اسے گرے اسکیل امیج (grayscale image) میں تبدیل کریں۔

❖ ان پٹ امیج کو ویولیت ٹرانسفارم سے لیول 3 تک گل (decompose) جاتا ہے۔

❖ دیے گئے ان پٹ امیج کے گلنے کی سطح 3 پر، اوپر دیے گئے فارمولے کے ذریعے تفصیلی گتاتکوں سے حد کا تعین کریں (determine threshold from detailed coefficients at level 3) اور اگلے مرحلے میں موازنہ کے مقاصد کے لیے ان کی اوسط کا تعین کریں۔

❖ اب WPT کے ذریعے کیمرہ مین کی اصل امیج کو ڈیمپوز کریں اور مرحلہ 3 میں حاصل کردہ حد کی قیمت کا اطلاق کریں۔

❖ آخر میں ترکیب شدہ امیج کی تعمیر نو کے لیے IWPT کا اطلاق، اور MSE، SNR، اور PSNR کے نتائج کا ان پٹ اور ترکیب شدہ امیجز کے درمیان موازنہ کرنا۔

یہاں

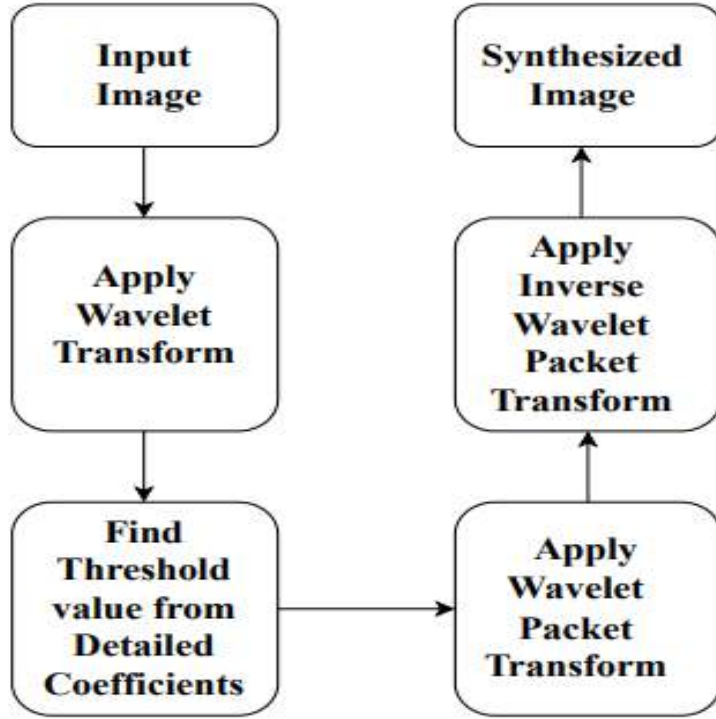
$$MSE = \frac{1}{M \times N} \sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} [f(x, y) - \hat{f}(x, y)]^2$$

$$SNR = 20 \log_{10} \frac{\sum_{x=0}^{m-1} \sum_{y=0}^{n-1} [\hat{f}(x, y)]^2}{\sum_{x=0}^{m-1} \sum_{y=0}^{n-1} [f(x, y) - \hat{f}(x, y)]^2}$$

$$PSNR = 10 \log_{10} \frac{(256)^2}{MSE}$$

یہاں  $f(x, y)$  ایک ان پٹ امیج ہے،  $f(x, y)$  آؤٹ پٹ یا سنتھیسائزڈ امیج ہے اور  $256 \times 256$ ،  $f(x, y)$  کا سائز ہے۔

مجوزہ طریقہ کا عمل ذیل میں دکھایا گیا ہے۔



فکر: 3.4: اوپر تجویز کردہ طریقہ کا فلو چارٹ

SNR اور PSNR کے لحاظ سے جدولوں کے ذریعے ڈیٹا کا تجزیہ

| (256×256) کیمرہ مین کی امیج کا سائز |             | (Haar) ویولیت ٹرانسفارم |             |                 |
|-------------------------------------|-------------|-------------------------|-------------|-----------------|
| تھریش ہولڈ ویلیو                    | $\lambda_1$ | $\lambda_2$             | $\lambda_3$ | اوسط تھریش ہولڈ |
| $\sigma = 0.227$                    | 0.499       | 1.549                   | 1.897       | 1.315           |

ٹیبل نمبر: 3.1 تفصیلی گتائوں (detailed coefficients) سے WT (haar) کے ذریعے حاصل کردہ تھریش ہولڈ ویلیو

| وہولٹ پیکٹ ٹرانسفارم (haar) at $\lambda = 1.315$ |   |         |
|--|---|---------|
| MSE  | کیمرہ مین کی ان پٹ اور ترکیب شدہ امیج کے درمیان | 90.9403 |
| SNR  |   | 18.1690 |
| PSNR   |   | 28.5895 |

ٹیبل نمبر: 3.2  $\lambda = 1.315$  پر وہولٹ پیکٹ ٹرانسفارم (haar)

| (256×256) کیمرہ مین کی امیج کا سائز |             | وہولٹ ٹرانسفارم (sym4) |             |                 |
|-------------------------------------|-------------|------------------------|-------------|-----------------|
| تھریس ہولڈ ویلیو                    | $\lambda_1$ | $\lambda_2$            | $\lambda_3$ | اوسط تھریس ہولڈ |
| $\sigma = 0.2604$                   | 0.571       | 1.773                  | 2.172       | 1.505           |

ٹیبل نمبر: 3.3 تفصیلی گتوں (detailed coefficients) سے WT (sym4) کے ذریعے حاصل کردہ تھریس ہولڈ

ویلیو

| وہولٹ پیکٹ ٹرانسفارم (sym4) at $\lambda = 1.505$ |   |         |
|--|---|---------|
| MSE  | کیمرہ مین کی ان پٹ اور ترکیب شدہ امیج کے درمیان | 90.3907 |
| SNR  |   | 18.2440 |
| PSNR   |   | 28.6759 |

ٹیبل نمبر: 3.4  $\lambda = 1.505$  پر وہولٹ پیکٹ ٹرانسفارم (sym4)

| (256×256) کیمرہ مین کی امیج کا سائز |             | وہولٹ ٹرانسفارم (sym6) |             |                 |
|-------------------------------------|-------------|------------------------|-------------|-----------------|
| تھریس ہولڈ ویلیو                    | $\lambda_1$ | $\lambda_2$            | $\lambda_3$ | اوسط تھریس ہولڈ |
| $\sigma = 0.2463$                   | 0.540       | 1.677                  | 2.054       | 1.423           |

ٹیبل نمبر: 3.5 تفصیلی گتوں (detailed coefficients) سے WT (sym6) کے ذریعے حاصل کردہ تھریس ہولڈ ویلیو

| ویولیت پیکٹ ٹرانسفارم (sym6) at $\lambda = 1.423$ |   |         |
|---|---|---------|
| MSE   | کیمرہ مین کی ان پٹ اور ترکیب شدہ امیج کے درمیان | 90.8933 |
| SNR   |   | 18.2161 |
| PSNR  |   | 28.6036 |

ٹیبل نمبر: 3.6  $\lambda = 1.423$  پر ویولیت پیکٹ ٹرانسفارم (sym6)

| کیمرہ مین کی امیج کا سائز (256×256) |             | ویولیت ٹرانسفارم (sym8) |             |                 |
|-------------------------------------|-------------|-------------------------|-------------|-----------------|
| تھریش ہولڈ ویلیو                    | $\lambda_1$ | $\lambda_2$             | $\lambda_3$ | اوسط تھریش ہولڈ |
| $\sigma = 0.2371$                   | 0.520       | 1.615                   | 1.977       | 1.370           |

ٹیبل نمبر: 3.7 تفصیلی کٹانکوں (detailed coefficients) سے WT (sym8) کے ذریعے حاصل کردہ تھریش ہولڈ ویلیو

| ویولیت پیکٹ ٹرانسفارم (sym8) at $\lambda = 1.370$ |   |         |
|---|---|---------|
| MSE   | کیمرہ مین کی ان پٹ اور ترکیب شدہ امیج کے درمیان | 91.1485 |
| SNR   |   | 18.2047 |
| PSNR  |   | 28.5679 |

ٹیبل نمبر: 3.8  $\lambda = 1.370$  پر ویولیت پیکٹ ٹرانسفارم (sym8)

| کیمرہ مین کی امیج کا سائز (256×256) |             | ویولیت ٹرانسفارم (db4) |             |                 |
|-------------------------------------|-------------|------------------------|-------------|-----------------|
| تھریش ہولڈ ویلیو                    | $\lambda_1$ | $\lambda_2$            | $\lambda_3$ | اوسط تھریش ہولڈ |
| $\sigma = 2604$                     | 0.571       | 1.733                  | 2.172       | 1.505           |

ٹیبل نمبر: 3.9 تفصیلی کٹانکوں (detailed coefficients) سے WT (db4) کے ذریعے حاصل کردہ تھریش ہولڈ ویلیو

| db4 at $\lambda = 1.505$ ویولیت پیکٹ ٹرانسفارم |   |         |
|--|---|---------|
| MSE  | کیمرہ مین کی ان پٹ اور ترکیب شدہ امیج کے درمیان | 90.6363 |
| SNR  |   | 18.2357 |
| PSNR   |   | 28.5098 |

ٹیبل نمبر: 3.10  $\lambda = 1.505$  پر ویولیت پیکٹ ٹرانسفارم (db4)

| (256×256) کیمرہ مین کی امیج کا سائز |             | coif2) ویولیت ٹرانسفارم |             |                 |
|-------------------------------------|-------------|-------------------------|-------------|-----------------|
| تھریش ہولڈ ویلیو                    | $\lambda_1$ | $\lambda_2$             | $\lambda_3$ | اوسط تھریش ہولڈ |
| $\sigma = 0.2463$                   | 0.540       | 1.677                   | 2.054       | 1.423           |

ٹیبل نمبر: 3.11 تفصیلی کٹاؤں (detailed coefficients) سے WT (coif2) کے ذریعے حاصل کردہ تھریش ہولڈ ویلیو

| coif2) at $\lambda = 1.423$ ویولیت پیکٹ ٹرانسفارم |   |         |
|---|---|---------|
| MSE   | کیمرہ مین کی ان پٹ اور ترکیب شدہ امیج کے درمیان | 90.8420 |
| SNR   |   | 18.1911 |
| PSNR  |   | 28.5888 |

ٹیبل نمبر: 3.12  $\lambda = 1.423$  پر ویولیت پیکٹ ٹرانسفارم (coif2)

| (256×256) کیمرہ مین کی امیج کا سائز |             | coif5) ویولیت ٹرانسفارم |             |                 |
|-------------------------------------|-------------|-------------------------|-------------|-----------------|
| تھریش ہولڈ ویلیو                    | $\lambda_1$ | $\lambda_2$             | $\lambda_3$ | اوسط تھریش ہولڈ |
| $\sigma = 0.1869$                   | 0.410       | 1.273                   | 1.559       | 1.081           |

ٹیبل نمبر: 3.13 تفصیلی کٹاؤں (detailed coefficients) سے WT (coif5) کے ذریعے حاصل کردہ تھریش ہولڈ ویلیو

| وپیولٹ پیکٹ ٹرانسفارم (coif5) at $\lambda = 1.081$ |   |         |
|--|---|---------|
| MSE  | کیمرہ مین کی ان پٹ اور ترکیب شدہ امیج کے درمیان | 93.2874 |
| SNR  |   | 18.0836 |
| PSNR   |   | 28.4653 |

ٹیبل نمبر: 3.14  $\lambda = 1.081$  پر وپیولٹ پیکٹ ٹرانسفارم (coif5)

| کیمرہ مین کی امیج کا سائز (256×256) |             | وپیولٹ ٹرانسفارم (bior2.4) |             |                 |
|-------------------------------------|-------------|----------------------------|-------------|-----------------|
| تھریش ہولڈ ویلیو                    | $\lambda_1$ | $\lambda_2$                | $\lambda_3$ | اوسط تھریش ہولڈ |
| $\sigma = 0.2561$                   | 0.562       | 1.744                      | 2.136       | 1.480           |

ٹیبل نمبر: 3.15 تفصیلی کٹانکوں (detailed coefficients) سے WT (bior2.4) کے ذریعے حاصل کردہ تھریش ہولڈ ویلیو

| وپیولٹ پیکٹ ٹرانسفارم (bior2.4) $\lambda = 1.480$ |   |         |
|---|---|---------|
| MSE   | کیمرہ مین کی ان پٹ اور ترکیب شدہ امیج کے درمیان | 89.6341 |
| SNR   |   | 18.2308 |
| PSNR  |   | 28.6617 |

ٹیبل نمبر: 3.16  $\lambda = 1.480$  پر وپیولٹ پیکٹ ٹرانسفارم (bior2.4)

| کیمرہ مین کی امیج کا سائز (256×256) |             | وپیولٹ ٹرانسفارم (bior2.6) |             |                 |
|-------------------------------------|-------------|----------------------------|-------------|-----------------|
| تھریش ہولڈ ویلیو                    | $\lambda_1$ | $\lambda_2$                | $\lambda_3$ | اوسط تھریش ہولڈ |
| $\sigma = 0.2371$                   | 0.520       | 1.615                      | 1.977       | 1.370           |

ٹیبل نمبر: 3.17 تفصیلی کٹانکوں (detailed coefficients) سے WT (bior2.6) کے ذریعے حاصل کردہ تھریش ہولڈ ویلیو

| وولیٹ پیکٹ ٹرانسفارم (bior2.6) $\lambda = 1.370$ |   |         |
|--|---|---------|
| MSE  | کیمرہ مین کی ان پٹ اور ترکیب شدہ امیج کے درمیان | 90.8283 |
| SNR  |   | 18.2237 |
| PSNR   |   | 28.6197 |

ٹیبل نمبر: 3.18  $\lambda = 1.370$  پر وولیٹ پیکٹ ٹرانسفارم (bior2.6)

| (256×256) کیمرہ مین کی امیج کا سائز |             | وولیٹ ٹرانسفارم (bior2.8) |             |                   |
|-------------------------------------|-------------|---------------------------|-------------|-------------------|
| تھریش ہولڈ ویلیو                    | $\lambda_1$ | $\lambda_2$               | $\lambda_3$ | Average Threshold |
| $\sigma = 0.2250$                   | 0.493       | 1.532                     | 1.877       | 1.301             |

ٹیبل نمبر: 3.19 تفصیلی گتاتوں (detailed coefficients) سے WT (bior2.8) کے ذریعے حاصل کردہ تھریش ہولڈ ویلیو

| وولیٹ پیکٹ ٹرانسفارم (bior2.8) $\lambda = 1.301$ |   |         |
|--|---|---------|
| MSE  | کیمرہ مین کی ان پٹ اور ترکیب شدہ امیج کے درمیان | 90.0804 |
| SNR  |   | 18.1869 |
| PSNR   |   | 28.6725 |

ٹیبل نمبر: 3.20  $\lambda = 1.301$  پر وولیٹ پیکٹ ٹرانسفارم (bior2.8)

| (256×256) کیمرہ مین کی امیج کا سائز |             | وولیٹ ٹرانسفارم (bior3.3) |             |                   |
|-------------------------------------|-------------|---------------------------|-------------|-------------------|
| تھریش ہولڈ ویلیو                    | $\lambda_1$ | $\lambda_2$               | $\lambda_3$ | Average Threshold |
| $\sigma = 0.2604$                   | 0.571       | 1.773                     | 2.172       | 1.505             |

ٹیبل نمبر: 3.21 تفصیلی گتاتوں (detailed coefficients) سے WT (bior3.3) کے ذریعے حاصل کردہ تھریش ہولڈ ویلیو

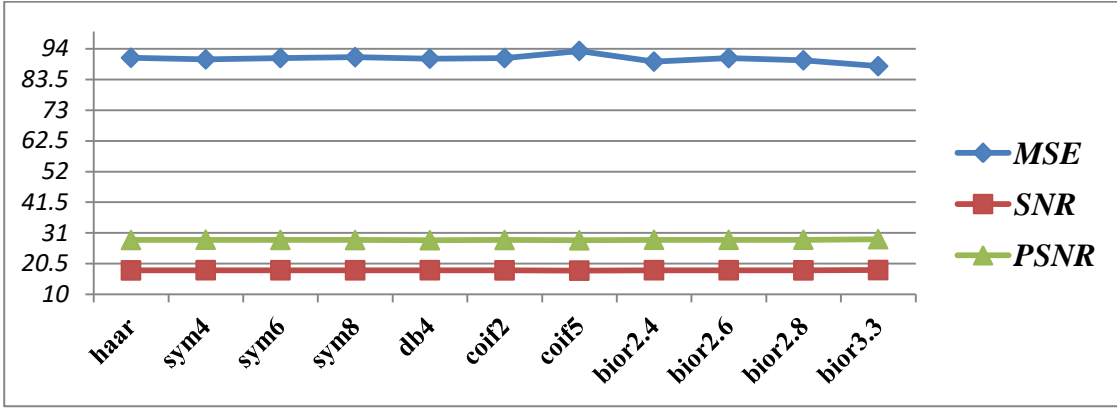


|   |   |          |
|---|---|----------|
| وہیولٹ پیکٹ ٹرانسفارم (bior3.3) $\lambda = 1.505$ |   |          |
| MSE   | کیمرہ میں کی ان پٹ اور ترکیب شدہ امیج کے درمیان | 88.0702  |
| SNR   |   | 18.23801 |
| PSNR  |   | 28.8607  |

ٹیبل نمبر: 3.22  $\lambda = 1.505$  پر وہیولٹ پیکٹ ٹرانسفارم (bior3.3)

| MSE، SNR، اور PSNR قدریں ان پٹ امیج اور سنتھیٹائزڈ امیج کے درمیان اوسط حد (average threshold value) کی قیمت پر ( $\lambda$ ) WPT کے ذریعے |          |                                |           |         |         |         |
|---|----------|--------------------------------|-----------|---------|---------|---------|
| s. no   | Wavelets | Wavelet<br>Packet<br>Transform | $\lambda$ | MSE     | SNR     | PSNR    |
| 01.   | haar     |                                | 1.315     | 90.9403 | 18.1690 | 28.5895 |
| 02.   | sym4     |                                | 1.505     | 90.3907 | 18.2440 | 28.6759 |
| 03.   | sym6     |                                | 1.423     | 90.8433 | 18.2116 | 28.6036 |
| 04.   | sym8     |                                | 1.370     | 91.1485 | 18.2047 | 28.5679 |
| 05.   | db4      |                                | 1.504     | 90.6363 | 18.2357 | 28.5098 |
| 06.   | coif2    |                                | 1.423     | 90.8420 | 18.1911 | 28.5888 |
| 07.   | coif5    |                                | 1.081     | 93.2874 | 18.0836 | 28.4653 |
| 08.   | bior2.4  |                                | 1.480     | 89.6341 | 18.2308 | 28.6617 |
| 09.   | bior2.6  |                                | 1.370     | 90.8283 | 18.2237 | 28.6197 |
| 10.   | bior2.8  |                                | 1.301     | 90.0804 | 18.1869 | 28.6725 |
| 11.   | bior3.3  | 1.506                          | 88.0702   | 18.2780 | 28.8607 |         |

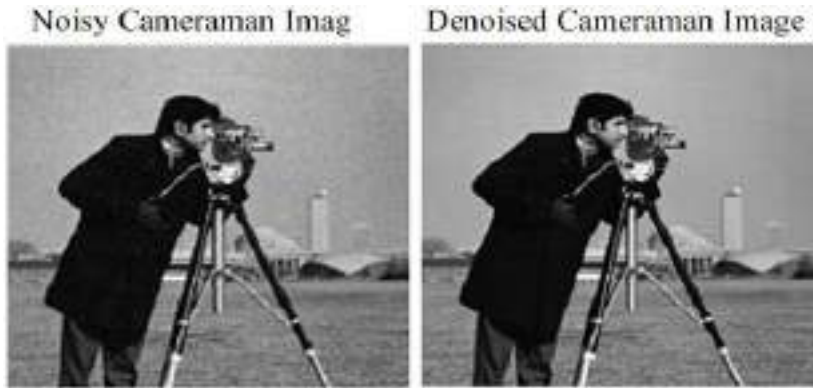
ٹیبل نمبر: 3.23 وہیولٹ پیکٹ ٹرانسفارمیشن کے ذریعے ان پٹ اور سنتھیٹائزڈ امیج کے درمیان MSE، SNR، اور PSNR کی قدریں



فکر: 3.5: ویولینوں کے MSE، SNR، اور PSNR کا گراف موازنہ

### 3.5 اصل امیج اور ترکیب شدہ امیج (Original Image and Synthesized Image)

ہم اپنی ٹیسٹ امیج کے طور پر  $256 \times 256$  سائز کے کیمرہ مین کی امیج کا انتخاب کرتے ہیں کیونکہ اسے کئی تحقیقی مضامین میں بطور ٹیسٹ امیج استعمال کیا جاتا ہے [59][58][57][56][55][54][52][46]۔ ہم نے اس کی تردید کی ہے اور مندرجہ بالا تجویز کردہ طریقہ کو لاگو کر کے ایک ترکیب شدہ امیج حاصل کی ہے



فکر: 3.6: کیمرہ مین کی نوڑی اور ڈی نوڑی امیج

### 3.6 خلاصہ (summarise)

یہاں ہم نے ڈیجیٹل امیج کو ڈینوائزنگ کرنے کے لیے الگورتھم تجویز کیا ہے۔ ڈیجیٹل امیج کو ڈینوائزنگ کرنے کے

مقاصد کے لیے، ہم نے اپنی ٹیسٹ امیج کے طور پر  $256 \times 256$  سائز کے کیمرہ مین کی ایک امیج کو منتخب کیا ہے، جو کئی تحقیقی مضامین میں استعمال کیا گیا تھا۔ یہاں ہم مشاہدہ کرتے ہیں، SNR اور PSNR سے زیادہ حد کی قیمت زیادہ ہے۔ ہم جانتے ہیں کہ SNR زیادہ ہے اور PSNR سگنل کو ختم کرنا بہتر ہے۔ آخر میں ڈیجیٹل امیج ڈینوائزنگ کے لحاظ سے ویولیسٹس کی کارکردگی کا موازنہ کیا جاتا ہے۔ ویولیسٹ bior3.3 رینک-1 پر بہتر کارکردگی کا مظاہرہ کرتا ہے، رینک-2 پر sym4، رینک-3 پر db4، رینک-4 پر bior2.4، رینک-5 پر bior2.6، رینک-6 پر sym6، رینک-7 پر sym8، رینک-8 پر coif2، رینک-9 پر Bior2.8، رینک-10 پر haar اور رینک-11 پر coif5۔

## باب چہارم

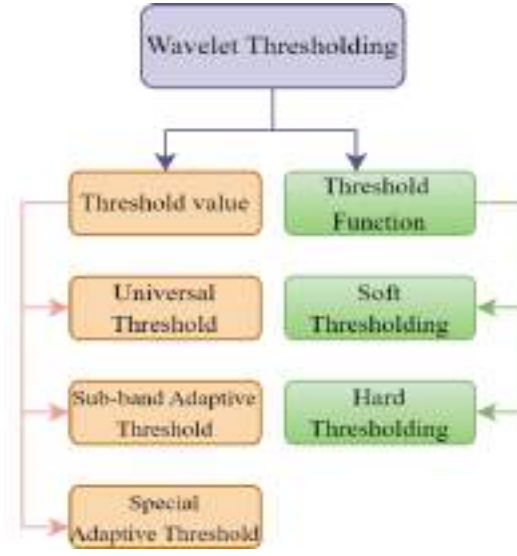
پولیٹ پیکٹ ٹرانسفارمیشن کے ذریعے ڈیجیٹل امیج ڈینوائزنگ کے لیے تخمینہ تھریش ہولڈ

### 4.1 تعارف (Introduction)

تھریش ہولڈنگ ایک مقبول تکنیک ہے جسے ڈیجیٹل امیج ڈینوائزنگ کے لیے استعمال کیا جاتا ہے۔ مختلف قسم کے سگنلز کو تھریش ہولڈنگ تکنیک کے ذریعے بہترین، کمپریشن، ڈینوائزنگ وغیرہ کے لحاظ سے بہتر بنایا جاتا ہے [60][60][62][63][64][65]۔ تھریش ہولڈنگ تکنیک بنیادی طور پر ان پٹ فنکشن (امیج) کو دو قسم کے گتاکوں میں تقسیم کرتی ہے یعنی ہائی-ویلو کو فیشنٹس (High-value coefficients) اور لوئر ویلو کو فیشنٹس (Lower-value coefficients) [66]۔ پھر یہ سگنل کے چھوٹے گتاک (small coefficients) کو اس میں موجود نوئز اور باقی کو فیشنٹس کو اصلی یا اصلی سگنل سمجھ سکتا ہے۔ تھریش ہولڈنگ بنیادی طور پر سگنل کو بہتر بنانے والی تکنیک ہے [65]۔ طریقہ اور عمل کے لحاظ سے حد (threshold) کو منتخب کرنے کے کئی طریقے ہیں۔ ایک اچھی حد (good threshold) کا انتخاب ہمیں بہتر نتائج دیتا ہے یعنی ایک بار جب ہم ایک بہترین حد کا انتخاب کر لیتے ہیں، تو سگنل ڈینوائزنگ کے لحاظ سے بہتر نتائج سامنے آئیں گے۔

دوسرے الفاظ میں، ڈیجیٹل امیج کو ہموار (smooth) کرنے، کنارے کے تحفظ، کمپریشن، اور ڈینوائزنگ کے لحاظ سے ایک بہترین حد کی قدر ہمیشہ بہتر کارکردگی کا مظاہرہ کرتی ہے۔ لہذا، ڈیجیٹل امیج پروسیسنگ میں، ہر بار تھریش ہولڈنگ تکنیک کا انحصار اس بات پر ہوتا ہے کہ کس طرح بہتر تھریش ہولڈ فنکشن حاصل کیا جائے گا [67]۔

پولیٹ تھریش ہولڈنگ یا سگنل کو ڈیجیٹل امیج ڈینوائزنگ کے لیے جوابدہ ایک جدید تکنیک سمجھا جاتا ہے۔ اگر ہم نے حد بندی (thresholding) کے لیے ایک طریقہ منتخب کیا ہے اور اس میں ایک بہترین حد (threshold) کا کام ہے، تو ہم اسے درج ذیل طریقوں سے لاگو کر سکتے ہیں۔



فکر: 4.1 تھریش ہولڈنگ کے مختلف طریقے

جیسا کہ پہلے باب میں بتایا گیا ہے کہ تھریش ہولڈنگ فنکشن دو قسم کے ہیں یعنی "ہارڈ تھریش ہولڈنگ اور سافٹ تھریش ہولڈنگ۔ ننگ تکنیک (hard & soft thresholding) [66][65]۔ سافٹ میں تمام گتائوں (coefficients) کو 0 پر رکھا جاتا ہے اگر وہ مقررہ حد (T) سے کم ہوں، اور بقیہ کو فیشنٹس کو بغیر تبدیلی کے لیا جاتا ہے [53]۔ اس کی تعریف اس طرح کی گئی ہے۔

$$W_p(t) = \begin{cases} W_q(t), & \text{for } |W_q(x)| \geq T \\ 0 & , \text{otherwise} \end{cases} \quad \text{----- (4.1)}$$

یہاں T ایک مقررہ حد (threshold) ہے۔  $W_p(t)$  اور  $W_q(t)$  کے دو فنکشن ڈی-ناؤڈ (denoised) اور نوائزڈ (noisy wavelet coefficients) کو ظاہر کرتے ہیں۔ لیکن نرم تھریش ہولڈنگ (soft thresholding) میں حد قدر T سے کم گتائوں کو صفر پر سیٹ کیے گئے ہیں۔ باقی ضروری گتائوں (essential coefficients) کو مطلق حد کی قدر سے کم کیا جاتا ہے اور اس طرح دکھایا جاتا ہے۔

$$W_p(t) = \begin{cases} \text{sgn}(W_q(t))(W_q(t) - T), & \text{for } |W_q(t)| \geq T \\ 0 & , \text{otherwise} \end{cases} \quad \text{----- (4.2)}$$

یہاں، sgn کو سائنم (signum) فنکشن کہا جاتا ہے، یہ واپس 0 پر چلا جاتا ہے اگر عنصر صفر سے بڑا (element bigger than zero) ہے۔ صفر، اگر یہ صفر کے برابر ہے۔ اور 1 اگر صفر سے کم ہے۔

نیز مذکورہ فنکشن میں  $W_p(t)$  اور T کی پہلے ہی تعریف کی گئی ہے [16]۔ سگنلز میں موجود نوز اضافی یا ضرب کی شکل میں ہو سکتا ہے [35][67] یعنی

$$\alpha(x, y) = \beta(x, y) + \eta(x, y) \quad \text{----- (4.3)}$$

$$\alpha(x, y) = \beta(x, y) \times \eta(x, y) \quad \text{----- (4.4)}$$

یہاں،  $(x, y)$  امیج کی پکسل پوزیشن کو ظاہر کرتا ہے،  $\eta(x, y)$  جو کہ ایک ناپسندیدہ سگنل (نوز) ہے جو اصل امیج  $\beta(x, y)$  کے ساتھ (اضافہ یا ایک سے زیادہ) کیا گیا ہے اور ایک نوز والی امیج  $\alpha(x, y)$  بنائی ہے۔ ہم پہلے باب دوم میں ذکر کر چکے ہیں کہ ڈیجیٹل امیجز میں مختلف نوز کچھ وجوہات کی بنا پر داخل ہوتے ہیں اور ڈیجیٹل امیج کو متاثر کرتے ہیں۔ اس لیے اس طرح کی نوز والی امیجز کے نوز کو کم کرنے کے لیے مختلف طریقے اپنائے گئے۔

## 4.2 نوز شرنک فنکشن (Noise Shrink Function)

ڈیجیٹل امیج پروسیسنگ میں، مختلف قسم کے نوز سکڑنے (shrink) کے افعال دستیاب ہیں۔ کچھ اہم افعال ذیل میں ذکر کیے گئے ہیں۔

### 4.2.1 یقینی شرنک (SureShrink)

SureShrink کو بعض اوقات "یونیورسل تھریش ہولڈ (universal threshold) [65][68][69][70] کا ہائبرڈ کہا جاتا ہے۔ حد بندی (thresholding) کی یہ تکنیک سٹین کے غیر جانبدار خطرے کا تخمینہ لگانے والے (Sure) کے اصول پر مبنی ہے۔ دوسرے الفاظ میں، نرم حد (soft thresholding) کا اطلاق کرتے وقت اس کا استعمال "اسٹین کے غیر جانبدار خطرے کے تخمینے کو کم کرنے کے لیے کیا جاتا ہے۔ بعض اوقات اس کا اطلاق اوسط مربع اررر (MSE) کو کم کرنے کے لیے کیا جاتا ہے۔ مذکورہ استعمال شدہ ویولٹ ٹرانسفارم کے ہر ریزولوشن لیول  $j$  پر  $t_j$  کی تھریش ہولڈ ویلیو، اسے لیول پر منحصر تھریش ہولڈنگ کا انتخاب کیا جاتا ہے۔  $t_s$  (SureShrink) کی حد کی قدر کو [65] کے طور پر بیان کیا گیا ہے۔

$$t_s = \min(t, \hat{\sigma}_n \sqrt{2 \log n}) \quad \text{----- (4.5)}$$

یہاں  $t$  (4.5) میں Stein's Unbiased Risk Estimator کو کم کرنے کے لیے استعمال کیا جاتا ہے۔

### 4.2.2 بیئر شرنک (Bayes Shrink)

ڈیجیٹل امیج پروسیسنگ میں، BayesShrink امیج کے نوئز کو کم کرنے کا ایک ورسٹائل طریقہ ہے [69]۔ یہ Bayesian خطرے کو کم سے کم کرنے پر زور دیتا ہے، لہذا اسے BayesShrink کہتے ہیں۔ جیسا کہ ہم جانتے ہیں کہ نوئز فطرت میں اضافی ہے۔ لہذا ایک آلودہ سگنل ایک "اصلی امیج اور نوئز کی اضافی رقم ہے۔ اسے تغیرات کے لحاظ سے دکھایا جاسکتا ہے۔

$$\sigma_{\alpha_1}^2 = \sigma_{\alpha_2}^2 + \sigma_{\alpha_3}^2 \quad \text{----- (4.6)}$$

جہاں  $\sigma_{\alpha_1}^2$  اور  $\sigma_{\alpha_2}^2$  خراب اور اصل امیج کے تغیر کو ظاہر کرتا ہے، جبکہ  $\sigma_{\alpha_3}^2$  نوئز کے تغیر کو ظاہر کرتا ہے۔ لہذا تخمینہ شدہ حد فنکشن یا Bayesian تھریس ہولڈ کی تعریف کی گئی ہے۔

$$t_B = \frac{\sigma_{\alpha_3}^2}{\sigma_{\alpha_2}^2} \quad \text{----- (4.7)}$$

یہاں،  $\sigma_{\alpha_2}^2$  کا حساب اسطور پر لیا جاتا ہے۔

$$\sigma_{\alpha_2}^2 = \sqrt{\max(\sigma_{\alpha_1}^2 - \sigma_{\alpha_3}^2, 0)} \quad \text{----- (4.8)}$$

BayesShrink کے ذریعہ، ہمارا مطلب ہے کہ ایک بہتر نتیجہ (امیج) حاصل کرنے کے ساتھ ساتھ تھریس ہولڈنگ (ویولیٹ ڈی کمپوزیشن کے ہر ذیلی بینڈ پر) لگا کر امیج کے ہموار علاقے کو نوئز سے کم کرنا ہے۔

### 4.2.3 ویو شرنک (VisuShrink)

VisuShrink ڈیجیٹل امیج ڈینوائزنگ کے لیے ایک اور وسیع پیمانے پر لاگو طریقہ ہے [69]۔  $t_V$  VisuShrink کی

قدر نوز کے معیاری انحراف کے مساوی ہے۔ VisuShrink طریقہ کے فنکشن کی تعریف اس طرح کی گئی ہے؛

$$t_V = \sigma \sqrt{2 \log n} \quad \text{----- (4.9)}$$

یہاں،  $n$  سگنل کا سائز ہے، سگمنا نوز کا معیاری انحراف (standard deviation) کہلاتا ہے اور اس کا حساب [69][70] کے طور پر کیا جاتا ہے۔

$$\sigma = \frac{\text{Median} \{ |w_{i=1,k}| : k = 0, 1, \dots, 2^{i-1} \}}{0.6745} \quad \text{----- (4.10)}$$

یہاں،  $w_{i=1,k}$  گتاتک، HL، HH اور LH، اور H سے مطابقت رکھتا ہے۔ VisuShrink خاص طور پر بہت نرم بہتر سگنل فراہم کرنے کے لئے اچھی طرح سے پہچانا جاتا ہے۔ یہی وجہ ہے، کیونکہ یہ ضرورت سے زیادہ گتاتک (coefficients) کو ہٹاتا ہے [9][65]۔

### 4.3 نئی تھریش ہولڈنگ فنکشن (New thresholding function)

یہاں ہم ڈیجیٹل امیج ڈینوائزنگ کے لیے گلوبل تھریش ہولڈنگ پر مبنی ایک نئی تھریش ہولڈنگ تکنیک متعارف کراتے ہیں۔ تھریش ہولڈ ویلیو (یا سگما ویلیو) امیج کے تفصیلی گتاتک (LH, HL, HH coefficients) سے حاصل کی جاتی ہے جب ویولیٹ ٹرانسفارم کو باریک لیول۔ سپر امیج کے گلنے کے لیے لاگو کیا جاتا ہے۔

دیئے گئے تھریش ہولڈنگ فنکشن کی وضاحت ذیل میں کی گئی ہے۔

$$\lambda(n) = \sigma \sqrt{n \log M} / 3^{n/3} \quad \text{----- (4.11)}$$

جہاں  $n$  ڈی کمپوزیشن کی سطحوں کی تعداد ہے،  $M$  اصل یا منحرف امیج کا سائز ہے، اور  $\sigma$  (standard deviation) کی قدر کا حساب مندرجہ بالا فنکشن (4.10) سے کیا جاتا ہے۔

### 4.4 تجویز کردہ الگورتھم (Proposed Algorithm)



ان مراحل کے تحت پورا اسمولیشن کام (MATLAB (2020a) سافٹ ویئر کے ذریعے کیا جاتا ہے۔

- لینا کی جسامت (256×256) کی ایک گرے اسکیل امیج کو ٹیسٹ امیج کے طور پر لیا گیا ہے۔
- اب مزید عمل کے لیے ان پٹ ڈیجیٹل امیج میں گاوسین نوئز (1.01) شامل کیا گیا ہے۔
- پھر اس ڈیجیٹل نوئز والی امیج کو سطح 3 پر مختلف ویولٹیٹس کے ذریعے تخمینہ اور تفصیلی کٹاؤں میں توڑ دیا جاتا ہے۔
- تھریش ہولڈ فنکشن کے ذریعے معیاری انحراف ( $\sigma$ ) پر تفصیلی کٹاؤں سے حد کی قدر معلوم کیا جاتا ہے۔
- نوئز والی ڈیجیٹل امیج کے نوئز کو کم کرنے کے لیے ہم مرحلہ 4 سے حاصل کردہ حد (threshold) کے ساتھ WPT کا اطلاق کرتے ہیں۔
- اب تجزیہ کے مقاصد کے لیے ترکیب شدہ (ڈی-نارڈ) امیج کو دوبارہ تشکیل دینے کے لیے IWPT کا اطلاق کیا جاتا ہے۔
- آخر میں، SNR اور PSNR کے نتائج کی حاصل کیا جاتا ہے تاکہ اصل اور ترکیب شدہ امیج کے درمیان ڈی نوئزنگ تناسب کی پیمائش کی جاسکے۔

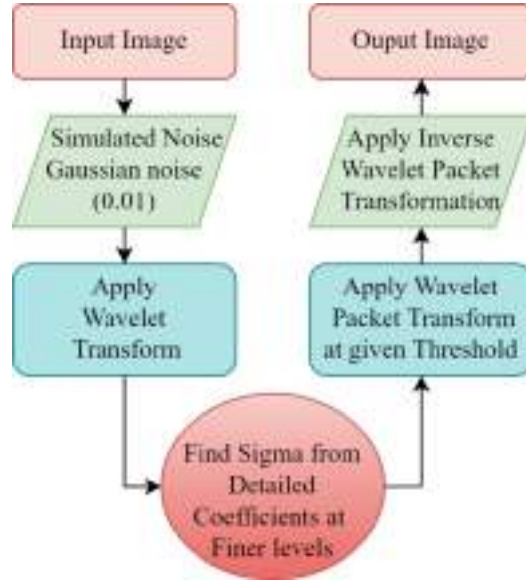
یہاں، MSE، SNR، اور PSNR کا حساب درج ذیل فارمولوں سے کیا جاتا ہے [۶۵] [۶۹]؛

$$MSE = \frac{1}{M \times N} \sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} [f(x, y) - \hat{f}(x, y)]^2$$

$$SNR = 20 \log_{10} \frac{\sum_{x=0}^{m-1} \sum_{y=0}^{n-1} [\hat{f}(x, y)]^2}{\sum_{x=0}^{m-1} \sum_{y=0}^{n-1} [f(x, y) - \hat{f}(x, y)]^2}$$

$$PSNR = 10 \log_{10} \frac{(256)^2}{MSE}$$

یہاں ان پٹ امیج کا سائز 256×256 ہے، اس میں 0 سے 256 گرے شیڈز ہیں،  $f(x, y)$  ایک نوئز والی امیج ہے، اور  $f(x, y)$  ایک دوبارہ تعمیر شدہ (ڈی-نارڈ) امیج ہے۔



فكر: 4.2 ایک مجوزہ الگورتھم کا خاکہ

کئی تحقیقی مضامین کے مطابق ہم نے ان پٹ امیج Lena جس کا سائز  $256 \times 256$  کو اپنی ٹیسٹ امیج کے طور پر منتخب کیا ہے۔



فكر: 4.3 ان پٹ امیج، نوزوالی امیج، اور ڈینوائزڈ امیج

#### 4.5 امیج ڈینوائزنگ تجزیہ (Image Denoising Analysis)

| haar) ویولیٹ پیکٹ ٹرانسفارم |                     |   |                     |
|-----------------------------|---------------------|---|---------------------|
| ڈیجیٹل امیج<br>(256×256)    | تقلی نوئز شامل      | نوئز variance کو<br>(HL,LH,HH)<br>سے حاصل کیا گیا ہیں | تھریش ہولڈ<br>ویلیو |
| لینا گرے اسکیل کی امیج      | گاوسیئن نوئز (0.01) | 27.4277   | 44.6047             |

ٹیبل نمبر: 4.1 ویولیٹ پیکٹ ٹرانسفارم (ہار)

| MSE، SNR اور PSNR اقدار              |         |         |         |
|--------------------------------------|---------|---------|---------|
| اصل امیج اور ڈینوائزڈ امیج کے درمیان | MSE     | SNR     | PSNR    |
|                                      | 51.6607 | 19.6607 | 29.6417 |

ٹیبل نمبر: 4.2 MSE، SNR، PSNR بذریعہ  $\lambda = 44.6047$  WPT (haar) پر

| db5) ویولیٹ پیکٹ ٹرانسفارم |                     |   |                     |
|----------------------------|---------------------|---|---------------------|
| ڈیجیٹل امیج<br>(256×256)   | تقلی نوئز شامل      | نوئز variance کو<br>(HL,LH,HH)<br>سے حاصل کیا گیا ہیں | تھریش ہولڈ<br>ویلیو |
| لینا گرے اسکیل کی امیج     | گاوسیئن نوئز (0.01) | 26.2614   | 42.7079             |

ٹیبل نمبر: 4.3 ویولیٹ پیکٹ ٹرانسفارم (db5)

| MSE، SNR اور PSNR اقدار              |         |         |         |
|--------------------------------------|---------|---------|---------|
| اصل امیج اور ڈینوائزڈ امیج کے درمیان | MSE     | SNR     | PSNR    |
|                                      | 50.6151 | 20.1456 | 30.7050 |

ٹیبل نمبر: 4.4 MSE، SNR، PSNR بذریعہ  $\lambda = 42.7079$  WPT (db5) پر

| sym7) ویولیت پیکٹ ٹرانسفارم |                    |   |                     |
|-----------------------------|--------------------|---|---------------------|
| ڈیجیٹل امیج<br>(256×256)    | تقلی نوٹز شامل     | نوٹز variance کو<br>(HL,LH,HH)<br>سے حاصل کیا گیا ہیں | تھریس ہولڈ<br>ویلیو |
| لینا گرے اسکیل کی امیج      | گاوسین نوٹز (0.01) | 26.1230   | 43.4729             |

ٹیبل نمبر: 4.5 ویولیت پیکٹ ٹرانسفارم (sym7)

| MSE، SNR اور PSNR اقدار              |         |         |         |
|--------------------------------------|---------|---------|---------|
| اصل امیج اور ڈینوائزڈ امیج کے درمیان | MSE     | SNR     | PSNR    |
|                                      | 49.7908 | 20.2572 | 30.7763 |

ٹیبل نمبر: 4.6 MSE، SNR، PSNR بذریعہ  $\lambda = 43.4729$  WPT (sym7) پر

| coif2) ویولیت پیکٹ ٹرانسفارم |                    |   |                     |
|------------------------------|--------------------|---|---------------------|
| ڈیجیٹل امیج<br>(256×256)     | تقلی نوٹز شامل     | نوٹز variance کو<br>(HL,LH,HH)<br>سے حاصل کیا گیا ہیں | تھریس ہولڈ<br>ویلیو |
| لینا گرے اسکیل کی امیج       | گاوسین نوٹز (0.01) | 26.2916   | 42.4829             |

ٹیبل نمبر: 4.7 ویولیت پیکٹ ٹرانسفارم (coif2)

| MSE، SNR اور PSNR اقدار              |         |         |         |
|--------------------------------------|---------|---------|---------|
| اصل امیج اور ڈینوائزڈ امیج کے درمیان | MSE     | SNR     | PSNR    |
|                                      | 49.3632 | 20.2910 | 30.9517 |

ٹیبل نمبر: 4.8 MSE، SNR، PSNR بذریعہ  $\lambda = 42.4829$  WPT (coif2) پر

| bior6.8) ویولیت پیکٹ ٹرانسفارم |                       |   |                     |
|--------------------------------|-----------------------|---|---------------------|
| ڈیجیٹل امیج<br>(256×256)       | تفلی نوٹز شامل        | نوٹز variance کو<br>(HL,LH,HH)<br>سے حاصل کیا گیا ہیں | تھریس ہولڈ<br>ویلیو |
| Lena<br>Grayscale              | گاوسین نوٹز<br>(0.01) | 25.8217   | 41.9924             |

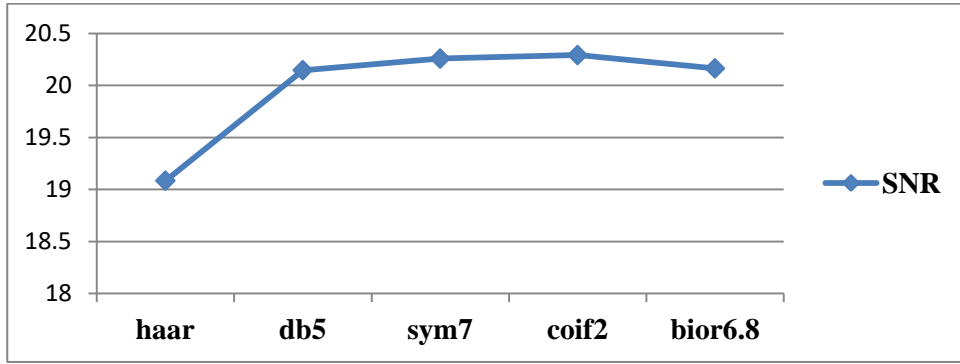
ٹیبل نمبر: 4.9 ویولیت پیکٹ ٹرانسفارم (bior6.8)

| PSNR، SNR، MSE اور اقدار                  |         |         |         |
|---|---------|---------|---------|
| اصل امیج اور ڈیٹا نوٹز ڈاٹ امیج کے درمیان | MSE     | SNR     | PSNR    |
|   | 50.6065 | 20.1627 | 30.7895 |

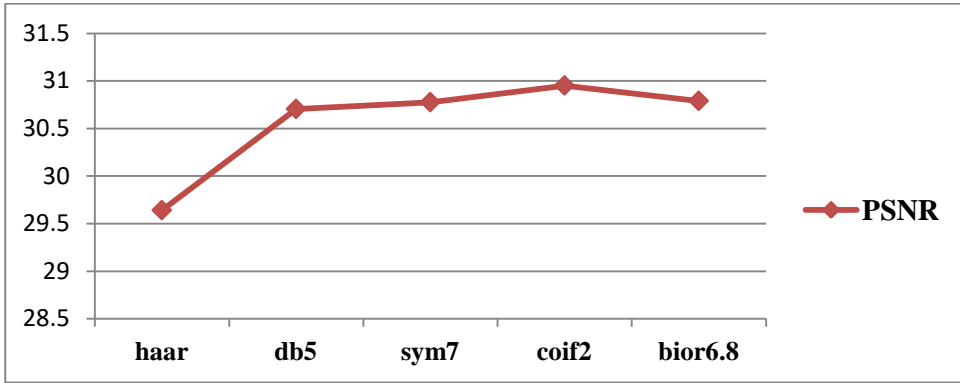
ٹیبل نمبر: 4.10 MSE، SNR، اور PSNR بذریعہ  $\lambda = 41.9924$  WPT (bior6.8) پر

| PSNR، SNR، MSE اور مختلف ویولیتس پر اصل اور منحرف امیجز کے درمیان |          |         |                |                |
|---|----------|---------|----------------|----------------|
| S.no's.   | Wavelets | MSE     | SNR            | PSNR           |
| 1).   | haar     | 51.6607 | 19.0837        | 29.641         |
| 2).   | db5      | 50.6151 | 20.1456        | 30.7050        |
| 3).   | sym7     | 49.7908 | <b>20.2572</b> | <b>30.7763</b> |
| 4).   | coif2    | 49.3632 | <b>20.2910</b> | <b>30.9517</b> |
| 5).   | bior6.8  | 50.6065 | <b>20.1627</b> | <b>30.7895</b> |

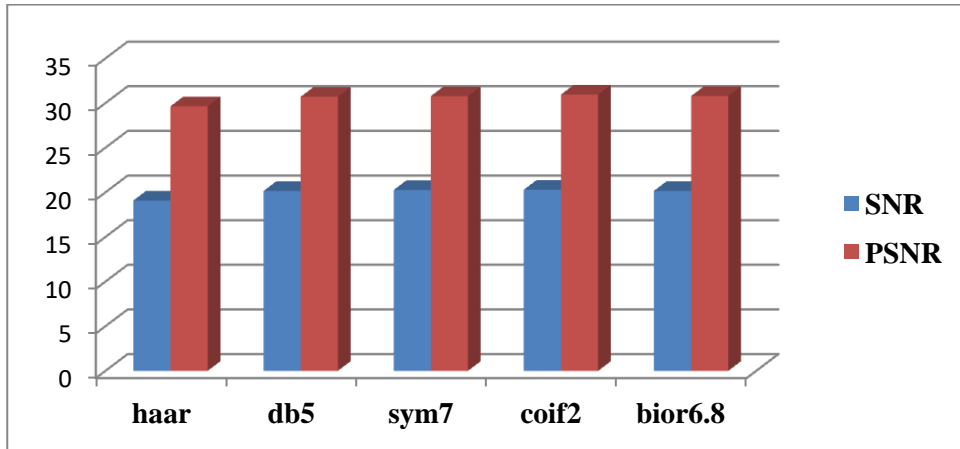
ٹیبل نمبر: 4.11 لینا اور بیجنل اور ڈیٹا نوٹز ڈاٹ امیج کی PSNR، SNR، MSE اور ویلیوز



فكر: 4.4 ليناميج كى SNR اقدار كالاين گراف



فكر: 4.5 ليناميج كى PSNR اقدار كالاين گراف



فكر: 4.6 : ليناميج كى SNR اور PSNR اقدار كالم گراف

## 4.6 خلاصہ (Summarise)

کام کے اس حصے میں، ہم نے اپنی ٹیسٹ امیج کے طور پر  $256 \times 256$  سائز کی لینا کی ڈیجیٹل امیج منتخب کی ہے۔ ہم اوپر دی گئی امیج کے نوٹز کو کم یا ختم کرنے کے لیے ایک نئی تھریش ہولڈنگ فنکشن پر مبنی یونیورسل تھریش ہولڈنگ متعارف کراتے ہیں۔ منتخب امیجز گاوسین نوٹز (سفید نوٹز) ( $GWN @ 0.01$ ) سے آلودہ ہیں۔ سب سے پہلے، ہم نئے تھریش ہولڈنگ فنکشن کے لیے تفصیلی گتائنگ سے سگما ( $\sigma$ ) کی قدر حاصل کرنے کے لیے لیول-3 پر ویولٹ ٹرانسفارم کے ذریعے سگنل کو decompose کرتے ہیں۔ امیج کے نوٹز کو ہٹانے کے مقاصد کے لیے حاصل کردہ حد (threshold value) کی پر اسی امیج کے decomposition کے لیے ویولٹ پیکٹ کا اطلاق کیا۔ پھر دوبارہ تعمیر شدہ امیج یا نوٹز سے پاک امیج حاصل کرنے کے لیے WPT کے ذریعے اوپر کی decomposed والی امیج پر اسی والی سطح پر IWPT کا اطلاق کیا۔ آخر میں ان پیٹ اور دوبارہ تعمیر شدہ امیجز کے درمیان SNR ویلیو کے جدول شدہ ڈیٹا کے تجزیوں پر حاصل کرتے ہیں۔ ہم تجزیہ کرتے ہیں کہ  $coif2$  پہلی پوزیشن پر اور  $sym7$  دوسری پوزیشن پر امیج ڈینوائزنگ کے لحاظ سے بہتر کارکردگی کا مظاہرہ کرتا ہے۔ اسی طرح ویولٹ فنکشنز  $db5$ ،  $bior6.8$  اور  $haar$  نے بیک وقت تیسرے، چوتھے اور پانچویں پوزیشنوں پر امیج کو ڈینوائز کرنے کے لحاظ سے بہتر کارکردگی کا مظاہرہ کیا۔

## باب پنجم

### ڈیجیٹل امیج ڈینوائزنگ میں نارم کی اہمیت

#### 5.1 تعارف (Introduction)

ہم پہلے ہی اس مقالے کے ابتدائی ابواب میں ذکر کر چکے ہیں کہ ڈیجیٹل امیجزر مختلف شعبوں میں معلومات کا ایک بڑا ذریعہ ہیں۔ جدید دنیا میں، ڈیجیٹل امیجزر کو مختلف مقاصد کے لیے بہت تیز رفتاری سے کھینچا اور منتقل کیا جاتا ہے۔ لیکن مختلف تکنیکی خرابیوں اور انسانی غفلت کی وجہ سے۔ ڈیجیٹل امیج کی کپیچر کرتے وقت کیمرے کے غلط زاویہ کی وجہ سے خراب ہو سکتی ہے۔ کبھی کبھی نوئز (غیر مطلوبہ سگنل) پکڑ سکتا ہے کیونکہ اس کو ناقص روشنی کے نیچے یارات کو پکڑ لیا جاتا ہے [71][72]۔ یہ نصب شدہ کیمرہ سینسر کی وجہ سے خراب ہو سکتا ہے جیسے، "چارج کپلڈ ڈیوائس (CCD)، تکمیلی میٹل آکسائیڈ سی سی کنڈکٹر (CMOS)، الیکٹران ملٹی پلائنگ چارج کپلڈ ڈیوائس (EMCCD)، بیک ایومینسٹڈ CMOS"، وغیرہ [73] [74]۔ یہاں ہم نے ڈیجیٹل امیجزر کے خراب ہونے کی کچھ بنیادی وجوہات کا ذکر کیا ہے [72]۔ لیکن ڈیجیٹل امیجزر کے خراب ہونے کے پیچھے اور بھی کئی وجوہات ہیں [72][75]۔ لہذا ان نوئز والی امیجزر سے نوئز ہٹانا محققین اور ماہرین کے لیے ایک مشکل کام ہے۔ مختلف تحقیقی مضامین کے مطابق واضح طور پر دکھایا گیا ہے کہ ڈیجیٹل امیج ڈینوائزنگ جدید تحقیق میں ایک بڑا رجحان ہے [75]۔ انہیں نوئز سے پاک بنانے کے لیے مختلف طریقے اور تکنیکیں اختیار کی جاتی ہیں [72][76]۔

#### 5.2 ڈیجیٹل نوئز داخل کریں (Digital Noise Addition)

عام طور پر، ہم ان پٹ امیجز میں مختلف قسم کی نقلی آوازیں داخل کرتے ہیں تاکہ امیج کو ختم کرنے کے مقاصد ہوں [72]۔ جیسا کہ ہم نے اوپر ذکر کیا ہے، کہ ڈیجیٹل امیج کچھ وجوہات کی وجہ سے نوئز پکڑتی ہے۔ یہ نوئز حصہ یا پوری امیج کو متاثر کر سکتا ہے اور محققین کے لیے انہیں ہٹانا ایک بڑا چیلنج ہے۔ اس باب میں، ہم نے  $(GWT)=0.003$  (Gaussian White Noise) کو اپنے مصنوعی نوئز کے طور پر منتخب کیا ہے [72][76][77]۔

ڈیجیٹل امیج کی تردید کے لیے، ہم اپنے مجوزہ الگورتھم کے مطابق، step 3 پر منتخب ڈیجیٹل امیج میں منتخب نقلی نوئز داخل کرتے ہیں۔ ریاضی کے طور پر اس کی تعریف اس طرح کی جاسکتی ہے [77][2][72]۔



$$g(x, y) = f(x, y) + h(x, y) \text{ ----- (5.1)}$$

$$g(x, y) = f(x, y) + 0.003 \text{ ----- (5.2)}$$

یہاں  $h(x, y)$  گائوسین نوئز  $f(x, y)$  اصل نوئز ہے اور  $g(x, y)$  ایک نوئز والی امیج ہے۔ اسی طرح، ہم دیے گئے ان پٹ سگنل میں اسی نوئز کو ضرب (multiply the noise to given signal) دے سکتے ہیں، یعنی

$$g(x, y) = f(x, y) \times h(x, y) \text{ ----- (5.3)}$$

$$g(x, y) = f(x, y) \times 0.003 \text{ ----- (5.4)}$$

### 5.3 نارم (Norm)

ریاضیاتی طور پر، ایک نارم ایک فنکشن ہے جو حقیقی یا پیچیدہ جگہ سے ہر ایک ویکٹر (کسی بھی جہت کے) کو ایک مطلق (غیر منفی) قدر دیتا ہے۔ ادب کے مطابق، مختلف مقاصد کے لیے مختلف قسم کے نارم دستیاب ہیں۔ یہ بعض اوقات نقاط کے درمیان فاصلے کا حساب لگانے یا دو امیجوں کے درمیان پورے تغیر ( ) کو شمار کرنے کے لیے استعمال ہوتا ہے [57][43]۔ اپنے تھیسس کے اس باب میں، ہم نے مجوزہ الگورٹھم کے ذریعے نوئز اور ترکیب شدہ ڈیجیٹل امیجز کے درمیان فرق کو جانچنے کے لیے 1-Norm اور 1-Norm کو ایک ٹول کے طور پر استعمال کیا ہے۔

اگر ہمارے پاس  $256 \times 256$  امیج ہے تو اس کا مطلب ہے کہ اس امیج میں 65536 ڈائمنشنز یا پیکسلز ہیں۔ لہذا یہاں معمول مربع یا پیکسلز کے مربع جڑ کا حساب لگا سکتا ہے۔ 1-Norm اور 1-Norm کو ذیل میں بیان کیا گیا ہے۔

#### 5.3.1 نارم-1 (1-Norm)

$$\|y\|_1 = |y_1| + |y_2| + |y_3| + |y_4| + \dots + |y_n| \quad n \in Z \text{ ----- (5.5)}$$

یہاں  $\| \cdot \|$  (ڈبل موڈ) نارم کی نمائندگی کرتا ہے،  $\| \cdot \|_1$  ماڈیولس کی نمائندگی کرتا ہے جو ہر ویکٹر کو صرف مثبت اقدار فراہم کرتا ہے اور  $\|y\|_1$  کو اورم-1 کہا جاتا ہے۔

یہ بسا اوقات نارم  $L^1$  یا نارم  $l^1$  سے ظاہر ہوتا ہے جو دو امیجز کے درمیان کل تغیر (total variation between the images) کا حساب لگا سکتا ہے یا اضافی اوسط تغیر کی پیمائش کر سکتا ہے۔

### 5.3.2 نارم-2 (2-Norm)

اس نارم کی شناخت مختلف ناموں سے کی جاتی ہے جیسے یوکلیڈین نارم (Euclidean Norm)، نارم-2،  $l^2$  نارم یا اسکوائر نارم وغیرہ۔ اس معیار کی ریاضی کے طور پر وضاحت کی گئی ہے۔

$$\|y\|_2 = \sqrt{|y_1|^2 + |y_2|^2 + |y_3|^2 + |y_4|^2 + \dots + |y_n|^2} \quad n \in Z \quad \text{----- (5.6)}$$

### 5.4.3 نارم کی خصوصیات (Properties of Norm)

- $\|y\| \geq 0$
- $\|y\| = 0$  صرف اس صورت میں جب  $y$  صفر کے برابر ہو
- $\|ty\| = |t| \|y\|$  یہاں  $t$  ایک اسکیلر مقدار ہے اور  $|t|$  کا ماڈیولس ہے، جو مثبت اقدار دیتا ہے۔
- $\|z + y\| \leq \|z\| + \|y\|$  (مثالی عدم مساوات) (Triangular Inequality)

### 5.5 مجوزہ الگورتھم (Proposed algorithm)

ڈیجیٹل امیج ڈینوائزنگ کچھ مراحل کے تحت کی جاتی ہے۔

- ✓ پہلے ہم MATLAB سافٹ ویئر میں ڈیجیٹل امیج لوڈ کرتے ہیں۔
- ✓ ان پٹ امیج کو گرے اسکیل امیج میں تبدیل کرتے ہیں۔
- ✓ پھر اس گرے اسکیل امیج میں ایک مصنوعی نوائز (gaussian noise@0.003) شامل کرتے ہیں۔
- ✓ ان پٹ امیج کو لیول-5 تک گلنے کے لیے ویولٹیٹ ٹرانسفارم کا اطلاق کریں، ہر سطح پر تفصیلی کٹاؤں سے حاصل کردہ حد (gbl) کو بھی لاگو کرتے ہیں۔
- ✓ آخر میں، منحرف ڈیجیٹل امیج کو دوبارہ تشکیل دینے کے لیے یاہر سطح پر ترکیب شدہ امیج حاصل کرنے کے لیے الٹا ویولٹیٹ ٹرانسفارم کا اطلاق کرتے ہیں۔

## 5.6 ڈینوائزنگ پرفارمنس پیرامیٹرز (Denoising Performance Parameters)

ایک بار جب ہم اپنی ٹیسٹ امیج کو منتخب کریں اور اپنی امیج کو ڈینوائز کرنے کے عمل کو مکمل کرتے ہیں، تو ہم سنتھسیسز امیج (نوئز سے پاک امیج) حاصل کر سکتے ہیں۔ پھر ہمیں اپنی ان پٹ امیج اور آؤٹ پٹ امیج (سنتھسیسز ڈا امیج) کے درمیان کوالٹی پرفارمنس چیک (quality performance) کرنے کی ضرورت ہے۔ اسی مقصد کے لیے کئی پیرامیٹرز لاگو کیے گئے ہیں جیسے SNR، PSNR، MSE، وغیرہ [76]۔

یہاں ہم امیج کو ڈینوائز پرفارمنس چیک کرنے کے مقصد کے لیے ایک اور پیرامیٹر متعارف کراتے ہیں۔

$$SNR = 10 \log \left[ \frac{\sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} [f(x, y)]^2}{\sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} [f(x, y) - \hat{f}(x, y)]^2} \right] \quad (5.7) \quad \blacksquare$$

$$MSE = \frac{\sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} [f(x, y) - \hat{f}(x, y)]^2}{M \times N} \quad (5.8) \quad \blacksquare$$

$$PSNR = 10 \log_{10} (Max_i^2 / MSE) = 20 \log_{10} (Max_i) - 10 \log_{10} (MSE) \quad (5.9) \quad \blacksquare$$

$$1\text{-Norm} = \sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} |f(x, y) - \hat{f}(x, y)| \quad (5.10) \quad \blacksquare$$

(امیج

$$1\text{-Norm} = \text{Max} (\text{Sum} (\text{abs} (\text{Original Image} - \text{Synthesized Image})))$$

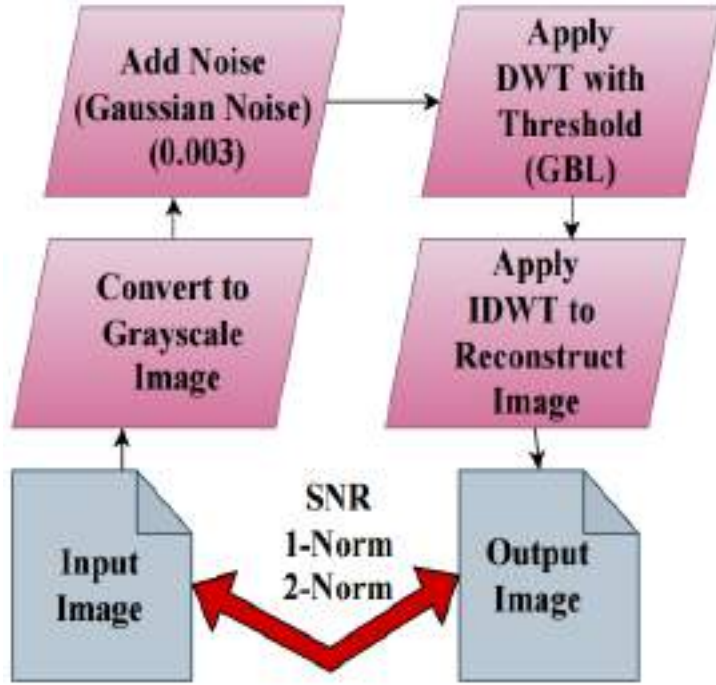
$$2\text{-Norm} = \sqrt{\sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} (f(x, y) - \hat{f}(x, y))^2} \quad (5.11) \quad \blacksquare$$

(شده))<sup>2</sup>

$$2\text{-Norm} = \text{Max} (\text{sqrt} (\text{sum} (\text{abs} (\text{Original} - \text{Synthesized}))^2))$$

یہاں  $f(x, y)$  ایک ان پٹ امیج ہے،  $\hat{f}(x, y)$  ایک سنتھسیسز ڈا امیج ہے،  $Max_i$  سگنل میں زیادہ سے زیادہ ویلیو ہے یعنی اگر ہمارے پاس  $256 \times 256$  سائز کی ڈیجیٹل امیج ہے، تو  $Max_i = 256$  اور  $(Max_i)^2 = (256)^2$ ۔ اس کے علاوہ مساوات (5.8)، (5.9) میں  $Max_i$  کا مطلب ان پٹ اور آؤٹ پٹ امیجز کے درمیان پکسل ویلیو کا اتار چڑھاؤ۔

اوپر دیے گئے الگور تھم کی ڈیجیٹل امیج ڈینوائزنگ اسکیم ذیل میں دکھائی گئی ہے۔



فکر: 5.1 مجوزہ الگورتھم کا خاکہ

### 5.7 نتائج کا جدول تجزیہ (Table Analyses of the Results)

| ویولیت ٹرانسفارمر (db2) تفصیلی گتاتک (detailed coefficients) حاصل کردہ threshold کے ساتھ |          |          |          |          |
|--|----------|----------|----------|----------|
| ان پٹ (باربرا) امیج جس کا سائز 512×512 ہے  |          |          |          |          |
| ویولیت ڈی کمپوزیشن سطح   | $L_1$    | $L_2$    | $L_3$    | $L_4$    |
| SNR  | 18.5133  | 17.5905  | 16.5987  | 16.0952  |
| 1-Norm ( $N_1$ )   | 6944     | 7862     | 7841     | 8993     |
| 2-Norm ( $N_2$ )   | 208.5138 | 261.0268 | 260.1826 | 269.8222 |

ٹیبل نمبر: 5.1 باربرا امیج کی مختلف ڈی کمپوزیشن سطحوں پر ویولیت (db2) کا استعمال کرتے ہوئے SNR، 1-نارم اور 2-نارم قدریں

| ویولیت ٹرانسفارم (sym5) تفصیلی گتائک (detailed coefficients) حاصل کردہ threshold کے ساتھ |          |          |          |          |
|--|----------|----------|----------|----------|
| ان پٹ (باربرا) میج جس کا سائز 512×512 ہے   |          |          |          |          |
| ویولیت ڈی کمپوزیشن سطح   | $L_1$    | $L_2$    | $L_3$    | $L_4$    |
| SNR  | 18.6542  | 17.6192  | 16.9241  | 16.4239  |
| 1-Norm ( $N_1$ )   | 5910     | 7249     | 7820     | 7938     |
| 2-Norm ( $N_2$ )   | 219.0183 | 245.4384 | 262.0868 | 265.1424 |

ٹیبل نمبر: 5.2 باربرا میج کی مختلف ڈی کمپوزیشن سطحوں پر ویولیت (sym5) کا استعمال کرتے ہوئے SNR، 1-نارم اور 2-نارم قدریں

| ویولیت ٹرانسفارم (coif4) تفصیلی گتائک (detailed coefficients) حاصل کردہ threshold کے ساتھ |          |          |          |          |
|---|----------|----------|----------|----------|
| ان پٹ (باربرا) میج جس کا سائز 512×512 ہے  |          |          |          |          |
| ویولیت ڈی کمپوزیشن سطح  | $L_1$    | $L_2$    | $L_3$    | $L_4$    |
| SNR   | 18.6721  | 17.6449  | 16.9814  | 16.4589  |
| 1-Norm ( $N_1$ )  | 5997     | 7360     | 7747     | 8197     |
| 2-Norm ( $N_2$ )  | 223.3449 | 231.3979 | 257.6645 | 266.4714 |

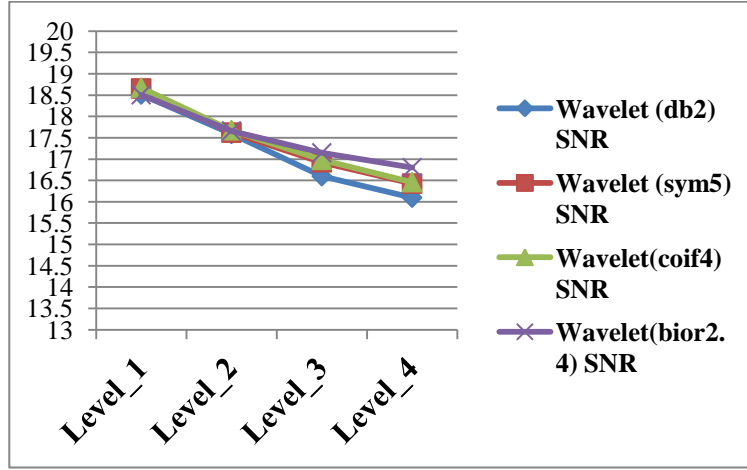
ٹیبل نمبر: 5.3 باربرا میج کی مختلف ڈی کمپوزیشن سطحوں پر ویولیت (coif4) کا استعمال کرتے ہوئے SNR، 1-نارم اور 2-نارم قدریں

|  |          |          |          |          |
|--|----------|----------|----------|----------|
| ویولیت ٹرانسفارمر (bior2.4) تفصیلی گتاتک (detailed coefficients) حاصل کردہ threshold کے ساتھ |          |          |          |          |
| ان پٹ (باربرا) امیج جس کا سائز $512 \times 512$ ہے   |          |          |          |          |
| ویولیت ڈی کمپوزیشن سطح   | $L_1$    | $L_2$    | $L_3$    | $L_4$    |
| SNR  | 18.5057  | 17.6601  | 17.1460  | 16.7995  |
| 1-Norm ( $N_1$ )   | 7681     | 7573     | 7678     | 8235     |
| 2-Norm ( $N_2$ )   | 210.7724 | 252.7251 | 269.2341 | 275.5086 |

ٹیبل نمبر: 5.4 باربرا امیج کی مختلف ڈی کمپوزیشن سطحوں پر ویولیت (bior2.4) کا استعمال کرتے ہوئے SNR، 1-نام اور 2-نام قدریں

|   |                      |                       |                       |                         |
|---|----------------------|-----------------------|-----------------------|-------------------------|
| مختلف سطحوں پر (Barbara Image) اصل اور تعمیر شدہ امیج کے درمیان SNR قدر |                      |                       |                       |                         |
| ویولیت ڈی کمپوزیشن کی چار سطحیں   | Wavelet (db2)<br>SNR | Wavelet (sym5)<br>SNR | Wavelet(coif4)<br>SNR | Wavelet(bior2.4)<br>SNR |
| $L_1$   | 18.5133              | 18.6542               | 18.6721               | 18.5057                 |
| $L_2$   | 17.5905              | 17.6192               | 17.6749               | 17.6601                 |
| $L_3$   | 16.5987              | 16.9241               | 16.9814               | 17.1460                 |
| $L_4$   | 16.0952              | 16.4239               | 16.4589               | 16.7995                 |

ٹیبل نمبر: 5.5 مختلف ڈی کمپوزیشن سطحوں پر باربرا امیج کے لیے مختلف ویولیتس کا استعمال کرتے ہوئے SNR قدریں



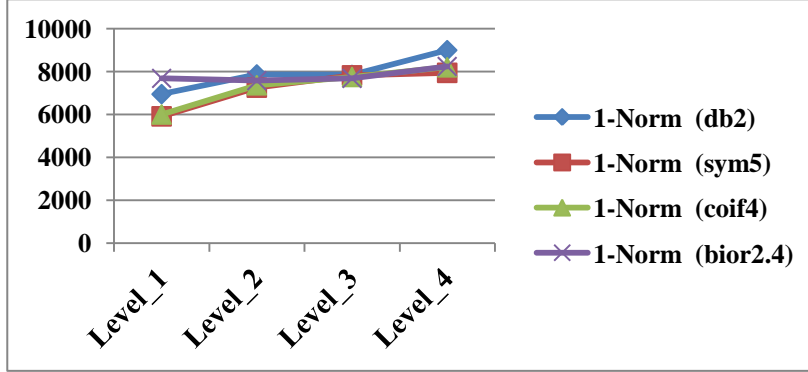
فکر: 5.2: باربر امیج کی مختلف ڈی کمپوزیشن سطحوں پر چار ویولٹس کی SNR قدریں

| باربر امیج کا Norm-1 اور Norm-2 ڈی کمپوزیشن سطحوں پر |               |          |                |          |                 |          |                   |          |
|--|---------------|----------|----------------|----------|-----------------|----------|-------------------|----------|
| ویولٹ ڈی کمپوزیشن کی چار سطھیں                       | Wavelet (db2) |          | Wavelet (sym5) |          | Wavelet (coif4) |          | Wavelet (bior2.4) |          |
|  | $l_1$         | $l_2$    | $l_1$          | $l_2$    | $l_1$           | $l_2$    | $l_1$             | $l_2$    |
| $L_1$  | 6944          | 208.5138 | 5910           | 219.0183 | 5997            | 223.3449 | 7681              | 210.7724 |
| $L_2$  | 7862          | 261.0268 | 7249           | 245.4384 | 7360            | 231.3979 | 7573              | 252.7251 |
| $L_3$  | 7841          | 260.1826 | 7820           | 263.0868 | 7747            | 257.6645 | 7678              | 269.2341 |
| $L_4$  | 8993          | 269.8222 | 7938           | 265.8101 | 8197            | 266.4714 | 8235              | 275.5086 |

ٹیبل نمبر: 5.6: باربر امیج کی اصل اور ڈی نوژد امیج کے درمیان 1-نارم اور 2-نارم قدریں

| پہلا نام              |       |        |         |           |
|-----------------------|-------|--------|---------|-----------|
| ویولٹ ڈی کمپوزیشن سطح | (db2) | (sym5) | (coif4) | (bior2.4) |
| $L_1$                 | 6944  | 5910   | 5997    | 7681      |
| $L_2$                 | 7862  | 7249   | 7360    | 7573      |
| $L_3$                 | 7841  | 7820   | 7747    | 7678      |
| $L_4$                 | 8993  | 7938   | 8197    | 8235      |

ٹیبل نمبر: 5.7 باربرا میچ کی مختلف ڈی کمپوزیشن سطحوں پر مختلف ویولٹس کے لیے 1-نام قدریں

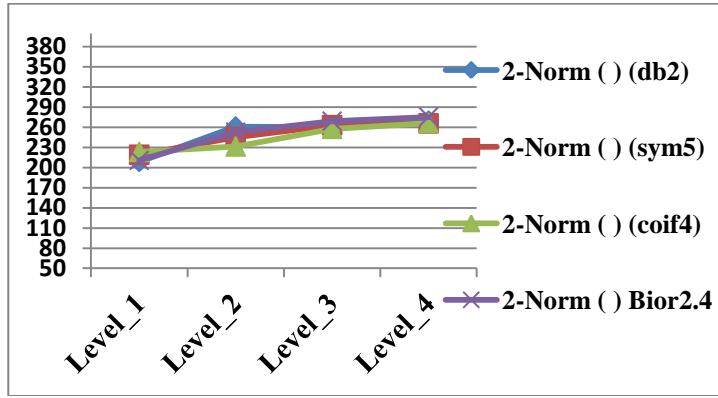


فگر: 5.3 باربرا میچ کی مختلف ڈی کمپوزیشن سطحوں پر چار ڈیفرنٹ ویولٹس کا 1-نام

| دوسرا نام             |          |          |          |          |
|-----------------------|----------|----------|----------|----------|
| ویولٹ ڈی کمپوزیشن سطح | (db2)    | (sym5)   | (coif4)  | Bior2.4  |
| $L_1$                 | 208.5138 | 219.0183 | 223.3449 | 210.7724 |
| $L_2$                 | 261.0268 | 245.4384 | 231.3979 | 252.7251 |
| $L_3$                 | 260.1826 | 263.0868 | 257.6645 | 269.2341 |
| $L_4$                 | 269.8222 | 265.8101 | 266.4714 | 275.5086 |

ٹیبل نمبر: 5.8 باربرا میچ کی مختلف ڈی کمپوزیشن سطحوں پر چار ڈیفرنٹ ویولٹس کا 2-نام





فكر: 5.4. باربر اميج كى مختلف ڈى كمپوزيش سٹوں پر چار ڈيفرنٹ ويوليٹس كا 2- نارم

| ويوليٹ ٹرانسفارمر (db2) تفصيلى گٹانك (detailed coefficients) حاصل كردہ threshold كے ساتھ |          |          |          |          |
|--|----------|----------|----------|----------|
| ان پٹ (گھر كى اميجزر) اميج جس كا سائز $256 \times 256$ ہے                                |          |          |          |          |
| ويوليٹ ڈى كمپوزيش سطح  | $L_1$    | $L_2$    | $L_3$    | $L_4$    |
| SNR  | 24.5304  | 23.6955  | 22.2280  | 21.4642  |
| 1-Norm or $l_1$  | 3065     | 5011     | 6237     | 6969     |
| 2-Norm or $l_2$  | 180.0805 | 203.7548 | 205.0293 | 208.3795 |

ٹيبل نمبر: 5.9. گھر كى اميج كى مختلف ڈى كمپوزيش سٹوں پر ويوليٹ (db2) كا استعمال كرتے ہوئے SNR، 1- نارم اور 2- نارم قدریں

| ويوليٹ ٹرانسفارمر (sym4) تفصيلى گٹانك (detailed coefficient) حاصل كردہ threshold كے ساتھ |          |          |          |          |
|--|----------|----------|----------|----------|
| ان پٹ (گھر كى اميجزر) اميج جس كا سائز $256 \times 256$ ہے                                |          |          |          |          |
| ويوليٹ ڈى كمپوزيش سطح  | $L_1$    | $L_2$    | $L_3$    | $L_4$    |
| SNR  | 25.3318  | 25.0354  | 23.2804  | 22.2595  |
| 1-Norm or $l_1$  | 4980     | 5176     | 5870     | 6370     |
| 2-Norm or $l_2$  | 176.1448 | 202.3734 | 203.6050 | 206.9807 |

ٹيبل نمبر: 5.10. گھر كى اميج كى مختلف ڈى كمپوزيش سٹوں پر ويوليٹ (sym5) كا استعمال كرتے ہوئے SNR، 1- نارم اور 2- نارم قدریں

| ویولیت ٹرانسفارمر (coif4) تفصیلی گتاتک (detailed coefficients) حاصل کردہ threshold کے ساتھ |          |          |          |          |
|--|----------|----------|----------|----------|
| ان پٹ (گھر کی امیجز) امیج جس کا سائز $256 \times 256$ ہے                                   |          |          |          |          |
| ویولیت ڈی کمپوزیشن سطح   | $L_1$    | $L_2$    | $L_3$    | $L_4$    |
| SNR  | 25.3434  | 24.7842  | 23.0369  | 22.0753  |
| 1-Norm or $l_1$  | 4583     | 5898     | 5996     | 6010     |
| 2-Norm or $l_2$  | 199.2561 | 202.3018 | 202.9000 | 206.7801 |

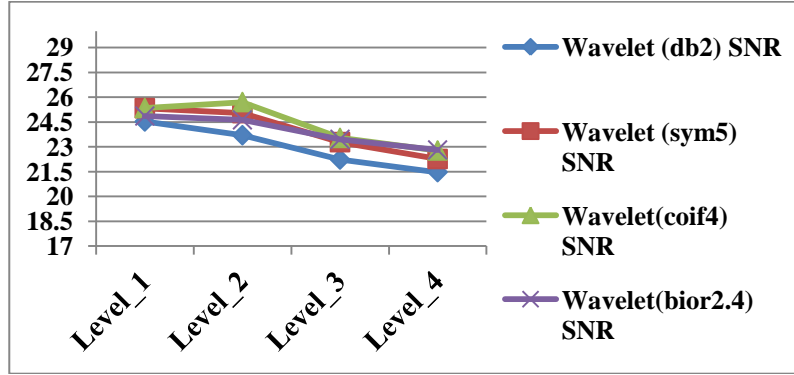
ٹیبل نمبر: 5.11 گھر کی امیج کی مختلف ڈی کمپوزیشن سطحوں پر ویولیت (coif4) کا استعمال کرتے ہوئے SNR، 1-نارم اور 2-نارم قدریں

| ویولیت ٹرانسفارمر (bior2.4) تفصیلی گتاتک (detailed coefficient) حاصل کردہ threshold کے ساتھ |          |          |          |          |
|---|----------|----------|----------|----------|
| ان پٹ (گھر کی امیجز) امیج جس کا سائز $256 \times 256$ ہے                                    |          |          |          |          |
| ویولیت ڈی کمپوزیشن سطح  | $L_1$    | $L_2$    | $L_3$    | $L_4$    |
| SNR   | 24.8597  | 24.6245  | 23.4488  | 22.8087  |
| 1-Norm or $l_1$   | 2997     | 3600     | 3697     | 3710     |
| 2-Norm or $l_2$   | 174.1608 | 195.4047 | 196.5310 | 198.5331 |

ٹیبل نمبر: 5.12 گھر کی امیج کی مختلف ڈی کمپوزیشن سطحوں پر ویولیت (bior2.4) کا استعمال کرتے ہوئے SNR، 1-نارم اور 2-نارم قدریں

| مختلف سطحوں پر (House Image) اصل اور تعمیر شدہ امیج کے درمیان SNR قدر |                     |                      |                       |                         |
|---|---------------------|----------------------|-----------------------|-------------------------|
| ویولیت ڈی کمپوزیشن کی چار سطحوں                                       | Wavelet(db2)<br>SNR | Wavelet(sym5)<br>SNR | Wavelet(coif4)<br>SNR | Wavelet(bior2.4)<br>SNR |
| $L_1$   | 24.5304             | 25.3318              | 25.3434               | 24.8597                 |
| $L_2$   | 23.6955             | 25.0354              | 25.7042               | 24.6245                 |
| $L_3$   | 22.2280             | 23.2804              | 23.5369               | 23.4488                 |
| $L_4$   | 21.4642             | 22.2595              | 22.7753               | 22.8087                 |

ٹیبل نمبر: 5.13 مختلف ڈی کمپوزیشن سطحوں پر گھر کی امیج کے لیے مختلف ویولیتس کا استعمال کرتے ہوئے SNR قدریں



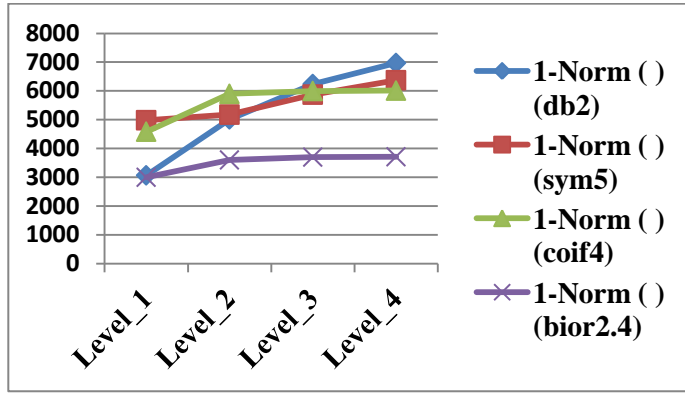
فكر: 5.5: گھرا میچ کی مختلف ڈی کمپوزیشن سطحوں پر چار ویولٹس کی SNR قدریں

| گھری ایمرز کا Norm-1 اور Norm-2 مختلف ڈی کمپوزیشن decomposition سطحوں پر |               |          |                |          |                 |          |                   |          |
|--|---------------|----------|----------------|----------|-----------------|----------|-------------------|----------|
| ویولٹ ڈی کمپوزیشن کی چار سطحوں   | Wavelet (db2) |          | Wavelet (sym5) |          | Wavelet (coif4) |          | Wavelet (bior2.4) |          |
|  | $l_1$         | $l_2$    | $l_1$          | $l_2$    | $l_1$           | $l_2$    | $l_1$             | $l_2$    |
| $L_1$  | 3065          | 180.0805 | 4980           | 180.0805 | 4583            | 199.2561 | 2997              | 174.1608 |
| $L_2$  | 5011          | 203.7548 | 5176           | 203.7548 | 5898            | 202.3018 | 3600              | 195.4047 |
| $L_3$  | 6237          | 205.0293 | 5870           | 205.0293 | 5996            | 202.9000 | 3697              | 196.5310 |
| $L_4$  | 6969          | 208.3795 | 6370           | 208.3795 | 6010            | 206.7801 | 3710              | 198.5331 |

ٹیبل نمبر: 5.14: گھری میچ کی اصل اور ڈی نوٹزد میچ کے درمیان 1-نارم اور 2-نارم قدریں

| پہلا نارم             |       |        |         |           |
|-----------------------|-------|--------|---------|-----------|
| ویولٹ ڈی کمپوزیشن سطح | (db2) | (sym5) | (coif4) | (bior2.4) |
| $L_1$                 | 3065  | 4980   | 4583    | 2997      |
| $L_2$                 | 5011  | 5176   | 5898    | 3600      |
| $L_3$                 | 6237  | 5870   | 5996    | 3697      |
| $L_4$                 | 6969  | 6370   | 6010    | 3710      |

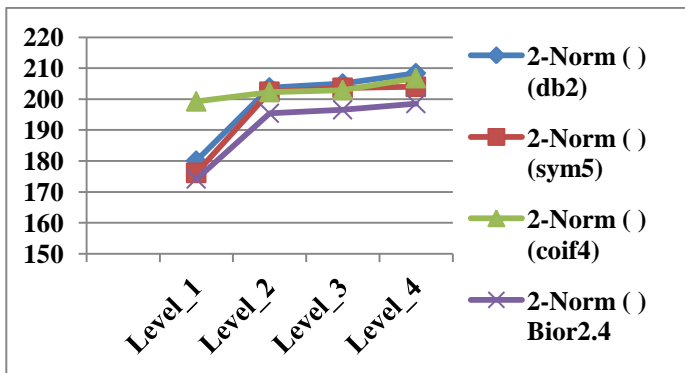
ٹیبل نمبر: 5.15: گھری میچ کی مختلف ڈی کمپوزیشن سطحوں پر مختلف ویولٹس کے لیے 1-نارم قدریں



فکر: 5.6 گھرا میچ کی مختلف ڈی کمپوزیشن سطحوں پر چار ڈیفرنٹ ویولیسٹس کا 1-نارم

| دوسرا نارم              |          |          |          |          |
|-------------------------|----------|----------|----------|----------|
| ویولیسٹ ڈی کمپوزیشن سطح | (db2)    | (sym5)   | (coif4)  | Bior2.4  |
| $L_1$                   | 180.0805 | 176.1448 | 199.2561 | 174.1608 |
| $L_2$                   | 203.7548 | 202.3734 | 202.3018 | 195.4047 |
| $L_3$                   | 205.0293 | 203.650  | 202.9000 | 196.5310 |
| $L_4$                   | 208.3795 | 203.9807 | 206.7801 | 198.5331 |

ٹیبل نمبر: 5.16 گھرا میچ کی مختلف ڈی کمپوزیشن سطحوں پر چار ڈیفرنٹ ویولیسٹس کا 2-نارم



فکر: 5.7 گھرا میچ کی مختلف ڈی کمپوزیشن سطحوں پر چار ڈیفرنٹ ویولیسٹس کا 2-نارم

| ویولیت ٹرانسفارمر (db2) تفصیلی گتانک (detailed coefficients) حاصل کردہ threshold کے ساتھ |          |          |          |          |
|--|----------|----------|----------|----------|
| ان پٹ (مصنف کی ایجزر) امیج جس کا سائز $256 \times 256$ ہے                                |          |          |          |          |
| ویولیت ڈی کمپوزیشن سطح   | $L_1$    | $L_2$    | $L_3$    | $L_4$    |
| SNR  | 22.2954  | 20.4288  | 19.2570  | 18.7391  |
| 1-Norm or $l_1$  | 2516     | 2632     | 2884     | 3030     |
| 2-Norm or $l_2$  | 139.7891 | 148.5879 | 163.3524 | 165.5600 |

ٹیبل نمبر: 5.17 مصنف کی امیج کی مختلف ڈی کمپوزیشن سطحوں پر ویولیت (db2) کا استعمال کرتے ہوئے SNR، 1-نارم اور 2-نارم قدریں

| ویولیت ٹرانسفارمر (sym5) تفصیلی گتانک (detailed coefficients) حاصل کردہ threshold کے ساتھ |          |          |          |          |
|---|----------|----------|----------|----------|
| ان پٹ (مصنف کی ایجزر) امیج جس کا سائز $256 \times 256$ ہے                                 |          |          |          |          |
| ویولیت ڈی کمپوزیشن سطح  | $L_1$    | $L_2$    | $L_3$    | $L_4$    |
| SNR   | 22.7575  | 20.8172  | 19.6321  | 19.0792  |
| 1-Norm or $l_1$   | 1792     | 2175     | 2744     | 3152     |
| 2-Norm or $l_2$   | 140.2712 | 151.4265 | 163.3952 | 168.2260 |

ٹیبل نمبر: 5.18 مصنف کی امیج کی مختلف ڈی کمپوزیشن سطحوں پر ویولیت (sym5) کا استعمال کرتے ہوئے SNR، 1-نارم اور 2-نارم قدریں

| ویولیت ٹرانسفارمر (coif4) تفصیلی گتانک (detailed coefficients) حاصل کردہ threshold کے ساتھ |          |          |          |          |
|--|----------|----------|----------|----------|
| ان پٹ (مصنف کی ایجزر) امیج جس کا سائز $256 \times 256$ ہے                                  |          |          |          |          |
| ویولیت ڈی کمپوزیشن سطح   | $L_1$    | $L_2$    | $L_3$    | $L_4$    |
| SNR  | 22.8036  | 20.8845  | 19.6518  | 19.0600  |
| 1-Norm or $l_1$  | 1882     | 2502     | 2702     | 28.26    |
| 2-Norm or $l_2$  | 139.8285 | 147.3839 | 161.1087 | 167.2393 |

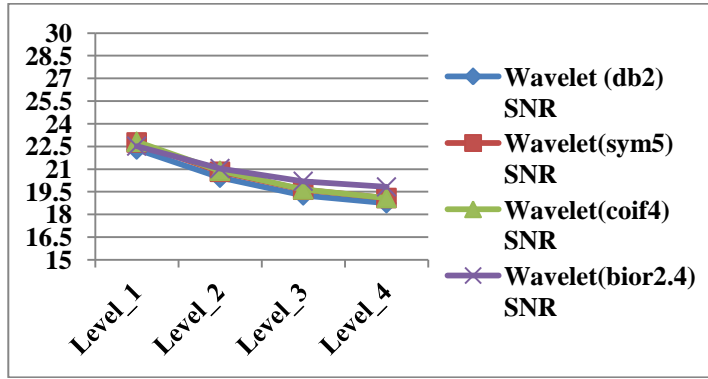
ٹیبل نمبر: 5.19 مصنف کی امیج کی مختلف ڈی کمپوزیشن سطحوں پر ویولیت (coif4) کا استعمال کرتے ہوئے SNR، 1-نارم اور 2-نارم قدریں

|   |          |          |          |          |
|---|----------|----------|----------|----------|
| ویولیت ٹرانسفارمر (bior2.4) تفصیلی گتانک (detailed coefficient) حاصل کردہ threshold کے ساتھ |          |          |          |          |
| ان پٹ (مصنف کی ایجزر) امیج جس کا سائز $256 \times 256$ ہے                                   |          |          |          |          |
| ویولیت ڈی کمپوزیشن سطح  | $L_1$    | $L_2$    | $L_3$    | $L_4$    |
| SNR   | 22.5169  | 21.0364  | 20.1910  | 19.8172  |
| 1-Norm or $l_1$   | 2376     | 2826     | 2989     | 3027     |
| 2-Norm or $l_2$   | 142.5693 | 146.4138 | 154.3470 | 155.3158 |

ٹیبل نمبر: 5.20 مصنف کی امیج کی مختلف ڈی کمپوزیشن سطحوں پر ویولیت (bior2.4) کا استعمال کرتے ہوئے SNR، 1-نارماور 2-نارماور قدریں

|  |                      |                      |                       |                         |
|--|----------------------|----------------------|-----------------------|-------------------------|
| مختلف سطحوں پر (Author's Image) اصل اور تعمیر شدہ امیج کے درمیان SNR قدر |                      |                      |                       |                         |
| ویولیت ڈی کمپوزیشن کی چار سطہیں  | Wavelet (db2)<br>SNR | Wavelet(sym5)<br>SNR | Wavelet(coif4)<br>SNR | Wavelet(bior2.4)<br>SNR |
| $L_1$  | 22.2954              | 22.7575              | 22.8036               | 22.5169                 |
| $L_2$  | 20.4288              | 20.8172              | 20.8845               | 21.0364                 |
| $L_3$  | 19.2570              | 19.6321              | 19.6518               | 20.1910                 |
| $L_4$  | 18.7391              | 19.0792              | 19.0900               | 19.8172                 |

ٹیبل نمبر: 5.21 مختلف ڈی کمپوزیشن سطحوں پر مصنف کی امیج کے لیے مختلف ویولیسٹس کا استعمال کرتے ہوئے SNR قدریں



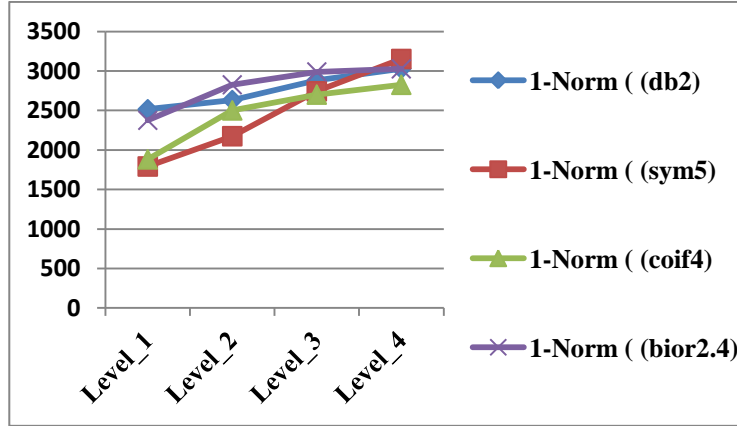
فکر: 5.8 مصنف کی امیج کی مختلف ڈی کمپوزیشن سطحوں پر چار ویولٹس کی SNR قدریں

| گھر کی امیجز کا Norm-1 اور Norm-2 مختلف ڈی کمپوزیشن decomposition سطحوں پر |               |          |                |          |                 |          |                   |          |
|--|---------------|----------|----------------|----------|-----------------|----------|-------------------|----------|
| ویولٹ ڈی کمپوزیشن کی چار سطحوں   | Wavelet (db2) |          | Wavelet (sym5) |          | Wavelet (coif4) |          | Wavelet (bior2.4) |          |
|  | $l_1$         | $l_2$    | $l_1$          | $l_2$    | $l_1$           | $l_2$    | $l_1$             | $l_2$    |
| $L_1$  | 2516          | 139.7891 | 1792           | 140.2712 | 1882            | 139.8285 | 2376              | 142.5693 |
| $L_2$  | 2632          | 148.5879 | 2175           | 151.4265 | 2502            | 147.3839 | 2826              | 146.4138 |
| $L_3$  | 2884          | 163.3524 | 2744           | 163.3952 | 2702            | 161.1087 | 2989              | 154.3470 |
| $L_4$  | 3030          | 164.5600 | 3152           | 168.2260 | 2826            | 167.2393 | 3027              | 155.3158 |

ٹیبل نمبر: 5.22 صنف کی امیج کی اصل اور ڈی نوٹز دا امیج کے درمیان 1-نارم اور 2-نارم قدریں

| پہلا نارم             |       |        |         |           |
|-----------------------|-------|--------|---------|-----------|
| ویولٹ ڈی کمپوزیشن سطح | (db2) | (sym5) | (coif4) | (bior2.4) |
| $L_1$                 | 2516  | 1792   | 1882    | 2376      |
| $L_2$                 | 2632  | 2175   | 2502    | 2826      |
| $L_3$                 | 2884  | 2744   | 2702    | 2989      |
| $L_4$                 | 3030  | 3152   | 2826    | 3027      |

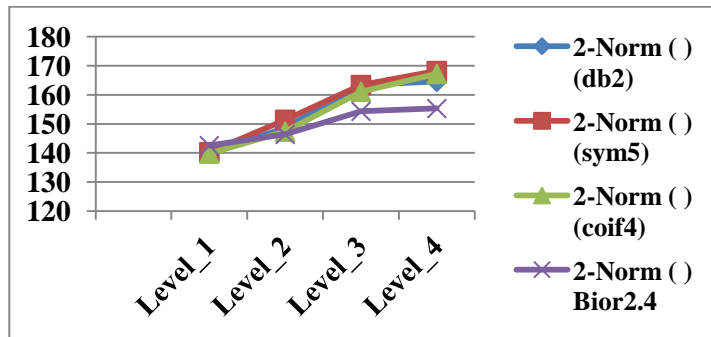
ٹیبل نمبر: 5.23 صنف کی امیج کی مختلف ڈی کمپوزیشن سطحوں پر مختلف ویولٹس کے لیے 1-نارم قدریں



فكر: 5.9 صنف كى اميج كى مختلف ڈى كمپوزيش سطحوں پر چار ڈيفرنٹ ويوليوس كا 1-نارم

| دوسرا نارم             |          |          |          |          |
|------------------------|----------|----------|----------|----------|
| ويوليوس ڈى كمپوزيش سطح | (db2)    | (sym5)   | (coif4)  | Bior2.4  |
| $L_1$                  | 139.7891 | 140.2712 | 139.8285 | 142.5693 |
| $L_2$                  | 148.5879 | 151.4265 | 147.3839 | 146.4138 |
| $L_3$                  | 163.3524 | 163.3952 | 161.1087 | 154.3470 |
| $L_4$                  | 164.5600 | 168.2260 | 167.2393 | 155.3158 |

فكر: 5.24 صنف اميج كى مختلف ڈى كمپوزيش سطحوں پر چار ڈيفرنٹ ويوليوس كا 2-نارم



فكر: 5.10 صنف كى اميج كى مختلف ڈى كمپوزيش سطحوں پر چار ڈيفرنٹ ويوليوس كا 2-نارم

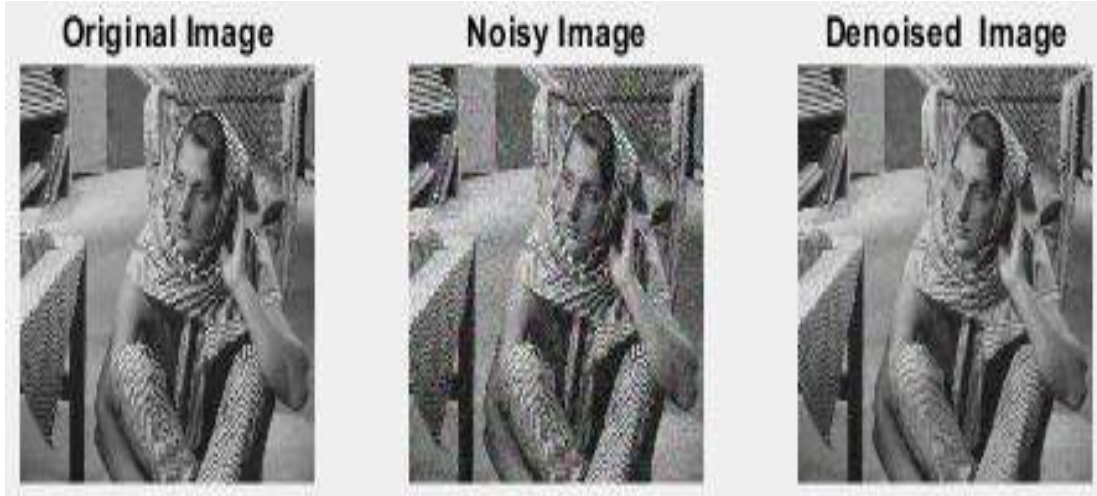


## 5.8 ان پٹ ڈیجیٹل امیجز (یا ٹیسٹ امیجز) اور ڈینوائزڈ ڈیجیٹل امیجز

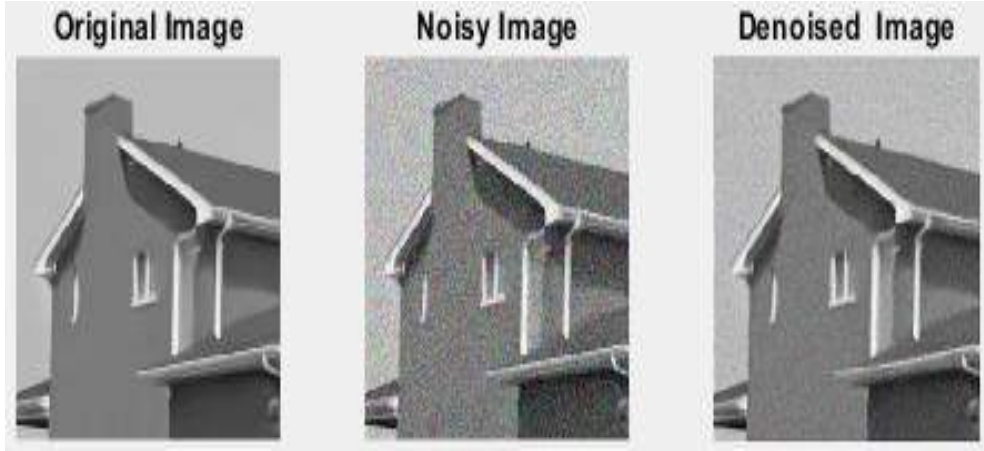
یہاں ہم نے باربر اور گھر ڈیجیٹل امیج کو اپنی ٹیسٹ امیجز کے طور پر منتخب کیا ہے۔ کیونکہ یہ امیجز مختلف تحقیقی مقالوں میں ڈیجیٹل امیجز ڈینوائزنگ مقصد (Image denoising) کے لیے استعمال کیا گیا ہے۔ اور ہم نے انہیں نیچے دیے گئے لنکس پر آن لائن ڈاؤن لوڈ کیا ہے۔

[https://www.researchgate.net/figure/Barbara-256-256-Model-with-8-possible-angles-LeftLinearmodel14730\\_fig10\\_220411352](https://www.researchgate.net/figure/Barbara-256-256-Model-with-8-possible-angles-LeftLinearmodel14730_fig10_220411352)، <https://www.researchgate.net/profile/GuodongYe/publication/337655573/figure/fig4/AS:1086065335115779@1635949562478/Test-result-a-plain-image-of-house-b-carrier-image-of-landscape-c-secret-image.jpg> [3].

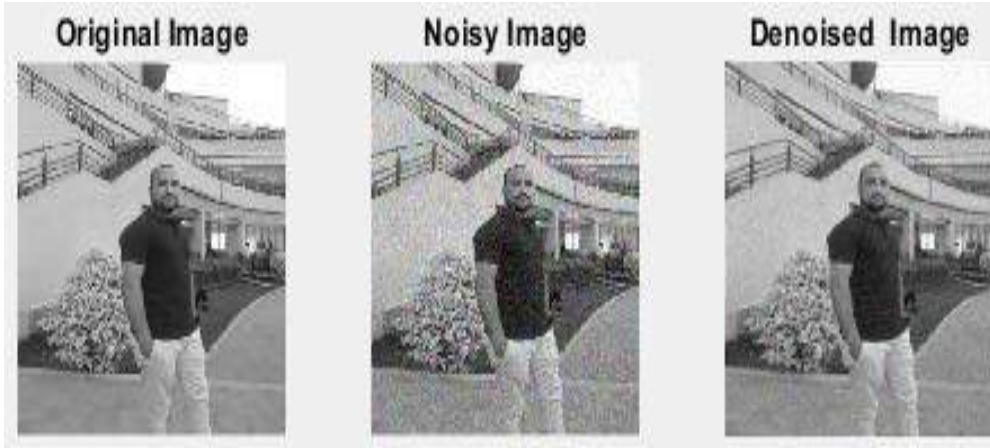
ہم نے مصنف کی ڈیجیٹل امیج کو بھی اپنی تیسری ٹیسٹ امیج کے طور پر منتخب کیا ہے۔ اس کے علاوہ اس ٹیسٹ امیجز کی منکر شدہ امیجز نیچے دی گئی ہیں۔



فکر: 5.11 باربر کی اڈیجیٹل امیج اور ڈینوائزڈ امیج



فكر: 5.12 گھر كى ڈىجىٲل امىج اور ڈىناؤز ڈامىج



فكر: 5.13 مصنف كى ڈىجىٲل امىج اور ڈىناؤز ڈامىج

## 5.9 خلاصہ۔

زىر نظر مقالہ كے پچھلے ابواب كى طرء پورا كام مئىلب (2020a) سافٲ وىر كے ذرىعے مجوزہ الگورٲم اور كار كرءكى كے پىرامىٲرز كے مرآل كے آءٲ كىا جاتا ہے۔ ہر ڈىجىٲل امىج كى اٲنى آصوآىاء اور اس مئى نوز ہوتا ہے۔ لہذا آءقئى ڈىجىٲل امىج ڈىناؤزنگ كا انآصار منآب ڈىجىٲل امىج كى آصىء، اس مئى موجود نوز اور منآب وىولٲٲ فنكشن پر ہوتا ہے۔ ڈىجىٲل امىجز كى ءرءءء كرنے كے لىے ہمارے پاس ڈى كمپوزىٲىش كى سءء كو منآب كرنے اور كسى بھى ڈى كمپوزىٲىش كى سءء پر آءء كى ءءرئى آاصل كرنے كا كھلا انآاب ہے۔ وىولٲٲٲ ٹرانسفارم كى مدد سے ہم نے ہر منآب ڈىجىٲل امىج كو آارلىول ءك ڈمپوز كىا ہے اور امىج ڈىناؤزنگ كے لىے ہر

سطح پر عالمی حد کا استعمال کیا ہے۔ ہر سطح پر ویولیٹس کے ذریعہ ڈیجیٹل امیج کو مسترد کرنے کی جانچ کرنے کے لئے، ہم ڈینوائزنگ پرفارمنس پیرامیٹر SNR کو منتخب کرتے ہیں۔

اوپر والے جدول اور اعداد و شمار سے یعنی جدول نمبر 5.5 اور امیج 5.2 سے واضح طور پر ظاہر ہوتا ہے کہ باربرا کی ڈیجیٹل امیج کو مسترد کرنے کے معاملے میں ہر ویولیٹ ہر سطح پر اچھی کارکردگی کا مظاہرہ کرتا ہے۔ اور میز اور اعداد و شمار یعنی جدول نمبر 5.13، اور امیج 5.5 ہر ایک ویولیٹ کو گھر کے ٹیسٹ امیج کو مسترد کرنے کے لحاظ سے اچھی کارکردگی کا مظاہرہ کرتے ہیں۔ نیز ٹیبل نمبر 5.21 اور امیج 5.8 مصنف کی جانچ کی امیج کے لیے ہر سطح پر ہر ویولیٹ کی بہتر کارکردگی کو ظاہر کرتا ہے۔ جیسا کہ اوپر بتایا گیا ہے کہ ہر ویولیٹ ہر ٹیسٹ امیج کے لیے امیج ڈینوائزنگ کے لحاظ سے بہتر کارکردگی کا مظاہرہ کرتا ہے۔ لیکن ویولیٹ coif4 کسی حد تک دوسرے ویولیٹس سے بہتر کارکردگی کا مظاہرہ کرتا ہے۔ دوسری طرف تغیراتی پیرامیٹر نام اصل اور منحرف امیجوں کے درمیان بڑھتی ہوئی تبدیلی کو ظاہر کرتا ہے۔ دونوں اصول اچھے طریقے سے بہتر نتائج دکھاتے ہیں۔

باربرا، گھر اور مصنف ڈیجیٹل امیج کے لیے 1- معمول کا نتیجہ جدولوں اور اعداد و شمار کے ذریعہ دکھایا گیا ہے یعنی ٹیبل نمبر 5.6، ٹیبل نمبر 5.15، ٹیبل نمبر 5.23 اور امیج 5.3، امیج 5.6، امیج 5.9۔ جو واضح طور پر ان پٹ اور آؤٹ پٹ امیجز کے درمیان فرق کو سطح سے سطح تک بڑھاتا ہے۔ اس کے علاوہ مندرجہ بالا جدولوں اور اعداد و شمار سے یعنی ٹیبل نمبر 5.8، ٹیبل نمبر 5.16، ٹیبل نمبر 5.24 اور امیج 5.4، امیج 5.7، امیج 5.10۔ دوسرا نام کے ٹیسٹ امیجز کے ان پٹ اور آؤٹ پٹ کے لیے باربرا، گھر اور مصنفین ان پٹ اور آؤٹ پٹ امیجز کے درمیان فرق ہر ویولیٹ ڈی کمپوزیشن کی سطح سے بڑھ گیا۔

ہمیں پتہ چلتا ہے کہ ہر سطح کے سڑنے کے بعد ڈینوائزنگ کارکردگی بتدریج کم ہوتی جاتی ہے اور اس کے بعد امیج کے درمیان اتار چڑھاؤ تیزی سے بڑھتا ہے۔ آخر میں، ہم مشاہدہ کرتے ہیں کہ ہر ویولیٹ امیج ڈینوائزنگ کے لحاظ سے بہتر کارکردگی کا مظاہرہ کرتا ہے لیکن coif4 کسی حد تک تمام منتخب ٹیسٹ امیجز کے لیے دیگر ویولیٹ فنکشنز سے بہتر کارکردگی کا مظاہرہ کرتا ہے۔

## اختتامی کلمات

اس تحقیق میں ہم گرے اسکیل ایمجز کو ڈینوائز کرنے کے لیے ویولٹ ٹرانسفارمیشنز اور دیگر متعدد پیرامیٹرز پر مبنی ڈیجیٹل امیج ڈینوائزنگ الگورتھم کا مظاہرہ کرتے ہیں۔ ہر پیرامیٹر کو ہر مجوزہ الگورتھم میں الگ الگ بیان کیا گیا ہے اور الگورتھم پر عمل کرنے سے پہلے مختلف پیرامیٹرز کے لیے بنیادی دستی ریاضیاتی حسابات کیے گئے تھے۔

مختلف تحقیقی مضامین میں استعمال ہونے والی مختلف گرے اسکیل ڈیجیٹل ایمجز کو محرکات کی تردید کے لیے ٹیسٹ ایمجز کے طور پر استعمال کیا جاتا ہے، جیسے کہ انسانی سینے کا سی ٹی اسکین، کیمرو مین، لینا، باربرا، اور گھر کی ایمجز۔ ان ایمجز سے قطع نظر، مصنف نے اسی مقصد کے لیے اپنی گرے اسکیل ڈیجیٹل امیج کو بطور ٹیسٹ امیج استعمال کیا۔ میٹلب میں اس کے ویولٹ اینالائزر اور ہمارے اپنے میٹلب پروگراموں کا استعمال کرتے ہوئے امیج ڈینوائزنگ کا سمو لیشن انجام دیا گیا۔ اس کے بعد، ان الگورتھم میں استعمال ہونے والے پیرامیٹرز کا تقابلی مطالعہ نمایاں کارکردگی کے پیرامیٹرز اور دیگر شماریاتی اصطلاحات کا استعمال کرتے ہوئے کیا جاتا ہے۔ اس مقالے کے اختتام کو باب واراندا میں بیان کیا گیا ہے۔

باب اول: اس باب میں تبدیلی کا مختصر تعارف پیش کیا گیا ہے۔ متعلقہ لٹریچر کا تفصیلی جائزہ لیا گیا۔ مختلف تکنیک، نقطہ نظر، طریقے، اور الگورتھم نوٹ کیے گئے ہیں۔ یہ نوٹ کیا گیا ہے کہ ویولٹ ٹرانسفارمیشن نہ صرف امیج ڈینوائزنگ میں ایک اہم کردار ادا کرتی ہے بلکہ اس کا استعمال دوسرے مقاصد کے لیے بھی کیا جاتا ہے، جیسے کہ امیج کمپریشن، امیج ایج ڈیکشن، امیج سیکمٹیشن، امیج اسمو تھنگ اور شارپنگ، امیج اسپاٹنگ اور ڈسکونیٹی ڈیکشن، اور امیج لہنا سنٹ۔ اس باب میں، مختلف بیان کردہ مقاصد کی تکمیل کے لیے استعمال کیے جانے والے طریقہ کار کا احاطہ کیا گیا ہے۔ یہ بڑے پیمانے پر ویولٹ تھیوری کے وجود اور قابل اطلاقیت، مختلف ویولٹ فنکشنز، ٹرانسفارمیشنز، اور کسی تصویر کا اندازہ لگانے کے لیے ویلیٹ فنکشنز کے استعمال میں شامل کاموں کا احاطہ کرتا ہے۔ سگنل کے تجزیے کے لیے ویولٹ پیکٹ کی تبدیلی، الٹا ویولٹ پیکٹ کی تبدیلی، اور ملٹی ریزولوشن تجزیہ پر تبادلہ خیال کیا جاتا ہے۔ مختلف پروگراموں پر تبادلہ خیال کیا گیا کہ کس طرح میٹلب میں تصاویر کو مسترد کرنے کے مقاصد کے لیے لوڈ کیا جائے۔ مزید اس تحقیق کے مقاصد دستیاب لٹریچر ریویو کو مد نظر رکھتے ہوئے تیار کیے گئے تھے۔ اس مقالے کے مستقبل کے دائرہ کار اور تنظیم کا خلاصہ اس باب کے آخر میں دیا گیا ہے۔

باب دوم: اس باب کا بنیادی فوکس تفصیل سے ڈینوائزنگ ڈیجیٹل امیج پر ہے۔ انسانی سینے کی ایک سی ٹی اسکین امیج کو ڈینوائزنگ کے لیے ٹیسٹ امیج کے طور پر لیا جاتا ہے اور اسے (2020a) میٹلب سافٹ ویئر میں لوڈ کیا جاتا ہے۔ ڈیجیٹل امیج کی تردید اور

تجزیہ مجوزہ الگورتھم کے مطابق کیا جاتا ہے۔ یہاں، ان پٹ امیج کو چار مصنوعی شوروں میں شامل کرنے کے بعد ڈینوائزنگ کے لیے چار فلٹرز سے گزرا گیا۔ پھر ڈیکمپیل امیج نوئز کم کرنا مزید ویولیٹ ٹرانسفارمیشن اور تھریشلنگ تکنیک (gbl) کے ذریعے کیا جاتا ہے۔ ترکیب شدہ سیٹی اسکین امیج الٹا ویولیٹ ٹرانسفارمیشن (IDWT) کے ذریعہ حاصل کی گئی تھی۔

آخر میں یہ پایا گیا کہ ویولیٹس یعنی db2،coif2،sym4 اور bior1.5 کے ذریعے ڈیکمپیل امیج کو پوزن نقلی نوئز پر چیتنے والے فلٹر کے ساتھ ڈینوائزنگ دوسرے ویولیٹس اور فلٹرز سے بہتر کارکردگی کا مظاہرہ کرتا ہے۔

باب سوم: اس باب میں تجویز کردہ الگورتھم میں تھریشلنگ فنکشن  $\lambda(n) = \sigma \sqrt{n \log(M)} = T$ ،  $n \in N$  پر فوکس کرتے ہیں۔ کیمرہ مین کی ڈیکمپیل امیج کو ٹیسٹ امیج کے طور پر منتخب کیا جاتا ہے اور ویولیٹ ٹرانسفارمیشن کے ذریعے لیول ۳ تک گل جاتا ہے۔ سگنل شور کے تناسب اور چوٹی کے سگنل شور کے تناسب کی بنیادوں پر گیارہ ویولیٹ فنکشنز کے لیے ایک ڈینوائزنگ کارکردگی کا موازنہ رکھا گیا ہے۔ یہ موازنہ SNR کے لحاظ سے دکھایا گیا ہے، تین SNR قدروں کی اوسط جو سافٹ تھریشلنگ کی تکنیک اور دیے گئے ریاضیاتی طریقوں کا استعمال کرتے ہوئے آزادانہ طور پر حاصل کی گئی تھیں۔ یہ دکھایا گیا ہے کہ ڈیکمپیل امیج ڈینوائزنگ کے لحاظ سے ہر ویولیٹ بہتر کارکردگی کا مظاہرہ کرتا ہے۔

آخر میں، ویولیٹ فنکشن bior3.3، امیج کے نوئز کو کم کرنے کے لیے منتخب کردہ دیگر ویولیٹ فنکشنز کے مقابلے میں، امیج ڈینوائزنگ کے لحاظ سے بہتر کارکردگی کا مظاہرہ کرتا ہے۔

باب چہم: اس باب میں لینا کی ایک ڈیکمپیل امیج کو ٹیسٹ امیج کے طور پر لیا گیا ہے۔ ڈیکمپیل امیج ڈینوائزنگ کے لیے جزل تھریشلنگ فنکشن کے ذریعے درجے تین پر تفصیلی گتاتکوں سے تخمینہ حد کی قیمت حاصل کی جاتی ہے۔ پھر حاصل شدہ حد کی قدروں کے ساتھ ویولیٹ پیکٹ کی تبدیلی کا اطلاق ڈیکمپیل امیج کے لیے سطح ۳ پر کیا جاتا ہے۔ ہم تجزیہ کرتے ہیں کہ coif2 پہلی پوزیشن پر اور sym7 دوسری پوزیشن پر امیج ڈینوائزنگ کے لحاظ سے بہتر کارکردگی کا مظاہرہ کرتا ہے۔ اسی طرح ویولیٹ فنکشنز db5، bior6.8 اور haar نے تیسری، چوتھی اور پانچویں پوزیشن پر ڈیکمپیل امیج ڈینوائزنگ کے لحاظ سے بہتر کارکردگی کا مظاہرہ کیا۔

باب پنجم: اس باب میں ڈیکمپیل امیج ڈینوائزنگ میں نارمل پیرامیٹر کی اہمیت پر بات کی گئی ہے۔ مجوزہ نقطہ نظر کئی پیرامیٹرز کا بھی استعمال کرتا ہے۔ یہاں ہم تین ٹیسٹ امیجز یعنی باربرا، ہاؤس، اور مصنف کی ڈیکمپیل امیجز کا انتخاب کرتے ہیں۔ ٹیسٹ امیج کو لیول

سپر کئی ویولیت فنکشنز کے ذریعے گلا جاتا ہے۔ ڈیجیٹل امیج کے نوئز کو کم کرنے کے لیے تھریشولڈ فنکشن (جی بی ایل) کے ذریعے امیج کے تفصیلی گتاتوں سے تھریشولڈ ویلیو حاصل کی جاتی ہے۔ مزید برآں Norm-1 اور Norm-2 ظاہر کرتا ہے کہ استعمال ہونے والے تمام ویولیت فنکشنز بہتر کارکردگی کا مظاہرہ کرتے ہیں اور ان پٹ اور آؤٹ پٹ امیجز کے درمیان بڑھے ہوئے اتار چڑھاؤ کو چیک کریں۔ ہمیں پتا ہے کہ ہر سطح کے سڑنے کے بعد ڈینوائزنگ کارکردگی بتدریج کم ہوتی جاتی ہے اور امیج کے درمیان اتار چڑھاؤ تیزی سے بڑھتا ہے۔ آخر میں، ہم مشاہدہ کرتے ہیں کہ ہر ویولیت امیج ڈینوائزنگ کے لحاظ سے بہتر کارکردگی کا مظاہرہ کرتا ہے، لیکن coif4 کسی حد تک تمام منتخب ٹیسٹ امیجز کے لیے دیگر ویولیت فنکشنز سے بہتر کارکردگی کا مظاہرہ کرتا ہے۔

## مستقبل کا دائرہ کار

اس مقالے میں ہمارا مقصد ڈیجیٹل امیجز خاص طور پر گرے اسکیل ڈیجیٹل امیجز کو ڈیٹا انالیز کرنے کا مطالعہ کرنا ہے۔ ہمارا مطالعہ صرف گرے اسکیل امیج کو ڈیٹا انالیز کرنے تک ہی محدود نہیں ہے بلکہ اسے دیگر ڈیجیٹل امیجز جیسے آر جی بی، بانسری، بلیک اینڈ وائٹ وغیرہ کے مطالعہ تک بڑھایا جاسکتا ہے۔ حیاتیاتی سگنلز، سیمسک سگنلز، اور میوزیکل سگنلز۔ سگنل کے تجزیوں کے لیے وقتاً فوقتاً مختلف تبدیلیاں وجود میں آئیں۔ تازہ ترین لٹریچر، ماہرین کی آراء اور یولیٹ ٹرانسفارمیشن کے بارے میں مختلف تحقیقی مضامین کے مطابق واضح طور پر یہ ظاہر ہوتا ہے کہ یہ نہ صرف ڈیجیٹل امیج کے تجزیوں کے لیے بہترین ٹول ہے بلکہ دیگر مختلف قسم کے سگنلز کے تجزیہ کے لیے بھی استعمال کیا جاسکتا ہے۔ یہاں ہم کچھ اضافہ کا ذکر کریں گے جو اس تحقیقی کام میں مستقبل کے کام کے لیے کیے جاسکتے ہیں۔

ہم مختلف سگنلز کے اچھے تجزیہ کے لیے اچھی یولیٹ اور کامل یولیٹ ڈی کمپوزیشن کی سطح کو منتخب کر کے یولیٹ ٹرانسفارم کے طریقہ کار کو بڑھا سکتے ہیں۔ نیز، تھریٹس ہولڈنگ فنکشن یا تھریٹس ہولڈنگ ویلیو اور دیگر مختلف عددی پیرامیٹرز کا کامل انتخاب مستقبل کے سگنل کے تجزیے کے لیے یولیٹ ٹرانسفارمیشن کے طریقہ کار میں بہتری کا باعث بن سکتا ہے۔

یولیٹ ٹرانسفارمیشن میں ہم کسی بھی سگنل کی معلومات تین سمتوں میں حاصل کر رہے ہیں یعنی افقی، عمودی اور ترچھی اور ہم وکر کی سمتوں پر معلومات کھوسکتے ہیں۔ لہذا، کرویلیٹ ٹرانسفارم جو کہ یولیٹ ٹرانسفارم کا ایک بہتر ورژن ہے، دیے گئے سگنل کے بارے میں کرو لیکیشن کی معلومات حاصل کرنے کے لیے اپنایا جاسکتا ہے اور دیے گئے تحقیقی کام میں اضافہ کیا جاسکتا ہے۔ آخر میں ہم کہہ سکتے ہیں کہ یہ تحقیقی کام حتمی نہیں ہے، اسے مزید درستی کے ساتھ دیگر طریقوں اور تکنیکوں سے بہتر بنایا جاسکتا ہے۔

اشاعت اور کانفرنس میں شرکت کی فہرست

حوالہ جات