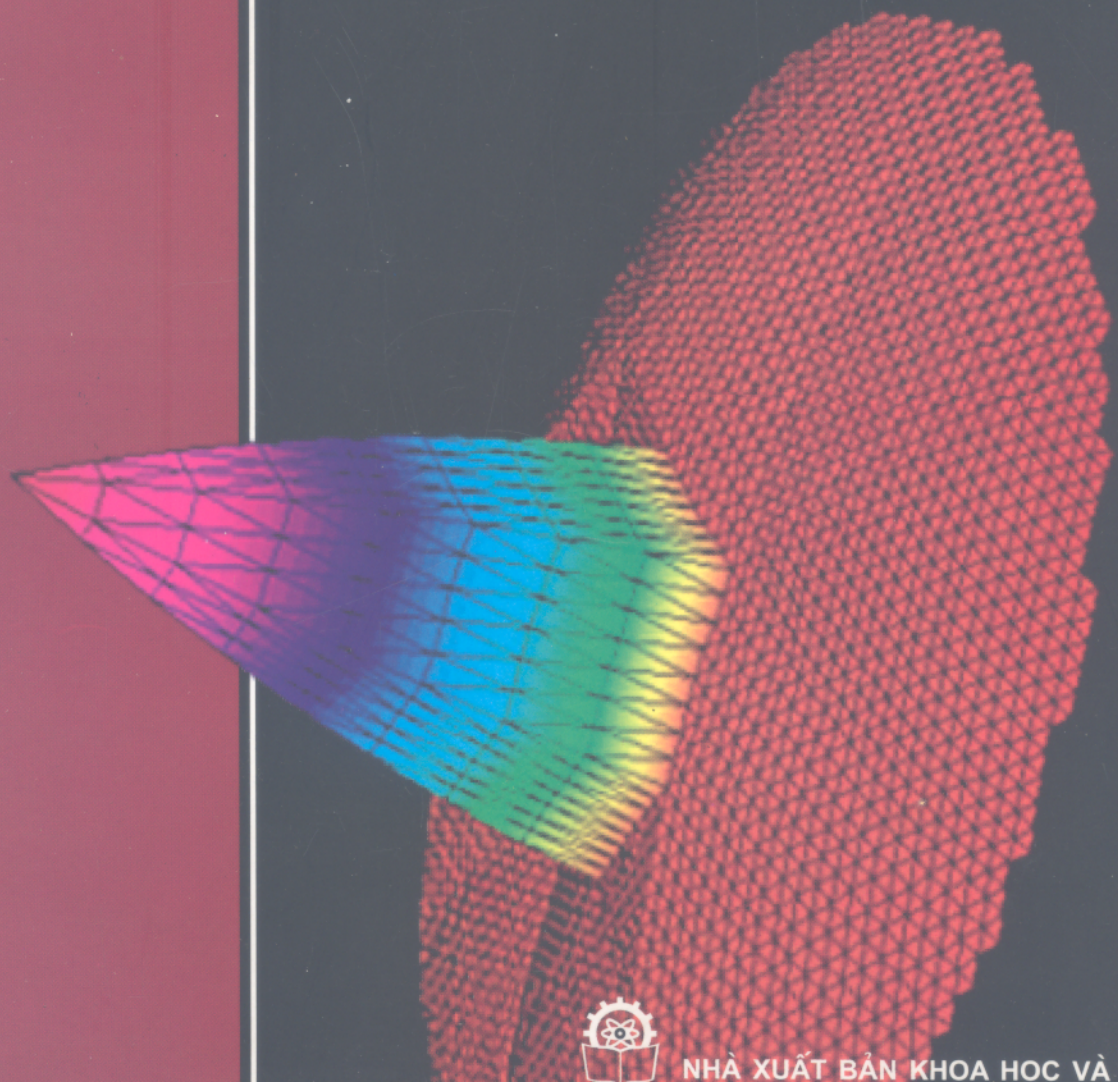
The MATH WORKS Inc.

Th.S NGUYỄN HOÀNG HẢI - Th.S NGUYỄN VIỆT ANH
KS PHẠM MINH TOÀN - Th.S HÀ TRẦN ĐỨC

# CÔNG CỤ PHÂN TÍCH WAVELET VÀ ỨNG DỤNG TRONG MATLAB

*(Dùng cho sinh viên ngành CNTT và ĐTVT)*



NHÀ XUẤT BẢN KHOA HỌC VÀ KỸ THUẬT

Th.S NGUYỄN HOÀNG HẢI - Th.S NGUYỄN VIỆT ANH
KS. PHẠM MINH TOÀN - ThS. HÀ TRẦN ĐỨC

# Công cụ phân tích Wavelet

## *và ứng dụng trong MATLAB*

*Dùng cho sinh viên ngành tin học và điện tử viễn thông*

NHÀ XUẤT BẢN KHOA HỌC VÀ KỸ THUẬT
HÀ NỘI - 2005

# MỤC LỤC

*Lời giới thiệu* ..... *11*
Hộp công cụ Wavelet là gì ? ..... 13
Cách sử dụng tài liệu này ..... 13
Dành cho người mới sử dụng ..... 13
Dành cho người sử dụng đã có kinh nghiệm ..... 14
Dành cho mọi người sử dụng ..... 14
Để tăng thêm cơ sở kiến thức ..... 14
Cài đặt hộp công cụ Wavelet ..... 15
Yêu cầu hệ thống ..... 15
Chi tiết về cấu hình ..... 15

**CHƯƠNG 1 Wavelet-công cụ phân tích mới** ..... **17**
I. Các ứng dụng của Wavelet ..... 17
1.1 Đặc tính tỉ lệ ..... 17
1.2 Đặc tính thời gian ..... 17
1.3 Phân tách Wavelet ..... 18
II. Phân tích Fourier ..... 18
III. Phân tích Fourier thời gian ngắn ..... 18
IV. Phân tích Wavelet ..... 19
4.1 Phân tích Wavelet có thể thực hiện được gì ..... 19
4.2 Thế nào là phân tích Wavelet ..... 20
4.3 Số chiều ..... 21
V. Biến đổi Wavelet liên tục ..... 21
5.1 Định tỉ lệ (Scaling) ..... 21
5.2 Dịch ..... 22
5.3 Năm bước đơn giản để thực hiện biến đổi Wavelet liên tục ..... 23
5.4 Tỉ lệ và tần số ..... 24
5.5 Các tỉ lệ tự nhiên ..... 25
5.6 Ý nghĩa của từ "liên tục" (continuos) trong biến đổi Wavelet liên tục ..... 25
VI. Biến đổi Wavelet rời rạc ..... 25
6.1 Lọc một tầng: Các xấp xỉ và chi tiết ..... 26
6.2 Phân tách đa mức ..... 27
6.3 Số các mức ..... 27
VII. Tái tạo Wavelet ..... 28
7.1 Các bộ lọc tái tạo ..... 28

7.2 Các xấp xỉ và chi tiết tái tạo ..... 29
7.3 Mối quan hệ giữa các bộ lọc và dạng Wavelet ..... 30
7.4 Hàm tỉ lệ ..... 31
7.5 Phân tích và tái tạo nhiều bước ..... 31
VIII. Phân tích Wavelet gói ..... 32
IX. Lịch sử của Wavelet ..... 32
X. Giới thiệu về các họ Wavelet ..... 33
10.1 Haar ..... 34
10.2 Daubechies ..... 34
10.3 Biorthogonal ..... 34
10.4 Coiflets ..... 35
10.5 Symlets ..... 35
10.6 Morlet ..... 36
10.7 Mũ Mehicô (Mexican Hat) ..... 36
10.8 Meyer ..... 36
10.9 Các Wavelet khác ..... 37
10.10 Wavelet phức ..... 37

**CHƯƠNG 2 Sử dụng hộp công cụ Wavelet ..... 38**
Tổng quan ..... 38
I. Phân tích Wavelet liên tục một chiều ..... 38
1.1 Phân tích liên tục dùng dòng lệnh ..... 39
1.2 Phân tích liên tục dùng giao diện đồ họa ..... 41
1.3 Xuất nhập dữ liệu trong giao diện đồ họa ..... 46
II. Phân tích Wavelet phức liên tục một chiều ..... 47
2.1 Phân tích phức liên tục dùng dòng lệnh ..... 47
2.2 Phân tích phức liên tục dùng giao diện đồ họa ..... 49
2.3 Xuất nhập dữ liệu từ giao diện đồ họa ..... 50
III. Phân tích Wavelet rời rạc một chiều ..... 50
3.1 Phân tích một chiều dùng dòng lệnh ..... 51
3.2 Phân tích một chiều dùng giao diện đồ họa ..... 56
3.3 Xuất nhập dữ liệu từ giao diện đồ họa ..... 65
3.4 Tải thông tin vào công cụ Wavelet 1-D ..... 68
IV. Phân tích Wavelet rời rạc hai chiều ..... 69
4.1 Phân tích hai chiều dùng dòng lệnh ..... 70
4.2 Phân tích hai chiều dùng giao diện đồ họa ..... 77
4.3 Xuất nhập thông tin từ giao diện đồ họa ..... 77
4.4 Tải thông tin vào công cụ Wavelet 2-D ..... 78
V. Wavelet - Làm việc với các hình ảnh ..... 80
5.1 Khái niệm "hình ảnh" (image) trong MATLAB ..... 80
5.2 Ảnh có chỉ số (Indexed image) ..... 80
5.3 Phân tách Wavelet của các ảnh chỉ số ..... 81
5.4 Cách hiển thị các phân tách ..... 81
5.5 Các ảnh khác ..... 82

5.6 Chuyển đổi hình ảnh ..... 82
VI. Phân tích Wavelet tĩnh rời rạc một chiều ..... 84
6.1 Phân tích một chiều dùng dòng lệnh ..... 84
6.2 Phân tích một chiều trong khử nhiễu dùng giao diện đồ họa ..... 91
6.3 Xuất nhập thông tin trong giao diện đồ họa ..... 92
VII. Phân tích Wavelet tĩnh rời rạc hai chiều ..... 93
7.1 Phân tích hai chiều dùng dòng lệnh ..... 93
7.2 Phân tích hai chiều trong khử nhiễu dùng giao diện đồ họa ..... 99
7.3 Xuất nhập thông tin trong giao diện đồ họa ..... 100
VIII. Ước lượng hồi quy Wavelet một chiều ..... 101
8.1 Ước lượng một chiều dùng GUI cho các quan sát không gian cân bằng (Thiết kế cố định) ..... 101
8.2 Ước lượng một chiều dùng GUI cho các quan sát không gian ngẫu nhiên (Thiết kế Stochastic) ..... 102
8.3 Xuất nhập thông tin trong giao diện đồ họa ..... 103
IX. Ước lượng mật độ Wavelet một chiều ..... 104
9.1 Ước lượng một chiều dùng giao diện đồ họa ..... 104
9.2 Xuất nhập thông tin trong giao diện đồ họa ..... 105
X. Ngưỡng thích ứng biến thiên một chiều của các hệ số Wavelet ..... 106
10.1 Ngưỡng cục bộ một chiều trong khử nhiễu sử dụng giao diện đồ họa ..... 106
10.2 Một vài ví dụ để khử nhiễu với các ngưỡng phụ thuộc khoảng thời ..... 108
10.3 Xuất nhập dữ liệu trong giao diện đồ họa ..... 108
XI. Lựa chọn một chiều của các hệ số Wavelet dùng giao diện đồ họa ..... 109
XII Lựa chọn hai chiều của các hệ số Wavelet dùng giao diện đồ họa ..... 111
XIII. Mở rộng một chiều ..... 113
13.1 Mở rộng một chiều dùng dòng lệnh ..... 113
13.2 Mở rộng một chiều dùng giao diện dòng lệnh ..... 113
13.3 Xuất nhập dữ liệu trong giao diện đồ họa ..... 114
XIV. Mở rộng hai chiều ..... 114
14.1 Mở rộng hai chiều dùng dòng lệnh ..... 114
14.2 Mở rộng hai chiều dùng giao diện dòng lệnh đồ họa ..... 114
14.3 Xuất nhập dữ liệu trong giao diện đồ họa ..... 114

**CHƯƠNG 3. Các ứng dụng của Wavelet ..... 115**
I. Tổng quan ..... 115
1.1 Ứng dụng của phân tách Wavelet ..... 115
1.2 Sử dụng giao diện đồ hoạ ..... 115
II. Phát hiện các điểm gián đoạn và điểm gãy loại I ..... 115
2.1 Mục đích ..... 115
2.2 Thảo luận ..... 116
2.3 Nguyên tắc chủ đạo để phát hiện sự rời rạc ..... 116
III. Phát hiện các điểm gián đoạn và điểm gãy loại II ..... 117
3.1 Mục đích ..... 117
3.2 Thảo luận ..... 117

IV. Phát hiện sự biến chuyển thời gian dài ..... 117
4.1 Mục đích ..... 117
4.2 Thảo luận ..... 117
V. Phát hiện sự bán tương tự ..... 118
5.1 Các hệ số Wavelet và tính bán tương tự ..... 118
5.2 Thảo luận ..... 119
VI. Xác định các tần số thuần ..... 119
6.1 Mục đích ..... 119
6.2 Thảo luận ..... 119
VII. Triệt khử các tín hiệu ..... 120
7.1 Mục đích ..... 120
7.2 Thảo luận ..... 120
7.3 Khử nhiễu các tín hiệu ..... 121
VIII. Khử nhiễu các tín hiệu ..... 121
8.1 Mục đích ..... 121
8.2 Thảo luận ..... 121
IX. Khử nhiễu các hình ảnh ..... 123
9.1 Mục đích ..... 123
9.2 Thảo luận ..... 124
X. Nén ảnh ..... 124
10.1 Mục đích ..... 124
10.2 Thảo luận ..... 124
XI. Nhân nhanh các ma trận cỡ lớn ..... 125
11.1 Mục đích ..... 125
11.2 Ví dụ 1 Phép nhân ma trận nhanh hiệu quả ..... 126
11.3 Ví dụ 2 Phép nhân ma trận nhanh không hiệu quả ..... 127

**CHƯƠNG 4 Các ví dụ và các trường hợp nghiên cứu ..... 128**
I. Tổng quan ..... 128
1.1 Các ví dụ minh hoạ ..... 128
1.2 Lời khuyên đối với độc giả ..... 129
1.3 V ề vi ệc t ìm hi ểu s âu h ơn ..... 130
II. Các ví dụ ..... 131
2.1 Tổng các sin ..... 131
2.2 Đột biến về tần số ..... 132
2.3 Nhiễu trắng đồng đều ..... 133
2.4 Nhiễu màu AR(3) ..... 133
2.5 Đa thức - Nhiễu trắng ..... 134
2.6 Tín hiệu bước ..... 135
2.7 Hai điểm gián đoạn gần nhau ..... 136
2.8 Gián đoạn ở đạo hàm bậc hai ..... 137
2.9 Một đường dốc - nhiễu trắng ..... 138
2.10 Một đường dốc - nhiễu màu ..... 139
2.11 Sóng sin + nhiễu trắng ..... 140

2.12 Hàm tam giác - sóng sin ..... 141
2.13 Hàm tam giác - sin - nhiễu ..... 142
2.14 Tín hiệu tiêu thụ điện thực tế ..... 143
III. Trường hợp nghiên cứu ..... 144
3.1 Tín hiệu điện ..... 144
3.2 Dữ liệu và thông tin bên ngoài ..... 144
3.3 Phân tích giai đoạn nửa ngày ..... 145
3.4 Phân tích giai đoạn cuối đêm ..... 146
IV. Gợi ý về việc phân tích sâu hơn ..... 147
4.1 Xác định lỗi do cảm biến ..... 147
4.2 Khử nhiễu ..... 148
4.3 Xác định mô hình các chi tiết ..... 148
4.4 Xác định và khử các giá trị ngoài ý muốn ..... 149
4.5 Nghiên cứu dữ liệu thiếu ..... 149

**CHƯƠNG 5. Sử dụng Wavelet gói ..... 151**
I. Giới thiệu về phân tích Wavelet gói ..... 151
II. Phân tích Wavelet gói một chiều ..... 153
2.1 Phân tích ..... 153
2.2 Nén một tín hiệu sử dụng các gói Wavelet ..... 154
2.3 Khử nhiễu một tín hiệu sử dụng Wavelet gói ..... 156
III. Phân tích Wavelet gói hai chiều ..... 158
3.1 Gói Wavelet hai chiều ..... 158
3.2 Nén một ảnh sử dụng các gói Wavelet ..... 159
IV. Nhập và xuất từ các công cụ đồ họa ..... 161
4.1 Lưu dữ liệu ra đĩa ..... 161
4.2 Tải dữ liệu lên công cụ giao diện đồ họa. ..... 163

**CHƯƠNG 6 Các khái niệm nâng cao ..... 165**
I. Các khái niệm chung ..... 165
1.1 Một số quy ước toán học ..... 165
1.2 Wavelet: công cụ mới trong phân tích tín hiệu ..... 166
1.3 Phân tách Wavelet: một tổ chức dạng phân cấp ..... 166
1.4 Các độ phân giải tinh và thô ..... 167
1.5 Các dạng Wavelet ..... 167
1.6 Wavelet và các họ kết hợp ..... 168
1.7 Biến đổi Wavelet: liên tục và rời rạc ..... 170
1.8 Phân tích cục bộ và toàn cục ..... 171
1.9 Tổng hợp biến đổi ngược ..... 172
1.10 Các chi tiết và xấp xỉ ..... 172
II. Thuật toán biến đổi Wavelet nhanh (FWT) ..... 174
2.1 Các bộ lọc sử dụng trong tính toán DWT và IDWT ..... 174
2.2 Thuật toán ..... 176
2.3 Tại sao lại tồn tại một thuật toán như vậy ..... 179

III. Giải quyết méo đường biên ..... 182
3.1 Vấn đề méo đường biên ..... 182
3.2 Các chế độ mở rộng tín hiệu ..... 182
3.3 Các quy trình mở rộng ..... 184
3.4 Một ví dụ ảnh ..... 185
IV. Biến đổi Wavelet tĩnh rời rạc (SWT) ..... 187
4.1 DWT tỉ lệ ε ..... 188
4.2 Làm cách nào để tính DWT 1 phần ε: SWT ..... 188
4.3 Biến đổi Wavelet tĩnh rời rạc ngược (ISWT) ..... 188
V. Các câu hỏi thường gặp ..... 191
5.1 Phân tích liên tục hay rời rạc ..... 191
5.2 Tại sao các Wavelet là có ích trong mã hoá tiết kiệm không gian? ..... 191
5.3 Lợi điểm của việc có trung bình không và các mômen triệu tiêu tại 1 số thời điểm ..... 191
5.4 Về tính ổn định của một Wavelet ..... 192
5.5 Liệu Wavelet còn hữu ích trong các ứng dụng khác ngoài xử lý tín hiệu và hình ảnh ..... 192
5.6 Các hàm như thế nào là có thể trở thành Wavelet? ..... 192
5.7 Xây dựng một Wavelet mới là dễ? ..... 193
5.8 Mối liên hệ giữa phân tích Wavelet và Fourier ..... 193
5.9 Cách liên hệ giữa tỉ lệ và tần số ..... 194
VI. Các họ Wavelet: thảo luận thêm ..... 197
6.1 Các Wavelet Daubechies: dbN ..... 197
6.2 Các Wavelet Symlet: symN ..... 199
6.3 Các Wavelet Coiflet: coifN ..... 199
6.4 Các cặp Wavelet song trực giao: biorNr.Nd ..... 200
6.5 Wavelet Meyer: meyr ..... 201
6.6 Các Wavelet Battle-Lemarie ..... 201
6.7 Wavelet mũ Mêhicô (Mexical hat): mexh ..... 202
6.8 Wavelet Morlet: morl ..... 202
6.9 Các Wavelet thực khác ..... 203
6.10 Các Wavelet phức ..... 204
6.11 Tổng kết các họ Wavelet các đặc tính kết hợp (phần 1) ..... 207
Tổng kết các họ Wavelet và các đặc tính kết hợp (phần 2) ..... 208
VII. Các ứng dụng Wavelet: chi tiết ..... 208
7.1 Khử các tín hiệu ..... 208
7.2 Phân chia các thành phần tín hiệu ..... 210
7.3 Xử lý nhiễu ..... 210
7.4 Khử nhiễu ..... 211
7.5 Nén dữ liệu ..... 219
7.6 Chỉ tiêu nén ..... 221
7.7 Ước lượng hàm: mật độ và hồi quy ..... 221
7.8 Các phương pháp khử nhiễu, ước lượng và nén bằng các công cụ GUI ..... 225
VIII. Các Wavelet gói ..... 229

8.1 Từ các Wavelet đến Wavelet gói: phân tích các chi tiết ..... 229
8.2 Giới thiệu các Wavelet gói trong thực hành ..... 230
8.3 Xây dựng các gói Wavelet ..... 231
8.4 Hạt nhân gói Wavelet ..... 233
8.5 Tổ chức các gói Waveleet ..... 234
8.6 Chọn phân tách tối ưu ..... 235
8.7 Một số cây con đáng chú ý ..... 238
8.8 Cấu trúc phân tách Wavelet gói 2-D ..... 239
8.9 Các Wavelet gói trong nén và khử nhiễu. ..... 239

**CHƯƠNG 7. Tạo các Wavelet cá nhân ..... 240**
I. Các bước thêm Wavelet mới ..... 240
1.1 Chọn tên đầy đủ cho họ Wavelet ..... 240
1.2 Chọn tên viết tắt cho họ Wavelet ..... 240
1.3 Xác định kiểu Wavelet ..... 241
1.4 Xác định thứ tự của các Wavelet trong họ đã cho ..... 241
1.5 Xây dựng một MAT-File hoặc là M-file ..... 241
1.6 Xác định miền hiệu quả ..... 242
II. Thêm vào một họ Wavelet mới ..... 242
2.1 Ví dụ 1 ..... 243
2.2 Ví dụ 2 ..... 246
III. Sau khi thêm vào một họ Wavelet mới ..... 249

**CHƯƠNG 8. Tham khảo các hàm ..... 251**
I. Phân loại các hàm theo nhóm ..... 251
1.1 Các công cụ giao diện đồ họa ..... 251
1.2 Các hàm Wavelet chung ..... 251
1.3 Họ các Wavelet ..... 251
1.4 Wavelet liên tục: một chiều ..... 252
1.5 Các Wavelet rời rạc: một chiều ..... 252
1.6 Các Wavelet rời rạc: hai chiều ..... 252
1.7 Các thuật toán Wavelet gói ..... 252
1.8 Các thuật toán biến đổi Wavelet tĩnh rời rạc ..... 253
1.9 Khử nhiễu và nén cho tín hiệu/hình ảnh ..... 253
1.10 Các tiện tích quản lý cây ..... 254
1.11 Các tiện tích tổng quát ..... 254
1.12 Các hàm khác và mẫu chương trình (demo) ..... 255
1.13 Các hàm không dùng nữa ..... 255
II. Chi tiết các hàm ..... 255

**PHỤ LỤC A Tham khảo giao diện đồ họa ..... 423**
Các đặc tính chung ..... 423
Mã hóa màu ..... 423
Sự liên kết các đồ thị ..... 423

Dùng chuột ..... 424
Thực hiện lựa chọn và kích hoạt các điều khiển ..... 424
Dịch chuyển các đồ thị ..... 425
Hiển thị các thông tin theo vị trí ..... 425
Điều khiển bản đồ màu ..... 425
Điều khiển số các màu ..... 426
Điều khiển cơ chế tạo màu ..... 426
Dùng các menu ..... 427
Sử dụng nút View Axes ..... 429
Dùng công cụ đặt ngưỡng theo khoảng ..... 431
Các đặc điểm của công cụ Wavelet liên tục ..... 432
Các đặc điểm của công cụ Wavelet 1 chiều ..... 433
Cơ chế cây ..... 433
Các tùy chọn hiển thị khác ..... 433
Các đặc tính của Wavelet 2-D ..... 434
Các đặc điểm Wavelet gói (1-D và 2-D) ..... 435
Tô màu các hệ số ..... 435
Hành động ở nút ..... 435
Nhãn nút ..... 435
Công cụ hiển thị Wavelet ..... 437
Công cụ hiển thị Wavelet gói ..... 438

**PHỤ LỤC B Lập trình hướng đối tượng ..... 439**
Mô tả ngắn gọn các đối tượng trong hộp công cụ ..... 439
Cách sử dụng đơn giản của các đối tượng qua 4 ví dụ ..... 440
Ví dụ 1: plot và wpviewcf ..... 440
Ví dụ 2: drawtree và reedtree ..... 442
Ví dụ 3: một ví dụ thú vị ..... 444
Ví dụ 4: đặt ngưỡng các Wavelet gói ..... 446
Mô tả chi tiết các đối tượng trong hộp công cụ ..... 447
Đối tượng WTBO ..... 447
Đối tượng NTREE ..... 448
Đối tượng DTREE ..... 448
Đối tượng WPTREE ..... 450
Sử dụng nâng cao các đối tượng ..... 451
Ví dụ 1: xây dựng một đối tượng cây Wavelet (WTREE) ..... 451
Ví dụ 2: xây dựng một đối tượng cây Wavelet phải (RWVTREE) ..... 452
Ví dụ 3: xây dựng một đối tượng cây Wavelet (WVTREE) ..... 453
Ví dụ 4: xây dựng một đối tượng cây Wavelet (EDWTTREE) ..... 453

***Tài liệu tham khảo* ..... *455***