



ΧΑΡΟΚΟΠΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΓΡΑΦΙΑΣ

Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών
«Εφαρμοσμένη Γεωγραφία και Διαχείριση του Χώρου»
Κατεύθυνση: Διαχείριση και Ανάλυση Γεωγραφικών Δεδομένων

**ΕΝΤΟΠΙΣΜΟΣ ΠΕΡΙΟΧΩΝ ΠΟΥ ΕΧΟΥΝ ΥΠΟΣΤΕΙ ΚΑΤΑΣΤΡΟΦΕΣ ΜΕ
ΤΗΝ ΧΡΗΣΗ ΕΙΚΟΝΩΝ ΥΨΗΛΗΣ ΔΙΑΚΡΙΤΙΚΗΣ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑΣ
ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΜΕΛΕΤΗΣ Ο ΣΕΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΠΟΛΗΣ Λ' ΑΚΟΥΙΛΑΣ ΣΤΙΣ
6 ΑΠΡΙΛΙΟΥ 2009**



Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία του:
Κατσέλη Σταύρου
Αθήνα, Οκτώβριος 2011



**ΧΑΡΟΚΟΠΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΓΡΑΦΙΑΣ**

Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών
«Εφαρμοσμένη Γεωγραφία και Διαχείριση του Χώρου»
Κατεύθυνση: Διαχείριση και Ανάλυση Γεωγραφικών Δεδομένων

**ΕΝΤΟΠΙΣΜΟΣ ΠΕΡΙΟΧΩΝ ΠΟΥ ΕΧΟΥΝ ΥΠΟΣΤΕΙ ΚΑΤΑΣΤΡΟΦΕΣ ΜΕ
ΤΗΝ ΧΡΗΣΗ ΕΙΚΟΝΩΝ ΥΨΗΛΗΣ ΔΙΑΚΡΙΤΙΚΗΣ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑΣ
ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΜΕΛΕΤΗΣ Ο ΣΕΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΠΟΛΗΣ Α' ΑΚΟΥΙΛΑΣ ΣΤΙΣ
6 ΑΠΡΙΛΙΟΥ 2009**

Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία του:
Κατσέλη Σταύρου

Επιβλέπων Καθηγητής: Ισαάκ Παρχαρίδης

Αθήνα, Οκτώβριος 2011

Περιεχόμενα

Πρόλογος	1
Περίληψη	2
Abstract	2
Εισαγωγή	3
1. Γενικά περί Τηλεπισκόπησης	5
1.1 Ηλεκτρομαγνητικό φάσμα	6
1.2 Ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία – φασματικά κανάλια.....	6
1.3. Κατηγορίες δορυφορικών αισθητήρων	7
1.3.1 Παθητικοί αισθητήρες	7
1.3.2 Ενεργητικοί αισθητήρες	8
1.4. Χαρακτηριστικά της τροχιάς των δορυφόρων	9
1.4.1 Δορυφόροι υψηλής τροχιάς	9
1.4.2 Δορυφόροι χαμηλής τροχιάς	9
2. Ιστορική αναδρομή	10
3. Δορυφόροι υψηλής διακριτικής ικανότητας.....	11
3.1 Ο δορυφόρος Quickbird	12
3.2 Ο Δορυφόρος IKONOS	15
3.3 Ο Δορυφόρος OrbView -3	18
3.4 Ο Δορυφόρος WorldView 2.....	20
3.5 Ο δορυφόρος COSMO-SkyMed.....	24
3.6 Ο Δορυφόρος TerraSAR-X.....	26
3.7 Ο δορυφόρος RADARSAT-2	28
4. Γενικά για τους σεισμούς.....	29
5. Γενικά για την πόλη Λ' Άκουιλα.....	31
5.1 Προηγούμενοι σεισμοί	33
5.2 Ο σεισμός στην πόλη της Λ' Άκουιλα	34

5.3 Επιχείρηση διάσωσης και βοήθειας	36
5.4 Εκτίμηση της σεισμικής επικινδυνότητας των κτιρίων	39
5.5 Μετά την κρίση	44
5.6 Μακροπρόθεσμη προσωρινή στέγαση	44
5.7 Το σχέδιο C.A.S.E.....	45
5.8 Το σχέδιο M.A.P	47
5.9 Σχολεία	49
5.10 Μνημειακά κτίρια	50
5.11 Γραμμή Ζωής	51
5.12 Εκκίνηση ανασυγκρότησης.....	52
6. Προηγούμενες μελέτες.....	53
7. Πρωτογενή Δεδομένα και Επεξεργασία	56
7.1 Πρωτογενή δεδομένα	56
7.2 Επεξεργασία	57
7.3 Γεωαναφορά.....	58
8 Ανάλυση δορυφορικών εικόνων	61
9. Αναγνώριση περιοχών που έχουν υποστεί καταστροφές μέσω οπτικής ερμηνείας	63
9.1 Εισαγωγή.....	63
9.2 Παγχρωματικές εικόνες.....	63
9.2.1 Αναγνώριση των καταστροφών με την χρήση παγχρωματικών εικόνων ...	64
9.2.2 Συγκριτική ανάλυση εικόνων πριν και μετά το σεισμό.....	94
9.3 Πολυφασματικές εικόνες	96
9.3.1 Αναγνώριση των καταστροφών με την χρήση πολυφασματικών εικόνων ..	98
9.3.2. Σύγκριση Παγχρωματικής και πολυφασματικής δορυφορικής εικόνας ..	107
9.4 Συγχώνευση δορυφορικών δεδομένων	108
9.4.1 Αναγνώριση των καταστροφών με την χρήση συνδυασμού πολυφασματικής και παγχρωματικής εικόνας.....	109

10. Αναγνώριση των περιοχών που έχουν υποστεί καταστροφές με την μέθοδο ανάλυσης κυρίων συνιστωσών και ερμηνεία βάση τους στατιστικούς πίνακες.....	135
10.1 Εισαγωγή.....	135
10.2 Η πρώτη κύρια συνιστώσα.....	136
10.3 Η δεύτερη κύρια συνιστώσα	137
10.4 Αποτελέσματα από την ανάλυση κυρίων συνιστωσών.....	139
11. Χωρικά φίλτρα.....	152
11.1 Φίλτρα χαμηλών συχνοτήτων	152
11.1.1 Φίλτρο μέσης τιμής (Mean Filter)	152
11.1.2 Φίλτρο διαμέσου (median Filter).....	153
11.1.3 Φίλτρο κανονικής κατανομής (Gauss Filter).....	154
11.2 Φίλτρα Υψηλών Συχνοτήτων.....	154
11.2.1 Φίλτρο όξυνσης υψηλής συχνότητας (sharpen filter)	154
12. Συμπεράσματα	156
13. Βιβλιογραφία	160

Ευρετήριο Εικόνων

Εικόνα 1. Ζώνες του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος και φασματικά κανάλια.	7
Εικόνα 2. Παθητικός αισθητήρας.....	7
Εικόνα 3. Ενεργητικός αισθητήρας.....	8
Εικόνα 4. Ο δορυφόρος QuickBird.....	12
Εικόνα 5. Ο δορυφόρος Ikonos.....	15
Εικόνα 6. Ο δορυφόρος OrbView 3.....	18
Εικόνα 7. Ο δορυφόρος WorldView 2.....	20
Εικόνα 8. Ο δορυφόρος COSMO-Skymed.....	24
Εικόνα 9. Ο δορυφόρος Terra SAR-X.....	26
Εικόνα 10. Ο δορυφόρος RadarSAT 2.....	28
Εικόνα 11. Η περιοχή μελέτης Λ' Άκουλα. Δορυφορική εικόνα από Quickbird συγχώνευση πολυφασματικού (2,4m) σε συνδυασμό 3-2-1 με το παγχρωματικό (0,6m).	31
Εικόνα 12. Η σεισμική ακολουθία στη Λ' Άκουλα του 2009 και οι ιστορικοί σεισμοί.....	33

Εικόνα 13. Ιστορικοί σεισμοί που έχουν συμβεί στη Λ' Άκουιλα απο το 1000 μέχρι το 2002.	34
Εικόνα 14. Οι επιπτώσεις του σεισμού της 6ης Απριλίου 2009.	35
Εικόνα 15. Χάρτης έντασης του σεισμού της Λ' Άκουιλα.	36
Εικόνα 16. Αεροφωτογραφίες 2 κατασκηνώσεων.	38
Εικόνα 17. Αεροφωτογραφία που απεικονίζει στην περιοχή του Bazzano τα κτίσματα C.A.S.E. 29 Οκτωβρίου 2009.	47
Εικόνα 18. Μονώροφο κτίριο με σχέδιο M.A.P. έξω από την πόλη.	48
Εικόνα 19. Διώροφο κτίριο με σχέδιο M.A.P. εντός της πόλης Λ' Άκουιλα.	48
Εικόνα 20. Ένα ενισχυμένο σχολείο στην Λ' Άκουιλα .	49
Εικόνα 21. Η κατάρρευση της εκκλησία Basilica of Santa Maria.	50
Εικόνα 22. Χριστούγεννα στην εκκλησία Basilica of Santa Maria.	51
Εικόνα 23. Δορυφορικές εικόνες της περιοχής μελέτης πριν και μετά τον σεισμό. Διακρίνεται η διαφορετική γωνία λήψης.	60
Εικόνα 24. Ευρετήριο. Δορυφορική λήψη της περιοχής Λ' Άκουιλα με την χρήση του δορυφόρου Quickbird (Απρίλιος 2009). Με κόκκινα πλαίσια είναι οι περιοχές στις οποίες τα κτίρια έχουν υποστεί καταστροφές.	64
Εικόνα 25. Παγχρωματική δορυφορική λήψη της περιοχής Λ' Άκουιλα με την χρήση του δορυφόρου Quickbird (Απρίλιος 2009). Με κόκκινο πλαίσιο τονίζεται η πρώτη περιοχή στα Βορειοανατολικά της πόλης.	65
Εικόνα 26. Μεγέθυνση της περιοχής του πλαισίου της εικόνας 25	66
Εικόνα 27. Η εκκλησία Santa Maria Paganica.	67
Εικόνα 28. Το κτίσμα Palazzo Ardinghelli.	67
Εικόνα 29. Παγχρωματική εικόνα της περιοχής Λ' Άκουιλα με την χρήση του δορυφόρου Quickbird (Απρίλιος 2009). Με κόκκινο πλαίσιο τονίζεται η δεύτερη περιοχή Βορειοδυτικά της πόλης.	68
Εικόνα 30. Μεγέθυνση της περιοχής του πλαισίου της εικόνας 29.	69
Εικόνα 31. Η εκκλησία του Αγίου Πέτρου.	70
Εικόνα 32. Το σχολείο primaria Di Sassa.	71
Εικόνα 33. Κτίσματα που έχουν υποστεί κατάρρευση.	72
Εικόνα 34. Το σχολικό κτίριο Storia e Metodologie Compareate και το πανεπιστήμιο της Λ' Άκουιλα.	73
Εικόνα 35. Παγχρωματική εικόνα της περιοχής Λ' Άκουιλα με την χρήση του δορυφόρου Quickbird (Απρίλιος 2009). Με κόκκινο πλαίσιο τονίζεται η τρίτη περιοχή.	74
Εικόνα 36. Μεγέθυνση της περιοχής του πλαισίου της εικόνας 35.	75
Εικόνα 37. Η εκκλησία του Αγίου Γεωργίου και Μάξιμου.	76

Εικόνα 38. Η εκκλησία Santa Maria del Suffragio.	77
Εικόνα 39. Η εκκλησία του Άγιου Αυγουστίνου.	78
Εικόνα 40. Οι φοιτητικές εστίες.	79
Εικόνα 41. Παγχρωματική εικόνα της περιοχής Λ' Άκουιλα με την χρήση του δορυφόρου Quickbird (Απρίλιος 2009). Με κόκκινο πλαίσιο τονίζεται η νότια περιοχή.	80
Εικόνα 42. Μεγέθυνση της περιοχής των πλαισίων της εικόνας 41.	81
Εικόνα 43. Κτίσματα που έχουν υποστεί ολική κατάρρευση.	82
Εικόνα 44. Κτίσματα που έχουν υποστεί ολική κατάρρευση.	83
Εικόνα 45. Η εκκλησία Santa Maria di Collemagio.	84
Εικόνα 46. Παγχρωματική εικόνα της περιοχής Λ' Άκουιλα με την χρήση του δορυφόρου Quickbird (Απρίλιος 2009). Με κόκκινο πλαίσιο τονίζεται η δυτική περιοχή.	85
Εικόνα 47. Μεγέθυνση της περιοχής του πλαισίου της εικόνας 46.	86
Εικόνα 48. Παγχρωματική εικόνα της ευρύτερης περιοχής Λ' Άκουιλα με τους γύρω οικισμούς που υπέστησαν ζημιές από το σεισμό 2009.	87
Εικόνα 49. Τμήμα του οικισμού Poggio di Roio.	88
Εικόνα 50. Τμήμα του οικισμού Roio Piano.	89
Εικόνα 51. Τμήμα του οικισμού Tempera.	90
Εικόνα 52. Τμήμα του οικισμού Bagno.	91
Εικόνα 53. Τμήμα του οικισμού Civita di Bagno.	92
Εικόνα 54. Τμήμα του οικισμού Bazzano.	93
Εικόνα 55. Η εκκλησία Santa Maria Paganica πριν το σεισμό (Α) και μετά το σεισμό (Β). ..	94
Εικόνα 56. Palazzo Ardinghelli πριν το σεισμό (Α) και μετά το σεισμό (Β).	95
Εικόνα 57. Μεγέθυνση της εικόνας με την χρήση της μεθόδου nearest neighbour.	96
Εικόνα 58. Μεγέθυνση της εικόνας με την χρήση της μεθόδου bilinear interpolation.	97
Εικόνα 59. Ευρετήριο. Δορυφορική λήψη της περιοχής Λ' Άκουιλα με την χρήση του δορυφόρου Quickbird (Απρίλιος 2009). Πολυφασματική απεικόνιση RGB (3,2,1).	98
Εικόνα 60. Η εκκλησία Santa Maria Paganica.	99
Εικόνα 61. Η εκκλησία του Αγίου Πέτρου.	100
Εικόνα 62. Το σχολικό κτίριο Storia e Metodologie Comparate και το πανεπιστήμιο της Λ' Άκουιλα.	101
Εικόνα 63. Οι φοιτητικές εστίες.	102
Εικόνα 64. Η πλατεία del Duomo και δύο ιστορικές εκκλησίες.	103
Εικόνα 65. Κτίρια που κατέρρευσαν στο νοτιοδυτικό τμήμα της πόλης.	104
Εικόνα 66. Τμηματική απεικόνιση του νοτίου τμήματος της Λ' Άκουιλα.	105
Εικόνα 67. Η εκκλησία Santa Maria di Collemagio.	106
Εικόνα 68. Παγχρωματική απεικόνιση της Santa Maria di Collemagio.	107

Εικόνα 69. Πολυφασματική απεικόνιση με χρωματική σύνθεση 3,2,1 της Santa Maria di Collemagio.....	107
Εικόνα 70. Ευρετήριο. Συνένωση παγχρωματικού (0,6m) με πολυφασματικό (2,8m) κανάλι εικόνας Quickbird για την περιοχή της Λ'Ακουίλα.	109
Εικόνα 71. Η εκκλησία Santa Maria Paganica και Palazzo Ardinghelli.	110
Εικόνα 72. Η εκκλησία Santa Maria Paganica.	111
Εικόνα 73. Palazzo Ardinghelli.....	112
Εικόνα 74. Τμήμα που βρίσκεται βορειοδυτικά της πόλης Λ' Άκουίλας.	113
Εικόνα 75. Η εκκλησία του Αγίου Πέτρου.	114
Εικόνα 76. Το σχολείο primaria Di Sassa.	115
Εικόνα 77. Τμήμα της πόλης.	116
Εικόνα 78. Το σχολικό κτίριο Storia e Metodologie Comparate και το πανεπιστήμιο της Λ' Άκουίλα.	117
Εικόνα 79. Περιοχή του κέντρου της Λ' Άκουίλα.	118
Εικόνα 80. Η εκκλησία του Αγίου Γεωργίου και Μάξιμου.	119
Εικόνα 81. Η εκκλησία Santa Maria del Suffragio.	120
Εικόνα 82. Η εκκλησία του Αγίου Αυγουστίνου.	120
Εικόνα 83. Οι φοιτητικές εστίες.	121
Εικόνα 84. Νότιο τμήμα της Λ' Άκουίλα.....	122
Εικόνα 85. Τμήμα της εικόνας 84.	123
Εικόνα 86. Νότιο τμήμα της πόλης.	124
Εικόνα 87. Η εκκλησία Santa maria di Collemagio.	125
Εικόνα 88. Η περιοχή στα δυτικά της πόλης Λ' Άκουίλα.....	126
Εικόνα 89. Συγχώνευση παγχρωματικού (0,6m) με πολυφασματικού (2,8m) καναλιού εικόνας Quickbird για την ευρύτερη περιοχή της Λ' Άκουίλα με τους γύρω οικισμούς που υπέστησαν καταστροφές.....	127
Εικόνα 90. Τμήμα του οικισμού Poggio di Roio.....	128
Εικόνα 91. Τμήμα του οικισμού Roio Piano.	129
Εικόνα 92. Τμήμα του οικισμού Tempere.....	130
Εικόνα 93. Τμήμα του οικισμού Bango.	131
Εικόνα 94. Τμήμα του οικισμού Cività di Bagno.	132
Εικόνα 95. Τμήμα του οικισμού Bazzano.	133
Εικόνα 96. Διάγραμμα διασποράς των ψηφιακών τιμών δυο καναλιών Α και Β. το νέφος των σημείων έχει την μορφή έλλειψης όταν η κατανομή είναι κανονική ή περίπου κανονική. (ERDAS, 2010).....	135
Εικόνα 97. Η πρώτη κύρια συνιστώσα (ERDAS, 2010).....	136

Εικόνα 98. Το εύρος της πρώτης κύριας συνιστώσας (ERDAS, 2010).	137
Εικόνα 99. Η δεύτερη κύρια συνιστώσα(ERDAS, 2010).	137
Εικόνα 100. Πολυφασματικές εικόνες πριν το σεισμό 2009 από τον δορυφόρο Quickbird.	139
Εικόνα 101. Πολυφασματικές εικόνες μετά το σεισμό 2009 από τον δορυφόρο Quickbird.	140
Εικόνα 102. Περιοχή στην οποία εφαρμόστηκε η μέθοδος ανάλυσης κυρίων συνιστωσών.	143
Εικόνα 103. Εικόνα που προέκυψε από την Ανάλυση Κυρίων Συνιστωσών, της πολυφασματικής εικόνας πριν και μετά την καταστροφή QuickBird και συγκεκριμένα η πρώτη κύρια συνιστώσα.	144
Εικόνα 104. Εικόνα που προέκυψε από την Ανάλυση Κυρίων Συνιστωσών, της πολυφασματικής εικόνας πριν και μετά την καταστροφή QuickBird και συγκεκριμένα η δεύτερη κύρια συνιστώσα.....	145
Εικόνα 105. Εικόνα που προέκυψε από την Ανάλυση Κυρίων Συνιστωσών, της πολυφασματικής εικόνας πριν και μετά την καταστροφή QuickBird και συγκεκριμένα η τρίτη κύρια συνιστώσα.	146
Εικόνα 106. Εικόνα που προέκυψε από την Ανάλυση Κυρίων Συνιστωσών, της πολυφασματικής εικόνας πριν και μετά την καταστροφή QuickBird και συγκεκριμένα η τέταρτη κύρια συνιστώσα.	147
Εικόνα 107. Εικόνα που προέκυψε από την Ανάλυση Κυρίων Συνιστωσών, της πολυφασματικής εικόνας πριν και μετά την καταστροφή QuickBird και συγκεκριμένα η πέμπτη κύρια συνιστώσα.	148
Εικόνα 108. Εικόνα που προέκυψε από την Ανάλυση Κυρίων Συνιστωσών, της πολυφασματικής εικόνας πριν και μετά την καταστροφή QuickBird και συγκεκριμένα η έκτη κύρια συνιστώσα.	149
Εικόνα 109. Εικόνα που προέκυψε από την Ανάλυση Κυρίων Συνιστωσών, της πολυφασματικής εικόνας πριν και μετά την καταστροφή QuickBird και συγκεκριμένα η έβδομη κύρια συνιστώσα.	150
Εικόνα 110. Εικόνα που προέκυψε από την Ανάλυση Κυρίων Συνιστωσών, της πολυφασματικής εικόνας πριν και μετά την καταστροφή QuickBird και συγκεκριμένα η όγδοη κύρια συνιστώσα.	151
Εικόνα 111. εφαρμογή του φίλτρου μέσης τιμής στο παγχρωματικό κανάλι QuickBird. Κατά την εφαρμογή του φίλτρου στην εικόνα δημιουργείτε μια θολότητα κατά την απομάκρυνση του θορύβου.	153
Εικόνα 112. Εφαρμογή του φίλτρου διαμέσου στο παγχρωματικό κανάλι QuickBird.....	153
Εικόνα 113. Εφαρμογή του φίλτρου κανονικής κατανομής στο παγχρωματικό κανάλι QuickBird.	154

Εικόνα 114. Εφαρμογή του φίλτρου όξυνσης υψηλής συχνότητας στο παγχρωματικό κανάλι QuickBird.	155
--	-----

Πρόλογος

Η μεταπτυχιακή διπλωματική εργασία, εκπονήθηκε στα πλαίσια του μεταπτυχιακού προγράμματος σπουδών «Εφαρμοσμένη Γεωγραφία και Διαχείριση του Χώρου» της κατεύθυνσης «Διαχείριση και Ανάλυση Γεωγραφικών Δεδομένων, (Γεωπληροφορική)» του τμήματος Γεωγραφίας του Χαροκοπείου Πανεπιστημίου Αθηνών κατά το ακαδημαϊκό έτος 2010-2011.

Θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου σε όσους με βοήθησαν και μου συμπαράσταθηκαν κατά την διάρκεια εκπόνησης της διπλωματικής εργασίας.

Ευχαριστώ τον επιβλέποντα της διπλωματικής μου εργασίας Επίκουρο Καθηγητή, κύριο Ισαάκ Παρχαρίδη του οποίου οι γνώσεις, ο ενθουσιασμός και το ήθος υπήρξαν αρωγοί στην εκπόνηση της εργασίας αυτής, αφού η συνεχής παρακολούθηση και οι πολύτιμες συμβουλές του, υπήρξαν καταλυτικός παράγοντας στην υλοποίηση της εργασίας αυτής.

Ακόμη θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Dr Salvatore Stramondo ερευνητή στο INGV, για την ευγενέστατη δωρεάν παραχώρηση των ψηφιακών δορυφορικών δεδομένων, άνευ των οποίων δεν θα ήταν εφικτή η υλοποίηση της παρούσας μεταπτυχιακής εργασίας.

Επίσης αισθάνομαι την ανάγκη να ευχαριστήσω τους καθηγητές του Χαροκοπείου Πανεπιστημίου γιατί μέσα από τις παραδόσεις τους κατά την διάρκεια των μαθημάτων, κατάφεραν να μου μεταδώσουν τις γνώσεις τους και τις πολύτιμες εμπειρίες τους σε τομείς σχετικούς με τα μαθήματα αλλά κυρίως τον τρόπο σκέψης.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαίτερα την οικογένειά μου η οποία πάντα στήριζε και που συνεχίζει να στηρίζει τις επιλογές μου, σε όλους τους τομείς της ζωής μου.

Αθήνα, Οκτώβριος 2011
Κατσέλης Σταύρος
Γεωγράφος Χαροκόπειου
Πανεπιστημίου

Περίληψη

Η συγγραφή αυτής της μεταπτυχιακής διπλωματικής εργασίας με τίτλο «Εντοπισμός περιοχών που έχουν υποστεί καταστροφές με την χρήση εικόνων υψηλής διακριτικής ικανότητας περίπτωση μελέτης ο σεισμός της πόλης Λ' Ακουίλας στις 6 Απριλίου 2009», έχει σαν στόχο να διερευνηθεί η δυνατότητα χρήσης των παθητικών συστημάτων τηλεπισκόπησης υψηλής διακριτικής ικανότητας, με σκοπό τον εντοπισμό περιοχών που έχουν υποστεί καταστροφές εξαιτίας ενός σεισμικού γεγονότος. Η περιοχή μελέτης που επιλέχθηκε είναι η πόλη της Ιταλίας Λ' Ακουίλα η οποία υπέστη σοβαρές καταστροφές από τον σεισμό του 2009. Για την υλοποίηση της διπλωματικής αυτής χρησιμοποιήθηκαν δορυφορικές εικόνες υψηλής διακριτικής ικανότητας από τον δορυφόρο QuickBird πριν και μετά την καταστροφή. Η επεξεργασία των δεδομένων έγινε με το λογισμικό Erdas Imagine 2011 και η απεικόνιση των αποτελεσμάτων με το λογισμικό Arc Gis 10. Στο πρώτο βήμα επιχειρήθηκε να γίνει ο εντοπισμός των κτισμάτων που είχαν καταστραφεί μέσω οπτικής ερμηνείας των εικόνων. Στο δεύτερο βήμα επιχειρήθηκε ο εντοπισμός των κτιρίων που κατέρρευσαν μέσω αυτοματοποιημένης διαδικασίας όπως η ανάλυση των κυρίων συνιστωσών.

Abstract

Object of this study is the usage of high resolution satellite images for detection areas that have been damaged. As region of study of this work we assigned the earthquake of L' Aquila city 6th April 2009. The aims are to explore the possibility of using passive remote sensing systems for high resolution to identify areas that have been damaged due to a seismic event. As the study area was selected Italian city Florence, which was severely damaged by the earthquake of 2009. To achieve this diplomatic used satellite images from high resolution satellite QuickBird before and after the disaster. The data have been processed with the software Erdas Imagine 2011 and display the results with the software Arc Gis 10. At first an attempt was made to identify buildings that were destroyed through visual interpretation of images and then another attempt was made to identify buildings that collapsed through automated process such as analysis of main components.

Εισαγωγή

Η ζωή στην βιόσφαιρα διέπεται από φαινόμενα, διαδικασίες, καταστάσεις, γεγονότα και συγκυρίες που μπορούν να επιφέρουν διαταραχές και δυσμενείς επιπτώσεις στην ανθρώπινη ασφάλεια και υγεία, καθώς και πλήγματα σε αγαθά και αντικείμενα που έχουν αξία για τον άνθρωπο. Επομένως, ο κίνδυνος είναι συνδεδεμένος με την ανθρώπινη ζωή, καθ' ότι συνιστά ένα αναπόσπαστο στοιχείο της καθημερινής ζωής, δεδομένου ότι δεν υπάρχει περιβάλλον παντελώς απαλλαγμένο από τον κίνδυνο.

Περιβαλλοντικός κίνδυνος είναι η κατάσταση του περιβάλλοντος η οποία μπορεί να επιδράσει δυσμενώς στην ζωή των ανθρώπων, στην περιουσία ή στη δραστηριότητά τους. Επειδή η ζωή των ανθρώπων έχει συνδεθεί σε μεγάλο βαθμό με μία στατικός κανονική κατάσταση του περιβάλλοντος, ακραίες περιβαλλοντικές καταστάσεις ή φυσικά φαινόμενα τα οποία διαφοροποιούνται από την κανονική κατάσταση του περιβάλλοντος χαρακτηρίζονται ως κίνδυνοι. (Καρτάλης, Φειδάς 2006)

Με τον όρο φυσική καταστροφή χαρακτηρίζεται η σοβαρή και επιβλαβής επίδραση που έχει στην ζωή των ανθρώπων, στην περιουσία τους και στις δραστηριότητές τους ένας περιβαλλοντικός κίνδυνος ο οποίος έχει ξεπεράσει κάποια συγκεκριμένα όρια. Οι συνήθεις αιτίες πρόκλησης περιβαλλοντολογικών καταστροφών από γεωλογική άποψη είναι ο σεισμός, οι εκρήξεις ηφαιστείων, οι κατολισθήσεις και τσουνάμι.

Οι δορυφόροι μπορούν να παίξουν ένα σημαντικό ρόλο στην εκτίμηση των περιβαλλοντικών κινδύνων και στην άμεση καταγραφή των φυσικών καταστροφών. Ανάμεσα στους πιο συχνούς περιβαλλοντικούς κινδύνους, οι σεισμοί έχουν τις πιο δραματικές συνέπειες. Η εξέλιξη της δορυφορικής τηλεπισκόπησης μετά την εκτόξευση του πρώτου δορυφόρου LANDSAT-1 τον Ιούνιο του 1972 ήταν ραγδαία σε όλους τους κλάδους των γεωεπιστημών.

Η παρατήρηση της γης από το διάστημα αποτελεί σήμερα αντικείμενο μελέτης του περιβάλλοντος για τον σχεδιασμό αναπτυξιακών δράσεων και την ενίσχυση των παραγωγικών και βιομηχανικών δραστηριοτήτων.

Η δορυφορική τηλεπισκόπηση μπορεί να συνεισφέρει σε πλήθος εφαρμογών όπως στη γεωλογία, στη σεισμολογία, στη τοπογραφία, στην μελέτη της ατμόσφαιρας και του κλίματος κ.α., έτσι τα περισσότερα από τα παγκόσμια περιβαλλοντικά

προβλήματα μπορούν να μελετώνται και να παρακολουθούνται από δορυφόρους. Παράλληλα, η δορυφορική τηλεπισκόπηση χρησιμοποιείται για την μελέτη φαινομένων περιορισμένης χωρικής κλίμακας, με χαρακτηριστικότερο παράδειγμα τις αλλαγές στο αστικό περιβάλλον.

Η δορυφορική τηλεπισκόπηση προσφέρει λύσεις οικονομικότερες από οποιαδήποτε άλλη εναλλακτική τεχνολογία σε ότι αφορά την ταχεία αποτύπωση και παρακολούθηση εκτεταμένων γεωγραφικών περιοχών. Οι δορυφόροι όπως ο QuickBird, Ikonos και Worldview 2, ενισχύουν σημαντικά τις δυνατότητες της δορυφορικής τηλεπισκόπησης, τόσο στα πλαίσια των υπάρχουσών εφαρμογών όσο και σε σχέση με την ανάπτυξη νέων εφαρμογών.

Με την ανάλυση και την επεξεργασία μιας δορυφορικής εικόνας, ένας «κλειστός» κόσμος αποκαλύπτεται. Το φάσμα συμμαχεί με τον χρήστη, οι ιδιότητες των υλικών ακτινογραφούνται, οι διακυμάνσεις τους ανάλογα με το μήκος κύματος της ακτινοβολίας κωδικοποιούνται. Οι πληροφορίες που παραμένει κρυμμένη, αναμένει την επιστήμη να την αποκαλύψει και να αναδείξει το δυναμικό της.

1. Γενικά περί Τηλεπισκόπησης

Τηλεπισκόπηση (Remote sensing), ορίζεται ως η τεχνική απόκτησης πληροφοριών για αντικείμενα που βρίσκονται στη γήινη επιφάνεια, μέσα από την ανάλυση δεδομένων που συλλέγονται από ειδικά όργανα τα οποία όμως δεν έχουν φυσική επαφή με τα αντικείμενα. Έτσι, η τηλεπισκόπηση μπορεί να αποδοθεί και ως η αναγνώριση ενός αντικειμένου από απόσταση (Μιγκίρος Γ., 2003)

Η τηλεπισκόπηση έχει τριπλή διάσταση, που περιλαμβάνει τις ακόλουθες τρεις παραμέτρους.

- Τους στόχους, που συνιστούν τα υπό μελέτη αντικείμενα ή τα φαινόμενα μίας περιοχής,
- Την τεχνική συλλογής δεδομένων με την βοήθεια οργάνων που βρίσκονται σε απόσταση από τους στόχους, και
- Την ανάλυση και ερμηνεία των δεδομένων

Η τηλεπισκόπηση με την ευρεία έννοια μπορεί να συμπεριλάβει την ανθρώπινη όραση, τις συμβατικές φωτογραφίες, τις αεροφωτογραφίες, τις λήψεις εικόνων ραντάρ, τις δορυφορικές εικόνες και τις μετρήσεις του πεδίου βαρύτητας της γης. Οι πιο χαρακτηριστικές και διαδεδομένες εφαρμογές της τηλεπισκόπησης όμως περιορίζονται στις αεροφωτογραφίες και την λήψη εικόνων από δορυφόρους.

Οι αισθητήρες των δορυφορικών συστημάτων ανιχνεύουν και καταγράφουν την ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία που είτε ανακλάται είτε εκπέμπεται από κάποια επιφάνεια σε διάφορες φασματικές περιοχές. Η ακτινοβολία που καταγράφουν οι δορυφορικοί αισθητήρες έχει διαμορφωθεί από την αλληλεπίδραση της με την επιφάνεια και την ατμόσφαιρα της γης και συνεπώς μεταφέρει πληροφορίες για τις χημικές και φυσικές ιδιότητες της επιφάνειας και της ατμόσφαιρας. Η γνώση λοιπόν των ιδιοτήτων και της συμπεριφοράς της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας κατά την αλληλεπίδραση της με την ύλη αποτελεί το φυσικό θεωρητικό υπόβαθρο για την κατανόηση της τηλεπισκόπησης.

1.1 Ηλεκτρομαγνητικό φάσμα

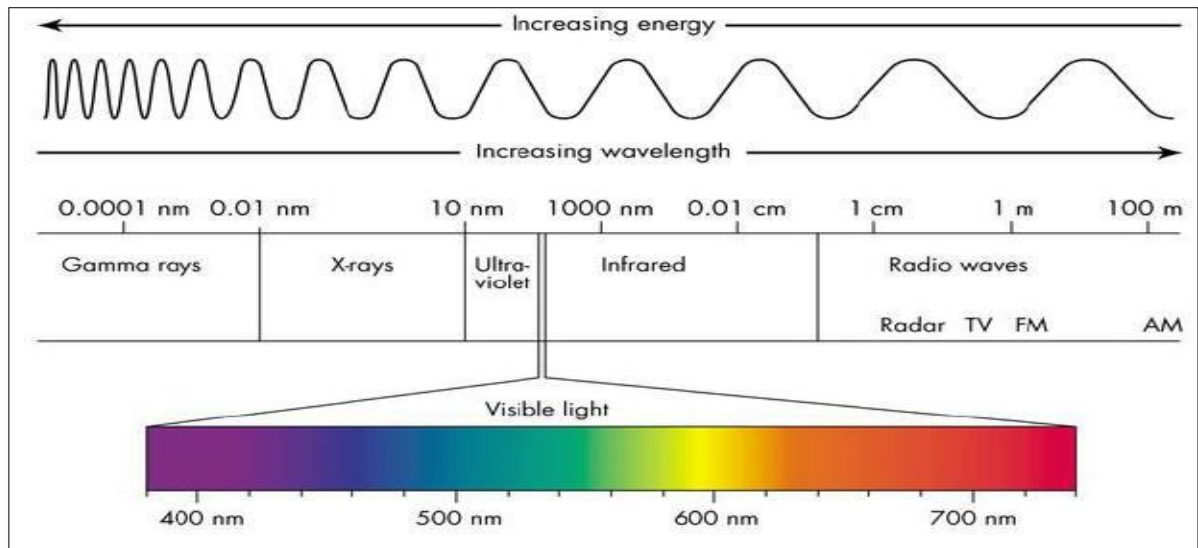
Η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία είναι η βασική ποσότητα ενέργειας που έχει την ικανότητα να παράγει έργο, και μετράται σε joules. Η ηλεκτρομαγνητική ενέργεια εκφράζεται όπως είναι γνωστό, σαν μηχανική, χημική, ηλεκτρική και θερμική.

Η μετάδοση της ενέργειας γίνεται με επαφή, μεταφορά και ακτινοβολία. Από αυτούς τους τρεις παράγοντες μόνο η ακτινοβολία είναι δυνατό να μεταδώσει ενέργεια από ένα σώμα σε ένα άλλο χωρίς την παρέμβαση ενδιάμεσου φορέα και διασχίζοντας εκατομμύρια χιλιόμετρα στο κενό διάστημα. Την μέθοδο μεταφορά ενέργειας με ακτινοβολία, εκμεταλλεύεται και η τηλεπισκόπηση, η οποία γίνεται από ένα σώμα προς τον δέκτη (κατάλληλο αισθητήριο όργανο) που λαμβάνει το σήμα. (Μιγκίρος Γ.,2003)

1.2 Ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία – φασματικά κανάλια

Ολόκληρο το εύρος της ηλεκτρικής ακτινοβολίας αποτελεί το ηλεκτρομαγνητικό φάσμα. Το φάσμα διαχωρίζεται σε φασματικά κανάλια τα οποία με την σειρά τους συγκροτούνται από μικρές ομάδες συνεχών φασματικών γραμμών. Τα φασματικά αυτά κανάλια είναι το υπεριώδες (ultraviolet, UV), το ορατό (visible), το υπέρυθρο (infrared, IR) και το μικροκομματικό (Microwave) από τα οποία το ορατό καθορίζεται σαφέστερα με βάση την ανθρώπινη όραση (εικόνα 1).

Τα συστήματα τηλεπισκόπησης έχουν σχεδιαστεί με τρόπο ώστε να ανιχνεύουν επιλεκτικά την ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία, μεταξύ μίας ή περισσοτέρων υποδιαιρέσεων, χωρίς όμως να είναι αυτό εφικτό με ένα μόνο όργανο (αισθητήρα). Έτσι, η ομάδες αισθητήρων είναι δυνατόν να συλλέξουν πληροφορίες μέσα από την φασματική διακύμανση, η οποία είναι βέβαια εκατομμύρια φορές μεγαλύτερη του ορατού καναλιού. (Μιγκίρος Γ.,2003)

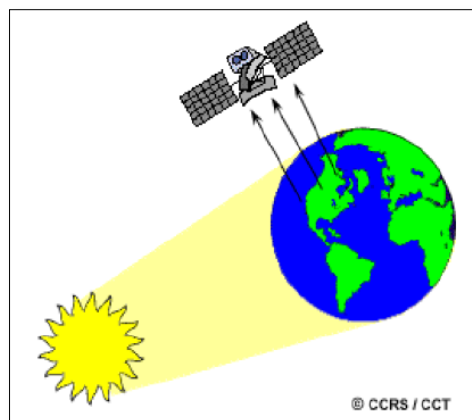


Εικόνα 1. Ζώνες του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος και φασματικά κανάλια.

1.3. Κατηγορίες δορυφορικών αισθητήρων

Οι δορυφορικοί αισθητήρες κατατάσσονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες, ανάλογα με τη πηγή της ακτινοβολίας που καταγράφουν: τους παθητικούς και τους ενεργητικούς.

1.3.1 Παθητικοί αισθητήρες



Εικόνα 2. Παθητικός αισθητήρας.

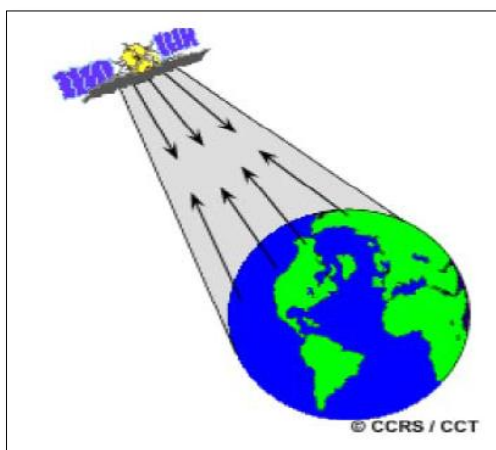
Οι παθητικοί αισθητήρες αποτελούν συστήματα ανίχνευσης και καταγραφής της ακτινοβολίας που εκπέμπεται ή αντανακλάται από το παρατηρούμενο αντικείμενο στόχο. Τα συστήματα αυτά ανιχνεύουν το τμήμα του φάσματος που εκτίνεται από την

περιοχή των πολύ μικρών μηκών κύματος της υπεριώδους ακτινοβολίας έως την περιοχή του υπέρυθρου. Ανάλογα με την εφαρμογή επιλέγεται και η αντίστοιχη φασματική περιοχή καταγραφής.

Υπάρχουν αισθητήρες για όλο το ηλεκτρομαγνητικό φάσμα από το υπεριώδες έως το υπέρυθρο, χωρίς όμως να χρησιμοποιούνται όλοι στην τηλεπισκόπηση. Αυτό συμβαίνει γιατί σε πολλές περιοχές του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος η απορρόφηση είναι μερική ή ολική και κατά συνέπεια, η ακτινοβολία διαδίδεται μερικώς ή καθόλου από την ατμόσφαιρα. Αποτέλεσμα της εξάρτησης της ατμοσφαιρικής διάδοσης και της απορρόφησης της ακτινοβολίας από το μήκος κύματος είναι ο περιορισμός της περιοχής φάσματος που είναι αξιοποιήσιμο στη δορυφορική τηλεπισκόπηση στα μήκη κύματος από 0,4 μm έως 12 μm .

Οι αισθητήρες των δορυφόρων λειτουργούν όπως και οι φωτογραφικές μηχανές, με την διαφορά ότι, εκτός από την μέτρηση της ενέργειας στο ορατό τμήμα του φάσματος, καταγράφουν την ενέργεια σε πολλές περιοχές του φάσματος και ονομάζονται για αυτό το λόγο πολυφασματικοί αισθητήρες. Κατά αυτό τον τρόπο νέφη, υδάτινες επιφάνειες, δάση, καλλιεργήσιμοι αγροί και άλλου τύπου γήινες επιφάνειες διακρίνονται από τα διαφορετικά χαρακτηριστικά της ανακλώμενης ή εκπεμπόμενης ακτινοβολίας που καταγράφεται στις δορυφορικές εικόνες.

1.3.2 Ενεργητικοί αισθητήρες



Εικόνα 3. Ενεργητικός αισθητήρας.

Οι ενεργητικοί αισθητήρες χρησιμοποιούν την δική τους πηγή ακτινοβολίας την οποία κατευθύνουν προς το αντικείμενο στόχο, αυτή στη συνέχεια ανακλάται στο

στόχο, επιστρέφει και καταγράφεται από το σύστημα. Σε αυτούς τους αισθητήρες ανήκουν τα ραντάρ που εκπέμπουν στην περιοχή των μικροκυμάτων, το επιστρεφόμενο σήμα έχει υποστεί αλλοίωση που εξαρτάται μεταξύ άλλων από τις ιδιότητες της επιφάνειας της γης. Έτσι επιτυγχάνεται η αναγνώριση και μελέτη σωμάτων και φαινομένων, όπως των νεφικών πυρήνων των καταιγίδων, της βροχόπτωσης, των αέριων χημικών ενώσεων, των κατασκευών εδάφους, των ωκεάνιων συστημάτων κυκλοφορίας, των πετρελαιοκηλίδων.

Από τα μεγαλύτερα πλεονεκτήματα του ραντάρ είναι η επιχειρησιακή του δυνατότητα να χρησιμοποιείται ημέρα και νύχτα κάτω από όλες σχεδόν τις καιρικές συνθήκες, υπό την προϋπόθεση ότι ο δορυφόρος διέρχεται πάνω από την περιοχή σε συχνά χρονικά διαστήματα.

1.4. Χαρακτηριστικά της τροχιάς των δορυφόρων

Η διαδρομή που ακολουθεί ένας δορυφόρος γύρω από την γη ονομάζεται τροχιά. Η τροχιά έχει σχέση με τις δυνατότητες και το στόχο για τον οποίο τέθηκε σε τροχιά ο δορυφόρος. Η επιλογή της τροχιάς μπορεί να αλλάζει ως προς το ύψος, τον προσανατολισμό και την περιστροφή ως προς τη γη.

1.4.1 Δορυφόροι υψηλής τροχιάς

Οι δορυφόροι που έχουν τεθεί σε πολύ ψηλές τροχιές και στοχεύουν πάντοτε στην ίδια περιοχή της γης ονομάζονται γεωστατικοί δορυφόροι και η τροχιά τους γεωστατική. Οι γεωστατικοί δορυφόροι περιστρέφονται γύρω από την γη στο επίπεδο του ισημερινού σε ύψος περίπου 36.000 km και περιστρέφονται με γωνιακή ταχύτητα ίση με αυτή της γης. Έτσι δίνουν την εντύπωση ότι είναι στατικοί σχετικά με την επιφάνεια της γης. Αυτό επιτρέπει στο δορυφόρο να παρατηρεί και να συλλέγει πληροφορίες πάνω από συγκεκριμένες περιοχές. Γεωστατικοί είναι οι μετεωρολογικοί και τηλεπικοινωνιακοί.

1.4.2 Δορυφόροι χαμηλής τροχιάς

Οι δορυφόροι χαμηλής τροχιάς περιστρέφονται γύρω από την γη σε ύψος 800 έως 1500km. ανάλογα με τα χαρακτηριστικά της τροχιάς τους διακρίνονται σε

- Ισημερινής τροχιάς: είναι οι δορυφόροι των οποίων η τροχιά βρίσκεται μέσα στο ισημερινό επίπεδο.
- Πολικής τροχιάς: είναι οι δορυφόροι των οποίων η τροχιά βρίσκεται στο επίπεδο που διέρχεται από τον άξονα της γης, δηλαδή η απόκλιση της τροχιάς τους είναι 90° . Οι δορυφόροι αυτοί κινούνται από τον ένα πόλο της γης στον άλλον και κάθε διαδοχική τροχιά διασχίζει τον ισημερινό σε διαφορετική ηλιακή ώρα. Σπάνια επιλέγεται αυτού του είδους η τροχιά και επιλέγεται μόνο για αποστολές των οποίων ο σκοπός είναι η παρατήρηση μεσημβρινών ζωνών σε όλες τις δυνατές συνθήκες φωτισμού.
- Πλάγιες ή σχεδόν πολικής: είναι οι δορυφόροι των οποίων η απόκλιση της τροχιάς είναι διαφορετική των 90° . Οι περισσότεροι δορυφόροι που βρίσκονται σε τροχιά ανήκουν σε αυτή την κατηγορία. Οι δορυφόροι πλάγιας τροχιάς είναι δυνατόν να κινούνται σε ανατολική κατεύθυνση, δηλαδή να περιστρέφονται στην ίδια κατεύθυνση με αυτή της γης, οπότε η τροχιά τους ονομάζεται πρόδρομη, ή να κινούνται σε δυτική κατεύθυνση οπότε λέγεται πως βρίσκονται σε ανάδρομη τροχιά.

2. Ιστορική αναδρομή

Μετά την εκτόξευση του πρώτου δορυφόρου LandSat το 1972, που αρχικά ονομαζόταν ERTS, οι δορυφορικές εικόνες άρχισαν να είναι διαθέσιμες και για πολιτικές εφαρμογές. Οι δορυφόροι αυτού του τύπου είχαν σαν κύρια εφαρμογή την ταξινόμηση των απεικονιζόμενων αντικειμένων, για αυτό απαιτούνταν μια καλή φασματική ανάλυση και όχι μια υψηλή γεωμετρική ανάλυση. Το 1986 εκτοξεύτηκε ο SPOT-1 ο πρώτος δορυφόρος που σχεδιάστηκε καθαρά για χαρτογραφικούς σκοπούς. Από τότε ένας μεγάλος αριθμός χαρτογραφικών δορυφόρων, όπως ο IRS και ο MOMS, παράγουν χαρτογραφικές εικόνες μεσαίας ανάλυσης. Η χωρική διακριτική ικανότητα μεσαίας ανάλυσης αισθητήρων είναι της τάξης των 10-20 μέτρων για τον SPOT-4 και 5-15 μέτρα για τον MOMS-2. Οι δορυφορικές εικόνες μεσαίας ανάλυσης συνήθως δεν έχουν επαρκή χαρακτηριστικά για χαρτογραφικές κλίμακες μεγαλύτερες του 1:10.000. Τα δεδομένα αυτών των δορυφόρων χρησιμοποιούνται ιδιαίτερα στη χαρτογράφηση μεγάλων περιοχών σε μικρές κλίμακες, σε θέματα χρήσεων γης και σε περιβαλλοντικές παρατηρήσεις.

Για μεγάλο διάστημα τα δεδομένα για χαρτογραφήσεις ήταν οι υψηλής ανάλυσης αεροφωτογραφίες. Όμως η εκτόξευση του δορυφόρου IKONOS το Σεπτέμβριο του 1999 άλλαξε τα δεδομένα στις εμπορικά διαθέσιμες εικόνες υψηλής ανάλυσης επειδή μπορούσε να συλλέγει εικόνες με διακριτική ικανότητα 0,82 μέτρα. Ακολούθησαν οι δορυφόροι υψηλής διακριτικής ικανότητας, όπως ο QuickBird, ο OrbView, ο EROS-A1 και ο FORMOSAT-2 οι οποίοι προσφέρουν εικόνες υψηλής ανάλυσης από 0,62-2 μέτρα. Οι Cartosat-2, KOMPSAT-2, EROS-B και Pleiades παρέχουν εικόνες με διακριτική ικανότητα από 0,70-1 μέτρα. Η επανάσταση ήρθε με την εκτόξευση του δορυφόρου WorldView-2 στις 8 Οκτωβρίου 2009 ο οποίος δίνει εικόνες ανάλυσης 0,5m.

Τα πολυφασματικά δεδομένα που ελήφθησαν από τους δορυφορικούς αισθητήρες οδήγησαν σε μία βελτιωμένη κατανόηση θεμάτων για τις καλλιέργειες, τα πετρώματα, τα εδάφη, την αστικοποίηση και πολλά άλλα επιφανειακά χαρακτηριστικά και διαδικασίες που λαμβάνουν χώρα στη γήινη επιφάνεια.

3. Δορυφόροι υψηλής διακριτικής ικανότητας

Χαρτογραφικοί δορυφόροι πολύ υψηλής ανάλυσης είναι οι δορυφόροι που παρέχουν παγχρωματικές εικόνες με γεωμετρική ανάλυση μεγαλύτερη από 5 m. Αυτό σημαίνει ότι η εδαφοψηφίδα, ή ακριβέστερα η απόσταση ανάμεσα στην προβολή των κέντρων δύο γειτονικών εικονοστοιχείων (ground sampling distance -GSD) είναι μικρότερη από 5 m (Tao et al, 2006).

Χωρική διακριτική ικανότητα είναι η ικανότητα του δορυφορικού αισθητήρα να διακρίνει δύο αντικείμενα που βρίσκονται πολύ κοντά και ποσοτικά ισούνται με την μικρότερη απόσταση που μπορούν να έχουν δύο αντικείμενα ώστε οι διαστάσεις τους να διακρίνονται χωριστά και καθαρά ή το ελάχιστο μέγεθος που πρέπει να έχει ένα αντικείμενο για να μπορεί να ανιχνευτεί

3.1 Ο δορυφόρος Quickbird



Εικόνα 4. Ο δορυφόρος QuickBird.¹

Ο δορυφόρος QuickBird εκτοξεύθηκε 19 Οκτώβριο του 2001 και τέθηκε σε τροχιά στις 18 Δεκεμβρίου 2001 από τις αρχές 2002 πραγματοποιεί λήψεις δεδομένων με την υψηλότερη διαχωριστική ικανότητα στην αγορά μέχρι πρόσφατα. Η τροχιά του είναι ηλιοσύγχρονη, σχεδόν πολική με απόκλιση $97,2^\circ$. Η ταχύτητα κίνησης είναι 25560 km/hr και διαγράφει μια πλήρη τροχιά κάθε 94 min. σε ύψος μόλις 450 km

Πρόκειται για ένα δορυφορικό σύστημα με την υψηλότερη μέχρι στιγμής χωρική διακριτική ικανότητα και σε συνδυασμό με την υψηλή ραδιομετρική διακριτική ικανότητα των δεδομένων του (11-bits) δίνουν μια νέα διάσταση στην ανάλυση και την ακρίβεια που απαιτείται σε πολλές περιβαλλοντολογικές μελέτες. Διαθέτει δυνατότητα λήψης στερεοζευγών κατά μήκος της τροχιάς τα οποία αξιοποιούνται για την παραγωγή ψηφιακών υψομετρικών μοντέλων εδάφους (DEM) μεγάλης χωρικής ανάλυσης. Διαθέτει ένα παγχρωματικό κανάλι με χωρική διακριτική

¹ Πηγή εικόνας: <http://spaceflightnow.com/delta/d288/images/quickbird.jpg>

ικανότητα 0,61m και ένα πολυφασματικό αισθητήρα με χωρική διακριτική ικανότητα 2,44m και 2,88m αντίστοιχα. Το εύρος σάρωσης του συγκεκριμένου δορυφόρου είναι 16,5 X 16,5 km για κατακόρυφη παρατήρηση. Ο αποθηκευτικός του χώρος είναι 128 GB περίπου 57 εικόνες.

Διαθέτει πέντε (5) κανάλια καταγραφής ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας, τέσσερα (4) πολυφασματικά και ένα (1) παγχρωματικό, με ραδιομετρική ευαισθησία έντεκα (11) bit και χωρική διακριτική ικανότητα 0,61 m για το παγχρωματικό κανάλι και 2,44 m για τα πολυφασματικά.

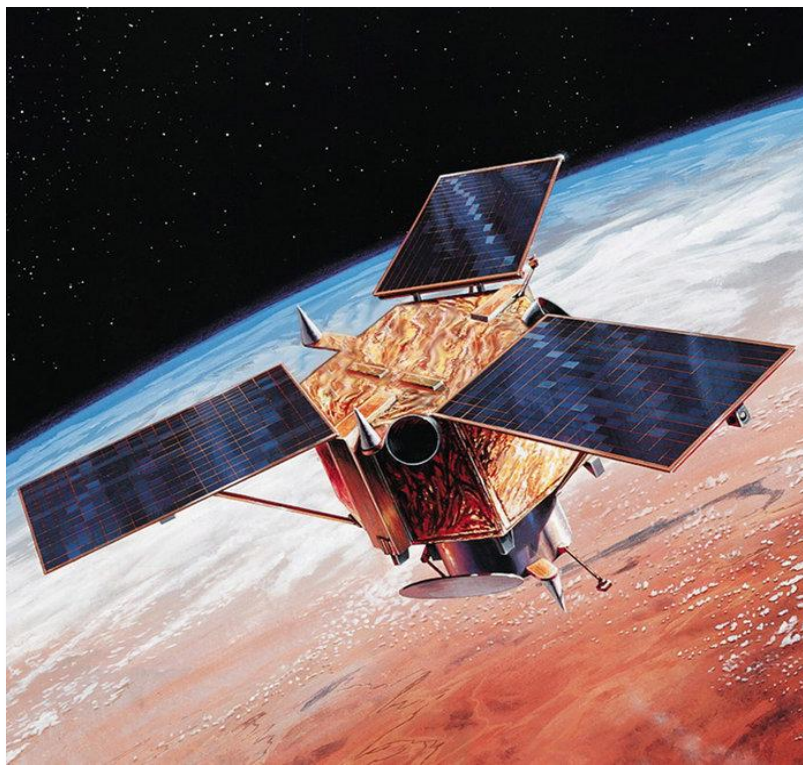
Είναι το πρώτο της σκάφος που ανέπτυξε η DigitalGlobe® που είναι σε θέση να προσφέρει εμπορικές δορυφορικές εικόνες της Γης υψηλής ευκρίνειας και ακρίβειας. Η συλλογή των παγχρωματικών και πολυφασματικών εικόνων έχει σχεδιαστεί έτσι ώστε να υποστηρίζει διάφορες εφαρμογές που κυμαίνονται από την έκδοση χαρτών, τη διαχείριση των γήινων πόρων, την αξιολόγηση του ασφαλιστικού κινδύνου καθώς και για πολλές άλλες .

Τα δεδομένα QuickBird προσφέρονται σε δύο διαφορετικές μορφές, τη μορφή Basic, όπου τα δεδομένα είναι σε πρωτογενή μορφή συνοδευόμενα από RPC και τη Standard, όπου τα δεδομένα παραδίδονται με βάση το πολύγωνο ενδιαφέροντος (μονάδα μέτρησης τετρ. χλμ.) συνοδευόμενα από RPC. Για τα δεδομένα Standard, υπάρχει η δυνατότητα συνδυασμού των παγχρωματικών και πολυφασματικών δεδομένων, παράγοντας έτσι έγχρωμα δεδομένα (pansharpened) διακριτικής ικανότητας 0,6 ή 0,7m. Τα δεδομένα Standard προσφέρονται και σε μορφή Standard Orthoready, όπου κατά την επεξεργασία δεν έχει χρησιμοποιηθεί Ψηφιακό Μοντέλο Εδάφους, και άρα είναι ιδανικά για περαιτέρω επεξεργασία ορθοαναγωγής.

Πίνακας 1. Χαρακτηριστικά δορυφόρου QuickBird.

	QuickBird Pan 0.6-0.7m	QuickBird MS 2.8m	QuickBird PSM 0.6-0.7m
Είδος	Οπτικά Παγχρωματικά	Οπτικά Πολυφασματικά	Οπτικά Έγχρωμα
Διαχωριστική ικανότητα	0,7 m	2,8 m	0,6-0,7 m
Έκταση κάλυψης μίας πλήρους εικόνας	16,5km x 16,5km	16,5km x 16,5km	-
Έκταση παραγγελίας δεδομένων αρχείου	Basic 1 εικόνα Standard 25km ²	Basic 1 εικόνα Standard 25km ²	Standard 25km ²
Έκταση παραγγελίας νέων λήψεων	Basic 1 εικόνα Standard 64km ²	Basic 1 εικόνα Standard 64km ²	Standard 64km ²
Εύρος φάσματος	0,45 - 0,90 μm	0,45 - 0,52 μm 0,52 - 0,60 μm 0,63 - 0,69 μm 0,76 - 0,90 μm	-
Βάθος τόνου λήψης	11 bit	11 bit	-
Βάθος τόνου παράδοσης	8 ή 16 bit	8 ή 16 bit	8 ή 16 bit
Στοιχεία τροχιάς	Πολική, μέσο ύψος 450 km	Πολική, μέσο ύψος 450 km	-
Δυνατότητα προγραμματισμού	Ναι	Ναι	Ναι
Δυνατότητα λήψης υπό γωνία - παραγωγής στερεοζεύγους	Ναι	Ναι	Ναι
Διάρκεια λειτουργίας δορυφόρων	2001 - σήμερα	2001 - σήμερα	2001 - σήμερα
Επίπεδα επεξεργασίας	Basic, Standard, Standard Orthoready	Basic, Standard, Standard Orthoready	

3.2 Ο Δορυφόρος IKONOS



Εικόνα 5. Ο δορυφόρος Ikonos.²

Ο δορυφόρος Ikonos (εκτοξεύθηκε τον Σεπτέμβριο του 1999 της εταιρείας GeoEye, παρέχει πλούσιο υλικό από εικόνες υψηλής ευκρίνειας αποτελώντας τον πρώτο δορυφόρο που λάμβανε εμπορικά διαθέσιμα δεδομένα ανάλυσης 1m. Έχει ηλιοσύγχρονη, σχεδόν πολική τροχιά με απόκλιση 98°, βρίσκεται σε ύψομετρο 681 km, χρειάζεται 98 λεπτά για να περιστραφεί γύρω από τη γη και ζυγίζει περίπου 725 κιλά. Συλλέγει εικόνες από όλη την γη σε γεωγραφικό πλάτος $\pm 82^\circ$.

Ο αισθητήρας συλλέγει πληροφορίες καθημερινά για τις περιοχές που βρίσκονται 45° ναδίρ, κάθε 3 μέρες για περιοχές που βρίσκονται 26° ναδίρ και κάθε 141 μέρες για περιοχές που βρίσκονται 1°. Εκτελεί 14,7 περιστροφές γύρω από την γη κάθε μέρα με επαναληψιμότητα 1 με 3 μέρες. Ο αισθητήρας του Ikonos παρέχει πολυφασματικά και παγχρωματικά δεδομένα με πολύ υψηλή ανάλυση. Έχει 4 τέσσερα κανάλια για πολυφασματικά δεδομένα με 4 m χωρική διακριτική ικανότητα και ένα παγχρωματικό κανάλι με 1 m χωρική ανάλυση. Η ραδιομετρική ανάλυση των δεδομένων του δορυφόρου είναι επίσης μεγάλη, 11bits, η οποία αντιστοιχεί σε 2048

² Πηγή εικόνας: http://space.skyrocket.de/img_sat/ikonos_1.jpg

διαφορετικούς τόνους του γκρι. Έχει τη δυνατότητα λήψης υπό γωνία (off nadir) για την παραγωγή εικόνων στερεοζεύγους. Σε κατακόρυφη λήψη (at nadir) η χωρική διακριτική ικανότητα στο παγχρωματικό κανάλι είναι 0,82 m και 3,2m στο πολυφασματικό ενώ για κλίση 26° μειώνεται στο 1 m και 4 m αντίστοιχα. Το εύρος σάρωσης του δορυφόρου είναι 11,3 km για κατακόρυφη λήψη και 13,8 km για λήψη υπό κλίση.

Τα δεδομένα Ikonos μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε πλήθος εφαρμογών. Επίσης, υπάρχει η δυνατότητα να συνδυαστούν τα παγχρωματικά με τα πολυφασματικά δεδομένα, δίνοντας έτσι έγχρωμα δεδομένα (pansharpened) διακριτικής ικανότητας 1m. Σε περίπτωση που οι υφιστάμενες λήψεις δεν ικανοποιούν τις ανάγκες και επιθυμίες του χρήστη, μπορεί να πραγματοποιηθεί προγραμματισμός του δορυφόρου, βάσει παραμέτρων που καθορίζονται από το χρήστη. Με αυτό τον τρόπο είναι δυνατή η προμήθεια δεδομένων τόσο πρόσφατων ώστε να απεικονίζουν την σημερινή πραγματικότητα. Επιπλέον, λόγω της δυνατότητας λήψης στερεοζευγών εντός τροχιάς, είναι δυνατή η επεξεργασία και παραγωγή DEM (ψηφιακά υψομετρικά μοντέλα) και άρα εξαγωγή πληροφορίας στην τρίτη διάσταση, με ανάλυση και ακρίβειες πρωτοποριακές για τον χώρο των δορυφορικών δεδομένων. (www.geomet.gr, www.satimagingcorp.com)

Ο Ikonos έχει συσκευή εγγραφής και μπορεί να συλλέξει στοιχεία για οποιοδήποτε περιοχή της γης. Μπορεί να συγκεντρώσει 64GB δεδομένα περίπου 26 εικόνες παγχρωματικές και πολυφασματικές. Το κατέβασμα των δεδομένων γίνονται στους σταθμούς Fairbnk (Αλάσκα) και Tromsoe (Σιβηρία) λόγω του γεωγραφικού τους πλάτους. Επιπλέον ένα δίκτυο επίγειων σταθμών ανήκει στην εταιρεία Space Imagining's affiliates που επιτρέπει το κατέβασμα σε διάφορες περιοχές.

Πίνακας 2. Χαρακτηριστικά του δορυφόρου Ikonos.

-	Ikonos Pan 1m	Ikonos MSI 4m	Ikonos PSM 1m
Είδος	Οπτικά Παγχρωματικά	Οπτικά Πολυφασματικά	Οπτικά Έγχρωμα
Διαχωριστική ικανότητα	1 m	4 m	1 m
Έκταση κάλυψης μίας πλήρους εικόνας	11km x 11km	11km x 11km	-
Έκταση παραγγελίας δεδομένων αρχείου	50km ²	50km ²	50km ²
Έκταση παραγγελίας νέων λήψεων	100km ²	100km ²	100km ²
Εύρος φάσματος	0,45 - 0,90 μm	0,45 - 0,53 μm 0,52 - 0,61 μm 0,64 - 0,72 μm 0,77 - 0,88 μm	-
Βάθος τόνου λήψης	11 bit	11 bit	-
Βάθος τόνου παράδοσης	8 ή 16 bit	8 ή 16 bit	8 ή 16 bit
Στοιχεία τροχιάς	Πολική, μέσο ύψος 681 km	Πολική, μέσο ύψος 681 km	-
Δυνατότητα προγραμματισμού	Ναι	Ναι	Ναι
Δυνατότητα λήψης υπό γωνία - παραγωγής στερεοζεύγους	Ναι	Ναι	Ναι
Διάρκεια λειτουργίας δορυφόρων	1999 - σήμερα	1999 - σήμερα	1999 - σήμερα
Επίπεδα επεξεργασίας	Geo, Pro, Pre, Pre+, Standard/ Precision Stereo	Geo, Pro, Pre	Geo, Pro, Pre, Pre+, Standard/ Precision Stereo

3.3 Ο Δορυφόρος OrbView -3



Εικόνα 6. Ο δορυφόρος OrbView 3.³

Ο δορυφόρος OrbView-3 εκτοξεύτηκε την 26η Ιουνίου του 2003, προσφέροντας μία νέα και ιδιαίτερα οικονομική επιλογή στον χώρο των δορυφορικών δεδομένων πολύ υψηλής διαχωριστικής ικανότητας (1m στα παγχρωματικά, 4m στα πολυφασματικά). Λόγω της δυνατότητας να πραγματοποιεί λήψεις με γωνία έως και 50° off nadir, ο OrbView-3 έχει την δυνατότητα επανεπίσκεψης περιοχής μικρότερης των 3 ημερών. Τα δεδομένα OrbView-3 συνήθως χρησιμοποιούνται από χρήστες που επιθυμούν να έχουν την δυνατότητα να εφαρμόσουν τις δικές τους διαδικασίες επεξεργασίας. Εφαρμόζονται διαφορετικά επίπεδα επεξεργασίας γεω-θέσης, όπως Rational Function Model (Basic) ή Full Satellite Model (Basic Enhanced). Σε περίπτωση που οι υφιστάμενες λήψεις δεν ικανοποιούν τις ανάγκες και επιθυμίες του χρήστη, μπορεί να πραγματοποιηθεί προγραμματισμός του δορυφόρου, βάσει παραμέτρων που καθορίζονται με την βοήθεια του χρήστη. Με αυτό τον τρόπο είναι δυνατή η προμήθεια δεδομένων τόσο πρόσφατων ώστε να απεικονίζουν την σημερινή πραγματικότητα. Επιπλέον, λόγω της δυνατότητας λήψης στερεοζευγών, είναι δυνατή η επεξεργασία και παραγωγή DEM

³ Πηγή εικόνας: http://www.eoportal.org/directory/images/Orbview3_Auto0.jpeg

και άρα εξαγωγή πληροφορίας στην τρίτη διάσταση, με ανάλυση και ακρίβειες πρωτοποριακές για τον χώρο των δορυφορικών δεδομένων.

Πίνακας 3 Χαρακτηριστικά του δορυφόρου OrbView-3

	OrbView-3 Pan 1m	OrbView-3 MSI 4m
Είδος	Οπτικά Παγχρωματικά	Οπτικά Πολυφασματικά
Διαχωριστική ικανότητα	1 m	4 m
Έκταση κάλυψης μίας πλήρους εικόνας	8km x 8km	8km x 8km
Έκταση παραγγελίας δεδομένων αρχείου	1 εικόνα	1 εικόνα
Έκταση παραγγελίας νέων λήψεων	384km ² για μονοσκοπικά δεδομένα. 192km ² για στερεοσκοπικά δεδομένα	384km ²
Εύρος φάσματος	0,450 - 0,900 μm	0,450 - 0,520 μm 0,520 - 0,600 μm 0,625 - 0,695 μm 0,760 - 0,900 μm
Βάθος τόνου λήψης	11 bit	11 bit
Βάθος τόνου παράδοσης	8 ή 11 bit	8 ή 11 bit
Στοιχεία τροχιάς	Πολική, μέσο ύψος 470 km	Πολική, μέσο ύψος 470 km
Δυνατότητα προγραμματισμού	Ναι	Ναι
Δυνατότητα λήψης υπό γωνία - παραγωγής στερεοζεύγους	Ναι	Ναι
Διάρκεια λειτουργίας δορυφόρων	2003 - σήμερα	2003 - σήμερα
Επίπεδα επεξεργασίας	Basic: Express, Enhanced, 1:50K, 1:24k Ortho 1:50K	Basic: Express, Enhanced, 1:50K, 1:24k Ortho 1:50K

3.4 Ο Δορυφόρος WorldView 2



Εικόνα 7. Ο δορυφόρος WorldView 2.⁴

Ο δορυφόρος Worldview 2 εκτοξεύτηκε στις 8 Οκτωβρίου 2009 από την αεροπορική βάση Vandenberg. Είναι ο πρώτος εμπορικός δορυφόρος υψηλής διακριτικής ανάλυσης που λαμβάνει δεδομένα σε 8 πολυφασματικές ζώνες. Η τροχιά του είναι ηλιοσύγχρονη και σε υψόμετρο 770 χιλιομέτρων. Παρέχει διακριτική ικανότητα 46 εκατοστά στις παγχρωματικές και 1,85 μέτρων στα πολυφασματικά. Η επαναληψιμότητα για την ίδια περιοχή είναι 1,1 μέρες. Καθημερινά συλλέγει έως και 785.000 τετραγωνικά χιλιόμετρα στις πολυφασματικές ζώνες.

Οι 8 πολυφασματικές ζώνες που διαθέτει ο δορυφόρος WorldView-2 είναι:

Coastal blue 400-450 nm

Είναι μια νέα φασματική ζώνη που μπορεί να διεισδύσει στο νερό και χρησιμοποιείται για υποθαλάσσιες μελέτες. Η τηλεπισκόπηση της ακτογραμμής και

⁴ Πηγή εικόνας: <http://news.satimagingcorp.com/wp-content/uploads/2009/09/worldview-2.jpg>

του πυθμένα των ωκεανών γίνεται πιο σαφής, χάρη στην προσθήκη της παράκτιας μπλε φασματικής ζώνης. Οι αναλυτές θα είναι σε θέση να διακρίνουν τα χαρακτηριστικά με μεγαλύτερη ακρίβεια και να αυξήσουν το πεδίο των εφαρμογών της τηλεπισκόπησης. Χάρη στην ικανότητά του WorldView-2 να συλλέγει μεγάλο όγκο στερεοσκοπικών εικόνων και τη χρήση νέων φωτογραμμετρικών τεχνικών, θα είναι δυνατόν να γίνει ο υπολογισμός του βάθους των ωκεανών. Οι ακριβείς μετρήσεις του βάθους των ωκεανών θα παρέχουν αυξημένη ασφάλεια στη ναυσιπλοΐα.

Blue 450-510nm

Είναι η ίδια φασματική ζώνη όπως στον δορυφόρο QuickBird και απεικονίζει τις περιοχές που καλύπτονται από νερό.

Green 510-580 nm

Το πράσινο του WorldView-2 έχει εύρος μικρότερο από το πράσινο του δορυφόρου QuickBird. Η φασματική ζώνη έχει την δυνατότητα να διακρίνει με ακρίβεια την υγιή βλάστηση και με την χρήση της κίτρινης φασματικής ζώνης μπορεί να χρησιμοποιηθεί στην ταξινόμηση της βλάστησης.

Yellow 585-625 nm

Αποτελεί μια νέα φασματική ζώνη, απαραίτητη για την ταξινόμηση. Ανιχνεύει την κίτρινη απόχρωση (yellowness) σε συγκεκριμένα είδη βλάστησης τόσο στη ξηρά όσο και στο νερό.

Red 630-690 nm

Η φασματική ζώνη του ερυθρού στο δορυφόρο WorldView-2 είναι μικρότερης κλίμακας από την ερυθρή φασματική ζώνη του δορυφόρου QuickBird. Πρόκειται για την ερυθρή ζώνη απορρόφησης από τη χλωροφύλλη στην περίπτωση υγιούς βλάστησης και αποτελεί την σημαντικότερη φασματική ζώνη για την διάκριση της. Επίσης βοηθάει στην οριοθέτηση των γυμνών εδαφών, δρόμων και γεωλογικών σχηματισμών.

Red-Edge 705-745nm

Αποτελεί μια νέα φασματική ζώνη που έχει επιλεγεί και χρησιμοποιείται στον εντοπισμό της υγιούς βλάστησης και στη διάκριση των διαφόρων ειδών βλάστησης

NIR1 770-895 nm

Η φασματική ζώνη του υπέρυθρου του WorldView-2 είναι μικρότερης κλίμακας από στο δορυφόρο QuickBird. Η φασματική ζώνη αυτή έχει καλή απόκριση για το σύνολο της βιομάζας που υπάρχει σε μία περιοχή. Επίσης βοηθάει στην διάκριση των καλλιεργειών και στην μεγιστοποίηση της αντίθεσης εδάφους-καλλιέργειας και εδάφους-υδάτινες

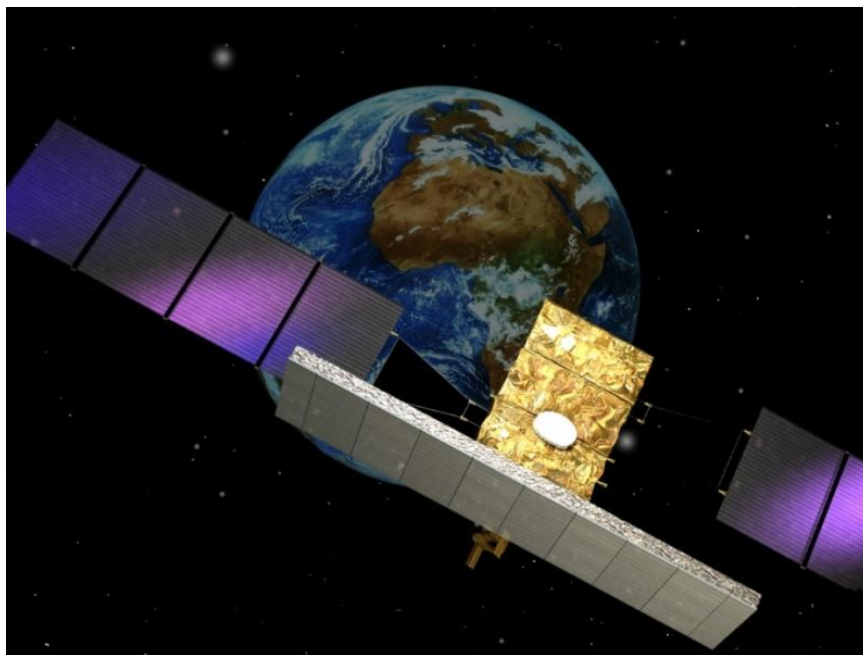
NIR2 860-1040nm

Είναι μια νέα φασματική ζώνη που επικαλύπτει την φασματική ζώνη NIR1. Επηρεάζεται λιγότερο από την ατμόσφαιρα δίνει τη δυνατότητα ευρύτερης ανάλυσης της βλάστησης όπως και για μελέτη της βιομάζας

Πίνακας 4. Χαρακτηριστικά οπτικών δορυφόρων υψηλής διακριτικής ικανότητας.

	IKONOS	QUICKBIRD	ORBVVIEW-3	WORLDVIEW 2
Εκτόξευση	24 Σεπτεμβρίου 1999	18 Οκτωβρίου 2001	26 Ιουνίου 2003	8 Οκτωβρίου 2009
Είδος τροχιάς	Ηλιοσύγχρονη	Ηλιοσύγχρονη	Ηλιοσύγχρονη	Ηλιοσύγχρονη
Ύψος τροχιάς	661 km	450 km	470 km	770 km
Επαναληψιμότητα	1-3 ημέρες	2,4 ημέρες	<3 ημέρες	1,1 ημέρες
Χωρική ανάλυση Παγχρωματικής	1 μέτρο	0,61 μέτρα	1 μέτρο	0,46 μέτρα
Χωρική ανάλυση Πολυφασματικών	4 μέτρα	2,8 μέτρα	4 μέτρα	1,85 μέτρα
Εύρος φάσματος παγχρωματικής	0,45-0,90 μm	0,45-0,90 μm	0,45-0,90 μm	0,45-0,80 μm
Εύρος φάσματος πολυφασματικής	Blue 0,45-0,52 μm Green 0,52-0,60 μm Red 0,63- 0,69 μm NIR 0,76-0,90 μm	Blue 0,45-0,52 μm Green 0,52-0,60 μm Red 0,63- 0,69 μm NIR 0,76-0,90 μm	Μπλέ 0,45-0,52 μm Green 0,52-0,60 μm Red 0,63- 0,69 μm NIR 0,76-0,90 μm	Coastal blue0,4-0,45 μm Blue 0,45-0,51 μm Green 0,51-0,58 μm Yellow 0,58-0,625 μm Red 0,63-0,69 μm NIR1 0,77-0,895 μm NIR2 0,86-1,04 μm

3.5 Ο δορυφόρος COSMO-Skymed



Εικόνα 8. Ο δορυφόρος COSMO-Skymed.⁵

Το COSMO-SkyMed είναι ένα σύστημα τεσσάρων δορυφόρων radar διπλής χρήσης (πολιτικής και στρατιωτικής). Στόχος του είναι η παρακολούθηση της Γης για την πρόληψη καταστάσεων έκτακτης ανάγκης, τη διαχείριση περιβαλλοντικών κινδύνων, τη χάραξη στρατηγικής (άμυνα και εθνική ασφάλεια) και για επιστημονικούς και εμπορικούς σκοπούς παρέχοντας δεδομένα σε παγκόσμια κλίμακα. Το COSMO-SkyMed βρίσκεται στην πρώτη γραμμή της παγκόσμιας τεχνολογίας και χρησιμοποιεί ραντάρ υψηλής ανάλυσης "παρατηρώντας" τη Γη μέρα και νύχτα ανεξαρτήτως καιρικών συνθηκών

Το πλήρες όνομα του προγράμματος είναι Constellation of Small Satellites for Mediterranean basin Observation και κύριος στόχος του είναι η παρατήρηση της περιοχής στη Μεσόγειο Θάλασσα, πρόγραμμα που χρηματοδοτείται από τα Ιταλικά υπουργεία Αμύνης και Παιδείας, διαφόρων Πανεπιστημίων ενώ υλοποιείται από την Ιταλική Διαστημική Υπηρεσία (ASI).

Ο πρώτος δορυφόρος της σειράς εκτοξεύθηκε 7 Ιουνίου του 2007 από τη διαστημική βάση Vandenberg της Καλιφόρνιας ακολούθησε η εκτόξευση του

⁵ Πηγή εικόνας: http://www.satnews.com/images_upload/1819662656/COSMO_Sky-Med.jpg

δεύτερου δορυφόρου στις 8 Δεκεμβρίου 2007, ο τρίτος εκτοξεύτηκε στις 24 Οκτωβρίου 2008 και στις 5 Νοεμβρίου 2010 εκτοξεύτηκε ο τελευταίος δορυφόρος της σειράς. Οι υπηρεσίες που προσφέρει είναι χρήσιμες σε περιπτώσεις φυσικών καταστροφών, στην ορθολογική χρήση φυσικών πόρων αλλά και την παρακολούθηση της αστικής επέκτασης. Παράλληλα εξυπηρετεί και στρατιωτικούς σκοπούς όπως εντοπισμό στόχων, εκτίμηση ζημιών και αδυναμιών αμυντικών συστημάτων και πολλά ακόμα.

Οι δορυφόροι του COSMO-SkyMed βρίσκονται σε υψόμετρο 620 χιλιομέτρων λειτουργούν στην φασματική ζώνη X-band και κάθε περιοχή θα δέχεται την επίσκεψη κάποιου δορυφόρου εκ του συστήματος μέσα σε λίγες ώρες από την προηγούμενη.

Τεχνολογικά το COSMO-SkyMed βασίζεται στην ύπαρξη δεκτών-ραντάρ συνθετικού ανοίγματος (SAR) με σημαντικότερο πλεονέκτημα αυτού το μη περιορισμό φωτογράφισης μιας περιοχής από την ένταση του φωτός και φυσικά της χρονικής στιγμής λήψης. Παράλληλα μετά τη συμφωνία του 2001 μεταξύ Γαλλίας και Ιταλίας με τίτλο ORFEO (Optical and Radar Federated Earth Observation) ένα ζεύγος οπτικών δορυφόρων (με ονομασία Pleiades) από πλευράς Γαλλίας θα συνεργαστεί με το COSMO-SkyMed και θα προστεθεί έτσι η δυνατότητα οπτικών δεκτών με δυνατότητες στο ορατό και υπέρυθρο φάσμα.

3.6 Ο Δορυφόρος TerraSAR-X



Εικόνα 9. Ο δορυφόρος Terra SAR-X.⁶

TerraSAR-X, είναι γερμανικής προέλευσης δορυφόρος για την παρατήρηση της Γης. Είναι μια κοινοπραξία που διεξάγεται στα πλαίσια του δημόσιου και του ιδιωτικού τομέα μεταξύ του Γερμανικού Κέντρου Αεροδιαστημικής DLR και της EADS Astrium GmbH. Τα αποκλειστικά δικαιώματα εμπορικής εκμετάλλευσης κατέχει ο φορέας παροχής υπηρεσιών γεωγραφικών πληροφοριών Infoterra GmbH. Ο TerraSAR-X τέθηκε σε τροχιά στις 15 Ιουνίου 2007 και έχει τεθεί σε επιχειρησιακή λειτουργία από τον Ιανουάριο του 2008.

Τα χαρακτηριστικά του TerraSAR-X είναι η ανάλυση έως 1m, η άριστη ραδιομετρική και η γεωμετρική ακρίβεια η οποία είναι ασυναγώνιστη από οποιαδήποτε άλλο εμπορικό διαστημικό αισθητήρα. Ο δορυφόρος φέρει σύστημα ραντάρ που λειτουργεί στη X-band μήκος κύματος 31 χιλιοστών με συχνότητα 9,6 GHz. Η τροχιά του είναι πολική ηλιοσύγχρονη στα 514 km με επαναληψιμότητα κάθε 2,5 ημέρες.

⁶ Πηγή εικόνας: http://www.eomag.eu/UPLOADS/imagenes/TerraSAR-X_neu.jpg

Οι τρεις βασικές λειτουργίες απεικόνισης του TerraSAR-X είναι:
Spotlight: έως 1m ανάλυση, με μέγεθος λήψης τα 10 km (πλάτος) x 5 km (μήκος)
StripMap: έως 3m ανάλυση, με μέγεθος λήψης 30 χλμ (πλάτος) x 50 km (μήκος)
ScanSAR: μέχρι 18 m ανάλυση, με μέγεθος λήψης 100 km (πλάτος) x 150χιλιόμετρα (μήκος)

Ο TerraSAR-X έχει σχεδιαστεί για την εκπλήρωση της αποστολής του για πέντε χρόνια. Ανεξάρτητα από τις καιρικές συνθήκες και φωτισμού παρέχει αξιόπιστες εικόνες ραντάρ με ανάλυση έως 1m.

Στις 21 Ιουνίου 2010 εκτοξεύτηκε και ένας δεύτερος δορυφόρος ο Tandem-X, που η τροχιά του είναι σε στενό σχηματισμό με τον TerraSAR-X. Αυτό το μοναδικό σχεδιασμού δίδυμο δορυφόρων θα επιτρέψει την παραγωγή του παγκόσμιου D.E.M. με πρωτοφανή ακρίβεια. Αυτό το DEM είναι δυνατό να διαθέτει κατακόρυφη ακρίβεια της τάξης των 2m (σχετική) και 10m (απόλυτη), μέσα σε ένα οριζόντιο ράστερ περίπου 12x12 τετραγωνικών μέτρων, ελαφρώς διαφορετικό ανάλογα με το γεωγραφικό πλάτος.

3.7 Ο δορυφόρος RADARSAT-2



Εικόνα 10. Ο δορυφόρος RadarSAT 2.⁷

Ο RADARSAT-2 εκτοξεύτηκε με επιτυχία 14 του Δεκέμβρη του 2007 από τον Καναδικό Οργανισμό Διαστήματος. Η επιχειρησιακή του λειτουργία άρχισε στις 27 Απριλίου του 2008. Ο δορυφόρος φέρει αισθητήρα Synthetic Aperture Radar (SAR) που εγγυάται τη συλλογή δεδομένων ανεξαρτήτως καιρικών συνθηκών και συνθηκών φωτισμού.

Ο RadarSat-2 έχει χωρική διακριτική ικανότητα 3 μέτρα (Ultra Fine), 100 μέτρα σε ScanSAR, ευελιξία στην επιλογή της πόλωσης, δυνατότητα αριστερής και δεξιάς απεικόνισης και ανώτερη αποθήκευση δεδομένων. Ο δορυφόρος φέρει σύστημα ραντάρ που λειτουργεί στη C-band. Η ικανότητα του δορυφόρου να λαμβάνει εικόνες από τα αριστερά, επιτρέπει στο δορυφόρο να λαμβάνει εικόνες της Ανταρκτικής επί καθημερινής βάσεως, παρέχοντας στοιχεία για την υποστήριξη της επιστημονικής έρευνας. Ο κύριος ανάδοχος για το έργο είναι MacDonald Dettwiler και Συνεργάτες (MDA). Ο RADARSAT-2 αποτελεί τη συνέχεια του προγράμματος RADARSAT-1. Έχει την ίδια ήλιο σύγχρονη τροχιά με 798 χιλιόμετρα υψόμετρο.

Τα δεδομένα του χρησιμοποιούνται για τη θαλάσσια χαρτογράφηση των πάγων, για την ανίχνευση των παγόβουνων, για τη θαλάσσια επιτήρηση και ανίχνευση των πλοίων, τη γεωλογική χαρτογράφηση, τη χαρτογράφηση υγροτόπων, τη δημιουργία τοπογραφικών χαρτών και την παρακολούθηση των καλλιεργειών.

⁷ Πηγή εικόνας: <http://orbitalhub.com/wp-content/uploads/2011/04/radarsat-2.jpg>

4. Γενικά για τους σεισμούς

Οι σεισμοί είναι φαινόμενα που εν γένει προκαλούνται από την αιφνίδια απελευθέρωση συσσωρευμένης πίεσης στο στερεό φλοιό της γης (Sabins,1997). Συγκεκριμένα η διαρκής κίνηση των λιθοσφαιρικών πλακών συσσωρεύει τάσεις σε κάποια σημεία με αποτέλεσμα την παραμόρφωση των υφιστάμενων πετρωμάτων. Όταν οι τάσεις υπερβούν τα όρια αντοχής των πλακών προκαλείται θραύση και δημιουργείται ένα σεισμογόνο ρήγμα.

Το σημείο του σεισμογόνου χώρου της θραύσης ονομάζεται εστία ή υπόκεντρο και μπορεί να παρουσιαστεί οπουδήποτε στο φλοιό της γης δηλαδή στην επιφάνεια της γης και σε βάθος 700km. Το σημείο της επιφάνειας της γης που βρίσκεται πάνω από την εστία δηλαδή η κατακόρυφη προβολή της εστίας στην επιφάνεια της γης ονομάζεται επίκεντρο. Το μέγεθος της κατακόρυφης απόστασης ονομάζεται εστιακό βάθος.

Σύμφωνα και με τον Bolt (1988) ο κύριος περιβαλλοντικός κίνδυνος μιας σεισμικής δόνησης, έγκειται στην ανατάραξη του εδάφους, από την ενέργεια των ελαστικών κυμάτων τα οποία χωρίζονται σε επιμήκη (P waves), εγκάρσια (S wave) και στα επιφανειακά κύματα (surface waves).

Τα επιμήκη κύματα διαδίδονται τόσο σε στερεά όσο και σε υγρά μέσα με ταχύτητα 6-8 km/sec ανάλογα με την πυκνότητα του μέσου και ακολουθούν την πορεία της σεισμικής δόνησης. Τα εγκάρσια κύματα κινούνται με την μισή περίπου ταχύτητα προκαλώντας δονήσεις σε ορθές γωνίες ως προς την διεύθυνση κίνησης τους. Τα εγκάρσια κύματα δεν διαδίδονται σε υγρά μέσα. Όταν τα εγκάρσια κύματα διαδίδονται κοντά στην επιφάνεια της γης προκαλούν κατακόρυφη εδαφική κίνηση η οποία μπορεί να είναι καταστροφική για τις οικοδομικές κατασκευές. Τα επιφανειακά κύματα είναι αυτά που προκαλούν τις μεγαλύτερες καταστροφές στις δομικές κατασκευές.

Το μέγεθος ενός σεισμού μετράται με την κλίμακα ρίχτερ που περιγράφει την συνολική ενέργεια που διαχέεται από την εστία ενός σεισμού στην επιφάνεια του εδάφους και καταγράφεται η κίνηση του εδάφους από τους σεισμογράφους. Άλλη μία κλίμακα μέτρησης της έντασης ενός σεισμού είναι η κλίμακα Μερκάλλι (Modified Mercalli Scale –MM) σύμφωνα με την οποία τα σεισμικά φαινόμενα κατατάσσονται σε δώδεκα κατηγορίες, από MM=I (ανεπαίσθητη δόνηση) έως MM= XII (ολοσχερής καταστροφή). Παρ' όλο όμως που αυτή η κλίμακα μέτρησης είναι μάλλον αυθαίρετη

και περισσότερο εμπειρική, όπως δηλώνει ο Smith (1996), δεν μπορεί να εκληφθεί ως λιγότερο επιστημονική από την κλίμακα Richter, εφ' όσον πολλές φορές οι σεισμολόγοι διαφωνούν για την αποτίμηση του μεγέθους.

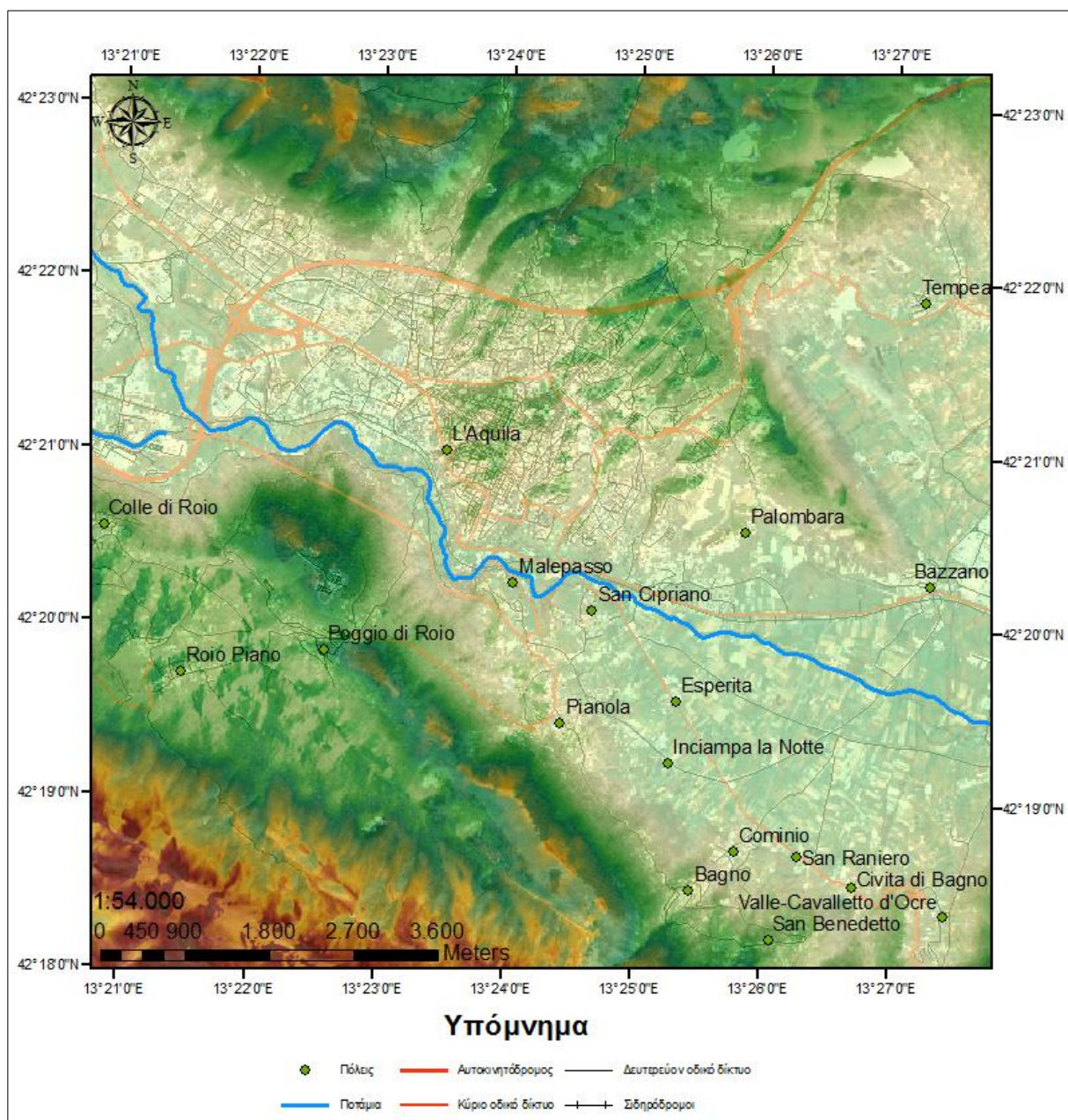
Οι απώλειες και οι ζημιές που προκαλούνται από ένα σεισμό δεν εξαρτώνται μόνο από το μέγεθος και την εκλυόμενη ενέργεια αλλά και από την απόσταση από το επίκεντρο και το εστιακό βάθος, την θέση και τις διαστάσεις του σεισμογόνου ρήγματος, τους μηχανισμούς γένεσης, τον τρόπο διάδοσης των κυμάτων, τις λιθολογικές, τις εδαφολογικές συνιστώσες, την διάρκεια του σεισμού, την πληθυσμιακή πυκνότητα και τα δομικά χαρακτηριστικά των κτιρίων της πληγείσας περιοχής.

5. Γενικά για την πόλη Λ' Άκουιλα

Η Λ' Άκουιλα είναι πόλη της κεντρικής Ιταλίας, βρίσκεται στην κοιλάδα που σχηματίζει ο ποταμός Ατέρνος ανάμεσα στα Απέννινα Όρη και το όρος Γκράν Σάσσο στα βορειοανατολικά. Είναι πρωτεύουσα την ομώνυμης επαρχίας και της περιφέρειας του Αμπρούτσο (Abruzzo). Έχει πληθυσμό 72.240 κατοίκους. Η Λ' Άκουιλα είναι μια πόλη με πολλά στενά δρομάκια, κτίρια και εκκλησίες της εποχής της Αναγέννησης. Είναι έδρα του ομώνυμου Πανεπιστημίου και διαθέτει θέατρο δράματος, ακαδημία καλών τεχνών, κρατικό ωδείο, συμφωνική ορχήστρα και οργανισμό κινηματογράφου.



Εικόνα 11. Η περιοχή μελέτης Λ' Άκουιλα. Δορυφορική εικόνα από Quickbird συγχώνευση πολυφασματικού (2,4m) σε συνδυασμό 3-2-1 με το παγχρωματικό (0,6m).

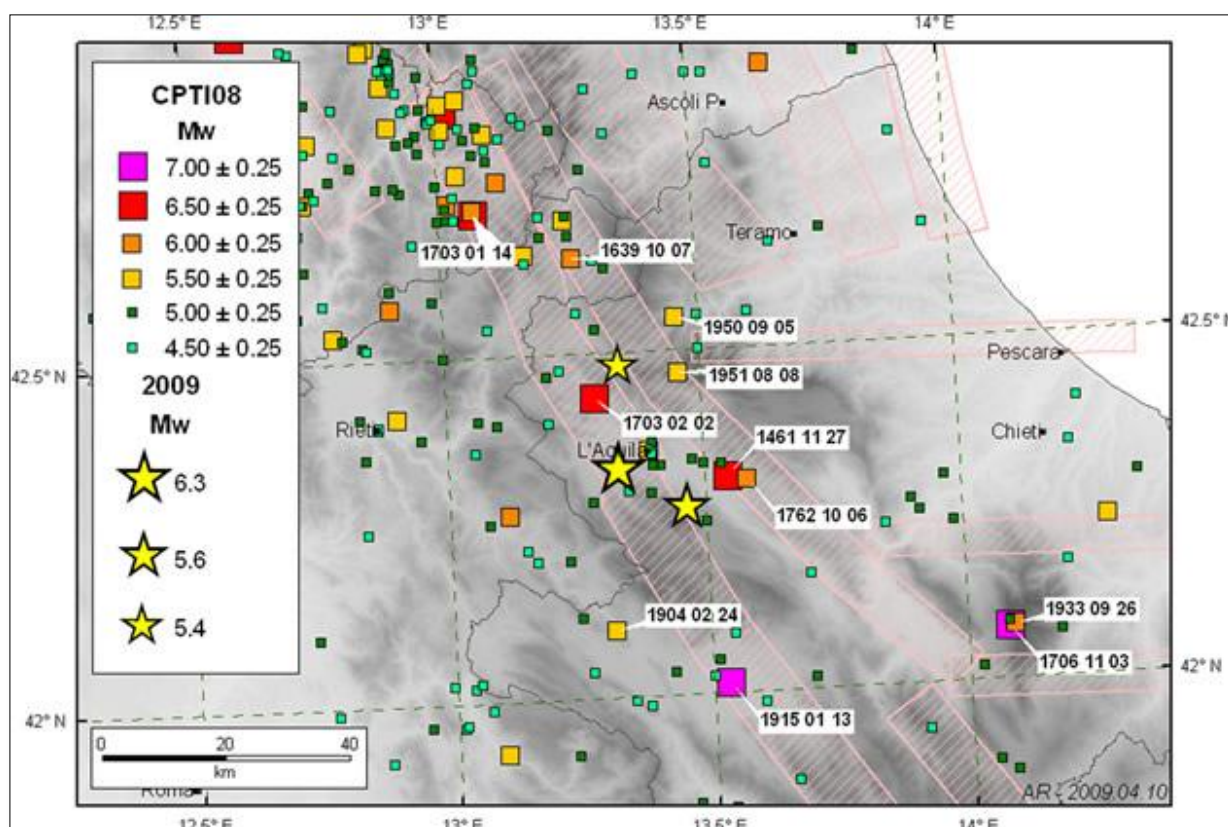


Χάρτης 1 Ευρύτερη περιοχή μελέτης

Στο χάρτη 1 διακρίνεται η πόλη Λ' Άκουιλα, οικισμοί που ανήκουν σε αυτή, το οδικό δίκτυο, σιδηροδρομικό δίκτυο και ο ποταμός Ατέρνος. Το ψηφιακό μοντέλο εδάφους που χρησιμοποιήθηκε για να τονίσει το ανάγλυφο της ευρύτερης περιοχής είναι από τον δορυφόρο Aster.

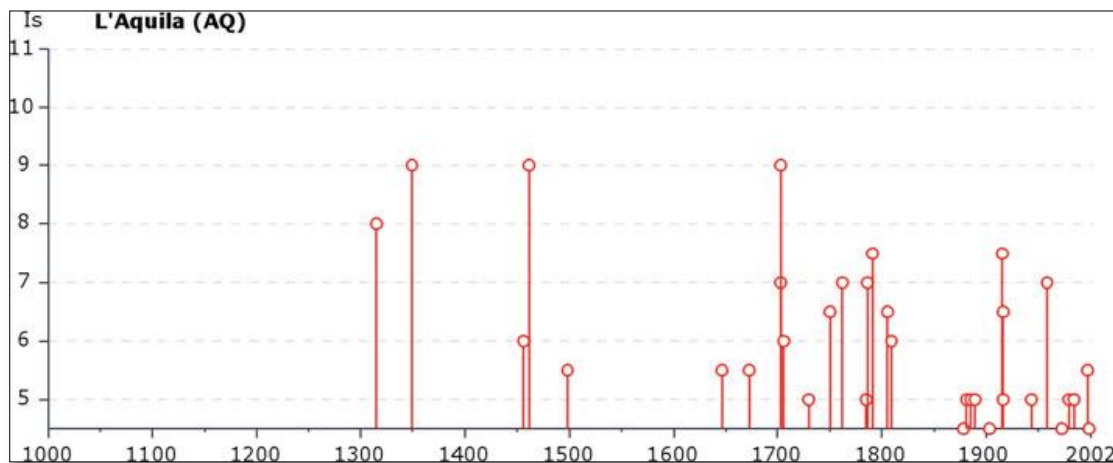
5.1 Προηγούμενοι σεισμοί

Στις 3 Δεκεμβρίου 1315 στην πόλη της Λ' Άκουιλα έγινε ένας ισχυρός σεισμός μεγέθους 5,6 ρίχτερ όπου και κατέστρεψε της εκκλησία του San Francesco. Ένας άλλος σεισμός μεγέθους 4,4 έγινε στις 22 Ιανουαρίου 1349 όπου σκοτώθηκαν 800 άνθρωποι. Σημειώθηκαν ισχυροί σεισμοί και τα έτη 27 Νοεμβρίου 1461 μεγέθους 6,4, το 1501 και το 1646. Ο σεισμός που έγινε στις 3 Φεβρουαρίου 1703 μεγέθους 6,7 είχε σαν αποτέλεσμα να σκοτωθούν 3000 άτομα και σχεδόν όλες οι εκκλησίες να καταστραφούν. Ο πιο καταστροφικός σεισμός στην ιστορία της πόλης έγινε στις 31 Ιουλίου 1786 μεγέθους 4,5 ρίχτερ όπου σκοτώθηκαν 6000 άτομα. Στις 26 Ιουνίου του 1958 συνέβη άλλος ένας σεισμός μεγέθους 5,2 ρίχτερ.



Εικόνα 12. Η σεισμική ακολουθία στη Λ' Άκουιλα του 2009 και οι ιστορικοί σεισμοί.⁸

⁸ Πηγή χάρτης http://www.mi.ingv.it/eq/090406/images/CPTI08_terremoti_in_area.png



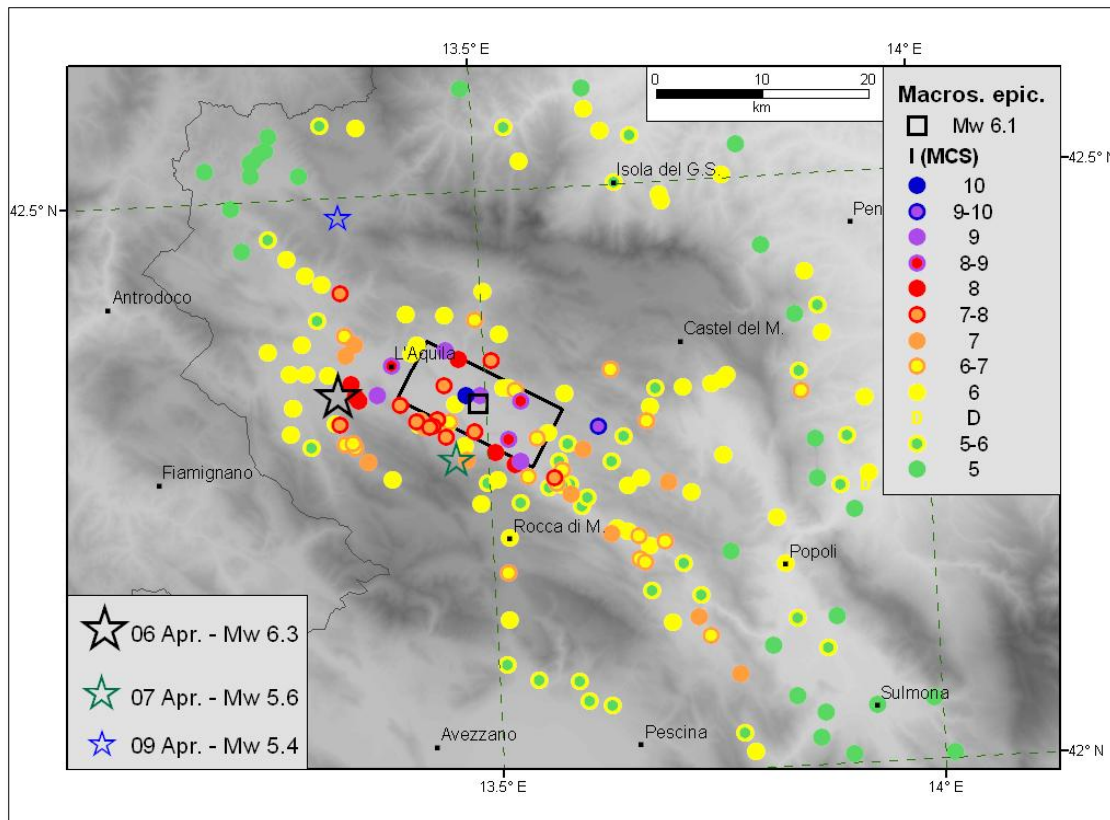
Εικόνα 13. Ιστορικοί σεισμοί που έχουν συμβεί στη Λ' Άκουιλα απο το 1000 μέχρι το 2002.⁹

5.2 Ο σεισμός στην πόλη της Λ' Άκουιλα

Την Δευτέρα 6 Απριλίου 2009 στις 3:32 πμ τοπική ώρα συνέβη σεισμός μεγέθους 6.3 Mw με μικρό εστιακό βάθος (10 km) έπληξε την κεντρική Ιταλία στην περιοχή της Λ' Άκουιλα, μία πόλη με 72.240 κατοίκους πρωτεύουσα του Abruzzo. Ο σεισμός άφησε πίσω του 305 νεκρούς, 1.500 άτομα τραυματίστηκαν και υπολογίζεται πως 10.000 με 15.000 κτίρια καταστράφηκαν ή υπέστησαν σοβαρές ζημιές. Ο σεισμός οδήγησε σε προσωρινή εκκένωση 70.000 με 80.000 κατοίκων και άφησε περισσότερους από 24.000 άστεγους.

Ο σεισμός αυτός ήταν ο ισχυρότερος από μια ακολουθία σεισμών που είχε αρχίσει στην περιοχή μερικούς μήνες πιο νωρίς και αριθμεί 23 σεισμούς μεγέθους μεγαλύτερου από 4 ρίχτερ μεταξύ τις περιόδου 30/03/2009 και 23/4/2009 συμπεριλαμβανομένων και δύο σεισμών 5,6 ρίχτερ στις 7/4/2009 και 5,4 στις 9/4/2009.

⁹ Πηγή INGV Database Macrosismico Italiano <http://emidius.mi.ingv.it/DBMI08>



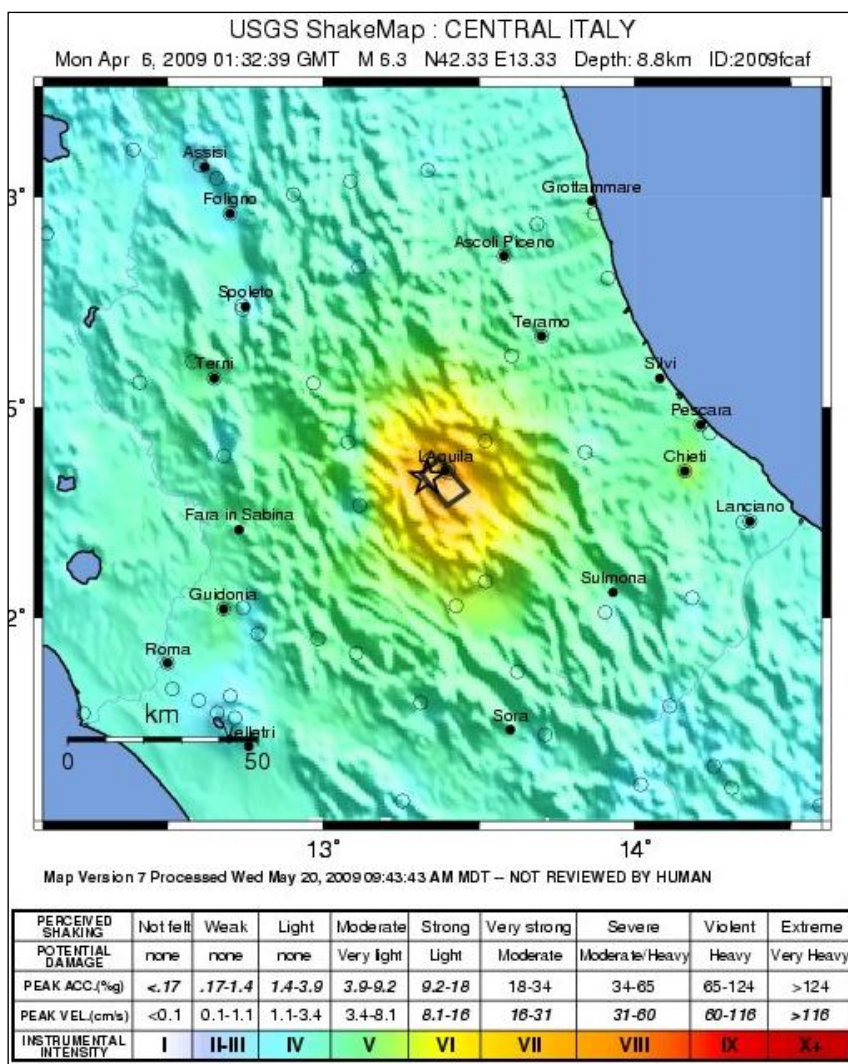
Εικόνα 14. Οι επιπτώσεις του σεισμού της 6ης Απριλίου 2009.¹⁰

Ο σεισμός συνέβη όταν το μεγαλύτερο μέρος του πληθυσμού κοιμόταν και γι' αυτό τον λόγο έχουμε 305 νεκρούς. Οι ηλικιακές ομάδες που είχαν τις μεγαλύτερες απώλειες είναι η 20-29 και η άνω των 70, η ομάδα 20-29 λόγω της κατάρρευσης μίας εστίας φοιτητών στο κέντρο της πόλης.

Πολλά από τα πολιτιστικά μνημεία της πόλης υπέστησαν πολλές ζημιές συμπεριλαμβανομένων Ρωμαϊκών εκκλησιών, παλατιών και άλλων μνημείων που χρονολογούνται από το Μεσαίωνα και την Αναγέννηση.

Πηγή χάρτη http://www.mi.ingv.it/eq/090406/images/epicentro_macro.png

¹⁰ Πηγή χάρτη http://www.mi.ingv.it/eq/090406/images/epicentro_macro.png



Εικόνα 15. Χάρτης έντασης του σεισμού της Λ' Ακουίλα.¹¹

5.3 Επιχείρηση διάσωσης και βοήθειας

Οι επιχειρήσεις αναζήτησης και διάσωσης ξεκίνησαν μερικές ώρες μετά τον σεισμό και διήρκεσαν μία εβδομάδα. Στο τέλος αυτής της περιόδου 30 νεκροί ανασύρθηκαν και πάνω από 100 ζωντανοί άνθρωποι διασώθηκαν από τα ερείπια των κτιρίων που είχαν καταρρεύσει. Ο συνολικός αριθμός των ατόμων που πήραν μέρος στην διάσωση ήταν 8.000 την πρώτη μέρα, 10.000 την δεύτερη και περίπου 12.000 τις ακόλουθες ημέρες. Αυτός ο αριθμός διατηρήθηκε σταθερός για πολλούς μήνες. Η βοήθεια που προσφέρθηκε για τις επιχειρήσεις εκτάκτου ανάγκης από ξένες χώρες δεν έγινε δεκτή από την Ιταλική κυβέρνηση κρίνοντας πως η ικανότητα της Εθνικής

¹¹ πηγή εικόνας: <http://earthquake.usgs.gov/eqcenter/shakemap/global/shake/2009fcaf>

Υπηρεσίας Πολιτικής Προστασίας (SNPC- National Civil Protection Service) να διαχειριστεί την κατάσταση ήταν επαρκείς για τις ανάγκες που προκλήθηκαν από το συμβάν.

Η βοήθεια στον πληθυσμό ξεκίνησε την ίδια στιγμή με τις ομάδες αναζήτησης και διάσωσης. Ήταν αναγκαίο να παρασχεθεί κατάλληλο κατάλυμα για άστεγους, οι οποίοι εκτιμώνται στην τάξη κάποιων δεκάδων χιλιάδων. Μετά τον σεισμό εκδόθηκε τον δήμαρχο της Λ' Άκουιλα διαταγή εκκένωσης για όλους τους πολίτες. Επομένως ακόμα και άνθρωποι που κατοικούσαν σε μη κατεστραμμένα σπίτια χρειαζόνταν ένα κατάλυμα. Δυο λύσεις βρέθηκαν αμέσως και εφαρμόστηκαν: Σκηνές για ανθρώπους που δεν ήθελαν να φύγουν μακριά από το σπίτι τους, ξενοδοχεία για τους άλλους. Η τουριστική δραστηριότητα στην ακτή της Αδριατικής θάλασσας παρέχει ένα μεγάλο αριθμό ξενοδοχείων που είναι διαθέσιμα και ικανά να φιλοξενήσουν κάποιες δεκάδες χιλιάδες ανθρώπους.

Πολλές κατασκηνώσεις συγκροτήθηκαν αμέσως στη Λ' Άκουιλα και στους κοντινούς δήμους από την πρώτη μέρα. Μετά από δύο μέρες 30 κατασκηνώσεις στήθηκαν με 3.000 σκηνές 24 υπαίθριες κουζίνες και 13 προηγμένα ιατρικά κέντρα. Ο μέγιστος αριθμός σκηνών και κατασκηνώσεων κατά την διάρκεια της φάσης έκτακτης ανάγκης ήταν 5.957 και 171 αντίστοιχα. Οι σκηνές ήταν χωρητικότητας το πολύ 8 ατόμων. Ο μέγιστος αριθμός ατόμων σε σκηνές ήταν 39.193 και σε ξενοδοχεία 33.964. Ο μέγιστος αριθμός των ανθρώπων που βοηθήθηκαν ήταν 67.499. Οι σκηνές και οι αντίστοιχες κατασκηνώσεις ήταν τόσο καλά οργανωμένες ώστε να εξασφαλίσουν την μέγιστη δυνατή άνεση στον πληθυσμό.

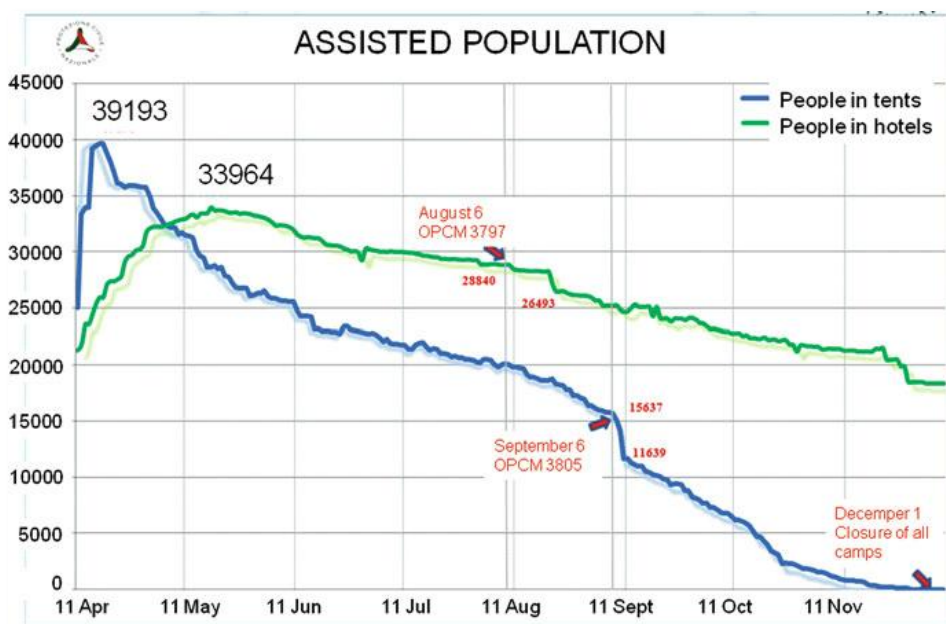


Εικόνα 16. Αεροφωτογραφίες 2 κατασκηνώσεων.¹²

Σύμφωνα με το διάγραμμα 1 ο αριθμός των ανθρώπων στις σκηνές, είχε τη μέγιστη τιμή στα μέσα Απριλίου, σταδιακά όμως μειωνόταν μέχρι το τέλος του Αυγούστου, όπου ο αριθμός των ανθρώπων στις σκηνές έφτασε στους 15.000 έπειτα μειώθηκε γρήγορα σε μερικές εκατοντάδες στα τέλει του Οκτωβρίου, όπου η θερμοκρασία άρχισε να δημιουργεί πολύ άσχημες συνθήκες. Η μείωση των ανθρώπων που είχαν τακτοποιηθεί στις σκηνές έγινε για τους εξής λόγους:

- παρέχοντας προσωρινές μακροπρόθεσμες λύσεις στέγασης,
- ταχτοποιώντας 1.500 περίπου ανθρώπους σε δωμάτια, σε στρατώνες, και στη σχολή αστυνομίας στην L'Aquila
- μεταφέροντας ανθρώπους από σκηνές σε ξενοδοχεία (στην ενδιάμεση περίοδο)
- παρέχοντας ένα σταθερό ποσό χρημάτων ανά άτομο ώστε να βρουν αυτόνομη στέγη.

¹² Πηγή εικόνας: http://www.springerlink.com/content/p373g06h1l67016m/MediaObjects/211630_1_En_19_Fig4_HTML.jpg



Διάγραμμα 1. Αριθμός των ατόμων που έμειναν σε σκηνές και ξενοδοχεία.¹³

Η βοήθεια στον πληθυσμό συμπληρώθηκε από την υπαίθρια κουζίνα κυρίως μέσα η κοντά στις κατασκηνώσεις και με προηγμένα ιατρικά πόστα των οποίων ο αριθμός έφτασε τα 107 και 47 αντίστοιχα κατά την διάρκεια των πρώτων 2 μηνών μετά τον σεισμό.

Στον πληθυσμό των κατασκηνώσεων παρείχαν Ψυχολογική και κοινωνική υποστήριξη. Γυμναστές συνεισφέρουν στην βελτίωση των συνθηκών διαβίωσης των νεώτερων, ειδικά κατά την διάρκεια του καλοκαιριού. Ένα ειδικό πρόγραμμα με καλλιτεχνικές παραστάσεις (μουσική, θέατρο κινηματογράφο μπαλέτο κλπ) που ονομάζονται «campri sonori» οργανώθηκε σκόπιμα κατά την καλοκαιρινή περίοδο σε πολλές εγκαταστάσεις, εκμεταλλεύοντας την προσφορά πολλών καλλιτεχνών για την παροχή της βοήθειας τους στο Abruzzo. Εκτιμήθηκε ιδιαίτερα από τον πληθυσμό ως προσφορά στην βελτίωση της καθημερινότητας.

5.4 Εκτίμηση της σεισμικής επικινδυνότητας των κτιρίων

Δύο σημαντικές δραστηριότητες που διήρκησαν πολλούς μήνες σχετίζονται με την εκτίμηση της καταστροφής στο έδαφος και τα κτήρια. Η εκτίμηση των

¹³ Πηγή εικόνας: http://www.springerlink.com/content/p373g06h1l67016m//MediaObjects/211630_1_En_19_Fig5_HTML.jpg

καταστροφών και η δυνατότητα χρήσης των δημοσίων και ιδιωτικών κτισμάτων είναι η πιο απαιτητική τεχνική δραστηριότητα από την άποψη των απαιτούμενων πόρων. Επίσης έχει μία ισχυρή επίδραση στην αντιμετώπιση της κρίσης και στην φάση επιδιόρθωσης/ ανοικοδόμησης. Η εκτίμηση της σεισμικής επικινδυνότητας στοχεύει στην αξιολόγηση των κτισμάτων που καταστράφηκαν από τον σεισμό, ώστε οι άνθρωποι να μπορέσουν να επιστρέψουν στα σπίτια τους και οι κοινωνικές και οικονομικές δραστηριότητες να ξεκινήσουν ξανά. Επομένως δίνεται η δυνατότητα οι άνθρωποι να επιστρέψουν στα σπίτια τους και άρα υπάρχει μείωση των αναγκών για βραχεία και μακρά στέγαση. Το αποτέλεσμα της έρευνας, είναι επίσης η κύρια παράμετρος που καθορίζει το ποσό της συνεισφοράς της πολιτείας για την επιδιόρθωση και ανοικοδόμηση των κτιρίων. Όπως άλλοι παλαιοί Ιταλικοί σεισμοί (Pollino 1998, Molise 2002) η έρευνα εκτίμησης της καταστροφής και της σεισμικής επικινδυνότητας συντονίστηκε από το τμήμα προστασίας πολιτών με μια ουσιαστική υποστήριξη από τις περιοχές, τα προάστια, τους δήμους, το σώμα πυροσβεστών και τα ινστιτούτα έρευνας, όπως Reluis, Eucentre, CNR και τα εθνικά συμβούλια των επιστημονικών CNI, CAN, CNG, χρησιμοποιώντας μια καλώς εγκατεστημένη διαδικασία. Αυτό βασίζεται στο έντυπο και εγχειρίδιο επιθεώρησης που ονομάζεται AeDes, σύμφωνα με το οποίο τα κτήρια κατηγοριοποιούνται στις ακόλουθες κατηγορίες χρησιμότητας:

Κατηγορία Α κτίρια που μπορούν να χρησιμοποιηθούν. Τα κτήρια, παρόλο που είναι ελαφρώς κατεστραμμένα μπορούν να συνεχίσουν να διατηρούν τις λειτουργίες για τις οποίες χτίστηκαν, διατηρώντας την ανθρώπινη ζωή προστατευμένη στην περίπτωση μετασεισμού τόσο ισχυρού όσο του κυρίως σεισμού.

Κατηγορία Β κτίρια για χρήση μόνο μετά από μικρές επισκευές. Είναι η περίπτωση των κτιρίων με περιορισμένη ή χωρίς δομική καταστροφή. Όταν γίνουν οι απαιτούμενες επισκευές τα κτίρια μπορούν να κατηγοριοποιηθούν ως κατηγορία Α.

Κατηγορία C μερικώς χρησιμοποιούμενα κτίρια. Είναι η περίπτωση κτιρίων με περιορισμένη ή χωρίς δομική καταστροφή, αλλά με σοβαρή μη δομική βλάβη σε ένα τμήμα των κτιρίων. Η πιθανή μερική ή ολική κατάρρευση του προσβεβλημένου τμήματος δεν πρέπει να επηρεάζει το τμήμα του κτιρίου που χρησιμοποιείται.

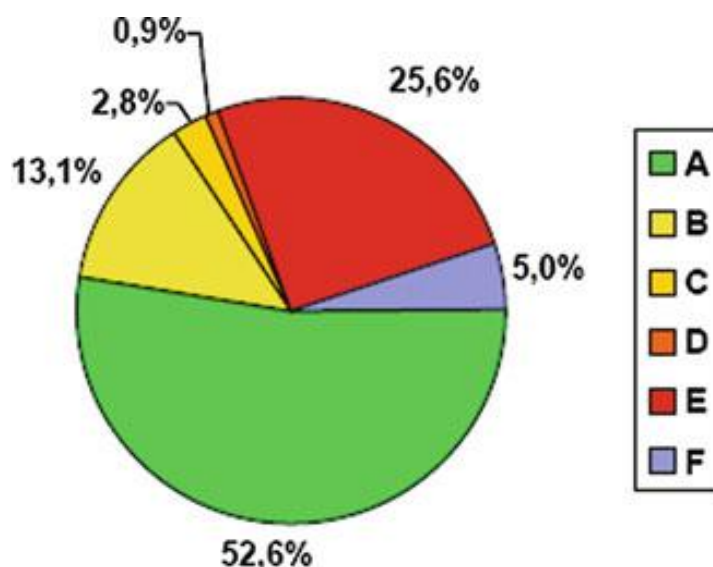
Κατηγορία D κτίρια που πρέπει να ανά επιθεωρηθούν. Είναι η περίπτωση καταστροφής ή γεωλογικής, ή γεωτεχνικής ή άλλων περιπτώσεων που απαιτούν μια περεταίρω διερεύνηση.

Κατηγορία Ε κτίρια που δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν εξαιτίας μιας από τις ακόλουθες καταστάσεις: δομική καταστροφή ή γεωτεχνικός κίνδυνος.

Κατηγορία F μη χρησιμοποιούμενα κτίρια λόγω υψηλού κινδύνου κατάρρευσης.

Η φόρμα που χρησιμοποιήθηκε περιείχε γενικές πληροφορίες που σχετίζονταν με την γεωμετρία των κτιρίων και από το επίπεδο καταστροφής των κτιρίων. Οι ομάδες εκπαιδεύτηκαν με ειδικά επιτόπια μικρά μαθήματα που γίνονταν σε εβδομαδιαία βάση. Πάνω από 5000 επιθεωρητές, μηχανικοί, αρχιτέκτονες και φοιτητές λειτούργησαν σαν εθελοντές. Δύο μήνες μετά τον σεισμό είχαν γίνει περίπου 50.000 επιθεωρήσεις και έφτασαν πάνω από 72.000 στις 28 Σεπτεμβρίου.

Τα αποτελέσματα από τις επιτόπιες έρευνες απεικονίζονται στο διάγραμμα 2. Πάνω από το 50% των κτιρίων ανήκουν στην κατηγορία Α ενώ το ¼ του συνόλου έδειξε τόσο σοβαρή καταστροφή και δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν πριν από σημαντική επισκευή ή πριν γίνουν έργα ανοικοδόμησης. το 16% των κτιρίων ανήκει στην κατηγορία Β και C τα οποία χρειάζονται μικρές επισκευές, ενώ το 5% των κτιρίων δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν λόγω εξωτερικών κινδύνων.



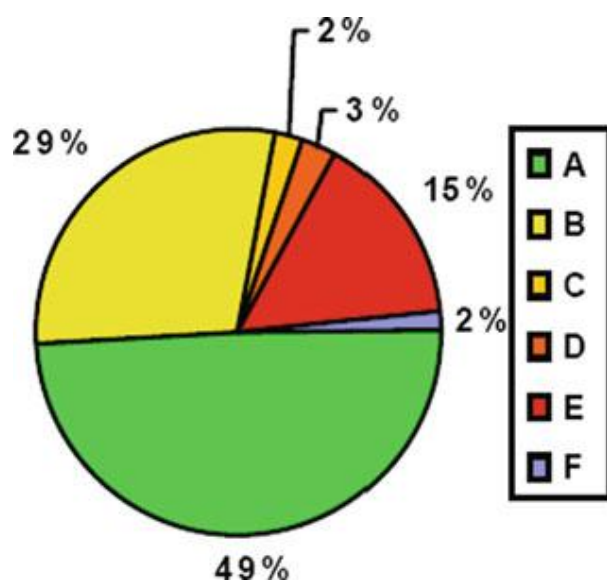
Διάγραμμα 2. Στατιστικά στοιχεία από τις επιτόπιες έρευνες για την κατάσταση των ιδιωτικών κτιρίων.

Τα δημόσια κτίρια χαρακτηρίζονταν από καλύτερη αντισεισμική συμπεριφορά. Τα πιο ανθεκτικά ήταν οι στρατώνες περίπου 70% χαρακτηρίστηκαν ως Α και μόνο το 6% του συνόλου ως Ε. Επίσης πολύ καλή ανθεκτικότητα παρουσίασαν τα κτίρια που χρησιμοποιούνται για παραγωγική δραστηριότητα όπου 60% χαρακτηρίστηκαν Α και μόνο το 15% του συνόλου Ε.

Τα κτίρια με ενισχυμένο σκυρόδεμα είναι ανθεκτικότερα με περισσότερα από 60% στην κατηγορία Α και περίπου 14% στην κατηγορία Ε. Από τις λιθοδομές λιγότερο από 50% ανήκουν στην κατηγορία Α και πάνω από 30% στην κατηγορία Ε.

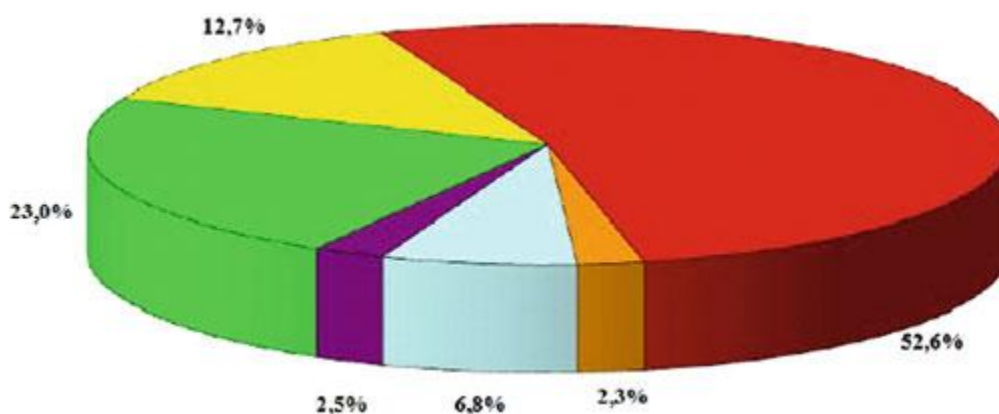
Οι έρευνα ακολούθησε διαφορετικές προτεραιότητες για δημόσια, ιδιωτικά και εμπορικά κτήρια. Για να επιταχυνθεί η αποκατάσταση και η μείωση της κοινωνικής ταλαιπωρίας δόθηκε προτεραιότητα στα δημόσια κτίρια, ειδικότερα στα νοσοκομεία, σχολεία, κεντρικά κτίρια και εμπορικά κτίρια.

Τα σχολεία είχαν προτεραιότητα στην εκτίμηση της καταστροφής και της χρηστικότητας και τα περισσότερα από αυτά επιθεωρήθηκαν αμέσως τις πρώτες ημέρες μετά τον σεισμό. Στο δήμο της Λ' Άκουιλα 106 σχολικά κτίρια επιθεωρήθηκαν και 309 σχολικά κτίρια επιθεωρήθηκαν επίσης σε άλλους δήμους στην περιοχή γύρω από την Λ' Άκουιλα. Όλες οι τεχνικές ομάδες που επιθεώρησαν τα σχολεία αποτελούνταν από καθηγητές πανεπιστημίου ή ερευνητές συντονισμένους από το ReLUIIS (την ιταλική κοινοπραξία των εργαστηρίων μηχανικής των σεισμών). Μετά από λίγες μέρες η κατάσταση ήταν αρκετά ξεκάθαρη, όπως φαίνεται στο διάγραμμα 3, περίπου 50% από τα επιθεωρημένα σχολεία είχαν λίγες ή καθόλου καταστροφές έτσι ώστε να μπορούν να χρησιμοποιηθούν αμέσως (κατηγορία Α), ενώ περίπου 30% είχαν κάποιες καταστροφές (κατηγορία Β ή C) έτσι ώστε να μην μπορούν να χρησιμοποιηθούν αμέσως και χρειάζονταν κάποιες επιδιορθώσεις. Το υπόλοιπο 20% περίπου δεν μπορούσε να χρησιμοποιηθεί λόγω μεγάλης καταστροφής (κατηγορία Ε) ή εξωτερικού κινδύνου (κατηγορία F), αυτή η κατάσταση επιβεβαιώθηκε από περαιτέρω επιθεωρήσεις.



Διάγραμμα 3. Στατιστικά από την επιθεώρηση των σχολικών κτιρίων.

Η πολιτισμική κληρονομιά άξιζε μία ειδική προσοχή λόγω της πολυπλοκότητας της συμπεριφοράς τους, η οποία επίσης σχετίζεται με πολλές διαφορετικές δομικές διαμορφώσεις που χαρακτηρίζουν τα μνημειακά κτίρια. Διαφορετική και πιο λεπτομερή επιθεώρηση έγινε στις εκκλησίες και τα αρχαία παλάτια. Η περιγραφή των δομικών χαρακτηριστικών τους και μικροστοιχείων όπως επίσης των καταστροφών τους είναι πολύ πιο έγκυρη. Ακόμη και σε αυτή την περίπτωση οι διαδικασίες που προέρχονται από την εμπειρία των πρόσφατων σεισμών του παρελθόντος είναι τώρα αρκετά πάγια στην Ιταλία. Προφανώς ο χρόνος που χρειάζεται για την επιθεώρηση ενός μνημειακού κτιρίου είναι μεγαλύτερος από την περίπτωση ενός συνηθισμένου κτιρίου. Έγιναν περίπου 1800 επιθεωρήσεις. Πάνω από το 50% των μνημειακών κτιρίων καταστράφηκαν ή κατέρρευσαν και χαρακτηρίστηκαν ως κατηγορία Ε ενώ μόνο 23% κατέληξαν να είναι σε καλή κατάσταση και άρα κατηγορία Α διάγραμμα 4.



Διάγραμμα 4. Στατιστικά στοιχεία από την επιθεώρηση των μνημειακών κτιρίων.

Εκτός από τις επιθεωρήσεις των κτιρίων και άλλων κατασκευών που έχουν περιγραφεί μέχρι τώρα πολλές έρευνες, περίπου 130, έγιναν για να επιβεβαιώσουν τις γεωλογικές και υδρογεωλογικές κρίσιμες καταστάσεις, στοχεύοντας στην λήψη άμεσων αποφάσεων για να αντιμετωπίσουν τις επικίνδυνες καταστάσεις. Αυτά σχετίζονταν κυρίως με διαφόρων ειδών κατολισθήσεις που ενεργοποιήθηκαν από τον κύριο σεισμό και μετά σεισμούς.

5.5 Μετά την κρίση

Η φάση μετά την κρίση χαρακτηρίζεται από όλες τις δράσεις που επιτρέπουν στον πληθυσμό να αποκαταστήσει τις συνθήκες της φυσιολογικής ζωής. Πρώτα από όλα είναι απαραίτητο να παρασχεθούν επαρκείς προσωρινές λύσεις στέγασης για τους ανθρώπους που θα μείνουν άστεγοι για μεγάλο χρονικό διάστημα, σύμφωνα με την εμπειρία των παρελθοντικών σεισμών. Η δεύτερη θεμελιώδης επείγουσα ανάγκη είναι η λειτουργία των κεντρικών δημόσιων γραφείων και των σχολείων. Αυτή τελευταία άποψη είχε μεγάλη σημασία ώστε να επιτρέψει στα παιδιά να ξανά ξεκινήσουν και να συνεχίσουν τις κανονικές τους εκπαιδευτικές δραστηριότητες, αυτή ήταν η πρωταρχική ανησυχία των οικογενειών και επομένως την αποφυγή της ερήμωσης της Λ' Άκουιλα και της περιοχής του κέντρου της. Η τρίτη επείγουσα ανάγκη είναι η επανεκκίνηση των παραγωγικών δραστηριοτήτων. Ένα ιδιαίτερο ενδιαφέρον αξίζει στην πολιτιστική κληρονομία, η οποία επηρεάστηκε πολύ από την καταστροφή του σεισμού.

5.6 Μακροπρόθεσμη προσωρινή στέγαση

Μετά την πρώτη τακτοποίηση σε σκηνές ή ξενοδοχεία, τα περισσότερα από τα οποία μακριά από το κέντρο, βρέθηκε μία λύση για προσωρινή αλλά μακροπρόθεσμη στέγαση κοντά στις αρχικές πόλεις και τα χωριά.

Τέσσερις διαφορετικές λύσεις βρέθηκαν για τους περίπου 30.000 άστεγους. Η πρώτη βασίζεται στην επίταξη των μη χρησιμοποιούμενων διαμερισμάτων, η δεύτερη βασίζεται στην χρηματική συνεισφορά ανάλογα με τον αριθμό των μελών κάθε οικογένειας, και να παρέχουν στις οικογένειες τα απαιτούμενα χρήματα για να βρουν ένα αυτόνομο κατάλυμα. Αυτές οι δύο λύσεις βρέθηκαν ώστε να περιορίσουν τον αριθμό των προκατασκευασμένων κτιρίων και να αποφύγουν την μεγάλη κάλυψη της γης με νέες κατασκευές. Όλα αυτά φάνηκαν ανεπαρκή στη ζήτηση, και η επείγουσα ανάγκη ενός σημαντικού αριθμού άνετων προκατασκευασμένων σπιτιών φάνηκε σύντομα. Δύο επιπλέον διαφορετικές λύσεις οι οποίες προσαρμόστηκαν στα ειδικά τοπικά χαρακτηριστικά της περιοχής οργανώθηκαν και πραγματοποιήθηκαν: το σχέδιο C.A.S.E. και M.A.P.

Το σχέδιο C.A.S.E. έγινε για να πραγματοποιήσει ανθεκτικά και άνετα τριώροφα κτίρια με υπόγεια παρκινγκ σε ένα πράσινο περιβάλλον σε περιορισμένη έκταση. Για

αυτό τον λόγο το σχέδιο C.A.S.E. υιοθετήθηκε μόνο στο εσωτερικό του δήμου Λ'Ακουίλα για να λύσει πάνω από το 50% της συνολικής ζήτησης για μακροπρόθεσμη προσωρινή στέγαση. Ενώ το σχέδιο MAP σχεδιάστηκε αρχικά για να φτιάξει μικρά ανεξάρτητα σπίτια με περιορισμένο χρόνο ζωής. Αυτή η λύση συνεπάγεται χρήση μεγάλης έκτασης γης και για αυτό το λόγο το σχέδιο MAP υιοθετήθηκε για να φιλοξενήσει ανθρώπους μικρών χωριών έξω από το δήμο της Λ'Ακουίλας. Η έκταση του σχεδίου MAP σε κάποια χωριά του δήμου Λ' Ακουίλα λόγω μιας ειδικής παράκλησης από τον πληθυσμό, απαίτησε τα κτίρια να είναι διώροφα και συνεχόμενα για να καλύπτουν μικρότερη έκταση γης.

5.7 Το σχέδιο C.A.S.E.

Το σχέδιο C.A.S.E. για περίπου 15.000 ανθρώπους του δήμου Λ' Ακουίλα χαρακτηρίζεται από τις πιο προηγμένες λύσεις της βιομηχανίας κατασκευής προκατασκευασμένων κτιρίων, από την άποψη σεισμικής ασφάλειας, άνεσης βιωσιμότητας και οικολογικής συμβατότητας. Προφανώς η ταχύτητα κατασκευής είναι μια πρωταρχική αναγκαία προϋπόθεση.

Η ιδέα του σχεδίου C.A.S.E. ορίστηκε επίσημα από το διάταγμα n39/2009. Όταν ο πληθυσμός που ζει στο C.A.S.E. επιστρέψει στα σπίτια του, στο τέλος της φάσης ανοικοδόμησης, αυτά τα κτίρια θα μπορούν να έχουν εναλλακτικές χρήσεις. Μία από αυτές που προβλεπόταν από την αρχή θα μπορούσε να είναι φοιτητικές εστίες. Στην πραγματικότητα περίπου 15.000 φοιτητές του πανεπιστημίου της Λ' Ακουίλα πριν από το σεισμό δεν ήταν κάτοικοι της Λ' Ακουίλα και χρειάζονταν μια λύση στέγασης.

Το σχέδιο C.A.S.E. είναι μία μεγάλη πρόκληση σε σχέση με δύο κύριους στόχους. Ο πρώτος στόχος είναι να κατασκευαστούν περίπου 4.500 διαμερίσματα, σε 6-9 μήνες. Αυτό έκανε δυνατή την στρατηγική της φιλοξενίας του πληθυσμού σε σκηνές και ξενοδοχεία μέχρι το φθινόπωρο οπότε παραχώρησαν σταδιακά τα νέα διαμερίσματα από το Σεπτέμβριο. Κατά την διάρκεια αυτών των μηνών ξεκινώντας από τον Μάιο ήταν αναγκαίο

- i. Να βρεθούν κατάλληλες περιοχές για τις νέες εγκαταστάσεις.
- ii. Να τηρηθεί το πολεοδομικό σχέδιο σύμφωνα με τις γεωλογικές, γεωτεχνικές, υδρογεωλογικές, και σεισμικές απαιτήσεις.

- iii. Η σχεδίαση των νέων κατασκευών να γίνει μέσω διαγωνισμού και να γίνει σύμβαση εκτέλεσης των διάφορων έργων.
- iv. Να κατασκευαστούν τα κτήρια και να γίνουν εργασίες ρύθμισης αστικοποίησης και πρασίνου.
- v. Να επιπλώσουν τα κτίρια
- vi. Να παραχωρήσουν τα σπίτια σε άστεγες οικογένειες.

Ο δεύτερος στόχος ήταν η υιοθέτηση υψηλότερων μέτρων όσον αφορά τη σεισμική ασφάλεια, άνεση, και περιβαλλοντολογική βιωσιμότητα. Η έννοια του C.A.S.E. είναι: αντισεισμικά, βιώσιμα, οικολογικά, συστήματα (Antiseismic Sustainable and Eco-compatible Complexes. Δεκάξι διαφορετικοί τύποι κτισμάτων έχουν υιοθετηθεί για τα 185 κτίρια του σχεδίου C.A.S.E. Το σχέδιο C.A.S.E. πραγματοποιήθηκε σε 19 περιοχές, κάθε περιοχή έχει 3 έως 25 κτίρια, καλύπτοντας 1.200.000 τμ. Τα 4.449 διαμερίσματα έχουν συνολική επιφάνεια κατοικίας 330.000 τμ, ενώ 220.000 τμ των πλακών περίπου 6.000 θέσεις παρκινγκ ταχτοποιήθηκαν. Περίπου 600.000τμ αφιερώθηκαν σε χώρους πρασίνου. Σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας λήφθηκε χάρη στα θερμομονωτικά χαρακτηριστικά των τοίχων του κτιρίου και στη σημαντική ικανότητα ανανεώσιμης παραγωγής ενέργειας, που παρέχεται από 7.000 τμ ηλιακών πάνελ και 35.000 τμ φωτοβολταϊκών πάνελ. Το συνολικό κόστος όλων των εργασιών είναι 725 εκατομμύρια ευρώ. Οι εργασίες ξεκίνησαν στις 8 Ιουνίου και τα πρώτα 400 διαμερίσματα παραδόθηκαν στις 29 Σεπτεμβρίου. Στις 25 Δεκεμβρίου περίπου 12.000 άτομα κατοίκησαν σε 152 κτίρια του σχεδίου C.A.S.E. Στις 19 Φεβρουαρίου και τα 185 κτίρια δόθηκαν στους κατοίκους.

Η επιλογή των οικογενειών που είχαν το δικαίωμα να πάρουν διαμέρισμα έγινε κατά την διάρκεια του Αυγούστου και του Σεπτεμβρίου, βασιζόμενη σε αυστηρά κριτήρια που σχετιζόταν με τη χρήση ή μη του δικού τους σπιτιού (αν κατοικούσαν σε άλλη περιοχή ενώ είχαν σπίτι στην Λ' Άκουιλα) και τη σύσταση της οικογένειας όπως επίσης και από την τοποθεσία του σπιτιού τους σε σχέση με κάποιον από τους οικισμούς C.A.S.E.



Εικόνα 17. Αεροφωτογραφία που απεικονίζει στην περιοχή του Bazzano τα κτίσματα C.A.S.E. 29 Οκτωβρίου 2009.¹⁴

5.8 Το σχέδιο M.A.P

Η λύση αυτή υιοθετήθηκε κυρίως έξω από την Λ' Άκουιλα, για κάποια χωριά που ανήκουν στον δήμο της Λ' Άκουιλα. Καλείται M.A.P. ένα ακρωνύμιο που σημαίνει προσωρινές οικιστικές ενότητες. Ένας συνολικός αριθμός 3.535 κατοικιών έγιναν σε 142 περιοχές 19 από τις οποίες στα χωριά του δήμου της Λ' Άκουιλα με ένα σύνολο 1273 ενοτήτων και 121 σε άλλους δήμους σε σύνολο 2262 ενότητες. Ο συνολικός αριθμός ανθρώπων που φιλοξενοούνται στα κτίρια με σχέδιο M.A.P. είναι περίπου 8.500 άνθρωποι.

Τα κτίρια M.A.P. είναι ξύλινα σπίτια με στάνταρ άνεση και μέγεθος. Είναι συνήθως σπίτια μονώροφα για μία ή δύο οικογένειες τακτοποιημένα σε μικρούς οικισμούς κοντά στο αρχικό χωριό, για τις περιοχές έξω από την Λ' Άκουιλα ενώ για τις περιοχές που ανήκουν στον δήμο της Λ' Άκουιλα έχουν κατασκευαστεί διώροφα κτίρια. Ξεκινώντας από την πρώτη κλήση για προσφορά στις 18 Ιουνίου τα πρώτα σπίτια δόθηκαν στον πληθυσμό στις 21 Ιουνίου έξω από την Λ' Άκουιλα. Μέσα στον δήμο της Λ' Άκουιλα το σχέδιο ξεκίνησε αργότερα και οι πρώτες παραδόσεις έγιναν στις 30 Δεκεμβρίου 2010 εκτός από μερικά οικήματα που χορηγήθηκαν από δωρεές και ολοκληρώθηκαν τον Αύγουστο και το Σεπτέμβριο.

¹⁴ Πηγή εικόνας: http://www.springerlink.com/content/p373g06h1l67016m//MediaObjects/211630_1_En_19_Fig13_HTML.jpg



Εικόνα 18. Μονώροφο κτίριο με σχέδιο Μ.Α.Ρ. έξω από την πόλη.¹⁵



Εικόνα 19. Διώροφο κτίριο με σχέδιο Μ.Α.Ρ. εντός της πόλης Λ'Ακουίλα¹⁶.

¹⁵ Πηγή εικόνας: http://www.springerlink.com/content/p373g06h1l67016m//MediaObjects/211630_1_En_19_Fig16_HTML.jpg

¹⁶ Πηγή εικόνας: http://www.springerlink.com/content/p373g06h1l67016m//MediaObjects/211630_1_En_19_Fig17_HTML.jpg

5.9 Σχολεία

Μετά το σεισμό τα σχολεία παρέμειναν κλειστά στην κατεστραμμένη περιοχή. Η κανονική κίνηση του σχολικού έτους στις 21 Σεπτεμβρίου φάνηκε αμέσως να είναι στρατηγικός στόχος ώστε να δώσει την δυνατότητα σε πολλές οικογένειες να επιστέψουν από τα ξενοδοχεία και τα σπίτια της ακτής. Οι γονείς απαίτησαν ασφαλέστερα σχολεία έτσι ώστε η ανάγκη για ένα περιεκτικό πρόγραμμα για την εγγύηση ασφαλών σχολείων από το σεισμό μέχρι το τέλος του Σεπτεμβρίου ήταν αμέσως φανερό. Μία ειδική στρατηγική για την αποκατάσταση των κατεστραμμένων σχολείων και την κατασκευή νέων προσωρινών προκατασκευασμένων σχολείων στην θέση κάποιων σοβαρά κατεστραμμένων. Γρήγορες διαδικασίες σχεδιασμού σύμφωνα με τους νέους Ιταλικούς αντισεισμικούς κανονισμούς, υιοθετήθηκαν για παρεμβάσεις σε κατεστραμμένα σχολεία. Το πρόγραμμα ξεκίνησε το Μάιο του 2009 και πρακτικά συμπληρώθηκε με το τέλος του Σεπτεμβρίου του 2009. Αυτό αποτελείτο από εργασίες για επισκευή και ενδυνάμωση των 35 ελαφρώς ή μέτρια κατεστραμμένων σχολικών κτιρίων για περίπου 70.000 μαθητές στην Λ'Ακουίλα και 24 σχολεία έξω από την Λ'Ακουίλα και την κατασκευή 32 προκατασκευασμένων προσωρινών σχολικών κτιρίων για 6000 μαθητές με υψηλά στάνταρ ανέσεων όπως επίσης ένα καινούριο προκατασκευασμένο ωδείο με τα πιο προηγμένα αρχιτεκτονικά και τεχνολογικά χαρακτηριστικά ειδικά σε σχέση με τις ειδικές ακουστικές απαιτήσεις.



Εικόνα 20. Ένα ενισχυμένο σχολείο στην Λ'Ακουίλα.¹⁷

¹⁷ Πηγή εικόνας: http://www.springerlink.com/content/p373g06h1l67016m//MediaObjects/211630_1_En_19_Fig20_HTML.jpg

5.10 Μνημειακά κτίρια

Κυρίως στόχος για τα μνημειακά κτήρια στην φάση μετά την κρίση ήταν η εκτέλεση των προσωρινών έργων ώστε να αποφευχθεί περαιτέρω καταστροφή, εξασφάλιση μιας ελάχιστης σεισμικής ασφάλειας κατά την διάρκεια μελλοντικών εργασιών αποκατάστασης και σε μερικές περιπτώσεις να επιτραπεί η τουλάχιστον μερική χρήση.

Περίπου 200 κτίρια, κυρίως, εκκλησίες έχουν υποβληθεί σε προσωρινές εργασίες. Μέσα στο σχέδιο που ονομάζεται «μια εκκλησία για τα Χριστούγεννα» 61 εκκλησίες έγιναν ασφαλείς και διαθέσιμες σε σύντομο χρονικό διάστημα για την χρήση τους. Κάποιες από αυτές έχουν υποβληθεί σε ολική αποκατάσταση και ενδυνάμωση, κάποιες άλλες σε προσωρινά έργα και χρειάζονται ακόμα περαιτέρω τελικές εργασίες αποκατάστασης.

Αξίζει να αναφερθεί η μεγάλη προσπάθεια που έγινε για τις δύο πιο σημαντικές εκκλησίες στη Λ' Άκουιλα που καταστράφηκαν σοβαρά με μερική κατάρρευση των θόλων τους. Περίπλοκες προσωρινές εργασίες έγιναν για μερική επαναχρησιμοποίηση τους.



Εικόνα 21. Η κατάρρευση της εκκλησία Basilica of Santa Maria.¹⁸

¹⁸ Πηγή εικόνας: http://www.springerlink.com/content/p373g06h1l67016m//MediaObjects/211630_1_En_19_Fig24_HTML.jpg



Εικόνα 22. Χριστούγεννα στην εκκλησία Basilica of Santa Maria.¹⁹

5.11 Γραμμή Ζωής

Εκτέλεση της γραμμής ζωής στην περιοχή της Λ' Άκουιλα δηλαδή (δίκτυο δρόμων, διανομή νερού, διανομή αερίου, διανομή ενέργειας, τηλεπικοινωνίες) μπορούν να θεωρηθούν γενικά καλά αν συγκριθούν με τις εκτεταμένες απώλειες στα κτίρια. Εντούτοις η καταστροφή και η διακοπή των υπηρεσιών οι οποίες απαιτούσαν αποκατάσταση και διαχείριση κρίσης συνέβησαν. Από τις αναφερόμενες διερευνήσεις συμπεραίνεται ότι η διαχείριση της κρίσης από τα δίκτυα γραμμής σωτηρίας παρείχαν μια γρήγορη και διαλλακτική απάντηση στο σεισμό αυτό είναι επειδή:

1. Οι κυρίως κατεστραμμένες περιοχές εκκενώθηκαν μετά τον σεισμό και η πρόσβαση τους απαγορεύτηκε
2. Η διαχείριση κρίσης ήταν αποτελεσματική στον περιορισμό του χρόνου διακοπής των βασικών υπηρεσιών.

Καταστροφές στις δομές των εγκαταστάσεων διαχείρισης των λυμάτων μείωσε το επίπεδο υπηρεσίας, αλλά ακόμη και σε αυτή την περίπτωση η εκκένωση μείωσε την ζήτηση 40%. Κρίσιμα στοιχεία του δικτύου συγκοινωνιών δεν είχαν σημαντικές καταστροφές μόνο σε δευτερεύουσες διακλαδώσεις του δικτύου. Μείωση της ικανότητας ροής της κυκλοφορίας έγινε κυρίως από συντρίμια από γκρεμισμένα/κατεστραμμένα κτίρια προσκείμενα το δρόμο στις αστικές περιοχές και πτώσεις

¹⁹ Πηγή εικόνας: http://www.recoveryplatform.org/assets/meetingstrainings/irf2010/presentationdata/BERTOLASO_DEF.pdf

βράχων και κατολισθήσεις σε ορεινές περιοχές. Από την άποψη της μείωσης του σεισμικού κινδύνου κατέληξε ότι τμήματα εγκαταστάσεων πρέπει να σταθεροποιηθούν και ότι η χρήση εύκαμπτων συνδέσεων πρέπει να γίνει σπάντα πρακτική.

Όσον αφορά την διαχείριση κρίσης η προστασία πολιτών συντόνισε αποτελεσματικά μία γρήγορη και αποτελεσματική απάντηση. Ο γενικός διευθυντής και οι διαχειριστές της γραμμής σωτηρίας πήραν μέρος στην διαδικασία στρατηγικής λήψης αποφάσεων από την αρχή μετά τον σεισμό διαχείριση κρίσεων.

Η συνεργασία με την πολιτική προστασία ήταν συνεχής κατά την διάρκεια όλων των φάσεων διαχείρισης κρίσης μέσω καθημερινών συνεδριάσεων.

5.12 Εκκίνηση ανασυγκρότησης

Για να επιταχυνθεί η επιστροφή στον κανονικό ρυθμό ζωής τα διατάγματα του πρωθυπουργού για την επισκευή και ανασυγκρότηση των ιδιωτικών κατεστραμμένων κτιρίων συστάθηκαν και κοινοποιήθηκαν λίγους μήνες μετά τον σεισμό, στις 6 Ιουνίου του 2009, για τα κτίρια της κατηγορίας A, B, C, στις 9 Ιουλίου 2009 για τα κτήρια κατηγορίας E και στις 12 Νοεμβρίου του 2009 για τα συγκροτήματα κτιρίων με λιθοδομή.

Στο μεταξύ κάποιες δραστηριότητες ξεκίνησαν που σχετίζονται με δημόσια κτίρια και εγκαταστάσεις. Ανάμεσα σε αυτά, οι εργασίες που σχετίζονται με τα σχολεία ήταν οι πιο σημαντικές σε αυτή την πρώτη περίοδο. Βασικά πολλά κτίρια τα οποία φιλοξενούσαν σημαντικά δημόσια γραφεία βρίσκονταν στο ιστορικό κέντρο στην αποκαλούμενη κόκκινη ζώνη και καταστράφηκαν σοβαρά η σχεδόν κατέρρευσαν κατά την διάρκεια του σεισμού. Επομένως χρειάζονται μεγαλύτερο χρόνο για την ανοικοδόμηση και λόγω των δυσκολιών των εργασιών στις κόκκινες ζώνες. Παρόμοιες εκτιμήσεις ισχύουν και για τα μνημειακά κτίρια, ειδικότερα οι εκκλησίες που βρίσκονται στο ιστορικό κέντρο. Μία ιδιαίτερη ανησυχία πρέπει να υπάρξει από τα πολύπλοκα προβλήματα που προκλήθηκαν από την βαριά καταστροφή και την αποδιοργάνωση του ιστορικού κέντρου της Λ'Ακουίλα και κάποιων μικρότερων πόλεων γύρω από την Λ'Ακουίλα. Η πρόσφατη ιστορία των Ιταλικών σεισμών συχνά έδειχναν αυτό το είδος προβλημάτων αλλά σε μια πολύ μικρότερη κλίμακα. Η Λ'Ακουίλα είναι πράγματι μια πόλη με το μεγαλύτερο ιστορικό κέντρο και πολιτιστική κληρονομιά στην Ιταλία η οποία φυσικά συνεπάγεται υψηλή σεισμική ευπάθεια.

6. Προηγούμενες μελέτες

Οι Yalkun Yusuf et al (2001) μελέτησαν τον σεισμό που έγινε στο Gujarat στην Ινδία στις 26 Ιανουαρίου 2001. Τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν ήταν δορυφορικές εικόνες από Landsat 7 πριν και μετά τον σεισμό. Για να εντοπισμό των διαφορών χρησιμοποιήθηκαν οι διαφορετικές ψηφιακές τιμές που είχαν κάποια εικονοστοιχεία πριν και μετά το σεισμό και συγκρίνοντας τις τιμές εντοπίστηκαν οι καταστροφές.

Οι Andre et al (2003) μελέτησαν το σεισμό που έγινε στην πόλη Bhuj στην Ινδία στις 26 Ιανουαρίου 2001. Χρησιμοποίησαν εικόνες Ikonos πριν και μετά το σεισμό. Η μέθοδος βασίζεται στην ανίχνευση των μορφολογικών ανωμαλιών σχετικά με την οικοδόμηση των ορίων των κτιρίων και βασίζεται στην σύγκριση του σχήματος του κτιρίου πριν μετά το σεισμό.

Sakamoto et al (2004) μελέτησαν το σεισμό μεγέθους 6,3 που συνέβη στη πόλη Bam του νοτιοανατολικού Ιράν στις 26 Δεκεμβρίου 2003. Εφάρμοσαν την μέθοδο γραμμικής χαρτογράφησης για την ανίχνευση των κτιρίων που κατέρρευσαν εξαιτίας του σεισμού στο Ιράν και χρησιμοποίησαν δορυφορικές εικόνες με υψηλής διακριτικής ικανότητας QuickBird. Σαν αποτέλεσμα κατάφεραν να εντοπίσουν τα κτίρια που είχαν καταρρεύσει σε ποσοστό 75-90%, όμως ένα ποσοστό 20% έδειξε κτίρια που κατέρρευσαν αλλά αυτό δεν ίσχυε. Τα αποτελέσματα συγκρίθηκαν με επιτόπιο έλεγχο που έγινε στην πόλη Bam ώστε τα αποτελέσματα να είναι συγκρίσιμα.

Οι Yamazaki et al (2004) μελέτησαν τον σεισμό που έγινε στην πόλη Zemmouri στην Αλγερία στις 21 Μαΐου 2003. Χρησιμοποίησαν δορυφορικές εικόνες υψηλής διακριτικής ικανότητας QuickBird πριν και μετά τον σεισμό. Πέντε μελετητές με την χρήση των δορυφορικών εικόνων μέσω οπτικής ερμηνείας εντόπισαν κτίσματα που είχαν υποστεί καταστροφές και τα ταξινόμησαν σε πέντε κατηγορίες σύμφωνα με την ευρωπαϊκή μακροσεισμική κλίμακα. Έγινε σύγκριση των αποτελεσμάτων για τα κτίρια που είχαν καταρρεύσει και ήταν σχεδόν τα ίδια και για τους πέντε ερευνητές. Υπήρχαν όμως διαφορές στα κτίρια που παρουσίαζαν μικρότερες καταστροφές.

Οι Rathje E.M. et al (2005) μελέτησαν το σεισμό που συνέβη στις 26 Δεκεμβρίου 2003 στη πόλη Bam. Χρησιμοποίησαν δορυφορικές εικόνες υψηλής διακριτικής ικανότητας Quickbird πριν και μετά από το σεισμό. Χρησιμοποίησαν ένα αλγόριθμο για να εντοπίσουν τις αλλαγές που έγιναν ανάμεσα στις δύο εικόνες. Εφάρμοσαν μάσκα για να αφαιρέσουν την βλάστηση και τις σκιές. Τα αποτελέσματα επαληθεύθηκαν και με επιτόπιες έρευνες.

Οι Parcharidis I. et al (2005) μελέτησαν το σεισμό που έγινε στη Λευκάδα στις 14 Αυγούστου 2003 με μέγεθος M6,4R. Εφαρμόστηκε η τεχνική της Συμβολομετρίας Ραντάρ (InSAR) προκειμένου να διερευνηθεί η παραμόρφωση του φλοιού που προκλήθηκε από το σεισμικό επεισόδιο. Αναλύθηκαν εικόνες του δορυφορικού συστήματος ENVISAT με λήψεις πριν και μετά το σεισμικό επεισόδιο (23-3-03 και 12-9-03). Ένας κροσσός συμβολής που αντιστοιχεί σε παραμόρφωση 28mm κατά μήκος της διεύθυνσης σάρωσης του δορυφόρου αναγνωρίστηκε στην ευρύτερη περιοχή του Αγίου Νικήτα. Στόχος της μελέτης ήταν η συσχέτιση μεταξύ της παρατηρούμενης εδαφικής παραμόρφωσης και των φαινομένων αστάθειας καθώς και η διερεύνηση της επίδρασης των τελευταίων στα αποτελέσματα της συμβολομετρίας.

Οι Parcharidis et al (2005) μελέτησαν το τσουνάμι της Σουμάτρα που προκλήθηκε από σεισμικό επεισόδιο μεγέθους M 9.0R. Ο στόχος της μελέτης ήταν η διερεύνηση της τοπικής βαθυμετρίας αλλά και της μορφολογίας της παράκτιας ζώνης στη διαμόρφωση των χαρακτηριστικών των Παλιρροϊκών Κυμάτων Βαρύτητας. Τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν καθώς και η μεθοδολογία ανάλυσής αφορά: Επιτόπιες παρατηρήσεις υπαίθρου της μορφολογίας των περιοχών, της χωρικής εξάπλωσης των πληγέντων παράκτιων ζωνών και τις καταστροφές κτιρίων και έργων υποδομής. Έγινε επεξεργασία δορυφορικών εικόνων μέσης ανάλυσης (Landsat 5 TM and Landsat 7 ETM+) πριν και μετά το καταστροφικό επεισόδιο προκειμένου να διερευνηθεί η βαθυμετρία της παράκτιας ζώνης. Χρησιμοποιήθηκαν δορυφορικές εικόνες υψηλής ανάλυσης (Ikonos and QuickBird) για την οριοθέτηση των εκτάσεων που επλήγησαν, τις μεταβολές των ακτογραμμών καθώς και τις καταστροφές κτιρίων και κατασκευών. Τέλος έγινε επεξεργασία εικόνων Ραντάρ (Envisat ASAR) για την διερεύνηση των μεταβολών της παράκτιας μορφολογίας.

Οι Vinod Kumar et al (2006) μελέτησαν τον σεισμό που έγινε στα δυτικά Ιμαλάια στις 8 Οκτωβρίου 2005 μεγέθους 7.3 Mw. Τα δεδομένα που χρησιμοποίησαν ήταν από τους δορυφόρους Resourcesat-1, LISS-IV και Cartosat-1. Τα αποτελέσματα της μελέτης είναι ότι με την χρήση στερεοσκοπικών δεδομένων από τον δορυφόρο Cartosat-1 είναι δυνατόν να εντοπιστούν τα κτίρια που έχουν υποστεί κατάρρευση. Συνδυάζοντας τα πολυφασματικά δεδομένα του LISS-IV με το παγχρωματικό του Cartosat-1 τα δεδομένα παρέχουν καλύτερα αποτελέσματα. Στις πόλεις Uri και Punch που είναι περιοχές του Τζαμού και Κασμίρ, της Ινδίας το 25% των κτιρίων καταστράφηκε.

Οι Parcharidis Is. et al (2007) μελέτησαν το σεισμό που έλαβε χώρα στην περιοχή Soumatra-Andaman στις 26 Δεκεμβρίου 2004. Χρησιμοποίησαν δεδομένα ASAR του δορυφορικού συστήματος ENVISAT. Υπέστησαν επεξεργασία προκειμένου να παραχθεί μια διαχρονική εικόνα, βάση της οποίας αναγνωρίστηκαν κατακόρυφες τεκτονικές κινήσεις κατά μήκος της νήσου Andaman. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της ανάλυσης, φαίνεται ότι τα βόρεια τμήματα της νήσου υπέστησαν γενικότερη ανύψωση με αποτέλεσμα την αλλοίωση της γεωγραφίας της περιοχής.

Οι Hiroyuki Miura et al (2007) μελέτησαν τον σεισμό 6Mw που έγινε στις 27 Μαΐου του 2006 στην πόλη Java της πολιτείας Yogyakarta που βρίσκεται στην Ινδονησία. Τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν ήταν δορυφορικές εικόνες QuickBird μετά την καταστροφή. Στην περιοχή μελέτης έγινε έρευνα πεδίου με την χρήση φασματόμετρου και καταγράφηκαν οι φασματικές τιμές των αντικειμένων. Με την χρήση των φασματικών τιμών από την έρευνα πεδίου ταξινομήθηκε η δορυφορική εικόνα σε τρεις κατηγορίες.

7. Πρωτογενή Δεδομένα και Επεξεργασία

7.1 Πρωτογενή δεδομένα

Τα πρωτογενή δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν είναι δορυφορικές εικόνες από το δορυφορικό σύστημα QuickBird. Η υψηλή διακριτική ικανότητα (0,6m) σε συνδυασμό με το υψηλό βάθος τόνου (11bit) καθιστούν τα παγχρωματικά δεδομένα του δορυφόρου QuickBird ικανά να καλύψουν πολλές περιβαλλοντολογικές εφαρμογές, αποτυπώσεις σε μεγάλη κλίμακα αστικών περιοχών, οδικού δικτύου και άλλες εφαρμογές. Οι δορυφορικές εικόνες που χρησιμοποιήθηκαν για την μελέτη, έχουν ληφθεί πριν την καταστροφή στις 4 Σεπτεμβρίου 2006 στις 10:25:53 GTM και μετά την καταστροφή στις 8 Απριλίου 2009 στις 10:23:04 GTM. Στις εικόνες η νεφοκάλυψη είναι μηδενική.

Πρέπει να λάβουμε υπόψη ότι οι εικόνες έχουν διαφορά 3 ετών. Ένας σημαντικός παράγοντας είναι και η εποχή και η ώρα που έγινε η λήψη των εικόνων. Η πρώτη έχει ληφθεί τον μήνα Σεπτέμβριο αρχές φθινοπώρου και η δεύτερη μέσα άνοιξης και επιπλέον έχουμε διαφορετικές συνθήκες φωτισμού. Η ώρα λήψης σε σχέση με την εποχή παίζει σπουδαίο ρόλο επειδή το ύψος του ηλίου καθορίζει τις συνθήκες φωτισμού του τοπίου. Και στις δύο δορυφορικές εικόνες η ώρα λήψης είναι ίδια για τις δύο εποχές όμως τον Απρίλιο το αζιμούθιο είναι 155,8 και το ύψος του ηλίου 52,9 ενώ το Σεπτέμβριο είναι 163,1 και το ύψος του ηλίου 53,9 για αυτό παρατηρούνται διαφορές στην σκίαση.

Πίνακας 5 Χαρακτηριστικά των εικόνων

Δορυφορική εικόνα	Πριν το σεισμό	Μετά το σεισμό
meanSunAz	163.1	155.8
meanSunEl	53.9	52.9
meanSatAz	259.5	76.2
meanSatEl	79.0	85.1
meanInTrackViewAngle	-3.5	2.4
meanCrossTrackViewAngle	-9.5	3.8
meanOffNadirViewAngle	10.0	4.8

Σύμφωνα με τον πίνακα 5 το αζιμούθιο του δορυφόρου στην εικόνα πριν το σεισμό είναι 259,5 ενώ στην εικόνα μετά το σεισμό είναι 76,2. Η μέση γωνία λήψης για την εικόνα πριν το σεισμό είναι -3,5 και για την δορυφορική εικόνα μετά τον σεισμό 2,4. Συνεπώς οι δορυφορικές εικόνες παρουσιάζουν απόκλιση εξαιτίας της κίνησης του συστήματος σάρωσης, της ταχύτητας, του ύψους σάρωσης και της γωνίας λήψης.

Το πρόγραμμα που χρησιμοποιήθηκε για την επεξεργασία των δορυφορικών δεδομένων είναι της Leica Geosystems Geospatial Imaging, ERDAS IMAGINE 10. Επίσης χρησιμοποιήθηκαν οι λειτουργίες IMAGINE AutoSync και IMAGINE Principal Component. Με τη λειτουργία IMAGINE AutoSync έγινε η γεωαναφορά των δορυφορικών εικόνων και με τη λειτουργία IMAGINE Principal Component έγινε η επεξεργασία της ανάλυσης των κυρίων συνιστωσών. Για την εφαρμογή των φίλτρων χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα ER Mapper. Η παρουσίαση των χαρτών έγινε με το πρόγραμμα ArcMap 10 της ESRI

7.2 Επεξεργασία

Η πρώτη ενέργεια είναι η διαμόρφωση των πρωτογενών δεδομένων ώστε ο χρήστης να μπορεί να επεξεργαστεί τις εικόνες. Στο Viewer του προγράμματος ERDAS έγινε η εισαγωγή πρώτα της παγχρωματικής εικόνας μετά την καταστροφή έγινε οπτική ερμηνεία και να εντοπιστούν τα κτίσματα που έχουν υποστεί καταστροφές. Ως δεύτερο βήμα έγινε η εισαγωγή στο Viewer του προγράμματος ERDAS των πολυφασματικών εικόνων μετά την καταστροφή υπό την μορφή σύνθετων έγχρωμων RGB (3,2,1) και έγινε οπτική ερμηνεία. Στο τρίτο βήμα της εργασίας έγινε ένας συνδυασμός των πολυφασματικών δεδομένων με τα παγχρωματικά δεδομένα με την βοήθεια της λειτουργίας resolution merge από το μενού του ERDAS pansharpen. Το αποτέλεσμα ήταν μια νέα εικόνα που έχει την διακριτική ικανότητα της παγχρωματικής και τις ιδιότητες των πολυφασματικών εικόνων.

Μια άλλη μέθοδος που χρησιμοποιήθηκε για τον εντοπισμό των κτισμάτων που έχουν υποστεί κατάρρευση είναι η ανάλυση κυρίων συνιστωσών. Είναι μια τεχνική, που χρησιμοποιείται για τη μετατροπή δεδομένων με υψηλό βαθμό συσχέτισης σε νέα δεδομένα μη συσχετισμένα. Αρχικά οι πολυφασματικές εικόνες πριν και μετά την καταστροφή ενώθηκαν σε ένα επίπεδο με οκτώ φασματικά κανάλια

μέσω της εντολής layer stack. Αυτό το νέο επίπεδο χρησιμοποιήθηκε για την ανάλυση των κυρίων συνιστωσών μέσω της λειτουργίας principal component, αφού είχε προηγηθεί η γεωμετρική διόρθωση των δεδομένων. Η πρώτη κύρια συνιστώσα περιέχει την μεγαλύτερη ποσότητα πληροφορίας ενώ οι υπόλοιπες εικόνες περιέχουν λιγότερη πληροφορία. Οι μεταβολές που έχουν σημειωθεί από τη μία χρονική στιγμή στην άλλη δεν παρουσιάζονται στην πρώτη συνιστώσα, αλλά γίνονται αντιληπτές σε κάποια ή κάποιες συνιστώσες. Στην συγκεκριμένη μελέτη η εικόνα συνιστώσα 2 περιέχει την πληροφορία που χρειάζεται για τον εντοπισμό των κτισμάτων που έχουν καταρρεύσει.

Στην εικόνα μετά την καταστροφή με την βοήθεια του προγράμματος Erdas ER Mapper εφαρμόστηκαν χωρικά φίλτρα για να βελτιωθεί η οπτική ερμηνεία. Χρησιμοποιήθηκαν φίλτρα χαμηλών συχνοτήτων και υψηλών συχνοτήτων. Η ταυτοποίηση των αντικειμένων μορφών έγινε με την χρήση του Google Earth.

7.3 Γεωαναφορά

Η γεωαναφορά είναι η διαδικασία αντιστοίχισης συντεταγμένων εικόνας (γραμμή και στήλη ψηφίδας) και διανυσματικών συντεταγμένων X,Y. Για να χρησιμοποιηθεί μια εικόνα μαζί με διανυσματικά δεδομένα θα πρέπει να μετασχηματισθεί στο χαρτογραφικό χώρο. Τα ψηφιδωτά (raster) δεδομένα προέρχονται κυρίως από σαρωμένους χάρτες, αεροφωτογραφίες και δορυφορικές εικόνες. Οι δορυφορικές εικόνες και οι αεροφωτογραφίες συνοδεύονται από κάποιες πληροφορίες τοποθεσίας, η οποία συνήθως δεν είναι ακριβής για να γίνει κάποια ανάλυση ή να εμφανιστούν με ακρίβεια οι εικόνες αυτές με τα άλλα ψηφιακά δεδομένα. Έτσι σε όλες τις περιπτώσεις θα πρέπει να γίνει γεωαναφορά στα raster δεδομένα, για να οριστεί πως τα δεδομένα θα εφαρμόζονται σε συντεταγμένες χάρτη. Με άλλα λόγια η γεωαναφορά, δίνει συντεταγμένες στην εικόνα, που αντιστοιχούν σε μία συγκεκριμένη περιοχή του πραγματικού κόσμου. Γενικά η γεωαναφορά του raster αρχείου γίνεται με την αναγνώριση πάνω στην φωτογραφία ορισμένων σημείων, που είτε γνωρίζουμε τις συντεταγμένες τους, είτε μπορούμε να τα αναγνωρίσουμε πάνω σε ένα έτοιμο coverage ή shape File που διαθέτουν ήδη συντεταγμένες. Τα χαρακτηριστικά αυτά σημεία είναι συνήθως τομές δρόμων, ποταμών, χαρακτηριστικά σημεία ακτογραμμής, ή κατόψεις κτιρίων κλπ. Τα χαρακτηριστικά σημεία καλούνται

και σημεία επιγείου ελέγχου (ground control points GCP's) και στην ουσία συνδέουν σημεία του raster, με σημεία γνωστών συντεταγμένων.

Στην παρούσα εργασία για την γεωαναφορά των εικόνων χρησιμοποιήθηκε σαν εικόνα βάσης η εικόνα του 2009 και πάνω σε αυτή γεωαναφέρθηκε η εικόνα του 2006 που είναι μετά το σεισμό με την βοήθεια του Imagine AutoSync. Ως input image εισήχθη η εικόνα πριν το σεισμό και ως reference image η εικόνα μετά τον σεισμό. Τα σημεία εδαφικού ελέγχου που επιλέχθηκαν για την γεωαναφορά είναι σταυροδρόμια δρόμων και χαρακτηριστικά σημεία στις στέγες των κτιρίων.

Έγιναν πολλές δοκιμές μέχρι οι εικόνες να αποκτηθεί το σωστό προβολικό σύστημα.

Στην Πρώτη δοκιμή επιλεχτήκαν 6 σημεία εδαφικού ελέγχου διάσπαρτα στην ευρύτερη περιοχή μελέτης έτσι ώστε το RMS να είναι μικρότερο των 3 pixel. Μετά τον έλεγχο τα αποτελέσματα δεν ήταν ικανοποιητικά. Τα κτίρια δεν ταυτίζονταν και παρουσίαζαν απόκλιση.

Στην δεύτερη δοκιμή επιλέχτηκαν 6 σημεία εδαφικού ελέγχου έτσι ώστε το RMS να είναι μικρότερο των 3 pixel και χρησιμοποιήθηκε γεωμετρικό μοντέλο πολυώνυμο δευτέρου βαθμού. Μετά τον έλεγχο τα αποτελέσματα ήταν καλύτερα από τα αποτελέσματα της πρώτης μεθόδου. Σε ορισμένες περιοχές η γεωαναφορά ήταν επιτυχής αλλά υπήρχαν και περιοχές όπου η γεωαναφορά δεν ήταν επιτυχής και τα κτίσματα παρουσίαζαν απόκλιση.

Στην τρίτη δοκιμή επιλέχτηκαν 12 σημεία εδαφικού ελέγχου με RMS μικρότερο των 3 pixel και χρησιμοποιήθηκε γεωμετρικό μοντέλο πολυώνυμο 3^{ου} βαθμού. Μετά τον έλεγχο τα αποτελέσματά ήταν περίπου ίδια με τη δεύτερη δοκιμή.

Στην τέταρτη δοκιμή χρησιμοποιήθηκαν διαφορετικά μοντέλα όπως Linear Rubber Sheeting, Nonlinear Rubber sheeting, affine με 6 έως 12 σημεία εδαφικού ελέγχου χωρίς κάποιο θετικό αποτέλεσμα.

Το πρόβλημα που συναντήθηκε σε αυτή την μελέτη είναι ότι οι δορυφορικές εικόνες έχουν μία μικρή απόκλιση αυτό οφείλεται στην κίνηση του συστήματος σάρωσης, στην ταχύτητα, το ύψος σάρωσης και την γωνία λήψης.



Εικόνα 23. Δορυφορικές εικόνες της περιοχής μελέτης πριν και μετά τον σεισμό. Διακρίνεται η διαφορετική γωνία λήψης.

Για να αντιμετωπιστεί το πρόβλημα η περιοχή μελέτης χωρίστηκε σε μικρότερα τμήματα και κάθε τμήμα γεωαναφέρθηκε ανεξάρτητα. Χρησιμοποιήθηκαν 6 σημεία εδαφικού ελέγχου με σφάλμα μικρότερο των 3 pixel και χρησιμοποιήθηκε πολυώνυμο 2^{ου} βαθμού. Μετά τον έλεγχο τα αποτελέσματα ήταν ικανοποιητικότερα σε σχέση με τις προηγούμενες προσπάθειες και παρατηρήθηκε ότι υπήρχε καλύτερη ταύτιση των κτιρίων. Η επαλήθευση ότι η γεωαναφορά είναι σωστή έγινε με το λογισμικό Google Earth. Από το menu του Erdas επιλέχτηκε το connect to Google Earth δημιουργήθηκε μία σύνδεση μεταξύ της δορυφορικής εικόνας που γεωαναφέρθηκε και της δορυφορικής εικόνας του Google Earth και έγινε έλεγχος στα κτίρια σε όλη την εικόνα.

8 Ανάλυση δορυφορικών εικόνων

Η ανάλυση δορυφορικών εικόνων είναι η διαδικασία διάκρισης των φυσικών και ανθρωπογενών χαρακτηριστικών που αποτυπώνονται σε αυτές και μπορούν να εντοπιστούν με βάση τον τρόπο με τον οποίο ανακλούν και εκπέμπουν ακτινοβολία. Η εκπεμπόμενη ακτινοβολία καταγράφεται από το δορυφορικό αισθητήρα και απεικονίζεται σε μία εικόνα με τους διάφορους τόνους του γκρι.

Η αναγνώριση των φυσικών και ανθρωπογενών χαρακτηριστικών αποτελεί το κλειδί για την ερμηνεία των δορυφορικών εικόνων και την εξαγωγή πληροφορίας από αυτές. Η ανάλυση των δορυφορικών εικόνων γίνεται κυρίως με βάση τα ακόλουθα κριτήρια.

- **Ο τόνος** αφορά τη σχετική φωτεινότητα ή το **χρώμα** των αντικειμένων στις απεικονίσεις. Ο τόνος είναι ένα βασικό οπτικό χαρακτηριστικό για τον διαχωρισμό των στοιχείων στην εικόνα. Η μεταβολές στον τόνο επιτρέπουν την διάκριση και άλλων οπτικών χαρακτηριστικών των αντικειμένων, όπως σχήμα υφή και μορφή.
- **Η υφή** είναι η συχνότητα των αλλαγών του τόνου σε μια συγκεκριμένη περιοχή της εικόνας. Οι διαβαθμίσεις του γκρι χρώματος δημιουργούνται επειδή τα διάφορα αντικείμενα ανακλούν ή εκπέμπουν ακτινοβολία σε διαφορετικά μήκη κύματος και ενεργειακής έντασης. Οι διαφορές αυτές αποτυπώνονται σαν αλλαγές στο τόνο, το χρώμα και επιτρέπουν την διάκριση των αντικειμένων
- **Το σχήμα** αναφέρεται στην γενική μορφή, δομή και περίγραμμα ενός αντικειμένου. Επίσης το σχήμα των αντικειμένων είναι ένα σημαντικό στοιχείο για την ερμηνεία της εικόνας. Πολλά αντικείμενα μπορούν να αναγνωριστούν με μεγάλη βεβαιότητα από το σχήμα τους ή την μορφή τους, όπως γεωλογικές δομές ή αντικείμενα της ανθρώπινης δραστηριότητας.
- **Το μέγεθος**. Τα αντικείμενα διαφέρουν σε μέγεθος όταν έχουν διαφορετικές φαινομενικές διαστάσεις όπως μήκος, ύψος εμβαδόν και όγκο. Το μέγεθος ενός αντικειμένου στην εικόνα είναι συνάρτηση της χωρικής κλίμακας. Επίσης μπορούμε να υπολογίσουμε την κλίμακα πολλών αντικειμένων αν τα συγκρίνουμε με άλλα αντικείμενα με γνωστή κλίμακα, όπως δρόμους, κοίτες ποταμών κλπ.

- **Η διάταξη.** Μια συστηματική επανάληψη παρόμοιων τόνων και υψών δημιουργεί μια διακριτή και συνεπώς αναγνωρίσιμη μορφή. Αυτά τα χαρακτηριστικά περιλαμβάνουν, είτε γεωργικές δραστηριότητες, όπως αγροκτήματα, είτε χαρακτηριστικά του εδάφους όπως αλουβιακές κοιλάδες και παράκτιες λεκάνες.
- **Η σκίαση** είναι χρήσιμη για την ερμηνεία της εικόνας επειδή μπορεί να δώσει στοιχεία για το προφίλ και το σχετικό ύψους ενός αντικειμένου, και καθιστά την αναγνώριση του πιο εύκολη. Η σκιά τονίζει την τοπογραφία και μορφολογία του εδάφους, όμως αποκρύβουν πληροφορίες της περιοχής που καλύπτουν

9. Αναγνώριση περιοχών που έχουν υποστεί καταστροφές μέσω οπτικής ερμηνείας

9.1 Εισαγωγή

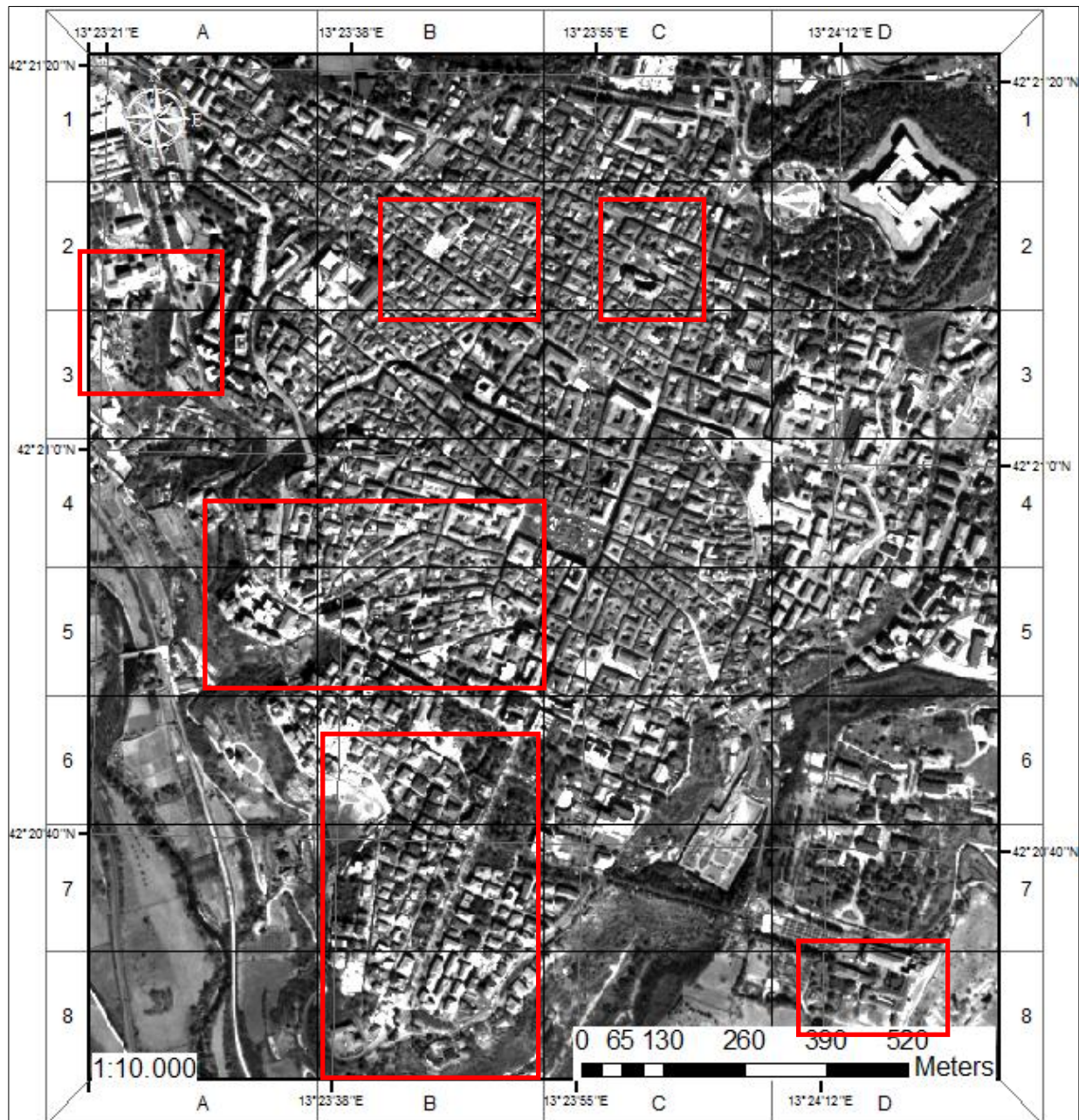
Μία δορυφορική εικόνα μπορεί να παρουσιαστεί ως έγχρωμη ή με αποχρώσεις του χρώματος γκρι. Οι μεταβολές στην λαμπρότητα του γκρι και στις αποχρώσεις των χρωμάτων είναι η βάση για την ερμηνεία της εικόνας. Οι βασικές αρχές της ερμηνείας μίας δορυφορικής εικόνας διαφέρουν ανάλογα με την προέλευση των δεδομένων και την επεξεργασία των δεδομένων. Οι δορυφορικές εικόνες των παθητικών συστημάτων καταγραφής ανάλογα με τον αριθμό των καναλιών τους, χωρίζονται σε παγχρωματικές και πολυφασματικές.

9.2 Παγχρωματικές εικόνες

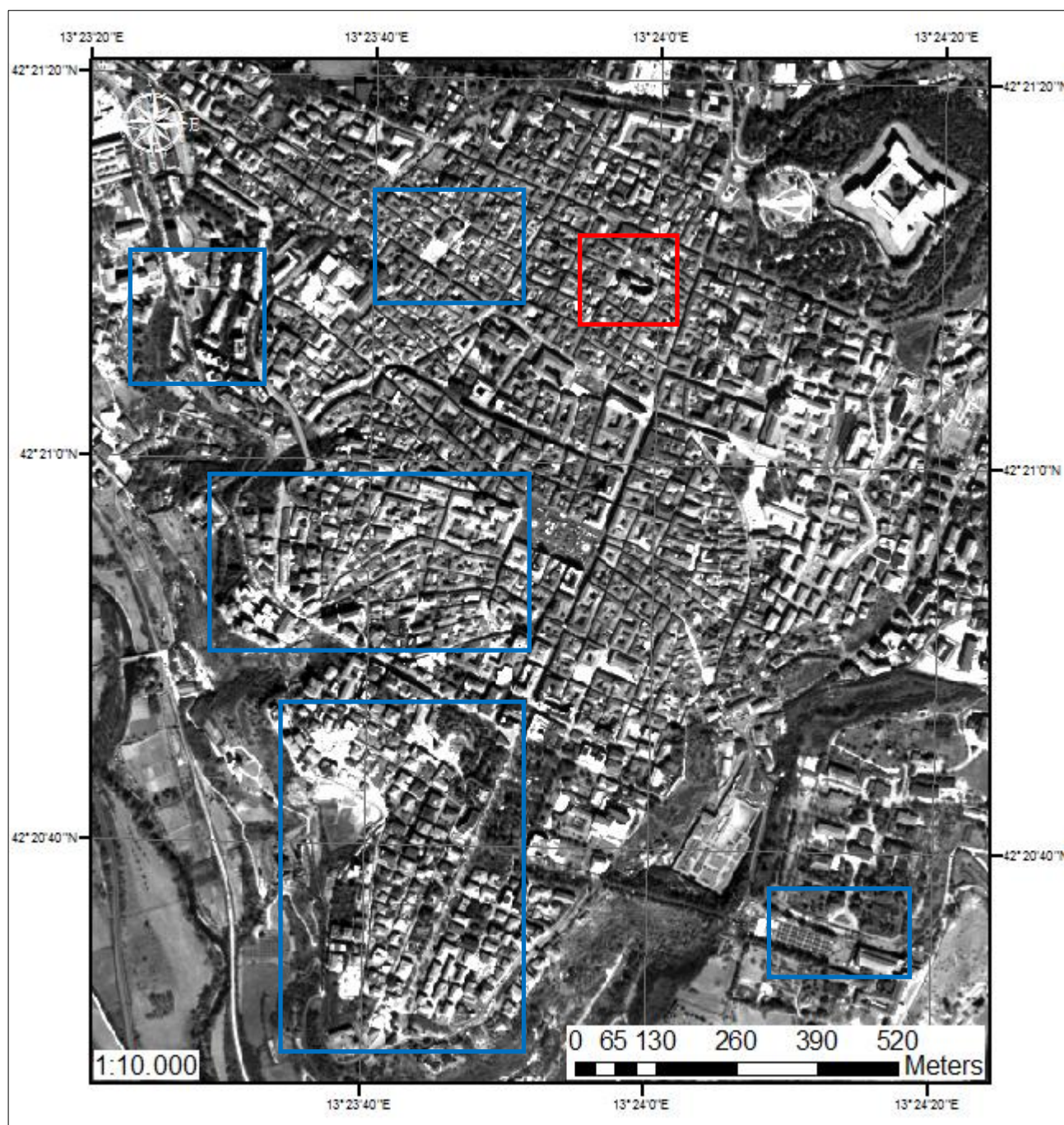
Η παγχρωματική εικόνα αποτελείται από ένα μόνο κανάλι στην περιοχή του ορατού. Απεικονίζεται συνήθως σε επίπεδα του γκρι έτσι ώστε η φωτεινότητα του κάθε εικονοστοιχείου να είναι ανάλογη της ψηφιακής τιμής του στο αρχείο, η οποία με την σειρά της σχετίζεται με την αντανakλαστικότητα της επιφάνειας που καταγράφει ο αισθητήρας. Τα παγχρωματικά δεδομένα στον δορυφόρο Quickbird έχουν διακριτική ικανότητα 0,6 μέτρα

9.2.1 Αναγνώριση των καταστροφών με την χρήση παγχρωματικών εικόνων

Η εικόνα 24 είναι παγχρωματική δορυφορική εικόνα της πόλης Λ'Ακουίλα από τον δορυφόρο Quickbird και με κόκκινο πλαίσιο είναι οι περιοχές που έχουν υποστεί καταστροφές. Ζημιές δεν υπέστη μόνο η πόλη της Λ'Ακουίλας αλλά και οι γύρω οικισμοί. Κάθε περιοχή θα αναλυθεί στην συνέχεια λεπτομερώς με την χρήση παγχρωματικών εικόνων.



Εικόνα 24. Ευρετήριο. Δορυφορική λήψη της περιοχής Λ' Ακουίλα με την χρήση του δορυφόρου Quickbird (Απρίλιος 2009). Με κόκκινα πλαίσια είναι οι περιοχές στις οποίες τα κτίρια έχουν υποστεί καταστροφές.



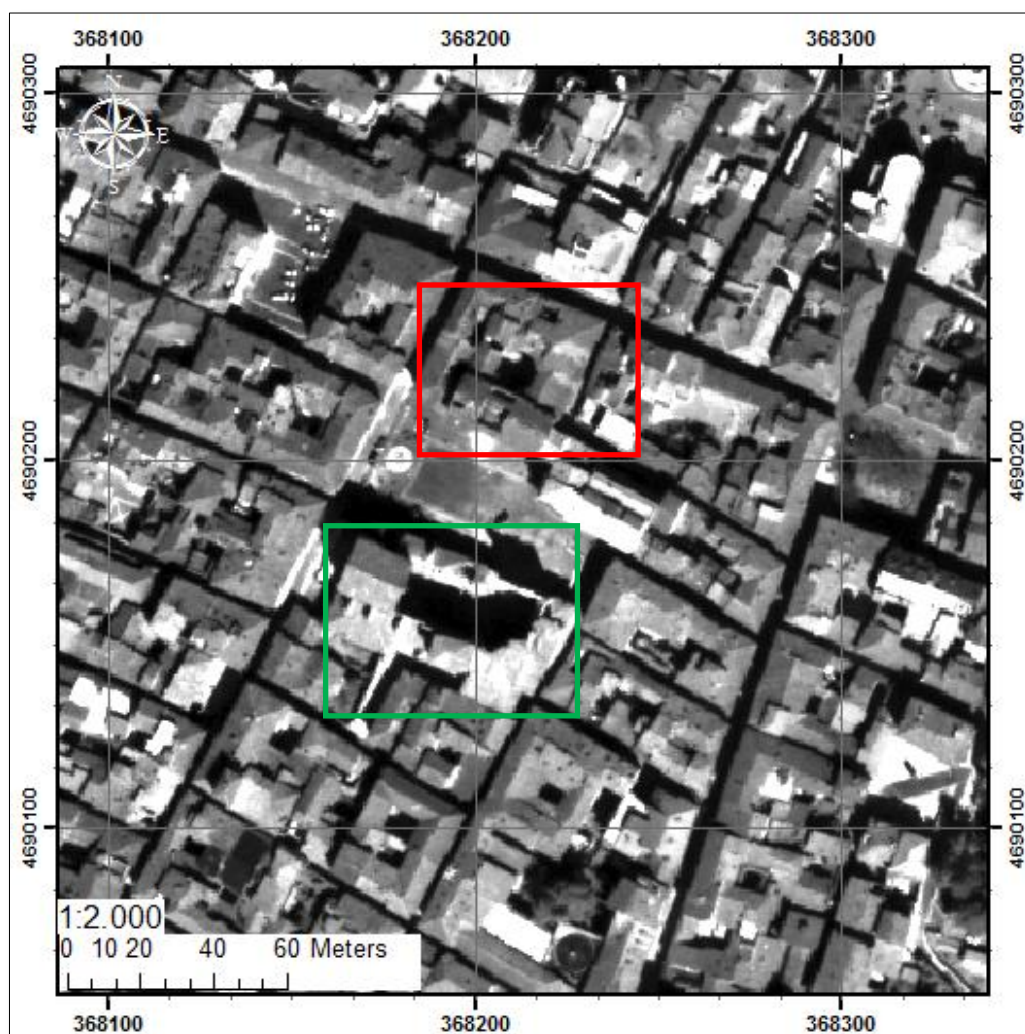
Εικόνα 25. Παγχρωματική δορυφορική λήψη της περιοχής Λ' Άκουιλα με την χρήση του δορυφόρου Quickbird (Απρίλιος 2009). Με κόκκινο πλαίσιο τονίζεται η πρώτη περιοχή στα Βορειοανατολικά της πόλης.

Η εικόνα 25 είναι παγχρωματική εικόνα της ευρύτερης περιοχής της πόλης Λ' Άκουιλα και σε μπλέ πλαίσια περικλείονται οι περιοχές που έχουν υποστεί καταστροφές και σε κόκκινο πλαίσιο περικλείεται ένα τμήμα της πόλης το οποίο έχει υποστεί καταστροφές και αναλύεται στις εικόνες (26, 27 και 28)

Πίνακας 6. Υπόμνημα με τα χρώματα των πλαισίων.

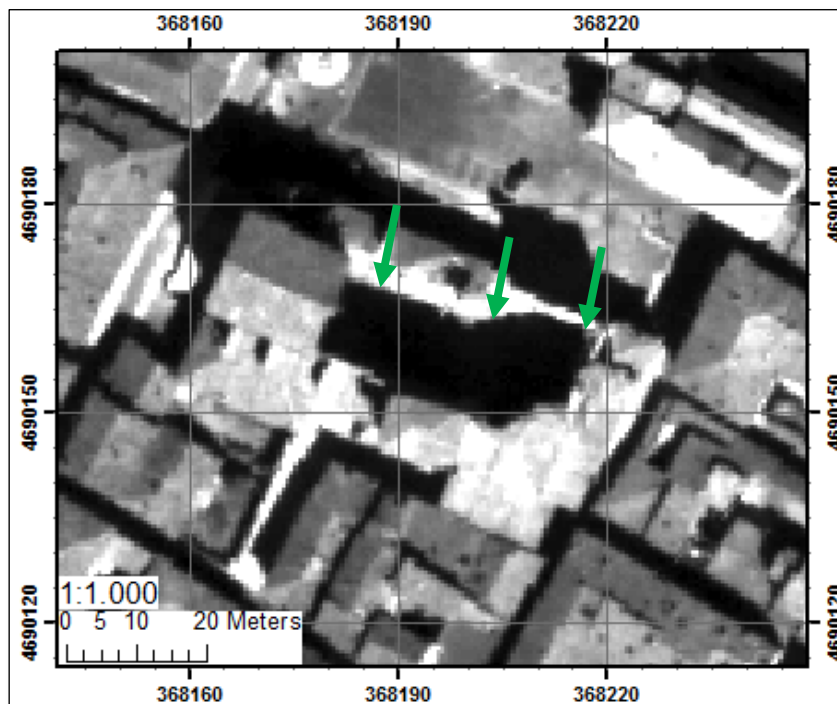
Χρώμα	
Κόκκινο	Κτίσματα που έχουν υποστεί καταστροφές
Πράσινο	Ιστορικές Εκκλησίες που έχουν υποστεί καταστροφές
Κίτρινο	Σχολεία, πανεπιστήμια,
Πορτοκαλί	Φοιτητικές εστίες
Καφέ	Τράπεζες
Μωβ	Σωστικά συνεργεία – καταυλισμοί

Η περιοχή στην εικόνα 26 βρίσκεται στο βόρειο τμήμα της πόλης. Σε αυτή την εικόνα στο πράσινο πλαίσιο διακρίνεται η εκκλησία Santa Maria Paganica, η οποία χρονολογείται από το 1308 και υπέστη σοβαρές καταστροφές στον σεισμό του 2009. Απέναντι από την εκκλησία το κόκκινο πλαίσιο περιβάλλει το κτίσμα Palazzo Ardinghelli το οποίο έχει υποστεί μερική καταστροφή.

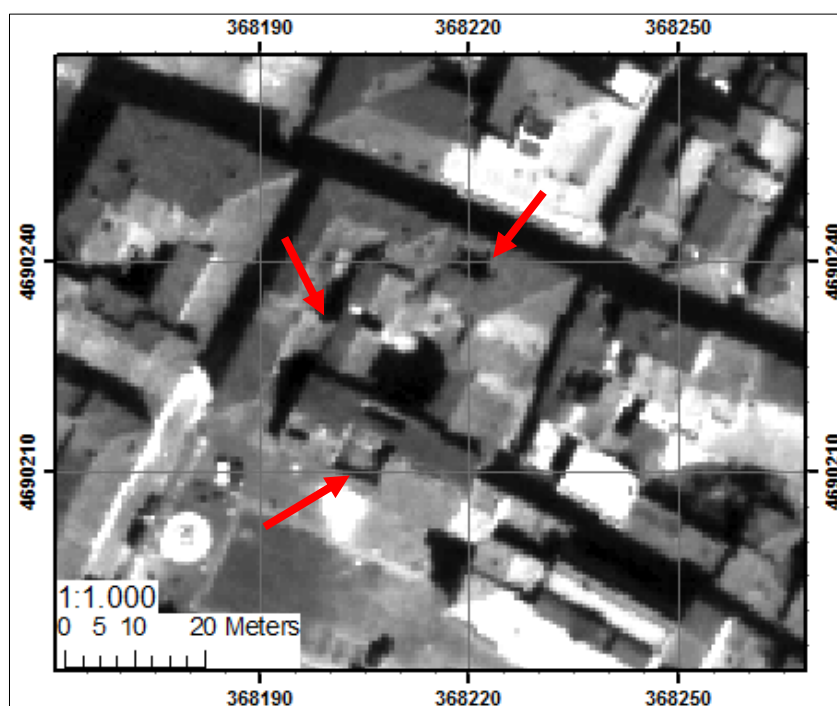


Εικόνα 26. Μεγέθυνση της περιοχής του πλαισίου της εικόνας 25

Η εικόνα 27 αποτελεί τμήμα της εικόνας 26. Απεικονίζεται η εκκλησία Santa Maria Paganica σε μεγέθυνση. Παρατηρείται ότι το μεγαλύτερο μέρος της οροφής έχει καταρρεύσει και αυτό συμπεραίνεται από την ασυνέχεια που παρουσιάζεται στην οροφή της.

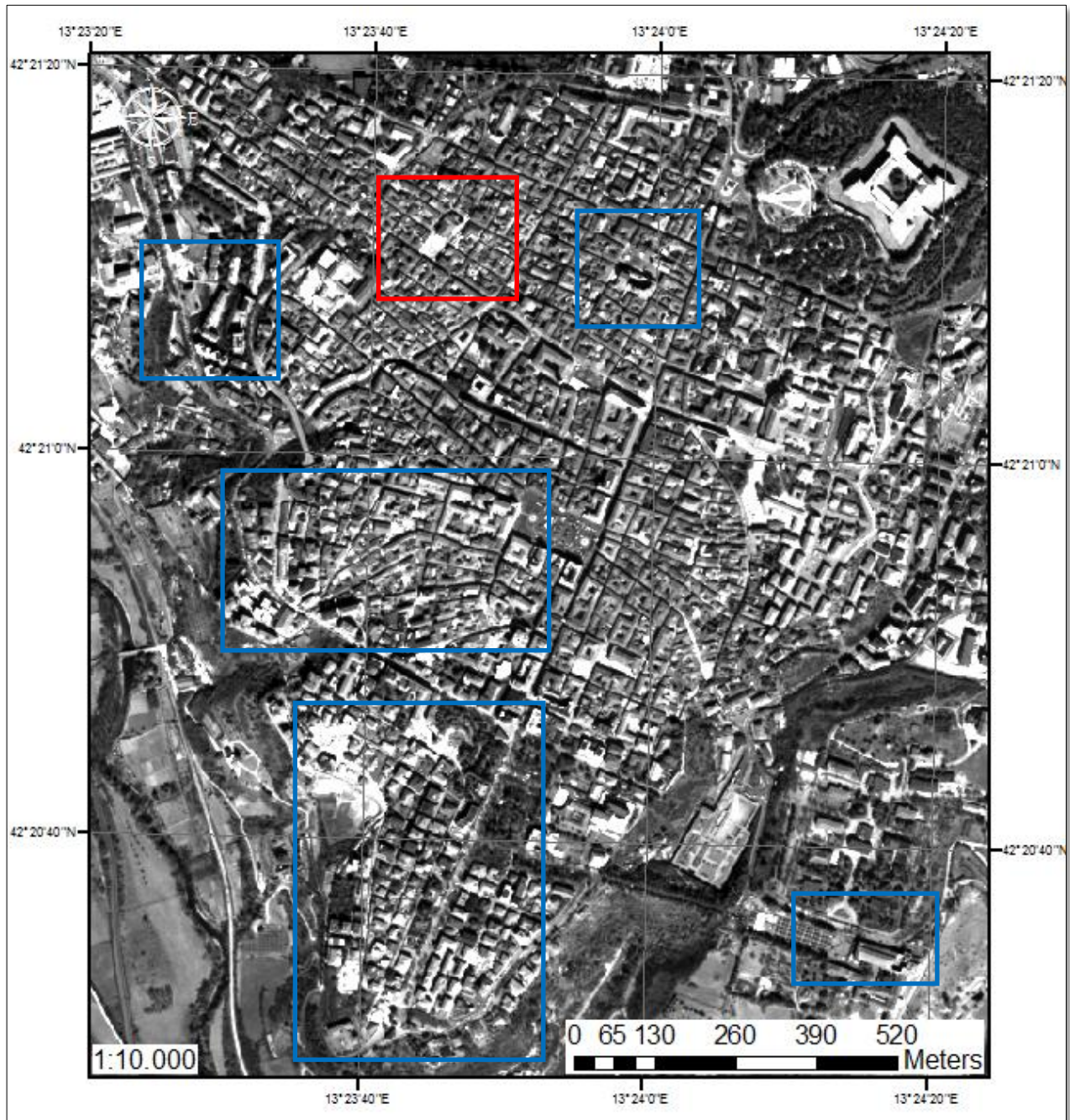


Εικόνα 27. Η εκκλησία Santa Maria Paganica.



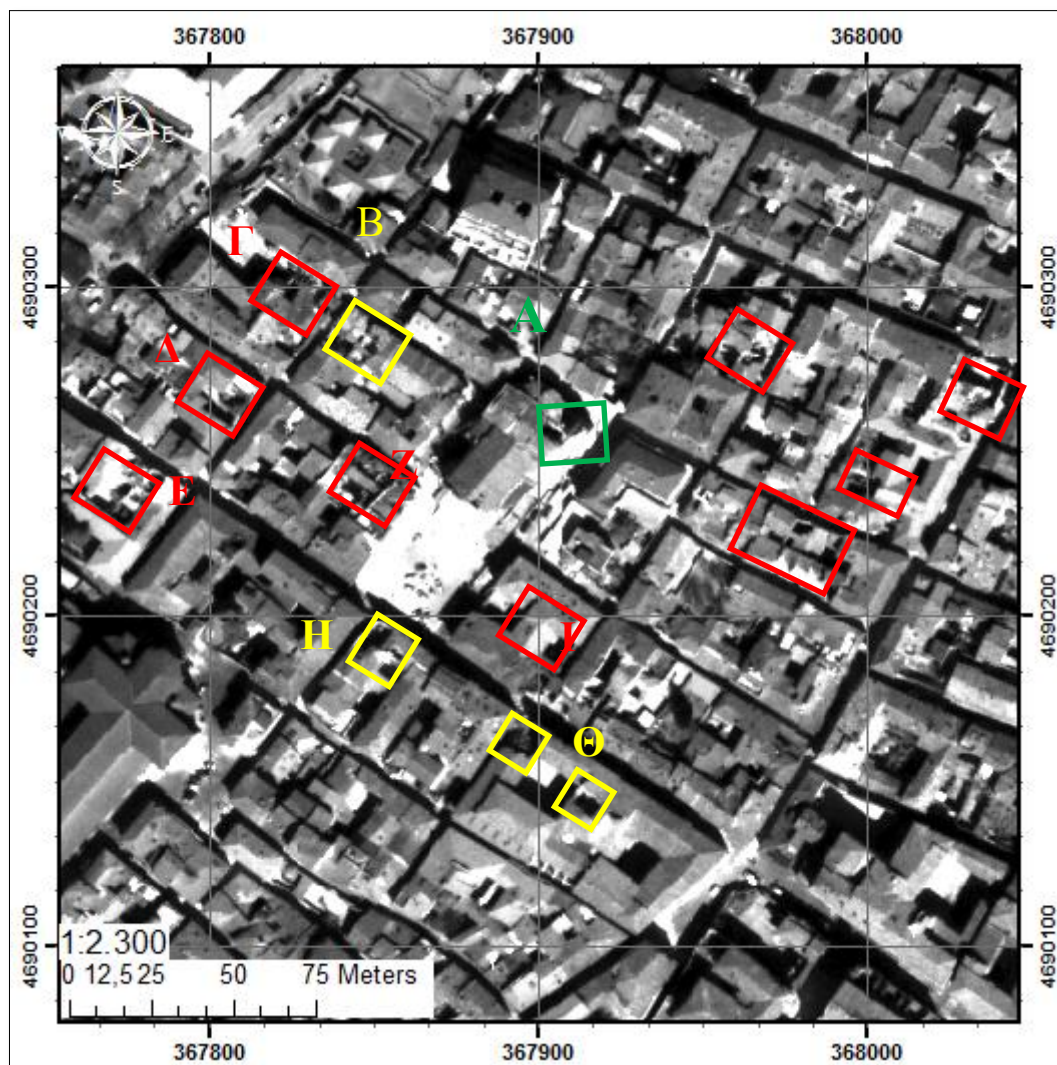
Εικόνα 28. Το κτίσμα Palazzo Ardinghelli.

Ζημιές έχει υποστεί και το κτίσμα Palazzo Ardinghelli που βρίσκεται στα βόρεια της εκκλησίας Santa Maria Paganica και εντοπίζεται στην εικόνα 28. Το κτίριο χτίστηκε μεταξύ 1732 και 1743 σε στιλ αναγεννησιακό και ανήκει στην οικογένεια De Rosis. Οι ζημιές που έχει υποστεί το κτίσμα εντοπίζονται κυρίως στην οροφή. Η οροφή του κτιρίου έχει καταρρεύσει σε διάφορα σημεία που επισημαίνονται με κόκκινα βέλη και αυτό διακρίνεται εύκολα από την ασυνέχεια της δομής.



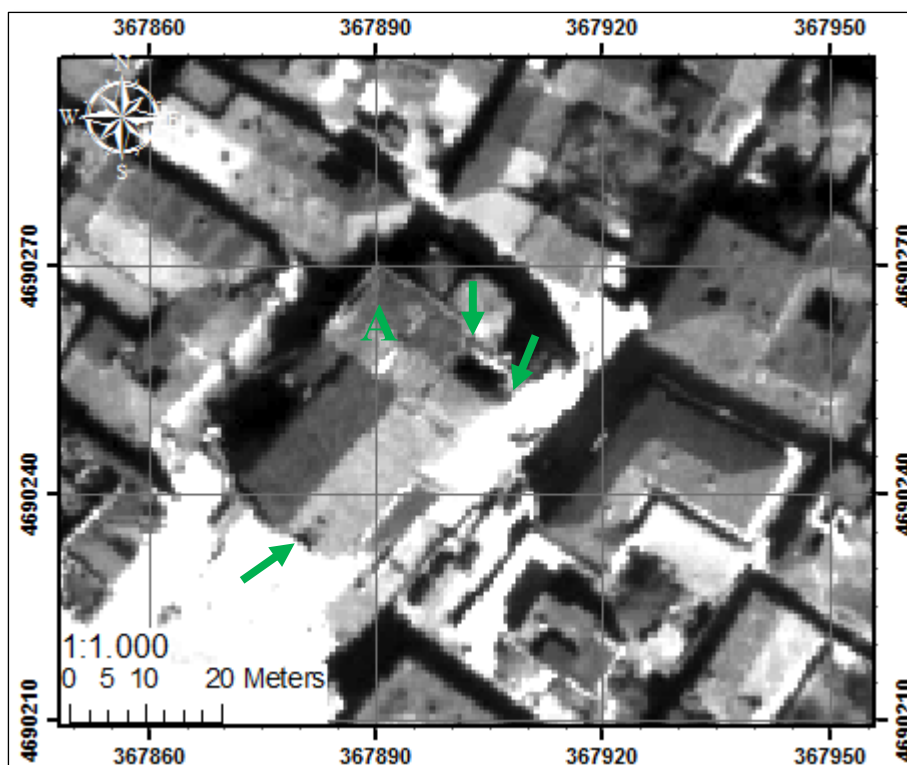
Εικόνα 29. Παγχρωματική εικόνα της περιοχής Λ' Άκουιλα με την χρήση του δορυφόρου Quickbird (Απρίλιος 2009). Με κόκκινο πλαίσιο τονίζεται η δεύτερη περιοχή Βορειοδυτικά της πόλης.

Στην εικόνα 29 απεικονίζεται η ευρύτερη περιοχή της πόλης Λ' Άκουιλα και με κόκκινο πλαίσιο είναι το βορειοδυτικό τμήμα της πόλης το οποίο έχει υποστεί καταστροφές και αναλύεται στις εικόνες (30, 31, 32, 33 και 35).



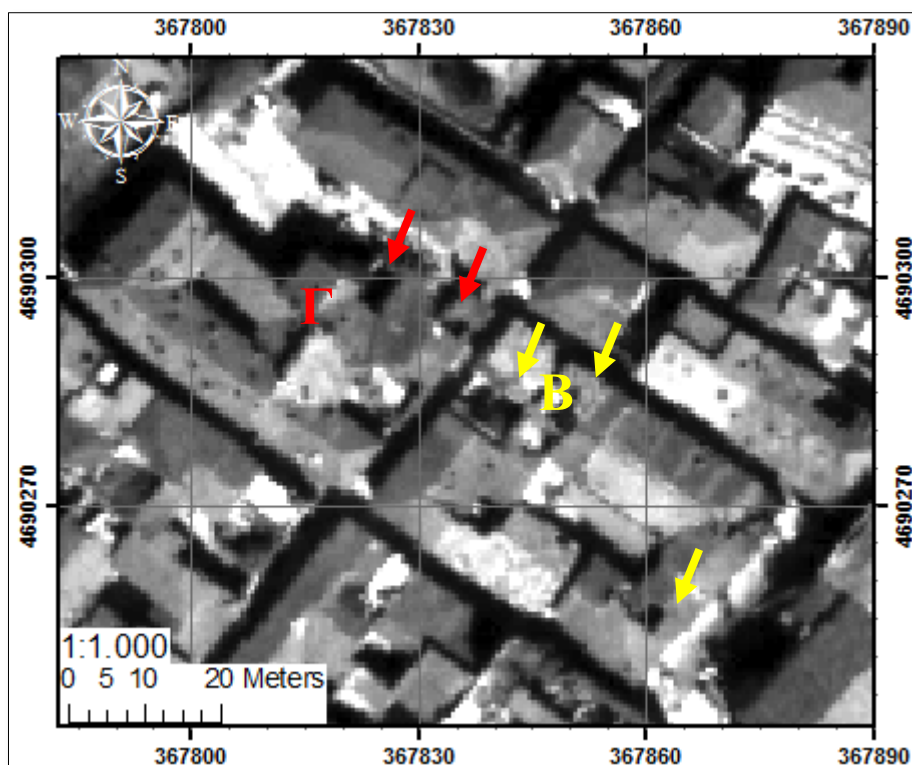
Εικόνα 30. Μεγέθυνση της περιοχής του πλαισίου της εικόνας 29.

Η περιοχή στην εικόνα 30 βρίσκεται βόρειο δυτικά της πόλης. Στο κέντρο της εικόνας διακρίνεται η πλατεία του Αγίου Πέτρου (Piazza San Pietro). Στα βόρεια της πλατείας βρίσκεται η ομώνυμη εκκλησία (και πλαισιώνεται με πράσινο χρώμα). Αριστερά και δεξιά της εκκλησίας καθώς επίσης στα νότια της πλατείας υπάρχουν σχολεία και το πανεπιστήμιο της Λ' Άκουιλα (και πλαισιώνονται με κίτρινο χρώμα). Καταστροφές επίσης έχουν υποστεί και άλλα κτίρια στην γύρω περιοχή και τονίζονται με κόκκινο πλαίσιο.



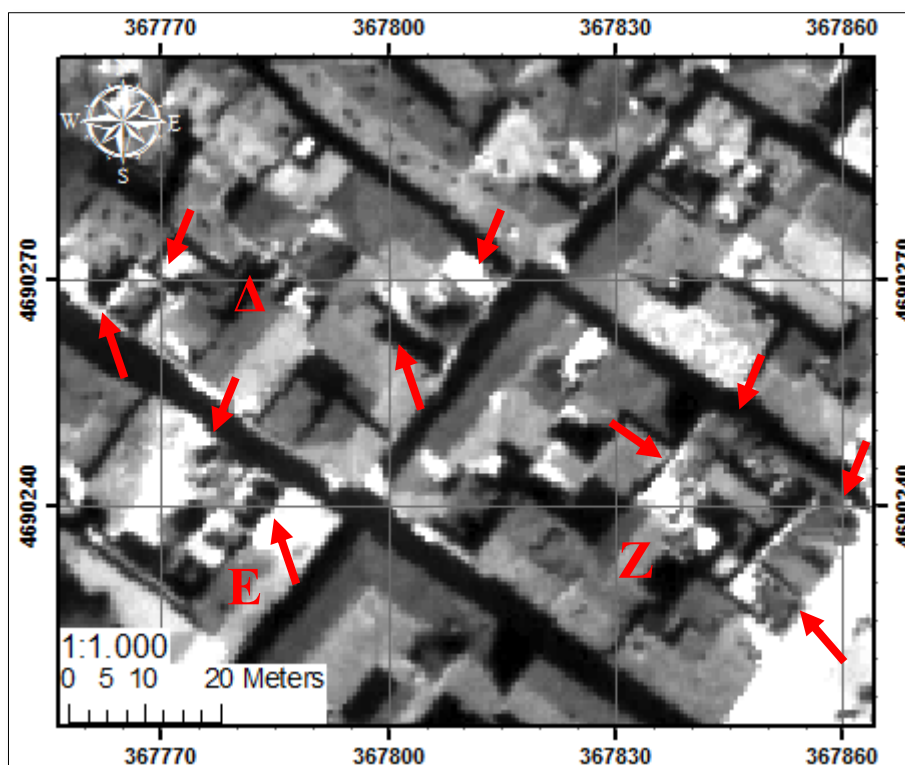
Εικόνα 31. Η εκκλησία του Αγίου Πέτρου.

Η εικόνα 31 αποτελεί τμήμα της εικόνας 30. Παρατηρείται η εκκλησία του Αγίου Πέτρου που βρίσκεται στα βόρεια της ομώνυμης πλατείας. Η εκκλησία κτίστηκε στο δεύτερο μισό του 13 αιώνα. Στο σεισμό που έγινε το 1703 κατέρρευσε και οικοδομήθηκε με διαφορετικό σχέδιο. Το 1971 ο αρχιτέκτονας Mario Moretti επανέφερε την εκκλησία στην αρχική της μορφή. Από τον σεισμό του 2009 έχει υποστεί μερική κατάρρευση το βορειοανατολικό τμήμα της οροφής, το ιστορικό καμπαναριό στα δεξιά της εκκλησίας και ένα τμήμα της πρόσοψης. Τα τμήματα που έχουν υποστεί ζημιές σημειώνονται πάνω στην εικόνα με πράσινα βέλη.



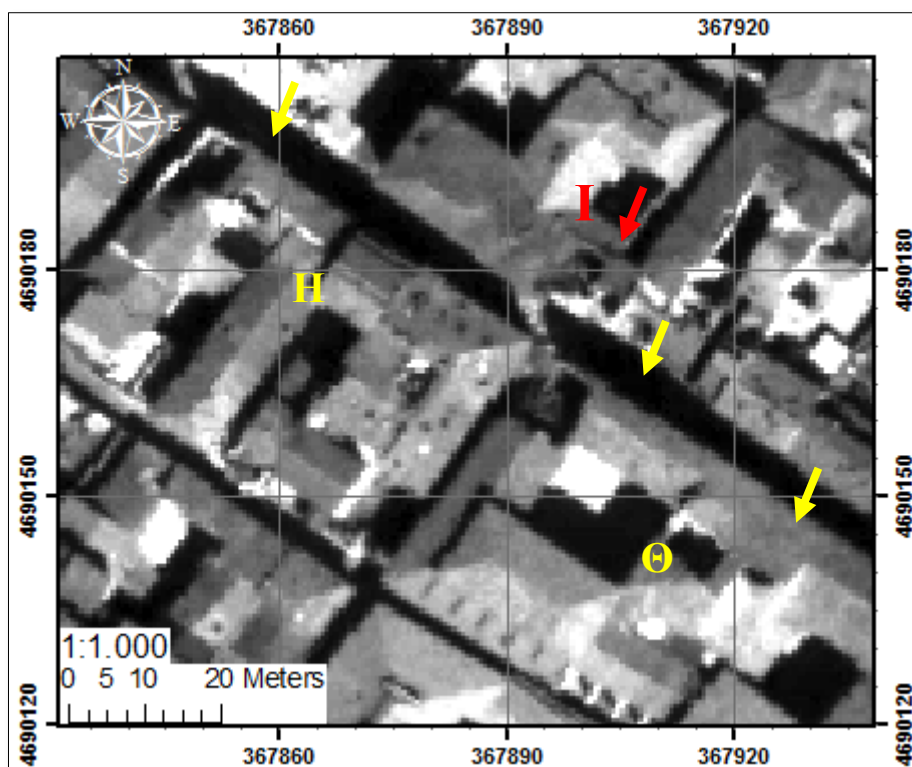
Εικόνα 32. Το σχολείο primaria Di Sassa.

Η εικόνα 32 είναι τμήμα της εικόνας 30. Το κτίσμα Β έχει υποστεί μερική κατάρρευση και είναι το σχολείο primaria Di Sassa. Παρατηρείται πώς έχει καταρρεύσει το βορειοδυτικό τμήμα και στα ανατολικά υπάρχει μια μικρής έκτασης κατάρρευσης στην οροφή του σχολείου. Στο κτίσμα Γ έχει καταρρεύσει η βόρεια πλευρά του. Η κατάρρευση διακρίνεται από τις εναλλαγές του τόνου, του γκρι χρώματος και από την ασυνέχεια που παρουσιάζει η οροφή του κτιρίου.



Εικόνα 33. Κτίσματα που έχουν υποστεί κατάρρευση.

Στην εικόνα 33 απεικονίζεται ένα τμήμα της εικόνας 30. Στα αριστερά της πλατείας του Αγίου Πέτρου διακρίνεται το κτίριο Z (πρόκειται για ένα χώρο εστίασης La tavern di san Vincenzo) του οποίου έχει καταρρεύσει η βόρεια και Ανατολική πλευρά, η κατάρρευση του φαίνεται από την ασυνέχεια και ανομοιομορφία σε σχέση με το υπόλοιπο κτίσμα που διατηρεί την αρχική του κατάσταση. Αριστερά από τον χώρο εστίασης υπάρχει ένα συγκρότημα κατοικιών Δ τα οποία έχουν υποστεί καταστροφές. Στην βορειοανατολική και στην νοτιοδυτική πλευρά του συγκροτήματος παρατηρείται κατάρρευση τμημάτων της οροφής και διακρίνονται οι εσωτερικοί χώροι του συγκροτήματος. Νότια του συγκροτήματος υπάρχει κτίσμα E που έχει εκτεταμένες ζημιές στην βορειοανατολική πλευρά του και ασυνέχεια στην οροφή του. Διακρίνονται οι εσωτερικοί χώροι του κτίσματος.



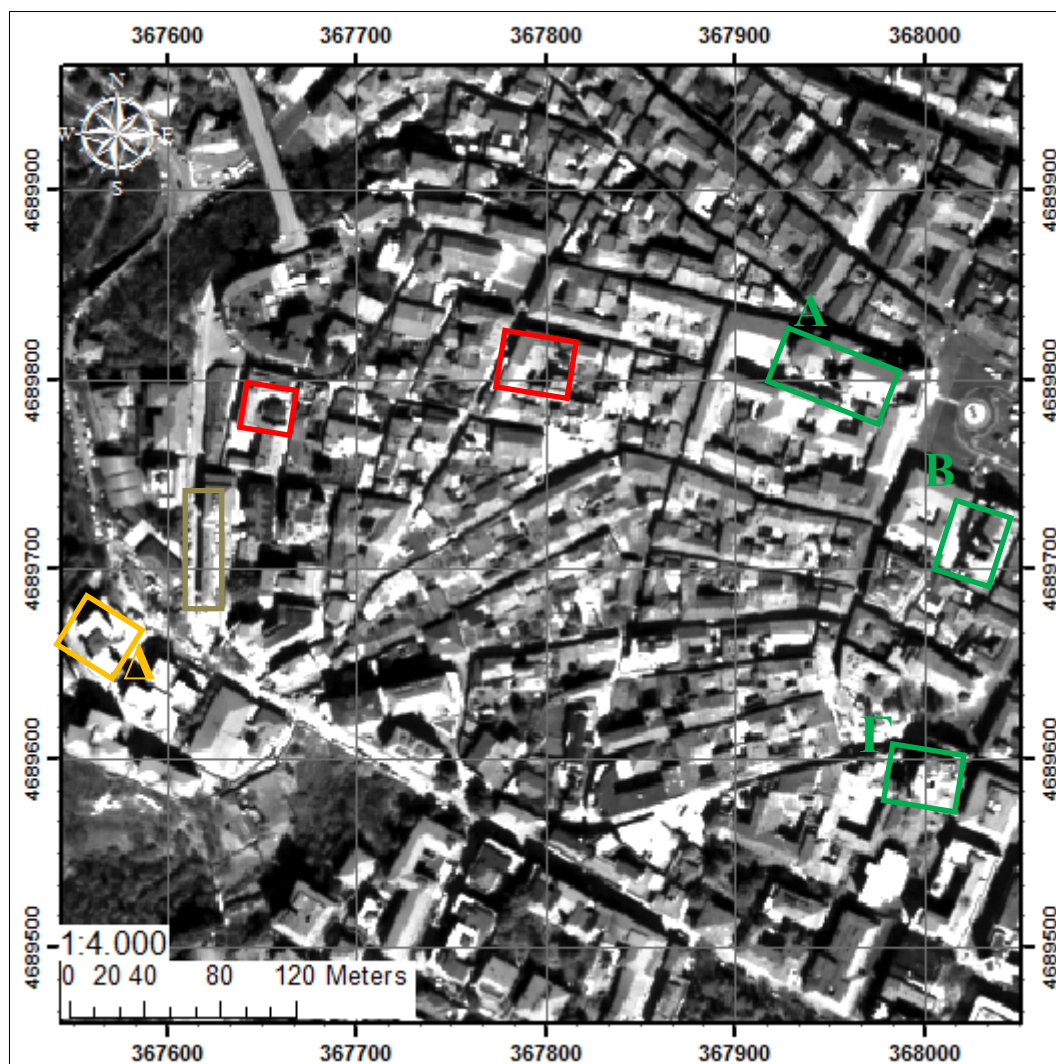
Εικόνα 34. Το σχολικό κτίριο Storia e Metodologie Compareate και το πανεπιστήμιο της Λ' Άκουιλα.

Η περιοχή της εικόνας 34 βρίσκεται νοτιοανατολικά της πλατείας του Αγίου Πέτρου. Το κτίσμα I έχει υποστεί μια μικρή κατάρρευση στη νότιο ανατολική γωνία του. Στα νότια της πλατείας του Αγίου Πέτρου τα δύο κτίρια H και Θ που έχουν υποστεί ζημιές είναι το σχολικό κτίριο Storia e Metodologie Compareate και το πανεπιστήμιο της Λ' Άκουιλα. Στο κτίσμα Storia e Metodologie Compareate παρατηρείται πως η οροφή του στην βορειοδυτική πλευρά έχει καταρρεύσει, ενώ το πανεπιστήμιο της Λ' Άκουιλα παρουσιάζει κατάρρευση στο βόρειο δυτικό τμήμα του και στην οροφή του.



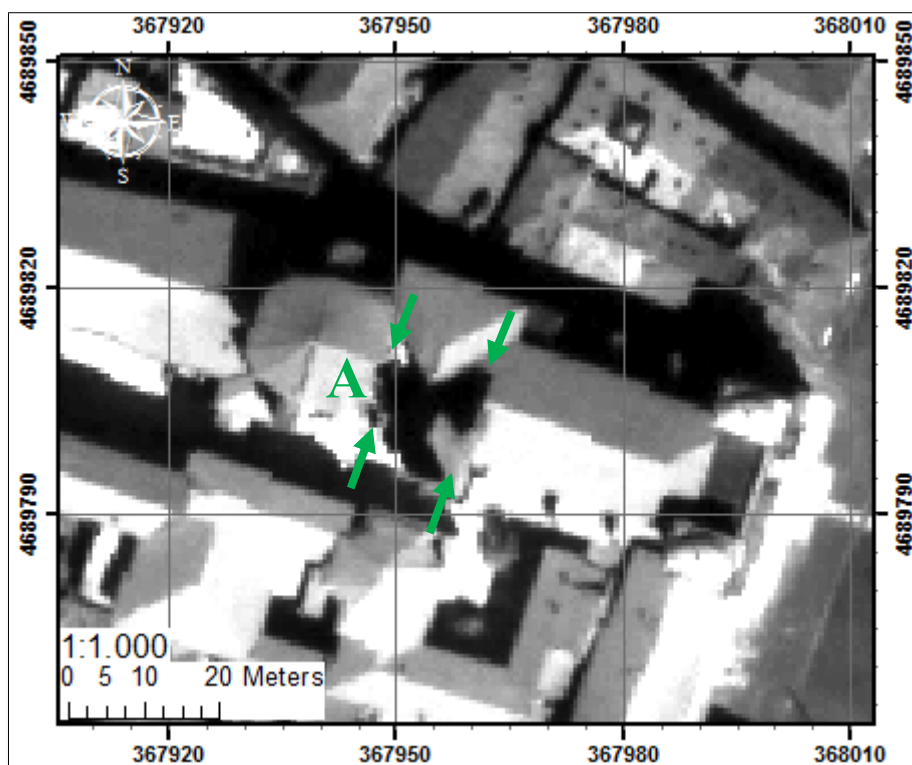
Εικόνα 35. Παγχρωματική εικόνα της περιοχής Λ' Άκουλα με την χρήση του δορυφόρου Quickbird (Απρίλιος 2009). Με κόκκινο πλαίσιο τονίζεται η τρίτη περιοχή.

Στην εικόνα 35 απεικονίζεται η ευρύτερη περιοχή της πόλης Λ' Άκουλα και με κόκκινο πλαίσιο το κεντρικό τμήμα της πόλης το οποίο έχει υποστεί καταστροφές και αναλύεται στις εικόνες (36, 37, 38, 39 και 40).



Εικόνα 36. Μεγέθυνση της περιοχής του πλαισίου της εικόνας 35.

Στην εικόνα 36 διακρίνονται οι καταστροφές που έγιναν στο κέντρο της πόλης. Με πράσινο πλαίσιο πλαισιώνονται οι ιστορικές εκκλησίες της πόλης που έχουν υποστεί καταστροφές συγκεκριμένα έχουμε με το γράμμα Α είναι η εκκλησία του Αγίου Γεωργίου και Μάχμου, Β είναι η εκκλησία Santa Maria del Suffragio και Γ είναι η εκκλησία του Αγίου Αυγουστίνου. Με κόκκινο απεικονίζονται δυο κτίσματα που έχουν καταρρεύσει. Με καφέ χρώμα είναι η τράπεζα Cr Firenze Finanziario που έχει υποστεί ζημιές. Το κτίσμα Δ που περικλείεται από το πορτοκαλί ορθογώνιο είναι η φοιτητική εστία .



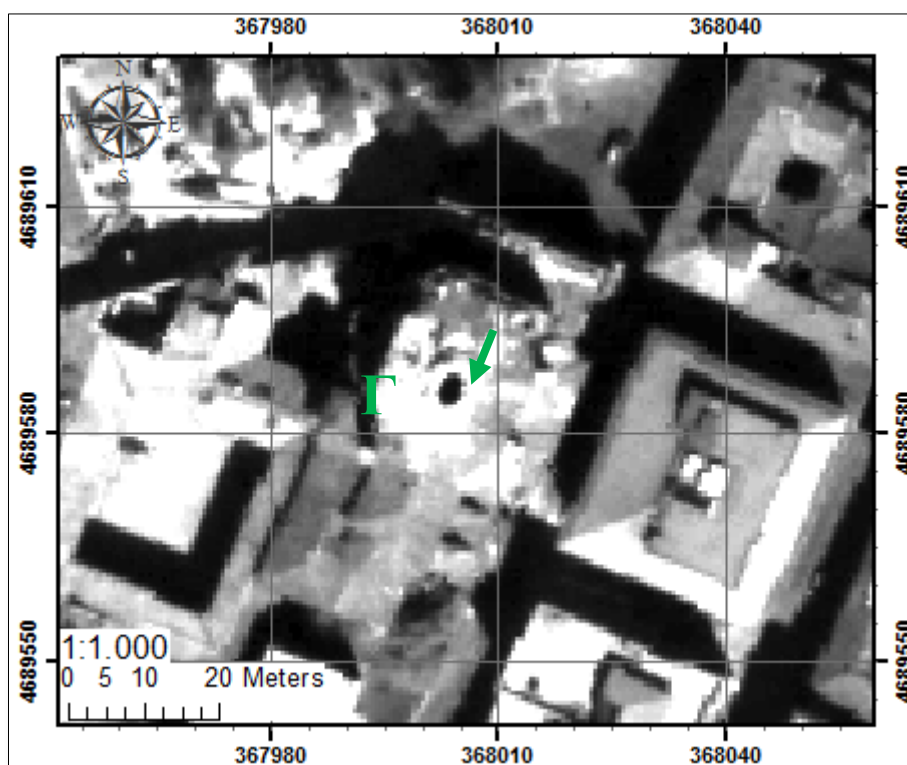
Εικόνα 37. Η εκκλησία του Αγίου Γεωργίου και Μάξιμου.

Η εικόνα 37 είναι τμήμα της εικόνας 36. Διακρίνεται η εκκλησία του Αγίου Γεωργίου και Μάξιμου (A), η οποία κτίστηκε τον 13 αιώνα και καταστράφηκε ολοσχερώς από τον σεισμό του 1703. Τα έργα ανοικοδόμηση διήρκησαν περίπου 70 χρόνια, με συνεχείς αλλαγές στα αρχικά σχέδια. Από το σεισμό του 2009 η εκκλησία υπέστη αρκετές ζημιές. Έχει καταρρεύσει ένα μεγάλο τμήμα της οροφής κοντά στον τρούλο και ο αριστερός τοίχος της. Για την αποκατάσταση του μνημείου το συνολικό κόστος είναι 14.500.000 ευρώ και ο χρόνος για την αποπεράτωση του έργου είναι περίπου 5 χρόνια.



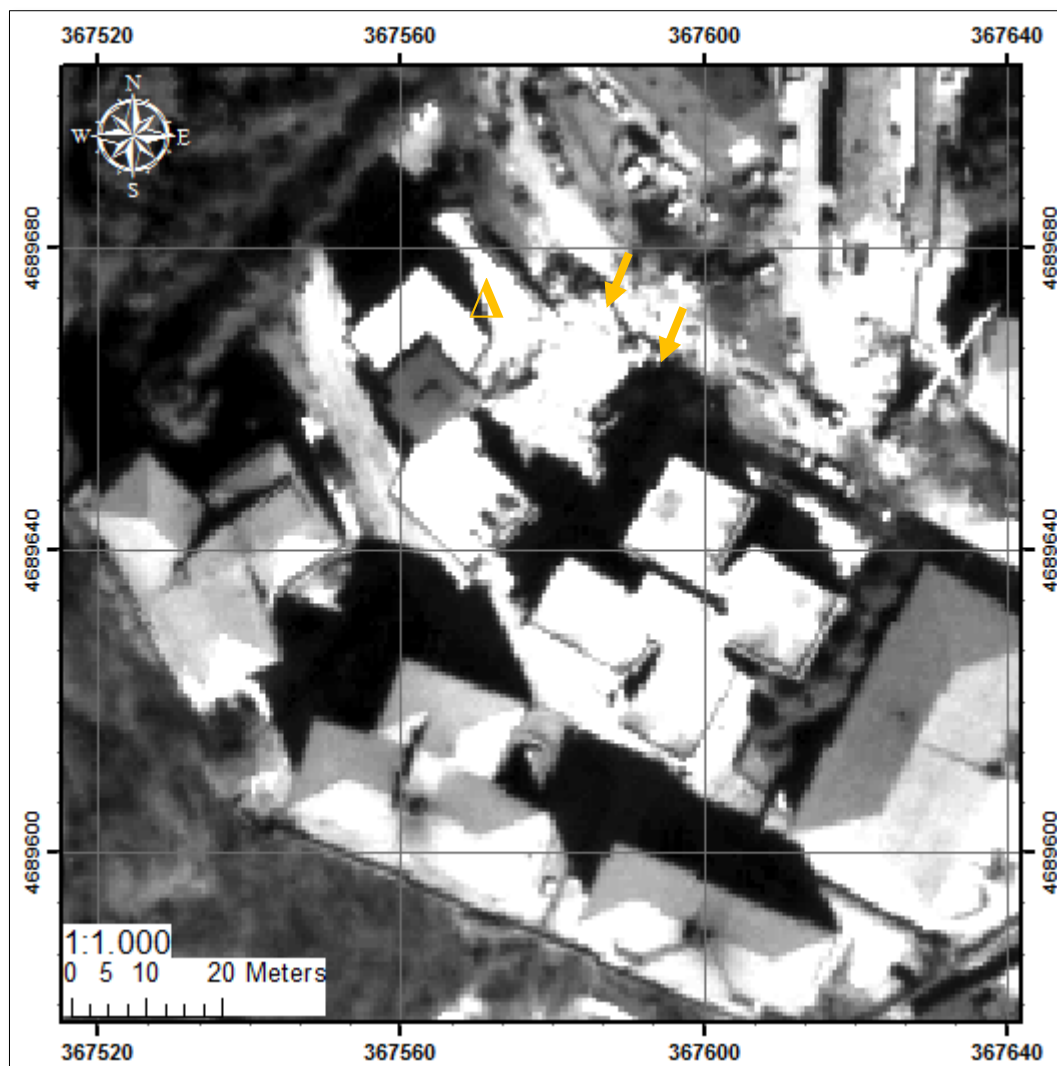
Εικόνα 38. Η εκκλησία Santa Maria del Suffragio.

Η εικόνα 38 είναι τμήμα της εικόνας 36 και διακρίνεται η εκκλησία Santa Maria del Suffragio (B) η οποία κατασκευάστηκε τον 18 αιώνα. Από το σεισμό του 2009 υπέστη σοβαρές ζημιές και ένα τμήμα του τρούλου έχει καταρρεύσει. Για την αποκατάσταση του μνημείου θα χρειαστούν 4 χρόνια και το κόστος ανέρχεται στα 6.000.000 ευρώ.



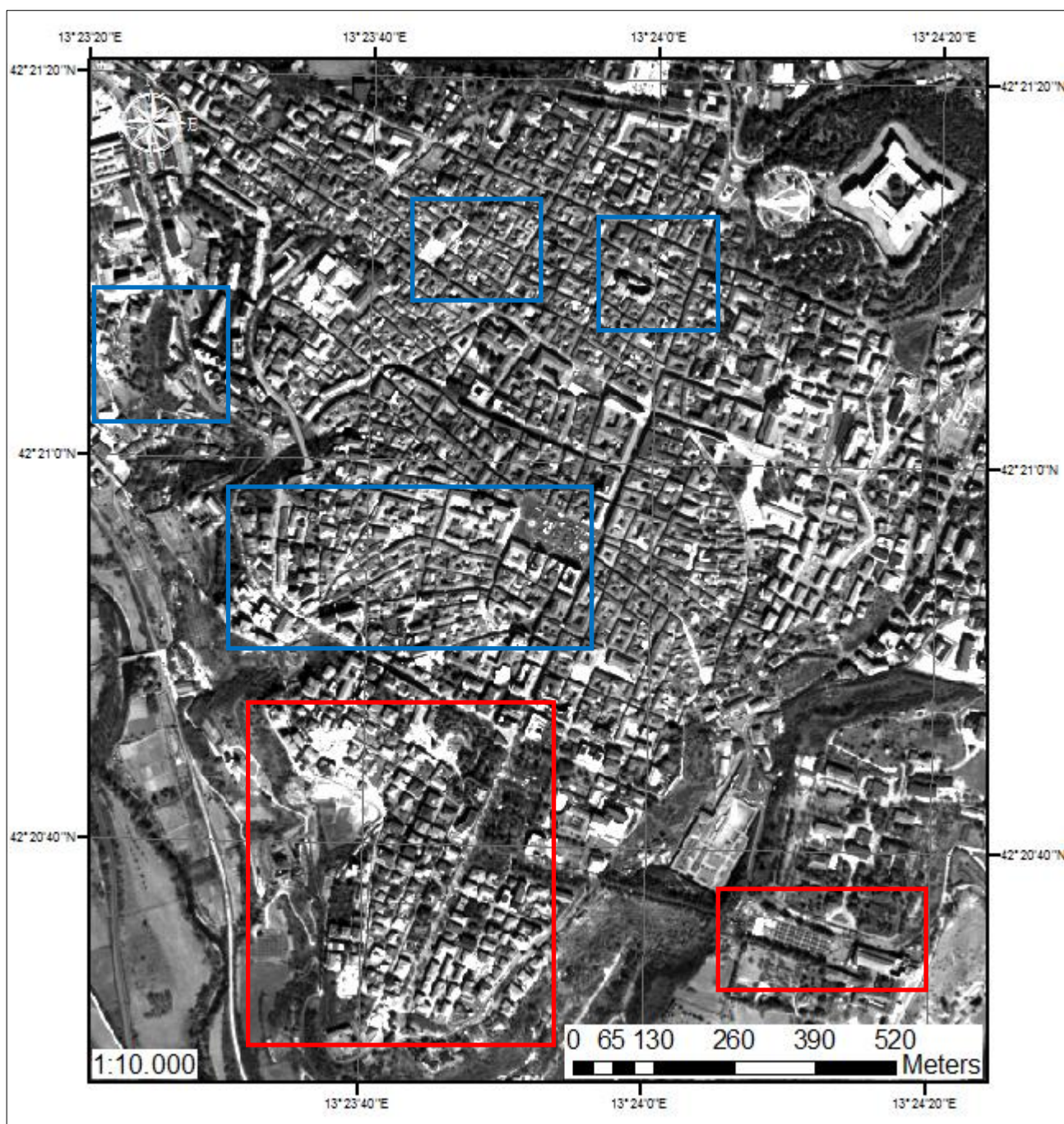
Εικόνα 39. Η εκκλησία του Αγίου Αυγουστίνου.

Η εικόνα 39 αποτελεί τμήμα της εικόνας 36. Παρατηρείται η εκκλησία του Αγίου Αυγουστίνου(Γ) και διακρίνεται η κατάρρευση που έχει υποστεί ο τρούλος.



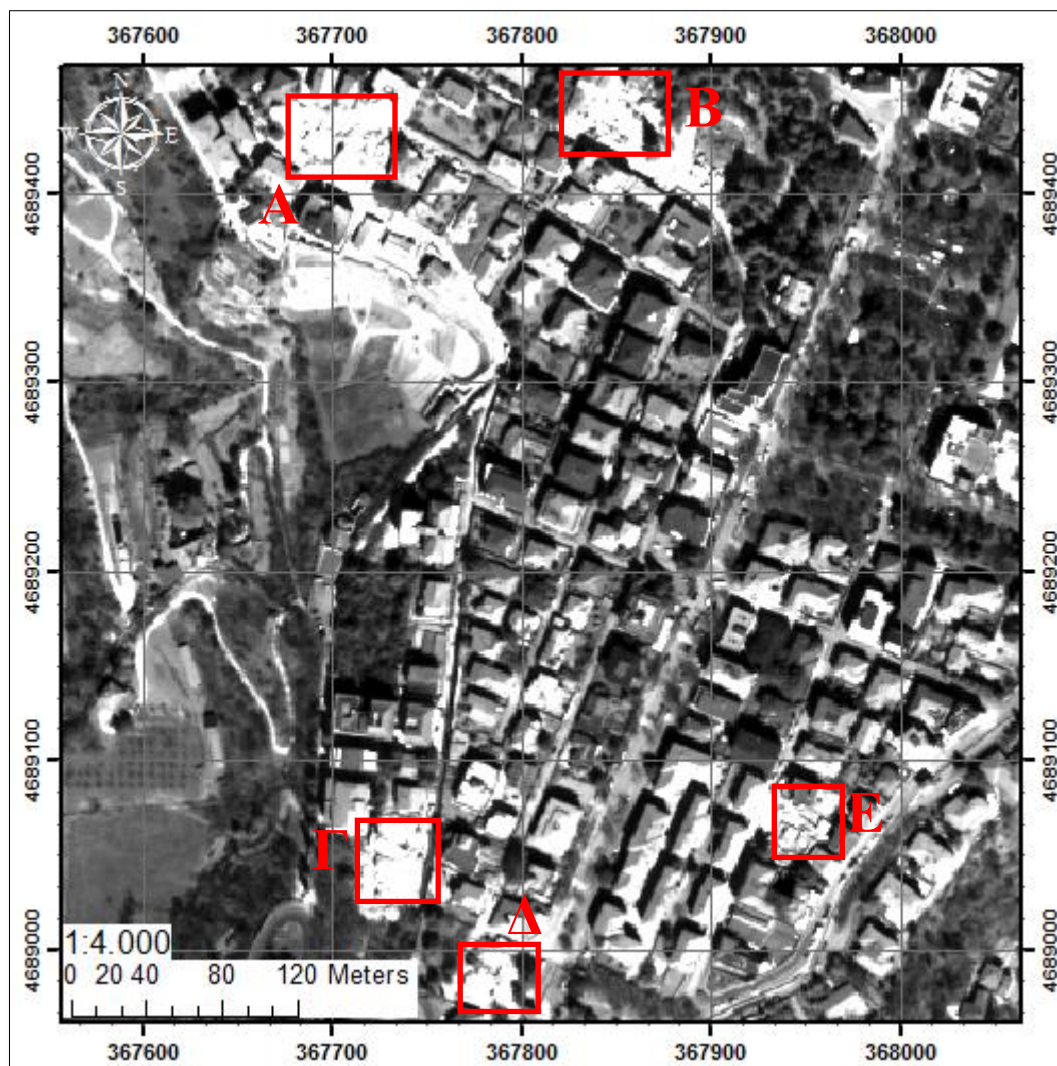
Εικόνα 40. Οι φοιτητικές εστίες.

Η εικόνα 40 είναι τμήμα της εικόνας 36 και διακρίνονται οι φοιτητικές εστίες (Δ) οι οποίες βρίσκονται στο νοτιοδυτικό τμήμα της εικόνας 36. Μεγάλο τμήμα του κτιρίου Δ έχει υποστεί ολική κατάρρευση και διακρίνονται τα ερείπια που έχουν αποχρώσεις γκρι και τονίζονται με πορτοκαλί βέλη.



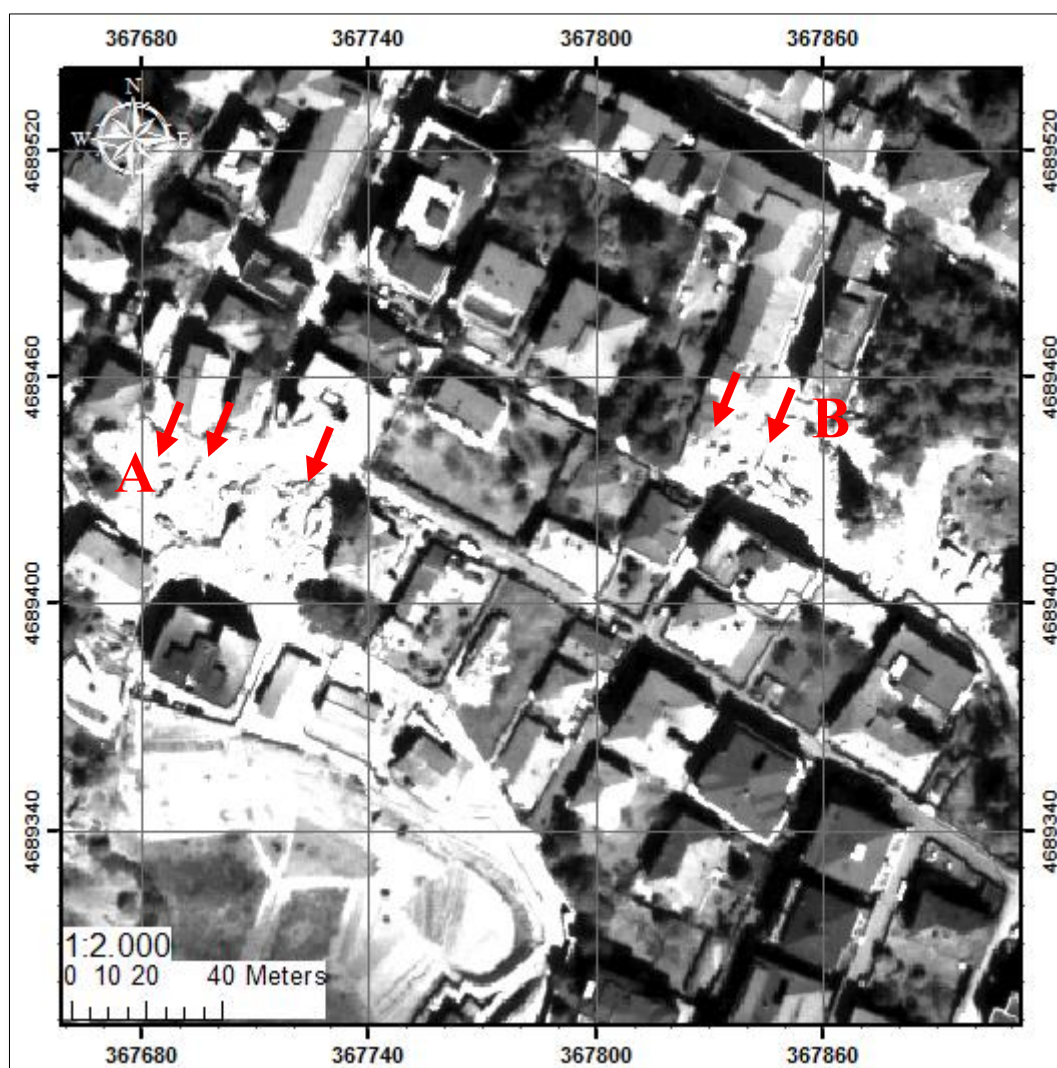
Εικόνα 41. Παγχρωματική εικόνα της περιοχής Λ' Άκουλα με την χρήση του δορυφόρου Quickbird (Απρίλιος 2009). Με κόκκινο πλαίσιο τονίζεται η νότια περιοχή.

Στην εικόνα 41 απεικονίζεται η ευρύτερη περιοχή της πόλης Λ' Άκουλα και με κόκκινο πλαίσιο είναι τα νότια τμήματα της πόλης τα οποία έχουν υποστεί καταστροφές και αναλύονται στις εικόνες (42, 43, 44 και 45).



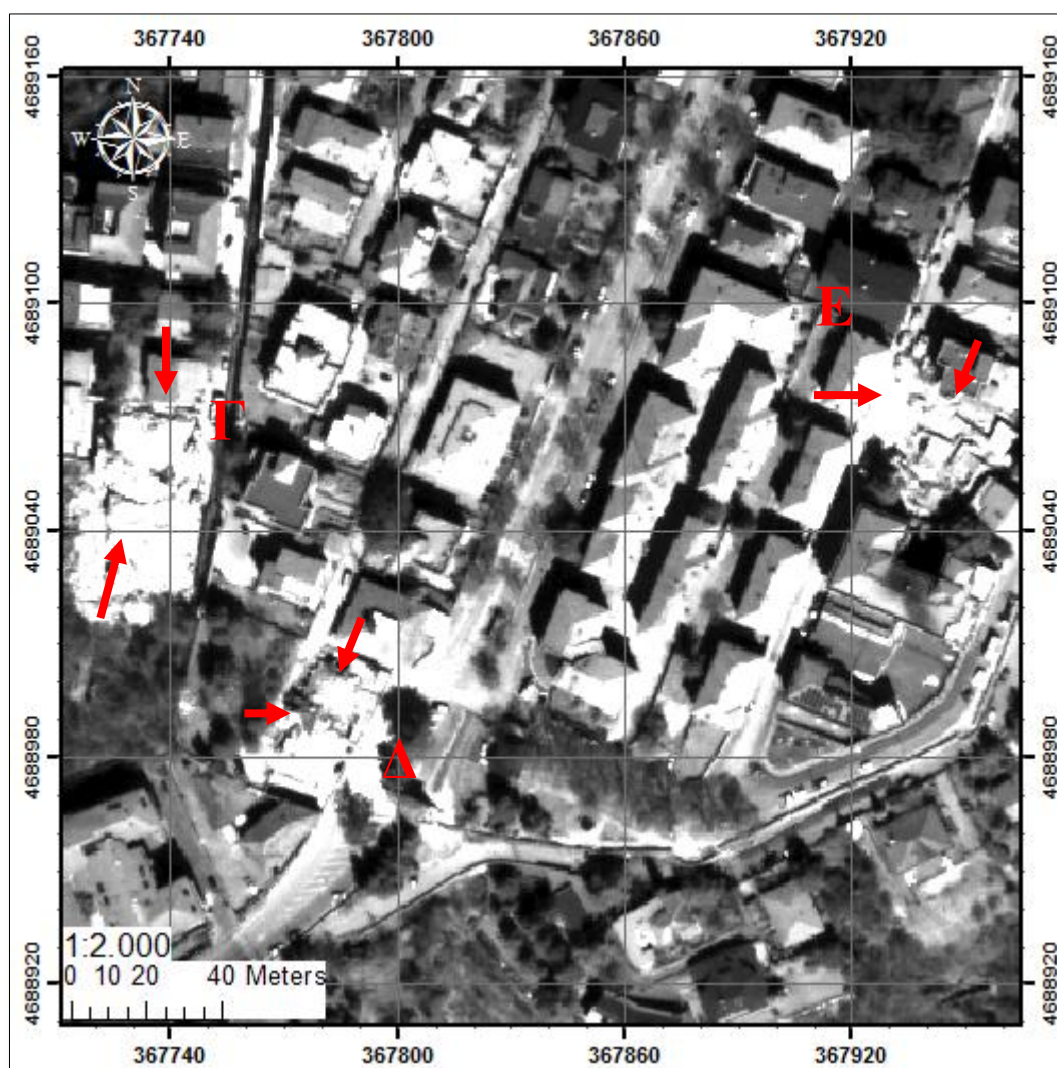
Εικόνα 42. Μεγέθυνση της περιοχής των πλαισίων της εικόνας 41.

Τμηματική άποψη του νοτίου τμήματος της Λ'Ακουίλα απεικονίζεται στην εικόνα 42. Διακρίνονται οι περιοχές Α,Β,Γ,Δ και Ε οι οποίες έχουν υποστεί ολική κατάρρευση από το σεισμό του 2009.



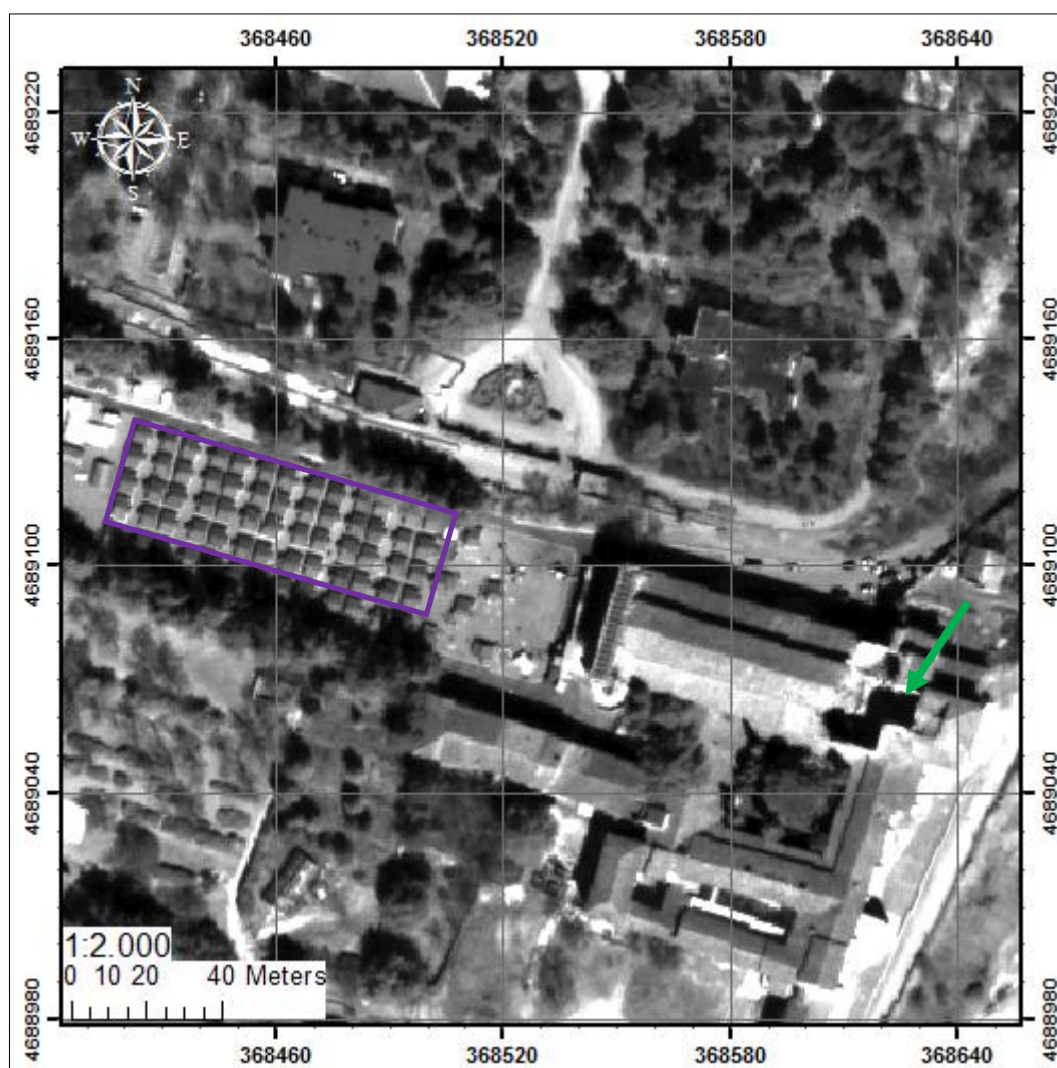
Εικόνα 43. Κτίσματα που έχουν υποστεί ολική κατάρρευση.

Η εικόνα 43 είναι το βορειοδυτικό τμήμα της εικόνας 42. Σε αυτή την περιοχή υπάρχουν κτίρια που έχουν υποστεί ολική καταστροφή. Τα κτίρια έχουν μετατραπεί σε άμορφη μάζα και παρουσιάζουν υψηλή φωτεινότητα.



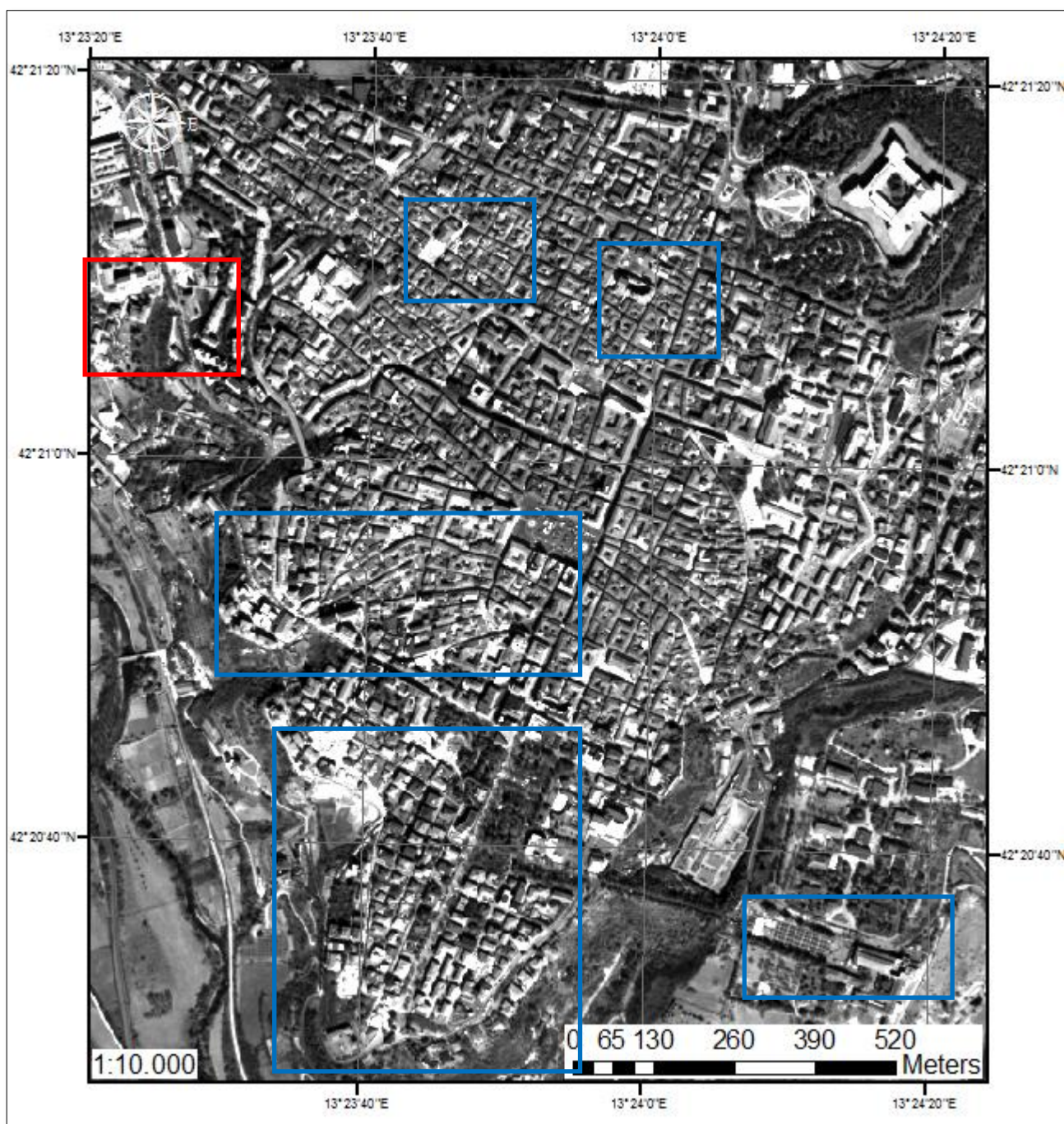
Εικόνα 44. Κτίσματα που έχουν υποστεί ολική κατάρρευση.

Η εικόνα 44 αποτελεί τμήμα της εικόνας 42 και είναι το νοτιότερο τμήμα της πόλης. Διακρίνονται οι περιοχές Γ, Δ και Ε στις οποίες τα κτίρια έχουν υποστεί ολική κατάρρευση.



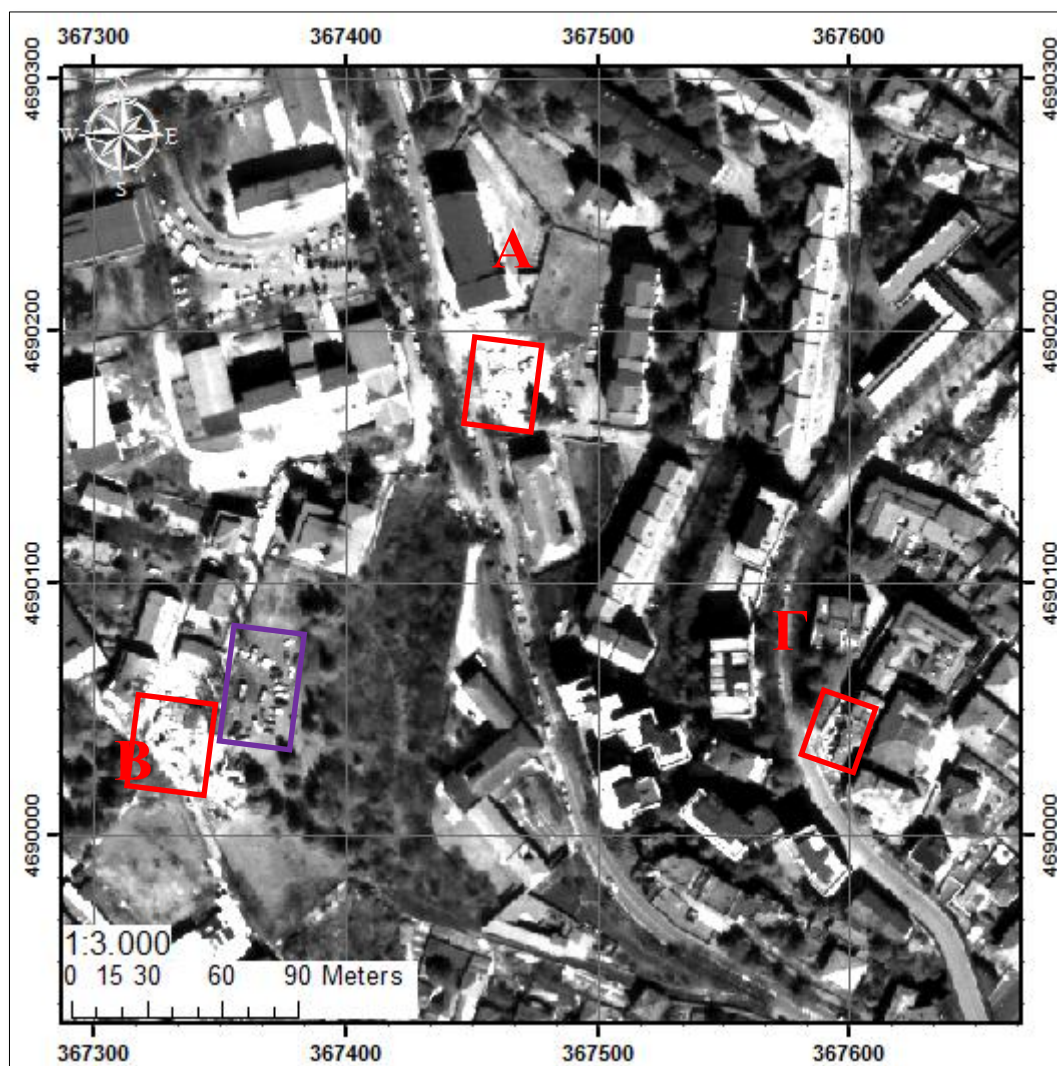
Εικόνα 45. Η εκκλησία Santa Maria di Collemagio.

Η εκκλησία στην εικόνα 45 είναι η Santa Maria di Collemagio που βρίσκεται στο νότιο ανατολικό τμήμα της πόλης. Κατασκευάστηκε το 1287 και είναι ένα από τα σημαντικότερα μνημεία της πόλης. Παρατηρείται πως ο σεισμός του 2009 προκάλεσε μεγάλη καταστροφή και συγκεκριμένα κατέρρευσε το ανατολικό τμήμα της εκκλησίας. Στα δυτικά της εκκλησίας έχουν στηθεί 70 σκηνές από τα σωστικά συνεργεία, για προσωρινή στέγαση των σεισμόπληκτων.



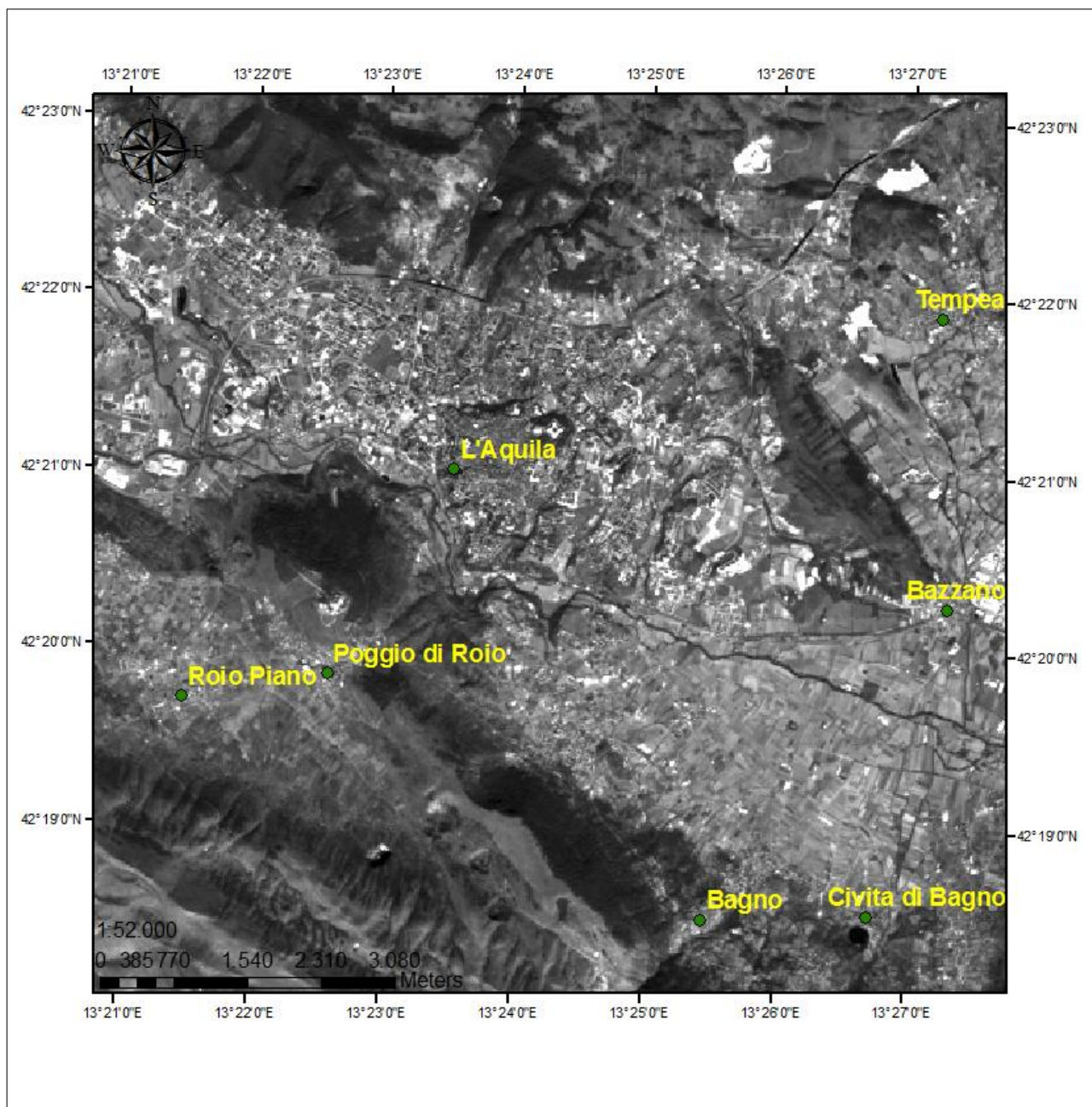
Εικόνα 46. Παγχρωματική εικόνα της περιοχής Λ' Άκουιλα με την χρήση του δορυφόρου Quickbird (Απρίλιος 2009). Με κόκκινο πλαίσιο τονίζεται η δυτική περιοχή.

Στην εικόνα 46 απεικονίζεται η ευρύτερη περιοχή της πόλης Λ' Άκουιλα και με κόκκινο πλαίσιο είναι ένα τμήμα της πόλης το οποίο έχει υποστεί καταστροφές και αναλύεται στην εικόνα 47.



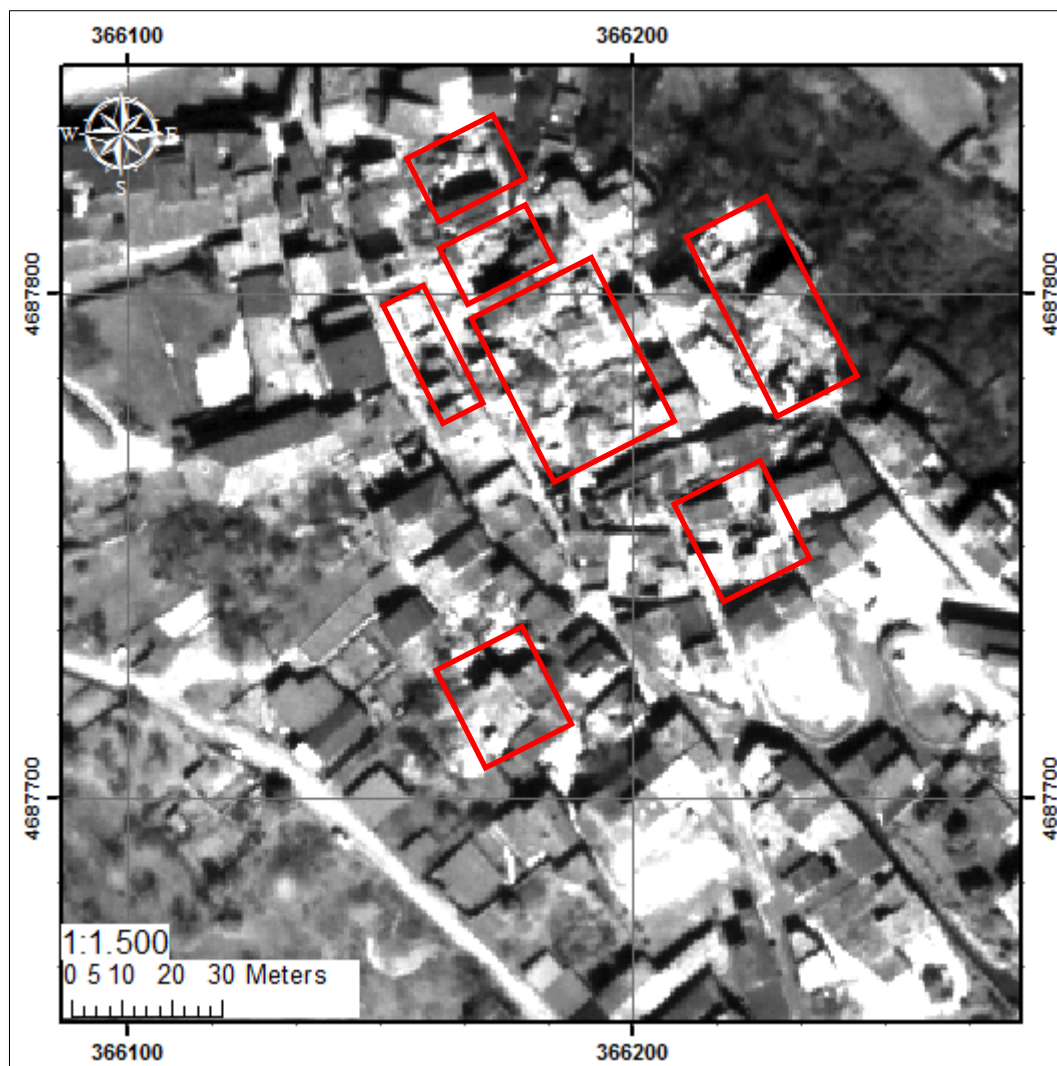
Εικόνα 47. Μεγέθυνση της περιοχής του πλαισίου της εικόνας 46.

Η περιοχή στην εικόνα 47 βρίσκεται δυτικά της πόλης. Παρατηρείται ότι τα κτήρια Α και Β έχουν υποστεί ολική κατάρρευση ενώ το κτήριο Γ και ένα έχει υποστεί μερική κατάρρευση. Δίπλα στο κτήριο Β διακρίνονται τα σωστικά συνεργεία (μωβ πλαίσιο)



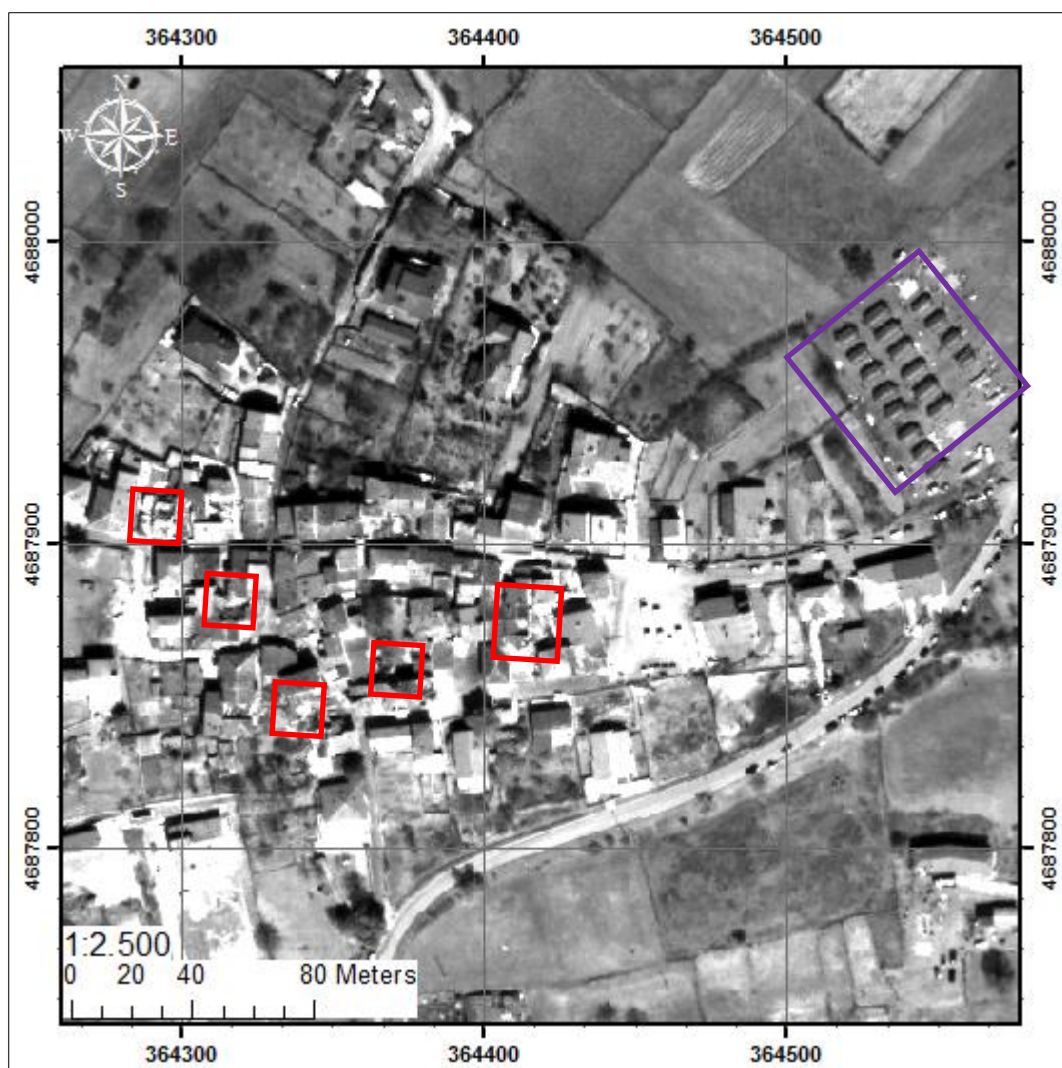
Εικόνα 48. Παγχρωματική εικόνα της ευρύτερης περιοχής Λ' Ακουίλα με τους γύρω οικισμούς που υπέστησαν ζημιές από το σεισμό 2009.

Στην εικόνα 48 απεικονίζεται η πόλη της Λ' Ακουίλα και οι οικισμοί γύρω από αυτή που υπέστησαν ζημιές από το σεισμό του 2009. Οι καταστροφές του κάθε οικισμού θα αναλυθούν στις εικόνες 49 έως 54.



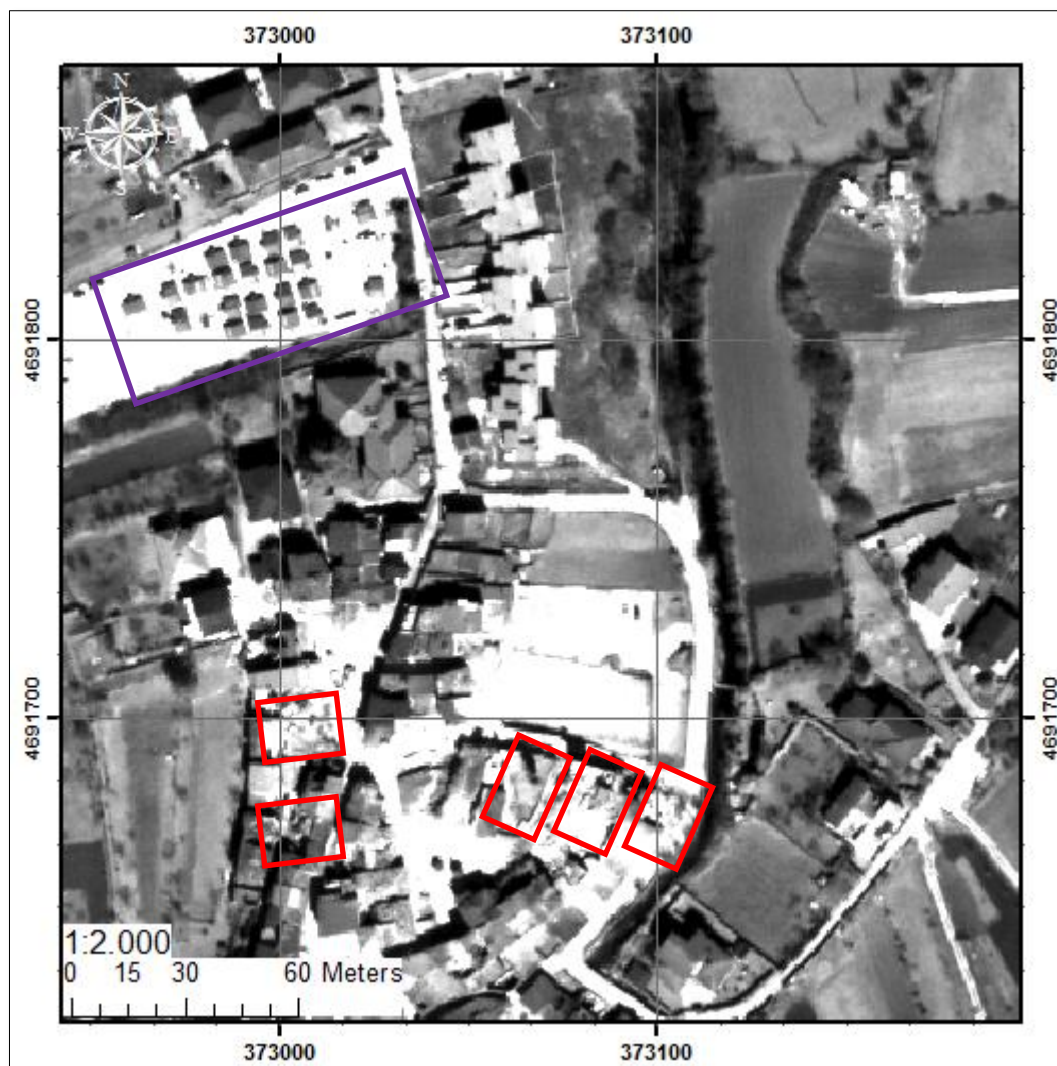
Εικόνα 49. Τμήμα του οικισμού Poggio di Roio.

Η εικόνα 49 είναι ένα τμήμα του οικισμού Poggio di Roio. Ο οικισμός βρίσκεται νότιο δυτικά και απέχει 4,4 χιλιόμετρα από Λ' Άκουιλα. Ο οικισμός Poggio di Roio μαζί με τους οικισμούς Roio Piano, Santa Rufina di Roio και Colle di Roio συνθέτουν το χωριό Roio που είναι ένα τμήμα της πόλης Λ' Άκουιλα και έχει πληθυσμό 733 κατοίκους. Στον οικισμό Poggio di Roio υπάρχουν οι εγκαταστάσεις του τμήματος Μηχανικών οικονομίας του πανεπιστήμιου της Λ' Άκουιλας και σχεδόν όλα τα παλιά σπίτια του οικισμού Poggio di Roio έχουν καταρρεύσει.



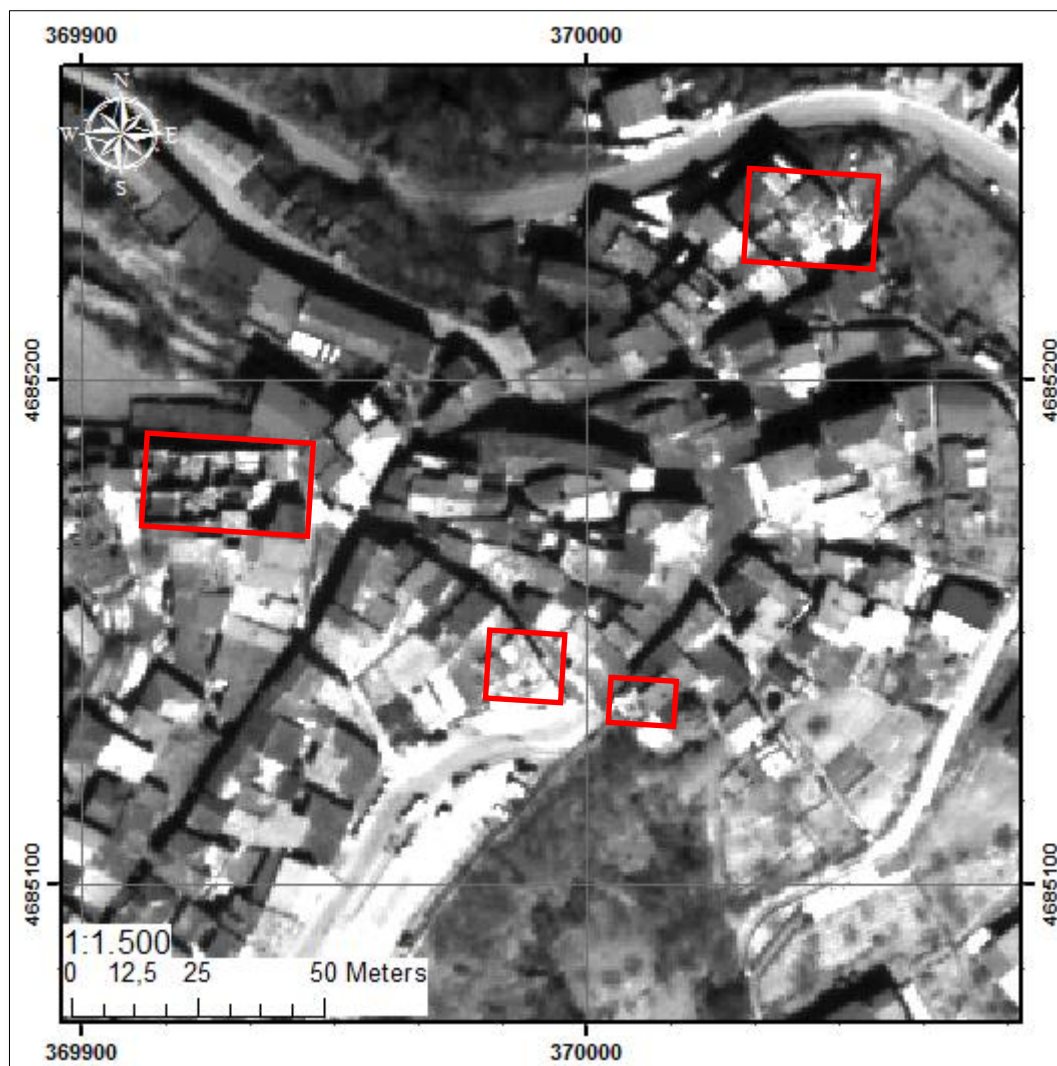
Εικόνα 50. Τμήμα του οικισμού Roio Piano.

Η εικόνα 50 είναι ένα τμήμα του οικισμού Roio Piano. Ο οικισμός βρίσκεται στα δυτικά της πόλης Λ' Άκουιλας απέχει από την πόλη 5,67km και έχει 520 κατοίκους. Στον οικισμό δεν υπάρχουν κτίσματα που να έχουν καταρρεύσει αλλά υπάρχουν κτίσματα τα οποία έχουν υποστεί ζημιές και εντοπίζονται στην αντίστοιχη εικόνα με κόκκινα πλαίσια. Επίσης στην εικόνα φαίνονται χαρακτηριστικά τα σωστικά συνεργεία που έχουν αρχίσει και στήνουν τον καταυλισμό. Έχουν στηθεί 18 σκηνές και πλαισιώνονται με μωβ χρώμα.



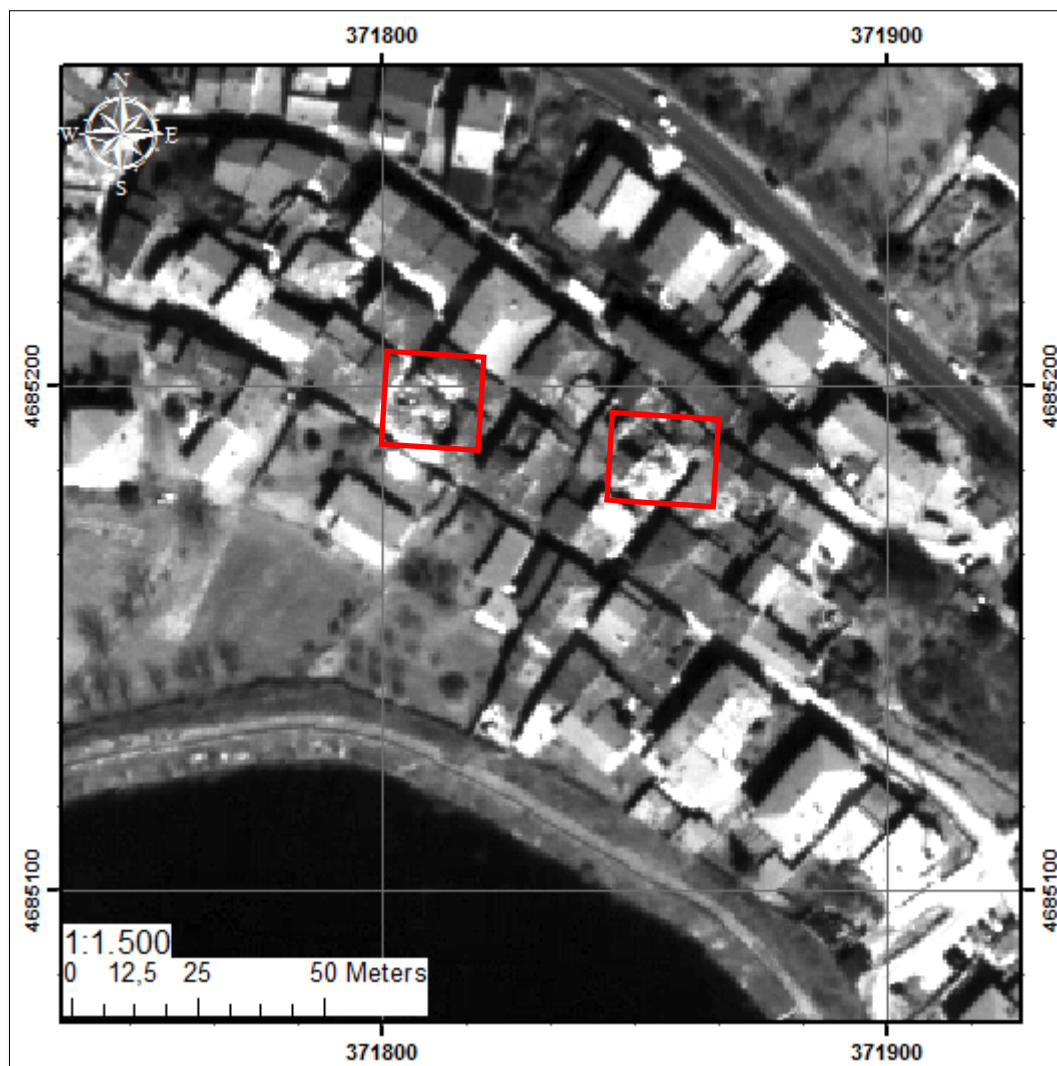
Εικόνα 51. Τμήμα του οικισμού Tempera.

Η εικόνα 51 είναι ένα τμήμα του οικισμού Tempera. Ο οικισμός βρίσκεται βόρειο ανατολικά της Λ' Άκουλας από την οποία απέχει 7 km και έχει περίπου 900 κατοίκους. Οι περιοχές που περικλείονται από κόκκινα πλαίσια είναι κτίρια που έχουν καταρρεύσει. Στο βόρειο τμήμα της εικόνας παρατηρούμε έναν από τους καταυλισμούς, ο οποίος αποτελείται περίπου από 22 σκηνές (μωβ πλαίσιο) και δημιουργήθηκε να στεγάσει προσωρινά τους κατοίκους που επλήγησαν από τον σεισμό.



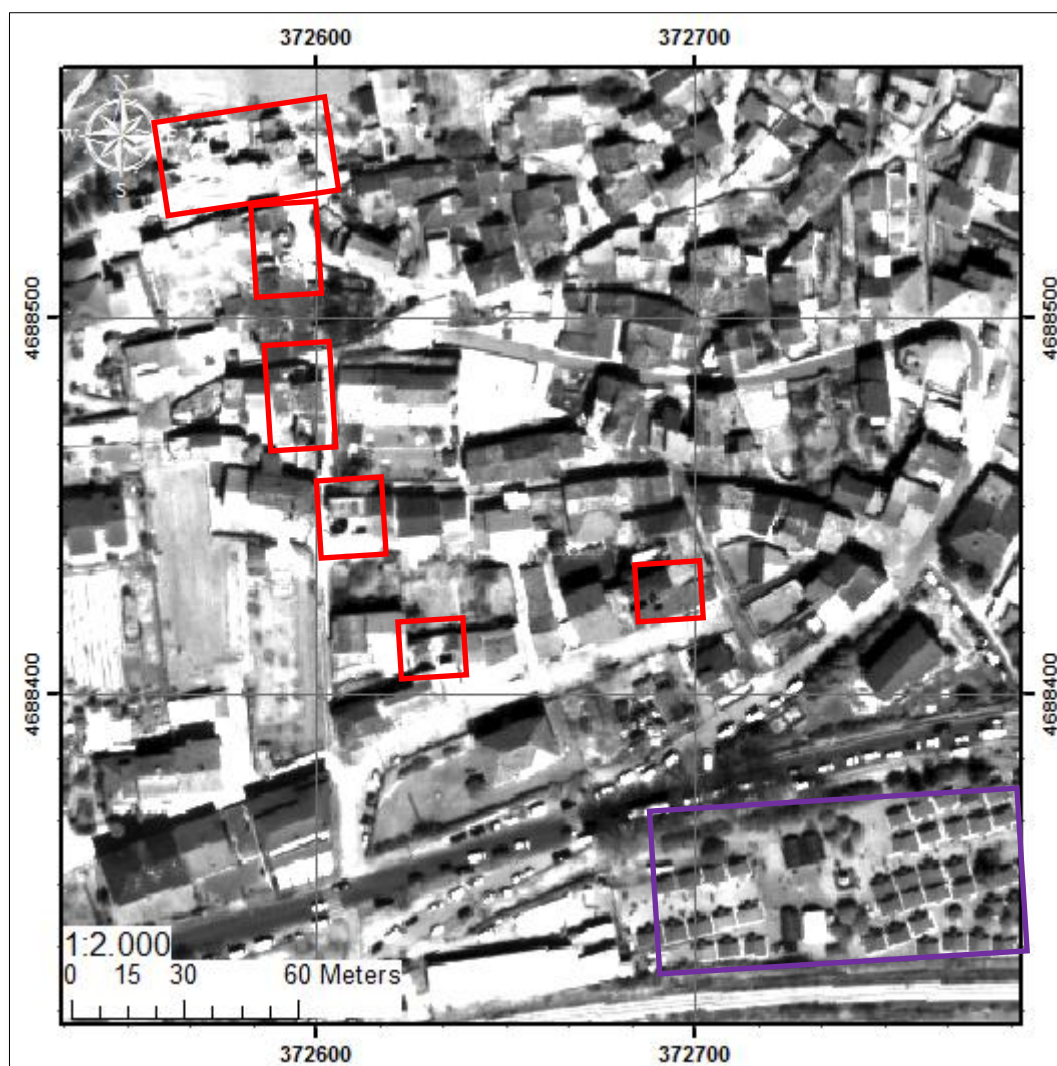
Εικόνα 52. Τμήμα του οικισμού Bagno.

Η εικόνα 52 είναι ένα τμήμα του οικισμού Bagno. Ο οικισμός Bagno βρίσκεται στα νότια της πόλης Λ' Άκουιλα και απέχει από την πόλη 7,25km. Στον οικισμό εντοπίστηκαν δύο οικήματα τα οποία έχουν υποστεί μικρές ζημιές.



Εικόνα 53. Τμήμα του οικισμού Civita di Bagno.

Η εικόνα 53 είναι ένα τμήμα του οικισμού οικισμός Civita di Bagno. Βρίσκεται στα νότια της Λ' Άκουιλα και απέχει από αυτή 8,55km. Στον οικισμό κατοικούν 287 κάτοικοι. Στην περιοχή εντοπίστηκαν 2 κτίρια που έχουν υποστεί μερική καταστροφή.



Εικόνα 54. Τμήμα του οικισμού Bazzano.

Η εικόνα 54 είναι ένα τμήμα του οικισμού Bazzano χωροθετείται στα ανατολικά της Λ'Ακουίλα και απέχει από αυτή 7,31 km. Παρατηρείται πως υπάρχουν κτίρια που έχουν καταρρεύσει και κτίρια που έχουν υποστεί ζημιές. Συγκεκριμένα το κτίριο που βρίσκεται βόρεια της εικόνας έχει καταρρεύσει και τρία έχουν υποστεί ζημιές στις οροφές τους. Στο νότιο τμήμα της εικόνας παρατηρείται ο καταυλισμός που αποτελείται από 46 σκηνές και στεγάζει τους πληγέντες.

9.2.2 Συγκριτική ανάλυση εικόνων πριν και μετά το σεισμό

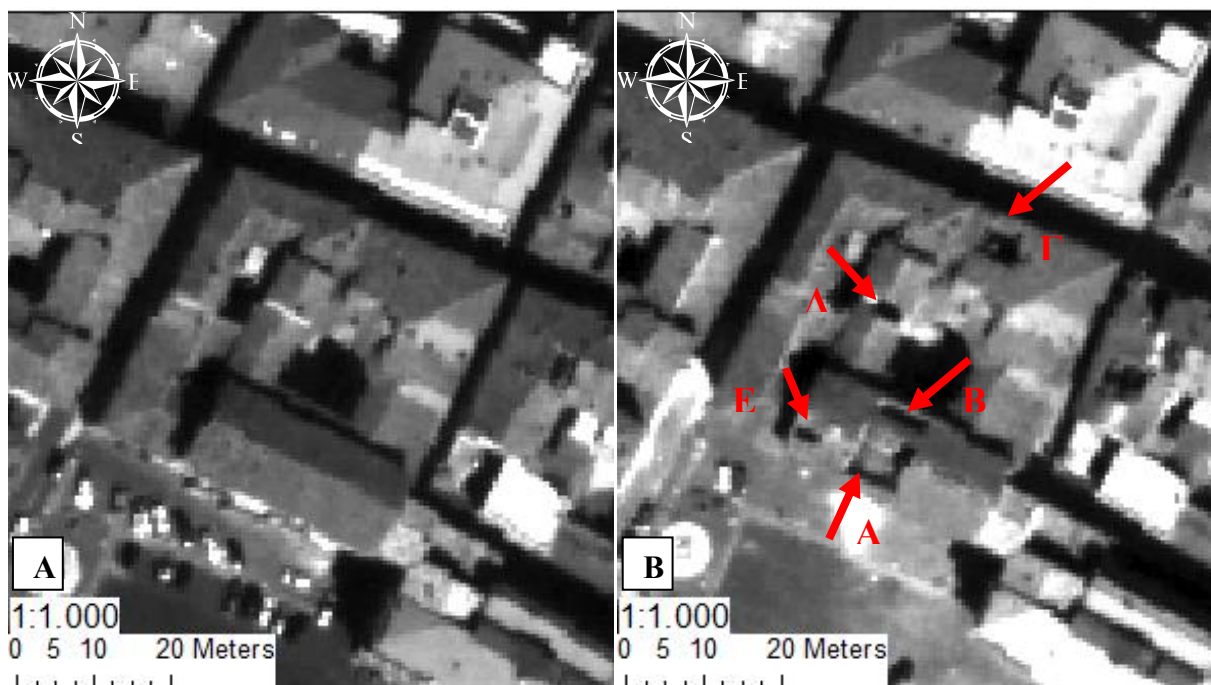
Όσον αφορά τη σύγκριση των εικόνων με σκοπό την ανάδειξη των καταστροφών και των αλλαγών που σχετίζονται με το σεισμό στις 6 Απριλίου 2009 δεν θα πρέπει να αμεληθεί η εποχή, η ώρα λήψης και η γωνία λήψης των δορυφορικών εικόνων. Η εικόνα πριν το σεισμό έχει ληφθεί 4 Σεπτεμβρίου 2006 στις 10:25:53 GTM ενώ η εικόνα μετά την καταστροφή έχει ληφθεί 8 Απριλίου 2009 10:23:04 GTM 2 ημέρες μετά την καταστροφή. Η ώρα λήψης σε σχέση με την εποχή παίζει σπουδαίο ρόλο επειδή το ύψος του ηλίου καθορίζει τις συνθήκες φωτισμού του τοπίου. Και στις δύο δορυφορικές εικόνες η ώρα λήψης είναι ίδια για τις δύο εποχές όμως τον Απρίλιο το αζιμούθιο είναι 155,8 και το ύψος του ηλίου 52,9 ενώ το Σεπτέμβριο είναι 163,1 και το ύψος του ηλίου 53,9 για αυτό παρατηρούνται διαφορές στην σκίαση.



Εικόνα 55. Η εκκλησία Santa Maria Paganica πριν το σεισμό (A) και μετά το σεισμό (B).

Συγκρίνοντας την εικόνα 55 A (πριν την καταστροφή) με την εικόνα 55 B (μετά την καταστροφή) που αποτελούν τμήμα των παγχρωματικών εικόνων Quickbird πριν τον σεισμό στις 4/9/2006 και μετά τον σεισμό στις 8/4/2009 παρατηρούνται διαφορές στον τόνο, στη φωτεινότητα, στη σκίαση και στο σχήμα ορισμένων κτιρίων. Συγκεκριμένα στην εικόνα B η

εκκλησία Santa Maria Paganica έχει υποστεί μεγάλες καταστροφές. Έχει καταρρεύσει το μεγαλύτερο τμήμα της οροφής και ο τρούλος περίπου 460τμ. Η βόρεια πλευρά της εκκλησίας έχει μετατοπιστεί περίπου 5 μέτρα.



Εικόνα 56. Palazzo Ardinghelli πριν το σεισμό (A) και μετά το σεισμό (B).

Στις εικόνες 56 A και B απεικονίζεται το κτίριο Palazzo Ardinghelli πριν και μετά την καταστροφή. Συγκρίνοντας τις δύο εικόνες στην εικόνα B παρατηρείται ότι η οροφή του κτιρίου έχει υποστεί κατάρρευση σε διάφορα σημεία που διακρίνεται από την ασυνέχεια. Υπολογίστηκε το εμβαδό κάθε τμήματος που έχει καταρρεύσει και είναι για το σημείο A 36τμ, το B 10τμ, το Γ 18τμ, το Δ 5τμ και το E 3τμ

Με την χρήση δορυφορικών εικόνων πριν και μετά την καταστροφή είναι εύκολο να εντοπιστούν οι περιοχές που έχουν υποστεί καταστροφές όπως και να υπολογιστεί το μέγεθος της βλάβης όπως το μήκος και το εμβαδόν σε σύντομο χρονικό διάστημα.

9.3 Πολυφασματικές εικόνες

Σε μία πολυφασματική δορυφορική εικόνα καταγράφεται η ακτινοβολία που εκπέμπεται από μία περιοχή της γης σε διάφορα μήκη κύματος. Έτσι, μια περιοχή της γης αποτυπώνεται από τον αισθητήρα σε τόσες εικόνες όσες είναι και οι αντίστοιχες φασματικές περιοχές (κανάλια) της ακτινοβολίας την οποία καταγράφει ο αισθητήρας. Η πολυφασματική εικόνα αποτελείται από περισσότερα του ενός κανάλια. Η εικόνα αυτή μπορεί να παρουσιαστεί είτε ξεχωριστά σε κάθε κανάλι ως ασπρόμαυρη εικόνα είτε συνδυάζοντας 3 κανάλια ταυτόχρονα σε χρωματική σύνθεση. Οι πολυφασματικές εικόνες που αναλύονται στην παρούσα εργασία είναι από τον δορυφόρο Quickbird. Ο Quickbird έχει διακριτική ικανότητα 2,8 μέτρα και έχει 4 φασματικές ζώνες μπλε, πράσινο, κόκκινο και υπέρυθρο.

Κατά την μεγέθυνση της εικόνας με την χρήση της μεθόδου nearest neighbour παρατηρείται ότι οι ακμές γίνονται πριονωτές και γενικότερα η εικόνα έχει τη μορφή ψηφιδωτού (εικόνα 57)



Εικόνα 57. Μεγέθυνση της εικόνας με την χρήση της μεθόδου nearest neighbour.

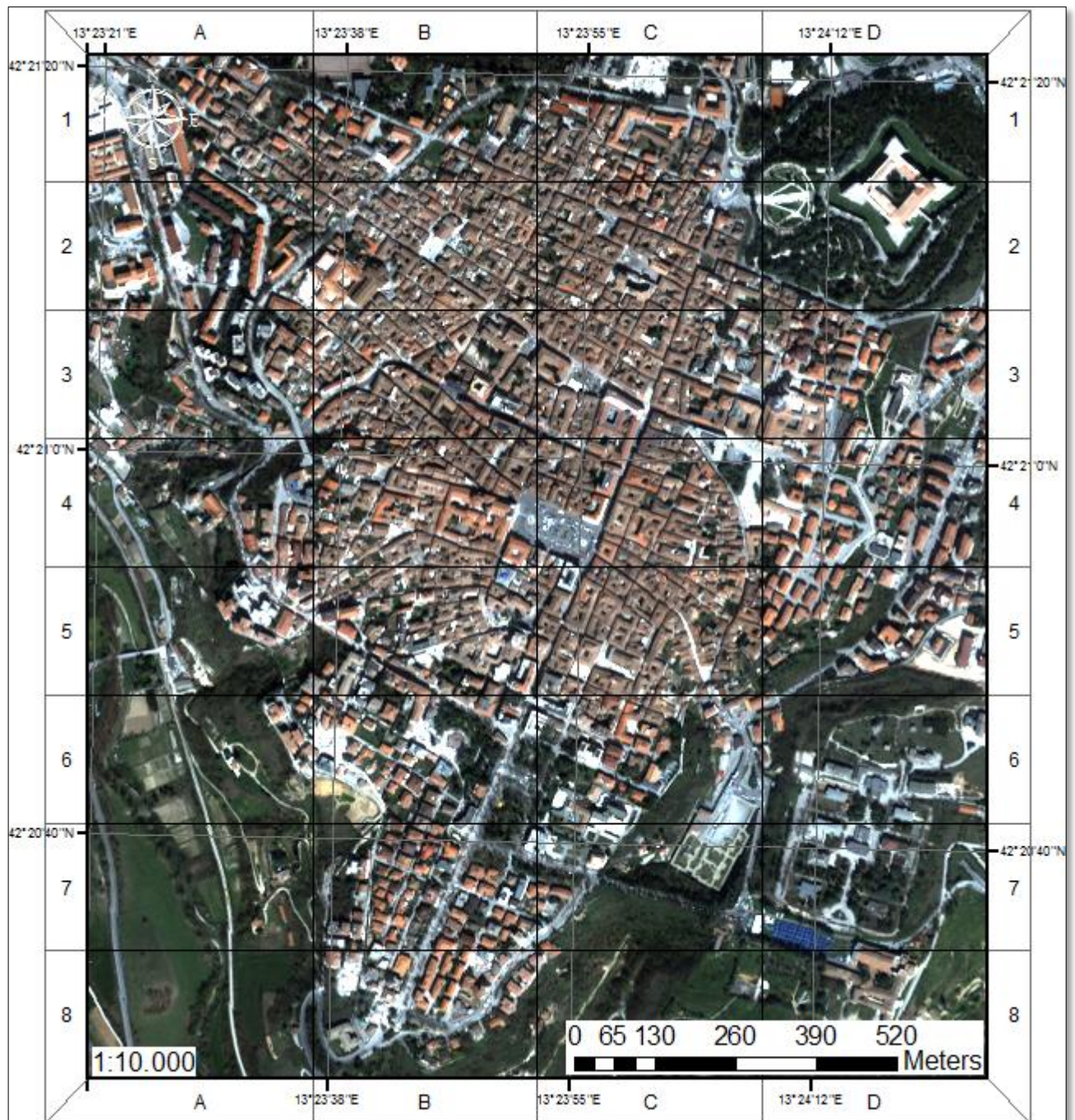
Για να αποφύγουμε το φαινόμενο της εμφάνισης ψηφιδωτών θα χρησιμοποιήσουμε την τεχνική bilinear interpolation.



Εικόνα 58. Μεγέθυνση της εικόνας με την χρήση της μεθόδου bilinear interpolation.

Με την χρήση της μεθόδου bilinear interpolation στην εικόνα 58 έχει εξαλειφθεί τελείως το φαινόμενο της εμφάνισης ψηφιδωτών και το τελικό αποτέλεσμα είναι σαφώς καλύτερο από αυτό της τεχνικής nearest neighbour. Οι τελικές εικόνες είναι θολές και αυτό φαίνεται κυρίως στις ακμές.

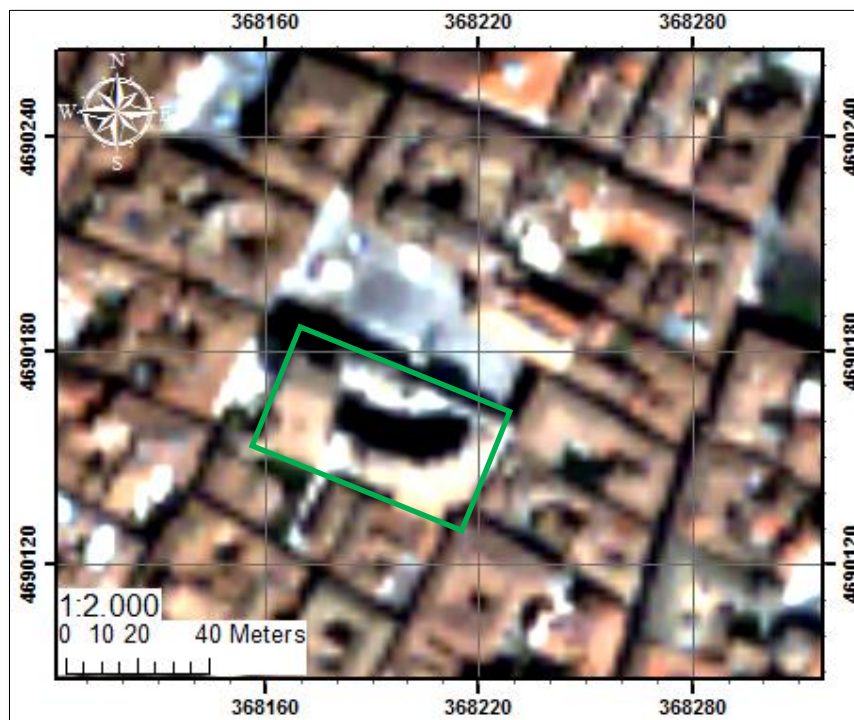
9.3.1 Αναγνώριση των καταστροφών με την χρήση πολυφασματικών εικόνων



Εικόνα 59. Ευρετήριο. Δορυφορική λήψη της περιοχής Λ' Άκουιλα με την χρήση του δορυφόρου Quickbird (Απρίλιος 2009). Πολυφασματική απεικόνιση RGB (3,2,1).

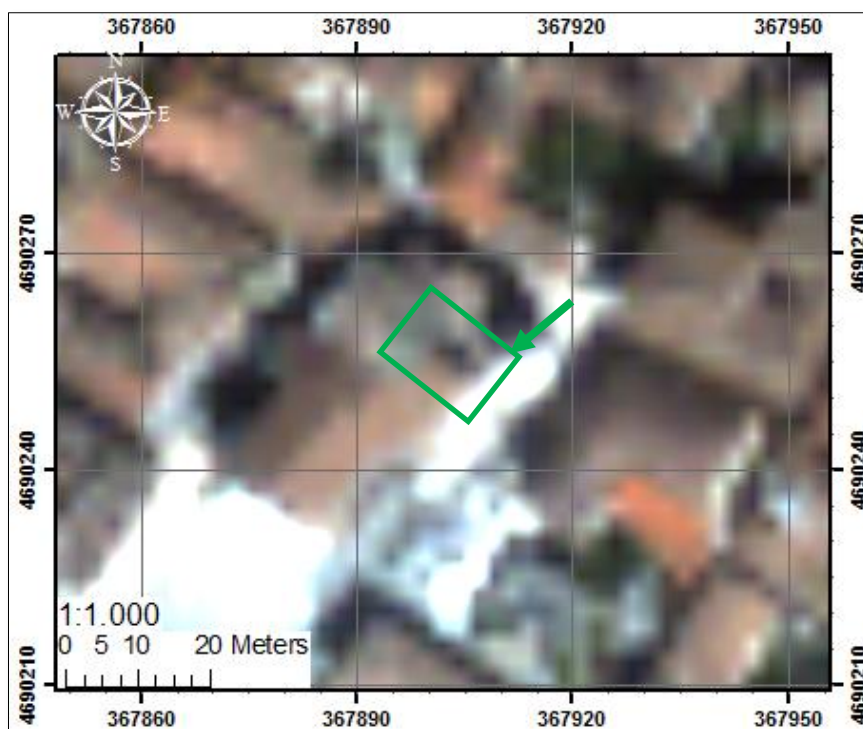
Η εικόνα 59 είναι πολυφασματική δορυφορική εικόνα με χρωματική σύνθεση 3-2-1 της πόλης Λ' Άκουιλας μετά από το σεισμό του 2009 από το δορυφόρο

Quickbird. Η εικόνα έχει διακριτική ικανότητα 2,4m. Η ανάλυση των περιοχών που έχουν υποστεί καταστροφές γίνεται στις εικόνες (60, 61, 62, 63, 64, 65, 66 και 67)



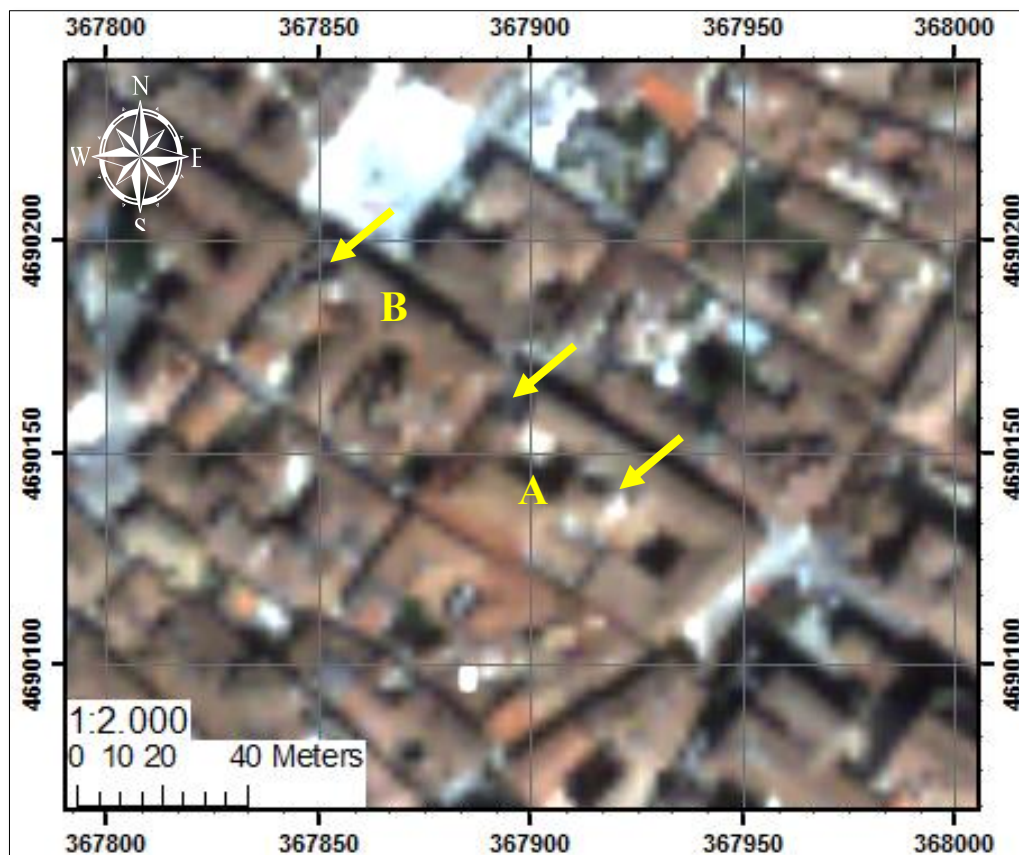
Εικόνα 60. Η εκκλησία Santa Maria Paganica.

Τμηματική άποψη του βορείου τμήματος της πόλης Λ'Ακουίλα (τμήμα C,2 της εικόνας 59). Στην εικόνα 60 διακρίνεται η πλατεία της εκκλησίας Santa Maria Paganica και η πτώση της οροφής της ομώνυμης εκκλησίας (πράσινο πλαίσιο).



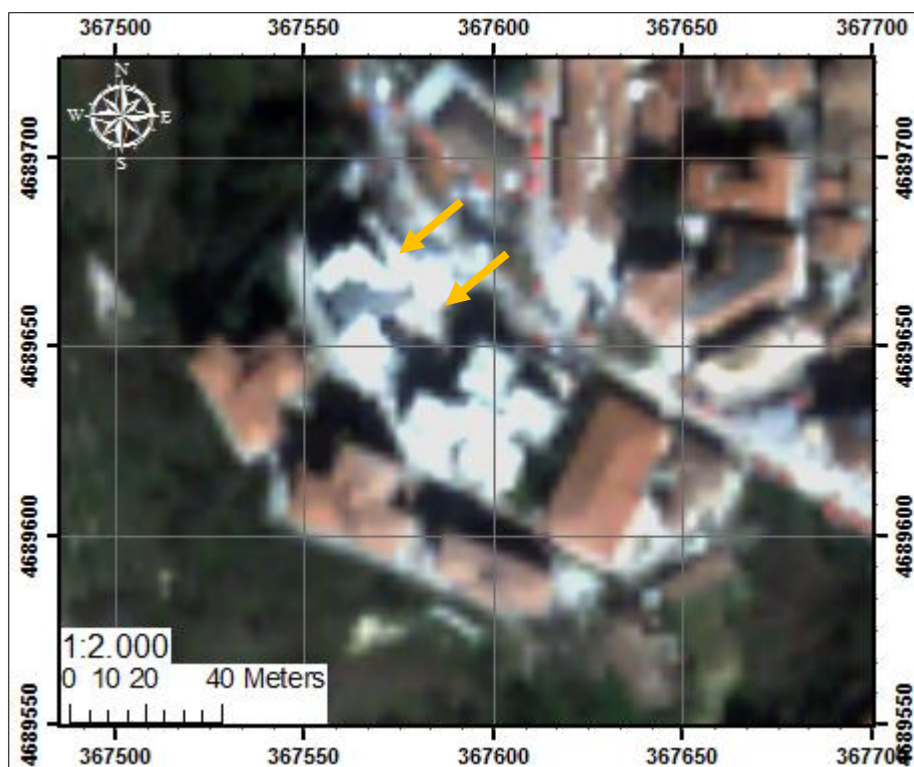
Εικόνα 61. Η εκκλησία του Αγίου Πέτρου.

Η εικόνα 61 απεικονίζει το νότιο τμήμα της Λ' Άκουλα (B,2 εικόνα 59) όπου διακρίνεται η εκκλησία του Αγίου Πέτρου με την ομώνυμη πλατεία. Η εκκλησία έχει υποστεί κάποιες καταστροφές στο βορειοανατολικό τμήμα της και ένα τμήμα της οροφής έχει καταρρεύσει.



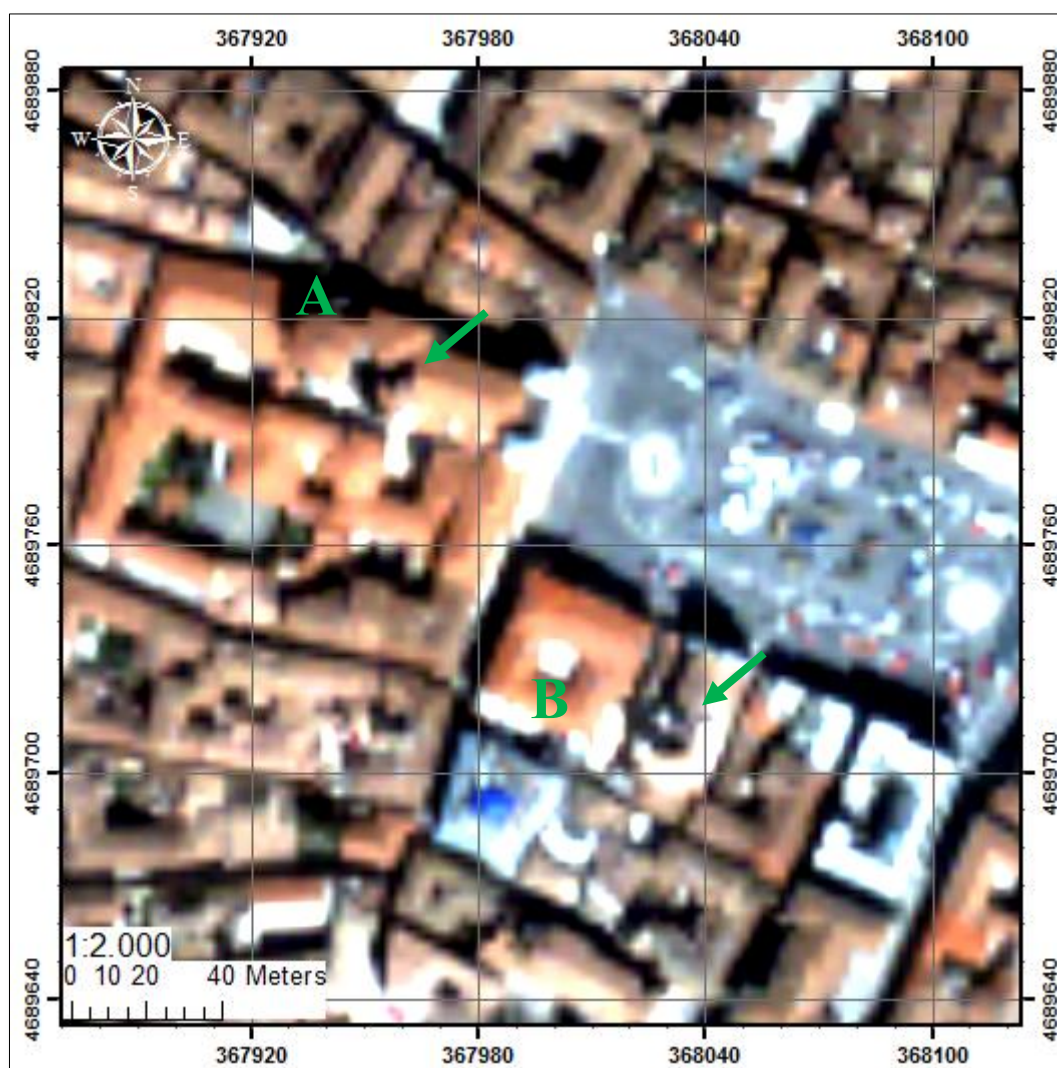
Εικόνα 62. Το σχολικό κτίριο Storia e Metodologie Compareate και το πανεπιστήμιο της Λ' Άκουιλα.

Η περιοχή της εικόνας 62 βρίσκεται στο τμήμα B,2 της εικόνας 59. Στο σημείο A είναι το πανεπιστήμιο της Λ' Άκουιλα στο οποίο έχει καταρρεύσει το βορειοδυτικό τμήμα του και ένα τμήμα στην οροφή του. Καταστροφές έχει υποστεί και το κτίριο Storia e Metodologie Compareate στο σημείο του δείχνει το βέλος B.



Εικόνα 63. Οι φοιτητικές εστίες.

Η εικόνα 63 βρίσκεται στο τμήμα Α,5 της εικόνας 59. Διακρίνονται οι φοιτητικές εστίες θαμπά. Τα πορτοκαλί βέλη δείχνουν το τμήμα της εστίας που έχει καταρρεύσει.



Εικόνα 64. Η πλατεία del Duomo και δύο ιστορικές εκκλησίες.

Η εικόνα 64 είναι τμήμα της περιοχής μελέτης που βρίσκεται στο κέντρο της πόλης (B,4 εικόνα 59). Διακρίνεται η πλατεία del Duomo και δύο ιστορικές εκκλησίες. Στα δυτικά της πλατείας είναι η εκκλησία του Αγίου Γεωργίου και Μάξιμου (A) η οποία κατασκευάστηκε τον 13 αιώνα. Η εκκλησία έχει υποστεί σοβαρές καταστροφές και ένα τμήμα της οροφής στο κέντρο έχει καταρρεύσει. Αυτό διακρίνεται από τις σκιές που διακόπτουν την ομοιομορφία της εκκλησίας. Νότια της πλατείας βρίσκεται η εκκλησία Santa Maria del Suffragio (B) που χτίστηκε τον 17 αιώνα. Οι ζημιές που παρατηρούνται είναι ότι ένα τμήμα του θόλου της εκκλησίας έχει καταρρεύσει.



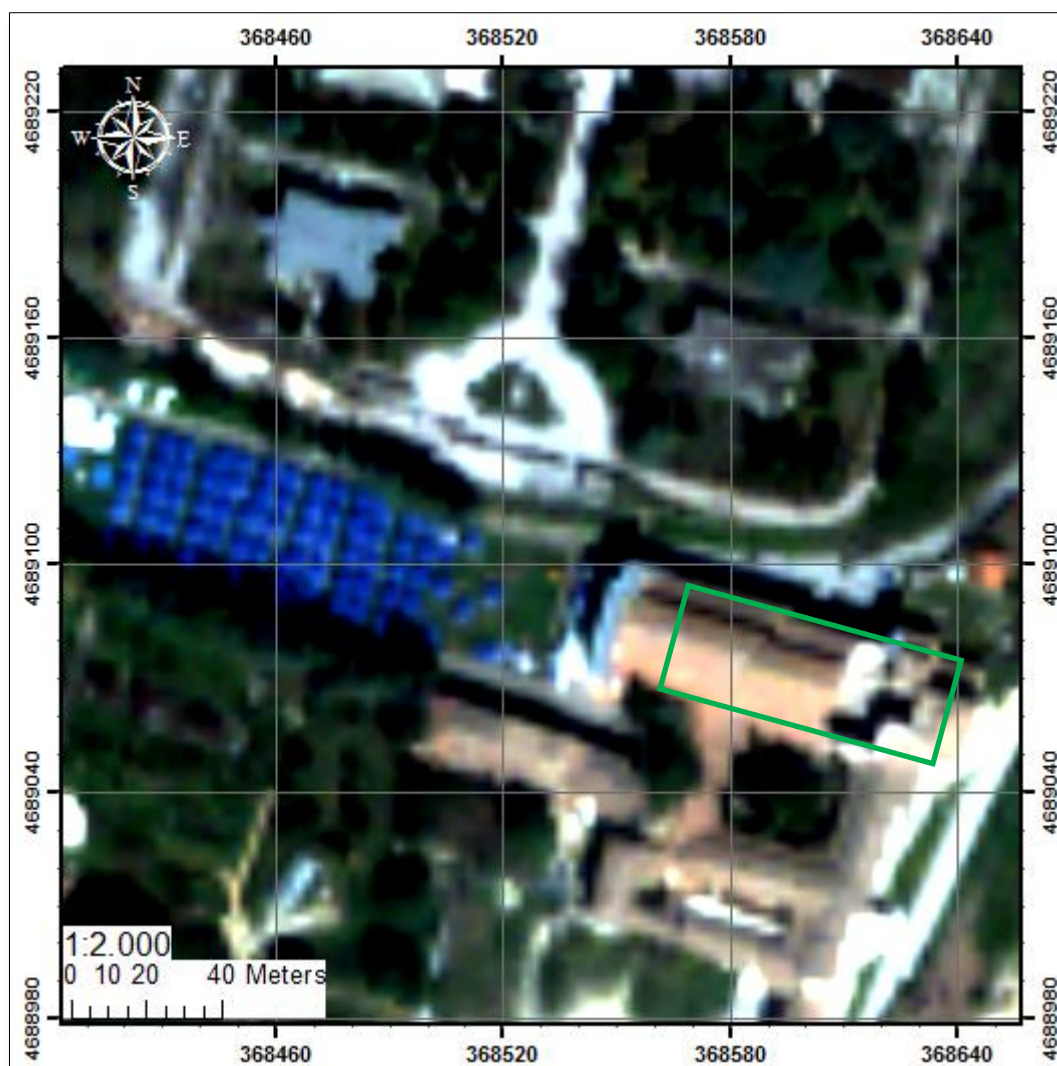
Εικόνα 65. Κτίρια που κατέρρευσαν στο νοτιοδυτικό τμήμα της πόλης.

Η περιοχή που απεικονίζεται στην εικόνα 65 οροθετείται νοτιοδυτικά της πόλης (στο τμήμα Β,6 της εικόνας 59). Διακρίνονται δυο περιοχές (κόκκινα πλαίσια) στις οποίες έχουν καταρρεύσει κτίρια και έχουν μετατραπεί σε άμορφες μάζες. Οι περιοχές αυτές διαφέρουν χρωματικά από την ευρύτερη περιοχή, έχουν ακαθόριστο σχήμα και παρουσιάζουν μεγαλύτερη φωτεινότητα.



Εικόνα 66. Τμηματική απεικόνιση του νοτίου τμήματος της Λ' Άκουλα.

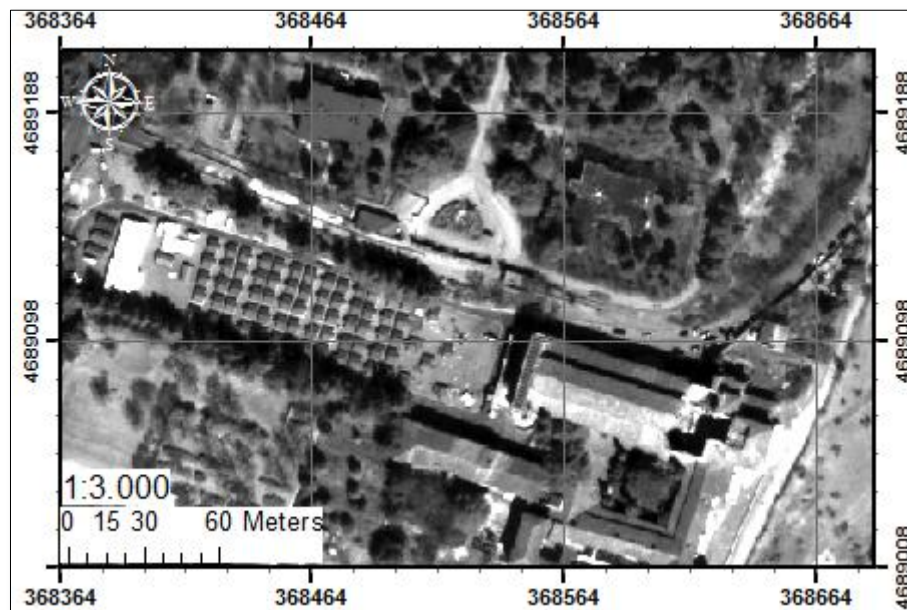
Τμηματική απεικόνιση του νοτίου τμήματος της πόλης Λ' Άκουλα είναι η εικόνα 66 (τμήμα Β,8 της εικόνας 59). Εντοπίζονται τρεις περιοχές που έχουν υποστεί κατάρρευση οι οποίες έχουν ακανόνιστο σχήμα και είναι ιδιαίτερα φωτεινές (Οι περιοχές τονίζονται με κόκκινο πλαίσιο).



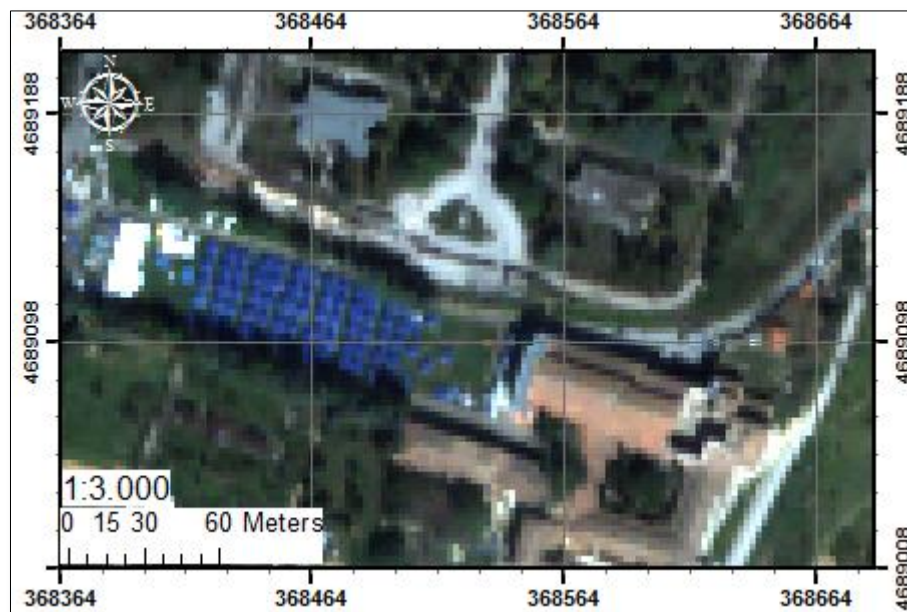
Εικόνα 67. Η εκκλησία Santa Maria di Collemagio.

Η εικόνα 67 απεικονίζει νότιο ανατολικό τμήμα της πόλης (D,7 και D,8 της εικόνας 59). Διακρίνεται η εκκλησία Santa maria di Collemagio που κατασκευάστηκε το 1287 και είναι ένα από τα σημαντικότερα μνημεία της πόλης. Παρατηρείται πως ο σεισμός του 2009 προκάλεσε μεγάλη καταστροφή και συγκεκριμένα την κατάρρευση του ανατολικού τμήματος της εκκλησίας(πράσινο πλαίσιο), επίσης διακρίνεται στα δυτικά της εκκλησίας ο προσωρινός καταυλισμός με μπλε σκηνές

9.3.2. Σύγκριση Παγχρωματικής και πολυφασματικής δορυφορικής εικόνας



Εικόνα 68. Παγχρωματική απεικόνιση της Santa Maria di Collemagio.



Εικόνα 69. Πολυφασματική απεικόνιση με χρωματική σύνθεση 3,2,1 της Santa Maria di Collemagio.

Η εικόνα 68 αποτελεί τμήμα της παγχρωματικής εικόνας του Quickbird μετά το σεισμό του 2009 με διακριτική ικανότητα 0,6m. Απεικονίζεται σε επίπεδα του γκρι και η φωτεινότητα του έχει σχέση με την αντανάκλαστικότητα της επιφάνειας.

Η εικόνα 69 αποτελεί τμήμα της πολυφασματικής εικόνας του Quickbird και είναι χρωματική σύνθεση των καναλιών 3-2-1. Έχει διακριτική ικανότητα 2,4 μέτρα.

Οι εικόνες 68 και 69 έχουν την ίδια κλίμακα απεικονίζουν τη Santa Maria di Collemagio και τη γύρω περιοχή. Στο χώρο δυτικά της εκκλησίας έχουν στηθεί σκηνές για τη στέγαση των σεισμοπαθών.

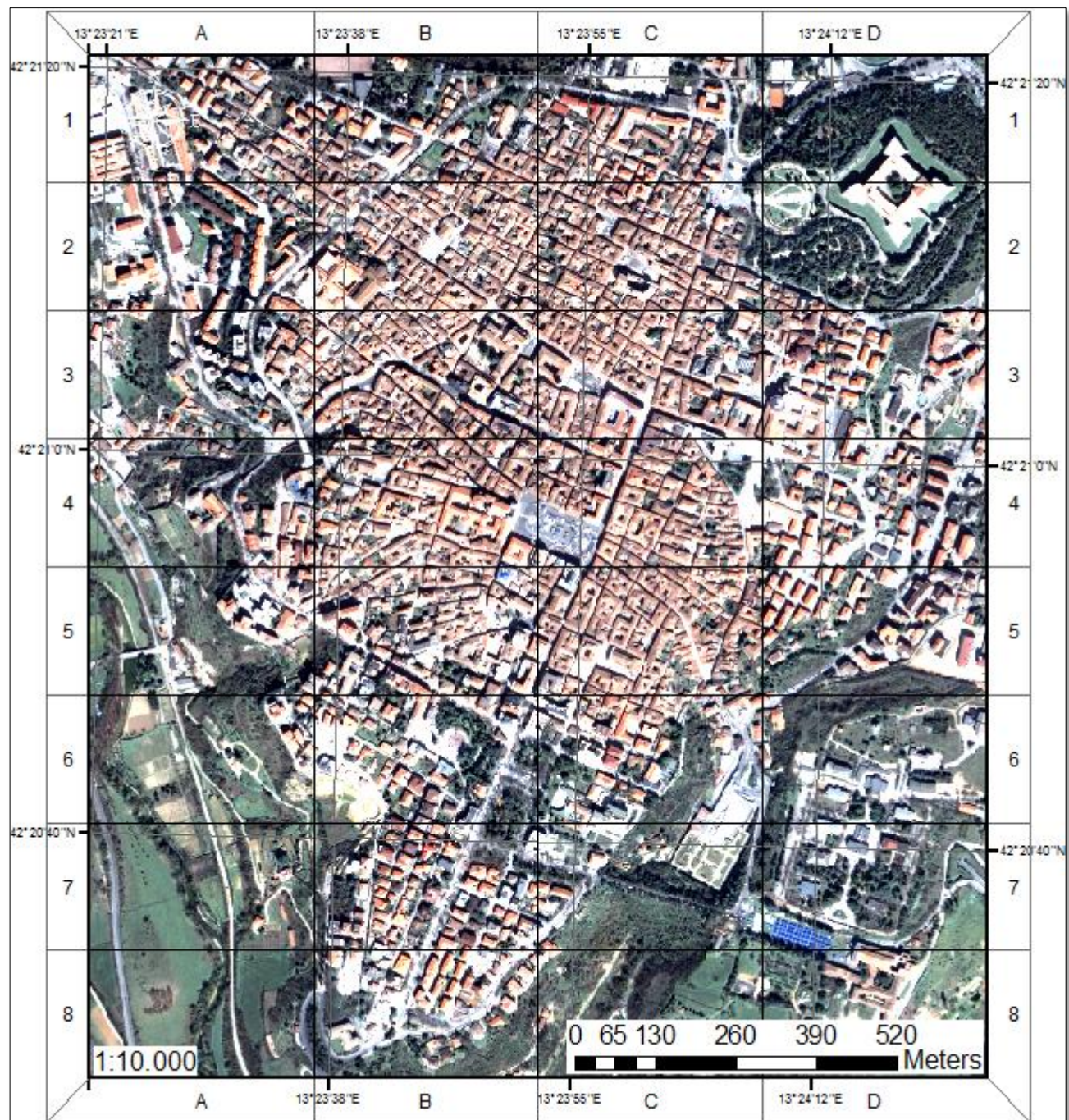
Τα πλεονεκτήματα της παγχρωματικής εικόνας είναι ότι διακρίνονται περισσότερες λεπτομέρειες όπως η υψηλή βλάστηση, οι σκηνές και η καταστροφή που έχει υποστεί η εκκλησία. Το μειονέκτημα είναι ότι οι γκρίζες επιφάνειες στην πραγματικότητα είναι γκαζόν όμως εύκολα μπορούν να χαρακτηριστούν σαν γυμνό έδαφος. Τα πλεονεκτήματα της πολυφασματικής εικόνας σε χρωματικό συνδυασμό 3-2-1 είναι ότι απεικονίζεται σε φυσικά χρώματα και είναι πιο φιλικό προς το χρήστη. Το βασικό μειονέκτημα είναι η χαμηλή διακριτική ικανότητα 2,6m.

9.4 Συγχώνευση δορυφορικών δεδομένων

Ο συνδυασμός της φασματικής πληροφορίας της πολυφασματικής εικόνας με την αυξημένη χωρική πληροφορία της παγχρωματικής εικόνας είναι σημαντικός για την μεγιστοποίηση της χρηστικότητας και αποδοτικότητας των δορυφορικών εικόνων. Η συγχώνευση ψηφιακών εικόνων (image merge ή pansharpening) εφαρμόζεται ευρέως σε διάφορους τομείς της τηλεπισκόπησης. Οι διάφορες τεχνικές επιτρέπουν το συνδυασμό εικόνων διαφορετικής χωρικής, φασματικής και χρονικής διακριτικότητας με απώτερο στόχο την αύξηση των δυνατοτήτων ερμηνείας και της απόκτησης αξιόπιστων αποτελεσμάτων από την επεξεργασία των εικόνων.

Ειδικότερα, η συγχώνευση εικόνας μεγάλης χωρικής ανάλυσης με εικόνα μεγάλης φασματικής ανάλυσης, δημιουργεί μία νέα σύνθετη εικόνα, η οποία έχει τα καλύτερα χαρακτηριστικά από κάθε αρχική και επιτρέπει την κατά το δυνατόν καλύτερη εκμετάλλευση των πληροφοριών που περιέχει.

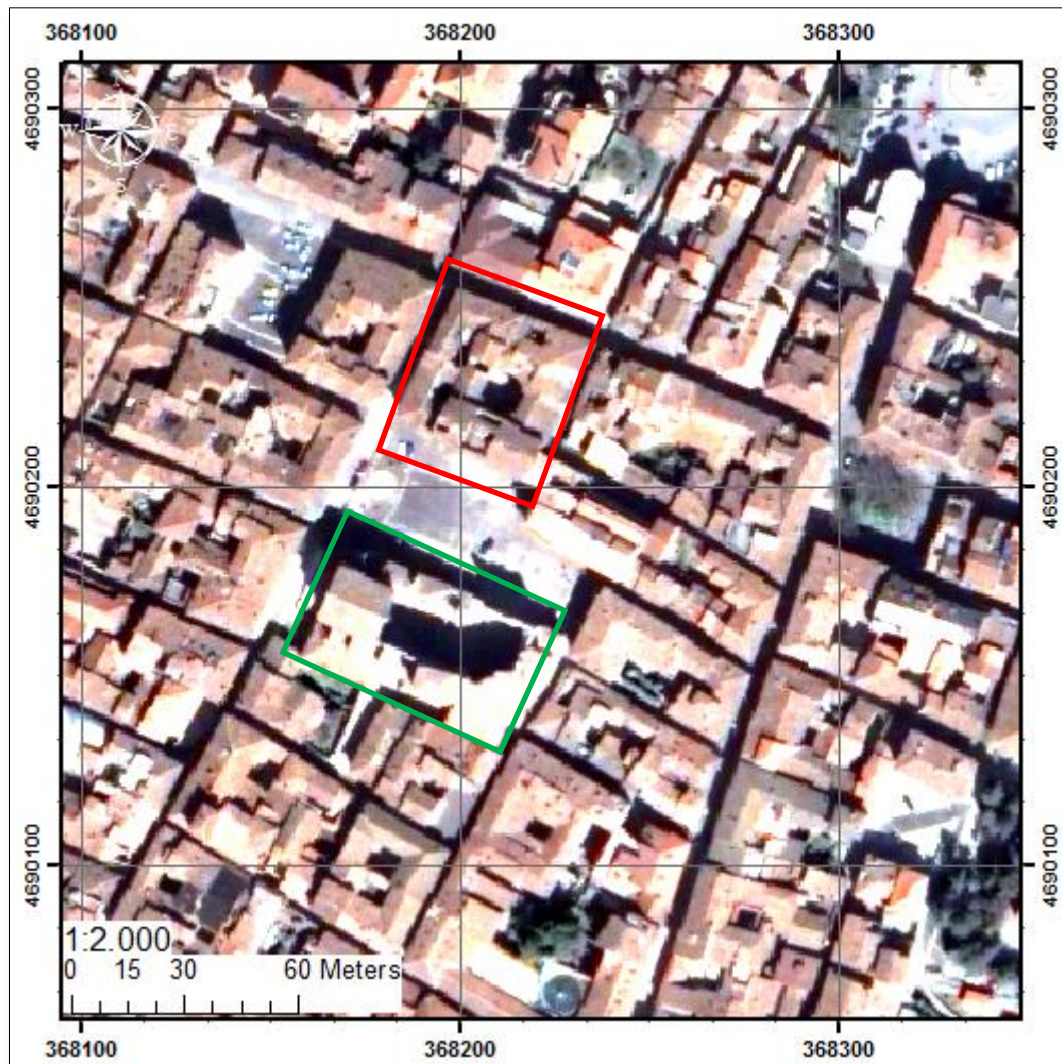
9.4.1 Αναγνώριση των καταστροφών με την χρήση συνδυασμού πολυφασματικής και παγχρωματικής εικόνας



Εικόνα 70. Ευρετήριο. Συνένωση παγχρωματικού (0,6m) με πολυφασματικό (2,8m) κανάλι εικόνας Quickbird για την περιοχή της Λ'Ακουίλα.

Η εικόνα 70 δημιουργήθηκε από το συνδυασμό παγχρωματικής δορυφορικής εικόνας με διακριτική ικανότητα 0,6m και πολυφασματικής δορυφορικής εικόνας με

διακριτική ικανότητα 2,8m του δορυφόρου QuickBird. Η νέα εικόνα έχει τα χαρακτηριστικά των πολυφασματικών και την διακριτική ικανότητα των παγχρωματικών. Για αυτό το λόγο τα κτίρια που έχουν υποστεί καταστροφές εντοπίζονται ευκολότερα.



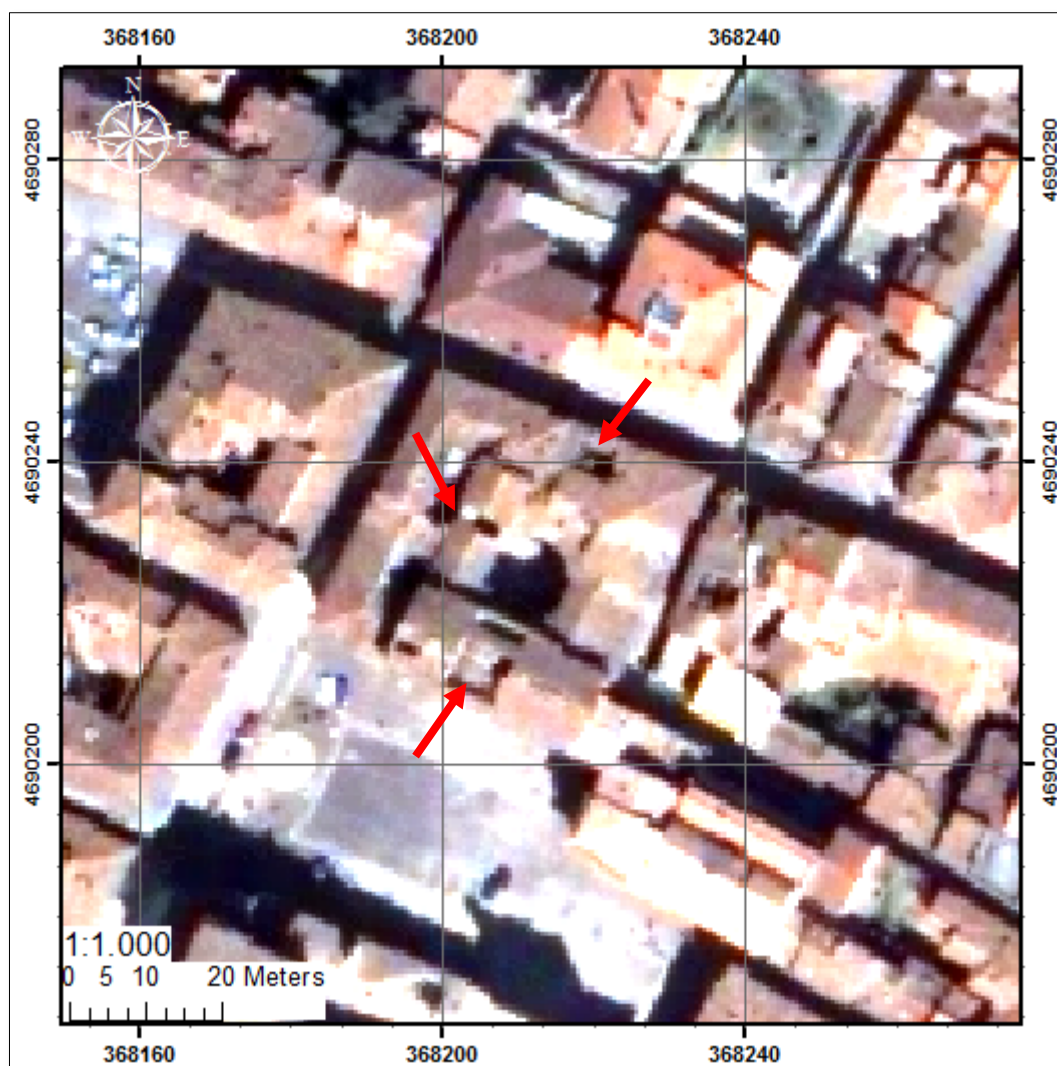
Εικόνα 71. Η εκκλησία Santa Maria Paganica και Palazzo Ardinghelli.

Η περιοχή στην εικόνα 71 βρίσκεται στο βόρειο τμήμα της πόλης. Σε αυτή την εικόνα στο πράσινο πλαίσιο διακρίνεται η εκκλησία Santa Maria Paganica και απέναντι από την εκκλησία το κτίσμα Palazzo Ardinghelli (με κόκκινο πλαίσιο)
Αναλυτικά έχουμε:



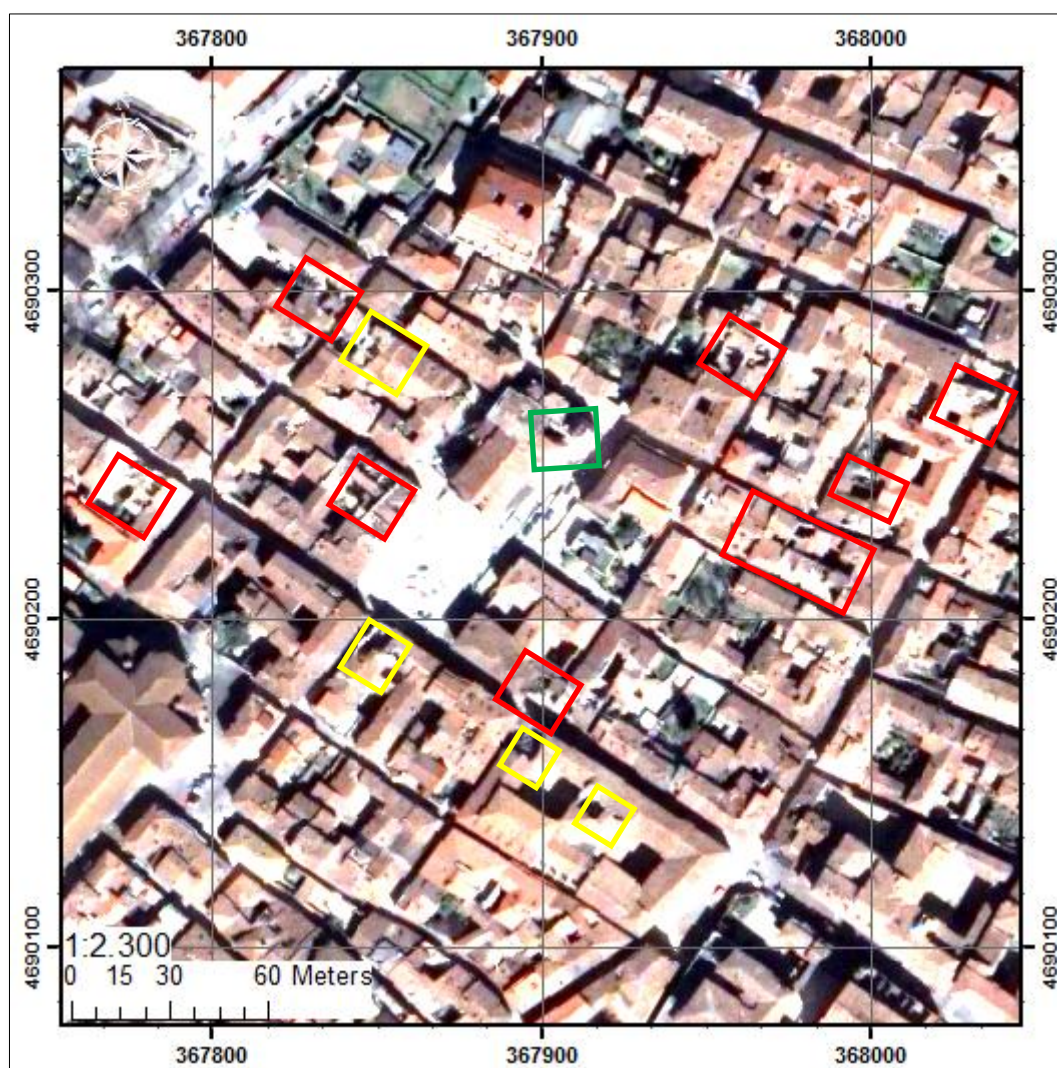
Εικόνα 72. Η εκκλησία Santa Maria Paganica.

Στην εικόνα 72 απεικονίζεται η εκκλησία Santa Maria Paganica. Η κατασκευή της ανάγεται στα πρώτα χρόνια του δέκατου τέταρτου αιώνα όπως μαρτυρεί και η ημερομηνία 1308 που είναι χαραγμένη στο επιστύλιο της πύλης. Η εκκλησία έχει υποστεί πολλές ανακαινίσεις στην πάροδο του χρόνου, ειδικά μετά τους σεισμούς, μεταξύ των οποίων δεν πρέπει να παραλείψουμε τον καταστροφικό σεισμό 1703. Ο σεισμός του 2009 προκάλεσε στην εκκλησία την κατάρρευση της εσωτερικής αψίδας και το σύνολο της οροφής.



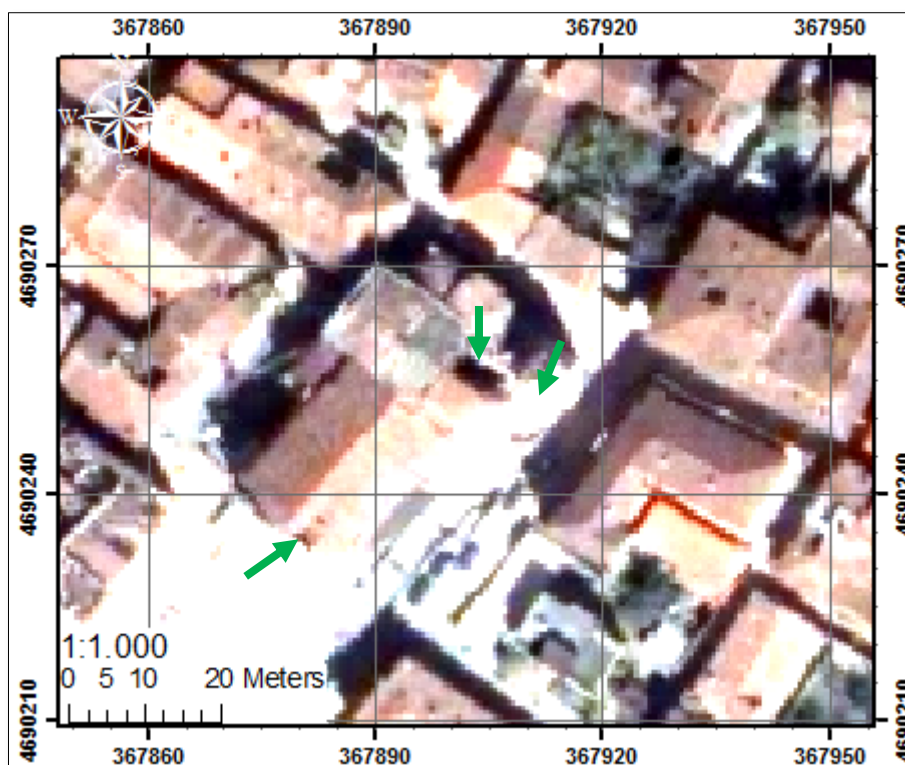
Εικόνα 73. Palazzo Ardinghelli.

Ζημιές έχει υποστεί και το κτίσμα Palazzo Ardinghelli που βρίσκεται στα βόρεια της εκκλησίας Santa Maria Paganica και το βλέπουμε στην εικόνα 73. Το κτίριο Χτίστηκε μεταξύ 1732 και 1743 σε στιλ αναγεννησιακό και ανήκει στην οικογένεια De Rosis. Οι ζημιές που έχει υποστεί το κτίσμα εντοπίζονται κυρίως στην οροφή. Η οροφή του κτηρίου έχει καταρρεύσει σε διάφορα σημεία που επισημαίνονται με κόκκινα βέλη και αυτό διακρίνεται εύκολα επειδή υπάρχει ασυνέχεια στην δομή



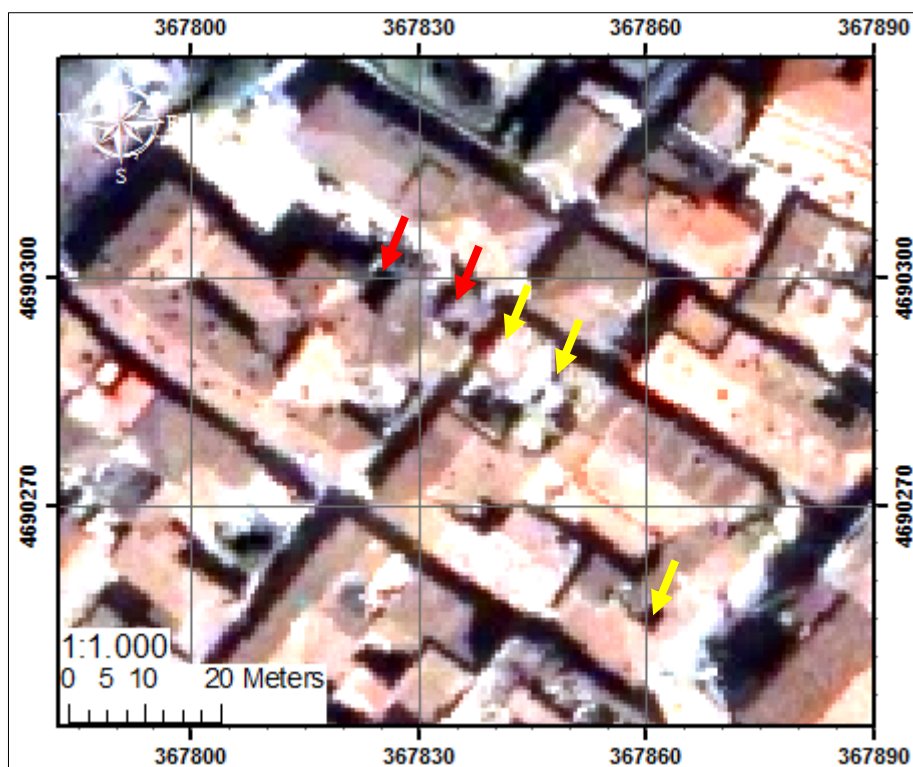
Εικόνα 74. Τμήμα που βρίσκεται βορειοδυτικά της πόλης Λ' Ακουίλας.

Η περιοχή στην εικόνα 74 είναι το βόρειο δυτικό τμήμα της πόλης. Στο κέντρο της εικόνας διακρίνεται η πλατεία του Άγιου Πέτρου (Piazza San Pietro). Στα βόρεια της πλατείας βρίσκεται η ομώνυμη εκκλησία (και πλαισιώνεται με πράσινο χρώμα). Αριστερά και δεξιά της εκκλησίας καθώς επίσης στα νότια της πλατεία υπάρχουν σχολεία και το πανεπιστήμιο της Λ' Ακουίλα (και πλαισιώνονται με κίτρινο χρώμα). Καταστροφές επίσης έχουν υποστεί και άλλα κτίρια στην γύρω περιοχή και τονίζονται με κόκκινο πλαίσιο.



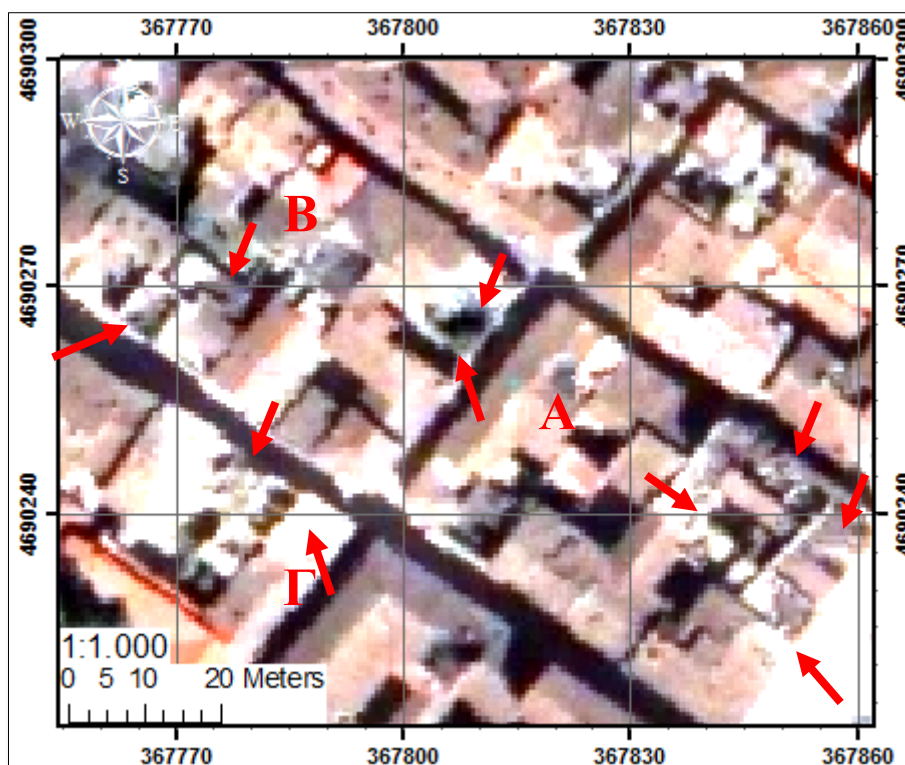
Εικόνα 75. Η εκκλησία του Αγίου Πέτρου.

Στην εικόνα 75 παρατηρείται η εκκλησία του Αγίου Πέτρου που βρίσκεται στα βόρεια της ομώνυμης πλατείας. Η εκκλησία κτίστηκε στο δεύτερο μισό του 13 αιώνα. Κατέρρευσε στο σεισμό του 1703 και οικοδομήθηκε με διαφορετικό σχέδιο. Το 1971 ο αρχιτέκτονας Mario Moretti επανέφερε την εκκλησία στην αρχική της μορφή και στο σεισμό του 2009 υπέστη σοβαρές ζημιές. Στην εικόνα διακρίνονται καταστροφές στο βορειοανατολικό τμήμα της οροφής, στο ιστορικό καμπαναριό που βρίσκεται στα δεξιά της εκκλησίας και ένα τμήμα της πρόσοψης. Τα τμήματα που έχουν υποστεί ζημιές σημειώνονται πάνω στην εικόνα με πράσινα βέλη.



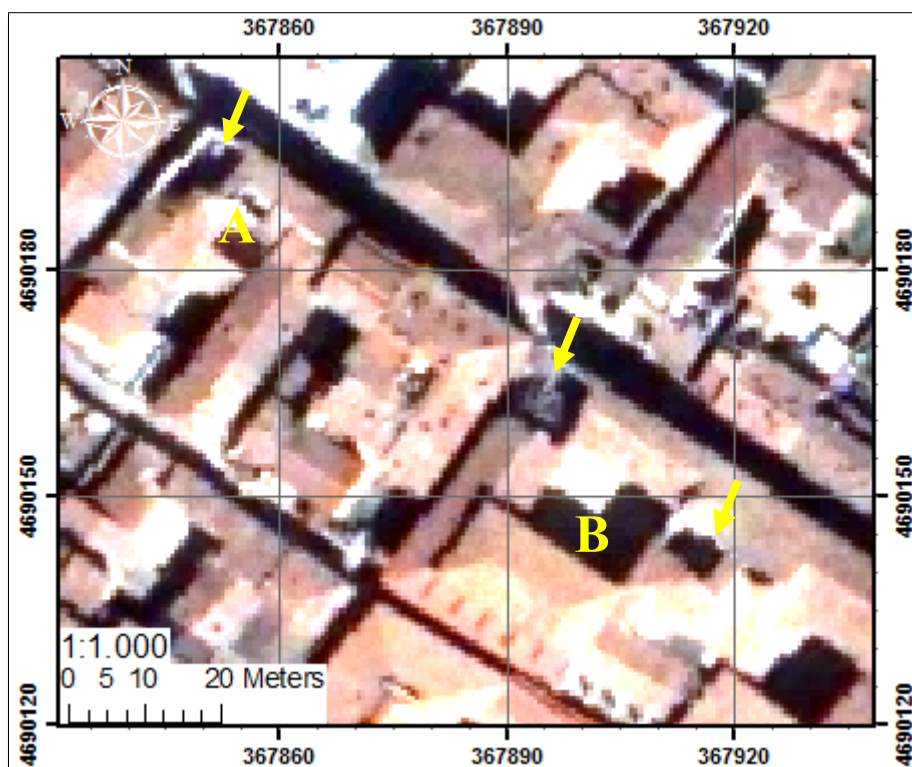
Εικόνα 76. Το σχολείο primaria Di Sassa.

Στην εικόνα 76 διακρίνεται το σχολείο primaria Di Sassa που έχει υποστεί μερική κατάρρευση στο βορειοδυτικό και στο ανατολικό τμήμα της οροφής του. Αριστερά του σχολείου υπάρχει κτίσμα στο οποίο έχει καταρρεύσει η βόρεια πλευρά του. Οι καταρρεύσεις διακρίνονται από την ασυνέχεια που παρουσιάζουν οι οροφές των κτιρίων.



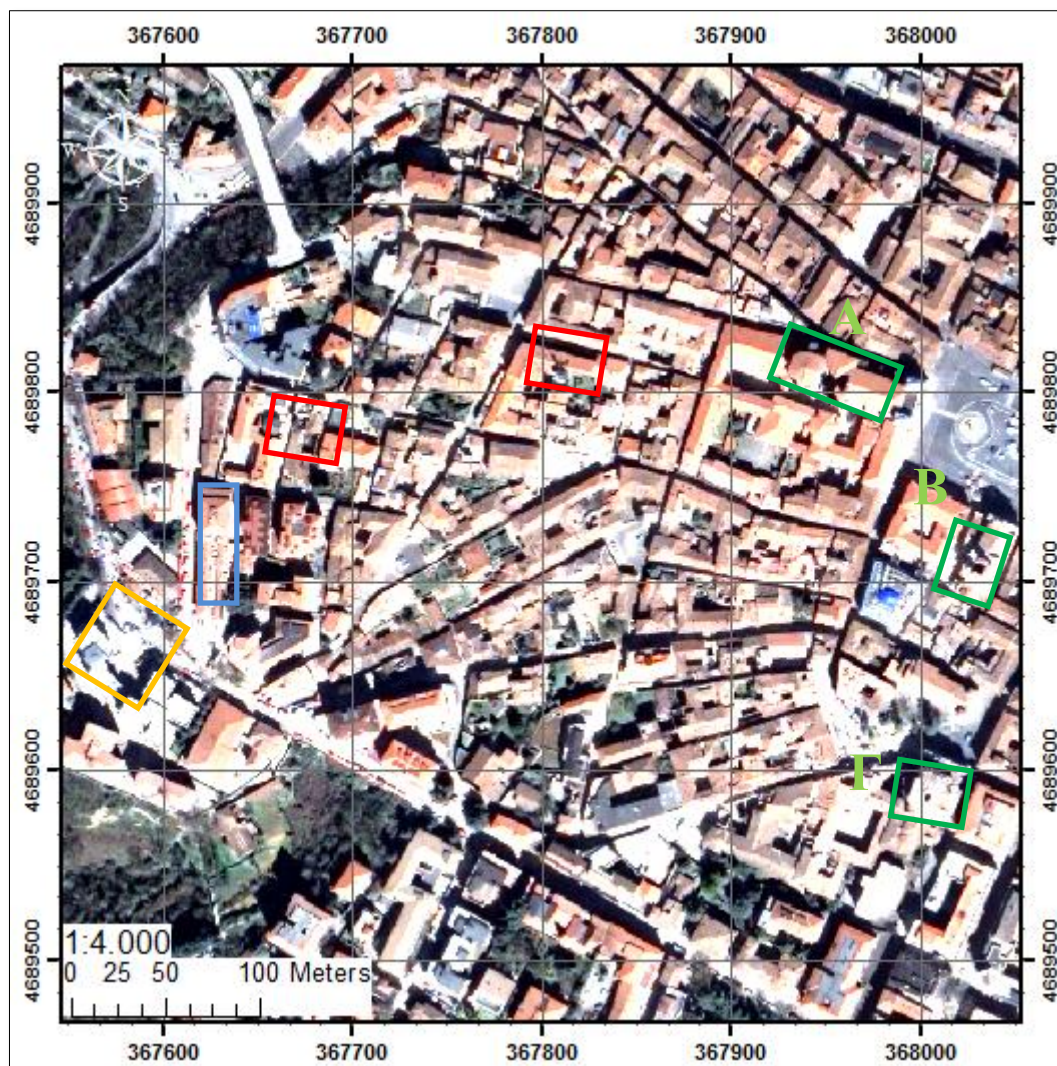
Εικόνα 77. Τμήμα της πόλης.

Το τμήμα που απεικονίζεται στην εικόνα 77 είναι ένα τμήμα της εικόνας 74. Στα αριστερά της πλατείας του Αγίου Πέτρου διακρίνεται το κτίσμα Α, πρόκειται για ένα χώρο εστίασης La tavern di san Vincenzo του οποίου έχει καταρρεύσει η βόρεια και Ανατολική πλευρά, η κατάρρευση του φαίνεται από την ασυνέχεια και ανομοιομορφία σε σχέση με το υπόλοιπο κτίσμα που διατηρεί την αρχική του κατάσταση. Αριστερά από τον χώρο εστίασης υπάρχει ένα συγκρότημα κατοικιών Β το οποίο έχει υποστεί καταστροφές, στη βορειοανατολική και στη νοτιοδυτική πλευρά του έχει καταρρεύσει τμήμα της οροφής του και διακρίνονται οι εσωτερικοί του χώροι. Νότια του συγκροτήματος που προαναφέρθηκε υπάρχει κτίσμα Γ που έχει εκτεταμένες ζημιές στην βορειοανατολική πλευρά του. Διακρίνεται ασυνέχεια στην οροφή του κτίσματος και διακρίνονται οι εσωτερικοί χώροι του κτίσματος.



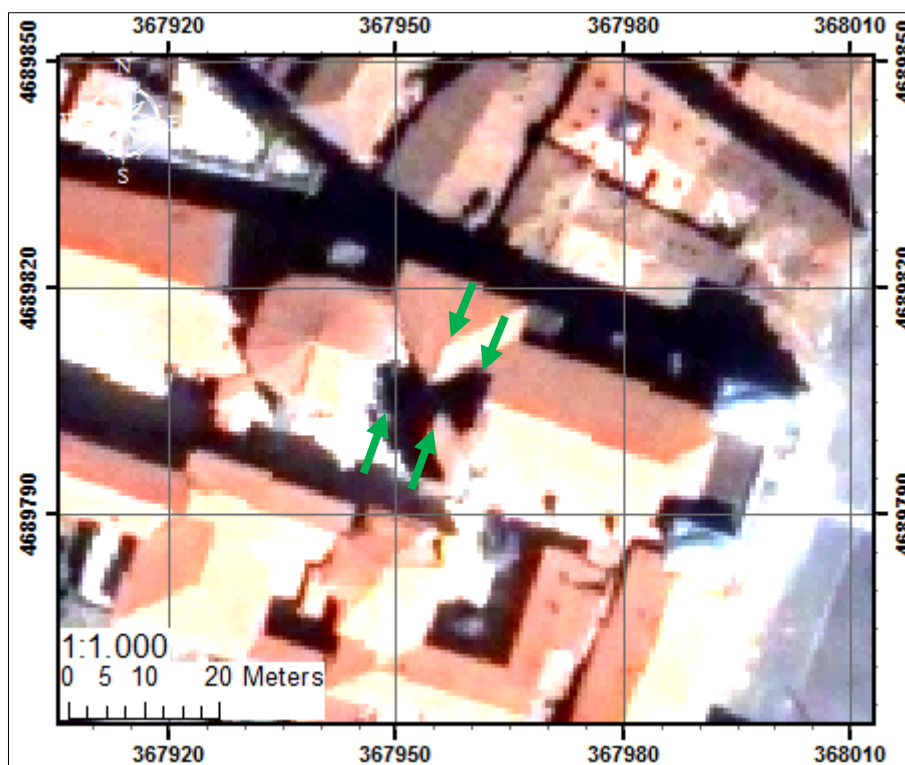
Εικόνα 78. Το σχολικό κτίριο Storia e Metodologie Compareate και το πανεπιστήμιο της Λ' Άκουλα.

Η περιοχή της εικόνας 78 είναι τμήμα της εικόνας 74 και διακρίνονται το σχολικό κτίριο Storia e Metodologie Compareate (A) και το πανεπιστήμιο της Λ' Άκουλα (B). Στο κτίσμα Storia e Metodologie Compareate παρατηρείται πως τη οροφή του στην βορειοδυτική πλευρά έχει καταρρεύσει και στο πανεπιστήμιο της Λ' Άκουλα παρατηρείται κατάρρευση στο βόρειο δυτικό τμήμα του και στην οροφή που βρίσκεται στο κέντρο του κτιρίου.



Εικόνα 79. Περιοχή του κέντρου της Λ' Ακουίλα.

Τμηματική άποψη της πόλης Λ' Ακουίλα. Διακρίνονται καταστροφές που έγιναν στο κέντρο της πόλης. Με πράσινο απεικονίζονται οι ιστορικές εκκλησίες της πόλης που έχουν υποστεί καταστροφές. Με Α είναι η εκκλησία του Αγίου Γεωργίου και Μάχιμου, Β η εκκλησία Santa Maria del Suffragio και με Γ η εκκλησία του Αγίου Αυγουστίνου. Με κόκκινο απεικονίζεται κτίσμα που έχει καταρρεύσει, με μπλέ χρώμα είναι η τράπεζα Cr Firenze Finanziario που έχει υποστεί ζημιές και το κτίσμα που περικλείεται από το πορτοκαλί ορθογώνιο είναι η φοιτητική εστία.



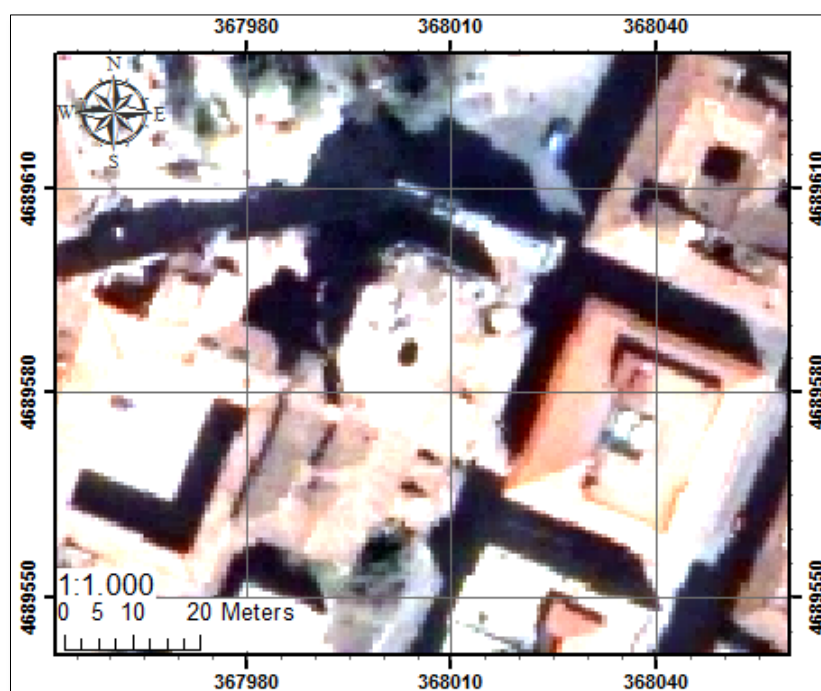
Εικόνα 80. Η εκκλησία του Αγίου Γεωργίου και Μάξιμου.

Η εικόνα 80 είναι τμήμα της εικόνας 79 και απεικονίζει την εκκλησία του Αγίου Γεωργίου και Μάξιμου (Α). Έχει κτιστεί τον 13 αιώνα, κατά-στράφηκε ολοσχερώς από τον σεισμό του 1703 και τα έργα ανοικοδόμηση διήρκησαν περίπου 70 χρόνια με συνεχές αλλαγές στα αρχικά σχέδια. Στο σεισμό του 2009 η εκκλησία υπέστη αρκετές ζημιές. Έχει καταρρεύσει ένα μεγάλο τμήμα της οροφής κοντά στον τρούλο και ο αριστερός τοίχος της εκκλησίας. Για την αποκατάσταση του μνημείου το συνολικό κόστος είναι 14.500.000 ευρώ και ο χρόνος που χρειάζεται για την αποπεράτωση του έργου είναι περίπου 5 χρόνια.



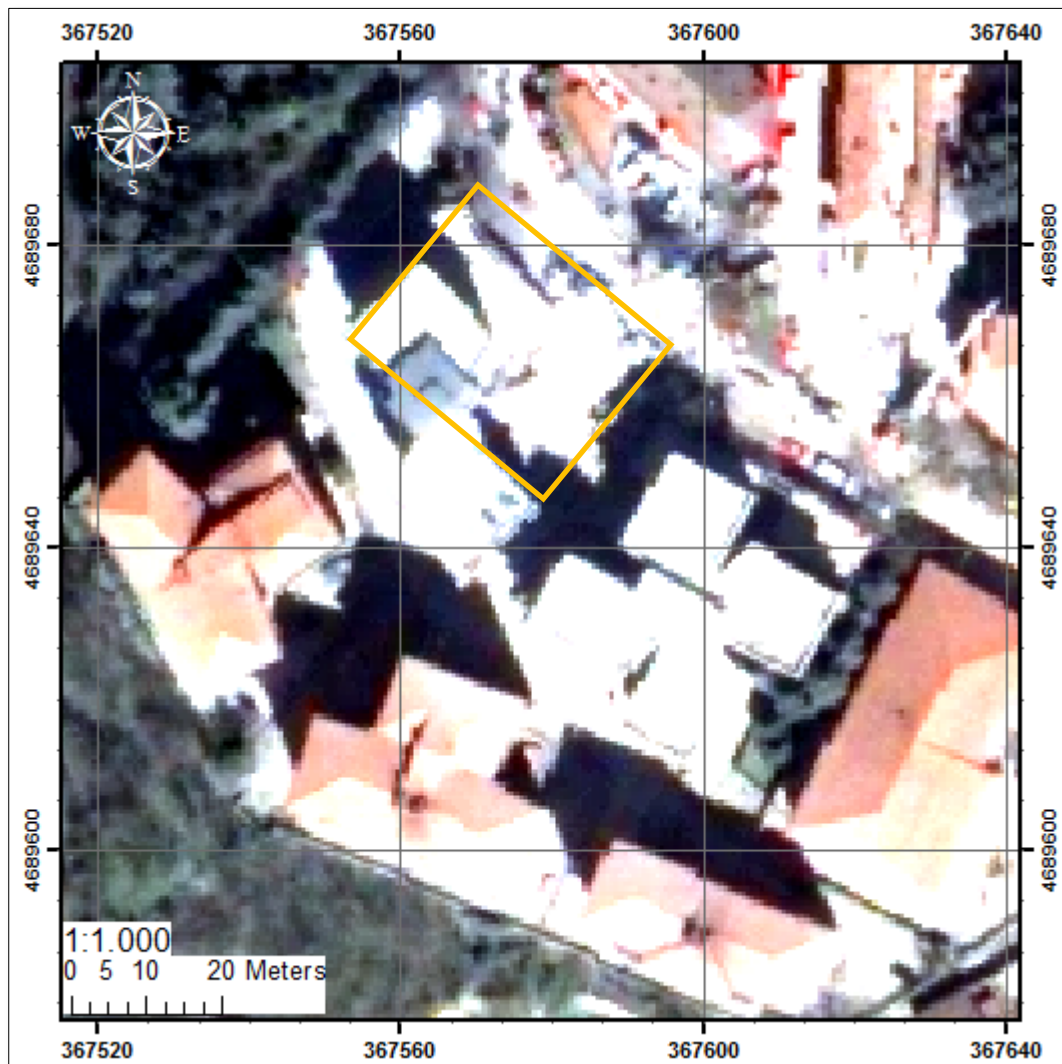
Εικόνα 81. Η εκκλησία Santa Maria del Suffragio.

Στην εικόνα 81 διακρίνεται η εκκλησία Santa Maria del Suffragio (Β στην εικόνα 79) η οποία κατασκευάστηκε τον 18 αιώνα. Από το σεισμό του 2009 υπέστη σοβαρές ζημιές και ένα τμήμα του τρούλου έχει καταρρεύσει. Για την αποκατάσταση του μνημείου θα χρειαστούν 4 χρόνια και το κόστος ανέρχεται στα 6.000.000 ευρώ



Εικόνα 82. Η εκκλησία του Αγίου Αυγουστίνου.

Η εικόνα 82 είναι τμήμα της εικόνας 79. Απεικονίζεται η εκκλησία του Άγιου Αυγουστίνου και διακρίνονται ζημιές στον τρούλο της.



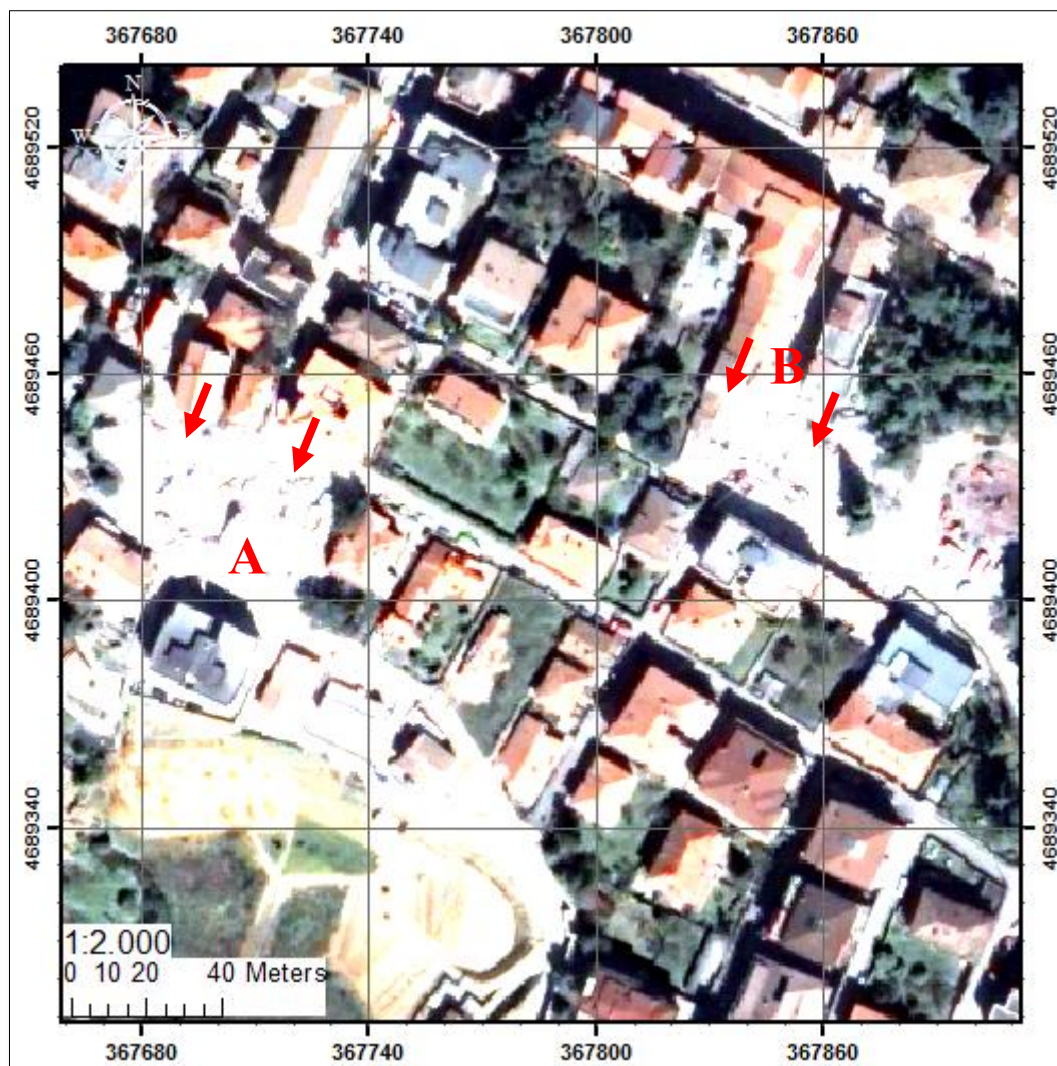
Εικόνα 83. Οι φοιτητικές εστίες.

Η εικόνα 83 είναι τμήμα της εικόνας 79 και διακρίνονται οι φοιτητικές εστίες οι οποίες βρίσκονται στο νοτιοδυτικό τμήμα της πόλης. Ένα τμήμα του κτιρίου έχει υποστεί ολική κατάρρευση και χαρακτηριστικά διακρίνονται τα ερείπια που περιβάλλονται με πορτοκαλί πλαίσιο.



Εικόνα 84. Νότιο τμήμα της Λ' Ακουλα.

Η εικόνα 84 είναι τμηματική άποψη του νοτίου τμήματος της Λ' Ακουλα. Αναλυτικά διακρίνονται πέντε περιοχές που έχουν υποστεί τα κτίσματα κατάρρευση (κόκκινα πλαίσια)



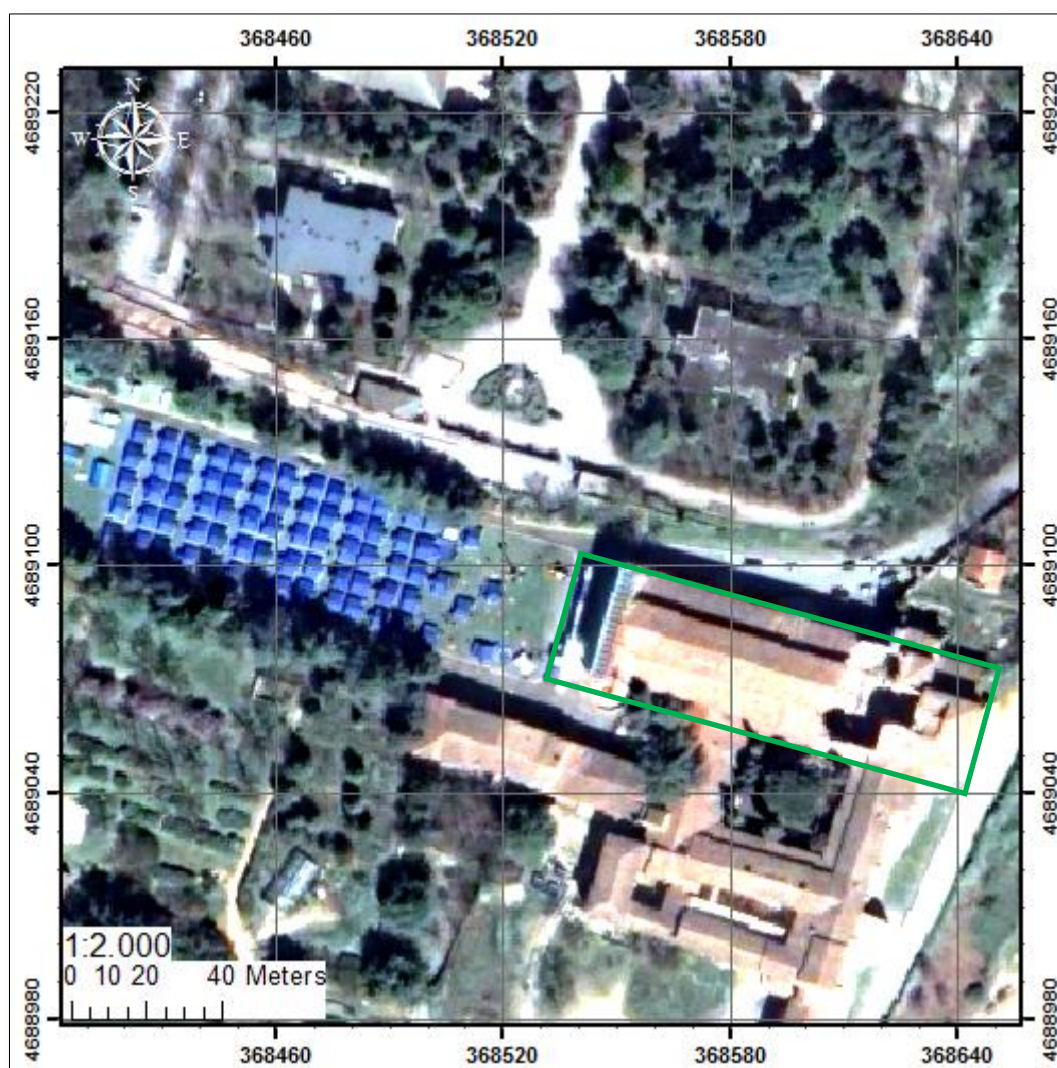
Εικόνα 85. Τμήμα της εικόνας 84.

Η εικόνα 85 αποτελεί τμήμα της εικόνας 84. Διακρίνονται οι περιοχές Α και Β στις οποίες τα κτίσματα έχουν καταρρεύσει. Τα κτίρια που έχουν καταρρεύσει παρουσιάζουν υψηλή φωτεινότητα και δεν ακολουθούν την δομή των άλλων κτιρίων.



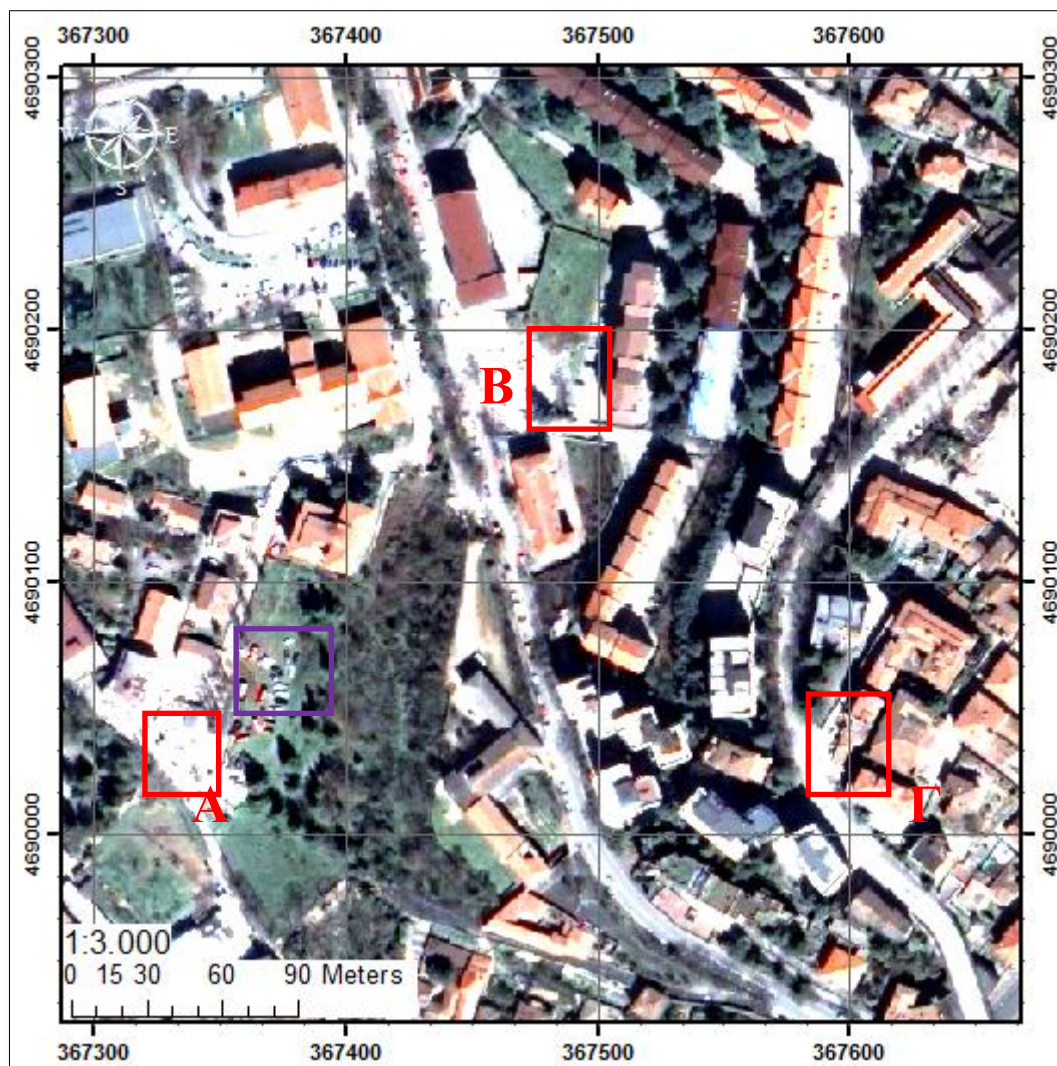
Εικόνα 86. Νότιο τμήμα της πόλης.

Η εικόνα 86 αποτελεί τμήμα της εικόνας 84. Διακρίνονται οι περιοχές Γ, Δ και Ε στις οποίες τα κτίσματα έχουν καταρρεύσει. Τα κτίρια που έχουν καταρρεύσει παρουσιάζουν υψηλή φωτεινότητα και δεν ακολουθούν την δομή των άλλων κτιρίων.



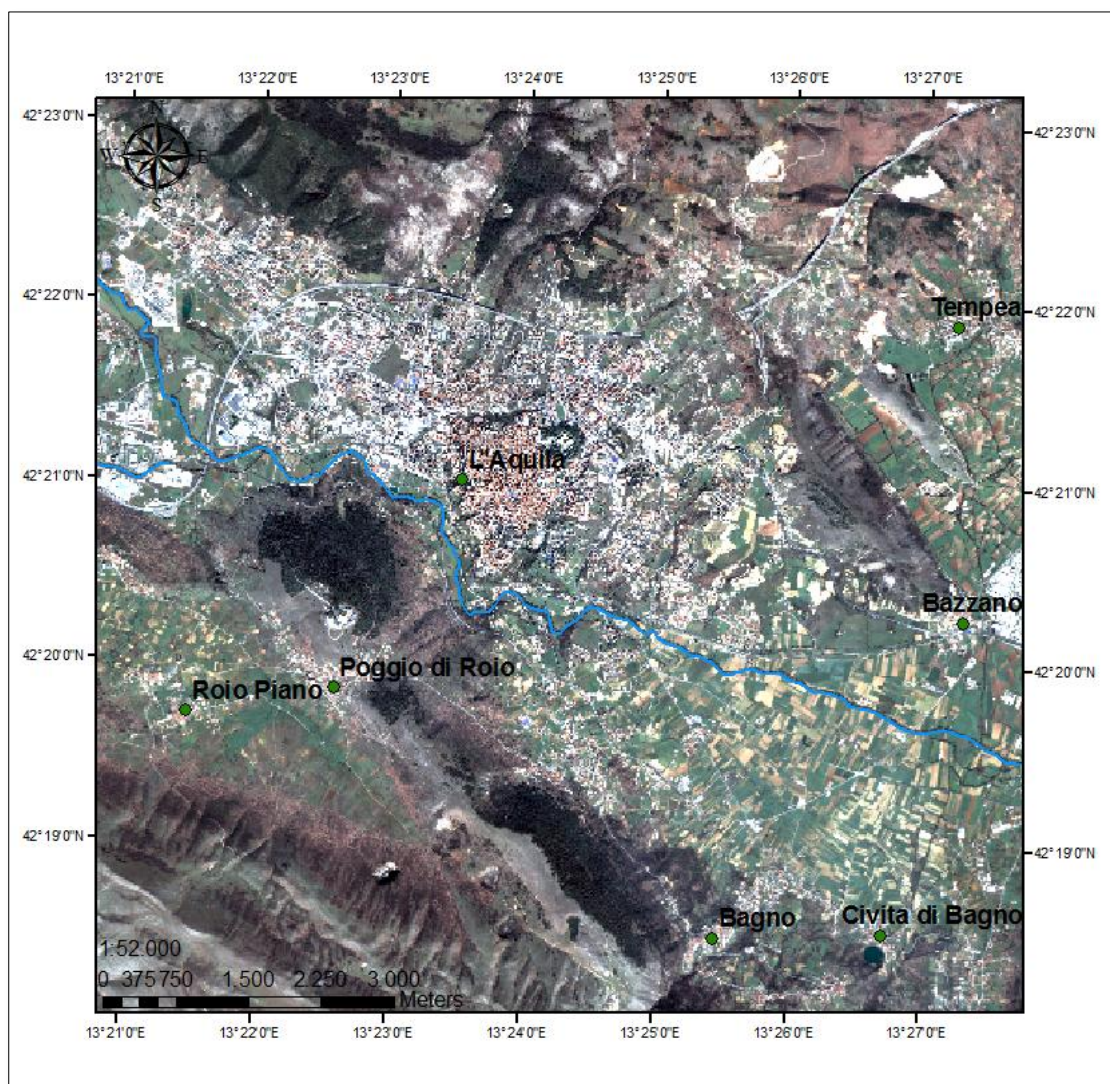
Εικόνα 87. Η εκκλησία Santa maria di Collemagio.

Η εκκλησία στην εικόνα 87 είναι η Santa maria di Collemagio που βρίσκεται στο νότιο ανατολικό τμήμα της πόλης. Κατασκευάστηκε το 1287 και είναι ένα από τα σημαντικότερα μνημεία της πόλης. Ο σεισμός του 2009 προκάλεσε μεγάλη καταστροφή και συγκεκριμένα κατέρρευσε το ανατολικό τμήμα της εκκλησίας. Επίσης στην εικόνα παρατηρείται ότι στα δυτικά της εκκλησίας έχουν στηθεί 70 σκηνές από τα σωστικά συνεργεία, για προσωρινή στέγαση των σεισμόπληκτων.

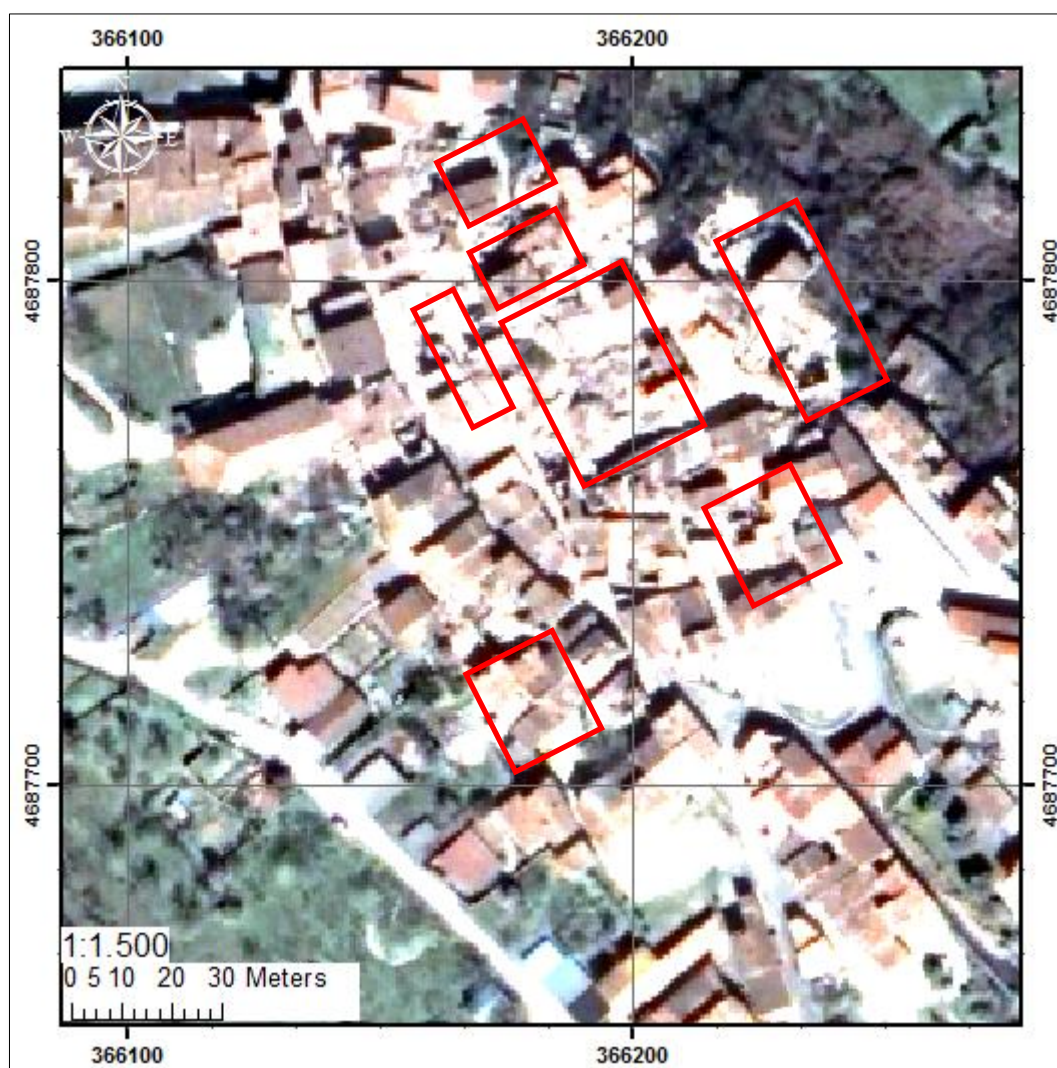


Εικόνα 88. Η περιοχή στα δυτικά της πόλης Λ' Ακουίλα.

Η περιοχή στην εικόνα 88 βρίσκεται δυτικά της πόλης. Τα κτίρια Α και Β έχουν καταρρεύσει και το ξενοδοχείο Duca degli Abruzzi (κτίριο Γ) έχει υποστεί μερική κατάρρευση. Στο μωβ πλαίσιο διακρίνονται τα σωστικά συνεργεία.

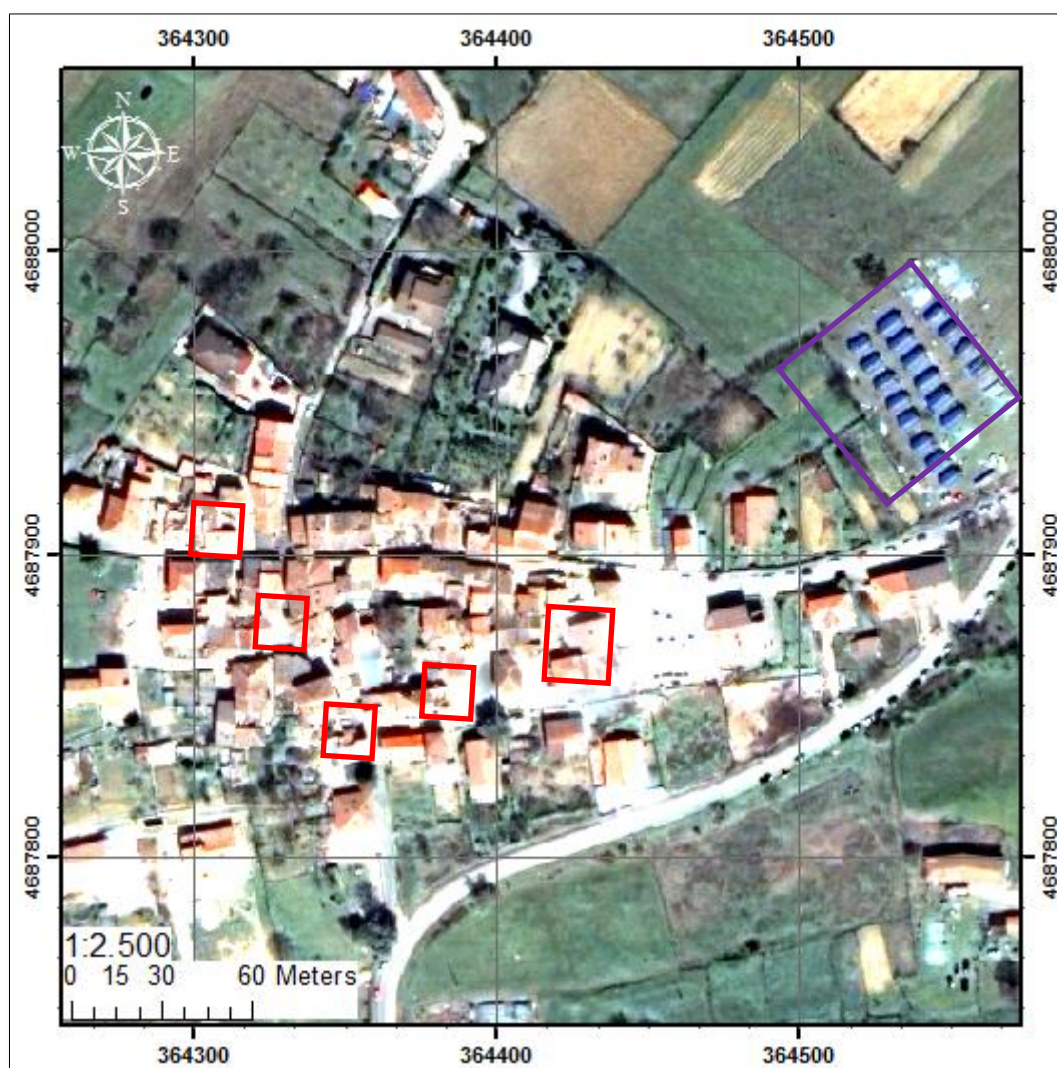


Εικόνα 89. Συγγώνευση παγχρωματικού (0,6m) με πολυφασματικού (2,8m) καναλιού εικόνας Quickbird για την ευρύτερη περιοχή της Λ' Άκουιλα με τους γύρω οικισμούς που υπέστησαν καταστροφές.



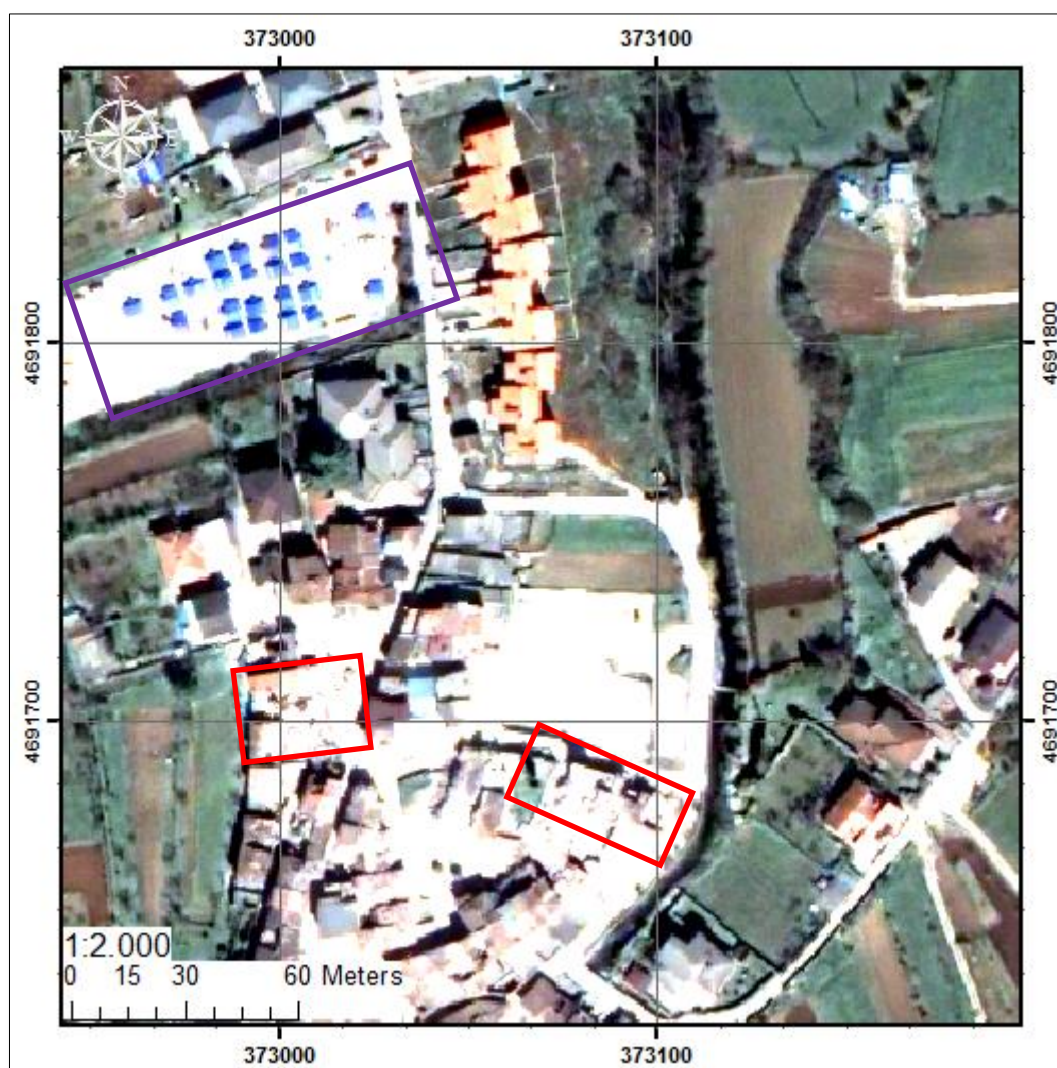
Εικόνα 90. Τμήμα του οικισμού Poggio di Roio.

Η εικόνα 90 είναι ένα τμήμα του οικισμού Poggio di Roio. Ο Οικισμός βρίσκεται νότιο δυτικά της πόλης Λ'Ακουίλας και απέχει 4,4 χιλιόμετρα. Ο οικισμός Poggio di Roio μαζί με τους οικισμούς Roio Piano, Santa Rufina di Roio και Colle di Roio συνθέτουν το χωριό Roio που είναι ένα τμήμα της πόλης Λ' Ακουίλα και έχει πληθυσμό 733 κατοίκους. Στον οικισμό Poggio di Roio υπάρχουν οι εγκαταστάσεις του τμήματος Μηχανικών οικονομίας του πανεπιστήμιου της Λ' Ακουίλας και σχεδόν όλα τα παλιά σπίτια του οικισμού Poggio di Roio έχουν καταρρεύσει.



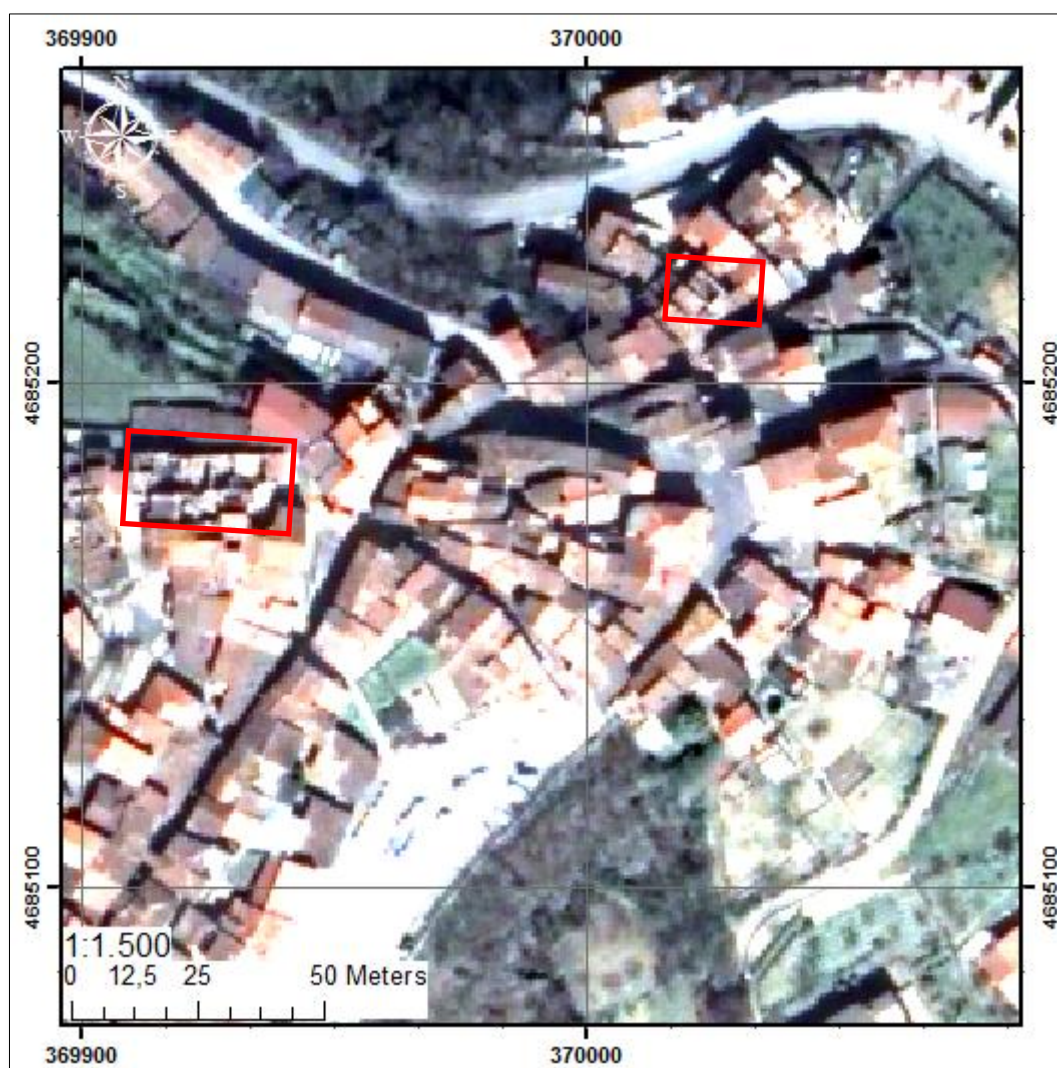
Εικόνα 91. Τμήμα του οικισμού Roio Piano.

Η εικόνα 91 είναι ένα τμήμα του οικισμού Roio Piano. Ο οικισμός βρίσκεται στα δυτικά της πόλης Λ' Άκουλας απέχει από την πόλη 5,67km και έχει 520 κατοίκους. Στον οικισμό δεν υπάρχουν κτίσματα που να έχουν καταρρεύσει αλλά υπάρχουν κτίσματα τα οποία έχουν υποστεί ζημιές και εντοπίζονται στην αντίστοιχη εικόνα με κόκκινα πλαίσια.



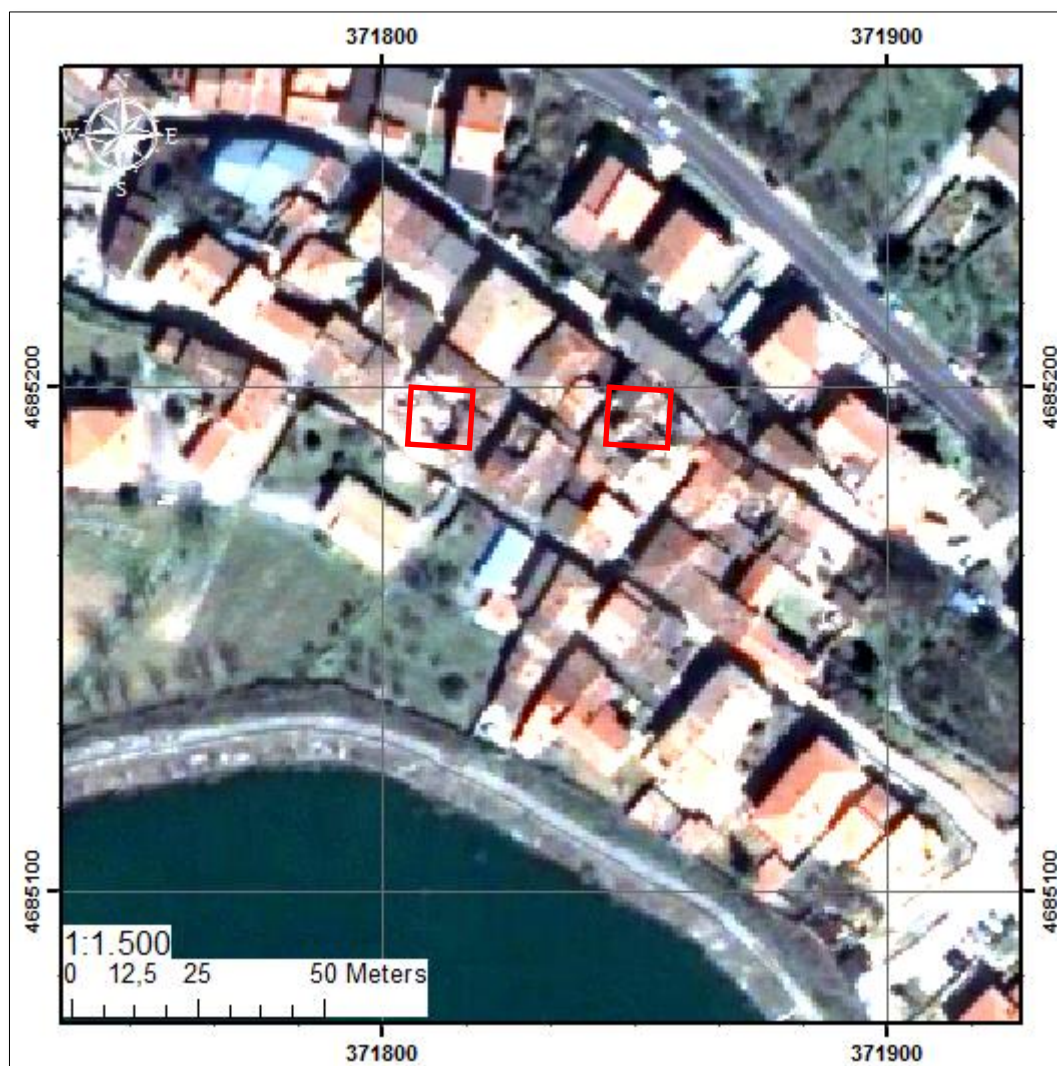
Εικόνα 92. Τμήμα του οικισμού Tempera.

Η εικόνα 92 είναι ένα τμήμα του οικισμού Tempera. Ο οικισμός βρίσκεται βόρειο ανατολικά της Λ' Άκουilas από την οποία απέχει 7 km και έχει περίπου 900 κατοίκους. Οι περιοχές που περικλείονται από κόκκινα πλαίσια είναι κτίρια που έχουν καταρρεύσει. Στο βόρειο τμήμα της εικόνας παρατηρούμε έναν από τους καταυλισμούς, ο οποίος αποτελείται περίπου από 22 σκηνές (μωβ πλαίσιο) και δημιουργήθηκε να στεγάσει προσωρινά τους κατοίκους που επλήγησαν από τον σεισμό.



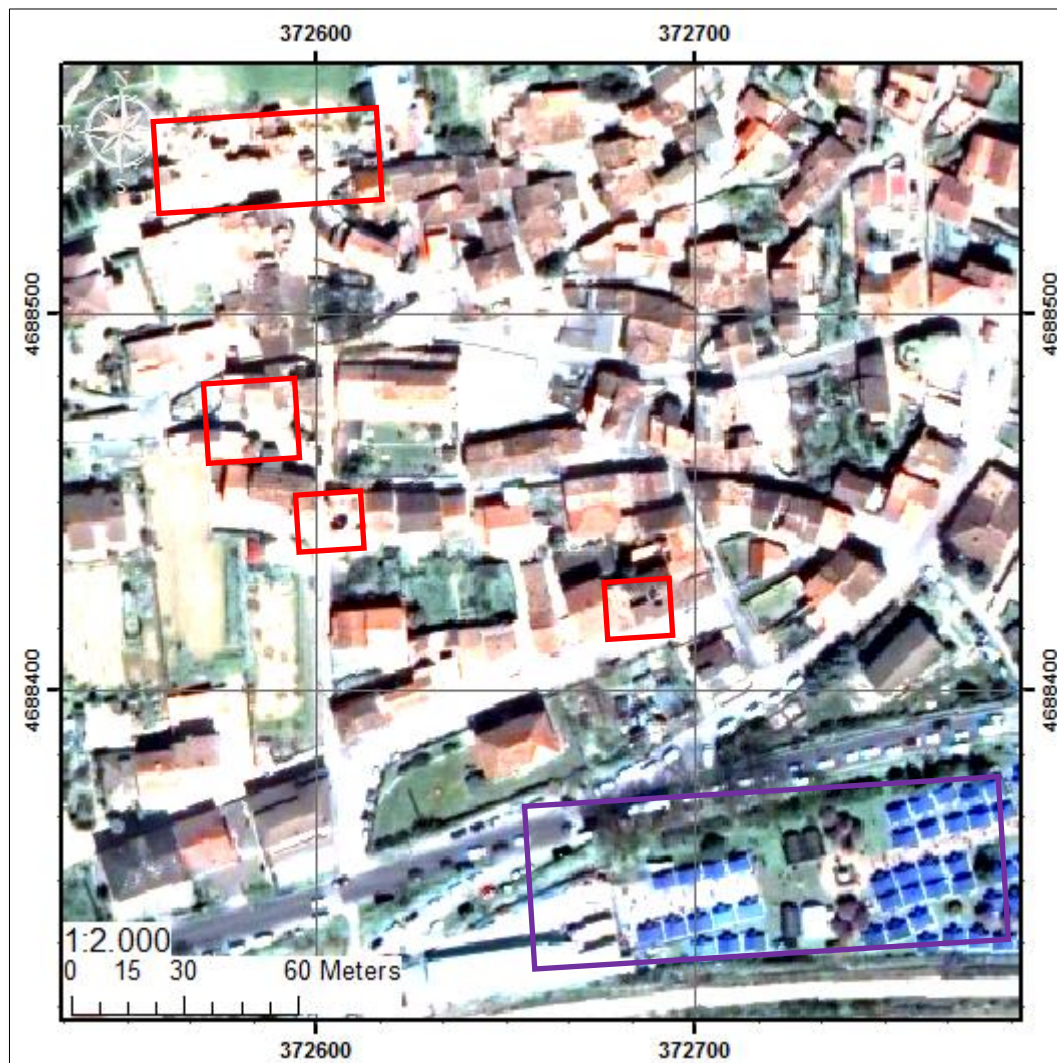
Εικόνα 93. Τμήμα του οικισμού Bango.

Η εικόνα 93 είναι ένα τμήμα του οικισμού Bango. Ο οικισμός Bango βρίσκεται στα νότια της πόλης Λ' Άκουιλα και απέχει από την πόλη 7,25km. Στον οικισμό εντοπίστηκαν δύο οικήματα τα οποία έχουν υποστεί μικρές ζημιές.



Εικόνα 94. Τμήμα του οικισμού Civita di Bagno.

Η εικόνα 94 είναι ένα τμήμα του οικισμού οικισμός Civita di Bagno. Βρίσκεται στα νότια της Λ' Άκουλα και απέχει από αυτή 8,55km. Στον οικισμό κατοικούν 287 κάτοικοι. Στην περιοχή εντοπίστηκαν 2 κτίρια που έχουν υποστεί μερική καταστροφή.



Εικόνα 95. Τμήμα του οικισμού Bazzano.

Η εικόνα 95 είναι ένα τμήμα του οικισμού Bazzano χωροθετείται στα ανατολικά της Λ' Άκουιλα και απέχει από αυτή 7,31 km. Παρατηρείται πως υπάρχουν κτίρια που έχουν καταρρεύσει και κτίρια που έχουν υποστεί ζημιές. Συγκεκριμένα το κτίριο που βρίσκεται βόρεια της εικόνας έχει καταρρεύσει και τρία έχουν υποστεί ζημιές στις οροφές τους. Στο νότιο τμήμα της εικόνας παρατηρείται ο καταυλισμός που αποτελείται από 46 σκηνές και στεγάζει τους πληγέντες.

Πίνακας 7 Είδος εικόνας και κτίρια με καταστροφές.

	Παγχρωματική		Πολυφασματική		Pansharp	
Ολική καταστροφή	20	33,3%	17	47,2%	25	39%
Μερική καταστροφή	40	66,7%	19	52,8%	39	61%
Σύνολο	60	100%	36	100%	64	100%

Τα κτίρια που καταστράφηκαν στην πόλη της Λ' Άκουϊλας και στην ευρύτερη περιοχή από το σεισμό στις 6 Απριλίου 2009 , εντοπίστηκαν μέσω οπτικής ερμηνείας δορυφορικών εικόνων Quickbird και συγκεκριμένα, της παγχρωματικής, πολυφασματικής σε συνδιασμό 3,2,1 και συγχώνευσης της παγχρωματικής με πολυφασματική 3,2,1 εικόνας (pansharp).

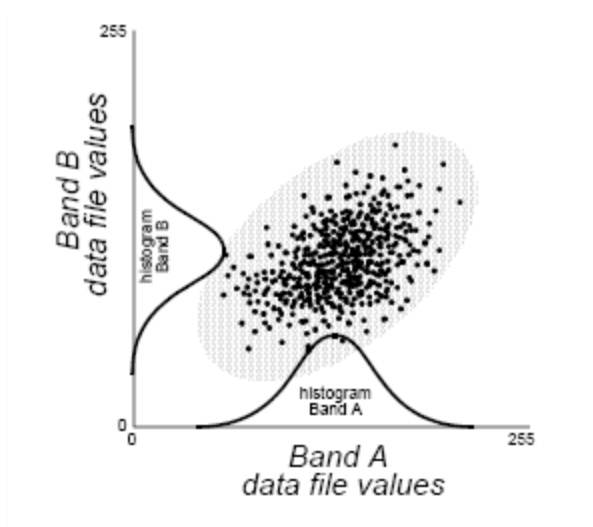
Με την χρήση παγχρωματικής εικόνας εντοπίστηκαν συνολικά 60 κτίρια από τα οποία 20 έχουν υποστεί ολική καταστροφή και 40 μερική καταστροφή. Από την οπτική ερμηνεία της πολυφασματικής 3,2,1 εικόνας εντοπίστηκαν συνολικά 36 κτίρια από τα οποία 17 υπέστησαν ολική κατάρρευση και 19 μερική κατάρρευση. Τέλος με την χρήση Pansharp εικόνας εντοπίστηκαν συνολικά 64 κτίρια από τα οποία 25 κατέρρευσαν και 39 έχουν υποστεί μερικές καταστροφές.

Από την μελέτη του πίνακα 7 προκύπτει ότι με την οπτική ερμηνεία της εικόνας pansharp εντοπίζεται μεγαλύτερο ποσοστό κτιρίων που υπέστησαν μερική ή ολική καταστροφή επειδή συνδυάζει την υψηλή διακριτική ικανότητα της παγχρωματικής και τις ιδιότητες της πολυφασματικής εικόνας.

10. Αναγνώριση των περιοχών που έχουν υποστεί καταστροφές με την μέθοδο ανάλυσης κυρίων συνιστωσών και ερμηνεία βάσει τους στατιστικούς πίνακες.

10.1 Εισαγωγή

Η ανάλυση στις κύριες συνιστώσες χρησιμοποιείται συχνά ως μία μέθοδος για την συμπίεση δεδομένων μετασχηματίζοντας ένα σύνολο από συσχετισμένες μεταβλητές σε ένα νέο σύνολο ασυσχέτιστων μεταβλητών (Jensen 1996, Faust 1989). Η διαδικασία μπορεί να εξηγηθεί εύκολα και παραστατικά σε ένα δισδιάστατο φασματικό χώρο δύο καναλιών A και B μίας δορυφορικής εικόνας στον οποίο παρουσιάζεται η σχέση των ψηφιακών τιμών των δύο καναλιών. Συγκεκριμένα αποδίδεται η κατανομή των ψηφιακών τιμών των εικονοστοιχείων της εικόνας σε ένα δισδιάστατο διάγραμμα διασποράς του οποίου οι άξονες αντιπροσωπεύουν τις ψηφιακές τιμές του κάθε καναλιού. Εάν η κατανομή των ψηφιακών τιμών στο κάθε κανάλι είναι κανονική ή περίπου κανονική τότε το νέφος των σημείων στο δισδιάστατο φασματικό χώρο θα έχει την μορφή έλλειψης ενώ στον τρισδιάστατο χώρο (τρία κανάλια θα έχει την μορφή ελλειψοειδούς. (erdas field guide 2010.p. 492)



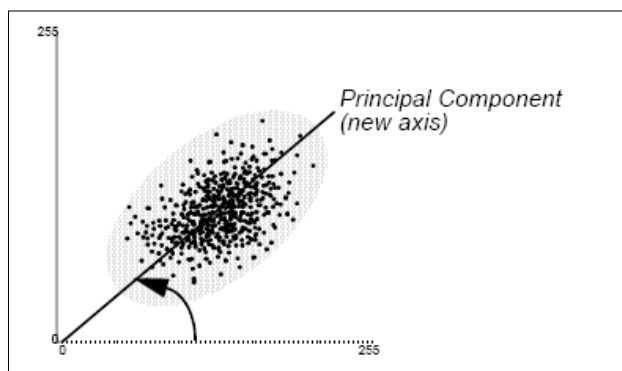
Εικόνα 96. Διάγραμμα διασποράς των ψηφιακών τιμών δυο καναλιών A και B. το νέφος των σημείων έχει την μορφή έλλειψης όταν η κατανομή είναι κανονική ή περίπου κανονική. (ERDAS, 2010).

Για την εκτέλεση του μετασχηματισμού των κυρίων συνιστωσών, οι άξονες του φασματικού χώρου περιστρέφονται αλλάζοντας τις συντεταγμένες του κάθε εικονοστοιχείου στο φασματικό χώρο, καθώς επίσης και τις τιμές των δεδομένων. Αυτό γίνεται εισάγοντας n-ιστογράμματα των n-εικόνων στον αλγόριθμο της

ανάλυσης των κύριων συνιστωσών αυτός ο αλγόριθμος υπολογίζει τις n κύριες συνιστώσες, οι οποίες είναι ουσιαστικά ορθογώνια ανύσματα σε ένα χώρο n -διαστάσεων, που οριοθετείται στις διευθύνσεις της μέγιστης διακύμανσης. Τα εξαγόμενα αυτού του βήματος είναι οι προβολές των συντελεστών των n -καναλιών, στις τελικές n -κύριες συνιστώσες. Οι καινούριοι άξονες είναι παράλληλοι με τους άξονες της έλλειψης (Lillesand & Kiefer, 2000)

10.2 Η πρώτη κύρια συνιστώσα

Το μήκος και ο προσανατολισμός της πιο πλατιάς τομής της έλλειψης υπολογίζονται αλγεβρικά. Η τομή που ανταποκρίνεται στο μεγαλύτερο άξονα της έλλειψης ονομάζεται πρώτη κύρια συνιστώσα των δεδομένων. Η διεύθυνση της πρώτης κυρίας συνιστώσας είναι το πρώτο ιδιοδιάνυσμα, και το μήκος της η πρώτη ιδιοτιμή (Taylor, 1977). Δηλαδή, η πρώτη κύρια συνιστώσα είναι ένα άνυσμα που ακολουθεί την διεύθυνση την μέγιστης διακύμανσης των εικονοστοιχείων της εικόνας, περισσότερο από οποιαδήποτε άλλη συνιστώσα (εικόνα 97).

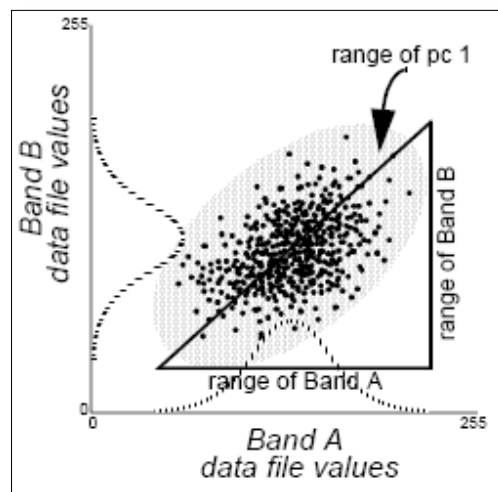


Εικόνα 97. Η πρώτη κύρια συνιστώσα (ERDAS, 2010).

Από την πρώτη κύρια συνιστώσα καθορίζεται ένας καινούριος άξονας του φασματικού χώρου. Στα σημεία του διαγράμματος τώρα δίνονται καινούριες συντεταγμένες που ανταποκρίνονται στους καινούριους άξονες, καθώς οι συντεταγμένες των σημείων αποτελούν τις τιμές των δεδομένων. Μέσα από αυτή την διαδικασία προκύπτουν καινούριες τιμές οι οποίες αποθηκεύονται σε ένα καινούριο αρχείο δεδομένων του καναλιού της πρώτης κύριας συνιστώσας. (erdas field guide 2010, p493)

Η πρώτη κύρια συνιστώσα δείχνει τον προσανατολισμό και το μήκος της μεγαλύτερης τομής της έλλειψης, όπως ένας άξονας του φασματικού χώρου μετρά

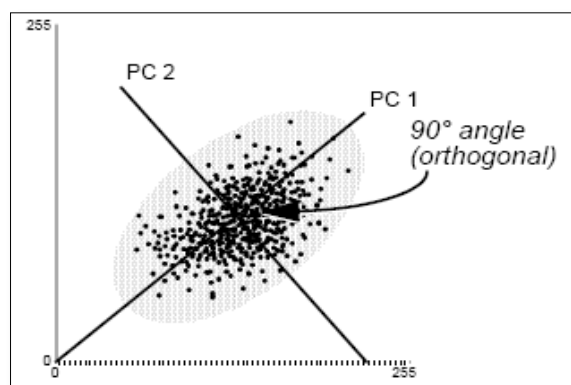
την μεγαλύτερη μεταβολή ανάμεσα στα δεδομένα. Στην εικόνα 98 μπορούμε εύκολα να δούμε ότι η πρώτη ιδιοτιμή θα είναι πάντα μεγαλύτερη από την κύμανση των εισαγόμενων καναλιών.



Εικόνα 98. Το εύρος της πρώτης κύριας συνιστώσας (ERDAS, 2010).

10.3 Η δεύτερη κύρια συνιστώσα

Η δεύτερη κύρια συνιστώσα είναι η πιο πλατιά τομή της έλλειψης που είναι κάθετη στην πρώτη κύρια συνιστώσα. Έτσι περιγράφει το μεγαλύτερο μέρος της μεταβολής των δεδομένων που δεν έχουν ήδη περιγραφεί από την πρώτη κύρια συνιστώσα (Taylor, 1977). Στην ανάλυση σε δύο άξονες η δεύτερη κύρια συνιστώσα ανταποκρίνεται στο μικρότερο άξονα της έλλειψης. Η δεύτερη κύρια συνιστώσα είναι ένα άνυσμα που ευθυγραμμίζεται κατά το μήκος της μέγιστης απομένουσας διακύμανσης των δεδομένων. Για αυτό τον λόγο απομακρύνει το μέγιστο ποσό διακύμανσης των δεδομένων που απομένουν μετά την εφαρμογή της πρώτης συνιστώσας.



Εικόνα 99. Η δεύτερη κύρια συνιστώσα(ERDAS, 2010).

Σε μια εικόνα n-διαστάσεων θα υπάρχουν n-κύριες συνιστώσες. Αν και θεωρητικά μπορούν να υπάρχουν άπειρες κύριες συνιστώσες, μόνο οι πρώτες λίγες κύριες συνιστώσες έχουν σημασία καθώς εξηγούν το μεγαλύτερο ποσό μεταβλητότητας των δεδομένων. Κατά συνέπεια, η ανάλυση σε κύριες συνιστώσες χρησιμεύει για την συμπίεση των δεδομένων μίας εικόνας σε μικρότερο αριθμό καναλιών. Σε ορισμένες εφαρμογές, πολύτιμες πληροφορίες μπορούν να εξαχθούν και από τα κανάλια των κυρίων συνιστωσών με την μικρότερη μεταβλητότητα. Αυτά τα κανάλια μπορούν να αναδείξουν λεπτομέρειες της εικόνας οι οποίες επισκιάζονταν από την υψηλή αντίθεση της αρχικής εικόνας ή ακόμη και να εντοπίσουν θόρυβο στα αρχικά δεδομένα.

Σε μία πολυφασματική εικόνα n-φασματικών καναλιών κάθε εικονοστοιχείο έχει n-ψηφιακές τιμές οι οποίες μπορούν να θεωρηθούν ως συντεταγμένες ενός διανύσματος V. Έτσι, το ιχνοστοιχείο της γραμμής i και της στήλης j μπορεί να παρασταθεί με ένα διάνυσμα V_{ij} με συντεταγμένες:

$$x(i,j,1), x(i,j,2), x(i,j,3), \dots, x(i,j,n)$$

Όπου $x(i,j,1)$ είναι η ψηφιακή τιμή του εικονοστοιχείου στο κανάλι 1 στην γραμμή i, στήλη j, $x(i,j,2)$ είναι η ψηφιακή τιμή του εικονοστοιχείου στο κανάλι 2 στην γραμμή i, στήλη j, κλπ

Η ψηφιακή τιμή $z(i,j,1)$ του εικονοστοιχείου αυτού στην πρώτη κύρια συνιστώσα PC1 θα υπολογιστεί ως ένας γραμμικός συνδυασμός των συντεταγμένων του διανύσματος V_{ij} :

$$z(i,j,1) = a(1,1) x(i,j,1) + a(1,2) x(i,j,2) + \dots + a(1,n) x(i,j,n)$$

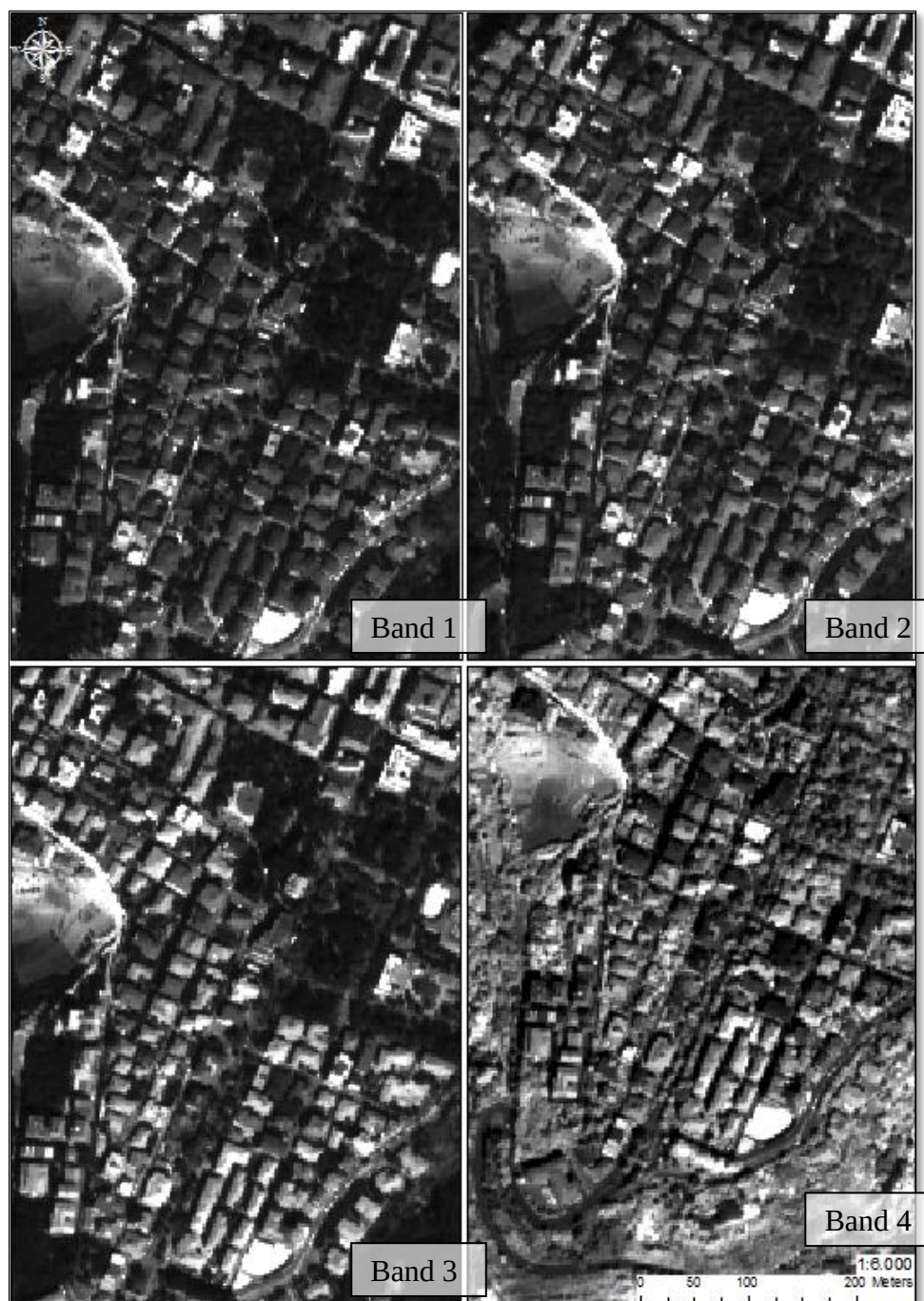
Η διαδικασία ανάλυσης στις κύριες συνιστώσες αποσκοπεί στην εύρεση των συντελεστών $a(1,1), a(1,2), \dots, a(1,n)$ για PC1, $a(2,1), a(2,2), \dots, a(2,n)$ για την PC2 κ.ο.κ

Συνοπτικά, η ανάλυση των κύριων συνιστωσών παρουσιάζει τα εξής πλεονεκτήματα:

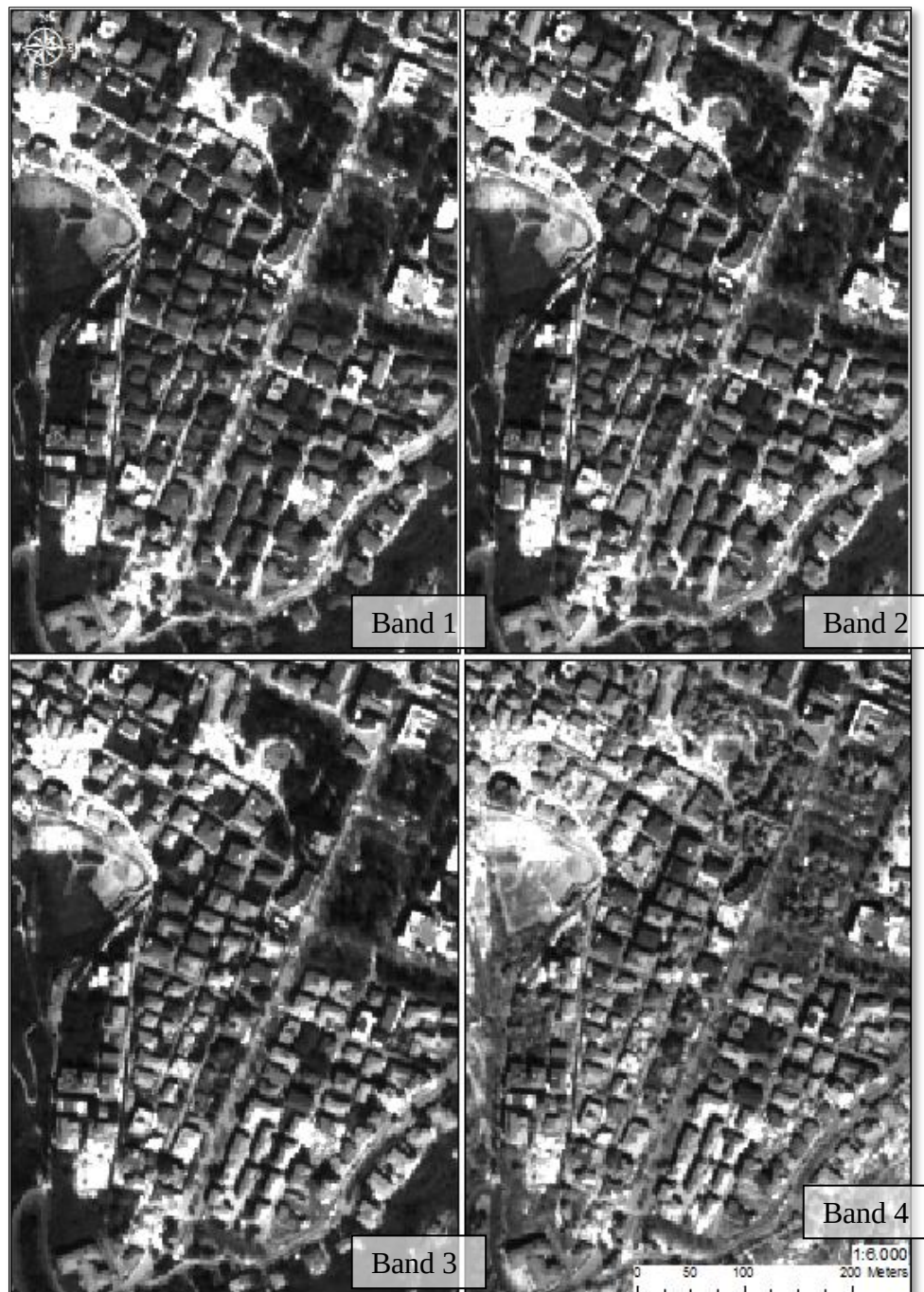
1. Το μεγαλύτερο μέρος της μεταβλητότητας, σε μια σειρά πολυφασματικών δεδομένων «συμπίεζεται» στις δύο πρώτες εικόνες κύριων συνιστωσών.
2. Ο θόρυβος γενικά μεταφέρεται στις λιγότερο συσχετισμένες εικόνες κύριων συνιστωσών.
3. Οι φασματικές διαφορές μεταξύ των υλικών μπορεί να είναι πιο προφανείς στις εικόνες κύριων συνιστωσών απ' ό,τι στις μεμονωμένες φασματικές ζώνες

10.4 Αποτελέσματα από την ανάλυση κυρίων συνιστωσών

Η τεχνική της ανάλυσης των κυρίων συνιστωσών εφαρμόστηκε στα 4 κανάλια πριν την καταστροφή και στα 4 κανάλια μετά την καταστροφή της ανακλώμενης ακτινοβολίας στο νότιο τμήμα της πόλης Λ' Άκουιλας. Δημιουργήθηκε ένα layer stack με τις εικόνες πριν την καταστροφή και τις εικόνες μετά την καταστροφή σύνολο 8 φασματικών ζωνών.



Εικόνα 100. Πολυφασματικές εικόνες πριν το σεισμό 2009 από τον δορυφόρο Quickbird.



Εικόνα 101. Πολυφασματικές εικόνες μετά το σεισμό 2009 από τον δορυφόρο Quickbird.

Εφαρμόστηκε η λειτουργία Principal Component από το μενού του προγράμματος Erdas και προέκυψαν οι οκτώ κύριες συνιστώσες PC1, PC2, PC3, PC4, PC5, PC6, PC7, PC8.

Πίνακας 8. Ιδιοδιανύσματα του πίνακα μεταβλητότητας

		PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7	PC8
πριν	Band 1	0,20671	0,06346	-0,23691	-0,12242	0,38687	0,26477	-0,77732	-0,24111
	Band 2	0,43181	0,18988	-0,40357	-0,21428	0,42858	0,26111	0,53646	0,17042
	Band 3	0,45346	0,18257	-0,40374	-0,22411	-0,58836	-0,42728	-0,13077	-0,04437
	Band 4	0,40354	0,64623	0,47950	0,43295	0,02504	0,00238	-0,03780	-0,01025
μετά	Band 1	0,16682	-0,24732	-0,03263	0,23398	0,25892	-0,38259	-0,24115	0,76395
	Band 2	0,34020	-0,45374	0,00165	0,34692	0,26937	-0,38291	0,17421	-0,55543
	Band 3	0,35885	-0,41976	-0,01811	0,33407	-0,42384	0,62133	-0,02540	0,12945
	Band 4	0,36055	-0,25637	0,62183	-0,64399	0,02476	-0,00988	-0,01759	0,04318

Στον πίνακα 8 παρατηρείται ότι στην εικόνα συνιστώσα 1 (PC1) όλα τα κανάλια συνεισφέρουν θετικά. Στην εικόνα συνιστώσα 2 (PC2) οι φασματικές ζώνες πριν την καταστροφή συνεισφέρουν θετικά με μέγιστη τιμή στη φασματική ζώνη 4 (0,64623) ενώ οι φασματικές ζώνες μετά την καταστροφή συνεισφέρουν αρνητικά με μέγιστη τιμή στη φασματική ζώνη 1 (-0,24732) και είναι η συνιστώσα που θα χρησιμοποιηθεί για τον εντοπισμό των κτιρίων που έχουν υποστεί καταστροφές. Στην εικόνα συνιστώσα 3 (PC3) παρατηρείται ότι οι φασματικές ζώνες 1,2,3 πριν την καταστροφή και 1,3 μετά την καταστροφή συνεισφέρουν αρνητικά ενώ η φασματική ζώνη 4 πριν την καταστροφή και οι φασματικές ζώνες 2 και 4 μετά την καταστροφή συνεισφέρουν θετικά. Οι μέγιστες τιμές παρατηρούνται στις φασματικές ζώνες 4 πριν και μετά την καταστροφή (στο κοντινό υπέρυθρο) με αποτέλεσμα να τονίζεται η βλάστηση. Στην εικόνα συνιστώσα 4 (PC4) οι φασματικές ζώνες 1,2,3 πριν την καταστροφή και 4 μετά την καταστροφή συνεισφέρουν αρνητικά ενώ η φασματική ζώνη 4 πριν την καταστροφή και οι 1,2,3 μετά την καταστροφή συνεισφέρουν θετικά. Στην εικόνα συνιστώσα 5 (PC5) οι φασματικές ζώνες 1,2,4 πριν την καταστροφή και 1,2,4 μετά την καταστροφή συνεισφέρουν θετικά ενώ οι φασματικές ζώνες 3 πριν την καταστροφή και 3 μετά την καταστροφή συνεισφέρουν αρνητικά έτσι το κόκκινο του ορατού θα απεικονίζεται με σκούρες αποχρώσεις. Στην εικόνα συνιστώσα 6 (PC6) οι φασματικές ζώνες 1,2,4 πριν την καταστροφή και η φασματική ζώνη 3 μετά την καταστροφή συνεισφέρουν θετικά ενώ οι φασματική ζώνη 3 πριν την καταστροφή οι φασματικές ζώνες 1,2 και 4 μετά την καταστροφή συνεισφέρουν αρνητικά. Στην εικόνα συνιστώσα 7 (PC7) οι φασματικές ζώνες 1,3 και 4 πριν και μετά την καταστροφή συνεισφέρουν αρνητικά ενώ η 2 πριν και μετά την καταστροφή συνεισφέρουν θετικά. Στην εικόνα συνιστώσα 8 (PC8) συνεισφέρουν αρνητικά οι φασματικές ζώνες 1,3,4 πριν την καταστροφή και η 2 μετά την καταστροφή, ενώ οι

φασματικές ζώνες 2 πριν την καταστροφή και 1,3 και 4 μετά την καταστροφή συνεισφέρουν θετικά.

Πίνακας 9 Ιδιοτιμές του πίνακα μεταβλητότητας

Συνιστώσα	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7	PC8
% μεταβλητότητα	89,58979	5,763857	3,133674	0,770622	0,604891	0,088516	0,036439	0,012206
Ιδιοτιμή	277970,39	17883,53	9722,85	2391,01	1876,80	274,64	113,06	37,87

Στον πίνακα 9 απεικονίζονται οι ιδιοτιμές του πίνακα μεταβλητότητας και είναι το ποσοστό της συνολικής πληροφορίας που περιέχει η κάθε εικόνα. Η εικόνα συνιστώσα 1 περιέχει το 89,59% της συνολικής πληροφορίας, η εικόνα συνιστώσα 2 περιέχει το 5,7% της συνολικής πληροφορίας και είναι η εικόνα που διακρίνονται οι καταστροφές. Η εικόνα συνιστώσα 3 περιέχει το 3% της συνολικής πληροφορίας, η εικόνα συνιστώσα 4 το 0,77% της συνολικής πληροφορίας ενώ η εικόνα συνιστώσα 5 το 0,6%. Οι εικόνες συνιστώσες 6,7,8 τη λιγότερη πληροφορία και είναι συγκεντρωμένος ο θόρυβος της εικόνας.



Εικόνα 102. Περιοχή στην οποία εφαρμόστηκε η μέθοδος ανάλυσης κυρίων συνιστωσών.

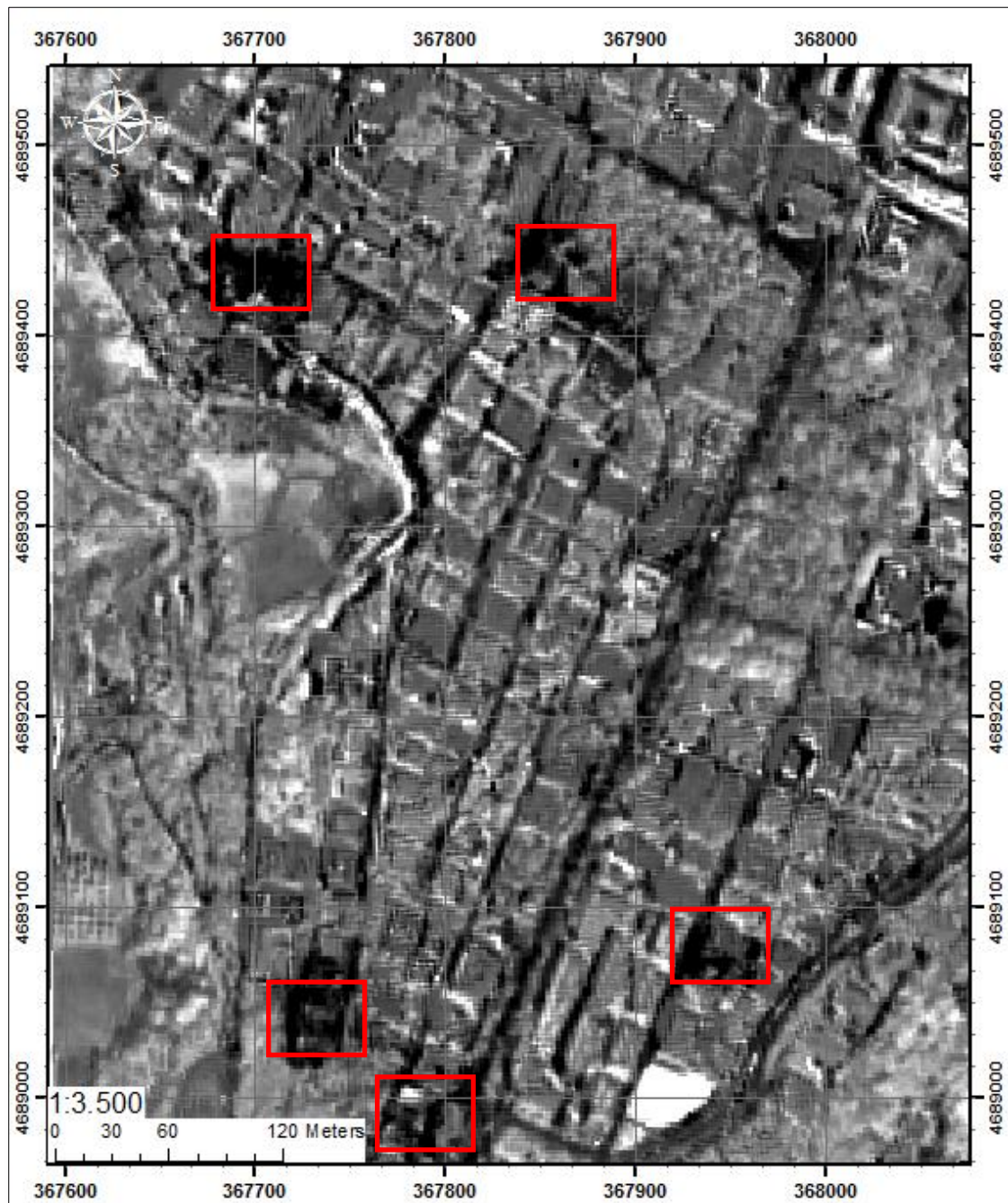
Στην εικόνα 102 απεικονίζεται η ευρύτερη περιοχή μελέτης και το τμήμα που βρίσκεται στο κόκκινο πλαίσιο αναλύθηκε με την μέθοδο ανάλυση κυρίων συνιστωσών στις εικόνες 103 έως 110 με την βοήθεια των τιμών του πίνακα 8 και 9.

Η εικόνα συνιστώσα 1 περιέχει την περισσότερη πληροφορία (89,58%). Στη διαμόρφωσή της συμμετέχουν όλα τα κανάλια με θετικό πρόσημο, ενώ το κανάλι 3 πριν την καταστροφή συμμετέχει σε μεγαλύτερο ποσοστό. Η PC1 τονίζει τα πολεοδομικά χαρακτηριστικά της περιοχής μελέτης όπως και την βλάστηση. Δεν επιλέγεται για τον εντοπισμό των περιοχών που έχουν υποστεί καταστροφές διότι δεν αναδεικνύει τις περιοχές αυτές.



Εικόνα 103. Εικόνα που προέκυψε από την Ανάλυση Κυρίων Συνιστωσών, της πολυφασματικής εικόνας πριν και μετά την καταστροφή QuickBird και συγκεκριμένα η πρώτη κύρια συνιστώσα.

Η εικόνα συνιστώσα 2 περιέχει το 5,76% της συνολικής πληροφορίας. Βάση του πίνακα 8 παρατηρείται πως τέσσερεις φασματικές ζώνες πριν την καταστροφή συνεισφέρουν θετικά και τέσσερεις φασματικές ζώνες μετά την καταστροφή συνεισφέρουν αρνητικά. Επόμενος η εικόνα συνιστώσα 2 αναδεικνύει τις περιοχές που έχουν υποστεί καταστροφές με σκούρο χρώμα. Επίσης στην ίδια εικόνα εκτός από τις καταρρεύσεις με σκούρο χρώμα απεικονίζονται οι ανοιχτοί χώροι και κυρίως οι δρόμοι. Με κόκκινο πλαίσιο επισημαίνονται τα κτίσματα που έχουν καταρρεύσει.



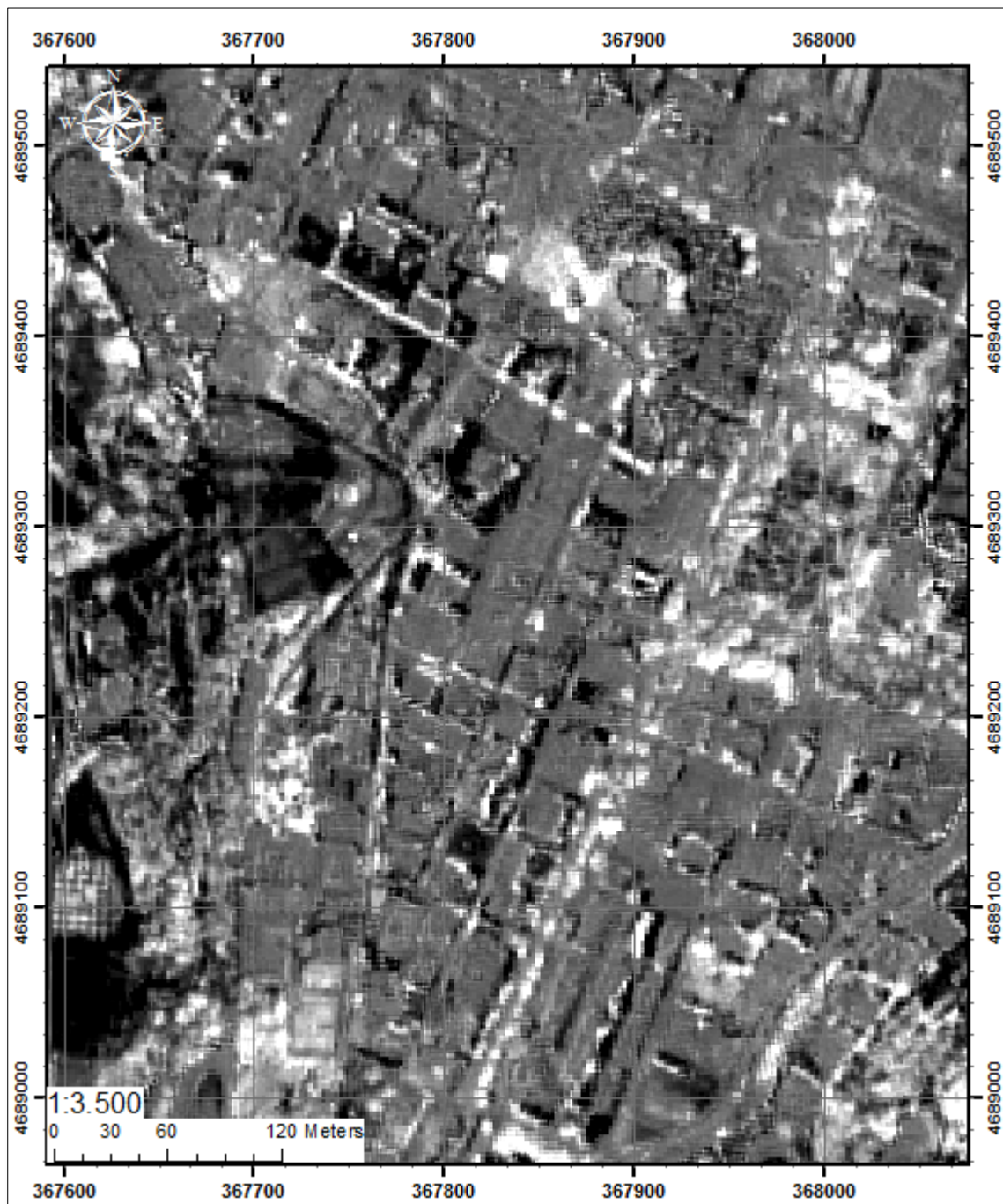
Εικόνα 104. Εικόνα που προέκυψε από την Ανάλυση Κυρίων Συνιστωσών, της πολυφασματικής εικόνας πριν και μετά την καταστροφή QuickBird και συγκεκριμένα η δεύτερη κύρια συνιστώσα.

Η εικόνα συνιστώσα 3 περιέχει το 3,13% τις συνολικής πληροφορίας. Οι φασματικές ζώνες 4 (πριν την καταστροφή), 2 και 4 (μετά την καταστροφή) συνεισφέρουν θετικά. Στην εικόνα συνιστώσα τρία διακρίνονται τα κτίρια και η βλάστηση εκτός από μεγάλα δένδρα. Όμως δεν είναι εύκολο να διακριθούν τα κτίρια που έχουν καταρρεύσει.



Εικόνα 105. Εικόνα που προέκυψε από την Ανάλυση Κυρίων Συνιστωσών, της πολυφασματικής εικόνας πριν και μετά την καταστροφή QuickBird και συγκεκριμένα η τρίτη κύρια συνιστώσα.

Στην εικόνα συνιστώσα 4 τα φασματικά κανάλια 1,2,3 πριν την καταστροφή και 4 μετά την καταστροφή συνεισφέρουν αρνητικά και τα φασματικά κανάλια 4 πριν την καταστροφή και 1,2,3 μετά την καταστροφή συνεισφέρουν θετικά. Η εικόνα συνιστώσα περιέχει το 0,77% της αρχικής πληροφορίας και αναδεικνύει με μαύρο χρώμα το γκαζόν.



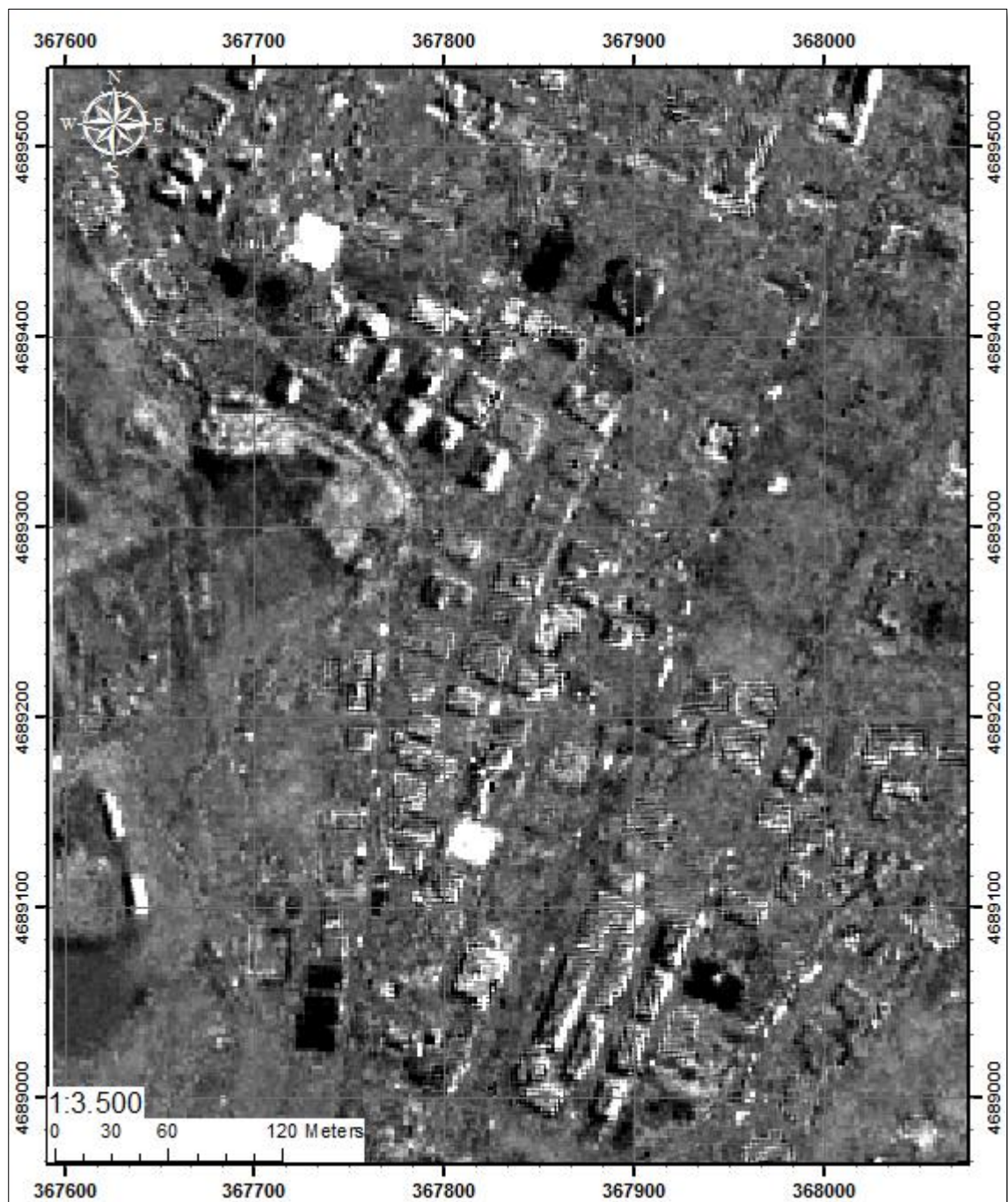
Εικόνα 106. Εικόνα που προέκυψε από την Ανάλυση Κυρίων Συνιστωσών, της πολυφασματικής εικόνας πριν και μετά την καταστροφή QuickBird και συγκεκριμένα η τέταρτη κύρια συνιστώσα.

Η εικόνα συνιστώσα 5 περιέχει 0,604% της αρχικής πληροφορίας. Οι φασματικές ζώνες 3 πριν την καταστροφή και μετά την καταστροφή συνεισφέρουν αρνητικά ενώ οι φασματικές ζώνες 1,2,4 πριν και μετά την καταστροφή συνεισφέρουν θετικά. Στην εικόνα με σκούρο χρώμα τονίζονται τα κτίσματα που έχουν κεραμοσκεπές. Το αποτέλεσμα είναι σημαντικό για πολεοδομική χρήση.



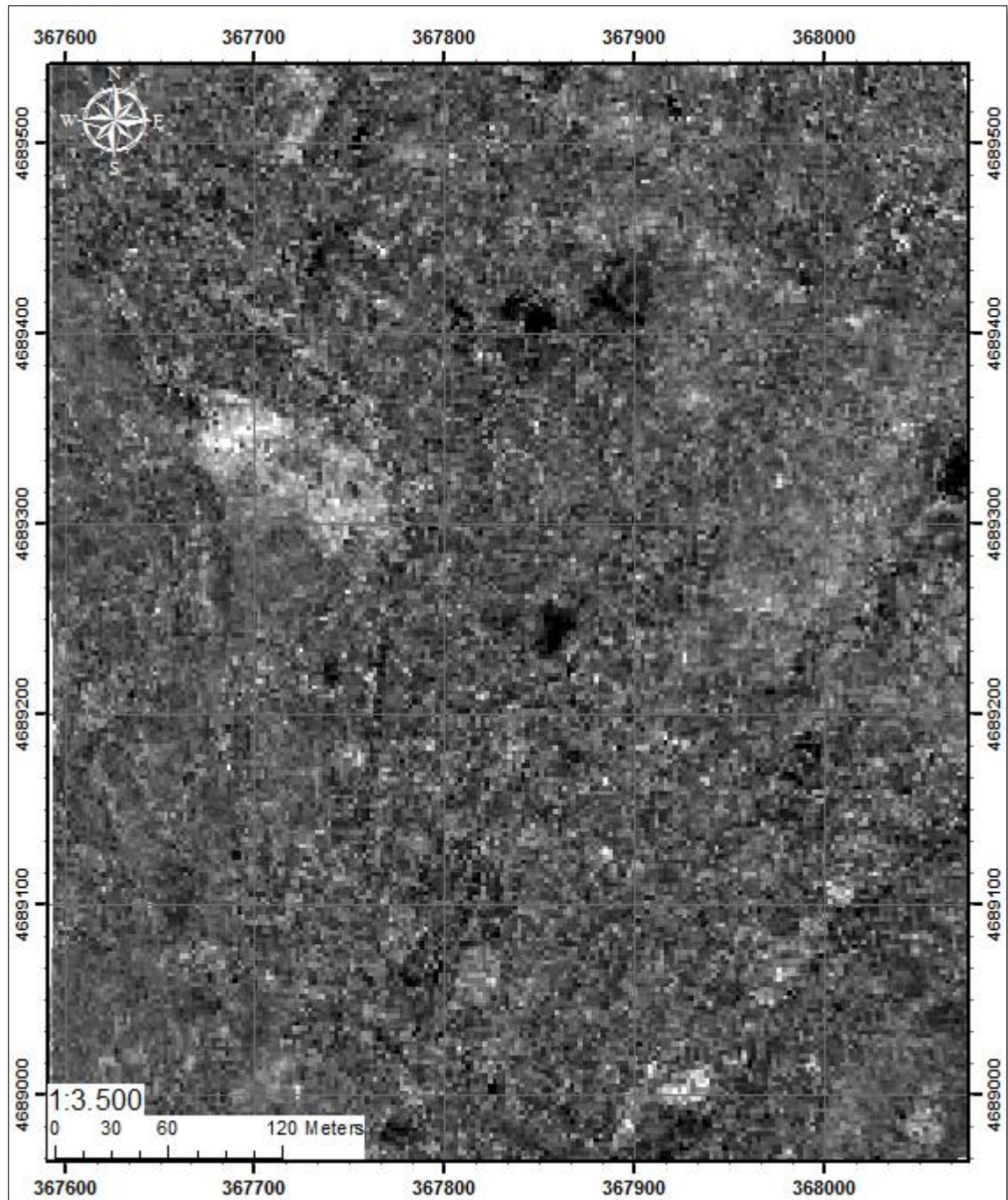
Εικόνα 107. Εικόνα που προέκυψε από την Ανάλυση Κυρίων Συνιστωσών, της πολυφασματικής εικόνας πριν και μετά την καταστροφή QuickBird και συγκεκριμένα η πέμπτη κύρια συνιστώσα.

Η εικόνα συνιστώσα 6 περιέχει το 0,088% της αρχικής πληροφορίας διακινείται ο οριζόντιος γραμμικός θόρυβος.



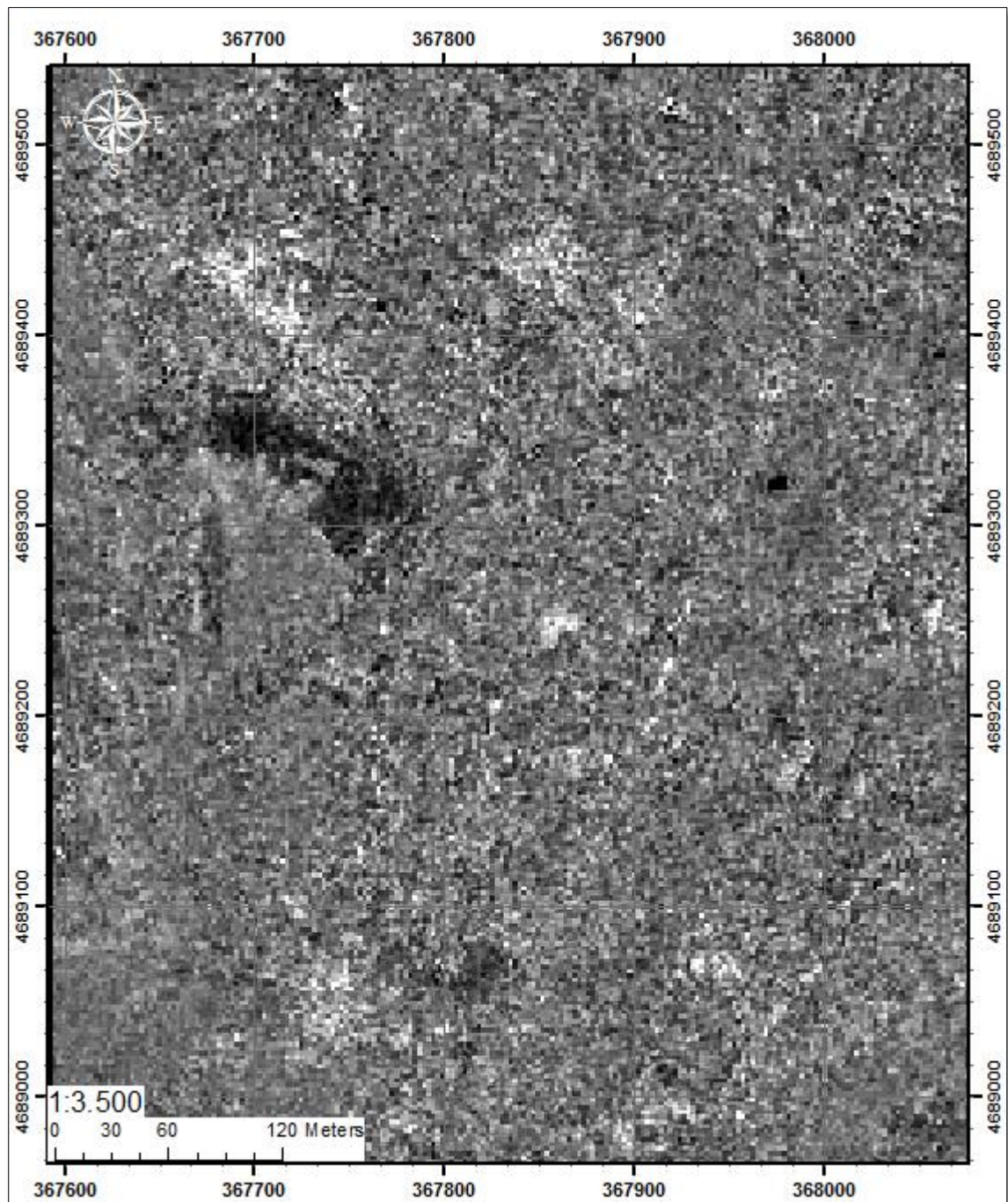
Εικόνα 108. Εικόνα που προέκυψε από την Ανάλυση Κυρίων Συνιστωσών, της πολυφασματικής εικόνας πριν και μετά την καταστροφή QuickBird και συγκεκριμένα η έκτη κύρια συνιστώσα.

Η εικόνα συνιστώσα 7 περιέχει το 0,036% της πληροφορίας και είναι συγκεντρωμένος ο θόρυβος αρχικής εικόνας. Επίσης απεικονίζεται το «αρνητικό» της εικόνας συνιστώσας 8.



Εικόνα 109. Εικόνα που προέκυψε από την Ανάλυση Κυρίων Συνιστωσών, της πολυφασματικής εικόνας πριν και μετά την καταστροφή QuickBird και συγκεκριμένα η έβδομη κύρια συνιστώσα.

Η εικόνα συνιστώσα 8 περιέχει το 0,012% της πληροφορίας. Είναι συγκεντρωμένος ο θόρυβος αρχικής εικόνας και απεικονίζεται το «αρνητικό» της εικόνας συνιστώσας 7



Εικόνα 110. Εικόνα που προέκυψε από την Ανάλυση Κυρίων Συνιστωσών, της πολυφασματικής εικόνας πριν και μετά την καταστροφή QuickBird και συγκεκριμένα η όγδοη κύρια συνιστώσα.

11.Χωρικά φίλτρα

Το χωρικό φιλτράρισμα είναι μια συνηθισμένη λειτουργία που εφαρμόζεται στα δεδομένα ψηφιακής εικόνας για να ενισχύσει ή να υποβαθμίσει τη χωρική λεπτομέρεια για να βελτιωθεί η οπτική ερμηνεία. Στην επεξεργασία της εικόνας, το χωρικό φιλτράρισμα καλείται «τοπική λειτουργία», επειδή τροποποιεί την τιμή κάθε ψηφίδας στην εικόνα ανάλογα με τις τιμές των ψηφίδων που το περιβάλλουν. Τα φίλτρα δουλεύουν με την αφαίρεση ορισμένων φασματικών ή χωρικών συχνοτήτων για να βελτιωθούν τα χαρακτηριστικά στην υπόλοιπη εικόνα.

11.1Φίλτρα χαμηλών συχνοτήτων

Τα φίλτρα χαμηλής συχνότητας χρησιμοποιούνται για να τονίσουν τα χαρακτηριστικά χαμηλών συχνοτήτων και να αποδυναμώσουν τις υψηλές συχνότητες. Δηλαδή υποβαθμίζει τις απότομες χωρικές αλλαγές επιτρέποντας έτσι την αναγνώριση του υποβάθρου. Χρησιμοποιούνται για την εξάλειψη των θορύβων που υπάρχουν στις εικόνες. Ουσιαστικά τονίζει το χαμηλής συχνότητας τμήμα τις εικόνας.

11.1.1 Φίλτρο μέσης τιμής (Mean Filter)

Το φίλτρο μέσης τιμής (mean filter) είναι μια τεχνική για εξάλειψη και εξομάλυνση του θορύβου από τις ψηφιακές εικόνες. Η τεχνική αυτή παράγει μια νέα εικόνα ίδιων διαστάσεων όπου κάθε pixel της εικόνας έχει φωτεινότητα τη μέση τιμή των τιμών φωτεινότητας των γειτονικών του pixel. Το αποτέλεσμα όσον αφορά την απαλλαγή από τον θόρυβο είναι ικανοποιητικό αλλά δημιουργεί μια θολότητα στην εικόνα. Το αποτέλεσμα της εφαρμογής του φίλτρου αυτού φαίνεται στην εικόνα 111



Εικόνα 111. εφαρμογή του φίλτρου μέσης τιμής στο παγχρωματικό κανάλι QuickBird. Κατά την εφαρμογή του φίλτρου στην εικόνα δημιουργείται μια θολότητα κατά την απομάκρυνση του θορύβου.

11.1.2 Φίλτρο διαμέσου (median Filter)

Το φίλτρο διαμέσου είναι χαμηλοδιαβατό φίλτρο και αποτελεί μία μέθοδο μείωσης του θορύβου και εξομάλυνσης. Σε αυτή την μέθοδο οι τιμές γύρω από το pixel κατατάσσονται αριθμητικά. Η τιμή του νέου pixel της νέας εικόνας είναι η ενδιάμεση τιμή από τα γειτονικά pixels του αντίστοιχου pixel της αρχικής εικόνας. Το αποτέλεσμα της εφαρμογής του φίλτρου αυτού φαίνεται στην εικόνα 112



Εικόνα 112. Εφαρμογή του φίλτρου διαμέσου στο παγχρωματικό κανάλι QuickBird.

11.1.3 Φίλτρο κανονικής κατανομής (Gauss Filter)

Το φίλτρο κανονικής κατανομής είναι ένα δυσδιάστατο φίλτρο το οποίο χρησιμοποιείται για να θολώσει τις εικόνες και να απομακρύνει την λεπτομέρεια και τον θόρυβο. Μπορεί να θεωρηθεί παρόμοιο με το φίλτρο μέσης τιμής. Το αποτέλεσμα της εφαρμογής του φίλτρου αυτού φαίνεται στην εικόνα 113



Εικόνα 113. Εφαρμογή του φίλτρου κανονικής κατανομής στο παγχρωματικό κανάλι QuickBird.

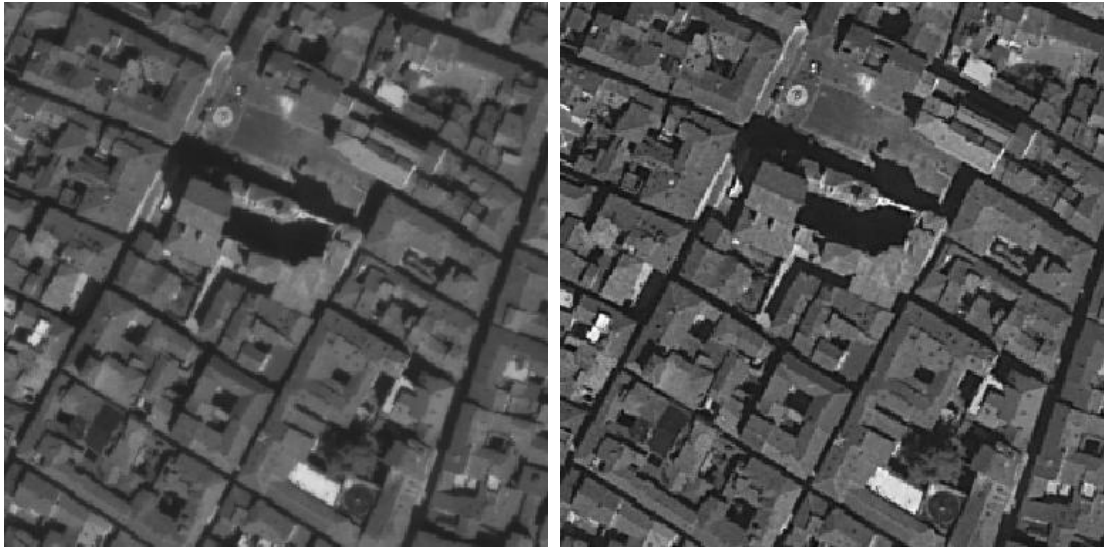
11.2 Φίλτρα Υψηλών Συχνοτήτων

Τα φίλτρα διέλευσης υψηλών συχνοτήτων (high pass filters) τονίζουν τη λεπτομέρεια υψηλής συχνότητας για να ενισχύσουν ή να οξύνουν γραμμικά χαρακτηριστικά όπως δρόμοι, ρήγματα και όρια εδάφους/νερού. Τα φίλτρα διέλευσης υψηλών συχνοτήτων καλούνται μερικές φορές φίλτρα όξυνσης επειδή γενικά χρησιμοποιούνται για να ενισχύσουν τη λεπτομέρεια χωρίς να επηρεάζονται τα τμήματα χαμηλής συχνότητας της εικόνας.

11.2.1 Φίλτρο όξυνσης υψηλής συχνότητας (sharpen filter)

Το φίλτρο sharpen χρησιμοποιείται για να ενισχύσει τις ακμές των αντικειμένων και να ρυθμίσει την αντίθεση μεταξύ φωτεινών και σκοτεινών περιοχών. Τα φίλτρα sharpen ανήκουν στα φίλτρα υψηλών συχνοτήτων και μειώνουν

τις χαμηλές συχνότητες. Το αποτέλεσμα της εφαρμογής του φίλτρου αυτού φαίνεται στην εικόνα 114



Εικόνα 114. Εφαρμογή του φίλτρου όξυνσης υψηλής συχνότητας στο παγχρωματικό κανάλι QuickBird.

12. Συμπεράσματα

Στόχος της παρούσας μελέτης ήταν να διερευνηθεί η δυνατότητα χρήσης των παθητικών συστημάτων τηλεπισκόπησης υψηλής διακριτικής ικανότητας με σκοπό τον εντοπισμό των περιοχών που έχουν υποστεί καταστροφές εξαιτίας ενός σεισμικού φαινομένου. Η περιοχή μελέτης που επιλέχθηκε είναι η πόλη της Ιταλίας Λ' Ακουίλα εξαιτίας του καταστροφικού σεισμού του 2009.

- Τα δορυφορικά δεδομένα παρέχουν ακρίβεια, αξιοπιστία και χαμηλό κόστος συγκριτικά με τις συμβατικές μεθόδους παρακολούθησης της γης και συγκεκριμένα για την μελέτη των φυσικών καταστροφών. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα την όλο και πιο ευρεία χρήση τους από ερευνητικούς οργανισμούς και από κρατικές υπηρεσίες. Πρέπει να σημειωθεί ότι η ανάπτυξη νέων συστημάτων ανιχνευτών και βελτίωση της χωρικής, χρονικής και φασματικής διακριτικής ικανότητας ενισχύουν σημαντικά την δυναμική που παρατηρείται ως προς την εφαρμογή της δορυφορικής τηλεπισκόπησης για την διαχείριση των φυσικών καταστροφών.
- Η ποικιλία που παρέχουν οι δορυφορικές εικόνες σε ότι αφορά την χωρική ανάλυση και τη φασματική περιοχή στην οποία έχουν ληφθεί επιτρέπει τη χρήση τους για την αναγνώριση των περιοχών που έχουν υποστεί καταστροφές με μεγάλη ακρίβεια. Η σύγκριση εικόνων που έχουν ληφθεί σε διαφορετικές χρονικές περιόδους μπορεί να δώσει πληροφορίες για τις αλλαγές που παρατηρούνται στην περιοχή. Αυτό είναι το πιο σημαντικό βήμα για την οργάνωση ενός αποτελεσματικού σχεδίου διαχείρισης φυσικών καταστροφών.
- Με χρήση δεδομένων από δορυφόρους πολύ υψηλής διακριτικής ικανότητας, μπορούμε να έχουμε μια καλύτερη εκτίμηση των επιπτώσεων στο φυσικό και ανθρωπογενές περιβάλλον.
- Από την επεξεργασία των εικόνων Quickbird πριν και μετά την καταστροφή της πόλης Λ' Ακουίλα έγινε προσπάθεια για τον εντοπισμό των κτιρίων που έχουν υποστεί καταστροφές με την μέθοδο οπτικής ερμηνείας και της ανάλυσης κυρίων συνιστωσών.
- Από την οπτική ερμηνεία των πολυφασματικών δεδομένων. Τα αποτελέσματα δεν είναι και τόσο ενθαρρυντικά. Οι πολυφασματικές εικόνες έχουν το πλεονέκτημα ότι είναι έγχρωμες (πιο φιλικές προς το ανθρώπινο μάτι) και ότι

ο ερευνητής μπορεί να διακρίνει τις διαφορές μεταξύ των κτιρίων αλλά το βασικό μειονέκτημα τους είναι η χαμηλή διακριτική ικανότητα τους (2,7 μέτρα). Με την μέθοδο αυτή εντοπίστηκαν σχετικά εύκολα τα κτίσματα που είχαν υποστεί ολική καταστροφή, όμως τα κτίσματα που είχαν μερική καταστροφή ήταν δύσκολο να εντοπιστούν.

- Οι παγχρωματικές εικόνες αποτελούνται από ένα μόνο κανάλι στην περιοχή του ορατού και απεικονίζονται συνήθως σε επίπεδα του γκρι. Από την οπτική ερμηνεία με την χρήση παγχρωματικών εικόνων εντοπίστηκαν ευκολότερα και με μεγαλύτερη ακρίβεια περιοχές που είχαν υποστεί καταστροφές, λόγω της υψηλής διακριτικής ικανότητας (0,6 μέτρα). Έτσι εντοπίστηκαν εύκολα, τα κτίσματα που είχαν καταρρεύσει ολοσχερώς, τα κτίσματα που παρουσίαζαν μερική κατάρρευση και τα κτίσματα που παρουσίαζαν μικρές ζημιές στη οροφή τους.
- Από τον συνδυασμό των παγχρωματικών δεδομένων και των πολυφασματικών δεδομένων δημιουργείται μία νέα εικόνα που έχει τα χαρακτηριστικά των πολυφασματικών και την διακριτική ικανότητα των παγχρωματικών εικόνων. Με την μέθοδο αυτή, ο εντοπισμός των κατεστραμμένων περιοχών γίνεται με μεγαλύτερη ευκολία καθώς η ποιότητα της πληροφορίας που εξάγεται από αυτή είναι σαφώς βελτιωμένη. Με αποτέλεσμα ο εντοπισμός των κτιρίων που έχουν υποστεί καταστροφές να είναι ευκολότερος.
- Η ανάλυση των κυρίων συνιστωσών είναι χρήσιμη επειδή:
 - Δεν χρειάζεται από πριν πληροφορία σχετικά με το περιεχόμενο της εικόνας.
 - Η περισσότερη πληροφορία περιέχεται στις πρώτες κύριες συνιστώσες για αυτό η τεχνική μειώνει τον αριθμό των καναλιών τα οποία πρέπει να αναλύσουμε.
 - Η υψηλή συσχέτιση ανάμεσα στα κανάλια μειώνεται.
- Η ανάλυση κυρίων συνιστωσών χρησιμοποιείται για τη μετατροπή δεδομένων με υψηλό βαθμό συσχέτισης σε νέα δεδομένα μη συσχετισμένα. Κατά τη διαδικασία αυτή, διατηρείται το σύνολο της πληροφορίας των αρχικών δεδομένων.

- Η εικόνα συνιστώσα 1 περιέχει την μεγαλύτερη ποσότητα πληροφορίας που στην περίπτωση μας είναι 87%. Η εμφάνιση της μοιάζει πολύ με την παγχρωματική εικόνα.
- Στην εικόνα συνιστώσα 2 οι φασματικές ζώνες πριν την καταστροφή συνεισφέρουν θετικά ενώ οι μετά την καταστροφή συνεισφέρουν αρνητικά και λόγω αυτής της ιδιότητας χρησιμοποιείται για τον εντοπισμό των περιοχών που έχουν υποστεί καταστροφές. Τα κτίσματα απεικονίζονται με σκούρες αποχρώσεις.
- Η εικόνα συνιστώσα 3 περιέχει το 3,13% τις συνολικής πληροφορίας. Διακρίνονται τα κτίρια και η βλάστηση εκτός από μεγάλα δένδρα.
- Η εικόνα συνιστώσα 4 περιέχει το 0,77% της αρχικής πληροφορίας και αναδεικνύει με μαύρο χρώμα το γκαζόν.
- Η εικόνα συνιστώσα 5 περιέχει 0,604% της αρχικής πληροφορίας και με σκούρο χρώμα τονίζονται τα κτίσματα που έχουν κεραμοσκεπές.
- Η εικόνα συνιστώσα 6 περιέχει το 0,088% της αρχικής πληροφορίας στην οποία διακινείται ο οριζόντιος γραμμικός θόρυβος
- Η εικόνα συνιστώσα 7 περιέχει το 0,036% της πληροφορίας, είναι συγκεντρωμένος ο θόρυβος αρχικής εικόνας και απεικονίζει το «αρνητικό» της εικόνας συνιστώσας 8.
- Η εικόνα συνιστώσα 8 περιέχει το 0,012% της πληροφορίας, είναι συγκεντρωμένος ο θόρυβος αρχικής εικόνας και απεικονίζει το «αρνητικό» της εικόνας συνιστώσας 7.
- Ο θόρυβος δημιουργείται από μεταβολές στις συνθήκες φωτισμού, από την ατμοσφαιρική απορρόφηση και σκέδαση της διαδιδόμενης ακτινοβολίας.
- Τα φίλτρα είναι τεχνικές οι οποίες δίνουν έμφαση στην επιλεκτική πληροφόρηση της εικόνας. Μία δορυφορική εικόνα είναι άθροισμα συνιστωσών υψηλής και χαμηλής συχνότητας. Τα ψηφιακά φίλτρα χρησιμοποιούνται για να αφαιρεθούν οι υψηλές ή χαμηλές συνιστώσες ανάλογα με το ζητούμενο της έρευνας.
- Τα χαμηλής συχνότητας φίλτρα χρησιμοποιούνται για την εξάλειψη των θορύβων που παρατηρούνται στις εικόνες.

- Τα φίλτρα υψηλής συχνότητας επιτρέπουν την απομόνωση ή ενίσχυση της τοπικής λειτουργίας και χρησιμοποιούνται συχνά για να αναδείξουν γεωμορφολογικά ή γεωλογικά χαρακτηριστικά.

13. Βιβλιογραφία

Ελληνική Βιβλιογραφία

- Καρτάλης Κ., Φειδίας Χ. (2006):** “Αρχές & εφαρμογές δορυφορικής τηλεπισκόπησης” Εκδόσεις “Γκιούρδας” Αθήνα
- Μιγκίρος Γ., Παυλόπουλος Α., Παρχαρίδης Ι., Γατσης Ι., Ψωμιάδης Ε., (2003):** “Τηλεπισκόπηση, εφαρμογές στις Γεωεπιστήμες”, Σημειώσεις εργαστηρίου Ορυκτολογίας- Γεωλογίας Τομέας Γεωλογικών Επιστημών & Ατμοσφαιρικού Περιβάλλοντος, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών
- Παρχαρίδης Ι., (2007):** “Ειδικά θέματα τηλεπισκόπησης (εργαστηριακές Σημειώσεις)”, Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο, Τμήμα Γεωγραφίας
- Παπαζάχος Β. (1997):** “Εισαγωγή στη Σεισμολογία”, Εκδόσεις Ζήτη, β’ έκδοση, Θεσσαλονίκη
- Στεφανάκης Ε. (2002):** “Φύση και Καταγραφή Γεωγραφικών Δεδομένων συμπληρωματικές σημειώσεις”, Καλλιθέα
- Χαλκιάς Χ., (2005):** “Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών Ι (Συμπληρωματικές Σημειώσεις)”, Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο, Τμήμα Γεωγραφίας

Ξένη Βιβλιογραφία

- Andre G., Chiroiu L, Mering C., Chopin F. (2003):** “Building destruction and damage assessment after earthquake using high resolution optical sensors. The case of the Gujarat earthquake of January 26, 2001”, Geoscience and Remote Sensing Symposium, 2003. IGARSS '03. Proceedings. 2003 IEEE International, vol.4, pp. 2398 - 2400
- Akinci A, Galadini F, Pantosti D, Petersen M, Malagnini L, Perkins D (2009):** “Effect of time dependence on probabilistic seismic-hazard maps and deaggregation for the central Apennines”, Bull Seism Soc Am, Italy 99(2A):pp.585–610
- Agenzia Spaziale Italiana (2007):** “COSMO-SkyMed SAR Products Handbook”. ASI, Agenzia Spaziale Italiana, Roma, Italy
- Bolt., B. A. (1988):** Earthquakes. New York: W. H. Freeman and Company.
- Boncio P., Tinari D.P., Lavecchia G., Visini F., Milana G. (2009):** “The instrumental seismicity of the Abruzzo region in Central Italy (1981–2003) seismotectonic implications” Ital J Geosci (Boll Soc Geol It) 128(2):pp. 367–380

- Braga F., Dolce M., Liberatore D. (1982):** “Southern Italy November 23, 1980 earthquake: a statistical study on damaged buildings and an ensuing review of the M.S.K.-76 scale”, Publication CNR-PFG n.503, 1982, Roma
- Brunner, D. Lemoine, G. Bruzzone, L. (2010)** “Earthquake Damage Assessment of Buildings Using VHR Optical and SAR Imagery”, IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, vol 48, pp. 2403 – 2420, May 2010
- Buckreuss S., W. Balzer, P. Muhlbauer, R. Werninghaus (2003):** “The TerraSAR-X Satellite Project”, Geoscience and Remote Sensing Symposium, 2003. IGARSS '03. Proceedings. 2003 IEEE International, vol 5, pp. 3096-3098
- Brûlé L., Baeggli H. (2002):** “RADARSAT-2 program update” Geoscience and Remote Sensing Symposium, 2002. IGARSS '02. 2002 IEEE International, vol.3, pp.1462 - 1464
- Covello F., Battazza F., Coletta A., Manoni G., Valentini G. (2009):** “COSMO-SKYMED mission status: three out of four satellites in orbit”, Geoscience and Remote Sensing Symposium, 2009 IEEE International, IGARSS 2009, vol2, pp. 773-776
- Calvi GM., Spaziante V. (2009):** “La ricostruzione tra provvisorio e definitivo: il Progetto C.A.S.E.”, Progettazione Sismica, n.3, Pavia
- Chiarabba C., Amato A., Anselmi M., Baccheschi P., Bianchi I., Cattaneo M. (2009):** “The 2009 L’Aquila (central Italy) MW6.3 earthquake: main shock and aftershocks”, Geophys Res Lett 36:L18308
- Di Giorgio F., Battazza F., Coletta A., Francioni A., Rana I., Valentini G. (2008):** “COSMO-SkyMed Mission Simulator”, Radar Conference, 2008. RADAR '08. IEEE
- Dial, Gene (2001):** “IKONOS Overview.” Proceedings of the High-Spatial Resolution Commercial Imagery Workshop, Washington DC, March 19-22, 2001.
- Dial Gene, Laurie Gibson and Rick Poulsen (2001):** “IKONOS Satellite Imagery and its Use in Automated Road Extraction” in Baltsavias, Gruen, and Gool, Automatic Extraction of Man-Made objects from Aerial and Space Images (III), A.A. Balkema Publishers, 2001.
- Erdas Field Guide (2010):** Erdas Imagine, USA.

- Faust N. L. (1989):** “Image Enhancement”, Supplement 5 of Encyclopedia of Computer Science and Technology. Ed. A. Kent and J. G. Williams. New York: Marcel Dekker, Inc. Vol. 20
- Fraser C. S., Hanley H. B., Yamakawa T., (2001):** “Submeter geopositioning with IKONOS Geo imagery”, Proceedings of Joint ISPRS Workshop on High Resolution Mapping from Space (ISPRS), Hannover, unpaginated CD-ROM.
- Fraser C. S., Baltsavias E., Gruen A., (2002):** “Processing of IKONOS imagery for submetre 3D positioning and building extraction”, ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 56(3): pp.177-194.
- Grodecki, J. (2001):** “IKONOS stereo feature extraction - RPC approach”. ASPRS 2001 Proceedings, St. Louis, MO, 23-27 April 2001. Space Imaging (2001). ‘IKONOS Relative Spectral Response’,
- Hillman A., Rolland P., Périard R., Luscombe A., Chabot M., Chen C., Martens N. (2010):** “RADARSAT-2 Continuing System Operations And Performance”, Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS), 2010 IEEE International vol., pp.3228-3231, 25-30 July 2010
- Jensen, J. R. (1996):** “Introductory Digital Image Processing: A Remote Sensing” Perspective. 2d ed. Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice-Hall.
- Jing-Fa Zhang, Li-li Xie, Xia-xin Tao (2003):** “Change detection of earthquake-damaged buildings on remote sensing image and its application in seismic disaster assessment”, Geoscience and Remote Sensing Symposium, 2003. IGARSS '03. Proceedings. 2003 IEEE International , vol.4, no., pp. 2436-2438, 21-25 July 2003
- Kumar, K. Vinod , Martha, T. R. and Roy, P. S.(2006)** “Mapping damage in the Jammu and Kashmir caused by 8 October 2005 Mw 7.3 earthquake from the Cartosat-1 and Resourcesat-1 imagery”, International Journal of Remote Sensing, vol 27, pp. 4449 – 4459
- Kohm K., (2004):** “Modulation Transfer Function Measurement Method and Results from the OrbView-3 High Resolution Imaging Satellite”, Proceedings of ISPRS 2004, Istanbul, Turkey, July 12-23.
- Lillesand, T. M., and R. W. Kiefer. (1987):** Remote Sensing and Image Interpretation New York: John Wiley & Sons, Inc.

- Mauro Dolce (2010):** “Emergency and Post-emergency Management of the Abruzzi Earthquake”, Earthquake Engineering in Europe, Geotechnical, Geological, and Earthquake Engineering, Springer Netherlands, 2010, Volume 17, Part 6, pp. 463-494
- Miura, H. Yamazaki, F. Matsuoka M. (2007):** “Identification of Damaged Areas due to the 2006 Central Java, Indonesia Earthquake Using Satellite Optical Images”, Urban Remote Sensing Joint Event, 2007 , vol., no., pp.1-5, 11-13 April 2007
- Mulawa D. (2004):** “On-Orbit Geometric Calibration of the OrbView-3 High Resolution Imaging Satellite”, Proceedings of ISPRS 2004, Istanbul, Turkey, July12-23.
- Parcharidis I., Lekkas E., Foumelis M., Segou M. (2005):** “InSAR deformation measurements and related earthquake-triggered landslides of Lefkada 14/08/2003 seismic event”, International Symposium on the Geodynamics of Eastern Mediterranean: Active Tectonics of the Aegean Region. Abstracts, 105, Istanbul
- Parcharidis I., Lekkas E., Foumelis M. (2005):** “Tsunami impact depending on coastal morphology: The case of Phuchet Island and Khao Lac coast (Thailand)” International Symposium on the Geodynamics of Eastern Mediterranean: Active Tectonics of the Aegean Region. Abstracts, 238, Istanbul
- Parcharidis I., Foumelis M., Lekkas E. (2007):** “Vertical Tectonic Motion in Andaman Islands detected by Multi-Temporal Satellite Radar Images”, 11th International Congress of the Geol. Soc. Greece, Bull. Geol. Soc. Greece Vol. XXXX/4, 2020-2031, Athen
- Parcharidis I., Foumelis M., Lekkas E., Segou M. (2006):** “Implication of Secondary Geodynamic Phenomena on Co-Seismic Interferometric Coherence”, FRINGE 2006, European Space Agency, Special Publication, Issue 610, pp.6, Italy
- Parks C., (2007):** “Hope Fades for Recovery of GeoEye's OrbView-3 Satellite”, Space News, March 26, p. 4
- Rathje E.M., Kyu-Seok Woo, Crawford M., Neuenschwander A.: (2005):** “Earthquake damage identification using multi-temporal high-resolution optical satellite imagery”, Geoscience and Remote Sensing Symposium, 2005. IGARSS '05. Proceedings. 2005 IEEE International, vol. 7 5045 – 5048

- Rolf Werninghaus and Stefan Buckreuss (2010):** “The TerraSAR-X Mission and System Design”, IEEE Transactions On Geoscience And Remote Sensing, vol. 48,no. 2, FEBRUARY 2010
- Sabins, F. F. (1997):** Remote Sensing: Principles and Interpretation (3d Edition). New York: W. H. Freeman and Company.
- Sakamoto M., Takasago Y., Uto K., Kakumoto S., Kosugi Y., Doihara T. (2004):** “Automatic detection of damaged area of Iran earthquake by high-resolution satellite imagery”, Geoscience and Remote Sensing Symposium, 2004. IGARSS '04. Proceedings. 2004 IEEE International, vol.2 1418 - 1421
- Smith, K. (1996):** Environmental Hazards: Assessing Risk and Reducing Disaster (2nd edition). London and New York: Routledge.
- Space News, 2007:** “GeoEye Formally Abandons OrbView-3 Recovery Effort”, April 30, p. 8
- Taylor, P. J. (1977):** “Quantitative Methods in Geography: An Introduction to Spatial Analysis”. Boston, Massachusetts: Houghton Mifflin Company.
- Tao V., Jacobsen K., Jensen J., Sohn G., (2006):** “Mapping from high-resolution satellite imagery”, PE&RS 72, Nr. 5, S. 529-530
- Tao V., Jacobsen K., Jensen J., Sohn G.,(2006):** “Mapping from high-resolution satellite imagery”, PE&RS 72, Nr. 5, S. 529-530 .
- Topan H., Büyüksalih G., Jacobsen K., (2004):** “Comparison of Information Contents of High Resolution Space Images”, ISPRS International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, Vol. 35, Part B4, pp. 583-588, Istanbul,Turkey.
- Topan H., Büyüksalih G., Jacobsen K., (2006):** “Information Contents of ORBVIEW-3 for Topographic Mapping”, IntArchPhRS, Band XXXVI-1/W41. Ankara, 6 S.,CD
- Toutin T., (2004):** “Comparison of stereo-extracted DTM from different highresolution sensors: SPOT-5, EROS-A, IKONOS-II and QuickBird”, IEEE Trans.Geosci. Remote Sensing, 42(10): 2121-2129.
- Wolfgang Pitz and David Miller (2010):** “The TerraSAR-X Satellite”, IEEE Transactions On Geoscience And Remote Sensing, vol. 48, no.2, pp. 615 - 622 , FEBRUARY 2010

Yalkun Yusuf, Masashi Matsuoka and Fumio Yamazaki (2001): “Damage assessment after 2001 Gujarat earthquake using Landsat-7 satellite image”
Journal of the Indian Society of Remote Sensing Volume 29, 17-22

Yamazaki F., Kouchi K., Kohiyama M., Muraoka N., Matsuoka M., (2004):
“Earthquake damage detection using high-resolution satellite images”
Geoscience and Remote Sensing Symposium, 2004. IGARSS '04.
Proceedings. 2004 IEEE International, vol.4, pp. 2280 - 2283

Διαδίκτυο

<http://www.digitalglobe.com>
<http://www.digitalglobe.com/digitalglobe2/file.php/784/QuickBird-DS-QB.pdf>
http://www.satimagingcorp.com/satellite-sensors/quickbird_imagery_products.pdf
<http://www.digitalglobe.com/downloads/spacecraft/WorldView2-DS-WV2.pdf>
http://www.digitalglobe.com/downloads/spacecraft/WorldView-2_8-Band_Applications_Whitepaper.pdf
http://www.digitalglobe.com/downloads/case_studies/Case_Study_WV2_LIDAR_Comparison.pdf
<http://www.digitalglobe.com/downloads/spacecraft/WorldView2Capacity-DS-WV2C.pdf>
<http://www.digitalglobe.com/downloads/spacecraft/FeatureClassification-DS-FEAT.pdf>
<http://www.digitalglobe.com/downloads/spacecraft/VegAnalysis-DS-VEG.pdf>
<http://www.digitalglobe.com/downloads/spacecraft/Bathymetry-DS-BATH.pdf>
<http://www.satimagingcorp.com/satellite-sensors/worldview-2.html>
http://www.orbital.com/newsinfo/publications/ov3_fact.pdf
<http://www.geoeye.com/CorpSite/products-and-services/Default.aspx>
http://www.orbital.com/NewsInfo/Publications/OV3_Fact.pdf