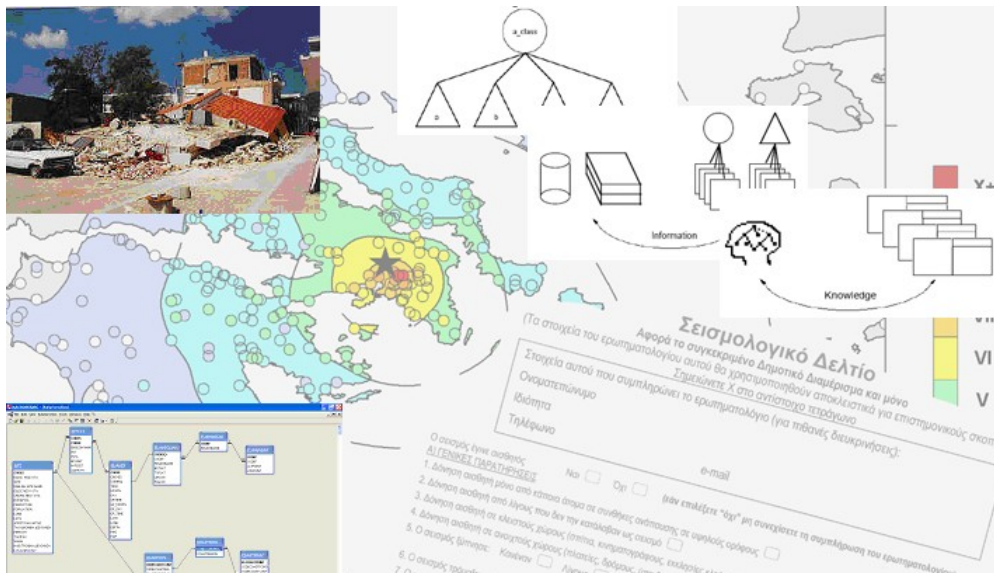




ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΣΥΓΧΡΟΝΩΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ ΣΤΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΣΥΛΛΟΓΗΣ ΚΑΙ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ ΜΑΚΡΟΣΕΙΣΜΙΚΩΝ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΩΝ

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Δρ. Ιωάννης Καλογεράς
Κύριος Ερευνητής στο Γεωδυναμικό Ινστιτούτο Ε.Α.Α



Επιβλέπων: Τίμος Σελλής
Καθηγητής ΕΜΠ

ΑΘΗΝΑ 2006

**ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΕΙΟ
ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ**
Σχολή Αγρονόμων -Τοπογράφων
Μηχανικών
Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα
ΓΕΩΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗ



**NATIONAL TECHNICAL
UNIVERSITY**
Faculty of Rural – Surveying
Engineering
Post-graduate program
GEO-INFORMATICS

**ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΣΥΓΧΡΟΝΩΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ
ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ ΣΤΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΣΥΛΛΟΓΗΣ ΚΑΙ
ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ ΜΑΚΡΟΣΕΙΣΜΙΚΩΝ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΩΝ**

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Δρ. Ιωάννης Καλογεράς

Κύριος Ερευνητής στο Γεωδυναμικό Ινστιτούτο Ε.Α.Α

Επιβλέπων: Τίμος Σελλής, Καθηγητής ΕΜΠ

Τριμελής εξεταστική επιτροπή: Τίμος Σελλής, Καθηγητής ΕΜΠ

Δημήτριος Αργιαλάς, Καθηγητής ΕΜΠ

Μαρίνος Κάβουρας, Καθηγητής ΕΜΠ

Περίληψη

Στην παρούσα εργασία εφαρμόζονται σύγχρονες μέθοδοι λογισμικού με στόχο τη βελτίωση σε διάφορα επίπεδα της διαδικασίας συλλογής και αξιολόγησης των μακροσεισμικών παρατηρήσεων, των παρατηρήσεων δηλαδή εκείνων που περιγράφουν τις συνέπειες ισχυρών σεισμών σε συγκεκριμένους τόπους. Πιο συγκεκριμένα:

α) Σχεδιάζεται και αναπτύσσεται μια βάση δεδομένων (ΒΔ) μακροσεισμικών παρατηρήσεων στην οποία περιέχονται διάφορα άλλα στοιχεία που είναι βοηθητικά προς την κατεύθυνση της ανάλυσης του σεισμικού κινδύνου. Η ΒΔ μακροσεισμικών παρατηρήσεων περιλαμβάνει πληροφορίες i) για τους σεισμούς του Ελληνικού χώρου κατά την περίοδο 1900 μέχρι σήμερα, με μέγεθος $M_s \geq 5.0$ και μεταξύ των συντεταγμένων $34^\circ - 42^\circ N$ και $19^\circ - 29^\circ E$, ii) για όλους τους Δήμους και τα Δημοτικά διαμερίσματα που προέκυψαν από το νόμο Καποδίστρια με τα γεωγραφικά και διοικητικά χαρακτηριστικά τους και iii) για τις συνέπειες των σεισμών στους Δήμους και τα Δημοτικά Διαμερίσματα εκφρασμένες σε μακροσεισμικές εντάσεις από τα μηνιαία δελτία του Γεωδυναμικού Ινστιτούτου του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών. Στα παραπάνω δεδομένα εκτελούνται ερωτήματα και οπτικοποιούνται τα αποτελέσματα.

β) Αναπτύσσεται ένα έμπειρο σύστημα (υπό την έννοια κανόνων της μορφής IF ... THEN ...), με χρήση του λογισμικού NEXPERT με στόχο την βελτίωση της αντικειμενικότητας σε όλη τη διαδικασία εκτίμησης της μακροσεισμικής έντασης και την κατά το δυνατόν τυποποίηση της γνώσης στο συγκεκριμένο θέμα. Διατυπώνονται συγκεκριμένοι κανόνες που καθοδηγούν στον προσδιορισμό της μακροσεισμικής έντασης σε έναν τόπο ανάλογα με τις πραγματικές επιπτώσεις του συγκεκριμένου σεισμού, με σκοπό να υποβοηθούνται όλοι οι δυνητικοί χρήστες (αναλυτές ή παρατηρητές: έμπειρος σεισμολόγος, πολιτικός μηχανικός, διοικητικός υπάλληλος κλπ). Το έμπειρο σύστημα βασίζεται στην περιγραφή των επιπτώσεων έτσι όπως εισάγονται από την Ευρωπαϊκή Μακροσεισμική Κλίμακα (EMS-98).

γ) Χρησιμοποιείται το λογισμικό ArcGIS, με στόχο την οπτικοποίηση των στοιχείων που περιλαμβάνει η ΒΔ, αλλά και στοιχείων που περιλαμβάνονται σε άλλες ΒΔ (όπως η ΒΔ ισχυρών εδαφικών κινήσεων) ή και άλλων στοιχείων που σχετίζονται δυνητικά με τις συνέπειες των σεισμών (ρήγματα, γεωλογικο-τεκτονικές ζώνες, ζώνες

σεισμικότητας, διάφοροι κατάλογοι σεισμών). Με το λογισμικό αυτό είναι δυνατή και η διενέργεια ερωτημάτων, το αποτέλεσμα των οποίων οπτικοποιείται άμεσα.

δ) Σχεδιάζεται και υλοποιείται σύστημα για το διαδίκτυο με σκοπό την ανάρτηση του μακροσεισμικού ερωτηματολογίου και την άμεση απάντηση κάθε ενδιαφερόμενου για τις συνέπειες του συγκεκριμένου σεισμού, έτσι όπως αυτός τις αντιλήφθηκε. Οι απαντήσεις στα ερωτήματα (με σύστημα από drop-down menus) υποβάλλονται άμεσα online και καταχωρούνται σε σχεσιακή ΒΔ για περαιτέρω μελλοντική δυνατότητα στατιστικής ανάλυσης.

ε) Εφαρμόζεται η γεωστατιστική μέθοδος kriging με στόχο την κατασκευή χαρτών ισοσειστών, ήτοι γραμμών που συνδέουν τόπους ίσης μακροσεισμικής έντασης. Το μακροσεισμικό πεδίο, έτσι όπως περιγράφεται από τις ισόσειστες, εμπεριέχει τα χαρακτηριστικά της σεισμικής εστίας, του σεισμοτεκτονικού καθεστώτος της ευρύτερης περιοχής και τις τοπικές συνθήκες. Δεδομένου ότι τα μακροσεισμικά δεδομένα είναι ακανόνιστα κατανομημένα στο χώρο, απαιτείται μια μεθοδολογία για την οποία θα καθοριστούν οι επιμέρους παράμετροι ώστε με παρεμβολή να σχεδιάζει τις ισόσειστες με έναν ομοιογενή τρόπο, περιγράφοντας ταυτόχρονα και τυχόν ανωμαλίες. Με δοκιμές της μεθόδου kriging υιοθετούνται οι παράμετροι εκείνες που παρέχουν αποδεκτά αποτελέσματα.

Με την εφαρμογή των προαναφερόμενων τεχνικών γίνεται δυνατή η ταξινόμηση των μακροσεισμικών παρατηρήσεων, τις οποίες το Γεωδυναμικό Ινστιτούτο του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών, συγκεντρώνει από το τέλος του 19^{ου} αιώνα, με στόχο τη βελτιστοποίηση της όλης διαδικασίας συλλογής και αξιολόγησής τους. Οι εφαρμογές αυτές, μερικές από τις οποίες έχουν αρχίσει να δοκιμάζονται στην πράξη, επιδρούν, μεταξύ άλλων, στη μείωση του απασχολούμενου προσωπικού, στη μείωση του απαιτούμενου χρόνου για την αποστολή των ερωτηματολογίων και την μετέπειτα βαθμολόγησή τους, στην καταχώρηση των μακροσεισμικών εντάσεων, στον εξορθολογισμό βάσει κριτηρίων των τόπων αποστολής του ερωτηματολογίου, στη βελτίωση της παρουσίας των μακροσεισμικών παρατηρήσεων στα μηνιαία δελτία του Γεωδυναμικού Ινστιτούτου, στη σχεδίαση χαρτών ισοσειστών και στη σύνδεση μακροσεισμικών παρατηρήσεων με άλλες πληροφορίες.

Λέξεις κλειδιά: Χωρικές βάσεις δεδομένων, έμπειρα συστήματα, GIS, μέθοδος kriging, μακροσεισμικές παρατηρήσεις, Διαδίκτυο, μακροσεισμική ένταση, σεισμός, Ελλάδα.

Abstract

Within the present work modern software techniques were applied aiming to a comprehensive improvement of the procedures for collecting and evaluating the macroseismic observations. Macroseismic observations and, through them, macroseismic intensities are useful measures of earthquake effects, which are used to various studies covering a wide range of seismological applications. Furthermore, it should be noted that macroseismic data are the only information describing seismic damage of the historical earthquakes, for which no instrumental data exist, and under this point of view their systematic evaluation is crucial for the extension of seismological catalogues to the past. More specifically:

a) A macroseismic observations database was developed including other useful information, which are helpful to the direction of the seismic hazard analysis. The database includes information about i) all the earthquakes of the broader Hellenic area covering the period 1900 – today, within the coordinates $34^{\circ} - 42^{\circ}$ N και $19^{\circ} - 29^{\circ}$ E and having a magnitude $M_s \geq 5.0$, ii) all the municipalities of Greece, as these have been modified by the Kapodistrias law of the Ministry of Internal Affairs, with their geographical and administrative characteristics and iii) the macroseismic intensity occurred at each site for each of the earthquakes, the epicentral and hypocentral distance and the azimuth. Different queries are applied to the above-mentioned data and their results can be visualized within the database.

b) An expert system has been developed aiming to the improvement of objectivity in macroseismic observation evaluation and to the formalisation of the knowledge on the macroseismological procedure as much as possible, following specific rules resulting to an intensity grade, not only closer to the real earthquake effects according the scale used, but also independent from the person involved (expert, scientist, administrative employee, inexperienced person etc). The expert system was based on the damage description of the EMS-98 scale covering the field observation of damage, as well as the evaluation of the questionnaires. The knowledge and the experience of experts have been used for the development of the rules.

c) ArcGIS software was used for the visualisation of the data included within the database, as well as of the queries results, or of additional data included in other databases

(ex. strong ground motion data). By using this software, the address of queries is possible, the results of which can be visualised too.

d) An Internet based system was designed and implemented for the macroseismic questionnaire, giving the opportunity to anyone interested to answer it by using the dropdown menus of the various question categories. This activity, in case of wide use not only by individuals but by local authorities too, would accelerate the collection of macroseismic observations and it would increase the number of the observations from numerous sites. The answers are led to a relational database and they can be evaluated statistically.

e) The geostatistical method of kriging was used in order to draw isoseismal maps in a homogenised way, showing at the same time possible local geological or tectonic anomalies. The different parameters involved within the kriging method, were checked in order to find the influence of their changes. The shape of the macroseismic field, as it is provided by the irregularly-in-space-distributed macroseismic intensities, includes the influence of the foci properties, the tectonic regime and the local conditions. Thus, an objective method of interpolation for the isoseismals drawing is of great interest.

The application of modern software techniques for the collection and evaluation of the macroseismic observations improves the whole macroseismology procedure that is followed by the Institute of Geodynamics since the end of the 19th century. With the use of these techniques, scientists pass from the simple text-formatting of sites and macroseismic intensities to a classification of the observations (according to the site, the earthquake magnitude, the geographical or administrative area, the geology, the epicentral distance etc), to a visualisation of the data and the query results, to the link with other databases, to the improvement of the procedure objectivity or to the acceleration of the whole procedure.

Keywords: spatial databases, expert systems, kriging, Internet, macroseismic observations, macroseismic intensity, earthquakes, Greece.

Πίνακας Περιεχομένων

1	Εισαγωγή	1
2	Μακροσεισμολογία	5
2.1	Μακροσεισμικές Παρατηρήσεις – Βασικές έννοιες	5
2.2	Η Ευρωπαϊκή Μακροσεισμική Κλίμακα (EMS-98)	11
3	Σχεδιασμός Βάσης Δεδομένων	19
3.1	Βάσεις δεδομένων και βάσεις χωρικών δεδομένων – Βασικές έννοιες	19
3.2	Επισκόπηση της MsAccess	23
3.3	Ανάγκες χρηστών για το σχεδιασμό της Β.Δ. μακροσεισμικών παρατηρήσεων	25
3.4	Εννοιολογικός σχεδιασμός της ΒΔ μακροσεισμικών παρατηρήσεων	26
3.5	Περιγραφή της Β.Δ. με στιγμιότυπα	32
3.6	Διενέργεια ερωτημάτων	39
3.7	Διαδικασία εκτύπωσης ετικετών για την αποστολή ερωτηματολογίων	42
3.8	Χρήση φορμών της Access	48
4	Ανάπτυξη έμπειρου συστήματος στα πλαίσια συλλογής και αξιολόγησης μακροσεισμικών παρατηρήσεων	53
4.1	Έμπειρα Συστήματα – Βασικές έννοιες	53
4.2	Το λογισμικό NEXPERT	59
4.3	Μακροσεισμικές παρατηρήσεις στα πλαίσια ενός έμπειρου συστήματος ..	64
5	Σύστημα για το διαδίκτυο, χρήση λογισμικού GIS και εφαρμογή γεωστατιστικών μεθόδων στη διαδικασία συλλογής, αξιολόγησης, διαχείρισης και οπτικοποίησης των μακροσεισμικών παρατηρήσεων	92
5.1	Σχεδίαση και υλοποίηση συστήματος για το διαδίκτυο στα πλαίσια συλλογής μακροσεισμικών παρατηρήσεων	92
5.2	Χρήση λογισμικού GIS για συμπληρωματική διαχείριση των μακροσεισμικών δεδομένων και οπτικοποίηση	97
5.3	Εφαρμογή της γεωστατιστικής μεθόδου kriging για τη χάραξη ισοσειστών καμπυλών	103
6	Συζήτηση - Συμπεράσματα - Προτάσεις	111
7	Βιβλιογραφία	117

Πίνακες

I. Συνοπτική περιγραφή της Ευρωπαϊκής Μακροσεισμικής Κλίμακας (EMS-98) (Gruenthal, 1998)..	13
II. Ταξινόμηση των κτιρίων σε κλάσεις τρωτότητας (Gruenthal, 1998).....	14
III. Ταξινόμηση των βλαβών σε κατασκευές φέρουσας τοιχοποιίας σε κλάσεις βαθμών βλαβών (Gruenthal, 1998).	15
IV. Ταξινόμηση των βλαβών σε κατασκευές οπλισμένου σκυροδέματος σε κλάσεις βαθμών βλαβών (Gruenthal, 1998).	16
V. Συνέπειες των σεισμών στο περιβάλλον και αντιστοίχιση με τη μακροσεισμική ένταση. Είναι εμφανής η δυσκολία αντιστοίχισης σε μια μόνο τιμή (Gruenthal, 1998).	17
VI. Προκαταρκτική κατάταξη των εννοιών του εμπείρου συστήματος σε κλάσεις, υποκλάσεις, αντικείμενα και ιδιότητες.	67

Πίνακας Εικόνων

1.1	Απόσπασμα από το μηνιαίο δελτίο του Γεωδυναμικού Ινστιτούτου, όπου αναφέρονται τα στοιχεία του σεισμού και οι κατά τόπους παρατηρηθείσες μακροσεισμικές εντάσεις.	4
2.1	Παρά την ανάπτυξη της επιστήμης της σεισμολογίας και της τεχνολογίας των κατασκευών, οι σεισμοί εξακολουθούν να έχουν σημαντικές επιπτώσεις. Αριστερά καταρρεύσεις από το σεισμό στη Χίο (1881) και δεξιά από το σεισμό της Αθήνας (1999).	6
2.2	Παραδείγματα χαρτών ισοσειστών, στα αριστερά χάραξη με το χέρι (UNESCO, 1974) και δεξιά χάραξη με χρήση της γεωστατιστικής μεθόδου kriging (Schenkova et al., 2006).	10
2.3	Καθορισμός της έννοιας «ποσότητας», όπως αναφέρεται στις περιγραφές των συνεπειών των σεισμών (λίγοι – πολλοί – πλείστοι) (Gruenthal, 1998).	18
3.1	Τα στάδια σχεδίασης των Βάσεων Δεδομένων	20
3.2	Σχηματική παρουσίαση της μετάβασης από δεδομένα σε πληροφορίες και σε θεματικό χάρτη	23
3.3	Εννοιολογικός σχεδιασμός της ΒΔ μακροσεισμικών παρατηρήσεων για τους 3 βασικούς Πίνακες	30
3.4	Πίνακες, πεδία και σχέσεις	32
3.5	Στιγμιότυπο του πίνακα QUAKES	33
3.6	Στιγμιότυπο του πίνακα SITES	33
3.7	Στιγμιότυπο της φόρμας σχεδίασης του πίνακα SITES	34
3.8	Στιγμιότυπο του πίνακα EFFECT	35
3.9	Στιγμιότυπο του πίνακα COASTREGION για τις γεωγραφικές-διοικητικές περιοχές	35
3.10	Στιγμιότυπο του πίνακα COASTCONTOUR για τις γεωγραφικές-διοικητικές περιοχές	36
3.11	Στιγμιότυπο του πίνακα COASTPOINT για τις γεωγραφικές-διοικητικές περιοχές	36
3.12	Στιγμιότυπο του πίνακα FLINNSQUARS με σχέση ένα προς πολλά με τον πίνακα QUAKES (κάθε γεωγραφικό ορθογώνιο παραλληλόγραμμο φιλοξενεί περισσότερους του ενός σεισμούς)	37
3.13	Στιγμιότυπο του πίνακα FLINNSQUARS με σχέση ένα προς πολλά με τον πίνακα QUAKES (κάθε γεωγραφικό ορθογώνιο παραλληλόγραμμο φιλοξενεί περισσότερους του ενός σεισμούς)	37
3.14	Στιγμιότυπο του πίνακα FLINNPOINT με τις κορυφές κάθε ορθ. παραλληλογράμμου	38
3.15	Στιγμιότυπο του Πίνακα GEOLOGY. Ένας γεωλογικός σχηματισμός συναντάται σε πολλά δημοτικά διαμερίσματα.	38
3.16	Το ερώτημα Site-in-window	40
3.17	Το ερώτημα Quakes-into-area	41
3.18	Στιγμιότυπο της απάντησης του ερωτήματος Quakes-into-area	41

3.19	Αποτέλεσμα ερωτήματος για την εκτύπωση ετικετών	44
3.20	Απόσπασμα από την εκτύπωση των ταχυδρομικών ετικετών ως αποτέλεσμα του report.	45
3.21	Σύγκριση των ερωτημάτων των περιπτώσεων (α) και (β) για την αποστολή ερωτηματολογίων	48
3.22	Φόρμα εισαγωγής στη ΒΔ	49
3.23	Χάρτης που δείχνει τα επίκεντρα των σεισμών για τους οποίους υπάρχουν μακροσεισμικές πληροφορίες	50
3.24	Φόρμα που ανοίγει με το πλήκτρο “SHOW MACROSEISMIC OBSERVATIONS”	50
3.25	Χάρτης της χωρικής κατανομής των μακροσεισμικών εντάσεων που παρατηρήθηκαν κατά το συγκεκριμένο σεισμό.	51
4.1	Αναπαράσταση της πραγματικότητας με αντικείμενα και κανόνες	56
4.2	Σχέσεις μεταξύ κανόνων και αντικειμένων.	57
4.3	Δομή κλάσεων/αντικειμένων	57
4.4	Διάγραμμα ακολουθούμενης μεθοδολογίας για την ανάπτυξη του έμπειρου συστήματος (Awad, 1996).	58
4.5	Το παράθυρο Rule Editor στο λογισμικό NEXPERT	59
4.6	Δυνατότητες ελέγχων και ενεργειών που παρέχει ο Rule Editor	60
4.7	Οι επεξεργαστές κλάσεων (CLASS EDITOR) και αντικειμένων (OBJECT EDITOR) επιτρέπουν τη δημιουργία, επεξεργασία και εμφάνιση μιας κλάσης ή ενός αντικειμένου καθώς και των συνδεδεμένων δομών τους.	61
4.8	Επεξεργαστής ιδιοτήτων (PROPERTY EDITOR) και επεξεργαστής τιμών ιδιοτήτων (META-SLOT EDITOR).	61
4.9	Παράθυρο στρατηγικής, απ’ όπου καθορίζεται η κληρονομικότητα και ο τρόπος έρευνας των κανόνων από το σύστημα.	62
4.10	Το παράθυρο Agenda Monitor όπου καταγράφονται λεπτομέρειες της όλης διαδικασίας (χρησιμοποιούμενες στρατηγικές κατά περίπτωση, σφάλματα και πηγές τους, σειρά εκτέλεσης υποθέσεων κλπ).	64
4.11	Σχηματική παράσταση των μακροσεισμικών παρατηρήσεων στα πλαίσια ενός έμπειρου συστήματος (Barbano & Salemi, 1990).	66
4.12	Τμήμα από τον κατάλογο κλάσεων και ιδιοτήτων εντός του έμπειρου συστήματος με βάση τον Πίνακα IV	68
4.13	Διαμόρφωση απλών κανόνων που ορίζουν την ποσότητα των ανθρώπων ακολουθώντας την περιγραφή της κλίμακας EMS-98 και την εικόνα 4.12.	69
4.14	Δοκιμή των απλών κανόνων της εικόνας 4.13.	70
4.15	Εμπλουτισμός του έμπειρου συστήματος με κανόνες που αφορούν τιμές μακροσεισμικής έντασης και δοκιμή αυτών.	71
4.16	Απαντημένο ερωτηματολόγιο το οποίο υπόκειται στη διαδικασία του έμπειρου συστήματος	73
4.17	Αξιολόγηση του απαντημένου ερωτηματολογίου της εικόνας 4.16.	74

4.18	Περαιτέρω εμπλουτισμός και δοκιμές του έμπειρου συστήματος προς ανώτερες τιμές έντασης (IV, V, ...)	78
4.19	Έλεγχος αξιοπιστίας απαντήσεων. Οι απαντήσεις «πολλοί άνθρωποι στο εσωτερικό των σπιτιών» και «λίγοι άνθρωποι έξω από το σπίτι» να έχουν καταλάβει το σεισμό δεν συνδυάζονται με την απάντηση «δεν παρατηρήθηκαν συνέπειες στα αντικείμενα» (πχ αιώρηση λαμπτήρων, τρίζιμο πιάτων κλπ).	81
4.20	Οργάνωση της νησίδας γνώσης που συνδέει τον τύπο της κατασκευής με την αντίστοιχη κλάση τρωτότητα (ERD = Earthquake Resistant Design).	81
4.21	Δοκιμή της νησίδας γνώσης που συνδέει τον τύπο του κτιρίου με την τρωτότητα.	84
4.22	Ανάπτυξη νησίδας γνώσης εντός του έμπειρου συστήματος που αφορά την περιγραφή των βλαβών σε κτίρια και την απόδοση του αντίστοιχου βαθμού ...	85
4.23	Εισαγωγή κανόνα για εμφάνιση εικόνων βλαβών σε κτίρια με σκοπό τη βοήθεια του χρήστη για την επιλογή της κατάλληλης βλάβης και την απόδοση του αντίστοιχου βαθμού.	85
4.24	Επιλογή από το χρήστη τύπου βλαβών σε κτίρια με φέρουσα τοιχοποιία και απόδοση βαθμού βλαβών σύμφωνα με την EMS-98.	86
4.25	Επιλογή από το χρήστη τύπου βλαβών σε κτίρια από οπλισμένο σκυρόδεμα και απόδοση βαθμού βλαβών σύμφωνα με την EMS-98.	87
4.26	Στιγμιότυπο από τη δομή του έμπειρου συστήματος μετά την εισαγωγή των εννοιών τρωτότητας και βαθμού βλαβών και τη σύνδεσή τους με τις άλλες παρατηρήσεις στην περιγραφή της τιμής έντασης V (άνω) και IX (κάτω).	88
4.27	Παράθυρα σύνοψης των αντικειμένων και των κανόνων του έμπειρου συστήματος για τις μακροσεισμικές παρατηρήσεις.	89
4.28	Απόσπασμα από το παράθυρο TRANSCRIPT που δείχνει τη ροή της διαδικασίας	89
4.29	Το παράθυρο Agenda Monitor για το στιγμιότυπο που δείχνεται στο παράθυρο TRANSCRIPT της εικόνας 4.28.	90
4.30	Στιγμιότυπο του αρχείου του έμπειρου συστήματος σε μορφή ASCII, όπου μπορεί να επεξεργαστεί ως κείμενο	90
5.1	Ο χρήστης που επιθυμεί να υποβάλλει απαντημένο ερωτηματολόγιο, επιλέγει τον αντίστοιχο σεισμό.	93
5.2	Μετά την επιλογή του σεισμού ο χρήστης συμπληρώνει τα στοιχεία του και ακολουθεί η απάντηση των ερωτήσεων με επιλογή από drop-down menus	94
5.3	Στιγμιότυπο του πίνακα EARTHQUAKES. Οι δυο σεισμοί με κωδικούς 1808 και 1809 που έχουν επιλεγεί, εμφανίζονται στην εισαγωγική σελίδα της εικόνας	95
5.4	Η δομή του πίνακα REPLIES	95
5.5	Στιγμιότυπο από έναν από τους πίνακες που συγκεντρώνουν τις απαντήσεις. Κάθε γραμμή περιλαμβάνει τις επιλογές από το αντίστοιχο drop-down μενού με μια χαρακτηριστική τιμή (value).	96
5.6	Το σύνολο των Πινάκων της ΒΔ που συγκεντρώνει τις απαντήσεις	96
5.7	Ο διαχειριστής του συστήματος μπορεί να επεξεργαστεί τον κατάλογο των σεισμών, εισάγοντας τους νέους σεισμούς και αποκρύπτοντας τους προηγούμενους	97

5.8	Σχηματική αναπαράσταση της συνδεδεμένης χρήσης ΒΔ σεισμολογικών παρατηρήσεων και ΣΓΠ προς την κατεύθυνση ανάλυσης του σεισμικού κινδύνου και σχεδιασμού για απόκριση και ανακούφιση	99
5.9	Παρουσίαση των σεισμών για τους οποίους υπάρχουν μακροσεισμικές πληροφορίες (κίτρινοι κύκλοι) και των δήμων και δημοτικών διαμερισμάτων με δυο σύμβολα (πράσινοι κύκλοι εκεί που αποστέλλεται ερωτηματολόγιο μετά από ένα σεισμό και κόκκινοι κύκλοι εκεί που δεν αποστέλλεται ερωτηματολόγιο).	100
5.10	Εμφάνιση των σεισμών μεταξύ 38-40N και 20-24E και των θέσεων όπου αποστέλλεται ερωτηματολόγιο μέσα στο ίδιο τετράπλευρο.	101
5.11	Παρουσίαση των σεισμών με συμβολισμό ως προς το βάθος από τους καταλόγους σεισμών του Γ.Ι. για την περίοδο 1988-2004 και για αποστάσεις 100 χλμ γύρω από την περιοχή της Ανατολικής Αττικής.	102
5.12	Παρουσίαση των θέσεων των επιταχυνσιογράφων στην ευρύτερη περιοχή με πληροφόρηση για τις μέγιστες τιμές εδαφικής δόνησης από τη ΒΔ ισχυρών εδαφικών κινήσεων.	102
5.13	Οπτικοποίηση του ερωτήματος για τις σημειούμενες μακροσεισμικές εντάσεις και τις θέσεις των επιταχυνσιογράφων που κατέγραψαν το σεισμό της Αθήνας (1999) στην περιοχή της Αττικής.	104
5.14	Τα μενού του λογισμικού SURFER που αφορούν της εφαρμογή της kriging και την επιλογή των διαφόρων παραμέτρων που θα χρησιμοποιηθούν.	106
5.15	Το μακροσεισμικό πεδίο με εφαρμογή της επιλογής “No Search”.	108
5.16	Το μακροσεισμικό πεδίο με εφαρμογή της επιλογής “Search”.	109
5.17	Το μακροσεισμικό πεδίο όπως διαμορφώνεται από διαφορετικές τιμές του λόγου r ($r=N/Ls$).	110
6.1	Ψηφιοποιημένες πολυγραμμές (ρήγματα) και πολύγωνα (όρια γεωλογικών σχηματισμών) σε ΣΓΠ.	112
6.2	Παράσταση του βαθμού συνδρομής (membership grade) σε ένα παραδοσιακό έμπειρο σύστημα και σε ένα ασαφές σύστημα.	114
6.3	Παράσταση ασαφών κατηγοριών με απόδοση της ασάφειας με βάρη.	115

1

Εισαγωγή

Οι μακροσεισμικές μέθοδοι είναι μεταξύ των παλαιότερων στην επιστήμη της σεισμολογίας, που όμως εξακολουθούν να χρησιμοποιούνται ακόμα και σήμερα με κάποιες αλλαγές. Η μακροσεισμική ένταση είναι ένα σημαντικό μέγεθος το οποίο χρησιμοποιείται στην εκτίμηση του σεισμικού κινδύνου. Πριν από την ανάπτυξη των σειсмоγράφων ήταν η παράμετρος που με τη μέτρηση των αποτελεσμάτων των σεισμών σε ανθρώπους, αντικείμενα, κατασκευές και περιβάλλον έδινε μια εκτίμηση της σφοδρότητας του σεισμού σε κάθε τόπο. Αν και θα περίμενε κανείς ότι η ανάπτυξη των σειсмоγράφων κατά τον 20^ο αιώνα θα μείωνε την χρησιμότητα της μακροσεισμικής έντασης, η σημασία της στις μελέτες σεισμικής επικινδυνότητας και στον υπολογισμό του σεισμικού κινδύνου παραμένει ακόμα και σήμερα μεγάλη. Κατά την τελευταία 20ετία μάλιστα το ενδιαφέρον της μακροσεισμολογίας, πέραν της βαθμονόμησης των ιστορικών σεισμών με σύγχρονα κριτήρια ώστε οι σεισμολογικοί κατάλογοι να επεκταθούν χρονικά προς το παρελθόν, μετατοπίστηκε προς την κατεύθυνση της σύνδεσης της μακροσεισμικής έντασης με τις τοπικές γεωλογικές συνθήκες, το μηχανισμό γένεσης, τις μέγιστες εδαφικές παραμέτρους, το τεκτονικό και γεωμορφολογικό καθεστώς της περιοχής κλπ, με χρήση σύγχρονων υπολογιστικών μεθόδων. Δεδομένου ότι απώτερος πρακτικός στόχος της σεισμολογικής έρευνας είναι η προστασία της κοινωνίας έναντι των σεισμών, η σύγχρονη σεισμολογία χρησιμοποιεί τη σημερινή γνώση σε θέματα καταγραφής, μετάδοσης, επεξεργασίας και διανομής των ενόργανων παρατηρήσεων, χωρίς από την άλλη πλευρά να απορρίπτει τις παραδοσιακές μεθόδους της μελέτης των επιπτώσεων των σεισμών με τα ερωτηματολόγια και τις επιτόπιες παρατηρήσεις.

Η εμπειρία έχει δείξει ότι είναι δυνατόν να επιτευχθεί ένας ικανοποιητικός αριθμός απαντημένων ερωτηματολογίων, αν τηρείται μια ενημερωμένη βάση των σημείων που αποστέλλονται τα ερωτηματολόγια. Η μείωση του χρονικού διαστήματος για την αποστολή των ερωτηματολογίων εκμεταλλεύεται τις πρόσφατες εμπειρίες-παρατηρήσεις των ερωτώμενων από τις επιπτώσεις ενός συγκεκριμένου σεισμού, οι οποίες ξεχνιούνται

με την πάροδο του χρόνου, ενώ είναι δυνατόν να μπλεχτούν με τις παρατηρήσεις από πιθανούς ισχυρούς μετασεισμούς. Περαιτέρω μειώνεται ο χρόνος αξιολόγησης των επιστρεφόμενων – απαντημένων ερωτηματολογίων και κατασκευής του χάρτη μακροσεισμικών παρατηρήσεων ή του χάρτη ισοσειστών, αφού στη βάση περιέχονται και οι γεωγραφικές συντεταγμένες των σημείων παρατήρησης.

Η μακροσεισμική ένταση είναι εξόχως σχετιζόμενη με ένα συγκεκριμένο τόπο. Αναφέρεται ότι η «ένταση για το σεισμό της 8^{ης} Ιανουαρίου 2006 στα Μητάτα των Κυθήρων είναι VIII», ενώ αντίστοιχα η έκφραση «ο σεισμός της 8^{ης} Ιανουαρίου 2006 είχε ένταση VIII» είναι λανθασμένη και χωρίς περιεχόμενο. Η παραπάνω έκφραση μπορεί να διορθωθεί ως «η μέγιστη ένταση που παρατηρήθηκε κατά το σεισμό της 8^{ης} Ιανουαρίου 2006 ήταν VIII», αλλά και πάλι δεν είναι πλήρης δεδομένου ότι λείπει από αυτήν ο προσδιορισμός του τόπου όπου παρατηρήθηκε η μέγιστη ένταση.

Περαιτέρω, η απόδοση μιας τιμής μακροσεισμικής έντασης για συγκεκριμένο σεισμό και συγκεκριμένο τόπο συνδέεται άμεσα με τη χρησιμοποιούμενη κλίμακα. Συνήθως, για μελέτες απόσβεσης σε κλίμακα κράτους, τα δημοτικά διαμερίσματα λαμβάνονται ως σημεία (τα οποία χαρακτηρίζονται από τις συντεταγμένες τους), και επομένως αντιστοιχείται μια τιμή έντασης στο κέντρο του Δημοτικού Διαμερίσματος. Αντίθετα, σε μικροζωνικές μελέτες όπου έχουν σημασία οι παράγοντες απόσβεσης της σεισμικής ενέργειας σε επίπεδο πόλης, έχει σημασία να αποδοθούν τιμές έντασης σε περισσότερα του ενός σημεία που βρίσκονται εντός των διοικητικών ορίων της εξεταζόμενης πόλης. Αυτό σημαίνει ότι υπάρχουν βέβαια τα ανάλογα διαθέσιμα στοιχεία (επί τόπου επισκέψεις μετά από έναν καταστροφικό σεισμό ή περισσότερα του ενός απαντημένα ερωτηματολόγια) για τις συνέπειες του σεισμού για διαφορετικές θέσεις.

Επιπλέον, οι παράγοντες που επιδρούν στη διαμόρφωση των συνεπειών ενός σεισμού σε έναν τόπο, άρα και στην τιμή της μακροσεισμικής έντασης, αναφέρονται στην σεισμική εστία, στη διαδρομή διάδοσης των σεισμικών κυμάτων και στις τοπικές εδαφικές – γεωλογικές συνθήκες στον τόπο παρατήρησης και επομένως και κάτω από αυτό το πρίσμα χωρικά χαρακτηριστικά υπεισέρχονται στην οργάνωση της μελέτης των μακροσεισμικών δεδομένων. Για παράδειγμα, σημασία έχει η επικεντρική απόσταση (απόσταση επικέντρου – θέσης παρατήρησης), ο τρόπος απελευθέρωσης της σεισμικής ενέργειας (που σχετίζεται με το μηχανισμό γένεσης και άρα το σειсмоγόνο χώρο), η διάδοση των σεισμικών κυμάτων (διέλευση από ζώνες καταβύθισης, μέσα ή έξω από το ηφαιστειακό τόξο, διέλευση από μεγάλες ρηξιγενείς ζώνες ή μεγάλους ορεινούς όγκους κλπ), η τοπική γεωλογία, η τοπική τοπογραφία, η πολεοδομική ανάπτυξη (πυκνότητα

πληθυσμού, χρήσεις γης κλπ), η κατανομή του τύπου των κατασκευών που υφίστανται τις συνέπειες ενός συγκεκριμένου σεισμού.

Από τα παραπάνω καθίσταται φανερό ότι ο συνεχώς αυξανόμενος όγκος πληροφοριών, η ανάπτυξη των υπολογιστικών συστημάτων και η ανάγκη για την εύρεση σχέσεων μεταξύ των δεδομένων και την βελτίωση της γνώσης για την προστασία της κοινωνίας έναντι των σεισμών, απαιτεί την ανάπτυξη βάσης δεδομένων η οποία να μπορεί να διαχειριστεί δεδομένα με χωρικά χαρακτηριστικά. Τα δεδομένα δηλαδή, με τη μορφή που παρουσιάζονται στην Εικόνα 1, όχι μόνο δεν αποδίδουν τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά που εμπεριέχουν, αλλά και δεν είναι δυνατή η εύρεση των μεταξύ τους σχέσεων.

Στην παρούσα εργασία επιχειρείται μια οργάνωση και αξιοποίηση σύγχρονων εφαρμογών λογισμικού, όπως:

α) Η ανάπτυξη βάσεων δεδομένων με στόχο την αρχειοθέτηση των μέχρι στιγμής δεδομένων, την μεταξύ τους συσχέτιση και την επιτάχυνση και ποιοτική βελτίωση της διαδικασίας συλλογής και επεξεργασίας μακροσεισμικών παρατηρήσεων για τους μελλοντικούς σημαντικούς σεισμούς του Ελληνικού χώρου.

β) Η ανάπτυξη έμπειρου συστήματος για την κατά το δυνατόν αντικειμενικοποίηση των μακροσεισμικών παρατηρήσεων κατά τη διαδικασία της συλλογής και κατά τη διαδικασία της επεξεργασίας τους.

γ) Η χρήση του διαδικτύου στην διαδικασία συλλογής μακροσεισμικών παρατηρήσεων για τον εμπλουτισμό του δείγματος από διάφορες περιοχές, την επιτάχυνση της διαδικασίας συλλογής και την αυτόματη εισαγωγή των παρατηρήσεων σε βάση δεδομένων ώστε να είναι δυνατή η στατιστική τους επεξεργασία.

δ) Η χρήση λογισμικού (SQL, GIS, γεωστατιστικές μέθοδοι) για την οπτικοποίηση της επεξεργασίας των μακροσεισμικών παρατηρήσεων.

<u>Date</u>	<u>Phase</u>	<u>Time</u>	<u>Additional Readings and Remarks</u>
Mar. 18	eiPn eiSn	05 46 09.4 C 25.8	i 4627, i 4631. Weak. $\Delta=138$ km. ~ 1.2 dg.
18	ei(Pb) i Sb i Sg	16 48 25.2 D 43.5 44.1	Weak. $\Delta=150$ km. ~1.3 dg.
✓ 18	e?(Pn) i Pb	19 07(07.0) 12.1 C	Pn lost in time mark; i 0714, e 0715 C. After some impulses the recording pen were thrown off: Readings on Mainka seismogram: ePb 19:07:11.9, iSg 19:08:06.6 $\Delta=390$ km. ~ 3.5 dg. West Turkey. 40°N, 27°1/2 E. H=19:06:11 (USCGS). 40.1°N, 27.3 E.- H=19:06:13 (BCIS). M=7 ³ /4 (Pasadena). Recorded up to 151°. From the Island Lesbos were reported 204 buildings destroyed and 354 damaged (171 severely, 183 slightly), It was felt on Lesbos (Kalloni, Keramia VIII, Papiana, Petra, Antissa, Skala VII+, Eres- sos, Mandamados, Hag.Paraskevi VII, Sykamia, Polychnitos, Vasili- ka VI+, Mytilini, Hag.Marina, Va- tousa, Vrysa, Plaghia, Kliou, Lou- tra, Kontopoulion, Lisvorion, Ip- pion VI, Skopelos V+, Haghiassos, Mithymni, Plomarion, Mesagros V), Samothraki (Samothraki, Halonia VI+), Lemnos (Kastron, Plaka VI), Thasos (Thasos VI, Ano Theologhos, Kallirachi IV), Chios (Volissos VI-, Kalamoti, Tholopotamon, Pyr- gi, Neochorion, Kalimassia, Kar- damyla, Nenita, Vrontados V), Oe- nousae (Oenousae IV), Samos (Ne- on Karlovasi VI, Tighanion V, Lim. Vathy, Pagondas, Samos IV, Myti- linee IV-, Eudilos III), Icaria

Εικόνα 1.1. Απόσπασμα από το μηνιαίο δελτίο του Γεωδυναμικού Ινστιτούτου, όπου αναφέρονται τα στοιχεία του σεισμού και οι κατά τόπους παρατηρηθείσες μακροσεισμικές εντάσεις.

2

Μακροσεισμολογία

2.1 Μακροσεισμικές Παρατηρήσεις – Βασικές έννοιες.

Η **μακροσεισμολογία** είναι το τμήμα της σεισμολογίας που ασχολείται με τη συλλογή και επεξεργασία μη ενόργανων παρατηρήσεων από σεισμούς και συγκεκριμένα των επιπτώσεων των σεισμών στους ανθρώπους, στα αντικείμενα, στα κτίρια και στο περιβάλλον (Cecic & Musson, 2004).

Οι πιο συνηθισμένες εκδηλώσεις της σεισμικής δραστηριότητας **στο έδαφος** είναι: ρωγμές, χάσματα (δηλ. τα επιφανειακά ίχνη των σεισμικών ρηγμάτων), κατολισθήσεις, εδαφικές βαθύνσεις, ρευστοποίηση του εδάφους, υψομετρικές μεταβολές (καθιζήσεις ή εξάρσεις του εδάφους).

Στα νερά οι επιπτώσεις είναι άμεσες, κατά τη διάρκεια της διέλευσης των σεισμικών κυμάτων μέσα από αυτά -και προκαλούν ταλαντώσεις του νερού, κυματισμό σε λίμνες και κλειστούς χώρους- ή έμμεσες και οφείλονται στις εδαφικές διαταράξεις που επηρεάζουν και τα νερά (μεταβολή στην παροχή των πηγών, αποξήρανση ελών, λιμνών, ποταμών, απόφραξη ποταμών από κατολισθήσεις εδαφών και δημιουργία λιμνών, ελών και πλημμυρών, κλπ.)

Στη θάλασσα προκαλούνται θαλάσσιοι σεισμοί (δονήσεις μικρής περιόδου που οφείλονται στη διέλευση των σεισμικών κυμάτων μέσα από το θαλάσσιο νερό) και θαλάσσια κύματα βαρύτητας (tsunamis), που έχουν μεγάλο μήκος κύματος και διαδίδονται στην επιφάνεια της θάλασσας.

Στις κατασκευές οι επιπτώσεις είναι πιο ορατές, πιο εκτεταμένες και προκαλούν τραυματισμούς και θανάτους ανθρώπων, ενώ συνεπάγονται και τεράστιες οικονομικές ζημιές. Οι **άμεσες βλάβες** οφείλονται στη διέλευση των σεισμικών κυμάτων από το έδαφος στα θεμέλια, στους τοίχους και στη στέγη των κτιρίων. Οι **έμμεσες βλάβες** οφείλονται στις πυρκαγιές που προκαλούνται κατά τη διάρκεια των σεισμών.

Στους ανθρώπους, οι σεισμοί προκαλούν φόβο, νευρική υπερδιέγερση, πανικό, που σε ορισμένους διαρκεί για μεγάλο χρονικό διάστημα. Πέρα από τον ίδιο το σεισμό, ο οποίος γίνεται αισθητός σε συνθήκες ηρεμίας στο κρεβάτι ή στο αυτοκίνητο ακόμη και στην περίπτωση μικρών σεισμών, μέσω κυρίως της κατακόρυφης δόνησης, τα φαινόμενα της ανησυχίας ενισχύονται και από τη σεισμική βοή που συνοδεύει, συνήθως, έναν σεισμό ή και από διάφορα φωτεινά φαινόμενα που παρατηρούνται σε κατοικημένες περιοχές κατά τη διάρκεια των σεισμικών δονήσεων.

Στα ζώα (κατοικίδια, άγρια, πουλιά, μέλισσες, ψάρια), οι σεισμοί προκαλούν, επίσης, φόβο που εκδηλώνεται ορισμένα λεπτά ή και ώρες πριν από τους σεισμούς.

Οι μέθοδοι που χρησιμοποιούν οι σεισμολόγοι για να συλλέξουν και να αξιολογήσουν τα μακροσεισμικά δεδομένα εξακολουθούν να βασίζονται στις ίδιες εμπειρικές διαδικασίες της τεχνικής trial-and-error. Η ταχύτερη ανάπτυξη της τεχνολογίας των υπολογιστών και των επικοινωνιών κατά τα τελευταία χρόνια επέδρασε σημαντικά στη μείωση του χρόνου που απαιτείται για τη συλλογή των παρατηρήσεων μετά την εμφάνιση του σεισμού, όμως η περιγραφή των αποτελεσμάτων του σεισμού παραμένει ακόμα και σήμερα αναλλοίωτη: οι άνθρωποι εξακολουθούν να φοβούνται ή να ξυπνούν εξ αιτίας του σεισμού, τα αντικείμενα εξακολουθούν να πέφτουν από τα ράφια, τα εδάφη εξακολουθούν να υφίστανται ρευστοποίηση, οι κατασκευές εξακολουθούν να υφίστανται βλάβες (εικόνα 2.1).



Εικόνα 2.1. Παρά την ανάπτυξη της επιστήμης της σεισμολογίας και της τεχνολογίας των κατασκευών, οι σεισμοί εξακολουθούν να έχουν σημαντικές επιπτώσεις. Αριστερά καταρρεύσεις από το σεισμό στη Χίο (1881) και δεξιά από το σεισμό της Αθήνας (1999).

Η συλλογή των πληροφοριών για τα αποτελέσματα συγκεκριμένου σεισμού σε διάφορους τόπους βασίζεται γενικά σε συγκεκριμένες απαντήσεις σε ερωτηματολόγια, πέραν βεβαίως της επί τόπου επίσκεψης των ειδικών επιστημόνων στην πλειόσειστη

περιοχή για μια λεπτομερέστερη καταγραφή των συνεπειών του σεισμού. Η εφαρμογή των ερωτηματολογίων για την άντληση πληροφοριών για τις συνέπειες των σεισμών προκύπτει από την αναζήτηση ιστορικών αρχείων. Για παράδειγμα, σε πρόσφατη εργασία των Munoz & Udias (2006) ερευνάται τα πρώτα ερωτηματολόγια για το δυτικό ημισφαίριο και για σεισμό που έπληξε την πόλη San Salvador στην Κεντρική Αμερική (21 Απριλίου 1594). Τα ερωτηματολόγια εστάλησαν από τον Φίλιππο ΙΙ της Ισπανίας τον Ιανουάριο 1595 (10 μήνες μετά το σεισμό) και τον Φεβρουάριο 1604 (9 χρόνια μετά το σεισμό) για να ζητηθούν πληροφορίες για τα χαρακτηριστικά των βλαβών, τις απώλειες και τις οικονομικές συνέπειες που προξένησε ο σεισμός. Κάθε ερωτηματολόγιο ήταν ένα σετ από ερωτήσεις απευθυνόμενες προς συγκεκριμένα πρόσωπα σε διοικητικές θέσεις, έτσι ώστε να αποφασιστεί η απαιτούμενη βοήθεια. Από τις απαντήσεις των ερωτηματολογίων αυτών, αλλά και από άλλα ιστορικά αρχεία που περιγράφουν το φαινόμενο συμπεραίνεται ότι ο σεισμός είχε όμοια χαρακτηριστικά με τους σεισμούς του 1965 και του 1986 (Harlow et al., 1993), έτσι του αποδίδεται ένα μέγεθος (Ms) μεταξύ 6 και 7, ενώ το επίκεντρό του τοποθετείται στην πόλη του San Salvador και χαρακτηρίζεται ως επιφανειακός σεισμός, γιατί οι κάτοικοι της πόλης αισθάνονταν του προσεισμούς και τους μετασεισμούς. Στις απαντήσεις των ερωτηματολογίων περιλαμβάνεται η άποψη ότι οι προσεισμοί που γίνονταν αισθητοί κατά την προηγούμενη ημέρα έδιωξαν τους κατοίκους από τα σπίτια και αυτός ήταν ο λόγος του μικρού αριθμού απωλειών.

Τα ερωτηματολόγια στη σημερινή τους μορφή, είναι τυποποιημένα, οι ερωτήσεις δηλαδή που περιλαμβάνουν αφορούν τις επιπτώσεις του σεισμού στους ανθρώπους, στα αντικείμενα, στο περιβάλλον και τις κατασκευές. Η τυποποίηση αυτή βοηθά αφενός αυτόν που απαντά (σύστημα πολλαπλών επιλογών) αφετέρου τον αναλυτή των απαντημένων ερωτηματολογίων ώστε να εξάγει περισσότερο ομογενοποιημένα αποτελέσματα.. Η διανομή των ερωτηματολογίων επίσης εξακολουθεί να γίνεται με συγκεκριμένους τρόπους: ταχυδρομικά, μέσω του τοπικού τύπου, με ηλεκτρονικό ταχυδρομείο ή με άμεση διανομή, και κατά τα τελευταία χρόνια χρησιμοποιείται και το διαδίκτυο. Οι επιτόπου παρατηρητές οι οποίοι καλούνται να απαντήσουν τα ερωτηματολόγια είναι επίσης συγκεκριμένοι: εκπρόσωποι τοπικής αυτοδιοίκησης, αστυνομικοί, υπάλληλοι δασαρχείων, μαθητές ή σπουδαστές ή απλοί πολίτες. Τα απαντημένα ερωτηματολόγια συγκεντρώνονται από τον αρμόδιο φορέα (συνήθως το σεισμολογικό ινστιτούτο) και εξειδικευμένο προσωπικό αναλαμβάνει την αξιολόγησή τους.

Η αξιολόγηση των ερωτηματολογίων, δηλαδή η εκτίμηση των μακροσεισμικών αποτελεσμάτων γίνεται ώστε με βάση ορισμένες κλίμακες να αποδοθεί μια τιμή μακροσεισμικής έντασης σε ένα τόπο και για συγκεκριμένο σεισμό, που παριστάνεται με τους λατινικούς αριθμούς I, II, III, IV, κλπ. Η κλίμακα που χρησιμοποιούμε στην Ελλάδα –αλλά και σε άλλες χώρες- είναι η **δωδεκαβάθμια κλίμακα Mercalli-Sieberg** με κάποιες τροποποιήσεις της (**Modified Mercalli**). Ορισμένοι χρησιμοποιούν και την τροποποιημένη κλίμακα Medvedev - Sponcheuer - Karnik (MSK). Κατά τα τελευταία χρόνια έχει προταθεί η Ευρωπαϊκή Μακροσεισμική Κλίμακα (Gruenthal, 1998), η οποία έχει βασιστεί στις προαναφερόμενες κλίμακες και άρα εμπεριέχει πολλά από τα στοιχεία τους. Γενικά οι διαφορετικές κλίμακες υπάρχουν για να προσαρμοστεί η μακροσεισμική ένταση στα τοπικά χαρακτηριστικά ή στις σύγχρονες απαιτήσεις (υλικά κατασκευής, αντισεισμικοί και πολεοδομικοί κανονισμοί, διάφοροι τύποι κτιρίων και κατασκευών).

Η μακροσεισμική ένταση είναι ένα χρήσιμο μέγεθος για διάφορες μελέτες που καλύπτουν ένα ευρύ φάσμα εφαρμογών. Ανάμεσα σε άλλα έχει χρησιμοποιηθεί: α) για τον προσδιορισμό, των εστιακών παραμέτρων των σεισμών, όπως του μεγέθους (Everden, 1975; Sbar & DuBois, 1984), του εστιακού βάθους (Prochazkova, 1984), της ακτινοβολίας της σεισμικής ενέργειας (Schuhadolc et al., 1988), β) για τη σχέση μεταξύ του μεγέθους του σεισμού και της επικεντρικής απόστασης υπό το πρίσμα της σεισμικής μηχανικής (Cornell, 1968; McGuire, 1976), γ) για τον προσδιορισμό του παράγοντα απόσβεσης σε σχέση με τη δομή του φλοιού και του πάνω μανδύα (Utsu, 1971; Hashida & Shimazaki, 1984). Οι Schenkova et al. (1996) με μοντελοποίηση της μακροσεισμικής έντασης καταλήγει σε χάρτες ισοσειστών για την Κεντρική Ευρώπη, λαμβάνοντας υπόψη τη γεωλογική και τεκτονική δομή, η οποία επιδρά στη διαμόρφωση της ισχυρής εδαφικής κίνησης.

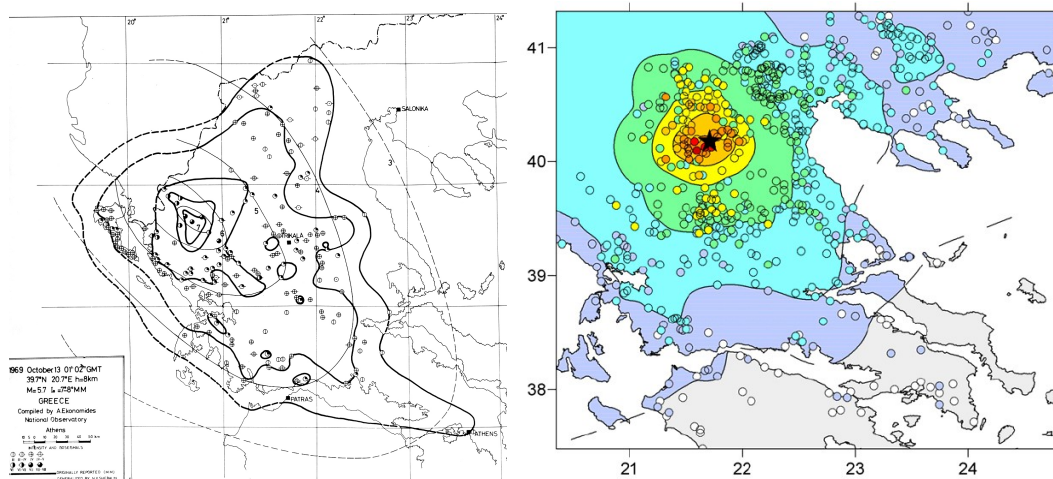
Στην Ελλάδα οι μακροσεισμικές εντάσεις έχουν χρησιμοποιηθεί για τον προσδιορισμό του μεγέθους (Drakopoulos, 1978), για τον προσδιορισμό του εστιακού βάθους (Papazachos et al., 1982), στον υπολογισμό της σεισμικής επικινδυνότητας (Papouliou, 1988; Theodulidis & Papazachos, 1992), ενώ ο Papazachos (1992) πρότεινε μέθοδο μοντελοποίησης των ισοσειστών. Τελευταία οι Schenkova et al. (2006) ανέπτυξαν μέθοδο σχεδίασης ισοσειστών με παράλληλη προσπάθεια επεξήγησης του σχήματος αυτών σε σχέση με τις γεωλογικές και τεκτονικές γραμμές.

Η ανάπτυξη των πόλεων σε περιοχές με προβληματικά εδάφη αλλά και η αλλαγή των όρων δόμησης όσον αφορά το ύψος των κατασκευών, οδήγησε τους επιστήμονες να θέσουν ως πρωταρχικό στόχο τον προσδιορισμό της σεισμικής επικινδυνότητας. Για τον

υπολογισμό αυτόν, η μακροσεισμική ένταση παίζει σημαντικό ρόλο, ιδιαίτερα αν η χαρτογράφηση της συνδυάζεται με άλλες παραμέτρους που αφορούν το μηχανισμό γένεσης, το εστιακό βάθος, τη γεωλογία και την τεκτονική των περιοχών (γεωολογικοί σχηματισμοί, μεγάλες ρηξιγενείς ζώνες κλπ) και τον τύπο των κατασκευών.

Για τη μελέτη της σύνδεσης των προαναφερόμενων παραμέτρων με τη διαμόρφωση της μακροσεισμικής έντασης κατασκευάζονται οι χάρτες των ισοσειστών (γραμμών που συνδέουν τόπους ίσης έντασης). Η χάραξη των ισοσειστών γινόταν με το χέρι από έμπειρο επιστήμονα, αλλά η ανάπτυξη γεωστατιστικού λογισμικού έδωσε τη δυνατότητα για τη σχεδίαση των ισοσειστών από τον υπολογιστή. Ωστόσο, την τελική αξιολόγηση – ερμηνεία, ακόμα και διόρθωση, έχει πάντα ο επιστήμονας (Εικόνα 3).

Το Γεωδυναμικό Ινστιτούτο του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών είναι ο υπεύθυνος φορέας για τον Ελληνικό χώρο της συλλογής των μακροσεισμικών παρατηρήσεων και ακολουθεί την παραπάνω περιγραφόμενη διαδικασία από την ίδρυσή του (1893). Τα ερωτηματολόγια αποστέλλονται ταχυδρομικά στις τοπικές αρχές (Δήμους ή Δημοτικά Διαμερίσματα) αμέσως μετά από έναν ισχυρό σεισμό που κρίνεται ότι έχει επιδράσει σε κάποιο βαθμό σε διάφορους τόπους. Η επιλογή των τοπικών αρχών έγινε γιατί θεωρήθηκε ότι έχουν μια συνολική εικόνα των επιπτώσεων κάθε συγκεκριμένου σεισμού στα όρια της περιοχής ευθύνης τους. Σε αντίθεση με την Ιταλία, όπου στο δίκτυο συλλογής μακροσεισμικών παρατηρήσεων υπεισέρχονται και τα σχολεία, στην Ελλάδα θεωρήθηκε ότι το δίκτυο των σχολείων παρουσιάζει μειονεκτήματα με τον τρόπο λειτουργίας του (κλειστό κατά τη θερινή περίοδο, συχνή αλλαγή προσωπικού κλπ), τα οποία θα λειτουργούσαν εις βάρος της ομοιογένειας του υλικού. Άλλωστε, τα Τμήματα Αποκατάστασης Σεισμοπλήκτων, τα οποία οργανώνονται μετά από κάθε καταστρεπτικό σεισμό υπάγονται στο Υπουργείο Δημόσιας Διοίκησης και Αποκέντρωσης (πρώην Υπουργείο Εσωτερικών) και έχουν άμεση σύνδεση με τους οργανισμούς Τοπικής Αυτοδιοίκησης τα απαντημένα ερωτηματολόγια ακολούθως αξιολογούνται και



Εικόνα 2.2. Παραδείγματα χαρτών ισοσειστών, στα αριστερά χάραξη με το χέρι (UNESCO, 1974) και δεξιά χάραξη με χρήση της γεωστατιστικής μεθόδου kriging (Schenkova et al., 2006).

βαθμολογούνται από έμπειρο επιστημονικό προσωπικό. Τα δεδομένα διαδίδονται μέσω του μηνιαίου δελτίου του Ινστιτούτου και έχουν αποτελέσει το υλικό για πολλές ερευνητικές εργασίες. Περισσότερες λεπτομέρειες βρίσκονται στην ιστοσελίδα www.gein.noa.gr/Greek/web_macro/macroseismic.htm. Κατά τη διάρκεια των τελευταίων ετών και στα πλαίσια ερευνητικών προγραμμάτων, η διαδικασία συλλογής και επεξεργασίας των μακροσεισμικών παρατηρήσεων έχει οργανωθεί με χρήση βάσης δεδομένων που αναπτύχθηκε προς την κατεύθυνση της βελτιστοποίησης της διαδικασίας. Η επιλογή των τόπων όπου αποστέλλονται τα ερωτηματολόγια έχει αυτοματοποιηθεί απαιτώντας λιγότερο προσωπικό και τα απαντημένα ερωτηματολόγια επεξεργάζονται συντομότερα, καταλήγοντας στο χάρτη των μακροσεισμικών παρατηρήσεων.

Παρόλη την αδιαμφισβήτητη πρόοδο που έχει ενσωματωθεί στη προαναφερόμενη διαδικασία, ο ανθρώπινος παράγοντας εξακολουθεί να παίζει τον πρωτεύοντα ρόλο. Ο έμπειρος επιστήμονας είναι εκείνος που αποφασίζει σε ποιους τόπους θα αποσταλεί το ερωτηματολόγιο, το προσωπικό των τοπικών αρχών απαντά (ή σε μερικές περιπτώσεις δεν απαντά) στο ερωτηματολόγιο και ο έμπειρος επιστήμονας αξιολογεί τις απαντήσεις και βαθμολογεί τα ερωτηματολόγια. Υπάρχει λοιπόν πάντα ο κίνδυνος της απουσίας του έμπειρου επιστήμονα ή της άγνοιας του προσωπικού της τοπικής αυτοδιοίκησης όσον αφορά το τι πρέπει να απαντήσει στα διάφορα ερωτήματα (και λόγω αυτού να αποφεύγει να απαντήσει). Η υποκειμενικότητα είναι λοιπόν παρούσα σε όλη τη διαδικασία από την εμφάνιση του ισχυρού σεισμού μέχρι την απόδοση μιας τιμής μακροσεισμικής έντασης.

2.2 Η Ευρωπαϊκή Μακροσεισμική Κλίμακα (EMS-98)

Η κλίμακα αυτή προτάθηκε για πρώτη φορά το 1992 (XXIII ESC General Assembly, Gruenthal, 1998) και στην αρχή διάνυσε μια δοκιμαστική περίοδο (παράλληλα με άλλες χρησιμοποιούμενες κλίμακες εντάσεων ώστε να συλλεχθούν εμπειρικές παρατηρήσεις, κύρια στα θέματα των κατασκευών και της τρωτότητάς τους. Σκοπός ήταν να συμπεριλάβει νέα στοιχεία, ενώ δεν αποσκοπούσε στην περιορισμένη χρήση της μόνο για την Ευρώπη. Παραδείγματα χρήσης της κατά τη δοκιμαστική περίοδο ήταν οι σεισμοί Roermond/Netherlands (1992), Kilari/India (1993), Northridge/USA (1994), Kobe/Japan (1995), Aegion/Greece (1995), Cariaco/Venezuela (1997), Central Italy (1997, 1998).

Η κλίμακα βασίζεται στην κλίμακα MSK, της οποίας η χρήση ξεκινάει στις αρχές της δεκαετίας του 1960 και η οποία αντικαθιστά προηγούμενα χρησιμοποιούμενες κλίμακες Mercalli – Cancani – Sieberg, Modified Mercalli, Medvedev κλπ.

Ο όρος «μακροσεισμική ένταση» χρησιμοποιείται για την ταξινόμηση των παρατηρούμενων συνεπειών της εδαφικής δόνησης εντός των ορίων μιας συγκεκριμένης περιοχής.

Μια από τις τάσεις της Ομάδας Εργασίας ήταν η Ευρωπαϊκή Κλίμακα να μη μεταβάλλει την εσωτερική φιλοσοφία της δωδεκαβάθμιας μακροσεισμικής κλίμακας, γιατί αυτό θα δημιουργούσε σύγχυση και θα οδηγούσε σε ολική επαναξιολόγηση όλων των προηγούμενων δεδομένων με επιπτώσεις στην εκτίμηση του σεισμικού κινδύνου, στην οποία η μακροσεισμική ένταση είναι σημαντικό στοιχείο. Από την άλλη πλευρά έπρεπε να εισαχθούν οι νέοι τύποι κτιρίων ιδιαίτερα αυτοί που ακολουθούν σύγχρονους αντισεισμικούς κανονισμούς, μια καθαρότητα στις εκφράσεις των περιγραφών, την αναθεώρηση των συνεπειών των σεισμών στο περιβάλλον (κατολισθήσεις, καταπτώσεις βράχων, ρωγμές στο έδαφος), την άρση της σύγχυσης μεταξύ των εντάσεων VI και VII κά. Ωστόσο η Ομάδα Εργασίας κατέληξε στο ότι η 12βάθμια κλίμακα ουσιαστικά είναι 10βάθμια δεδομένου ότι ένταση I σημαίνει ότι δεν παρατηρήθηκε καμία συνέπεια, ενώ οι εντάσεις XI και XII, πέραν του ότι είναι σπάνια παρατηρούμενες, είναι και δύσκολο να διακριθούν.

Μια σημαντική καινοτομία της EMS98 είναι η προσπάθεια ποσοτικοποίησης διαφόρων εννοιών όπως «ποσότητα», «τρωτότητα», «βλάβες». Οι Πίνακες που ακολουθούν περιγράφουν αυτήν την ποσοτικοποίηση.

Ο Πίνακας I παρέχει μια συνοπτική περιγραφή της Ευρωπαϊκής Μακροσεισμικής Κλίμακας.

Ο Πίνακας II παρέχει την ταξινόμηση των κτιρίων σε τάξεις τρωτότητας ανάλογα με το υλικό κατασκευής και τις οδηγίες των Αντισεισμικών Κατασκευών.

Οι Πίνακες III και IV ορίζουν το βαθμό βλαβών σε κατασκευές από φέρουσα τοιχοποιία (masonry) και οπλισμένο σκυρόδεμα (reinforced concrete) αντίστοιχα.

Τέλος στον Πίνακα V κατηγοριοποιούνται οι επιπτώσεις των σεισμών στο περιβάλλον (νερά, έδαφος κλπ), ενώ στην Εικόνα 4 ποσοτικοποιούνται (ως εκατοστιαίο ποσοστό) οι έννοιες λίγοι – πολλοί – πλείστοι, όσον αφορά τις παρατηρήσεις επί των ανθρώπων, των αντικειμένων και των κατασκευών.

Πίνακας I. Συνοπτική περιγραφή της Ευρωπαϊκής Μακροσεισμικής Κλίμακας EMS-98 (Gruenthal, 1998).

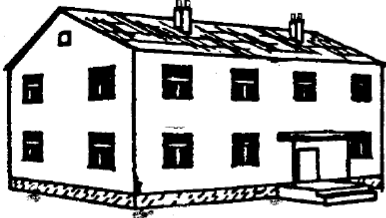

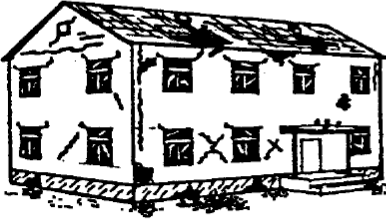


Μακροσεισμική Ένταση	Περιγραφή
I	Σεισμός όχι αισθητός, Καταγραφή μόνο από σειсмоγραφικά όργανα
II	Σεισμός ελάχιστα αισθητός. Από ελάχιστους μεμονωμένους ανθρώπους, ευρισκόμενους στο εσωτερικό των σπιτιών σε ησυχία.
III	Σεισμός ασθενής. Αισθητός από λίγους ανθρώπους στο εσωτερικό των σπιτιών που αισθάνονται έναν ελαφρύ κυματισμό ή ελαφρύ τρέμουλο. Ελαφρά δόνηση αναρτημένων αντικειμένων
IV	Σεισμός ευρέως παρατηρούμενος. Αισθητός από πολλούς στο εσωτερικό των σπιτιών και από λίγους στο εξωτερικό των σπιτιών. Λίγοι άνθρωποι ξυπνούν. Τα παράθυρα, οι πόρτες και τα πιατικά κροταλίζουν.
V	Σεισμός ισχυρός. Αισθητός από πλείστους στο εσωτερικό των σπιτιών και από λίγους στο εξωτερικό των σπιτιών. Πολλοί άνθρωποι ξυπνούν. Λίγοι άνθρωποι φοβούνται. Τα κτίρια τρέμουν. Τα κρεμασμένα αντικείμενα ταλαντώνονται έντονα. Τα μικρά αντικείμενα μετακινούνται. Πόρτες και παράθυρα ανοίγουν ή κλείνουν.
VI	Σεισμός με ελαφρές βλάβες. Πολλοί άνθρωποι φοβούνται και τρέχουν έξω. Μερικά αντικείμενα πέφτουν. Πολλά σπίτια εμφανίζουν ελαφρές βλάβες όχι στα δομικά τους στοιχεία (λεπτές ρωγματώσεις και πτώση μικρών κομματιών σοβά).
VII	Σεισμός με βλάβες. Πλείστοι άνθρωποι φοβούνται και τρέχουν έξω από τα σπίτια. Τα έπιπλα μετακινούνται και πολλά αντικείμενα πέφτουν από τα ράφια. Πολλά κτίρια καλής ποιότητας υφίστανται σημαντικές βλάβες (ρωγμές στους τοίχους, πτώση σοβάδων, πτώση τμημάτων καπνοδόχων). Κτίρια παλαιότερης κατασκευής υφίστανται σημαντικότερες βλάβες (μεγαλύτερες ρωγμές στους τοίχους και αστοχία συνδετικού υλικού)
VIII	Σεισμός με σημαντικές βλάβες. Πολλοί άνθρωποι δυσκολεύονται να σταθούν όρθιοι. Πολλά σπίτια υφίστανται μεγάλες ρωγμές στους τοίχους. Λίγα σπίτια καλής κατασκευής δείχνουν σοβαρές αστοχίες στους τοίχους, ενώ οι παλαιότερες κατασκευές είναι δυνατόν να καταρρεύσουν.
IX	Σεισμός καταστρεπτικός. Επικρατεί γενικός πανικός. Πολλές κατασκευές κακής ποιότητας καταρρέουν. Κατασκευές καλής ποιότητας παρουσιάζουν βαριές βλάβες (σοβαρές αστοχίες τοίχων και αστοχίες στα δομικά τους στοιχεία).
X	Σεισμός πολύ καταστρεπτικός. Κατάρρευση πολλών κατασκευών καλής ποιότητας.
XI	Σεισμός σαρωτικός. Πλείστες κατασκευές καλής ποιότητας καταρρέουν, ενώ υπάρχουν καταστροφές και σε μερικές αντισεισμικές κατασκευές.
XII	Σεισμός ολοκληρωτικά σαρωτικός. Σχεδόν όλα τα κτίρια καταστρέφονται.

Πίνακας II. Ταξινόμηση των κτιρίων σε κλάσεις τρωτότητας (Gruenthal, 1998).

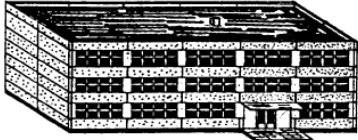
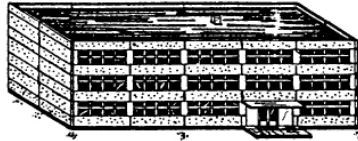

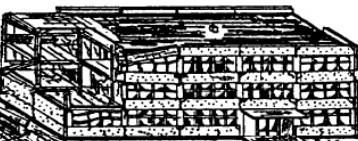

Type of Structure		Vulnerability Class					
		A	B	C	D	E	F
MASONRY	rubble stone, fieldstone	○					
	adobe (earth brick)	○	—				
	simple stone	—	○				
	massive stone		—	○	—		
	unreinforced, with manufactured stone units	—	○	—			
	unreinforced, with RC floors		—	○	—		
	reinforced or confined			—	○	—	
REINFORCED CONCRETE (RC)	frame without earthquake-resistant design (ERD)	—	—	○	—		
	frame with moderate level of ERD		—	—	○	—	
	frame with high level of ERD			—	—	○	—
	walls without ERD	—	○	—			
	walls with moderate level of ERD		—	○	—		
	walls with high level of ERD			—	○	—	
STEEL	steel structures			—	○	—	
WOOD	timber structures		—	○	—		

○ most likely vulnerability class; — probable range;
range of less probable, exceptional cases

Πίνακας III. Ταξινόμηση των βλαβών σε κατασκευές φέρουσας τοιχοποιίας σε κλάσεις βαθμών βλαβών (Gruenthal, 1998).

	<p>Grade 1: Negligible to slight damage (no structural damage, slight non-structural damage) Hair-line cracks in very few walls. Fall of small pieces of plaster only. Fall of loose stones from upper parts of buildings in very few cases.</p>
	<p>Grade 2: Moderate damage (slight structural damage, moderate non-structural damage) Cracks in many walls. Fall of fairly large pieces of plaster. Partial collapse of chimneys.</p>
	<p>Grade 3: Substantial to heavy damage (moderate structural damage, heavy non-structural damage) Large and extensive cracks in most walls. Roof tiles detach. Chimneys fracture at the roof line; failure of individual non-structural elements (partitions, gable walls).</p>
	<p>Grade 4: Very heavy damage (heavy structural damage, very heavy non-structural damage) Serious failure of walls; partial structural failure of roofs and floors.</p>
	<p>Grade 5: Destruction (very heavy structural damage) Total or near total collapse.</p>

Πίνακας IV. Ταξινόμηση των βλαβών σε κατασκευές οπλισμένου σκυροδέματος σε κλάσεις βαθμών βλαβών (Gruenthal, 1998).

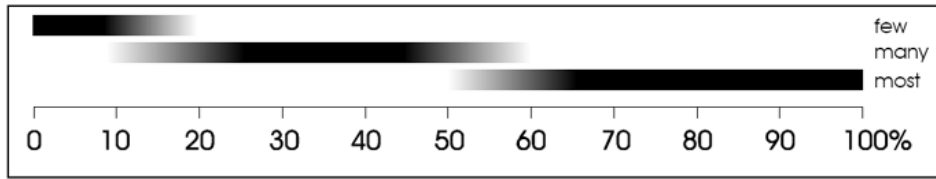
Classification of damage to buildings of reinforced concrete	
	<p>Grade 1: Negligible to slight damage (no structural damage, slight non-structural damage) Fine cracks in plaster over frame members or in walls at the base. Fine cracks in partitions and infills.</p>
	<p>Grade 2: Moderate damage (slight structural damage, moderate non-structural damage) Cracks in columns and beams of frames and in structural walls. Cracks in partition and infill walls; fall of brittle cladding and plaster. Falling mortar from the joints of wall panels.</p>
	<p>Grade 3: Substantial to heavy damage (moderate structural damage, heavy non-structural damage) Cracks in columns and beam column joints of frames at the base and at joints of coupled walls. Spalling of concrete cover, buckling of reinforced rods. Large cracks in partition and infill walls, failure of individual infill panels.</p>
	<p>Grade 4: Very heavy damage (heavy structural damage, very heavy non-structural damage) Large cracks in structural elements with compression failure of concrete and fracture of rebars; bond failure of beam reinforced bars; tilting of columns. Collapse of a few columns or of a single upper floor.</p>
	<p>Grade 5: Destruction (very heavy structural damage) Collapse of ground floor or parts (e. g. wings) of buildings.</p>

Πίνακας V. Συνέπειες των σεισμών στο περιβάλλον και αντιστοίχιση με τη μακροσεισμική ένταση. Είναι εμφανής η δυσκολία αντιστοίχισης σε μια μόνο τιμή (Gruenthal, 1998).

Type of effects	Intensities											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Hydrological effects												
level of well water - minor changes ¹⁾	●	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
level of well water - substantial changes ²⁾						●	●	●	●	●	●	●
long period waves on standing water ³⁾												
waves on standing water from local shaking						●	●	●	●	●	●	●
lake water made turbid ⁴⁾							○	○	○	○	○	○
flow of springs affected ⁵⁾					○	●	●	●	●	●	●	●
springs stop and start							●	●	●	●	●	●
water thrown from lakes												
Slope failure effects												
scree slopes move							●	●	●	●	●	●
small landslips ⁶⁾						●	●	●	●	●	●	●
minor rockfalls ⁷⁾						●	●	○	○	○	○	○
landslides, massive rockfalls							●	●	●	●	●	●
Processes on flat ground ⁸⁾												
minor cracks in ground							●	●	●	●	●	●
large fissures in ground								●	●	●	●	●
Convergent processes / complex cases												
landslides (hydrological) ⁹⁾						●	●	●	●	●	●	●
liquefaction ¹⁰⁾							●	●	●	●	●	●

Legend: ●—● most useful range as intensity diagnostic;
 ○ intensities also typical for this effect; ——— possible observation range;
 —→ potential for extreme observations beyond the given limits

Definitions of quantity



Εικόνα 2.3. Καθορισμός της έννοιας «ποσότητας», όπως αναφέρεται στις περιγραφές των συνεπειών των σεισμών (λίγοι – πολλοί – πλείστοι) (Gruenthal, 1998).

3

Σχεδιασμός Βάσης Δεδομένων

3.1 Βάσεις δεδομένων και βάσεις χωρικών δεδομένων

Ως Βάση Δεδομένων (ΒΔ) μπορεί να θεωρηθεί μια αποθήκη (υπό την έννοια του Η.Υ.) ικανή να αποθηκεύσει μεγάλο όγκο δεδομένων, και η οποία συνοδεύεται από έναν αριθμό σημαντικών λειτουργιών (de By, 2000):

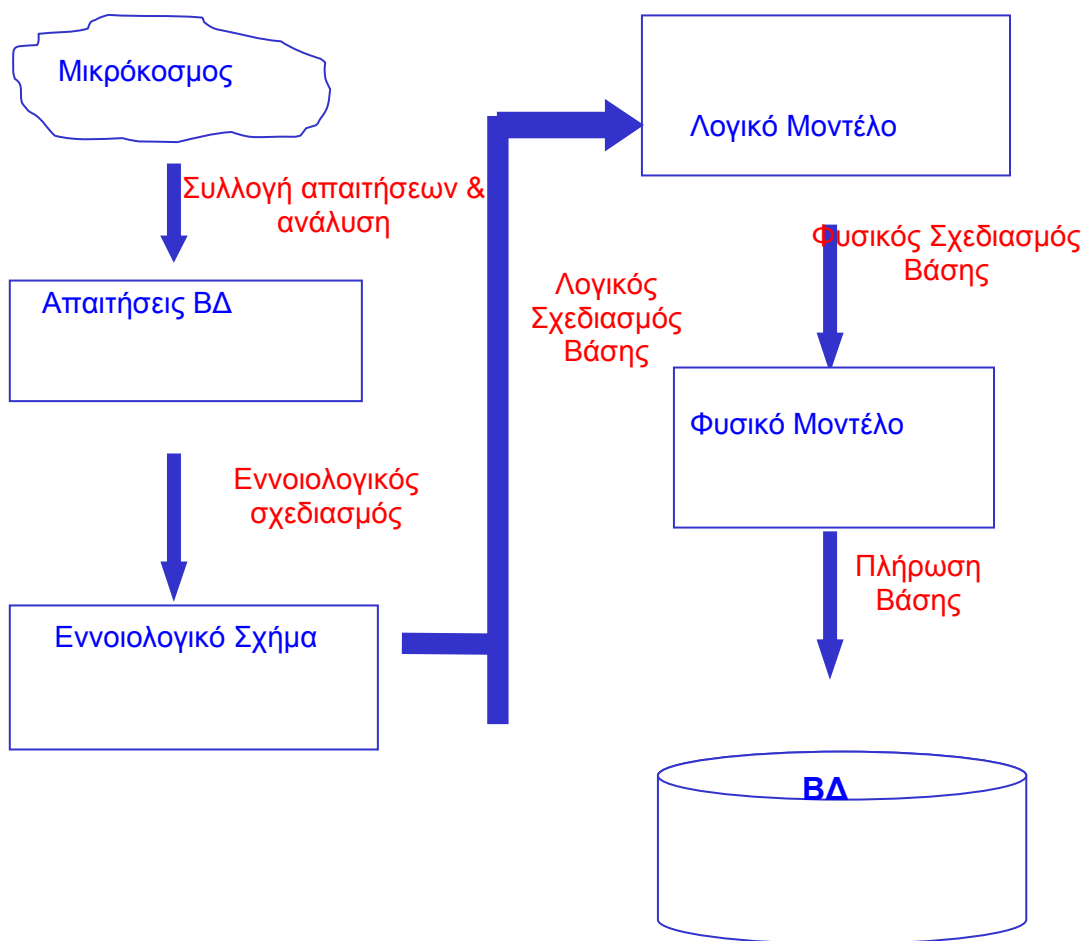
- Μπορεί να γίνει ταυτόχρονη χρήση της από πολλούς χρήστες
- Προσφέρει τεχνικές αποθήκευσης δεδομένων και επιτρέπει την χρήση του περισσότερου χρήσιμου κατά περίπτωση
- Επιτρέπει την εισαγωγή κανόνων έτσι ώστε να ελέγχονται τα δεδομένα που εισάγονται για την αναθεώρησή της
- Παρέχει δυνατότητα διενέργειας ερωτημάτων για το χειρισμό των δεδομένων και την εξαγωγή συμπερασμάτων
- Παρέχει δυνατότητα βελτιστοποίησης των ερωτημάτων

Τα δεδομένα, δηλαδή τα γεγονότα που μπορούν να καταγραφούν και έχουν σημασία για το χρήστη, θα πρέπει να είναι συσχετιζόμενα, ώστε να εισαχθούν σε μια ΒΔ, η οποία με τη σειρά της θα πρέπει να παριστάνει κάποιο μικρόκοσμο, δηλαδή ένα σύνολο διαδικασιών και φαινομένων του πραγματικού κόσμου, με διαφορετικό βαθμό πολυπλοκότητας. Για παράδειγμα το σύνολο των λέξεων ενός κειμένου δεν αποτελεί μια ΒΔ, οι διευθύνσεις και τα τηλέφωνα μιας διοικητικής περιφέρειας ή τα στοιχεία των φορολογουμένων του Υπουργείου Οικονομικών αποτελούν ΒΔ.

Οι ΒΔ οργανώνουν τα αποθηκευμένα δεδομένα σε πίνακες, ανάλογα με τη θεματολογία τους. Κάθε γραμμή του πίνακα αποτελεί μια εγγραφή, ενώ κάθε στήλη του πίνακα αναφέρεται σε ξεχωριστή ιδιότητα (χαρακτηριστικό) της εγγραφής.

Για τις πολύπλοκες ΒΔ απαιτείται η ακολουθία συγκεκριμένων βημάτων, τα οποία αναφέρονται από όλες τις μεθοδολογίες για το σκοπό αυτό. Τα βήματα αυτά είναι:

- Καθορισμός του συστήματος ΒΔ (σκοπός, χρήστες, απαιτήσεις)
- Σχεδιασμός του συστήματος (εννοιολογικός, λογικός και φυσικός σχεδιασμός)
- Υλοποίηση της εφαρμογής (φυσική γλώσσα, γλώσσα προγραμματισμού, γλώσσα χειρισμού)
- Φόρτωση των δεδομένων στις υπάρχουσες δομές της ΒΔ (είτε άμεσα, είτε από αρχεία).
- Έλεγχος, αξιολόγηση και λειτουργία της ΒΔ
- Συντήρηση του συστήματος



Εικόνα 3.1. Τα στάδια σχεδίασης των Βάσεων Δεδομένων

Ο σχεδιασμός του συστήματος έχει μεγάλη σημασία γιατί θα πρέπει να ικανοποιεί τις ανάγκες των χρηστών, τις λειτουργικές απαιτήσεις, τις επιδόσεις της εφαρμογής (σε υπολογιστικό χρόνο και σε απαιτήσεις μνήμης). Για το σχεδιασμό χρησιμοποιούνται μοντέλα που ξεκινούν από την περιγραφή του μικρόκοσμου με απλό και εκφραστικό τρόπο (conceptual model), προχωρούν στο λογικό σχεδιασμό για τη μετατροπή του

εννοιολογικού μοντέλου σε εξωτερικό – λογικό σχήμα και να καταλήξουν στο εσωτερικό - φυσικό σχήμα (δομές δεδομένων, ευρετήρια κλπ).

Το περισσότερο χρησιμοποιούμενο σήμερα εννοιολογικό μοντέλο είναι το μοντέλο οντοτήτων – συσχετίσεων (E-R model), το οποίο αναπτύχθηκε από τη δεκαετία του 1980. Τα υπόλοιπα μοντέλα κρίνονται ως προς την ομοιότητά τους με αυτό το μοντέλο. Χρησιμοποιείται ευρέως για την απλότητα (simplicity) και την εκφραστικότητα που διαθέτει (clarity), αλλά και γιατί μπορεί να αναπαρασταθεί γραφικά (graphical notation). Οι βασικές δομές του E-R μοντέλου είναι οι οντότητες (entities), ήτοι αντικείμενα που μπορούν να αναπαρασταθούν με κάποιο τρόπο στη ΒΔ, και οι μεταξύ τους συσχετίσεις/σχέσεις (relations). Οι οντότητες και οι συσχετίσεις έχουν χαρακτηριστικά / γνωρίσματα / ιδιότητες (attributes). Τα σύνολα των τιμών για τα γνωρίσματα τοποθετούνται στα πεδία (domains), ενώ απαιτείται και ένα κλειδί (πρωτεύον ή εξωτερικό) για την αναγνώριση των οντοτήτων. Τα γνωρίσματα μπορεί να είναι απλά, σύνθετα, πλειότιμα ή παραγόμενα. Το μοντέλο ακολουθεί κάποιους δομικούς περιορισμούς, δηλαδή ιδιότητες που οι δομές του μοντέλου πρέπει να ικανοποιούν (multiple relations, recursive relations, relation degree, existence dependency, cardinality).

Για να ενσωματωθεί το εννοιολογικό μοντέλο σε ένα υπολογιστικό σύστημα πρέπει να μετατραπεί σε ένα λογικό μοντέλο. Το περισσότερο χρησιμοποιούμενο λογικό μοντέλο είναι το *σχεσιακό*, το οποίο υιοθετείται από τα περισσότερα εμπορικά ΣΔΒΔ. Σύμφωνα με αυτό τα δεδομένα συμπληρώνουν τις σειρές πινάκων των οποίων οι στήλες αποτελούν τα γνωρίσματα των δεδομένων. Κάθε σειρά σε έναν πίνακα είναι μοναδική, χαρακτηριζόμενη από το *κλειδί*.

Για τη μετάβαση από το εννοιολογικό στο λογικό σχήμα ακολουθούνται συγκεκριμένα τυποποιημένα βήματα – κανόνες (Στεφανάκης, 2003), που αφορούν την απεικόνιση των τύπων των οντοτήτων, την απεικόνιση των τύπων των συσχετίσεων 1:1, την απεικόνιση των τύπων των συσχετίσεων 1:N, την απεικόνιση των τύπων των συσχετίσεων N:M και την απεικόνιση των πλειότιμων γνωρισμάτων των τύπων των οντοτήτων. Σύμφωνα με τους κανόνες αυτούς μια σύνθετη οντότητα πρέπει να αποσυντεθεί στα ατομικά συστατικά (πχ. μια γραμμή αποσυντίθεται στα σημεία που την αποτελούν) και οι πληροφορίες που αφορούν μια οντότητα αποσυντίθενται σε πολλές σχέσεις. Από την προσέγγιση αυτή προκύπτει ότι το σχεσιακό μοντέλο παρουσιάζει σημαντικά μειονεκτήματα, αν και χρησιμοποιείται ευρέως από τα παραδοσιακά ΣΔΒΔ. Στα μειονεκτήματα αυτά περιλαμβάνεται η μειωμένη απόδοση (όσον αφορά την ταχύτητα διαχείρισης των δεδομένων), η περιορισμένη σημασιολογία (όσον αφορά στην

εκφραστική ικανότητα του μοντέλου), η περιορισμένη επεκτασιμότητα (όσον αφορά τη δημιουργία νέων τύπων δεδομένων και σχέσεων), η ασαφής ταυτοποίηση οντοτήτων και οι αναποτελεσματικές διεπαφές με εξωτερικά προγράμματα (όσον αφορά την δυνατότητα έκφρασης και διαχείρισης διαφορετικών τύπων δεδομένων).

Για να περιοριστούν τα μειονεκτήματα αυτά αναπτύχθηκαν τα αντικειμενοστραφή συστήματα ΒΔ, των οποίων βασική έννοια είναι το *αντικείμενο*, με τις τρεις συνιστώσες του: την ταυτότητα (μοναδικός κωδικός), την κατάσταση (τιμές ιδιοτήτων) και τη συμπεριφορά (πράξεις επί του αντικειμένου).

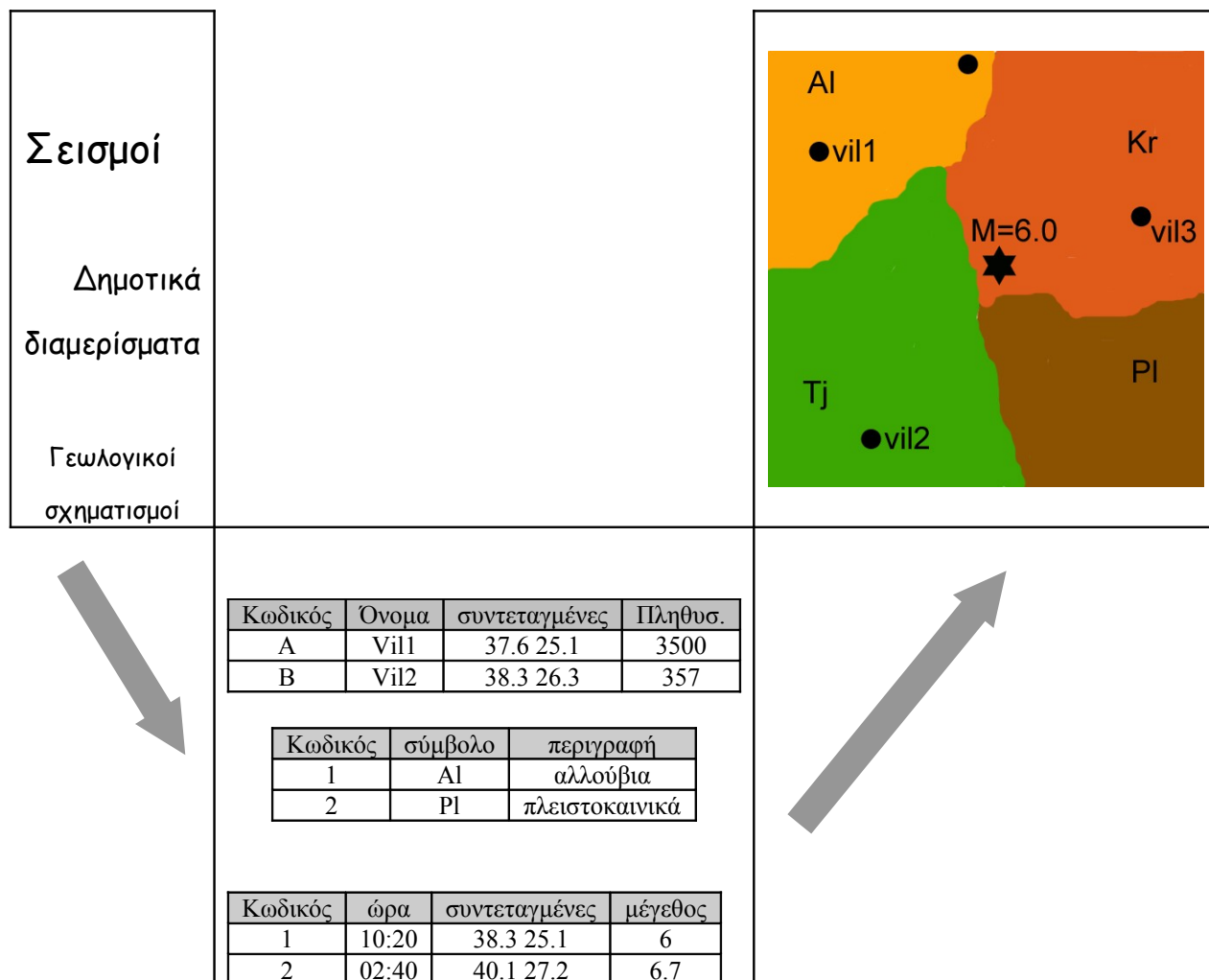
Οι βάσεις χωρικών δεδομένων αποτελούν ειδικό τύπο ΒΔ, οι οποίες αποθηκεύουν αναπαραστάσεις γεωγραφικών φυσικών φαινομένων του πραγματικού κόσμου. Μια διάκριση των γεωγραφικών δεδομένων (Στεφανάκης, 2003) τα κατατάσσει σε 4 κατηγορίες: τα *φυσικά αντικείμενα* (π.χ. γεωλογικοί σχηματισμοί), *οι διοικητικές μονάδες* (π.χ. δημοτικά διαμερίσματα, νομαρχίες), *τα γεωγραφικά φαινόμενα* (π.χ. σεισμοί) και *οι παραγόμενες πληροφορίες* (π.χ. συνέπειες σεισμών). Για να περιγραφεί η σύνθετη πραγματικότητα τα δεδομένα κατατάσσονται σε οντότητες που περιγράφονται από τα γνωρίσματά τους, τα οποία με τη σειρά τους κατατάσσονται σε 3 κατηγορίες: την ταυτότητα (κωδικός, ονομασία), τη χωρική διάσταση (γεωγραφικές συντεταγμένες) και τη θεματική διάσταση (πληθυσμός, μέγεθος σεισμού).

Τα δεδομένα αποκτούν αξία αφού μετατραπούν σε πληροφορίες, δηλαδή αφού συλλεχθούν, οργανωθούν, παρουσιαστούν, αναλυθούν και ερμηνευτούν με στόχο της εξαγωγή συμπερασμάτων ή την επίλυση ενός προβλήματος. Η εικόνα 3.2 δείχνει τη μετάβαση από δεδομένα σε ταξινομημένα δεδομένα (πληροφορίες) και σε θεματικό χάρτη (παρουσίαση δεδομένων).

Τα φαινόμενα που αποθηκεύονται μπορεί να έχουν τη μορφή σημείου, γραμμής, περιοχής ή εικόνας. Η παραδοχή επί των οποίων βασίζεται ο σχεδιασμός των βάσεων χωρικών δεδομένων είναι ότι τα χωρικά φαινόμενα μπορούν να παρασταθούν στις δύο ή τρεις διαστάσεις του Ευκλείδειου χώρου, ο οποίος περιγράφεται από ένα μοντέλο όπου οι θέσεις αναπαρίστανται ως συντεταγμένες (x,y) ή (x,y,z) και εμπεριέχει έννοιες όπως η **απόσταση** και η **διεύθυνση**.

Από τις ΒΔ μεταβαίνουμε στα Συστήματα Διαχείρισης Βάσεων Δεδομένων (ΣΔΒΔ), τα οποία ορίζονται ως συστήματα λογισμικού που υποστηρίζουν τις λειτουργίες του ορισμού, της κατασκευής και του χειρισμού των ΒΔ. Η προσέγγιση αυτή παρουσιάζει σημαντικά πλεονεκτήματα, ιδιαίτερα όταν διαφορετικοί χρήστες/φορείς μέσω των διαφορετικών εφαρμογών τους διαχειρίζονται το σύνολο ή τμήματα της ίδιας ΒΔ. Πιο

συγκεκριμένα επιτυγχάνεται η ελάττωση των πλεοναζόντων δεδομένων, η ανεξαρτησία των δεδομένων από τις εφαρμογές και οι πολλαπλές διεπαφές στα δεδομένα και στις λειτουργίες.



Εικόνα 3.2. Σχηματική παρουσίαση της μετάβασης από δεδομένα σε πληροφορίες και σε θεματικό χάρτη

3.2 Επισκόπηση της MsAccess

Η Access είναι ένα **σχεσιακό σύστημα διαχείρισης βάσεων δεδομένων** από τη Microsoft, που συνδυάζει το σχεσιακό μηχανισμό Microsoft Jet Database Engine και μια γραφική διεπαφή με το χρήστη (graphical user interface). Κάτω από αυτό το πρίσμα έχει τη δυνατότητα να αποθηκεύει και να ανακτά δεδομένα, να παρουσιάζει πληροφορίες και να αυτοματοποιεί επαναλαμβανόμενες εργασίες. Το λογισμικό μπορεί να χρησιμοποιήσει δεδομένα που είναι αποθηκευμένα και σε άλλα περιβάλλοντα (Microsoft SQL Server,

Oracle, ArcInfo) αρκεί να χρησιμοποιούν το τυποποιημένο λογισμικό API κάτω από το σύστημα Open Database Connectivity (ODBC). Έχει το πλεονέκτημα μιας σχεδόν ενσωματωμένης εφαρμογής των Windows, είναι λοιπόν ένα λογισμικό ευρέως διαδεδομένο με εύκολη εκμάθηση, και με πολύ καλή συνεργασία με άλλες εφαρμογές της Microsoft (π.χ. Internet Explorer, Excel, dBase). Ιεραρχικά η Access ξεκινάει από το χαμηλότερο επίπεδο με τα *αντικείμενα – πίνακες, τις φόρμες, τα ερωτήματα και τις αναφορές*, περνάει στο επίπεδο των *συναρτήσεων και εκφράσεων* και ακολουθεί το επίπεδο των *μακροεντολών* όπου ο κώδικας VBA αφήνει το χρήστη να προγραμματίζει πιο πολύπλοκες διαδικασίες.

Ένα από τα ισχυρότερα εργαλεία της Access είναι η συσχέτιση των πινάκων (ακόμα και διαφορετικών εφαρμογών, με αποτέλεσμα να ενεργούν ως ενιαίο σύνολο, στο οποίο μπορούν να τεθούν ερωτήματα. Συμπεριλαμβάνει: καθορισμό για βασικά και δευτερεύοντα ξένα κλειδιά, πλήρη ακεραιότητα αναφορών (για αποφυγή αντιφατικών ενημερώσεων ή διαγραφών), οι πίνακες έχουν κανόνες επικύρωσης δεδομένων για αποφυγή ύπαρξης ανακριβών δεδομένων, και κάθε πεδίο σε έναν πίνακα έχει μορφή και είναι εξ ορισμού καθορισμένο για τη σωστή εισαγωγή δεδομένων. Τέλος είναι σημαντικό το γραφικό περιβάλλον για τη διατύπωση των ερωτημάτων που λειτουργεί προς τη κατεύθυνση υποβοήθησης του χρήστη.

Αν και μπορεί να θεωρηθεί ότι υποστηρίζει τις αντικειμενοστραφείς τεχνικές, ωστόσο οι δυνατότητές της είναι περιορισμένες προς αυτή την κατεύθυνση, ιδιαίτερα σε σύγκριση με άλλα σύγχρονα λογισμικά, τα οποία επί πλέον ενσωματώνουν μηχανές συμβατές με χωρικά δεδομένα (πχ Oracle Spatial). Επομένως ο χρήστης θα πρέπει να αποφασίσει τη χρήση της σε σχέση και με άλλα χαρακτηριστικά (κόστος συντήρησης, απαιτούμενος εξοπλισμός, όγκος δεδομένων κλπ). Η συνεργασία της με τα υπόλοιπα πακέτα λογισμικού και η δυνατότητά της για προγραμματισμό (VB code), την καθιστούν αξιόλογο εργαλείο για την εκκίνηση μιας εφαρμογής (πρωτότυπο), με σχετικά μικρό όγκο δεδομένων και σε κλειστό περιβάλλον (τοπικό δίκτυο, μικρή επιχείρηση) και την ακόλουθη μετάβαση σε συστήματα με περισσότερες δυνατότητες (αύξηση όγκου δεδομένων, εφαρμογή στο διαδίκτυο).

Ένα από τα σημαντικότερα πλεονεκτήματα της MsAccess από την πλευρά του προγραμματισμού είναι η σχετική συμβατότητα με τη γλώσσα SQL για τη διατύπωση ερωτημάτων. Η διατύπωση των ερωτημάτων γίνεται απ' ευθείας στους μηχανισμούς Macros και VBA για τη διαχείριση των Πινάκων. Η γλώσσα προγραμματισμού Structured Query Language είναι η πιο δημοφιλής για τη δημιουργία, επεξεργασία, λήψη και

διαχείριση δεδομένων μέσα από τα σχεσιακά συστήματα διαχείρισης ΒΔ. Από το 1986-87 ακολουθεί τα πρότυπα ANSI/ISO και έχει υποστεί μικρότερες ή μεγαλύτερες τροποποιήσεις.

Η SQL χρησιμοποιείται διάφορες εντολές που εμπίπτουν σε δύο κατηγορίες, την Data Manipulation Language (DML) και την Data Definition Language (DDL):

α) Λήψη δεδομένων (*data retrieval*). Με την εντολή SELECT και τις λέξεις WHERE, FROM, GROUP BY, HAVING, και ORDER BY, ο χρήστης απομονώνει τις εγγραφές εκείνες που πληρούν τα συγκεκριμένα κριτήρια.

β) Διαχείριση δεδομένων (*data manipulation*). Οι εντολές στην κατηγορία αυτή είναι INSERT, DELETE, MERGE, TRUNCATE και UPDATE.

γ) Μεταβίβαση δεδομένων (*data transaction*). Οι διαθέσιμες εντολές είναι START TRANSACTION, COMMIT και ROLLBACK.

δ) Ορισμός δεδομένων (*data definition*): Εδώ εμπίπτουν οι εντολές CREATE και DROP

Μια τρίτη κατηγορία εντολών είναι η Data Control Language (DCL) και καθορίζει ή στερεί τη δυνατότητα πρόσβασης στα δεδομένα στους διάφορους χρήστες με τις εντολές GRANT και REVOKE.

3.3 Ανάγκες χρηστών για το σχεδιασμό της Β.Δ. μακροσεισμικών παρατηρήσεων

Η ΒΔ εξυπηρετεί διπλό στόχο. Αφενός τη συλλογή μακροσεισμικών παρατηρήσεων μέσω της αποστολής των ερωτηματολογίων σε προεπιλεγμένες θέσεις (χωριά, πόλεις) και αφετέρου την ερευνητική διαχείριση των δεδομένων αφού τα ερωτηματολόγια αυτά επιστρέψουν απαντημένα και αξιολογηθούν από το επιστημονικό προσωπικό. Αυτό σημαίνει ότι πολλές από τις ιδιότητες των οντοτήτων θα πρέπει να γράφονται σε δυο γλώσσες (π.χ. site και English site name) και ότι θα πρέπει να εξυπηρετούν όχι μόνο το εσωτερικό της χώρας αλλά και τη διεθνή ερευνητική κοινότητα (π.χ. or_time και gr_time). Οι δυο βασικές οντότητες που θα πρέπει να περιλαμβάνονται είναι οι **σεισμοί** που έχουν επιπτώσεις και οι **δήμοι και δημοτικά διαμερίσματα** που υφίστανται τις επιπτώσεις των σεισμών. Οι **επιπτώσεις** είναι οι σχέση που θα συνδέει τις δυο οντότητες. Παραπέρα διάφορα άλλα πληροφοριακά στοιχεία που έχουν τη μορφή χωρικών δεδομένων και που χαρακτηρίζουν τους σεισμούς, τους δήμους και δημοτικά διαμερίσματα και τις επιπτώσεις μπορούν να περιληφθούν στη ΒΔ. Για παράδειγμα:

- οι σεισμοί εμφανίζονται σε γεωγραφικές περιοχές (κατά Flinn & Engdahl), όπως Eastern Mediterranean, Southern Greece, Greek-Albanian border region κλπ,
- οι δήμοι και τα δημοτικά διαμερίσματα περικλείονται από τις ακτογραμμές, όπως Κρήτη, Πελοπόννησος κλπ, που απαρτίζουν μεγαλύτερες διοικητικές περιφέρειες, όπως τα Ιόνια νησιά αποτελούνται από τις ακτογραμμές της Ζακύνθου, της Κεφαλληνίας, της Λευκάδας, της Ιθάκης, των Παξών, της Κέρκυρας κλπ,
- οι σεισμοί και τα δημοτικά διαμερίσματα μπορούν να συνδεθούν με τις ζώνες επικινδυνότητας του αντισεισμικού κανονισμού ή τις ζώνες σεισμικότητας του Ελληνικού χώρου (κατά Parazachos & Papaioannou, 1997),
- Η απόσταση των κατοικημένων περιοχών από τα σεισμογόνα ρήγματα και η τοπική γεωλογία παίζουν ρόλο στην κατανομή των βλαβών.

3.4 Εννοιολογικός σχεδιασμός της ΒΔ μακροσεισμικών παρατηρήσεων

Για τον εννοιολογικό σχεδιασμό (Conceptual design) χρησιμοποιούνται τα διαγράμματα Οντοτήτων Συσχετίσεων (Entity relationship diagrams).

Οι **οντότητες** αναπαρίστανται με ορθογώνια παραλληλόγραμμα και είναι οι παρακάτω με τις αντίστοιχες ιδιότητες:

Quakes (Σεισμοί): Περιέχονται όλοι οι σεισμοί της περιόδου 1900 - σήμερα στην περιοχή 34°N-42 °N και 19 °E -29 °E με μέγεθος $M_s \geq 5.0$.

- CODEE (κωδικός σεισμού)
- OBSYES (ύπαρξη ή όχι μακροσεισμικών παρατηρήσεων για το συγκεκριμένο σεισμό)
- YEAR (έτος)
- MONTH (μήνας)
- DAY (ημέρα)
- ORTIME (χρόνος γένεσης του σεισμού)
- GR_MONTH (μήνας στα ελληνικά)
- GR_DAY (ημέρα)
- GR_TIME (ελληνική ώρα)
- LATE (γεωγραφικό πλάτος)
- LONE (γεωγραφικό μήκος)
- DEPTH (εστιακό βάθος)

- MAG (μέγεθος)

Sites (Θέσεις): Περιέχονται όλα τα διοικητικά διαμερίσματα σύμφωνα με τον νόμο Καποδίστρια και το τεύχος της ΕΣΥΕ (1994).

- CODES (κωδικός θέσης)
- ΕΙΔΟΣ ΤΕΩΣ ΟΤΑ (δήμος ή κοινότητα προ Καποδίστρια)
- SITE (ονομασία διοικητικού διαμερίσματος)
- ENGLISH SITE NAME (ονομασία διοικητικού διαμερίσματος στα αγγλικά)
- ΕΙΔΟΣ ΝΕΟΥ ΟΤΑ (δήμος ή δημοτικό διαμέρισμα μετά Καποδίστρια)
- ΝΟΜΑΡΧΙΑ
- PREFECTURE (νομαρχία στα αγγλικά)
- POPULATION (πληθυσμός)
- LONS (γεωγραφικό μήκος)
- LATS (γεωγραφικό πλάτος)
- ΑΠΟΣΤΟΛΗ ΚΑΡΤΑΣ (επιλογή των διοικητικών διαμερισμάτων στα οποία αποστέλλονται τα ερωτηματολόγια)
- ΤΑΧΥΔΡΟΜΙΚΗ ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ
- ΠΕΡΙΟΧΗ
- ΤΗΛΕΦΩΝΟ/ΦΑΞ
- WWW
- ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗ ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ

Flinnareas (γεωγραφικές περιοχές κατά Flinn & Engdahl)

- CODEF (κωδικός περιοχής)
- REGIONNAME (ονομασία γεωγραφικής περιοχής)

Flinnpoints (λίστα των κορυφών των τετραπλεύρων κατά Flinn & Engdahl)

- CODEP
- CODEF
- LATPOINT
- LONPOINT

Coastregion (Περιοχές με ακτογραμμή)

- CODCOASTREG
- COASTREG

Coastpoint (λίστα των σημείων για κάθε τμήμα της ακτογραμμής)

- ID-COASTPOINT
- CODECOASTCONT
- CODECOASTREG
- LATCOASTPOINT
- LONCOASTPOINT

Geology (περιγραφή των γεωλογικών σχηματισμών)

- ID-GEOLOGY
- CODEG
- GEOLOGYDESCRIPTION

Οι **σχέσεις** (relationships) που συνδέουν τις οντότητες μεταξύ τους αναπαρίστανται με ρόμβους στο εννοιολογικό διάγραμμα και είναι:

Effect (Επιπτώσεις): Περιέχονται όλα οι μακροσεισμικές εντάσεις που έχουν προέλθει από τη βαθμολόγηση των ερωτηματολογίων από τα αντίστοιχα διοικητικά διαμερίσματα για τους συγκεκριμένους σεισμούς από τον πίνακα quakes.

- CODES (κωδικός θέσης)
- CODEE (κωδικός σεισμού)
- ENGLISH SITE NAME (ονομασία διοικητικού διαμερίσματος στα αγγλικά)
- INT (μακροσεισμική ένταση με λατινικούς αριθμούς)
- INTA (μακροσεισμική ένταση με αραβικούς αριθμούς, για λόγους ταξινόμησης)
- EPICENTRAL DISTANCE (επικεντρική απόσταση = απόσταση επικέντρου – διοικητικού διαμερίσματος σε km)
- HYPOCENTRAL DISTANCE (υποκεντρική απόσταση = απόσταση υποκέντρου – διοικητικού διαμερίσματος σε km)
- AZIMUTH (αζιμούθιο = η γωνία που σχηματίζει η ευθεία επικέντρου – διοικητικού διαμερίσματος με το βορρά, σε μοίρες)

Flinnsquars (Ορθογώνια παραλληλόγραμμα γεωγραφικών περιοχών – μια γεωγραφική περιοχή μπορεί να αποτελείται από περισσότερα του ενός τετράπλευρα)

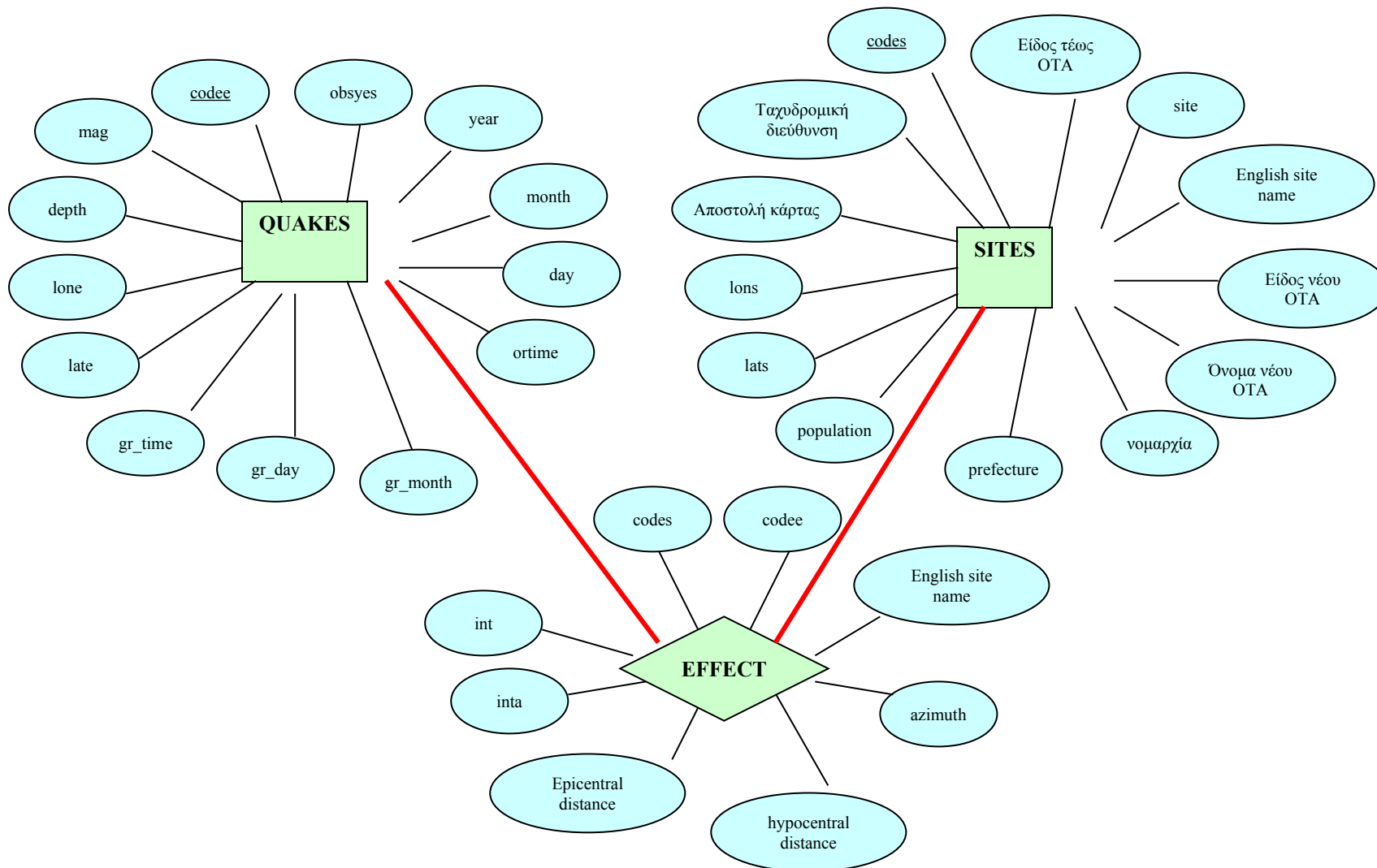
- CODESQ
- CODEF
- REGIONNAME
- BOTLAT
- TOPLAT
- LEFLON
- RIGLON

Coastcontour (Τα πολύγωνα που σχηματίζουν οι ακτογραμμές)

- CODECOASTCONT
- CODECOASTREG
- COASTCONTOUR

Geology&Site (Η σύνδεση του δημοτικού διαμερίσματος με την επιφανειακή γεωλογία)

- CODES (κωδικός θέσης)
- ID-GEOLOGY
- CODEG (κωδικός γεωλογικού σχηματισμού)



Εικόνα 3.3. Εννοιολογικός σχεδιασμός της ΒΔ μακροσεισμικών παρατηρήσεων για τους 3 βασικούς Πίνακες

Η αναπαράσταση των χωρικών αντικειμένων γίνεται ως εξής: Υποθέτοντας ότι μια Coastregion μπορεί να αποτελείται από διάφορες περιοχές κατασκευάζεται μια σχέση (πίνακας) Coastcontour που περιγράφεται από την ακτογραμμή. Κάθε ακτογραμμή χαρακτηρίζεται από έναν κωδικό Codecoastcont και από μια λίστα σχέσεων (πίνακας) από σημεία Coastpoints, που περιγράφονται από τις γεωγραφικές τους συντεταγμένες.

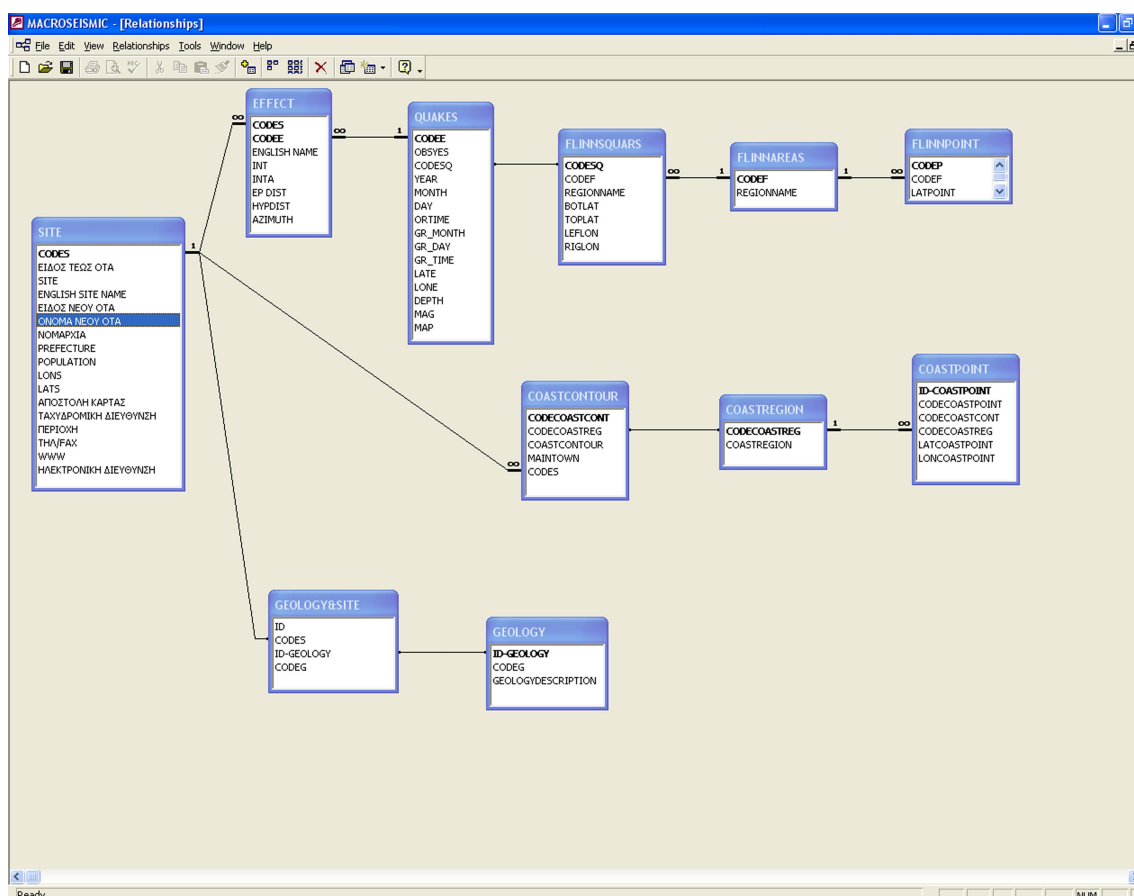
CODECOASTREG	COASTREGION
CREISL	CRETE ISLAND
CYCISL	CYCLADES ISLANDS
DODISL	DODECANESE ISLANDS
IONISL	IONIAN ISLANDS
PELOP	PELOPONNESE
.....

CODECOASTCONT	CODECOASTREG	COASTCONTOUR	MAINTOWN	CODES
CREISLCONT001	CREISL	CRETE	IRAKLEIO	191204
CREISLCONT002	CREISL	GAVDOS	GAVDOS	530701
.....		

ID-COASTPOINT	CODECOASTCONT	CODECOASTREG	LATCOASTPOINT	LONCOASTPOINT
1	CREISLCONT001	CREISL	35,23	23,68
2	CREISLCONT001	CREISL	35,23	23,68
3	CREISLCONT001	CREISL	35,23	23,68
4	CREISLCONT001	CREISL	35,23	23,68
5	CREISLCONT001	CREISL	35,23	23,69
6	CREISLCONT001	CREISL	35,24	23,68
7	CREISLCONT001	CREISL	35,24	23,68
8	CREISLCONT001	CREISL	35,24	23,68
9	CREISLCONT001	CREISL	35,24	23,68
10	CREISLCONT001	CREISL	35,24	23,68
11	CREISLCONT001	CREISL	35,24	23,68
12	CREISLCONT001	CREISL	35,24	23,68
13	CREISLCONT001	CREISL	35,24	23,67
.....

3.5 Περιγραφή της Β.Δ. με στιγμιότυπα

Η εικόνα 3.4 δείχνει τις συσχετίσεις των πινάκων της ΒΔ κατά την παρούσα φάση. Η εικόνα 3.5 αφορά τον πίνακα QUAKES. Η σχέση 1 προς πολλά μεταξύ των πινάκων QUAKES και EFFECTS δίνει τη δυνατότητα σε κάθε εγγραφή του πίνακα QUAKES να ανοίγει υποπίνακας που αφορά τις μακροσεισμικές εντάσεις που αφορούν το συγκεκριμένο σεισμό. Οι εικόνες 3.6 και 3.7 αφορούν τον πίνακα SITE. Η σχέση 1 προς πολλά μεταξύ των πινάκων SITE και EFFECTS δίνει τη δυνατότητα σε κάθε εγγραφή του πίνακα SITES να ανοίγει υποπίνακας που αφορά τις μακροσεισμικές εντάσεις που έχουν σημειωθεί στη συγκεκριμένη θέση από διάφορους σεισμούς. Με το ίδιο σκεπτικό περιγράφεται η επιφανειακή τοπική γεωλογία. Για την περιγραφή της χρησιμοποιήθηκαν τα υπομνήματα των γεωλογικών χαρτών του ΙΓΜΕ (1:500.000 και 1:50.000). Σε κάθε γραμμή του πίνακα GEOLOGY ανοίγει υποπίνακας που αναφέρει τα δημοτικά διαμερίσματα στα οποία απαντάται ο συγκεκριμένος γεωλογικός σχηματισμός.



Εικόνα 3.4. Πίνακες, πεδία και σχέσεις

Microsoft Access - [QUAKES : Table]

CODEE	OBSYES	YEAR	MONTH	DAY	ORTIME	GR_MONTH	GR_DAY	GR_TIME	LATE	LONE	DEPTH	MAG	MAP
+ 0279		1925	NOV	9	00:11:25.0				37,500	19,700	5	5	
+ 0280		1925	NOV	19	12:30:30.0				40,300	20,000	5	5	
+ 0281		1926	JAN	13	01:47:04.0				38,600	28,100	5	5,9	
+ 0282		1926	JAN	13	08:08:44.0				38,500	28,200	5	5,8	
+ 0283		1926	FEB	8	19:48:32.0				36,800	27,100	5	5,4	
+ 0284		1926	FEB	26	15:46:36.0				37,800	21,100	5	5,6	
+ 0285		1926	FEB	26	16:08:23.0				37,800	21,100	5	5,7	
+ 0286		1926	MAR	19	00:28:33.0				36,000	28,900	5	5,3	
+ 0287		1926	JUN	10	19:16:00.0				39,700	20,000	5	5,3	
+ 0288		1926	JUN	16	03:12:00.0				42,000	20,500	5	5,1	
+ 0289		1926	JUN	26	19:46:34.0				36,500	27,500	100	8	
+ 0290		1926	JUL	2	05:25:23.0				38,200	22,700	5	5	
+ 0291		1926	JUL	5	09:21:54.0				36,500	27,000	150	5,6	
+ 0292		1926	AUG	18	17:05:01.0				36,500	20,700	5	5,6	
- 0293	*	1926	AUG	30	11:38:12.0				36,800	23,300	100	7,2	ap Image

CODES	ENGLISH NAME	INT	INTA	EP DIST	HYPDIST	EASTINGS	NORTHINGS	ATAN	AZIMUTH
311201	IOS	II	2	180	206	-185,930	8,440	-87,000	93
331801	LARISA	II	2	324	339	81,140	-314,020	-14,000	346
360607	LEFKADA	II	2	322	337	240,030	-225,440	-47,000	313
021806	MESSOLONGI	II	2	241	261	171,490	-176,710	-44,000	316
372303	SKOPELOS	II	2	258	277	-38,090	-254,970	8,000	8
370901	VOLOS	II+	2,5	285	302	34,590	-282,940	-7,000	353
311108	THIRA	II+	2,5	195	219	-196,420	42,510	-78,000	102
141105	ISTIAIA	II+	2,5	241	261	13,980	-240,320	-3,000	357
150606	KARPENISII	II+	2,5	270	288	137,720	-235,990	-30,000	330
020203	AGRINIO	III	3	264	282	171,670	-206,020	-40,000	320
160505	ZAKYNTHOS	III	3	239	259	221,630	-108,000	-64,000	296
011901	IRAKLEIO	III	3	145	176	-43,330	-138,860	17,000	17
070908	KALAVRYTA	III	3	172	199	110,030	-135,310	-39,000	321
441110	SELLIA	III	3	201	225	-98,620	176,600	-29,000	151
340813	SITEIA	III	3	309	324	-257,780	177,930	-55,000	125
510104	AMPHISSA	III+	3,5	210	232	86,300	-192,250	-24,000	336
440701	AROYROUPOLI	III+	3,5	193	217	-94,210	169,050	-29,000	151
311902	MYKONOS	III+	3,5	196	220	-188,600	-72,710	69,000	69
312009	NAXOS	III+	3,5	189	214	-192,370	-33,630	80,000	80
312207	PAROS	III+	3,5	168	196	171,490	20,630	80,000	80

Record: 1 of 1806

Datasheet View

start macro_database macroseismic : Datab... QUAKES : Table Document1 - Microsof... EN 8:52 μμ

Εικόνα 3.5. Στιγμιότυπο του πίνακα QUAKES

MACROSEISMIC

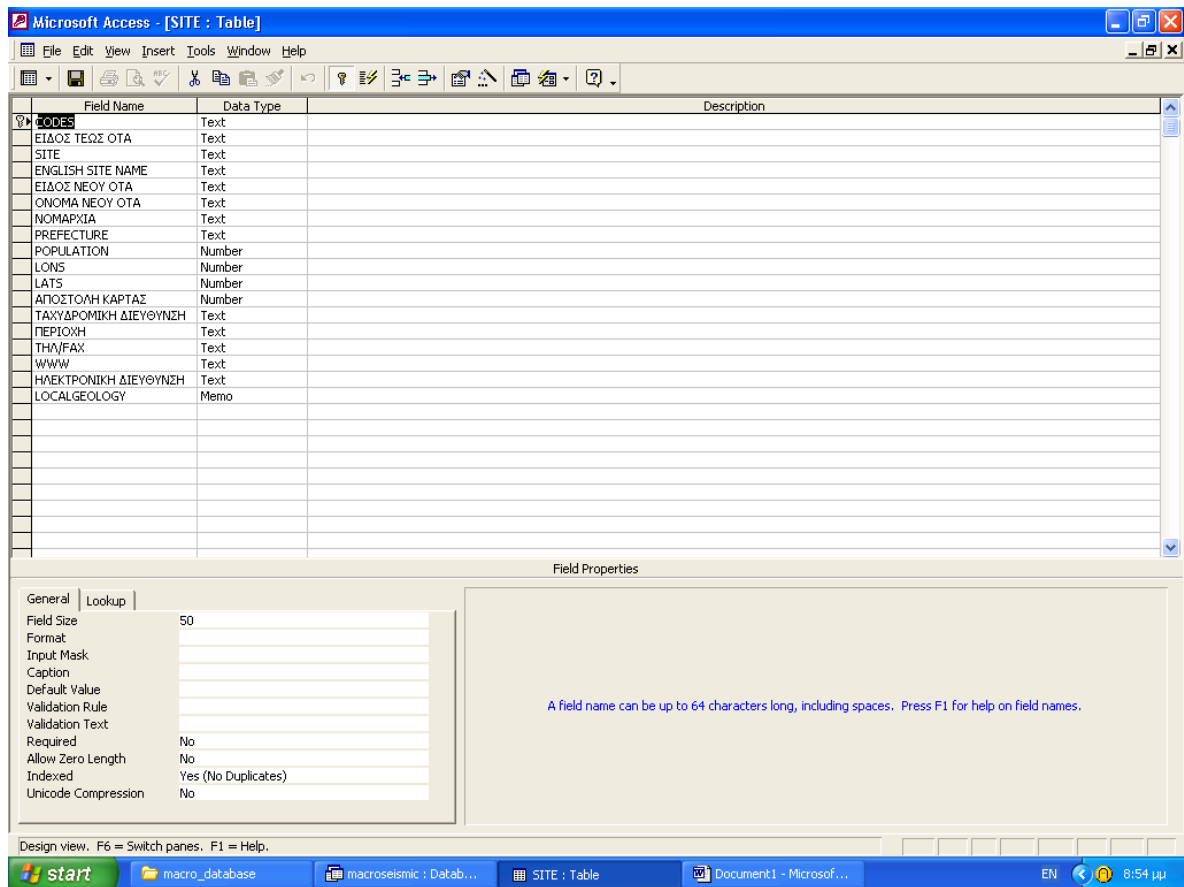
CODES	ΕΙΔΟΣ ΤΕΩΣ ΟΤΑ	SITE	ENGLISH SITE NAME	ΕΙΔΟΣ ΝΕΟΥ Ο	ΟΝΟΜΑ ΝΕΟΥ Ο	ΝΟΜΑΡΧΙΑ	PREFECTURE	POPULATION	LONS	LA
010101	ΔΗΜΟΣ	ΑΓΙΑΣ ΒΑΡΒΑΡΑΣ	AGIA-VARVARA			ΑΘΗΝΩΝ	ATHINA	28706	23,855	
CODEE	ENGLISH NAME	INT	INTA	EP DIST	HYPDIST	AZIMUTH				
0928	AGIA-VARVARA	IV+	4,5	70	118	73				
0954	AGIA-VARVARA	II+	2,5	146	147	185				
0962	AGIA-VARVARA	IV	4	129	151	120				
1112	AGIA-VARVARA	IV+	4,5	110	133	91				
1114	AGIA-VARVARA	I	1	295	297	96				
*										
+ 010201	ΔΗΜΟΣ	ΑΓΙΑΣ ΠΑΡΑΣΚΕΪΣ	AGIA-PARASKEVI				ΑΘΗΝΩΝ	ATHINA	47463	23,855
+ 010301	ΔΗΜΟΣ	ΑΓΙΟΥ ΔΗΜΗΤΡΙΟΥ	AGIOS-DIMITRIOS				ΑΘΗΝΩΝ	ATHINA	57574	23,729
+ 010401	ΔΗΜΟΣ	ΑΓΙΩΝ ΑΝΑΡΓΥΡΩΝ	AGIOI-ANARGYROI				ΑΘΗΝΩΝ	ATHINA	30739	23,717
+ 010501	ΔΗΜΟΣ	ΑΘΗΝΑΙΩΝ	ATHINA				ΑΘΗΝΩΝ	ATHINA	77202	23,739
+ 010601	ΔΗΜΟΣ	ΑΙΓΑΛΕΩ	AIGALEO				ΑΘΗΝΩΝ	ATHINA	78563	23,678
+ 010701	ΔΗΜΟΣ	ΑΛΙΜΟΥ	ALIMOS				ΑΘΗΝΩΝ	ATHINA	32024	23,721
+ 010801	ΔΗΜΟΣ	ΑΜΑΡΟΥΣΙΟΥ	MAROUSI				ΑΘΗΝΩΝ	ATHINA	64082	23,805
+ 010901	ΔΗΜΟΣ	ΑΡΓΥΡΟΥΠΟΛΕΩΣ	ARGYROUPOLI				ΑΘΗΝΩΝ	ATHINA	31530	23,774
+ 011001	ΔΗΜΟΣ	ΒΡΙΑΝΣΙΩΝ	VRIUSSIA				ΑΘΗΝΩΝ	ATHINA	16571	23,835
+ 011101	ΔΗΜΟΣ	ΒΥΡΩΝΟΣ	VYRONAS				ΑΘΗΝΩΝ	ATHINA	58523	23,774
+ 011201	ΔΗΜΟΣ	ΓΑΛΑΤΣΙΟΥ	GALATSI				ΑΘΗΝΩΝ	ATHINA	57230	23,755
+ 011301	ΔΗΜΟΣ	ΓΛΥΦΑΔΑΣ	GLYPHADA				ΑΘΗΝΩΝ	ATHINA	63306	23,772
+ 011401	ΔΗΜΟΣ	ΔΑΦΝΗΣ	DAPHNI				ΑΘΗΝΩΝ	ATHINA	24152	23,731
+ 011501	Κονοστήρι	ΕΚΑΛΗΣ	EKALI				ΑΘΗΝΩΝ	ATHINA	4081	23,843
+ 011601	ΔΗΜΟΣ	ΕΛΛΗΝΙΚΟΥ	ELLINIKO				ΑΘΗΝΩΝ	ATHINA	13517	23,738
+ 011701	ΔΗΜΟΣ	ΖΟΓΡΑΦΟΥ	ZOGRAPHOS				ΑΘΗΝΩΝ	ATHINA	80492	23,786
+ 011801	ΔΗΜΟΣ	ΗΛΙΟΥΠΟΛΕΩΣ	ILIOUPOLI				ΑΘΗΝΩΝ	ATHINA	75037	23,772
+ 011901	ΔΗΜΟΣ	ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ	IRAKLEIO				ΑΘΗΝΩΝ	ATHINA	42905	23,771
+ 012001	ΔΗΜΟΣ	ΙΛΙΟΥ (ΝΕΟΝ ΛΙΟΛΙΟ)	(NEA-LIOSIA)				ΑΘΗΝΩΝ	ATHINA	78326	23,710
+ 012101	ΔΗΜΟΣ	ΚΑΙΣΑΡΙΑΝΗΣ	KAISARIANI				ΑΘΗΝΩΝ	ATHINA	26803	23,786
+ 012201	ΔΗΜΟΣ	ΚΑΛΛΙΘΕΑΣ	KALLITHEA				ΑΘΗΝΩΝ	ATHINA	114233	23,698
+ 012301	ΔΗΜΟΣ	ΚΑΜΑΤΕΡΟΥ	KAMATERO				ΑΘΗΝΩΝ	ATHINA	17410	23,706
+ 012401	ΔΗΜΟΣ	ΚΗΦΙΣΙΑΣ	KIPHISSIA				ΑΘΗΝΩΝ	ATHINA	39166	23,833
+ 012501	ΔΗΜΟΣ	ΛΥΚΟΒΡΥΣΣΕΩΣ	LYKOVRYSI				ΑΘΗΝΩΝ	ATHINA	5965	23,782
+ 012601	ΔΗΜΟΣ	ΜΕΛΙΣΣΙΩΝ	MELISSIA				ΑΘΗΝΩΝ	ATHINA	19469	23,838
+ 012701	ΔΗΜΟΣ	ΜΕΤΑΜΟΡΦΩΣΕΩΣ	METAMORPHOSI				ΑΘΗΝΩΝ	ATHINA	21052	23,782
+ 012801	ΔΗΜΟΣ	ΜΟΣΧΑΤΟΥ	MOSCHATO				ΑΘΗΝΩΝ	ATHINA	22039	23,681
+ 012901	ΔΗΜΟΣ	ΝΕΑΣ ΕΡΥΘΡΑΙΑ	NEA-ERYTHRAIA				ΑΘΗΝΩΝ	ATHINA	12993	23,820
+ 013001	ΔΗΜΟΣ	ΝΕΑΣ ΙΚΩΝΙΑΣ	NEA-IONIA				ΑΘΗΝΩΝ	ATHINA	60695	23,756
+ 013101	Κονοστήρι	ΝΕΑΣ ΠΕΝΤΕΛΗΣ	NEA-PENTELI				ΑΘΗΝΩΝ	ATHINA	4332	23,861
+ 013201	ΔΗΜΟΣ	ΝΕΑΣ ΣΜΥΡΝΗΣ	NEA-SMYRNI				ΑΘΗΝΩΝ	ATHINA	68749	23,713
+ 013301	ΔΗΜΟΣ	ΝΕΑΣ ΦΙΛΑΔΕΛΦΕΙΑ	NEA-PHILADELPHIA				ΑΘΗΝΩΝ	ATHINA	25281	23,738
+ 013401	ΔΗΜΟΣ	ΝΕΑΣ ΧΑΛΚΙΔΟΣ	NEA-CHALKIDONA				ΑΘΗΝΩΝ	ATHINA	9953	23,727

Record: 1 of 5

Datasheet View

start spatialdatabases macrodb kalogeras-spatial macroseismic : ... SITE : Table EN 9:24 μμ

Εικόνα 3.6. Στιγμιότυπο του πίνακα SITES



Εικόνα 3.7. Στιγμιότυπο της φόρμας σχεδίασης του πίνακα SITES

Ο πίνακας EFFECT (εικόνα 3.8) περιλαμβάνει όλες τις τιμές των εντάσεων για όλους τους σεισμούς για τους οποίους υπάρχουν τέτοιες. Η ένταση σημειώνεται με λατινικούς αριθμούς (I – XII) γιατί έτσι είναι η διεθνής πρακτική, αλλά και με αραβικούς για λόγους ταξινόμησης, υπολογισμών κλπ. Περιλαμβάνεται επίσης η επικεντρική απόσταση (απόσταση μεταξύ πόλης και επικέντρου), η υποκεντρική απόσταση (απόσταση μεταξύ πόλης και υποκέντρου), και το αζιμούθιο (γωνία μεταξύ της ευθείας πόλης-επικέντρου και του βορρά). Οι μετρήσεις αυτές υπολογίζονται εκτός βάσης (σε Excel) και κατόπιν εισάγονται στη βάση.

CODES	CODEE	ENGLISH NAME	INT	INTA	EP DIST	HYPDIST	AZIMUTH
010101	0920	AGIA-VARVARA	IV+	4,5	70	118	73
010101	0954	AGIA-VARVARA	II+	2,5	146	147	185
010101	0962	AGIA-VARVARA	IV	4	129	151	120
010101	1112	AGIA-VARVARA	IV+	4,5	110	133	91
010101	1114	AGIA-VARVARA	I	1	295	297	96
010201	0920	AGIA-PARASKEVI	IV+	4,5	84	127	75
010201	0934	AGIA-PARASKEVI	IV	4	133	134	175
010201	0954	AGIA-PARASKEVI	II+	2,5	144	145	179
010201	0962	AGIA-PARASKEVI	III	3	141	161	117
010201	1006	AGIA-PARASKEVI	III	3	322	322	127
010201	1086	AGIA-PARASKEVI	III	3	107	110	90
010201	1112	AGIA-PARASKEVI	IV+	4,5	125	145	90
010201	1114	AGIA-PARASKEVI	IV+	4,5	310	311	96
010201	1147	AGIA-PARASKEVI	III	3	199	112	101
010201	1166	AGIA-PARASKEVI	I	1	193	194	106
010201	1371	AGIA-PARASKEVI	II+	2,5	175	177	56
010201	1734	AGIA-PARASKEVI	IV	4	125	126	203
010301	0940	AGIOS-DIMITRIOS	V	5	14	158	122
010301	1086	AGIOS-DIMITRIOS	IV	4	99	102	94
010301	1112	AGIOS-DIMITRIOS	IV+	4,5	117	139	93
010301	1166	AGIOS-DIMITRIOS	I	1	188	189	109
010301	1371	AGIOS-DIMITRIOS	II+	2,5	164	166	57
010301	1546	AGIOS-DIMITRIOS	IV	4	146	149	108
010301	1682	AGIOS-DIMITRIOS	V+	5,5	26	40	157
010401	0940	AGIOLANARGYROI	IV	4	11	155	77
010401	1112	AGIOLANARGYROI	IV+	4,5	115	138	89
010401	1371	AGIOLANARGYROI	III+	3,5	168	171	54
010401	1734	AGIOLANARGYROI	IV+	4,5	127	128	207
010501	0293	ATHINA	VI	6	138	171	17
010501	0664	ATHINA	III	3	387	387	237
010501	0721	ATHINA	IV	4	197	197	136
010501	0750	ATHINA	III+	3,5	154	155	56
010501	0751	ATHINA	IV+	4,5	159	159	155
010501	0766	ATHINA	IV	4	232	232	307
010501	0800	ATHINA	IV+	4,5	176	176	144
010501	0860	ATHINA	II+	2,5	285	285	86
010501	0920	ATHINA	IV	4	77	122	74
010501	0934	ATHINA	IV	4	134	135	178
010501	0940	ATHINA	IV	4	12	155	93
010501	0954	ATHINA	IV	4	145	146	182
010501	0962	ATHINA	IV+	4,5	135	156	119

Εικόνα 3.8. Στιγμιότυπο του πίνακα EFFECT

CODECOASTREG	COASTREGION		
* CREISL	CRETE ISLAND		
* CYCISL	CYCLADES ISLANDS		
* DODISL	DODECANESE ISLANDS		
- IONISL	IONIAN ISLANDS		
CODECOASTCONT	COASTCONTOUR	MAINTOWN	CODES
IONISLCONT001	ITHAKI	ITHAKI	270403
IONISLCONT002	KALAMOS	KALAMOS	360302
IONISLCONT003	KERKYRA	KERKYRA	260704
IONISLCONT004	LEFKAS	LEFKADA	360607
IONISLCONT005	KEFALINIA	ARGOSTOLI	270102
IONISLCONT006	PAXOI	GAIOS	261401
IONISLCONT007	ZAKYNTHOS	ZAKYNTHOS	160505
IONISLCONT008	OTHONOI	OTHONOI	261201
* PELOP	PELOPONNESE		

Εικόνα 3.9. Στιγμιότυπο του πίνακα COASTREGION για τις γεωγραφικές-διοικητικές περιοχές

CODECOASTCONT	CODECOASTREG	COASTCONTOUR	MAINTOWN	CODES
CREISLCONT001	CREISL	CRETE	IRAKLEIO	191204
CREISLCONT002	CREISL	GAVDOS	GAVDOS	530701
CREISLCONT003	CREISL	XRYSI		
CYCISLCONT001	CYCISL	AMORGOS	AMORGOS	310102
CYCISLCONT002	CYCISL	ANDROS	ANDROS	310301
CYCISLCONT003	CYCISL	ANTIMILOS		
CYCISLCONT004	CYCISL	ANTIPAROS	ANTIPAROS	310401
CYCISLCONT005	CYCISL	DILOS		
CYCISLCONT006	CYCISL	DONOUSA	DONOUSA	310601
CYCISLCONT007	CYCISL	FOLEGANDROS	PHOLEGANDROS	313102
CYCISLCONT008	CYCISL	IOS	IOS	311201
CYCISLCONT009	CYCISL	IRAKLIA	IRAKLEIA	311001
CYCISLCONT010	CYCISL	KEA	IOULIS	311301
CYCISLCONT011	CYCISL	KEROS		
CYCISLCONT012	CYCISL	KIMOLOS	KIMOLOS	311401
CYCISLCONT013	CYCISL	KYTHNOS	KYTHNOS	311702
CYCISLCONT014	CYCISL	MYKONOS	MYKONOS	311902
CYCISLCONT015	CYCISL	MILOS	MILOS	311802
CYCISLCONT016	CYCISL	NAXOS	NAXOS	312009
CYCISLCONT017	CYCISL	PAROS	PAROS	312307
CYCISLCONT018	CYCISL	POLYAIGOS		
CYCISLCONT019	CYCISL	SERIPHOS	SERIPHOS	312501
CYCISLCONT020	CYCISL	SIFNOS	APOLLONIA	312701
CYCISLCONT021	CYCISL	SIKINOS	SIKINOS	312601
CYCISLCONT022	CYCISL	SYROS	ERMOUPOLI	310901
CYCISLCONT023	CYCISL	THERA	THIRA	311108
CYCISLCONT024	CYCISL	THERASIA	THIRASIA	312101
CYCISLCONT025	CYCISL	TINOS	TINOS	312902
CYCISLCONT026	CYCISL	YIAROS		
CYCISLCONT027	CYCISL	ANAFI	ANAFI	310201
IONISLCONT001	IONISL	ITHAKI	ITHAKI	270403
IONISLCONT002	IONISL	KALAMOS	KALAMOS	360302
IONISLCONT003	IONISL	KERKYRA	KERKYRA	260704
IONISLCONT004	IONISL	LEFKAS	LEFKADA	360607
IONISLCONT005	IONISL	KEFALINIA	ARGOSTOLI	270102
IONISLCONT006	IONISL	PAXOS	GAIOS	261401

Εικόνα 3.10. Στιγμιότυπο του πίνακα COASTCONTOUR για τις γεωγραφικές-διοικητικές περιοχές.

ID-COASTPOINT	CODECOASTPOINT	CODECOASTCONT	CODECOASTREG	LATCOASTPOINT	LONCOASTPOINT
4184	CREISL	CREISLCONT003	CREISL	34,88533	25,72979
4185	CREISL	CREISLCONT003	CREISL	34,88443	25,72865
4186	CREISL	CREISLCONT003	CREISL	34,88375	25,72808
4187	CREISL	CREISLCONT003	CREISL	34,88218	25,72665
4188	CREISL	CREISLCONT003	CREISL	34,88105	25,72550
4189	CREISL	CREISLCONT003	CREISL	34,87970	25,72408
4190	CREISL	CREISLCONT003	CREISL	34,87971	25,72352
4191	CREISL	CREISLCONT003	CREISL	34,87949	25,72296
4192	CREISL	CREISLCONT003	CREISL	34,87954	25,72046
4193	CREISL	CREISLCONT003	CREISL	34,87981	25,71852
4194	CREISL	CREISLCONT003	CREISL	34,88053	25,71688
4195	CREISL	CREISLCONT003	CREISL	34,88104	25,71411
4196	CREISL	CREISLCONT003	CREISL	34,88128	25,71384
4197	CREISL	CREISLCONT003	CREISL	34,88062	25,71243
4198	CREISL	CREISLCONT003	CREISL	34,88017	25,71159
4199	CREISL	CREISLCONT003	CREISL	34,87951	25,71018
4200	CREISL	CREISLCONT003	CREISL	34,87889	25,70683
4201	CREISL	CREISLCONT003	CREISL	34,87915	25,70489
4202	CREISL	CREISLCONT003	CREISL	34,88006	25,70547
4203	CREISL	CREISLCONT003	CREISL	34,88167	25,70552
4204	CREISL	CREISLCONT003	CREISL	34,88306	25,70472
4205	CREISL	CREISLCONT003	CREISL	34,88421	25,70447
4206	CREISL	CREISLCONT003	CREISL	34,88423	25,70364
4207	CREISL	CREISLCONT003	CREISL	34,88448	25,70226
4208	PELOP	PELOPCONT001	PELOP	37,84792	23,01846
4209	PELOP	PELOPCONT001	PELOP	37,84769	23,02019
4210	PELOP	PELOPCONT001	PELOP	37,84656	23,02453
4211	PELOP	PELOPCONT001	PELOP	37,84634	23,02597
4212	PELOP	PELOPCONT001	PELOP	37,84703	23,02770
4213	PELOP	PELOPCONT001	PELOP	37,84864	23,03058
4214	PELOP	PELOPCONT001	PELOP	37,85049	23,03403
4215	PELOP	PELOPCONT001	PELOP	37,85187	23,03662
4216	PELOP	PELOPCONT001	PELOP	37,85280	23,04008
4217	PELOP	PELOPCONT001	PELOP	37,85280	23,04209
4218	PELOP	PELOPCONT001	PELOP	37,85281	23,04325
4219	PELOP	PELOPCONT001	PELOP	37,85269	23,04469

Εικόνα 3.11. Στιγμιότυπο του πίνακα COASTPOINT για τις γεωγραφικές-διοικητικές περιοχές.

CODEF	REGIONNAME
* AEB	AEGEAN SEA
* ALB	ALBANIA
* CGR	CENTRAL GREECE
* CRE	CRETE
* DOI	DODECANESE ISLANDS
* EMS	EASTERN MEDITERRANEAN SEA
* C01	EASTERN MEC 33,00000 33,99999 25,00000 30,00000
* C02	EASTERN MEC 34,00000 34,99999 27,00000 30,00000
* C03	EASTERN MEC 35,00000 35,99999 28,00000 30,00000
*	0,00000 0,00000 0,00000 0,00000
* GAB	GREEK-ALBANIAN BORDER REGION
* GBB	GREEK-BULGARIAN BORDER REGION
* GFB	GREEK-FYROM BORDER REGION
* IOS	IONIAN SEA
* MES	MEDITERRANEAN SEA
* NGR	NORTHERN GREECE
* SGR	SOUTHERN GREECE
* WET	WESTERN TURKEY

Εικόνα 3.12. Στιγμιότυπο του πίνακα FLINNAREAS για τις γεωγραφικές περιοχές χωροθέτησης των σεισμών κατά Flinn & Engdahl. Οι περιοχές αυτές αναφέρονται στο μηνιαίο δελτίο του Γ.Ι. Σχέση ένα προς πολλά με τον πίνακα FLINSQUARS (μια περιοχή αποτελείται από περισσότερα του ενός ορθογώνια παραλληλόγραμμα).

CODESO	CODEF	REGIONNAME	BOTLAT	TOPLAT	LEFLON	RIGLON
* A01	MES	MEDITERRANE	33,00000	35,99999	19,00000	22,99999
* A02	MES	MEDITERRANE	36,00000	38,99999	19,00000	20,99999
* A03	MES	MEDITERRANE	33,00000	33,99999	23,00000	24,99999
* B01	CRE	CRETE	34,00000	35,99999	23,00000	26,99999
* C01	EMS	EASTERN MEC	33,00000	33,99999	25,00000	30,00000
* C02	EMS	EASTERN MEC	34,00000	34,99999	27,00000	30,00000
* C03	EMS	EASTERN MEC	35,00000	35,99999	28,00000	30,00000
* D01	SGR	SOUTHERN GR	36,00000	37,99999	21,00000	24,99999
* E01	DOI	DODECANESE	35,00000	35,99999	27,00000	27,99999
* E02	DOI	DODECANESE	36,00000	36,99999	25,00000	30,00000
* E03	DOI	DODECANESE	37,00000	37,99999	25,00000	26,99999
* F01	WET	WESTERN TUR	42,00000	42,00000	27,00000	29,00000

CODEEE	OBSYSES	YEAR	MONTH	DAY	ORTIME	GR_MONTH	GR_DAY	GR_TIME	LATE	LONE	DEPTH	MAG	MAP
* 0016		1904	MAY	18	10:02:30.0	ΜΑΙΟΥ	18	12:02:30.0	38,40000	27,20000	5	5,5	
* 0018		1904	AUG	18	20:07:30.0	ΑΥΓΟΥΣΤΟΥ	18	22:07:30.0	38,00000	27,00000	5	5,8	
* 0019		1904	OCT	10	17:40:30.0	ΟΚΤΩΒΡΙΟΥ	10	19:40:30.0	38,40000	27,20000	5	5,8	
* 0021		1905	APR	15	06:38:30.0	ΑΠΡΙΛΙΟΥ	15	07:38:30.0	40,20000	29,00000	5	5,5	
* 0080		1912	AUG	9	01:29:00.0	ΑΥΓΟΥΣΤΟΥ	9	03:29:00.0	40,60000	27,20000	5	7,6	
* 0081		1912	AUG	10	09:23:53.0	ΑΥΓΟΥΣΤΟΥ	10	11:23:53.0	40,60000	27,20000	5	6,2	
* 0082		1912	AUG	10	18:30:20.0				40,60000	27,20000	5	5,2	
* 0083		1912	AUG	11	08:19:44.0				40,60000	27,20000	5	5	
* 0086		1912	OCT	21	23:39:58.0				40,60000	27,20000	5	5	
* 0169		1919	NOV	13	10:13:27.0				37,50000	27,50000	5	5,3	
* 0191		1920	MAY	1	06:34:40.0				37,00000	28,70000	5	5,1	
* 0193		1920	JUL	4	12:17:56.0				37,50000	29,00000	5	5,2	
* 0194		1920	JUL	4	20:45:40.0				37,50000	29,00000	5	5,3	
* 0200		1920	SEP	28	15:17:37.0				37,90000	28,30000	5	5,7	
* 0218		1921	MAY	22	21:23:16.0				37,00000	28,70000	5	5,2	
* 0246		1922	NOV	20	04:24:44.0				37,50000	29,00000	5	5	
* 0247		1922	DEC	6	14:01:30.0				37,50000	29,00000	5	5	
* 0259		1923	OCT	26	12:13:16.0				41,20000	28,80000	5	5	
* 0261		1924	JAN	22	11:05:44.0				38,50000	28,40000	80	5,5	
* 0264		1924	DEC	22	17:49:42.0				38,60000	27,70000	5	5,2	
* 0281		1926	JAN	13	01:47:04.0				38,80000	28,10000	5	5,9	
* 0282		1926	JAN	13	08:09:44.0				38,50000	28,20000	5	5,8	
* 0316		1928	MAR	31	00:29:47.0				38,10000	27,40000	5	6,5	
* 0317		1928	MAR	31	05:12:24.0				38,10000	27,40000	5	5,2	

Εικόνα 3.13. Στιγμιότυπο του πίνακα FLINNSQUARS με σχέση ένα προς πολλά με τον πίνακα QUAKES (κάθε γεωγραφικό ορθογώνιο παραλληλόγραμμο φιλοξενεί περισσότερους του ενός σεισμούς)

CODEP	CODEF	LATPOINT	LONPOINT
PA01	MES	33,00000	19,00000
PA02	MES	35,99999	19,00000
PA03	MES	35,99999	22,99999
PA04	MES	33,00000	22,99999
PA05	MES	33,00000	23,00000
PA06	MES	33,99999	23,00000
PA07	MES	33,99999	24,99999
PA08	MES	33,00000	24,99999
PA09	MES	36,00000	19,00000
PA10	MES	36,99999	19,00000
PA11	MES	36,99999	20,99999
PA12	MES	36,00000	20,99999
PB01	CRE	34,00000	23,00000
PB02	CRE	35,99999	23,00000
PB03	CRE	35,99999	26,99999
PB04	CRE	34,00000	26,99999
PC01	EMS	33,00000	25,00000
PC02	EMS	33,99999	25,00000
PC03	EMS	33,99999	30,00000
PC04	EMS	33,00000	30,00000
PC05	EMS	34,00000	27,00000
PC06	EMS	34,99999	27,00000
PC07	EMS	34,99999	30,00000
PC08	EMS	34,00000	30,00000
PC09	EMS	35,00000	28,00000
PC10	EMS	35,99999	28,00000
PC11	EMS	35,99999	30,00000
PC12	EMS	35,00000	30,00000
PD01	SGR	36,00000	21,00000
PD02	SGR	37,99999	21,00000
PD03	SGR	37,99999	24,99999
PD04	SGR	36,00000	24,99999
PE01	DOI	35,00000	27,00000
PE02	DOI	35,99999	27,00000
PE03	DOI	35,99999	27,99999
DF04	DOI	34,00000	27,00000

Εικόνα 3.14. Στιγμιότυπο του πίνακα FLINNPOINT με τις κορυφές κάθε ορθ. παραλληλογράμμου

ID	GEOLOGY	CODEG	GEOLOGYDESCRIPTION
1	Ts-JsK1d		Limestones,dolomitic limestones&dolomites:mylonitized at their base due to tectonism.Their lower members consist of semicrystalline dolomite
2	M4-5mK		Clastic rock formation:wellbedded breccias,breccio-conglomerates & conglomerates. Fine grained intermediate beds.Very cohesive carbonate el
3	PlmK		Marls-marly limestones:thin to medium bedded,white-yellow homogeneous with locally travertinoid structure.Maximum thickness:200 m approx
4	Jm-EsK1		Platy limestones:crystalline limestones,locally marbles,wellbedded.Chert intercalations occur up to 20 cm thick,also nodules or lenses.In the r
5	al		Alluvial deposits consisting of loose sandy-clayey material,terra rosa,with pebbles in small internal basins,unconsolidated material of clay,sand
6	P-T? ph		Rock unit of low metamorphism:phyllites,quartzites & shales,intercalated within the Platy limestones or the metaflysch & the carbonate rocks.
7	ft		Flysch:alternations of brown,red shales & sandstones with small intercalations of grey calcareous turbidites.Maximum thickness:100 m approx
8	o		Ophiolites of serpentinites,pendotites,diabases,diorites & amphibolites accompanied by red marly limestones in places
9	M4-5m,st		Kalamayka formation:alternations of marls and calcitic sandstones,well-bedded of various thickness containing conglomerate channel fillings,gr
10	Pts-tm		Marine terraces:conglomerates with intercalations of arenaceous marl locally & developing in 2 different levels(10-40m & 70-110m)slightly dipping
11	M5		Makrylia formation:alternations of fossiliferous marls & graded turbidite sands poorly lithified.Maximum thickness:250m approximately
12	fm		Ophiolitic complex(o)(serpentinites,pendotites,gabbros,dolerites & basalts)form a flysch melange(fm).Amphibolites,gneisses,mica schists,marb
13	al		Alluvial deposits and valley deposits open to the sea:coastal sands,dunes & beach rocks
14	al		Recent alluvial deposits
15	M4-5		Prina complex(M4-5):lithologic changes & faulting Breccias & conglomerates(M4-5br)with fine grained layers.Great masses of limestones & bre
16	fo		Flysch-psammitopelitic,locally folded,with layers of limestones rich in calcite veinlets.Olistoliths consisting of limestones,radiolarites & basic e
17	Kro-K		Dark grey to black,rarely grey,thickly bedded limestone.Sometimes they alternate with grey or dark grey dolomite
18	ft		Flysch:Shale,sandstone,conglomerate with lenticular intercalations of breccia texture limestone.Sometimes eruptive bodies are included.
19	Pl-m		White or yellowish marl
20	K-EIK		Limestones:grey to black grey,thick bedded to massive,bituminous in the upper members slightly dolomitic & locally microbrecciated.Maximum
21	K9-EIK		Limestones:thin-medium bedded,white-grey to rose-grey,mictitic developing into microbrecciated,folded & tectonized.Max.Thickness:250m app
22	Pl		Pliocene undivided Lacustrine & marine deposits:Marl,clay,sand etc.
23	CP-K		Average bedded,usually bluish crystalline limestone with flaggy intercalations or nodules of very fine grained chert.They gradually fall into the ov
24	Mi-mK		Marly limestone
25	Mi-m		Greenish marls they gradually fall into grey & hard marl
26	PT-K		Crystalline flaggy limestones
27	PT-ph		Phyllites,mainly sericitic,containing intercalations of sandstone quartzite(o),conglomerate & thin bedded crystalline limestone(K1) & dolomite(C
28	R-O-D		Grey,dark-grey or black dolomite of bituminous odour when crushed.Sometimes they alternate with grey or dark grey dolomite
29	Mi-c1		Offlap's compact conglomerate with lenticular intercalations of sand & marl.
30	Pl-c1		Offlap's conglomerate:pebbles mainly of limestone
31	di-c2		Fluvial terrace.Elevation 20-25m.Torrential deposits:Boulders,pebbles,gravels,red or grey sands & other transported of various composition ma
32	Mi-l		Vianios formation:well bedded,fluvio-lacustrine,silty clays & well sorted sands.Polymictic conglomerate intercalations especially in the basal par
33	al		Alluvial deposits:loose sandy clayey material,terra-rosa with rounded & angular pebbles in small internal basins & eluvial mantle material.
34	Qcd		Sediments of the coastal area:beach sands,marine terraces
35	Pli-m		Finikia formation:homogeneous marls or marly limestones,diatomites & bioclastic limestones.The base of the formation consists of marls,limes
36	al		Fluvial & closed basin deposits
37	M5-6K		Aq Vanara formation:reef limestones(M5-6K)locally conglomeratic or brecciated.They pass into alternating foliated & homogeneous calcitic ma

Εικόνα 3.15. Στιγμιότυπο του Πίνακα GEOLOGY. Ένας γεωλογικός σχηματισμός συναντάται σε πολλά δημοτικά διαμερίσματα.

3.6 Διενέργεια ερωτημάτων

Στην παρούσα φάση η βάση υποστηρίζει χωρικά ερωτήματα του τύπου απόσταση σημείου από σημείο και σημείο εντός τετράπλευρου.

α) Το παρακάτω ερώτημα επιστρέφει τους δήμους και τα δημοτικά διαμερίσματα στα οποία έχει σημειωθεί ένταση μεγαλύτερη του V και οι οποίες βρίσκονται εντός του τετράπλευρου 38N – 40N και 20E – 24E και η επικεντρική απόσταση από τον αντίστοιχο σεισμό είναι μέχρι 50km. Σε SQL το ερώτημα διατυπώνεται ως:

```
SELECT EFFECT.[ENGLISH NAME], EFFECT.INTA, EFFECT.[EP DIST], SITE.LATS,
       SITE.LONS, FLINNSQUARS.REGIONNAME
FROM (FLINNSQUARS INNER JOIN QUAKES ON FLINNSQUARS.CODESQ =
      QUAKES.CODESQ) INNER JOIN (SITE INNER JOIN EFFECT ON SITE.CODES =
      EFFECT.CODES) ON QUAKES.CODEE = EFFECT.CODEE
WHERE (((EFFECT.INTA)>=5) AND ((EFFECT.[EP DIST])<=50) AND ((SITE.LATS)
      Between 38 And 40) AND ((SITE.LONS) Between 20 And 24))
ORDER BY EFFECT.[EP DIST];
```

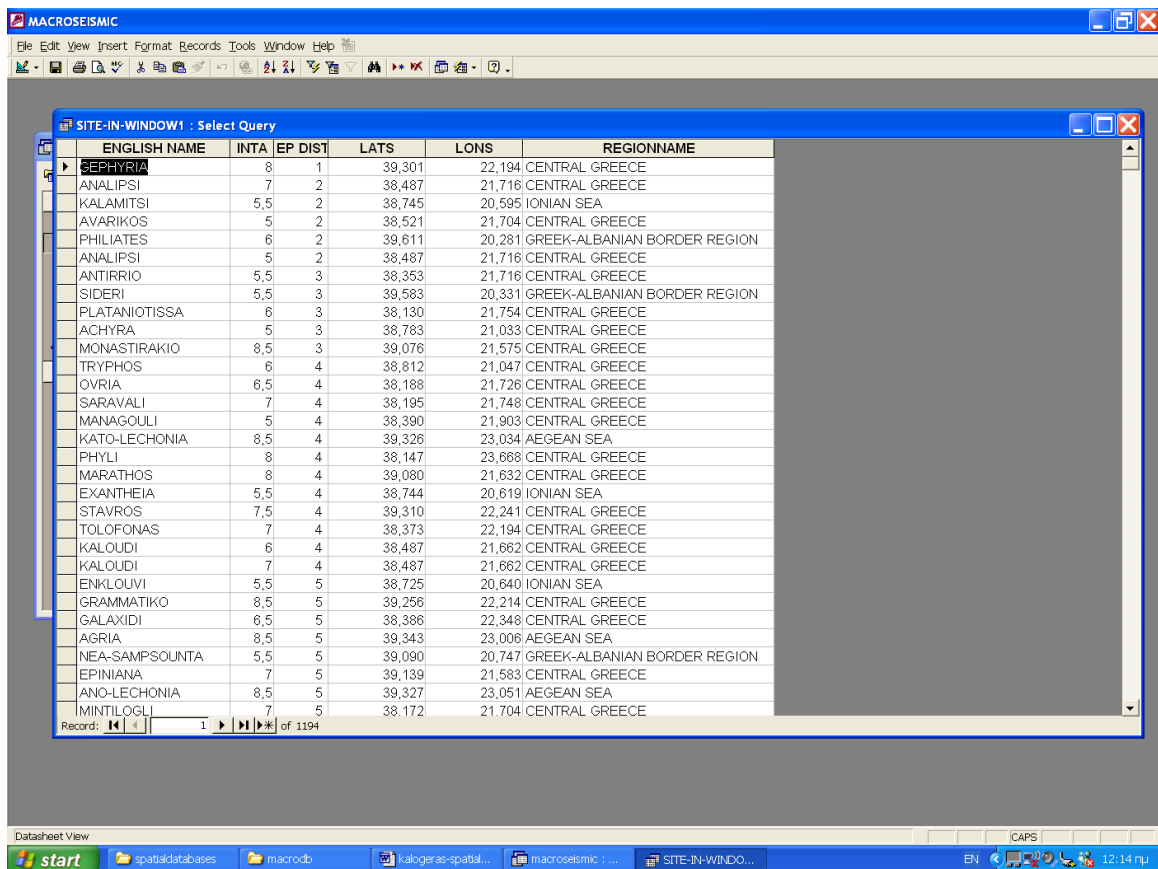
ενώ το αποτέλεσμα φαίνεται στην εικόνα 3.15.

β) Ερώτημα εύρεσης σεισμών εντός γεωγραφικής περιοχής. «Να βρεθούν οι σεισμοί με γεωγραφικό πλάτος μεταξύ 38.0N και 40.0N και γεωγραφικό μήκος μεταξύ 20.0E και 24.0E κατά γεωγραφική περιοχή και για τους οποίους υπάρχουν μακροσεισμικές παρατηρήσεις». Στο ερώτημα αυτό LATE και LONE είναι το γεωγραφικό πλάτος και γεωγραφικό μήκος του επικέντρου του σεισμού, άρα $38 \leq LATE \leq 40$ και $20 \leq LONE \leq 24$ και λαμβάνονται από τον πίνακα QUAKES ενώ BOTLAT, TOPLAT, LEFLON, RIGLON είναι το νοτιότερο, βορειότερο, δυτικότερο και ανατολικότερο όριο των γεωγραφικών περιοχών που πρέπει να είναι αντίστοιχα ≥ 38 , ≤ 40 , ≥ 20 , ≤ 24 , και λαμβάνονται από τον πίνακα FLINNSQUARS. Σε SQL το ερώτημα διατυπώνεται ως:

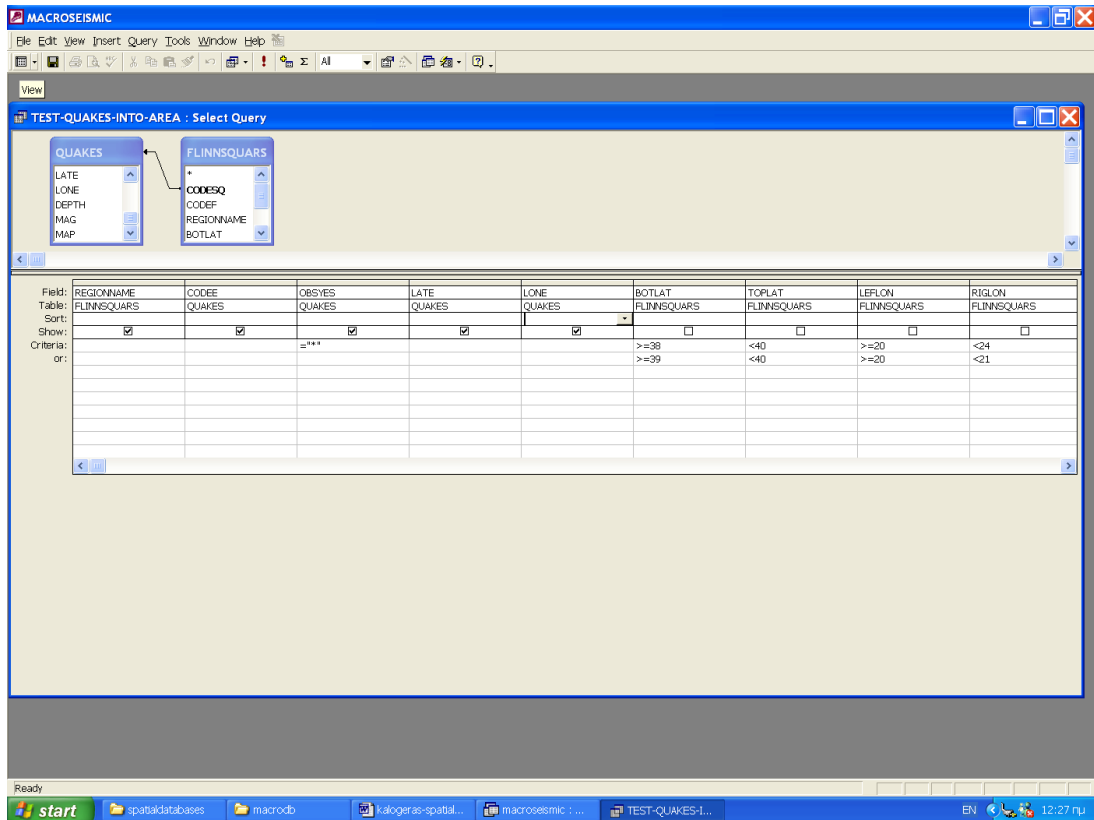
```
SELECT FLINNSQUARS.REGIONNAME, QUAKES.CODEE, QUAKES.OBSYES,
       FLINNSQUARS.BOTLAT, FLINNSQUARS.TOPLAT,
       FLINNSQUARS.LEFLON, FLINNSQUARS.RIGLON
FROM FLINNSQUARS LEFT JOIN QUAKES ON FLINNSQUARS.CODESQ =
      QUAKES.CODESQ
```


WHERE (((QUAKES.OBSYES)="*") AND ((FLINNSQUARS.BOTLAT)>=38) AND ((FLINNSQUARS.TOPLAT)<40) AND ((FLINNSQUARS.LEFLON)>=20) AND ((FLINNSQUARS.RIGLON)<24)) OR (((FLINNSQUARS.BOTLAT)>=39) AND ((FLINNSQUARS.TOPLAT)<40) AND ((FLINNSQUARS.LEFLON)>=20) AND ((FLINNSQUARS.RIGLON)<21));

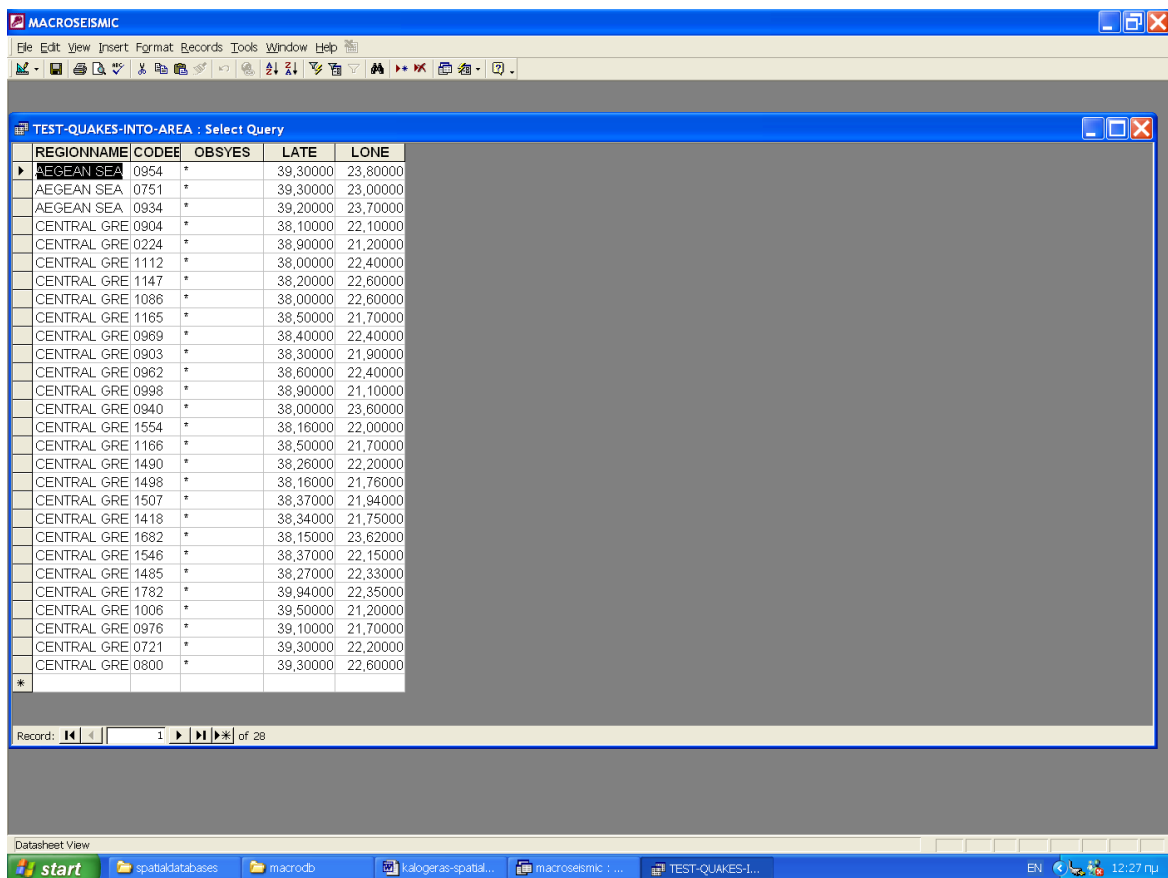
Και σε γραφικό περιβάλλον διατυπώνεται όπως στην εικόνα 3.17, ενώ το αποτέλεσμα παρουσιάζεται στην εικόνα 3.18.



Εικόνα 3.16. Στιγμιότυπο του ερωτήματος site-in-window.



Εικόνα 3.17. Το ερώτημα Quakes-into-area



Εικόνα 3.18. Στιγμιότυπο της απάντησης του ερωτήματος Quakes-into-area

3.7 Διαδικασία εκτύπωσης ετικετών για την αποστολή ερωτηματολογίων

Μετά την εμφάνιση ενός ισχυρού σεισμού ($M_s \geq 5.0$) και με την ελάχιστη προϋπόθεση ότι ο σεισμός κρίνεται ότι έχει γίνει ιδιαίτερα αισθητός από πολλούς κατοίκους αστικών κέντρων ($I_{max} > VI$) το ΓΙ αποστέλλει ερωτηματολόγια σε επιλεγμένους δήμους και δημοτικά διαμερίσματα. Η διαδικασία προ της ανάπτυξης της ΒΔ βασιζόταν σε εμπειρικά κριτήρια ανάλογα με το μέγεθος του σεισμού, τα τηλεφωνήματα που δεχόταν το ΓΙ από διάφορες περιοχές κοντά στο επίκεντρο ή και πιο μακριά, και τον πληθυσμό των δήμων και δημοτικών διαμερισμάτων. Π.χ. στο νομό όπου εντοπίζεται το επίκεντρο και στους γύρω νομούς ερωτηματολόγιο στέλνεται σε όλους τους δήμους και τα δημοτικά διαμερίσματα ανεξάρτητα από πληθυσμό (από τον κατάλογο των 3500). Στους αμέσως πιο απομακρυσμένους νομούς ερωτηματολόγιο στέλνεται σε δήμους και δημοτικά διαμερίσματα με πληθυσμό περισσότερο από 1000 κατοίκους, ενώ για να ληφθούν και αρνητικές απαντήσεις («ο σεισμός δεν έγινε αισθητός») ερωτηματολόγια στέλνονται ενδεικτικά και σε περισσότερο απομακρυσμένους δήμους (πληθυσμός άνω των 5000 ή 10000 κατοίκων). Ενδεικτικό είναι ότι πριν από την ανάπτυξη της ΒΔ τα ερωτηματολόγια και οι φάκελοι αποστολής συμπληρώνονταν χειρόγραφα, ενώ τα στοιχεία των δήμων και των δημοτικών διαμερισμάτων υπήρχαν σε καρτέλες.

Με την ανάπτυξη της ΒΔ τα στοιχεία των δήμων και των δημοτικών διαμερισμάτων μαζί με τις γεωγραφικές συντεταγμένες τους έδωσαν τη δυνατότητα αφενός της εκτύπωσης των ταχυδρομικών ετικετών, αφετέρου της εισαγωγής της έννοιας της επικεντρικής απόστασης για την επιλογή των θέσεων αποστολής των ερωτηματολογίων. Ακολουθεί η περιγραφή της εξέλιξης της διαδικασίας αυτής:

α) Διενέργεια ερωτήματος για επιλογή από τους πίνακες QUAKES του συγκεκριμένου σεισμού και SITE των συγκεκριμένων θέσεων ανάλογα με τα κριτήρια που αφορούν το νομό και τον πληθυσμό.

```
SELECT QUAKES.YEAR, QUAKES.MONTH, QUAKES.DAY, QUAKES.ORTIME,  
QUAKES.GR_MONTH, QUAKES.GR_DAY, QUAKES.GR_TIME,  
SITE.CODES, SITE.[ΕΙΔΟΣ ΤΕΩΣ ΟΤΑ], SITE.SITE, SITE.[ΕΙΔΟΣ ΝΕΟΥ  
ΟΤΑ], SITE.[ΟΝΟΜΑ ΝΕΟΥ ΟΤΑ], SITE.NOMAPXIA, SITE.[ΤΑΧΥΔΡΟΜΙΚΗ
```

```

ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ], SITE.ΠΕΡΙΟΧΗ, SITE.POPULATION, SITE.[ΑΠΟΣΤΟΛΗ
ΚΑΡΤΑΣ]
FROM SITE, QUAKES
WHERE (((QUAKES.YEAR)=2004) AND ((QUAKES.DAY)=4) AND
((QUAKES.GR_MONTH)="ΝΟΕΜΒΡΙΟΥ") AND
((SITE.NOMΑΡΧΙΑ)="ΧΑΝΙΩΝ" Or (SITE.NOMΑΡΧΙΑ)="ΡΕΘΥΜΝΗΣ" Or
(SITE.NOMΑΡΧΙΑ)="ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ" Or (SITE.NOMΑΡΧΙΑ)="ΛΑΣΗΘΙΟΥ" Or
(SITE.NOMΑΡΧΙΑ)="ΛΑΚΩΝΙΑΣ" Or (SITE.NOMΑΡΧΙΑ)="ΜΕΣΣΗΝΙΑΣ" Or
(SITE.NOMΑΡΧΙΑ)="ΚΥΚΛΑΔΩΝ") AND ((SITE.[ΑΠΟΣΤΟΛΗ
ΚΑΡΤΑΣ])=1)) OR (((QUAKES.YEAR)=2004) AND ((QUAKES.DAY)=4) AND
((QUAKES.GR_MONTH)="ΝΟΕΜΒΡΙΟΥ") AND
((SITE.NOMΑΡΧΙΑ)="ΑΡΓΟΛΙΔΟΣ" Or (SITE.NOMΑΡΧΙΑ)="ΑΡΚΑΔΙΑΣ" Or
(SITE.NOMΑΡΧΙΑ)="ΚΟΡΙΝΘΙΑΣ" Or (SITE.NOMΑΡΧΙΑ)="ΗΛΕΙΑΣ" Or
(SITE.NOMΑΡΧΙΑ)="ΖΑΚΥΝΘΟΥ") AND ((SITE.POPULATION)>=1000)
AND ((SITE.[ΑΠΟΣΤΟΛΗ ΚΑΡΤΑΣ])=1)) OR (((QUAKES.YEAR)=2004) AND
((QUAKES.DAY)=4) AND ((QUAKES.GR_MONTH)="ΝΟΕΜΒΡΙΟΥ") AND
((SITE.NOMΑΡΧΙΑ)="ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ" Or (SITE.NOMΑΡΧΙΑ)="ΑΝΑΤ.
ΑΤΤΙΚΗΣ") AND ((SITE.POPULATION)>=3000) AND ((SITE.[ΑΠΟΣΤΟΛΗ
ΚΑΡΤΑΣ])=1)) OR (((QUAKES.YEAR)=2004) AND ((QUAKES.DAY)=4) AND
((QUAKES.GR_MONTH)="ΝΟΕΜΒΡΙΟΥ") AND
((SITE.NOMΑΡΧΙΑ)="ΠΕΙΡΑΙΩΣ" Or (SITE.NOMΑΡΧΙΑ)="ΑΘΗΝΩΝ") AND
((SITE.POPULATION)>=50000) AND ((SITE.[ΑΠΟΣΤΟΛΗ ΚΑΡΤΑΣ])=1)) OR
(((QUAKES.YEAR)=2004) AND ((QUAKES.DAY)=4) AND
((QUAKES.GR_MONTH)="ΝΟΕΜΒΡΙΟΥ") AND ((SITE.[ΟΝΟΜΑ ΝΕΟΥ
ΟΤΑ])="ΑΝΤΙΚΥΘΗΡΩΝ" Or (SITE.[ΟΝΟΜΑ ΝΕΟΥ ΟΤΑ])="ΚΥΘΗΡΩΝ")
AND ((SITE.[ΑΠΟΣΤΟΛΗ ΚΑΡΤΑΣ])=1));

```

Στιγμιότυπο του αποτελέσματος του ερωτήματος φαίνεται στην εικόνα 3.19.

Επειδή το ερώτημα ανατρέχει ολόκληρο τον πίνακα QUAKES με περισσότερες από 1800 εγγραφές και ολόκληρο τον πίνακα SITE με 6300 εγγραφές ο χρόνος για να απαντηθεί το ερώτημα υπερβαίνει τα 3 λεπτά. Για το σκοπό αυτό μπορεί να προηγηθεί ερώτημα που απομονώνει τον σεισμό που ενδιαφέρει με τη δημιουργία πίνακα:

```

SELECT [QUAKES].[CODEE], [QUAKES].[YEAR], [QUAKES].[GR_MONTH], [QUAKES].
[GR_DAY], [QUAKES].[GR_TIME]
INTO [LAST-QUAKE]
FROM QUAKES

```


$$0,017453292) * \text{Cos}([\text{QUAKES}][\text{LONE}] - [\text{SITE}][\text{LONS}]) * 0,017453292) - 0,000000001)$$

ενώ η σχέση απόσβεσης είναι (Papazachos & Papaioannou, 1997):

$$I=2,26 + 1,43M - 3,59 \log (R + 6)$$

Έτσι για σεισμό μεγέθους 5,5 αναμένεται μια μέγιστη μακροσεισμική ένταση γύρω στους V - VI

Σεισμός της 8 ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΥ 2006, 13:35

012001
ΔΗΜΟΣ ΙΛΙΟΥ (ΝΕΩΝ ΛΙΟΣΙΩΝ)
 Πρωτεσιλάου 83
 13122 Ν.Λιόσια

Σεισμός της 8 ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΥ 2006, 13:35

010301
ΔΗΜΟΣ ΑΓΙΟΥ ΔΗΜΗΤΡΙΟΥ
 Αγ. Δημητρίου 55
 17343 Αγ. Δημήτριος

Σεισμός της 8 ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΥ 2006, 13:35

014601
ΔΗΜΟΣ ΧΑΛΑΝΔΡΙΟΥ
 Ζαλοκώστα 4
 15233 Χαλάνδρι

Σεισμός της 8 ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΥ 2006, 13:35

013901
ΔΗΜΟΣ ΠΕΡΙΣΤΕΡΙΟΥ
 Πλατεία Δημοκρατίας
 12134 Περιστέρι

Σεισμός της 8 ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΥ 2006, 13:35

013601
ΔΗΜΟΣ ΠΑΛΑΙΟΥ ΦΑΛΗΡΟΥ
 Αγ.Αλεξάνδρου 70
 17561 Παλαιό Φάληρο

Σεισμός της 8 ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΥ 2006, 13:35

013201
ΔΗΜΟΣ ΝΕΑΣ ΣΜΥΡΝΗΣ
 Ελ.Βενιζέλου 14
 17121 Ν.Σμύρνη

Εικόνα 3.20. Απόσπασμα από την εκτύπωση των ταχυδρομικών ετικετών ως αποτέλεσμα του report.

βαθμούς στην πλειόσειστη περιοχή (απόσταση μικρότερη από 50 Km), και απόσβεση της έντασης ($I=I$, ο σεισμός δεν είναι αισθητός) σε απόσταση μεγαλύτερη από 350 km. Με αυτό το κριτήριο συνδυάζεται και το κριτήριο πληθυσμού, με τα αποτελέσματα ταξινομημένα κατά αύξουσα απόσταση, και το ερώτημα συντάσσεται ως:

```
SELECT QUAKES.CODEE, [LAST-QUAKE].YEAR, [LAST-QUAKE].GR_MONTH, [LAST-
QUAKE].GR_DAY, [LAST-QUAKE].GR_TIME, QUAKES.LATE,
```

```

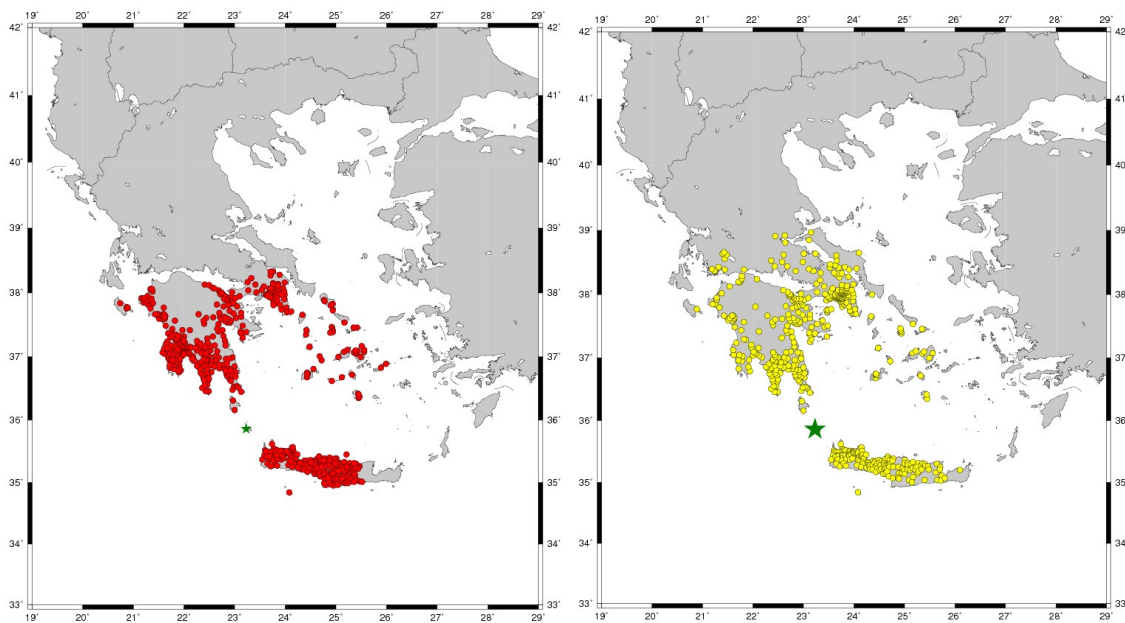
QUAKES.LONE, SITE.CODES, SITE.[ΕΙΔΟΣ ΤΕΩΣ ΟΤΑ], SITE.SITE, SITE.
[ΕΙΔΟΣ ΝΕΟΥ ΟΤΑ], SITE.NOMAPXIA, SITE.[ΤΑΧΥΔΡΟΜΙΚΗ
ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ], SITE.ΠΕΡΙΟΧΗ, SITE.LATS, SITE.LONS, SITE.[ΑΠΟΣΤΟΛΗ
ΚΑΡΤΑΣ], SITE.POPULATION, 6371*Atn(Sqr(1-((Sin([QUAKES]!
[LATE]*0.017453292)*Sin([SITE]![LATS]*0.017453292)+Cos([QUAKES]!
[LATE]*0.017453292)*Cos([SITE]![LATS]*0.017453292)*Cos(([QUAKES]!
[LONE]-[SITE]![LONS])*0.017453292-0.000000001))^2))/(Sin([QUAKES]!
[LATE]*0.017453292)*Sin([SITE]![LATS]*0.017453292)+Cos([QUAKES]!
[LATE]*0.017453292)*Cos([SITE]![LATS]*0.017453292)*Cos(([QUAKES]!
[LONE]-[SITE]![LONS])*0.017453292-0.000000001) AS Expr1
FROM SITE, QUAKES INNER JOIN [LAST-QUAKE] ON QUAKES.CODEE = [LAST-
QUAKE].CODEE
WHERE (((QUAKES.CODEE)="1806") AND ((SITE.[ΑΠΟΣΤΟΛΗ ΚΑΡΤΑΣ])=1) AND
((6371*Atn(Sqr(1-((Sin([QUAKES]![LATE]*0.017453292)*Sin([SITE]!
[LATS]*0.017453292)+Cos([QUAKES]![LATE]*0.017453292)*Cos([SITE]!
[LATS]*0.017453292)*Cos(([QUAKES]![LONE]-[SITE]![LONS])*0.017453292)-
0.000000001))^2))/(Sin([QUAKES]![LATE]*0.017453292)*Sin([SITE]!
[LATS]*0.017453292)+Cos([QUAKES]![LATE]*0.017453292)*Cos([SITE]!
[LATS]*0.017453292)*Cos(([QUAKES]![LONE]-[SITE]![LONS])*0.017453292)-
0.000000001))<=100)) OR (((QUAKES.CODEE)="1806") AND ((SITE.
[ΑΠΟΣΤΟΛΗ ΚΑΡΤΑΣ])=1) AND ((SITE.POPULATION)>=1000) AND
((6371*Atn(Sqr(1-((Sin([QUAKES]![LATE]*0.017453292)*Sin([SITE]!
[LATS]*0.017453292)+Cos([QUAKES]![LATE]*0.017453292)*Cos([SITE]!
[LATS]*0.017453292)*Cos(([QUAKES]![LONE]-[SITE]![LONS])*0.017453292)-
0.000000001))^2))/(Sin([QUAKES]![LATE]*0.017453292)*Sin([SITE]!
[LATS]*0.017453292)+Cos([QUAKES]![LATE]*0.017453292)*Cos([SITE]!
[LATS]*0.017453292)*Cos(([QUAKES]![LONE]-[SITE]![LONS])*0.017453292)-
0.000000001))>100 And (6371*Atn(Sqr(1-((Sin([QUAKES]!
[LATE]*0.017453292)*Sin([SITE]![LATS]*0.017453292)+Cos([QUAKES]!
[LATE]*0.017453292)*Cos([SITE]![LATS]*0.017453292)*Cos(([QUAKES]!
[LONE]-[SITE]![LONS])*0.017453292-0.000000001))^2))/(Sin([QUAKES]!
[LATE]*0.017453292)*Sin([SITE]![LATS]*0.017453292)+Cos([QUAKES]!
[LATE]*0.017453292)*Cos([SITE]![LATS]*0.017453292)*Cos(([QUAKES]!
[LONE]-[SITE]![LONS])*0.017453292-0.000000001))<=250)) OR
(((QUAKES.CODEE)="1806") AND ((SITE.[ΑΠΟΣΤΟΛΗ ΚΑΡΤΑΣ])=1) AND
((SITE.POPULATION)>=5000) AND ((6371*Atn(Sqr(1-((Sin([QUAKES]!
[LATE]*0.017453292)*Sin([SITE]![LATS]*0.017453292)+Cos([QUAKES]!

```

$$\begin{aligned}
& [LATE]*0.017453292*\cos([SITE]*[LATS]*0.017453292)*\cos((QUAKES! \\
& [LONE]-[SITE]*[LONS])*0.017453292-0.000000001))^2)/(\sin([QUAKES]! \\
& [LATE]*0.017453292)*\sin([SITE]*[LATS]*0.017453292)+\cos([QUAKES]! \\
& [LATE]*0.017453292)*\cos([SITE]*[LATS]*0.017453292)*\cos((QUAKES! \\
& [LONE]-[SITE]*[LONS])*0.017453292-0.000000001))>250 \quad \text{And} \\
& (6371*\text{Atn}(\text{Sqr}(1-((\sin([QUAKES]![LATE]*0.017453292)*\sin([SITE]! \\
& [LATS]*0.017453292)+\cos([QUAKES]![LATE]*0.017453292)*\cos([SITE]! \\
& [LATS]*0.017453292)*\cos((QUAKES![LONE]-[SITE]*[LONS])*0.017453292)- \\
& 0.000000001))^2)/(\sin([QUAKES]![LATE]*0.017453292)*\sin([SITE]! \\
& [LATS]*0.017453292)+\cos([QUAKES]![LATE]*0.017453292)*\cos([SITE]! \\
& [LATS]*0.017453292)*\cos((QUAKES![LONE]-[SITE]*[LONS])*0.017453292)- \\
& 0.000000001))\leq 350))
\end{aligned}$$

ORDER BY 6371*Atn(Sqr(1-((Sin([QUAKES]![LATE]*0.017453292)*Sin([SITE]!
[LATS]*0.017453292)+Cos([QUAKES]![LATE]*0.017453292)*Cos([SITE]!
[LATS]*0.017453292)*Cos((QUAKES![LONE]-[SITE]*[LONS])*0.017453292)-
0.000000001))^2)/(\sin([QUAKES]![LATE]*0.017453292)*sin([SITE]!
[LATS]*0.017453292)+Cos([QUAKES]![LATE]*0.017453292)*Cos([SITE]!
[LATS]*0.017453292)*Cos((QUAKES![LONE]-[SITE]*[LONS])*0.017453292)-
0.000000001));

Οι αντίστοιχοι χάρτες της εικόνας 3.21 που προέκυψαν από την εφαρμογή των ερωτημάτων των περιπτώσεων (α) και (β) που δείχνουν τις επιλεγμένες θέσεις όπου θα σταλούν ερωτηματολόγια δείχνονται παρακάτω και είναι φανερό πρώτον η κάλυψη περισσότερων περιοχών στη δεύτερη περίπτωση δεξιά (πχ Στερεά Ελλάδα, κεντρική Πελοπόννησος, ανατολική Κρήτη) με μικρότερη πυκνότητα, γεγονός που είναι προτιμότερο (καλύτερη κάλυψη, οικονομία στα ταχυδρομικά τέλη και στο έντυπο υλικό).



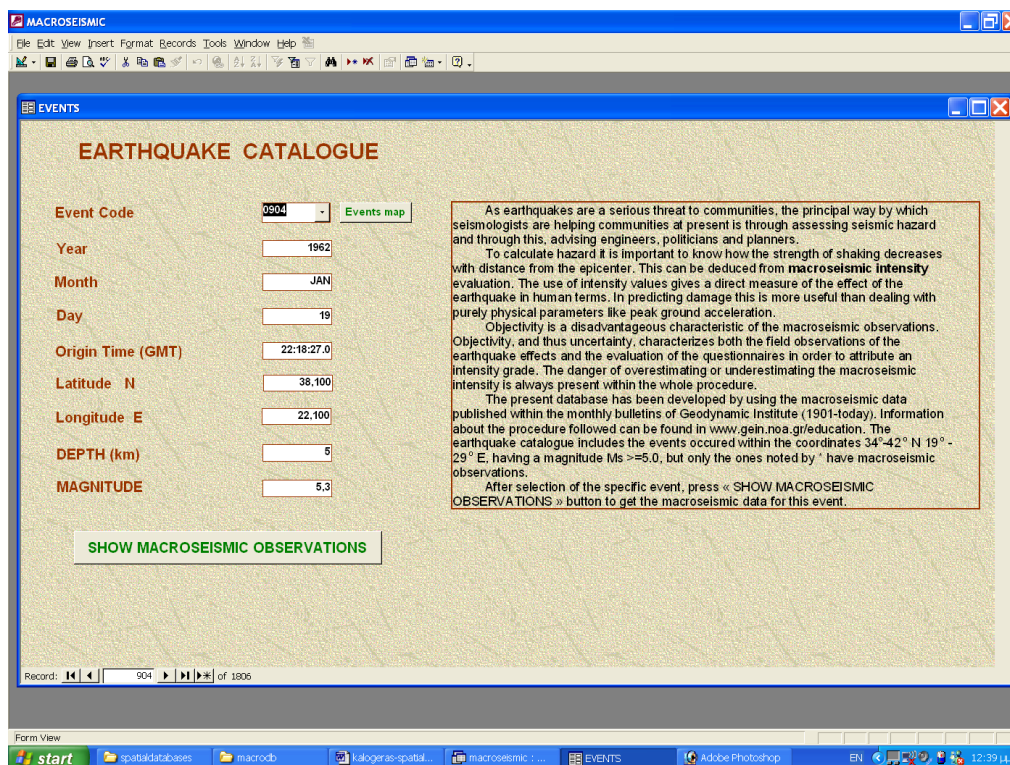
Εικόνα 3.21. Σύγκριση των ερωτημάτων των περιπτώσεων (α) και (β) για την αποστολή ερωτηματολογίων

3.8 Χρήση φορμών της Access

Για τη βελτίωση της αισθητικής εικόνας των δεδομένων η MsAccess, δίνει τη δυνατότητα μετάβασης από πίνακες σε φόρμες. Οι εικόνες που ακολουθούν περιγράφουν μερικές από αυτές τις φόρμες σε συνδυασμό με οπτικοποίηση των φιλτραρισμένων δεδομένων στα οποία αντιστοιχούν. Η εισαγωγική φόρμα φαίνεται στην εικόνα 3.22, απ' όπου ο χρήστης επιλέγει από ένα αναδιπλούμενο μενού το σεισμό για τον οποίο ενδιαφέρεται. Οι σεισμοί για τους οποίους υπάρχουν μακροσεισμικές παρατηρήσεις σημειώνονται με αστερίσκο, και μόνο η επιλογή αυτών ενεργοποιεί το πλήκτρο “SHOW MACROSEISMIC OBSERVATIONS”.

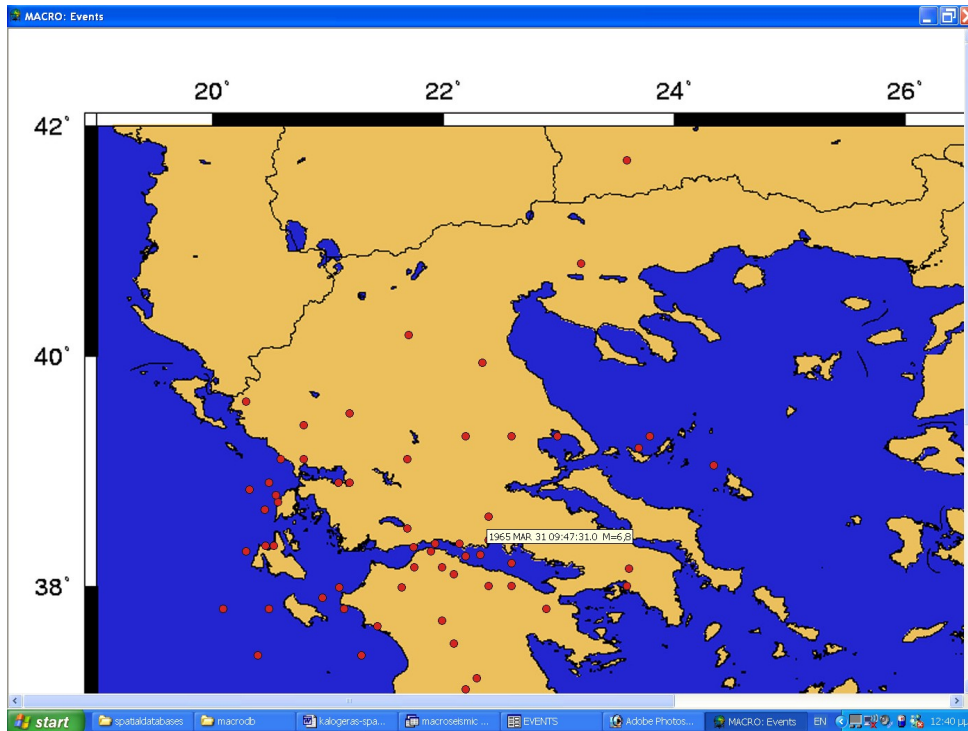
Το πλήκτρο “EVENTS MAP” δείχνει ένα χάρτη των επικέντρων των σεισμών για τους οποίους υπάρχουν μακροσεισμικές παρατηρήσεις (εικόνα 3.23). Περνώντας το ποντίκι πάνω από τον κόκκινο κύκλο του επικέντρου δίνονται οι παράμετροι του σεισμού (χρόνος γένεσης, μέγεθος). Για το χάρτη χρησιμοποιήθηκε το ερώτημα `obsyes` σε SQL και προγραμματισμός σε VBA.

Η εικόνα 3.24 είναι η φόρμα που ενεργοποιείται με το πλήκτρο “SHOW MACROSEISMIC OBSERVATIONS”. Από το σύνολο των δεδομένων που περιλαμβάνει ο πίνακας `EFFECT` απομονώνονται αυτά που αφορούν το σεισμό που έχει επιλεγεί.



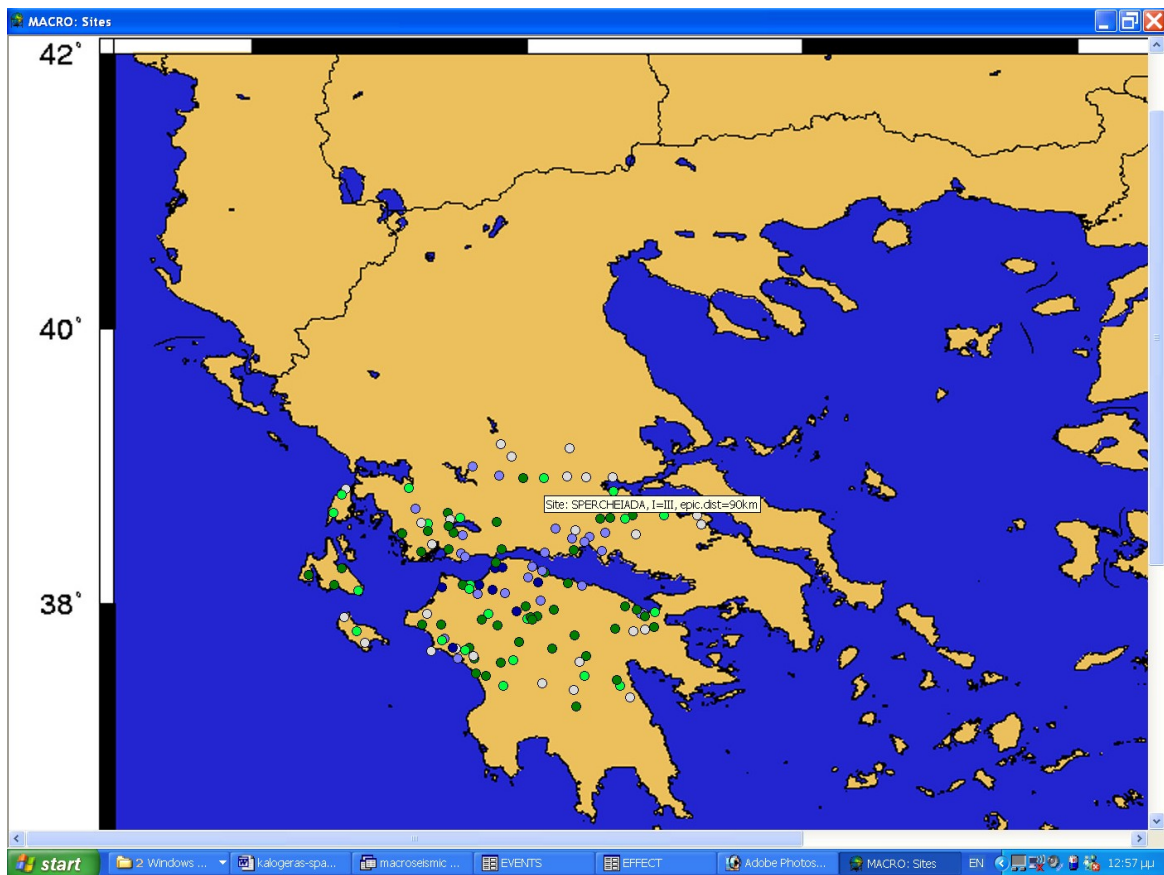
Εικόνα 3.22. Φόρμα εισαγωγής στη ΒΔ.

Το πλήκτρο “MACROSEISMIC OBSERVATION MAP” ανοίγει το χάρτη της χωρικής κατανομής των μακροσεισμικών παρατηρήσεων, όπου το διαφορετικό χρώμα των κύκλων αντιστοιχεί σε διαφορετική μακροσεισμική ένταση (εικόνα 3.24). Θέτοντας το ποντίκι πάνω στον κύκλο φαίνονται τα αντίστοιχα στοιχεία της θέσης (ονομασία, ένταση, επικεντρική απόσταση). Ο χάρτης αυτός δημιουργείται δυναμικά για κάθε ένα σεισμό για τον οποίο υπάρχουν μακροσεισμικές πληροφορίες. Το πλήκτρο “BACK TO EVENT SELECTION” επιστρέφει το χρήστη στη φόρμα εισαγωγής για επιλογή νέου σεισμού.



Εικόνα 3.23. Χάρτης που δείχνει τα επίκεντρα των σεισμών για τους οποίους υπάρχουν μακροσεισμικές πληροφορίες

Εικόνα 3.24. Φόρμα που ανοίγει με το πλήκτρο “SHOW MACROSEISMIC OBSERVATIONS”.



Εικόνα 3.25. Χάρτης της χωρικής κατανομής των μακροσεισμικών εντάσεων που παρατηρήθηκαν κατά το συγκεκριμένο σεισμό.

4

Ανάπτυξη Εμπείρου Συστήματος στα Πλαίσια Συλλογής και Αξιολόγησης Μακροσεισμικών Παρατηρήσεων

4.1 Έμπειρα Συστήματα – Βασικές έννοιες

Τεχνητή νοημοσύνη (artificial intelligence) είναι η επιστήμη που αναθέτει στους υπολογιστές να εκτελούν εργασίες που προϋποθέτουν νοημοσύνη εάν αυτές εκτελούνταν από ανθρώπους. Ένας κλάδος της τεχνητής νοημοσύνης είναι τα *έμπειρα συστήματα (expert systems)*, δηλαδή πολύπλοκα προγράμματα Η.Υ. που εφαρμόζουν την ανθρώπινη γνώση σε μια εξειδικευμένη γνωστική περιοχή ώστε να εξευρεθούν λύσεις. Ένα τέτοιο πρόγραμμα Η.Υ. χρησιμοποιεί εμπειρικούς κανόνες (ευρήματα) και συμβολική λογική με σκοπό να μιμηθεί τη ροή της σκέψης του έμπειρου ανθρώπου.

Γνώση (knowledge) είναι η κατανόηση που επιτυγχάνεται μέσω της εμπειρίας ή της μελέτης. Είναι το “know how” ή η εξοικείωση προς μια δραστηριότητα στα πλαίσια της οποίας ένας άνθρωπος εκτελεί μια λειτουργία. Η γνώση είναι η καρδιά των εμπείρων συστημάτων. Είναι η ανθρώπινη κατανόηση για ένα εξειδικευμένο πεδίο ενδιαφέροντος η οποία έχει αποκτηθεί με μελέτη και εμπειρία. Βασίζεται στη μάθηση, στη σκέψη, στην εξοικείωση με το πεδίο του προβλήματος.

Η γνώση δεν είναι πληροφορία και η πληροφορία δεν είναι δεδομένα. Τα δεδομένα είναι γεγονότα χωρίς επεξεργασία, νοούνται ως στατικές οντότητες. Η πληροφορία είναι ένα σύνολο δεδομένων και σχημάτων που έχουν υποστεί επεξεργασία ώστε η λήψη αποφάσεων να είναι ευκολότερη. Η γνώση από την άλλη πλευρά είναι η κατανόηση της πληροφορίας που βασίζεται στην σημασία της ή τη συνάφειά της με το θεματικό πεδίο του προβλήματος.

Ένας άλλος τρόπος για να διακριθεί η γνώση από την πληροφορία είναι η εξέταση των δομών αποθήκευσής τους. Ένα σύστημα διαχείρισης βάση δεδομένων έχει μια προκαθορισμένη δομή, δηλαδή οι σχέσεις μεταξύ των δεδομένων έχουν προκαθοριστεί. Αντίθετα μια βάση γνώσης αποτελείται από ένα σύνολο ανοργάνωτων γεγονότων και κανόνων. Ο μηχανισμός ανάλυσης στη βάση γνώσης είναι ένα σύνολο κανόνων που χρησιμοποιούνται για να προσδιορίσουν νέα γεγονότα.

Τα έμπειρα συστήματα, ως κλάδος της τεχνητής νοημοσύνης, αναπτύχθηκε από τα μέσα της δεκαετίας του 1960 ως εργαλεία επίλυσης προβλημάτων και λήψης αποφάσεων. Η βασική ιδέα πίσω από ένα έμπειρο σύστημα είναι απλά η μεταφορά της εμπειρίας από τον άνθρωπο στον ηλεκτρονικό υπολογιστή. Ο υπολογιστής μπορεί να εκτελεί διεργασίες λογικής ανάλυσης και να καταλήγει σε συγκεκριμένα συμπεράσματα. Η χρήση τους έχει επεκταθεί σε πολλές εφαρμογές της τεχνολογικής και κοινωνικής ζωής, όπου η εφαρμογή τους αποδεικνύεται σημαντική σε διαδικασίες υποστήριξης αποφάσεων και επίλυσης προβλημάτων. Βιβλιογραφικά αναφέρονται εκατοντάδες εφαρμογών εμπείρων συστημάτων. Στις αρχές του 1992 υπήρχαν σε λειτουργία περισσότερα από 2000 έμπειρα συστήματα και πάνω από 15000 βρίσκονταν στο επίπεδο της ανάπτυξης. Για παράδειγμα αναφέρονται οι εφαρμογές στη χημεία (Lindsay et al., 1980), σε πολιτικές προσωπικού και σε νομικές εφαρμογές (Lynch & Rodgers), στη διαφήμιση, στην ιατρική (Kuhn et al., 1991), σε τραπεζικές εφαρμογές και εφαρμογές αγοράς (Liberatore, 1994), στην εκπαίδευση (Chan, 1995), στη διαχείριση κυκλοφορίας (Change, 1994), στις γεωεπιστήμες (Soh et al., 2004) κλπ.

Μια λέξη κλειδί στα έμπειρα συστήματα είναι η επίλυση (heuristic), που αναφέρεται σε έναν εμπειρικό κανόνα.

Ένα έμπειρο σύστημα διακρίνεται από τους παραδοσιακούς αλγόριθμους προγραμματισμού από τα παρακάτω 5 χαρακτηριστικά:

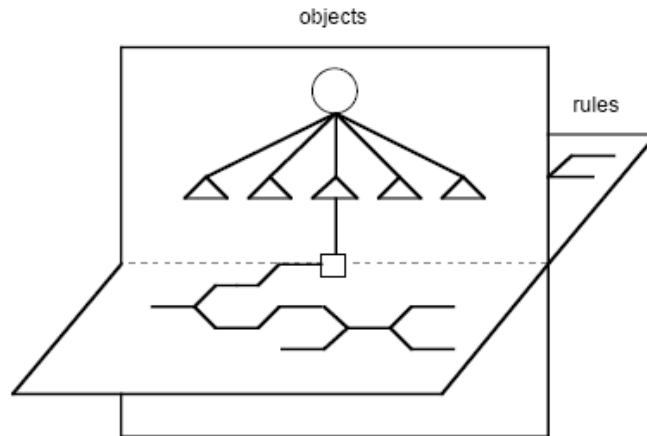
- Συμβολική συλλογιστική (symbolic reasoning) για την αναπαράσταση και τον επανασχεδιασμό της γνώσης.
- Γνώμη του ειδικού (expertise) που προσομοιάζει το υψηλό επίπεδο ικανότητας που συναντάται στην ανθρώπινη εξειδίκευση.
- Βάθος (depth) που παρέχει την δυνατότητα να εστιάζει στη διαχείριση σύνθετων κανόνων και πολύπλοκων προβλημάτων.
- Επεξηγηματική δύναμη (explanatory power) ή ίδια γνώση, η δυνατότητα να αποτιμάται ο συλλογισμός και να εξηγούνται τα συμπεράσματα στο χρήστη.

- Αρχιτεκτονική (architecture) αποτελούμενη από τη μηχανή της ανάλυσης, τη βάση γνώσης και τη διεπαφή με το χρήστη.

Η βάση γνώσης είναι η αποθήκη των κανόνων, γεγονότων και γνώσεων που απορρέουν από την ανθρώπινη εμπειρία. Η γνώση τυπικά αναπαρίσταται με τη μορφή IF ... THEN. Ο σχεδιασμός ξεκινάει με ένα γραφικό μοντέλο (όπως τα δέντρα απόφασης περιγράφουν τη διαδικασία λήψης απόφασης). Ένας κανόνας που καταλήγει σε ένα μόνο συμπέρασμα είναι ευκολότερο να διατυπωθεί απ' ό,τι ένας κανόνας που καταλήγει σε σύνθετο ή ασαφές συμπέρασμα. Ένας τρόπος για να υπερπηδηθεί το εμπόδιο της ασάφειας είναι να ορισθεί ένας παράγοντας εμπιστοσύνης (με την έννοια που έχει η τιμή πιθανότητας). Υπάρχουν δυο τύποι κανόνων *οι κανόνες ορισμού (definitional rules)* στους οποίους ο μηχανισμός ανάλυσης ορίζει μια σχέση μεταξύ των όρων και *οι εвриματικοί κανόνες (heuristics)* στους οποίους ο μηχανισμός ανάλυσης εμπεριέχει ένα ποσοστό ασάφειας.

Στη *χρησιμότητα* των εμπειρών συστημάτων συγκαταλέγονται η βελτίωση της παραγωγικότητας, η εκπαίδευση του προσωπικού, η διατήρηση σπάνιας εμπειρογνωμοσύνης, αναβάθμιση της απόδοσης ικανού και έμπειρου προσωπικού, βελτίωση λειτουργιών παραγωγής, σχετικά χαμηλού κόστους εμπειρογνωμοσύνη, αύξηση του προϊόντος, τυποποίηση σε προβλήματα που απαιτούν εμπειρογνώμονες, χρησιμοποίηση αβέβαιων και μη ολοκληρωμένων πληροφοριών, γενικά έξυπνη εργασία.

Στους *περιορισμούς* των εμπειρών συστημάτων συγκαταλέγεται κυρίως η αδυναμία τους να χρησιμοποιήσουν τη γνώση όπως ο άνθρωπος (προσαρμοστικότητα, κοινή λογική, βιώματα, περιβάλλον, μάθηση μέσω της εμπειρίας). Επίσης το ότι η απαραίτητη γνώση να μην είναι άμεσα διαθέσιμη, το κόστος να είναι μεγάλο ιδιαίτερα για τους ειδικούς των εμπειρών συστημάτων, το ότι οι ειδικοί δεν είναι πάντα διαθέσιμοι ή συνεργάσιμοι ή αδυνατούν να εξηγήσουν τη διαδικασία λήψης αποφάσεων, θεωρούνται από πολλούς ως απειλή της προόδου της σταδιοδρομίας.



Εικόνα 4.1. Αναπαράσταση της πραγματικότητας με αντικείμενα και κανόνες

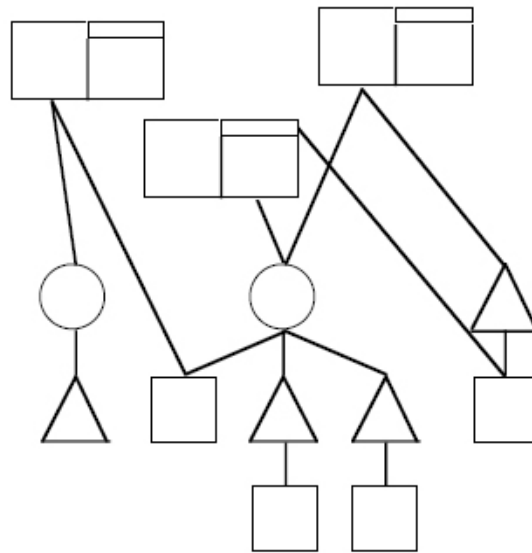
Υπάρχουν δυο τρόποι αναπαράστασης της πραγματικότητας στα έμπειρα συστήματα: τα αντικείμενα (*objects*) και οι κανόνες (*rules*). Ο σχεδιαστής της βάσης γνώσης περιγράφει την πραγματικότητα με φυσικά σύμβολα που καλούνται αντικείμενα, με γενικευμένα σύνολα από αντικείμενα που καλούνται κλάσεις, με τμήματα των αντικειμένων που καλούνται υπο-αντικείμενα, με ιδιότητες που περιγράφουν τα αντικείμενα και τις κλάσεις, και με «κόγχες» (*slots*) που είναι ειδικές ιδιότητες των αντικειμένων ή των κλάσεων. Οι κόγχες έχουν τιμές και γι' αυτό αποθηκεύουν πληροφορία, σε αντίθεση με τα αντικείμενα και τις κλάσεις στις οποίες δεν αποδίδονται τιμές. Τα δυο επίπεδα περιγραφής της πραγματικότητας τέμνονται με σημείο τομής τις ιδιότητές τους (εικόνα 4.1).

Οι βασικές δομές δεδομένων είναι:

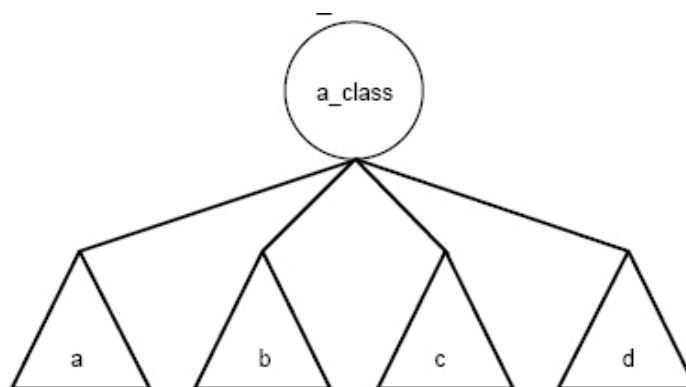
- *Αντικείμενο (object)* είναι η μικρότερη οντότητα σε ένα σύστημα γνώσης. Παριστάνει ένα πρόσωπο, έναν τόπο, μια ιδέα ή ένα πράγμα εντός της περιοχής της συγκεκριμένης εφαρμογής. Συμβολίζεται με τρίγωνο.
- *Κλάση (class)* είναι μια ομάδα αντικειμένων που έχουν κοινά χαρακτηριστικά ή ιδιότητες. Τα αντικείμενα μπορεί να ανήκουν σε διαφορετικές κλάσεις. Επειδή οι κλάσεις μπορούν να έχουν πολλά αντικείμενα, η σχέση είναι πολλά-προς-πολλά. Υποκλάση είναι μια κλάση που περιλαμβάνει υποομάδα αντικειμένων. Συμβολίζεται με κύκλο.
- Η *ιδιότητα (property)* περιγράφει το αντικείμενο ή την κλάση. Οι ιδιότητες μπορεί να είναι ακέραιοι, δεκαδικοί, λογικοί τελεστές, αλφαριθμητικές, ημερομηνία/ώρα. Συμβολίζεται με ορθογώνιο.

Οι εικόνες 4.2 και 4.3 δείχνουν παραστατικά τις σχέσεις μεταξύ κανόνων και αντικειμένων, καθώς και τη σύνδεση των κλάσεων με τα αντικείμενα.

Το πρώτο βήμα στην ανάπτυξη ενός εμπειρού συστήματος (εικόνα 4.4) είναι ο καθορισμός του συγκεκριμένου προβλήματος. Ενίοτε αυτό είναι φανερό, άλλες φορές απαιτείται η γνώμη ενός εμπειρογνώμονα για να καθορισθεί. Οι συνεντεύξεις, οι μελέτες επί του αντικειμένου, πηγές τεχνικών είναι επίσης εργαλεία για τον προσδιορισμό του προβλήματος και τη διαχείριση της γνώσης. Η διαχείριση της γνώσης επικαλύπτει τη γνώση των εμπειρογνομώνων και επιτρέπει την εξαγωγή συμπερασμάτων, την ανάλυση και την παρουσίαση της ανθρώπινης γνώσης. Συνήθως, ένα έμπειρο σύστημα αρχίζει με την ανάπτυξη ενός συστήματος μικρής κλίμακας – ενός πρωτοτύπου– το οποίο βασίζεται σε περιορισμένο μέγεθος γνώσης που αποκτάται από τον εμπειρογνώμονα κατά τα πρώτα στάδια των συνεντεύξεων.

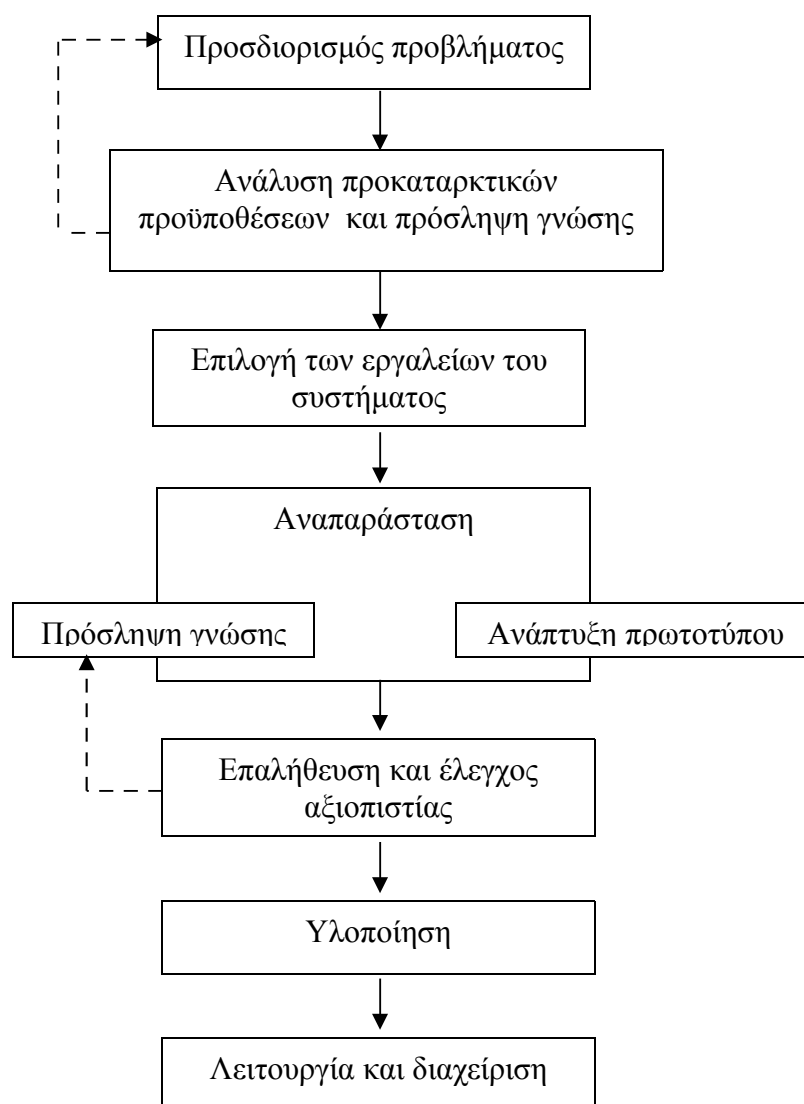


Εικόνα. 4.2. Σχέσεις μεταξύ κανόνων και αντικειμένων.



Εικόνα 4.3. Δομή κλάσεων/αντικειμένων

Μόλις η γνώση κατοχυρωθεί, το επόμενο βήμα είναι η αναπαράσταση της, η κωδικοποίησή της με τέτοιο τρόπο που το χρησιμοποιούμενο λογισμικό να μπορεί να την ανακαλεί όταν αυτό απαιτείται, για να καταλήγει στα συμπεράσματα. Η υλοποίηση είναι η διαδικασία της οργάνωσης της γνώσης και η ενσωμάτωσή της σε μια διαδικασία στρατηγικής (μηχανή εξαγωγής συμπερασμάτων) απαραίτητης για τον έλεγχο. Η επαλήθευση αποτελεί τη διαδικασία κατά την οποία το έμπειρο σύστημα αποδεικνύει πρακτικά ότι μπορεί να λειτουργήσει, ότι καταλήγει στα επιθυμητά συμπεράσματα για τα οποία έχει σχεδιαστεί. Ο έλεγχος της αξιοπιστίας ελέγχει επίσης την ορθότητα του συστήματος και ότι αυτό συναντά τις προβλέψεις του εμπειρογνώμονα.

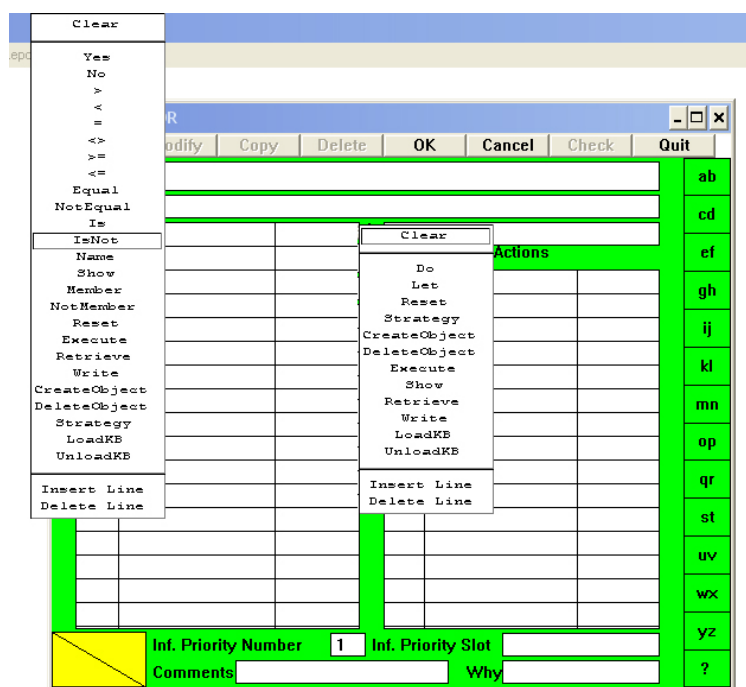


Εικόνα 4.4. Διάγραμμα ακολουθούμενης μεθοδολογίας για την ανάπτυξη του έμπειρου συστήματος (Awad, 1996).

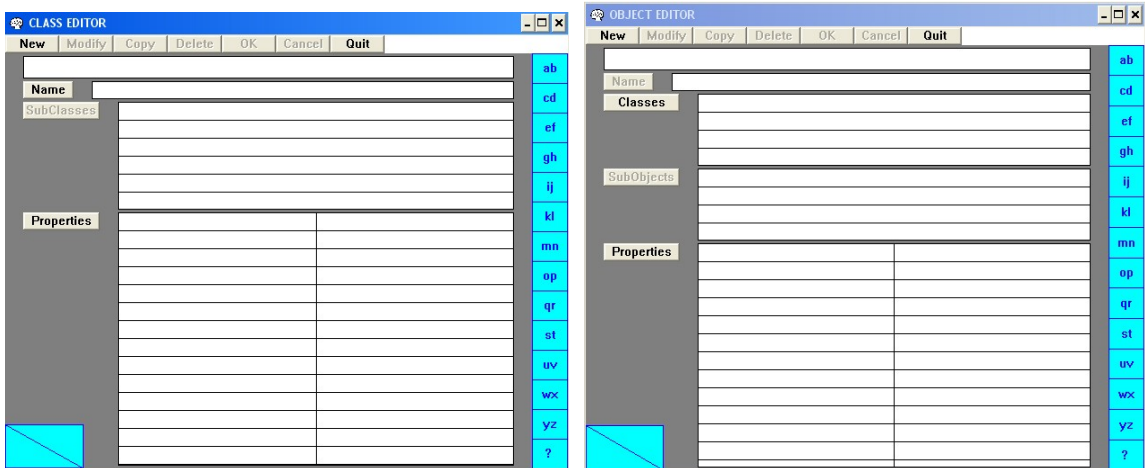
ή ακόμα και ενέργειες παρόμοιες με αυτές που γίνονται στη δεξιά πλευρά του παραθύρου (ASSIGN, CREATE OBJECT, SEND MESSAGE κλπ).

Οι ενέργειες που μπορούν να εκτελεστούν στο δεξιό τμήμα του παραθύρου περιλαμβάνουν την απόδοση τιμής σε αντικείμενο, την εμφάνιση μηνύματος για κάποια λειτουργία ή μέθοδο, το σχηματισμό ενός αντικειμένου και τη μεταβολή των κλάσεων των αντικειμένων.

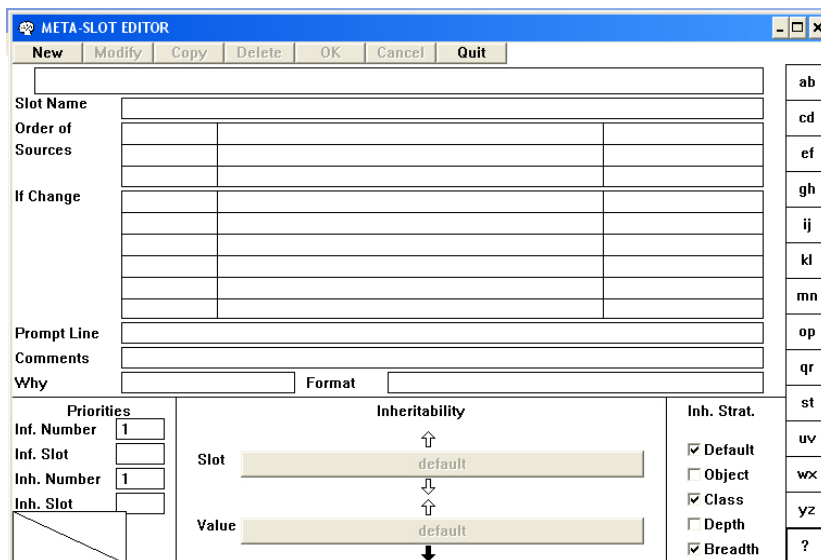
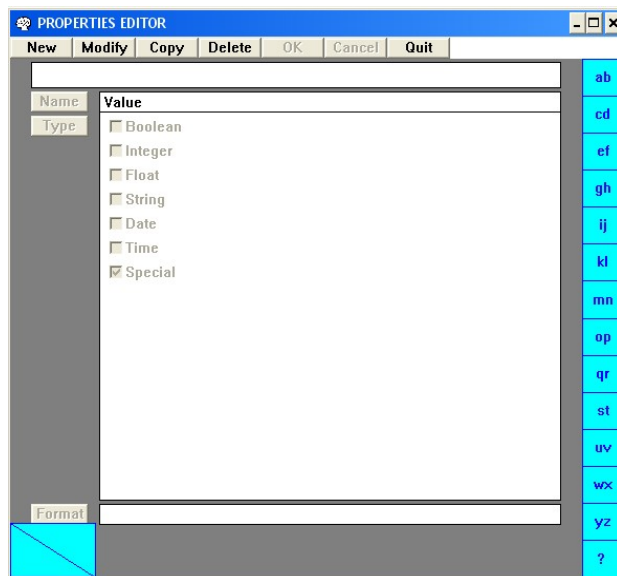
Για κάθε κλάση ή αντικείμενο υπάρχει ο αντίστοιχος επεξεργαστής (CLASS- και OBJECT-EDITOR; εικόνα 4.7), με τον οποίο υποστηρίζεται η δημιουργία τους, οι μεταξύ τους σχέσεις και ο καθορισμός των ιδιοτήτων τους. Ο επεξεργαστής των ιδιοτήτων (PROPERTY-EDITOR, εικόνα 4.8) λειτουργεί επικουρικά προς τους προηγούμενους επεξεργαστές και δίνει τη δυνατότητα για τον ορθό καθορισμό των ιδιοτήτων πριν από τη χρήση μιας κλάσης ή αντικειμένου στον RULE EDITOR. Οι τύποι των ιδιοτήτων που μπορούν να αποδοθούν είναι Boolean, Integer, Float, String, Date, Time ή Special.



Εικόνα 4.6. Δυνατότητες ελέγχων και ενεργειών που παρέχει ο Rule Editor



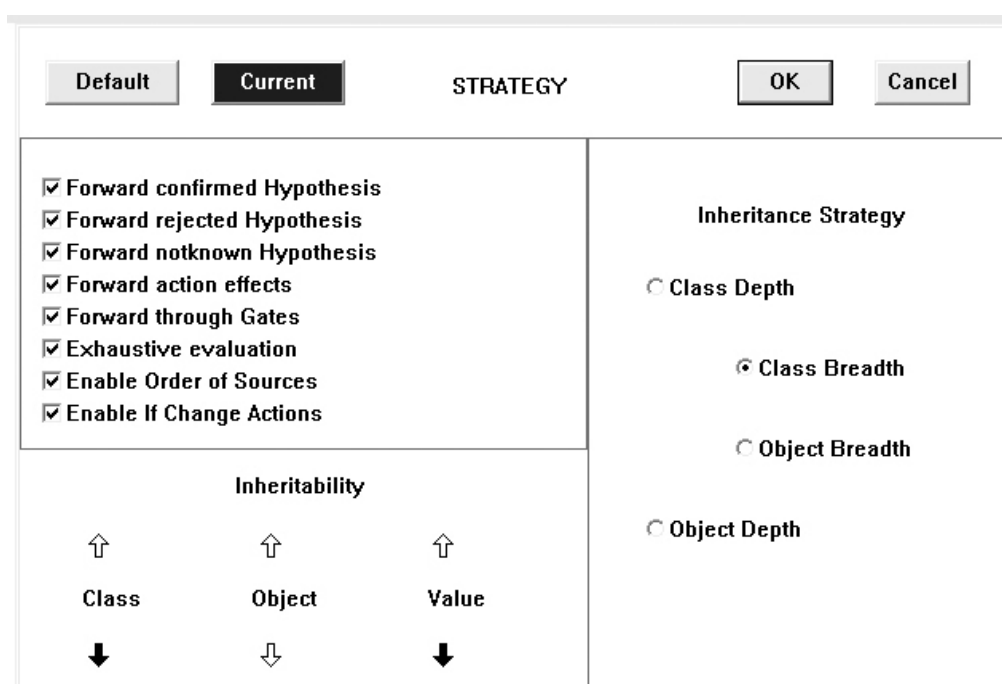
Εικόνα 4.7. Οι επεξεργαστές κλάσεων (CLASS EDITOR) και αντικειμένων (OBJECT EDITOR) επιτρέπουν τη δημιουργία, επεξεργασία και εμφάνιση μιας κλάσης ή ενός αντικειμένου καθώς και των συνδεδεμένων δομών τους.



Εικόνα 4.8. Επεξεργαστής ιδιοτήτων (PROPERTY EDITOR) και επεξεργαστής τιμών ιδιοτήτων (META-SLOT EDITOR).

Ο επεξεργαστής META-SLOT (Εικόνα 4.8) επιτρέπει στο χρήστη τη δημιουργία, τη μεταβολή και την εμφάνιση μιας ποικιλίας χαρακτηριστικών των ιδιοτήτων των κλάσεων και των αντικειμένων και που καλούνται slots. Τέτοιου είδους χαρακτηριστικά αναφέρονται στην κληρονομικότητα, την προτεραιότητα, τη στρατηγική, τις αρχικές τιμές και τη διακύμανσή τους κλπ.

Μια σημαντική δυνατότητα που παρέχει το λογισμικό NEXPERT είναι η στρατηγική (STRATEGY, Εικόνα 4.9), με την οποία ο χρήστης ορίζει τον τρόπο έρευνας των κανόνων από το σύστημα και τους κανόνες κληρονομικότητας. Η στρατηγική εκτελείται με δύο τρόπους: τον προκαθορισμένο από το σύστημα (default) και τον τρέχοντα (current). Στο παράθυρο της στρατηγικής, τα μαύρα βέλη δείχνουν την ενεργή επιλογή. Το προς τα πάνω βέλος δείχνει ότι η γονεϊκή κλάση ή το γονεϊκό αντικείμενο μπορούν να κληρονομήσουν από τα παιδιά τους. Το προς τα κάτω βέλος δείχνει ότι η γονεϊκή κλάση ή το γονεϊκό αντικείμενο κληρονομούν τις ιδιότητές τους στα παιδιά τους.



Εικόνα 4.9. Παράθυρο στρατηγικής, απ' όπου καθορίζεται η κληρονομικότητα και ο τρόπος έρευνας των κανόνων από το σύστημα.

Η στρατηγική κληρονομικότητας (inheritance strategy) καθορίζει προκαθορισμένα μονοπάτια που θα ακολουθήσει το σύστημα στην εξέταση των κανόνων. Υπάρχουν ως δυνατότητες εκκίνησης από την εξεταζόμενη κλάση ή αντικείμενο κατά πλάτος (breadth), ή κατά βάθος (depth). Οι δυνατότητες που υπάρχουν είναι:

α) *Forward Confirmed Hypothesis* (ON): Ο κανόνας του οποίου η υπόθεση θεωρείται TRUE, προωθεί τη διαδικασία προς ασθενώς συνδεδεμένες υποθέσεις μέσω του μηχανισμού των περιεχομένων.

β) *Forward Rejected Hypothesis* (OFF): Ο κανόνας του οποίου η υπόθεση θεωρείται FALSE, προωθεί τη διαδικασία προς ασθενώς συνδεδεμένες υποθέσεις μέσω του μηχανισμού των περιεχομένων.

γ) *Forward Notknown Hypothesis* (OFF): Ο κανόνας του οποίου η υπόθεση θεωρείται NOTKNOWN, προωθεί τη διαδικασία προς ασθενώς συνδεδεμένες υποθέσεις μέσω του μηχανισμού των περιεχομένων.

δ) *Forward Action Effects* (ON): Ενεργοποιεί τη στρατηγική για όλο το σύστημα.

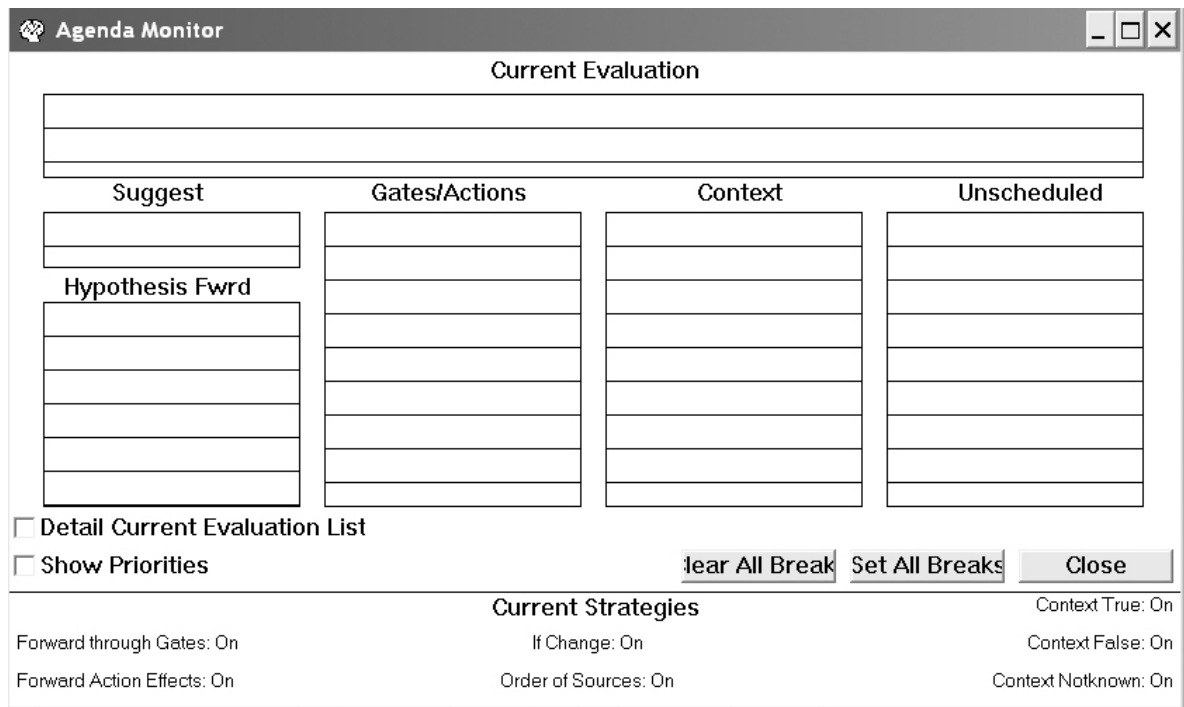
ε) *Forward Through Gates* (ON): Ο κανόνας του οποίου τα δεδομένα κάνουν τις LHS συνθήκες κάποιου άλλου κανόνα να είναι TRUE, προωθούν τη διαδικασία σε αυτόν τον κανόνα μέσω του μηχανισμού των gates.

στ) *Exhaustive evaluation* (ON): Όλοι οι κανόνες που οδηγούν προς μια υπόθεση εκτελούνται, ακόμα και αν η υπόθεση αυτή έχει προκύψει ως TRUE από έναν προηγούμενο κανόνα.

ζ) *Enable Order of Sources* (ON): Η μεθοδολογία αυτή της στρατηγικής καθορίζει τη διαδικασία που θα ακολουθηθεί για την απόδοση τιμής σε μια ιδιότητα, όποτε χρειάζεται κατά την ανάλυση.

η) *Enable If Change Actions* (ON): Η μεθοδολογία αυτή της στρατηγικής καθορίζει τις ενέργειες που θα γίνουν στην περίπτωση που η τιμή μιας ιδιότητας αλλάξει.

Η όλη διαδικασία ροής παρακολουθείται από το παράθυρο *Agenda Monitor* (εικόνα 4.10), το οποίο για λόγω αυτού είναι πολύ σημαντικό και συμπληρώνει το παραθυρικό περιβάλλον του NEXPERT (Rule Network, object network, transcript, current rule, current hypothesis κλπ).



Εικόνα 4.10. Το παράθυρο Agenda Monitor όπου καταγράφονται λεπτομέρειες της όλης διαδικασίας (χρησιμοποιούμενες στρατηγικές κατά περίπτωση, σφάλματα και πηγές τους, σειρά εκτέλεσης υποθέσεων κλπ).

4.3 Μακροσεισμικές παρατηρήσεις στα πλαίσια ενός έμπειρου συστήματος

Η επεξεργασία των μακροσεισμικών δεδομένων βασίζεται σχεδόν αποκλειστικά στην ανθρώπινη επιστημονική εμπειρία και στην προσωπική εκτίμηση του αναλυτή και αυτό έχει επίπτωση στην απόδοση τιμής στη μακροσεισμική ένταση. Για να υπολογιστεί η ένταση με περισσότερο ομοιογενή και αξιόπιστο τρόπο, διάφοροι ερευνητές (πχ Gasparini et al. 1989; Shapira, 1988; Zsiros et al., 1990) χρησιμοποίησαν προγράμματα Η.Υ. Οι αλγόριθμοί τους βασίστηκαν σε cluster analysis ή σε function of criterion με χρήση των απαντήσεων των μακροσεισμικών ερωτηματολογίων. Οι προσπάθειες αυτές μειονεκτούν στο ότι ο αριθμός των απαντήσεων έχει επίπτωση στην τιμή της έντασης και στο ότι οι ερευνητές δεν τεκμηριώνουν τα συμπεράσματά τους. Περισσότερο τεκμηριωμένη προσπάθεια έγινε από τους Barbano & Salemi (1990, εικόνα 4.11), οι οποίοι χρησιμοποίησαν ένα Ε.Σ. στο οποίο χρησιμοποιούνται "βάρη", ώστε να αντιμετωπίσουν την πιθανότητα ελλιπών δεδομένων. Τα βάρη αυτά αναφέρονται εκτός από την ποσότητα

και στην ποιότητα των δεδομένων έτσι ώστε το ΕΣ να εξάγει αποτελέσματα που συνδυάζονται με έναν βαθμό αξιοπιστίας.

Ένα ΕΣ για την εκτίμηση της μακροσεισμικής έντασης είναι ένα πρόγραμμα τεχνητής νοημοσύνης που επιτρέπει σε έναν χρήστη να επικοινωνήσει διαδραστικά με έναν ΗΥ στη θέση ενός έμπειρου επιστήμονα. Τα δυο βασικά στοιχεία ενός ΕΣ είναι η βάση γνώσης (knowledge base) και η μηχανή λογικής ανάλυσης (inference engine). Η μηχανή ανάλυσης με τη διαδικασία λογικού συλλογισμού δίνει τη δυνατότητα στο ΕΣ να βρει λύσεις και να τεκμηριώσει τα αποτελέσματα.

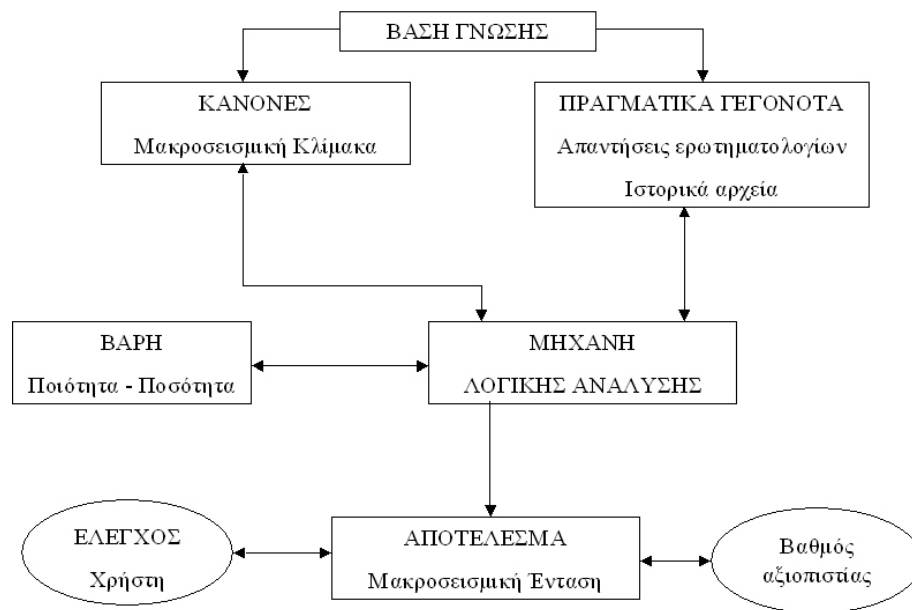
Στην περίπτωση των μακροσεισμικών παρατηρήσεων (εικόνα 4.11) οι **κανόνες** (rules) και τα **πραγματικά γεγονότα** (facts) είναι αντίστοιχα οι μακροσεισμικές κλίμακες (MSK, MM, EMS98) και τα απαντημένα ερωτηματολόγια (ή οι περιγραφές από ιστορικά αρχεία).

Με βάση τις φάσεις ανάπτυξης ενός έμπειρου συστήματος, όπως περιγράφονται στο διάγραμμα της εικόνας 4.4, τα βήματα για το συγκεκριμένο πρόβλημα έχουν ως εξής:

A) Προσδιορισμός του προβλήματος – Πρόσληψη γνώσης – Επιλογή των εργαλείων του συστήματος. Θα χρησιμοποιηθεί το υλικό των μακροσεισμικών παρατηρήσεων που συγκεντρώνεται από το Γ.Ι., και η βάση δεδομένων μακροσεισμικών παρατηρήσεων που έχει αναπτυχθεί, ώστε να οργανωθεί η βάση γνώσης, ο πυρήνας του έμπειρου συστήματος, λαμβάνοντας υπόψη τις απαντήσεις στις διάφορα ερωτήματα ή/και αντικρουόμενες απαντήσεις, λέξεις κλειδιά κλπ.

B) Ανάπτυξη πρωτοτύπου – Επαλήθευση και έλεγχος αξιοπιστίας στα πλαίσια της διαδικασίας βαθμολόγησης του ερωτηματολογίου μακροσεισμικών παρατηρήσεων. Με βάση τη βάση γνώσης θα διατυπωθούν κανόνες για την απόδοση τιμής μακροσεισμικής έντασης σε κάθε μακροσεισμικών παρατηρήσεων, ώστε η διαδικασία αυτή στο Γ.Ι. να είναι ανεξάρτητη από τον επιστήμονα που την εκτελεί και συγχρόνως να περιληφθούν οι έννοιες της ομογενοποίησης και αντικειμενικότητας.

Γ) Ανάπτυξη πρωτοτύπου – Επαλήθευση και έλεγχος αξιοπιστίας στα πλαίσια της διαδικασίας περιγραφής των μακροσεισμικών παρατηρήσεων. Θα αναπτυχθούν κανόνες ακριβούς περιγραφής των μακροσεισμικών παρατηρήσεων για τις επιπτώσεις των σεισμών σε ανθρώπους, αντικείμενα, κατασκευές και περιβάλλον με σκοπό την καθοδήγηση του παρατηρητή που απαντά στο ερωτηματολόγιο μακροσεισμικών παρατηρήσεων.



Εικόνα 4.11. Σχηματική παράσταση των μακροσεισμικών παρατηρήσεων στα πλαίσια ενός εμπείρου συστήματος (Barbano & Salemi, 1990).

Δ) *Ανάπτυξη περισσότερο εξειδικευμένων κανόνων.* Εξέλιξη του έμπειρου συστήματος σε βάθος με περισσότερο πολύπλοκους κανόνες (ανάπτυξη κανόνων ακόμα και για επεξεργασία ελεύθερου κειμένου με βάση λέξεις κλειδιά).

Ε) *Πρακτική εφαρμογή του έμπειρου συστήματος - Εφαρμογή EMS-98.* Το έμπειρο σύστημα μπορεί να εφαρμοστεί και να δοκιμαστεί στην πράξη με συγκεκριμένους σεισμούς και με τη βοήθεια προσωπικού από την τοπική αυτοδιοίκηση, το οποίο συμμετέχει στη συλλογή του μακροσεισμικού υλικού. Το έμπειρο σύστημα θα ενσωματωθεί σε επόμενη φάση στην ιστοσελίδα του Γ.Ι., ενώ, επειδή θα βασιστεί στην Ευρωπαϊκή Μακροσεισμική Κλίμακα (EMS-98), θα αποτελέσει την ευκαιρία εφαρμογής της κλίμακας και στην Ελλάδα.

Το έμπειρο σύστημα είναι δυνατόν να ακολουθήσει την παραπάνω γενική διαδικασία δύο φορές: Μια για τη διαδικασία συλλογής των μακροσεισμικών παρατηρήσεων στο ύπαιθρο, καθοδηγώντας τον παρατηρητή σε εύκολο και σωστό τρόπο συμπλήρωσης του μακροσεισμικού ερωτηματολογίου, σύμφωνα με την Ευρωπαϊκή Μακροσεισμική Κλίμακα (EMS-98), και μια. για τη διαδικασία επεξεργασίας και βαθμολόγησης του ερωτηματολογίου, διαδικασία που καταλήγει στην απόδοση τιμής μακροσεισμικής έντασης σε συγκεκριμένο τόπο και για συγκεκριμένο σεισμό. Ωστόσο, είναι δυνατόν να δημιουργηθούν δύο αντίστοιχες νησίδες γνώσης (knowledge islands) εντός του ίδιου έμπειρου συστήματος.

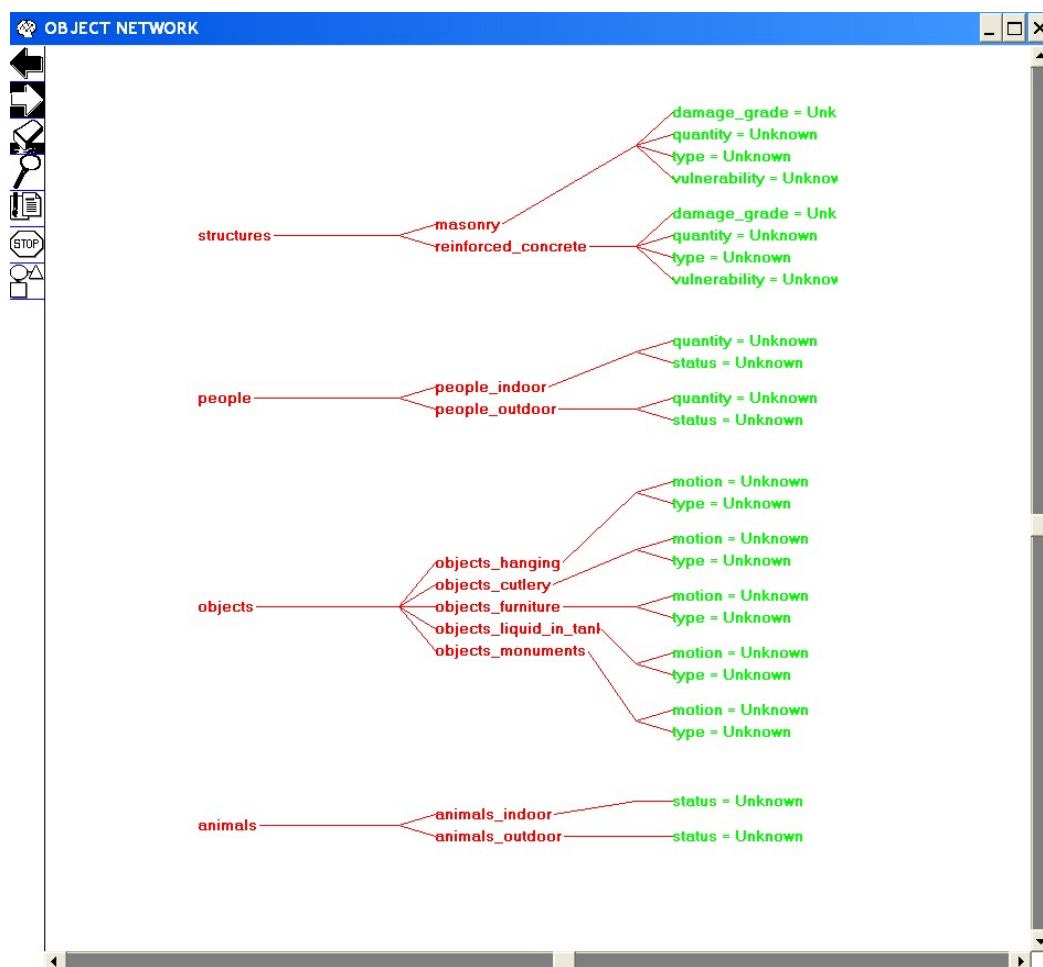
Με βάση τις παραπάνω γενικές περιγραφές εννοιών, ο Πίνακας VI παρέχει μια πρώτη κατάταξη σε κλάσεις, υποκλάσεις, αντικείμενα και ιδιότητες με παραδείγματα πιθανών τιμών σε αυτές τις ιδιότητες. Έτσι διακρίνουμε τις κλάσεις των παρατηρήσεων (observations), των ανθρώπων (people), των αντικειμένων (objects) του περιβάλλοντος (environment) και των κατασκευών (structures) ανάλογα με τις παρατηρήσεις και τις συνέπειες των σεισμών επ' αυτών. Η εικόνα 4.12 παρουσιάζει τμήμα των κλάσεων αυτών εντός του έμπειρου συστήματος.

Πίνακας VI. Προκαταρκτική κατάταξη των εννοιών του εμπείρου συστήματος σε κλάσεις, υποκλάσεις, αντικείμενα και ιδιότητες με πιθανές τιμές (slots).

CLASS	SUBCLASS	PROPERTY	SLOT
observation	feeling	answer	yes, no
	effect	answer	yes, no
	damage	answer	yes, no
people	People_indoor	quantity	Few (<20), Many (>=20 and <=60), Most (>60)
	People_indoor	status	awakened, frightened
	People_outdoor	quantity	Few (<20), Many (>=20 and <=60), Most (>60)
	People_outdoor	status	awakened, frightened
animals	animals_indoor	status	unease, frightened
	animals_outdoor	status	unease, frightened
	animals_farm	status	unease, frightened
objects	objects_hanging	motion	slight_motion, considerable motion
	objects_cutlery	type	china
	objects_furniture		
	objects_liquid_in_tanks		Rattle, crack, fall_down, shifted
	objects_monuments		heavy_furniture, windows-doors, window glasses
			overleake
			Monuments, tombstones, rotate
environment	ground	type	fissures
	water	water_level	landslide
	sea	Springs flow	change
			change flow
			waves
structure	masonry	quantity	Few, many, most
	reinforced_concrete	type	Stone, unreinforced, according ERD, ...
	steel	vulnerability	A,B,C,D,E
	wood	grade_damage	1,2,3,4,5

Στην εικόνα 4.13 φαίνεται μια αρχική διαμόρφωση απλών κανόνων που αφορούν την ποσότητα (quantity) των ανθρώπων στο εσωτερικό ή στο εξωτερικό των σπιτιών (people_indoor, people_outdoor) οι οποίοι αισθανθήκαν ή όχι το σεισμό.

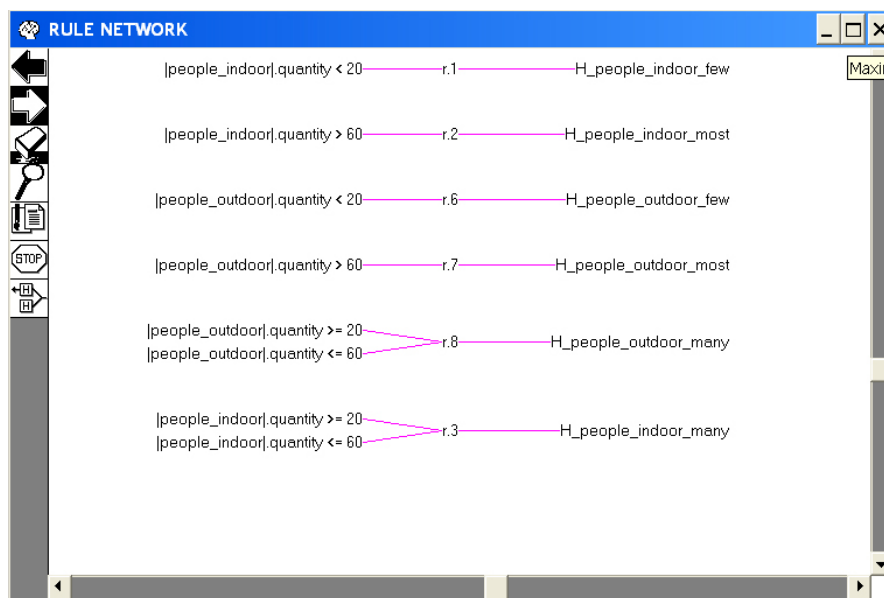
Στην εικόνα 4.14 φαίνεται μια δοκιμή αυτών των απλών κανόνων εντός του έμπειρου συστήματος. Με επιλογή μιας τιμής (πχ το 15% των ανθρώπων στο εσωτερικό των σπιτιών αισθάνθηκε το σεισμό) επιβεβαιώνεται ως ορθός ο κανόνας r.1, ότι δηλαδή λίγοι στο εσωτερικό των σπιτιών αισθάνθηκαν το σεισμό, και ως εσφαλμένοι οι κανόνες r.2 και r.3. Οι παραπάνω απλοί κανόνες είναι υποβοηθητικοί για τον χρήστη που απαντάει στα ερωτηματολόγια, ώστε γνωρίζοντας αριθμητικά την ποσότητα των ανθρώπων που αισθάνθηκαν το σεισμό να επιλέξει την ορθή απάντηση – λίγοι – μεταξύ των πιθανών απαντήσεων “λίγοι”, “πολλοί”, “πλείστοι”.



Εικόνα.4.12. Τμήμα από τον κατάλογο κλάσεων και ιδιοτήτων εντός του εμπειρού συστήματος με βάση τον Πίνακα IV

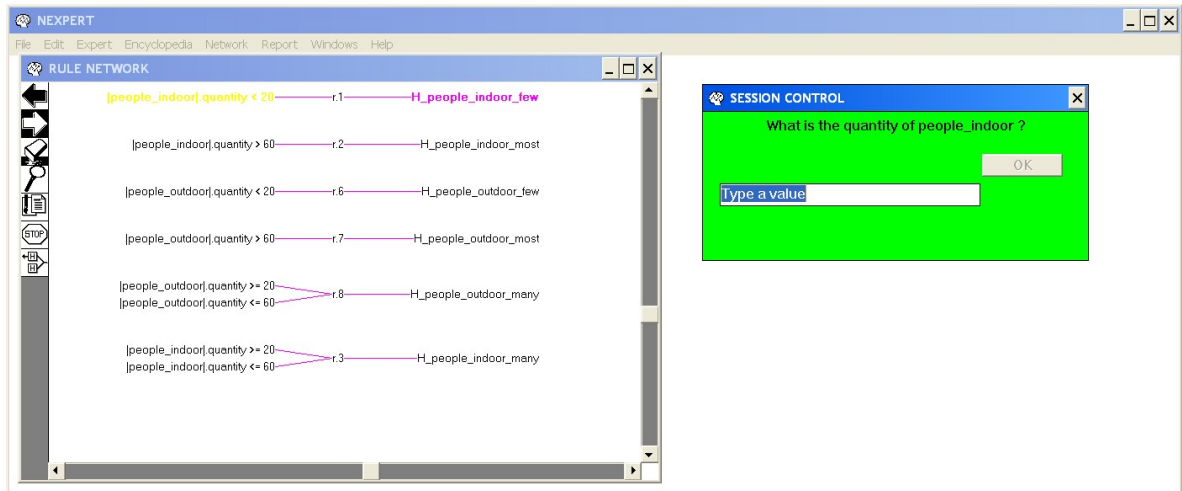
Επεκτείνοντας το έμπειρο σύστημα με την περιγραφή των τιμών έντασης με βάση τις περιγραφές του Πίνακα I, παρατηρούμε (εικόνα 4.15) ότι θέτοντας ότι ο σεισμός έγινε αισθητός (|feeling|.answer is “yes”), από ανθρώπους ευρισκόμενους σε ησυχία στο

εσωτερικό των σπιτιών (`|people_indoor|.status is "resting"`), σε μικρό ποσοστό (`|people_indoor|.quantity = 1%`), ενώ δεν παρατηρήθηκαν ζημιές ή άλλα φαινόμενα (`|effect|.answer is "no"` και `|damage|.answer is "no"`), ο κανόνας r.2 αποδεικνύεται αληθής, ενώ σε άλλα σημεία του έμπειρου συστήματος οι υποθέσεις αποδεικνύονται λανθασμένες ως αντικρουόμενες με τις απαντήσεις και τις τιμές που δόθηκαν προηγουμένως. Π.χ. εάν ο σεισμός έγινε αισθητός (`|feeling|.answer is "yes"`), δεν είναι δυνατόν να αποδεικνύεται αληθής η `|feeling|.answer is "no"` και άρα η υπόθεση $H_{intensity_I}$, ότι δηλαδή η ένταση είναι I (σεισμός μη αισθητός καταγραφόμενος μόνο από σειсмоγραφικά όργανα).

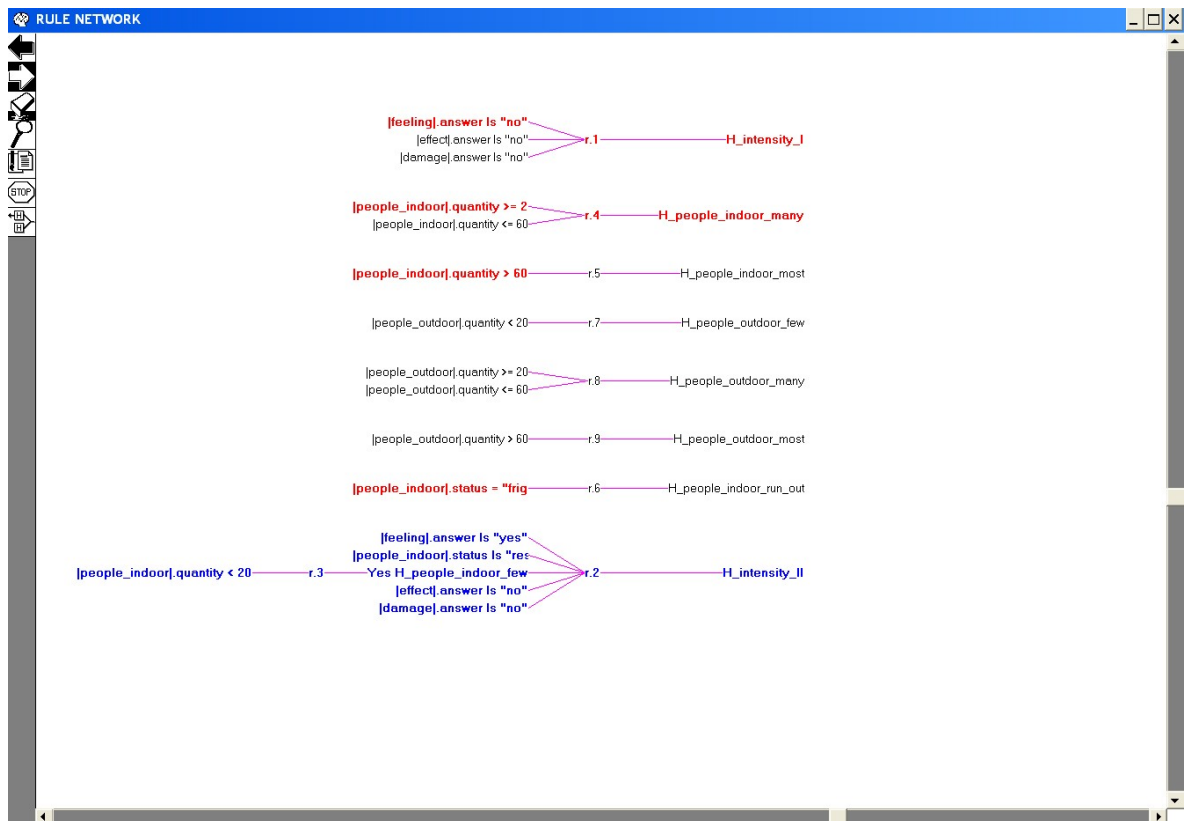


Εικόνα.4.13. Διαμόρφωση απλών κανόνων που ορίζουν την ποσότητα των ανθρώπων ακολουθώντας την περιγραφή της κλίμακας EMS-98 και την εικόνα 4.12.

Με το πραγματικό απαντημένο ερωτηματολόγιο της εικόνας 4.16, το οποίο αφορά το Δήμο Λάρισας και το σεισμό των Κυθήρων της 8 Ιανουαρίου 2006, διενεργούμε μια δοκιμή του έμπειρου συστήματος, έτσι όπως έχει διαμορφωθεί μέχρι τώρα. Σύμφωνα με το απαντημένο ερωτηματολόγιο, ο σεισμός έγινε αισθητός, από κάποια άτομα σε συνθήκες ανάπαυσης στους ανώτερους ορόφους, συγχρόνως δε δεν ξύπνησε ή δεν τρόμαξε κανείς από το σεισμό. Επίσης παρατηρήθηκε ελαφριά δόνηση των λαμπτήρων, ενώ δεν καταγράφηκαν βλάβες σε κτίρια. Το ερωτηματολόγιο αυτό αξιολογούμενο από έμπειρο αναλυτή (Κουρουζίδης, προσ. συνομιλία, 2006) δίνει μια μακροσεισμική ένταση ΙΙΙ με βασικά χαρακτηριστικά την αισθητότητα από λίγους σε κατάσταση ηρεμίας και την ελαφριά αιώρηση των λαμπτήρων.



Εικόνα 4.14. Δοκιμή των απλών κανόνων της εικόνας 4.13.



Εικόνα 4.15. Εμπλουτισμός του έμπειρου συστήματος με κανόνες που αφορούν τιμές μακροσεισμικής έντασης και δοκιμή αυτών.

Η εκκίνηση της διαδικασίας (εικόνα 4.17α και 4.17β) γίνεται από την «εθελοντική» (volunteer) επιλογή τιμής “yes” στην κλάση “feeling” (δηλαδή ο σεισμός έγινε αισθητός). Ακολουθεί (εικόνα 4.17γ) η επιλογή της απάντησης “resting” (σε ησυχία) για την κατάσταση που βρίσκονται οι άνθρωποι που αισθάνθηκαν το σεισμό στο εσωτερικό των σπιτιών. Παρατηρείται ενεργοποίηση των H_intensity_II και H_intensity_III δεδομένου ότι οι προηγούμενες επιλογές χαρακτηρίζουν και τις δυο τιμές έντασης. Ακολουθεί (εικόνα 4.17δ) η επιλογή μιας τιμής για το πόσοι κατάλαβαν το σεισμό στο εσωτερικό των σπιτιών ([people_indoor].quantity) και επειδή στο απαντημένο ερωτηματολόγιο αναφέρεται «λίγους», με βάση την εικόνα 2.3 γράφουμε μια τιμή μικρότερη του 20 (πχ 10). Στο επόμενο βήμα (εικόνα 4.17ε) επιλέγουμε “yes” στο αν παρατηρήθηκαν συνέπειες δεδομένου ότι παρατηρήθηκε ελαφριά δόνηση λαμπτήρων. Αυτή ακριβώς η θετική απάντηση διαχωρίζει την ένταση II από την ένταση III. Με τα επόμενα βήματα (εικόνες 4.17στ, 4.17ζ, 4.17η) τελειώνει η διαδικασία και το σύστημα θεωρεί ότι H_intensity_III είναι ορθή και H_intensity_II εσφαλμένη.

Προχωρώντας προς την ανάπτυξη του έμπειρου συστήματος προς την επόμενη τιμή μακροσεισμικής έντασης (IV) και ξεκινώντας από την πρώτη απλή απάντηση ενός

ερωτηματολογίου – αν ο σεισμός έγινε αισθητός ή όχι – (εικόνα 4.18α), παρατηρούμε την ροή στις ερωτήσεις και απαντήσεις του εμπείρου συστήματος και την κατάληξη σε λανθασμένη ή ορθή απόδοση μακροσεισμικής έντασης. Για παράδειγμα αν στην ερώτηση “What is the status of people_indoor” δώσουμε την απάντηση “awakened, not frightened” (δ), τότε το σύστημα προχωρά προς τις επόμενες ερωτήσεις που περιγράφουν την ένταση IV (εικόνες 4.18ε, 4.18στ).

Εάν στο ερώτημα “What is the effect_answer” απαντήσουμε “no” (εικόνα 4.19), τότε το σύστημα ολοκληρώνει τη ροή καταλήγοντας ότι με βάση αυτή την απάντηση και σε συνδυασμό με τις προηγούμενες (πολλοί άνθρωποι στο εσωτερικό των σπιτιών και λίγοι στο εξωτερικό έχουν καταλάβει το σεισμό) η ένταση IV δεν είναι η ορθή. Δηλαδή ο συγκεκριμένος σεισμός στη συγκεκριμένη θέση θα είχε ένταση IV αν συγχρόνως με την αισθητότητά του από τους ανθρώπους προκαλούσε και συνέπειες στα αντικείμενα (αιώρηση λαμπτήρων, τρίξιμο πιατικών, μικρές μετακινήσεις ελαφρών αντικειμένων). Η συγκεκριμένη περιγραφή αποτελεί και έναν έλεγχο της αξιοπιστίας των απαντήσεων του χρήστη – παρατηρητή. Ωστόσο εδώ γίνεται φανερό η δυνατότητα χρήσης βαρών στις διάφορες απαντήσεις, δηλαδή ποια από τις απαντήσεις χαρακτηρίζει περισσότερο την κάθε τιμή έντασης, καθώς και τον ορισμό αυτής της τιμής με βαθμό αξιοπιστίας (η ένταση στη συγκεκριμένη θέση είναι IV με αξιοπιστία 80% ή με αξιοπιστία 40%).

Σεισμολογικό Δελτίο

Αρ. Δελτίου 156

Αφορά το συγκεκριμένο Δημοτικό Διαμέρισμα και μόνο
(Τα στοιχεία του ερωτηματολογίου αυτού θα χρησιμοποιηθούν αποκλειστικά για επιστημονικούς σκοπούς)
Σημειώνετε X στο αντίστοιχο τετράγωνο

Στοιχεία αυτού που συμπληρώνει το ερωτηματολόγιο (για πιθανές διευκρινήσεις):

Αστεροσκοπείο Λάρισας - Γιάννουλη Λάρισας Τ.Κ. 415 00 Λάρισα
Όνοματεπώνυμο **Νικόλαος Στωϊκίδης** Ιδιότητα **Διευθυντής**

Τηλέφωνο **2410 591000** e-mail **larobs@otenet.gr**

Ο σεισμός έγινε αισθητός: Ναι Όχι (εάν επιλέξετε "όχι" μη συνεχίσετε τη συμπλήρωση του ερωτηματολογίου)

Α) ΓΕΝΙΚΕΣ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ

1. Δόνηση αισθητή μόνο από κάποια άτομα σε συνθήκες ανάπαυσης σε υψηλούς ορόφους:
2. Δόνηση αισθητή από λίγους που δεν την κατάλαβαν ως σεισμό:
3. Δόνηση αισθητή σε κλειστούς χώρους (σπίτια, κινηματογράφους, εκκλησίες κλπ) από: Λίγους Πολλούς Όλους
4. Δόνηση αισθητή σε ανοιχτούς χώρους (πλατείες, δρόμους, ύπαιθρο κλπ) από: Λίγους Πολλούς Όλους
5. Ο σεισμός ξύπνησε: Κανέναν Λίγους Πολλούς Όλους
6. Ο σεισμός τρόμαξε: Κανέναν Λίγους Πολλούς Όλους
7. Ο σεισμός έγινε αισθητός σε πολλές φάσεις (γύρους), πόσες; Διάρκεια της δόνησης σε δευτερόλεπτα
8. Τι χαρακτήρα είχε η δόνηση; Ήταν κυρίως: κυματοειδής Με απότομα τινάγματα
9. Ποια υπήρξε περίπου η αρχική διεύθυνση της δόνησης;

Β) ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ ΣΕ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΑ

1. Η δόνηση προκάλεσε γλίστρημα (διαταραχή) στην οδήγηση αυτοκινήτων:
2. Στους χαμηλούς ορόφους των κατοικιών οι λαμπτήρες αιωρήθηκαν: Ελαφρά Αισθητά Εντονα
3. Ελαφριά ταλάντωση (κλυδωνισμός): Πορτών Παραθύρων Επίπλων
4. Ελαφρύ τρίξιμο: Καρεκλών Κρεβατιών Μόνο επίπλων στο β' όροφο Σε όλους τους ορόφους
5. Κυματισμός υγρών σε δοχεία Μικρή έκχυση Σχεδίσισμα
6. Τρίξιμο (κουνούτσισμα) τζαμιών παραθύρων, επίπλων ή ποτηριών και πιάτων: Μόνο σε υψηλούς ορόφους Σε όλους τους ορόφους
7. Τρίξιμο επίπλων ή/και δοκαριών και σανιδιών σε δώματα:
8. Κρεμασμένα κάδρα: Μετακινήθηκαν και βρόντηξαν πάνω στους τοίχους Έπεσαν
9. Χτύπημα ή άνοιγμα πορτών, παραθύρων, παντζουριών:
10. Χτύπησαν (ήχησαν): Μικρές καμπάνες Καμπάνες σε καμπαναριά
11. Εμφαιώθηκε μετακίνηση σε: διακοσμητικά σε έπιπλα (μπιμπελό) Πιάτα, ποτήρια, βιβλία Αντικείμενα σταθερά και βαριά
Ελαφριά έπιπλα Βαριά έπιπλα
12. Εμφαιώθηκε πτώση σε: διακοσμητικά σε έπιπλα (μπιμπελό) Πιάτα, ποτήρια, βιβλία Αντικείμενα σταθερά και βαριά
Ελαφριά έπιπλα Βαριά έπιπλα

Γ) ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ ΣΕ ΚΤΙΡΙΑ ΚΑΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ

1) ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ ΥΠΟΒΑΘΜΙΣΜΕΝΕΣ (ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ ΜΕ ΠΕΤΡΕΣ ΜΗ ΛΑΞΕΜΕΝΕΣ, ΜΕ ΠΤΟΧΟ ΛΕΒΕΣΤΟΚΟΝΙΑΜΑ):

1. Πτώση μικρών κομματιών ασβεστοκονιάματος, με μικρές ραγμές στο σοβά σε λίγα σπίτια:
2. Μικρές βλάβες σε πολλά σπίτια: Πτώση σοβάδων Γλίστρημα κεραμιδιών Ραγμές σε καμινάδες
3. Κάποιες πλευρικές καταρρεύσεις: ξεκόλλημα τοίχων Ευρείες ραγμές σε τοίχους
4. Πολλές καταρρεύσεις τοίχων και λίγες ολικές καταρρεύσεις:
5. Ολική κατάρρευση του 50% των οικημάτων Ολική κατάρρευση του 75% των οικημάτων

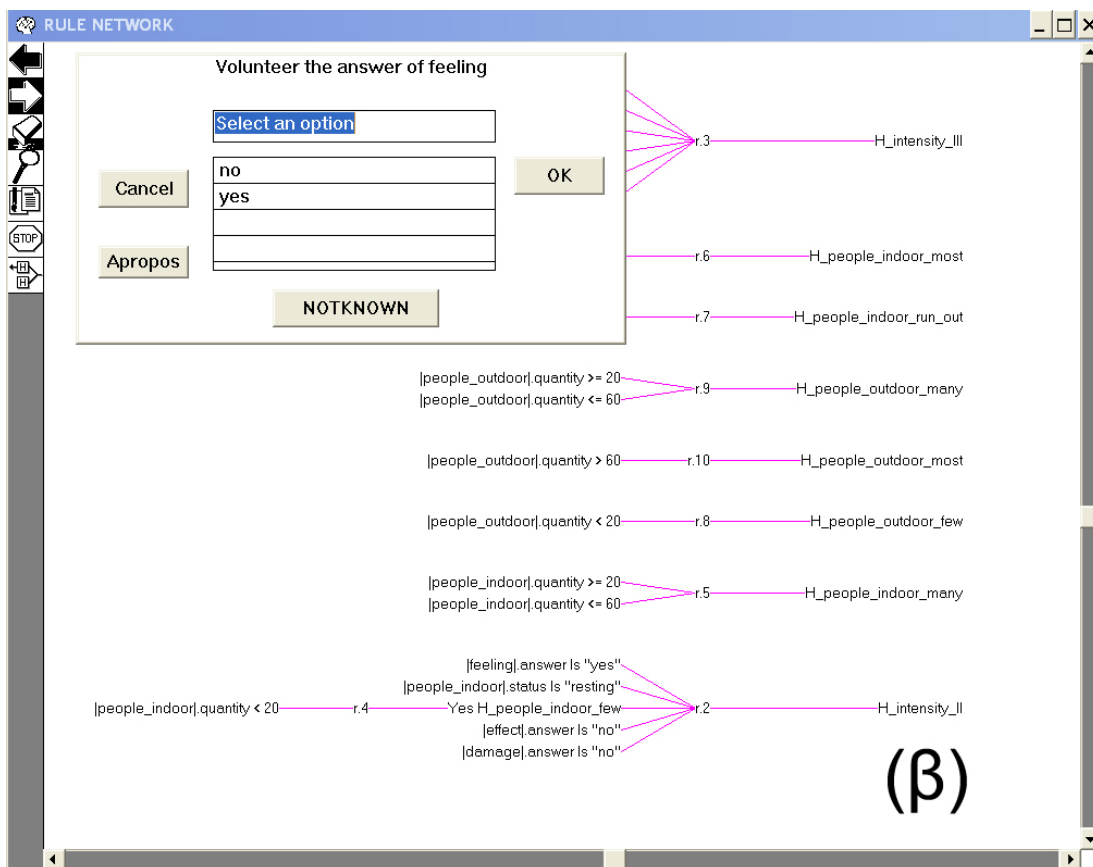
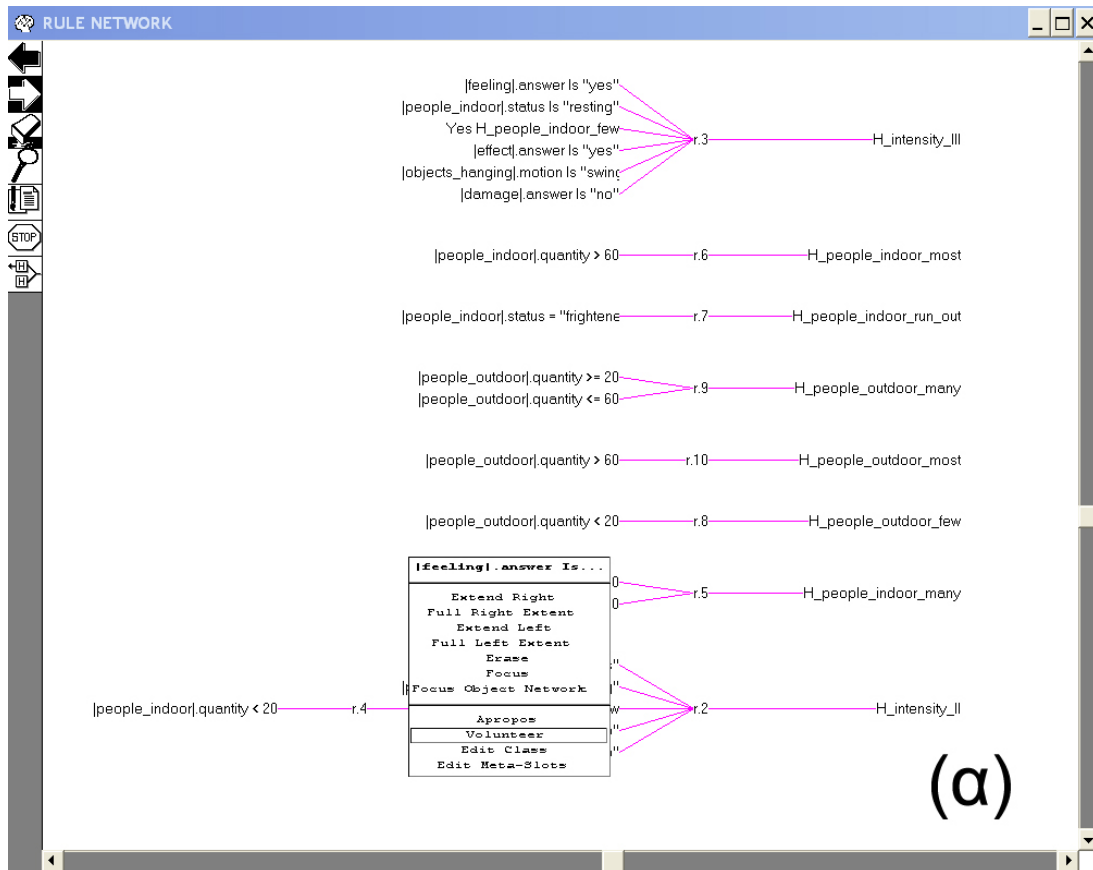
2) ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ ΚΑΛΕΣ ΚΑΙ ΜΕΤΡΙΕΣ (ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ ΜΕ ΠΕΤΡΕΣ ΛΑΞΕΜΕΝΕΣ Η ΤΟΥΒΛΑ, ΜΕ ΚΑΛΟ ΛΕΒΕΣΤΟΚΟΝΙΑΜΑ, ΔΩΜΑΤΑ ΜΕ ΣΙΔΕΡΕΝΙΑ Η ΣΥΛΙΝΑ ΔΟΚΑΡΙΑ, ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ ΜΕ ΠΕΡΙΤΟΙΧΙΣΗ, ΠΕΖΟΔΡΟΜΗΣΗ, ΚΑΛΟΔΟΜΗΜΕΝΕΣ):

1. Πολλές μικρές ραγμές με πτώση ασβεστοκονιάματος ή σοβάδων:
2. Πτώση, περιστροφή ή θραύση πολλών καμινάδων και κεραμιδιών, γλίστρημα κεραμιδιών στις στέγες:
3. Ραγμές ευρείες και βαθιές στους τοίχους, με ξεκόλλημα τοιχωμάτων:
4. Ολική κατάρρευση του 50% των οικημάτων: Ολική κατάρρευση του 75% των οικημάτων

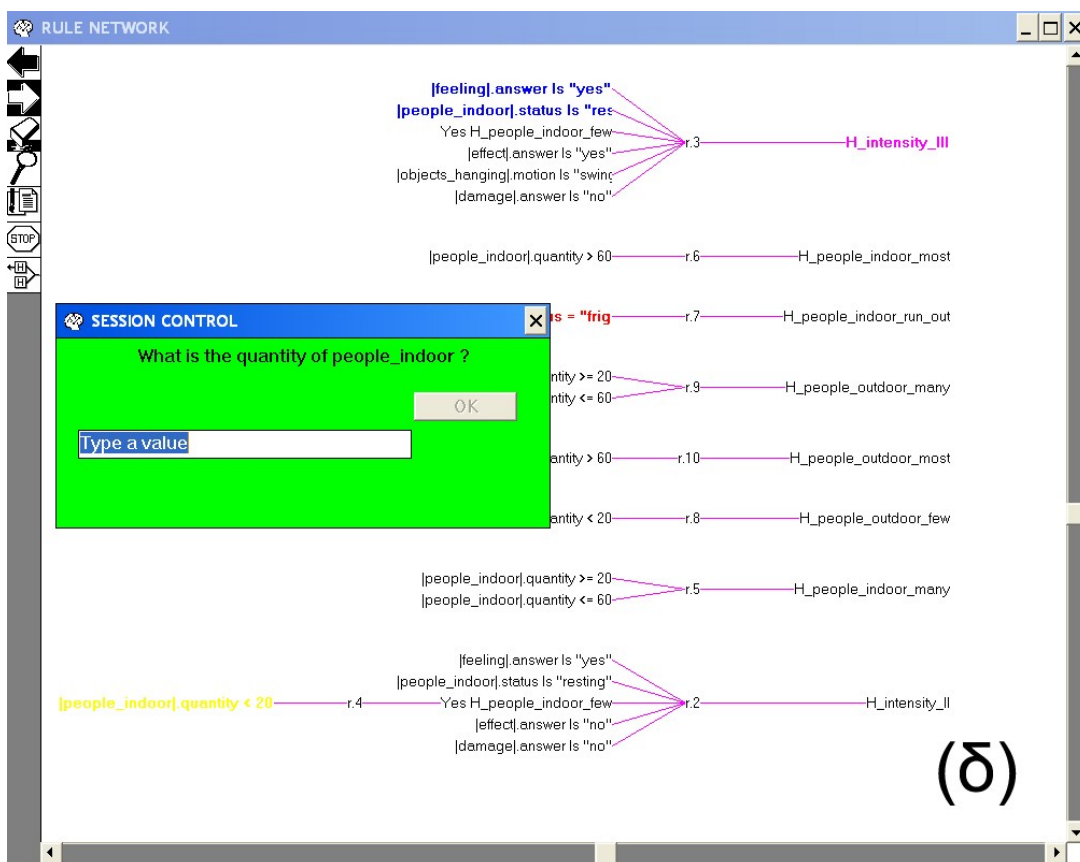
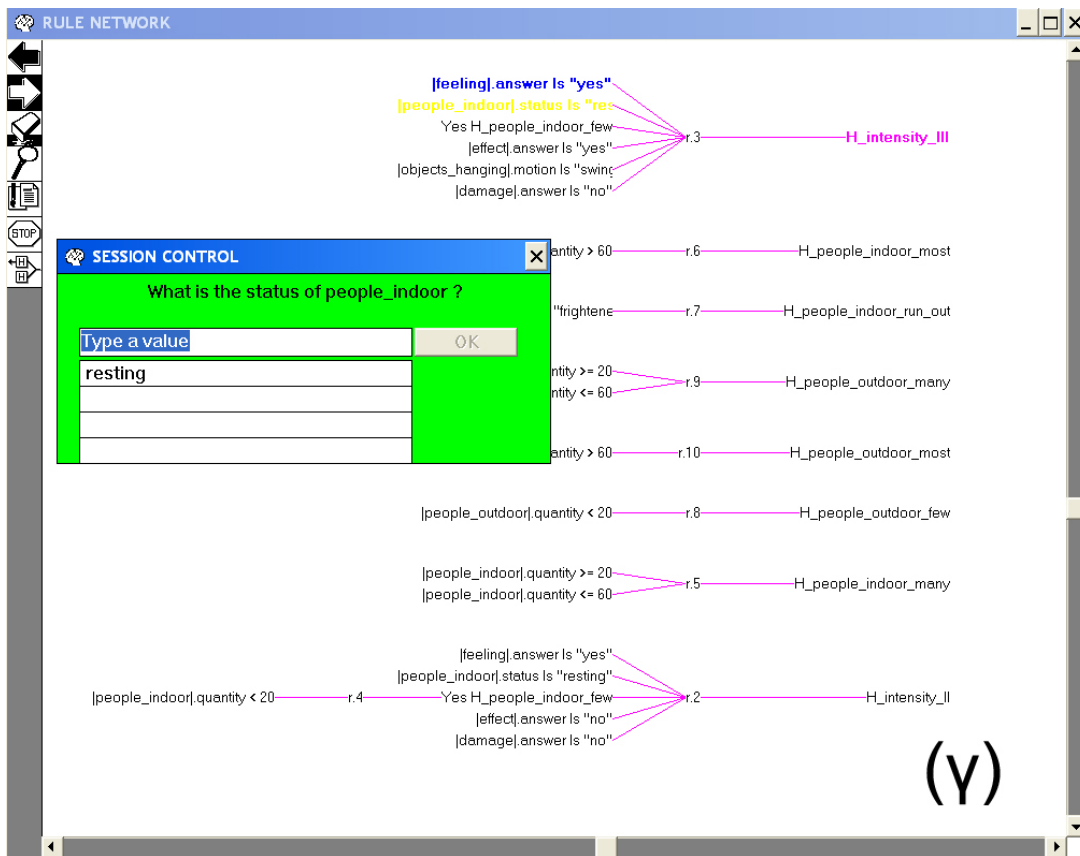
3) ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ ΚΑΛΕΣ ΚΑΙ ΠΑΡΑ ΠΟΛΥ ΚΑΛΕΣ (ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ ΣΥΛΙΝΕΣ, ΜΕ ΟΠΛΙΣΜΕΝΟ ΕΚΥΡΟΔΕΜΑ, ΠΡΟΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΜΕΝΕΣ):

1. Ελαφριές ζημιές και μικρές φθορές σε λίγα οικήματα:
2. Πολλές μικρές ραγμές στους τοίχους με πτώση μεγάλων κομματιών ασβεστοκονιάματος, κάποια ραγμή ευρεία και βαθιά:
3. Πλευρικές καταρρεύσεις με αποκόλληση τοίχων σε λίγα οικήματα:
4. Πλευρικές καταρρεύσεις με αποκόλληση τοίχων και λίγες ολικές καταρρεύσεις:

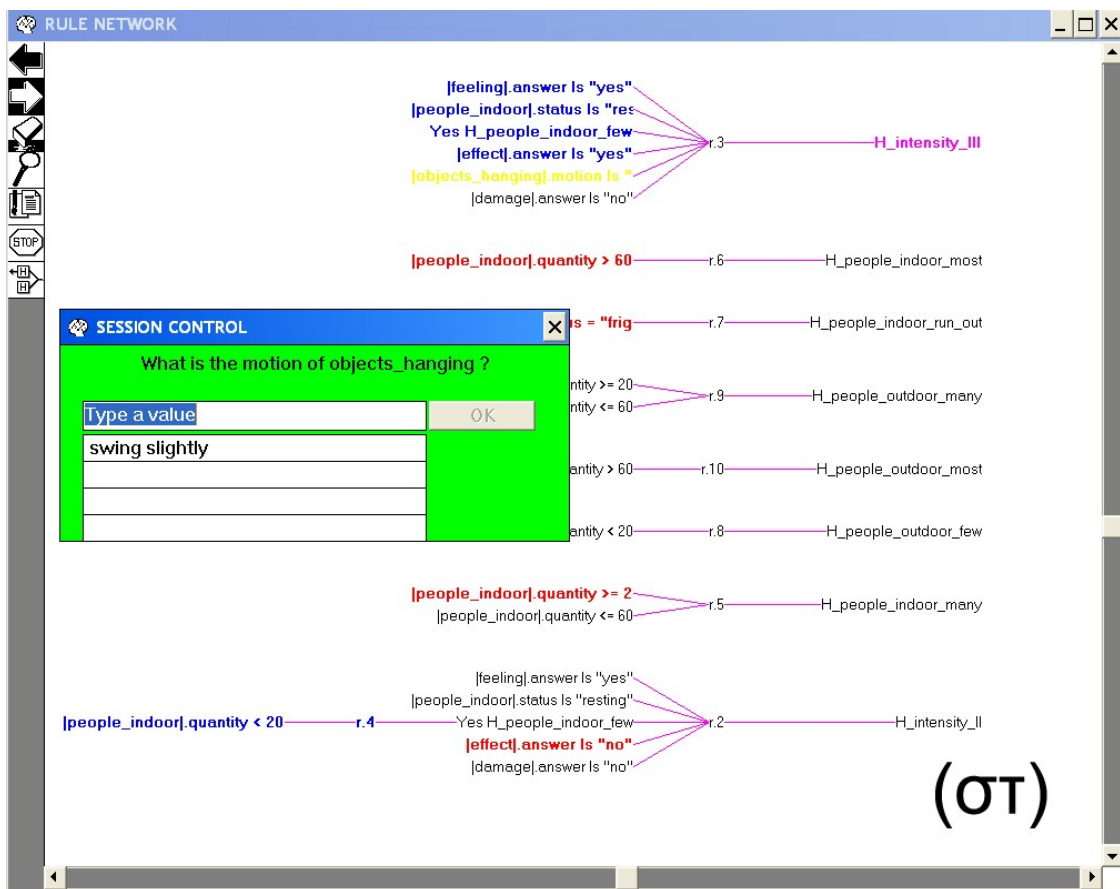
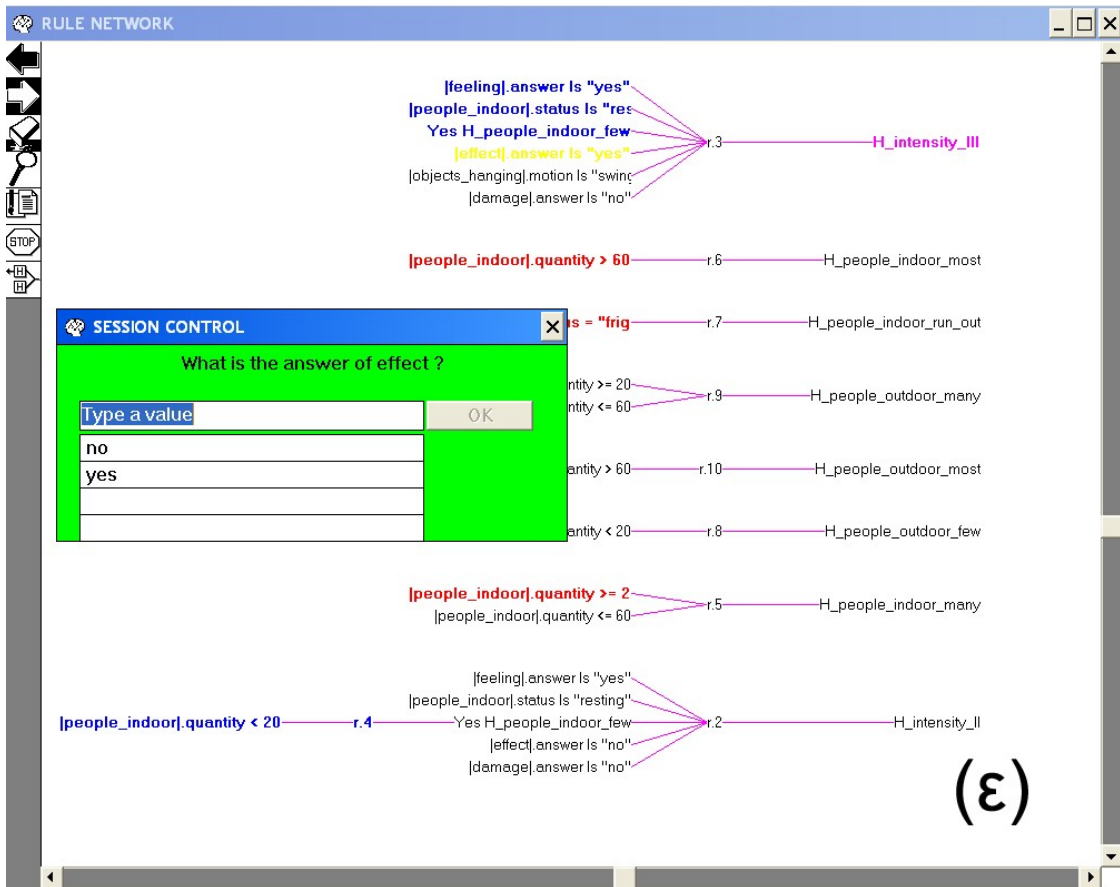
Εικόνα 4.16. Απαντημένο ερωτηματολόγιο το οποίο υπόκειται στη διαδικασία του έμπειρου συστήματος



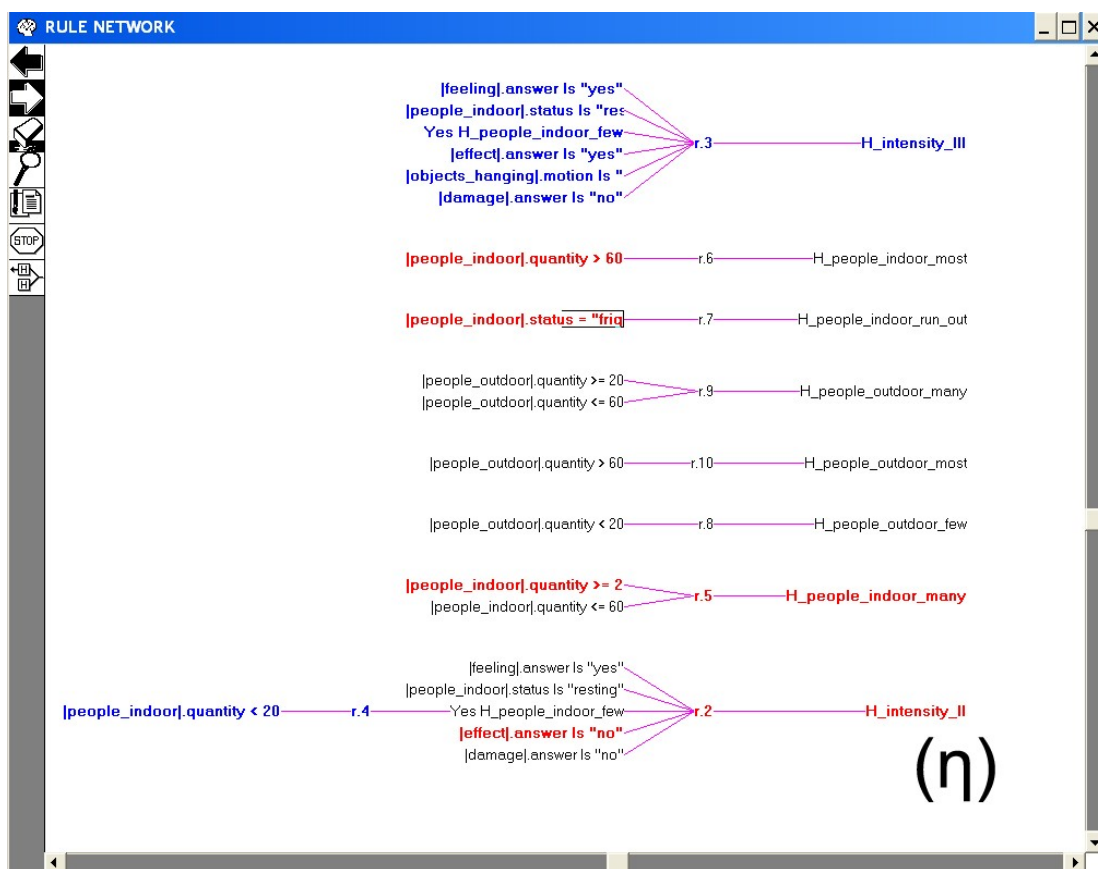
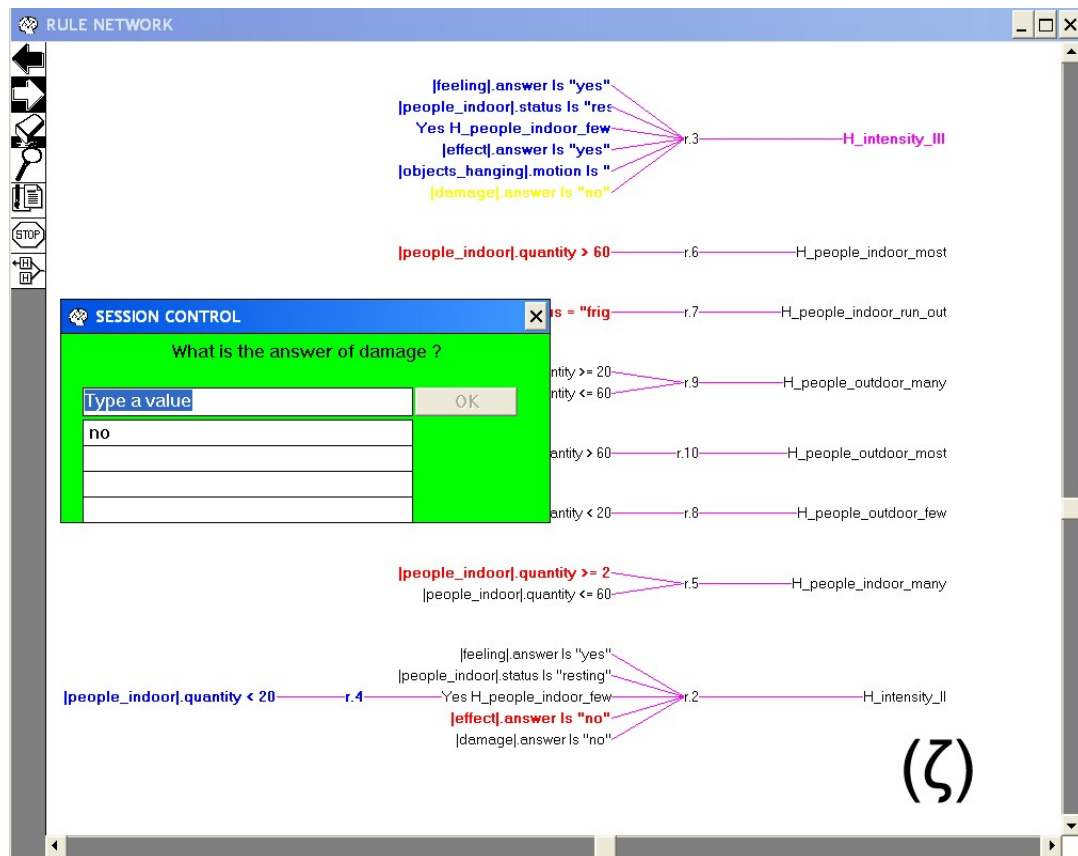
Εικόνα 4.17. Αξιολόγηση του απαντημένου ερωτηματολογίου της εικόνας 4.16.



Εικόνα 4.17. (συνέχεια)

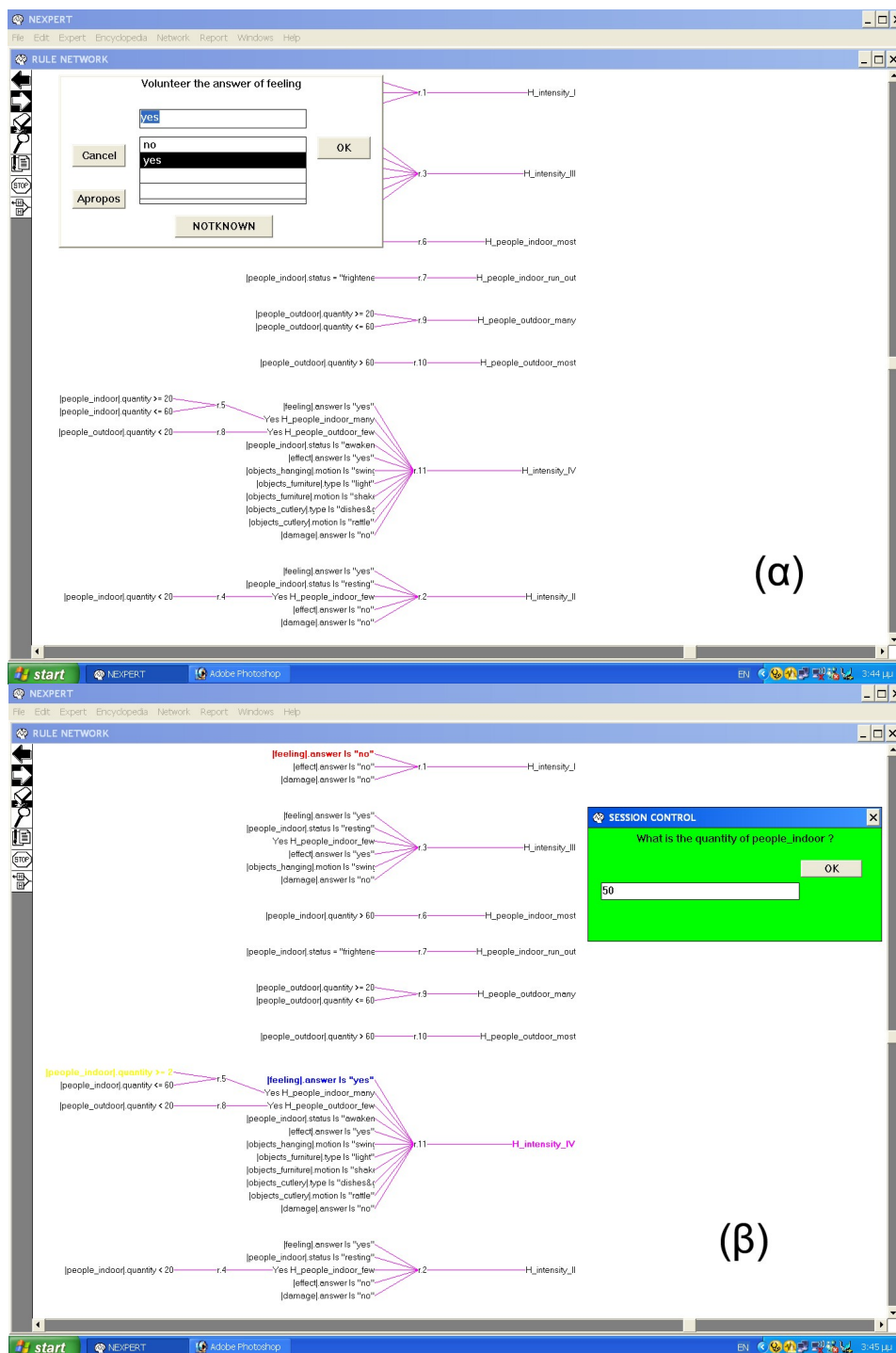


Εικόνα 4.17. (συνέχεια)



Εικόνα 4.17. (συνέχεια).

Από την επόμενη τιμή μακροσεισμικής έντασης (V) οι περιγραφές περιλαμβάνουν και βλάβες στις κατασκευές (κτίρια). Σε μια απλή μακροσεισμική κλίμακα οι βλάβες στα κτίρια ομαδοποιούνται ανεξάρτητα από τον τύπο και την αντοχή του κτιρίου στη δόνηση. Η EMS-98 εισάγει μια δέσμευση όσον αφορά ακριβώς αυτή τη διαφοροποίηση της αντοχής των κτιρίων στις σεισμικές δονήσεις, την οποία ονομάζει *τροπότητα* (*vulnerability*).



Εικόνα 4.18. Περαιτέρω εμπλουτισμός και δοκιμές του έμπειρου συστήματος προς ανώτερες τιμές έντασης (IV, V, ...)

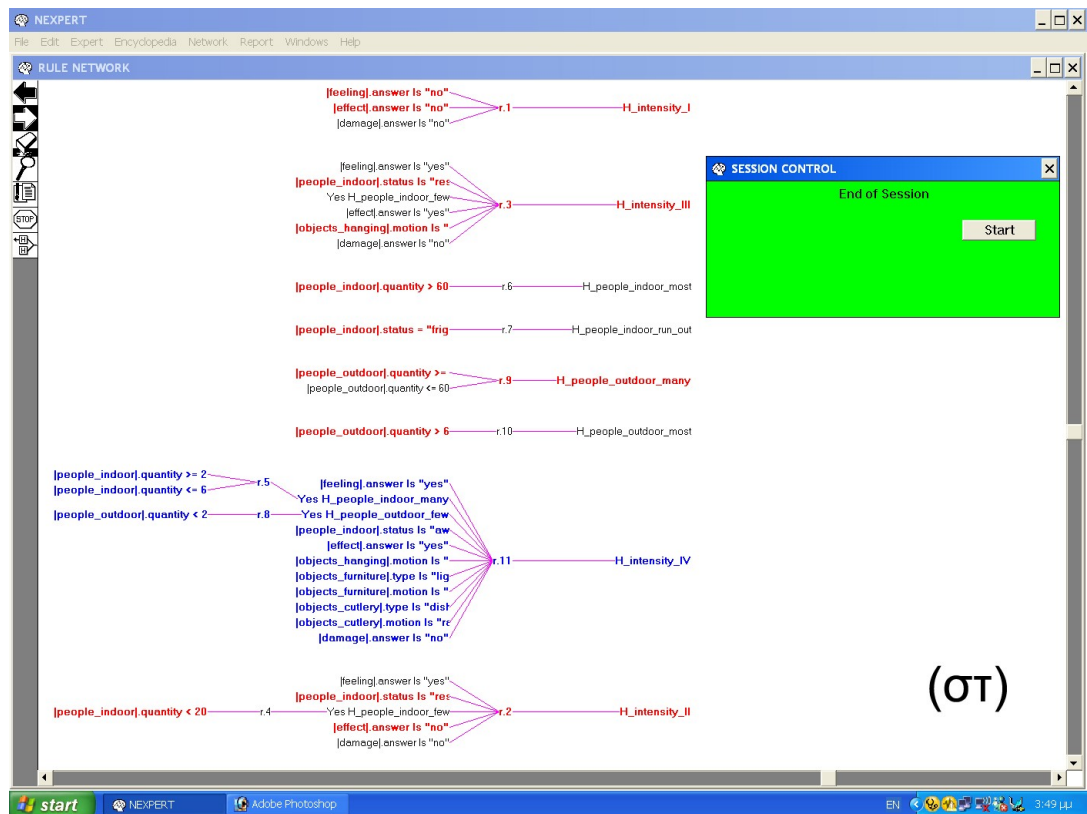
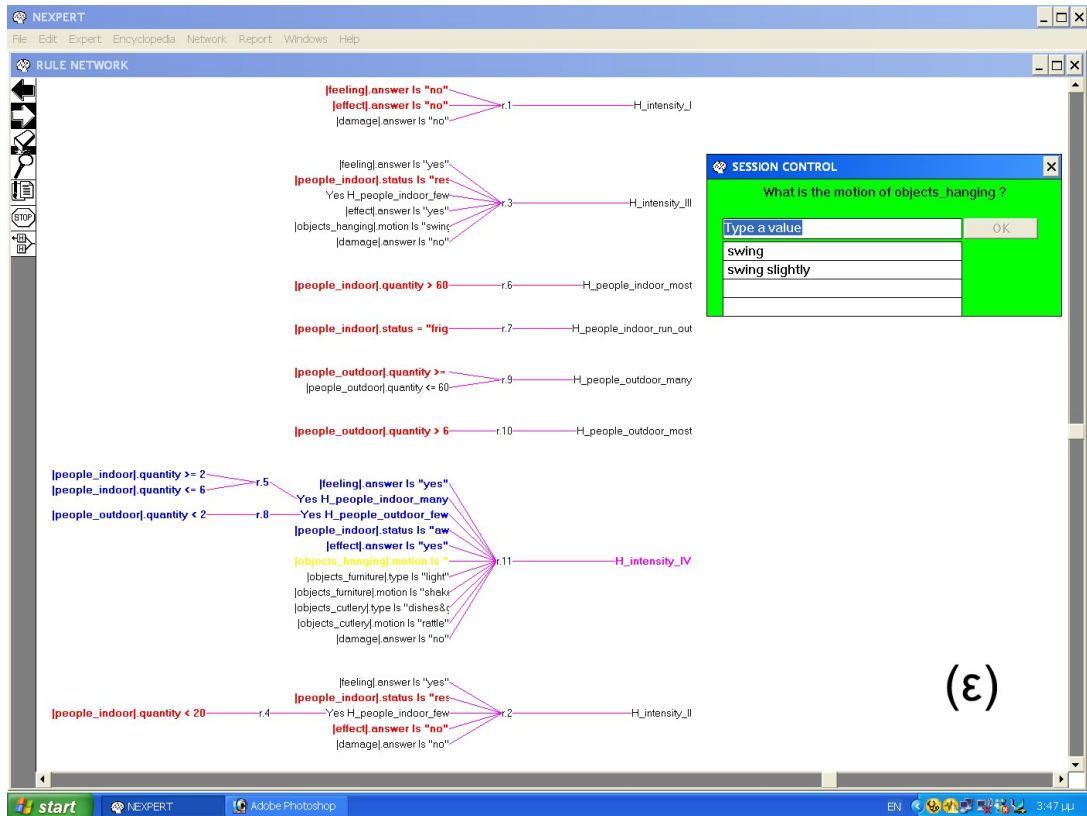
The screenshot shows the NEXPERT expert system interface. The main window displays a 'RULE NETWORK' with various nodes and their associated conditions. A 'SESSION CONTROL' dialog box is open, asking 'What is the quantity of people_outdoor?' with a text input field containing '10' and an 'OK' button. The system is running on a Windows XP desktop with the taskbar showing 'start', 'NEXPERT', and 'Adobe Photoshop'.

(γ)

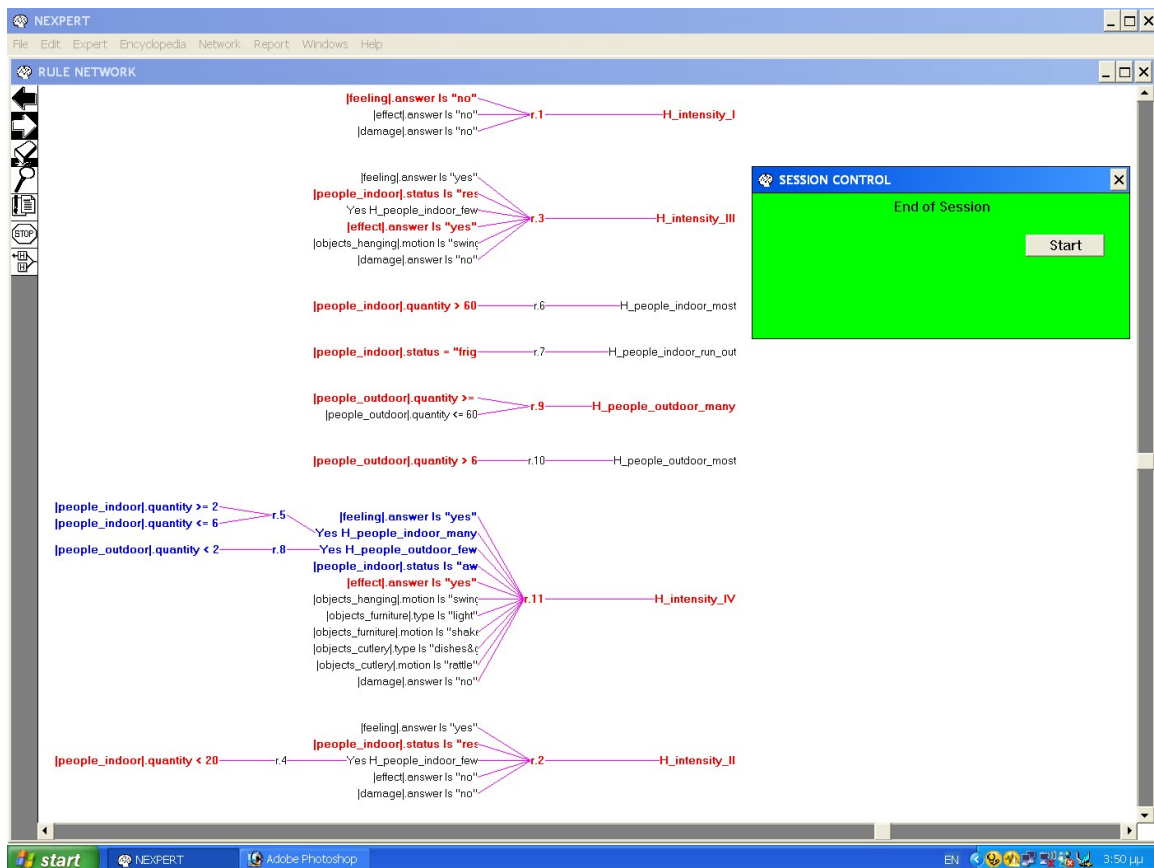
The screenshot shows the NEXPERT expert system interface. The main window displays a 'RULE NETWORK' with various nodes and their associated conditions. A 'SESSION CONTROL' dialog box is open, asking 'What is the status of people_indoor?' with a list of options: 'awaken,not frightened', 'awaken,not frightened', and 'resting'. The system is running on a Windows XP desktop with the taskbar showing 'start', 'NEXPERT', and 'Adobe Photoshop'.

(δ)

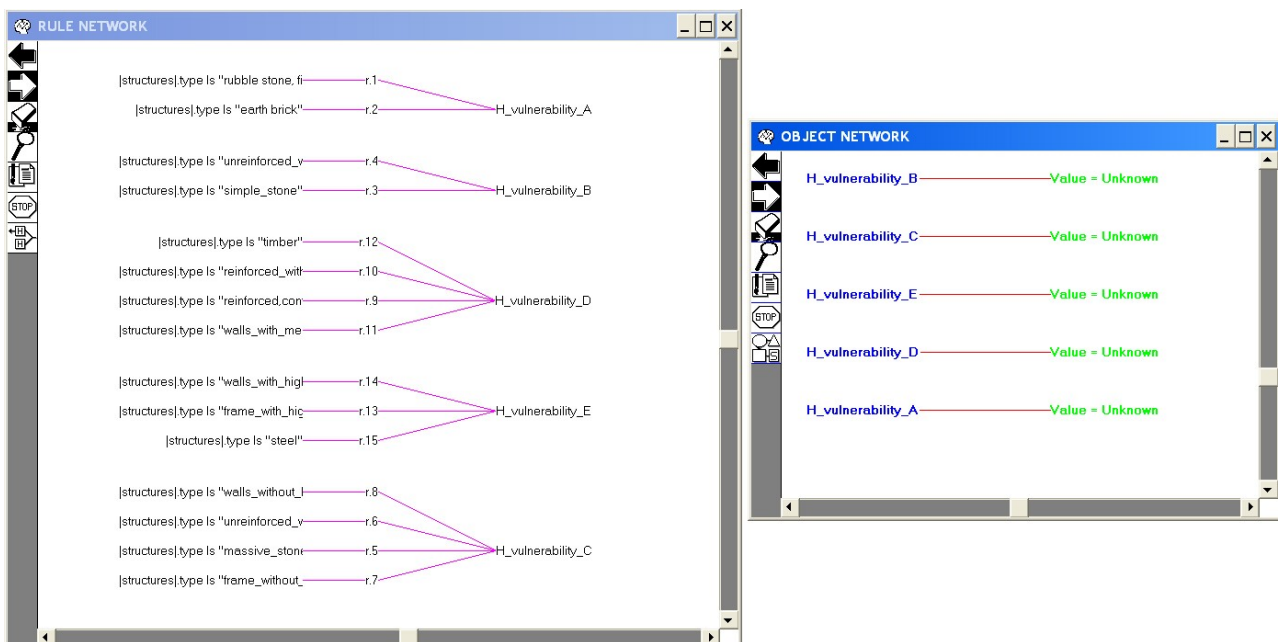
Εικόνα 4.18. (συνέχεια)



Εικόνα 4.18. (συνέχεια)



Εικόνα 4.19. Έλεγχος αξιοπιστίας απαντήσεων. Δεν είναι δυνατόν οι απαντήσεις «πολλοί άνθρωποι στο εσωτερικό των σπιτιών» και «λίγοι άνθρωποι έξω από το σπίτι» να έχουν καταλάβει το σεισμό να συνδυάζονται με την απάντηση «δεν παρατηρήθηκαν συνέπειες στα αντικείμενα» (πχ αιώρηση λαμπτήρων, τρίζιμο πιάτων κλπ).



Εικόνα 4.20. Οργάνωση της νησίδας γνώσης που συνδέει τον τύπο της κατασκευής με την αντίστοιχη κλάση τρωτότητα (ERD = Earthquake Resistant Design).

Ο Πίνακας II δείχνει αυτήν την κατηγοριοποίηση της τρωτότητας και η οποία μπορεί να αποτελέσει μια νησίδα γνώσης μέσα στο έμπειρο σύστημα, προς την κατεύθυνση υποβοήθησης του χρήστη που απαντά στο ερωτηματολόγιο. Η εικόνα 4.20 δείχνει την ανάπτυξη αυτής της νησίδας γνώσης, ενώ η εικόνα 4.21 δείχνει μια δοκιμή εφαρμογής της.

Η κατηγοριοποίηση αυτή δεν έγινε για λόγους αρχιτεκτονικού ενδιαφέροντος, αλλά αντιπροσωπεύει χονδροειδώς τα διαφορετικά επίπεδα αντοχής του κτιρίου. Το ίδιο «μέγεθος» δόνησης που είναι δυνατόν να καταστρέψει μια πλινθόκτιστη καλύβα, θα έχει πολύ πιο περιορισμένο αποτέλεσμα σε μια καλά δομημένη κατασκευή, σύμφωνα με σύγχρονο αντισεισμικό κανονισμό. Είναι ωστόσο γεγονός ότι η τελική συμπεριφορά της κατασκευής έναντι της σεισμικής δόνησης επηρεάζεται και από άλλους παράγοντες πέραν του τρόπου κατασκευής της.

Ο Πίνακας II, εκτός από την χαρακτηριστική κλάση τρωτότητας για κάθε τύπο κατασκευής (συμβολίζεται με κύκλο), δείχνει και τα πιθανά όρια που μπορεί να κυμανθεί η αντοχή (συμβολίζεται με γραμμές εκατέρωθεν των κύκλων) και εμπεριέχει, από την μέχρι τώρα εμπειρία, τους άλλους παράγοντες που επιδρούν στη συμπεριφορά των κτιρίων (ποιότητα κατασκευής, κακή αποκατάσταση από προηγούμενες βλάβες, ποιότητα αντισεισμικού κανονισμού, ακανόνιστο σχήμα κλπ). Τα όρια αυτά μπορεί να αποτελέσουν, τμήμα του έμπειρου συστήματος σε επόμενη φάση ανάπτυξής του σε συνδυασμό με την ασαφή λογική.

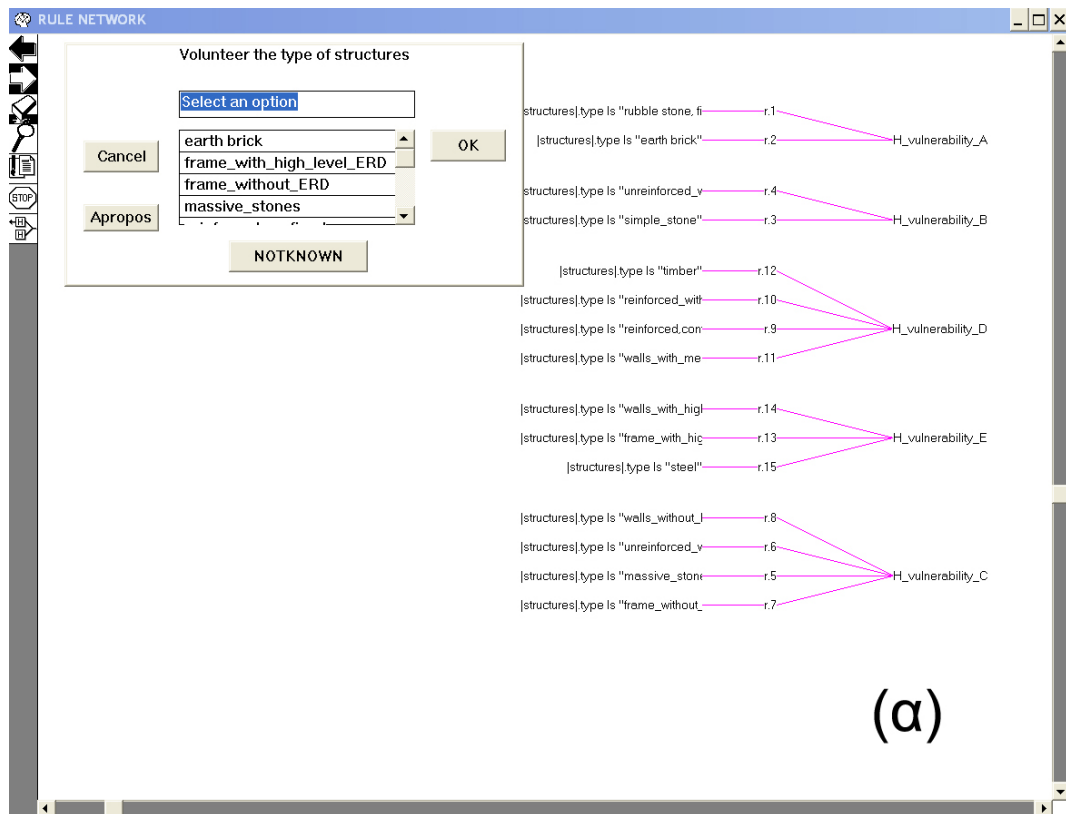
Ο βαθμός βλαβών (*damage grade*) επίσης αποτελεί μια έννοια που εισάγει η EMS-98 και η οποία υπό ιδανική κατάσταση αναπαριστά μια γραμμική αύξηση της δύναμης της δόνησης. Είναι όμως πολύ δύσκολο να περιγραφούν όλες οι βλάβες σε σχέση με την τρωτότητα της κάθε κατασκευής στα πλαίσια της περιγραφής της κλίμακας, επομένως ο χρήστης – παρατηρητής θα πρέπει να τις διακρίνει και να κατατάξει. Για παράδειγμα ο παρατηρητής θα πρέπει να διακρίνει τις βλάβες στα δομικά (πχ φέροντα στοιχεία) ή στα μη δομικά στοιχεία (πχ υλικό πλήρωσης ή μη φέρουσες τοιχοποιίες). Επίσης θα πρέπει να διακριθούν βλάβες που προκλήθηκαν από τη δόνηση αυτή καθαυτή από βλάβες που προκλήθηκαν δευτερογενώς (πχ από κατολισθήσεις, ρευστοποιήσεις εδαφών κλπ) ή που προκλήθηκαν από μετασεισμούς.

Οι Πίνακες III και IV περιγράφουν τη διάκριση των βλαβών σε κτίρια με φέρουσα τοιχοποιία και σε κτίρια οπλισμένου σκυροδέματος αντίστοιχα. Με βάση αυτές τις περιγραφές γίνεται η προσπάθεια ενσωμάτωσης των βαθμών βλαβών στο έμπειρο σύστημα. Στην εικόνα 4.22 δείχνεται ανάπτυξη νησίδας γνώσης εντός του έμπειρου

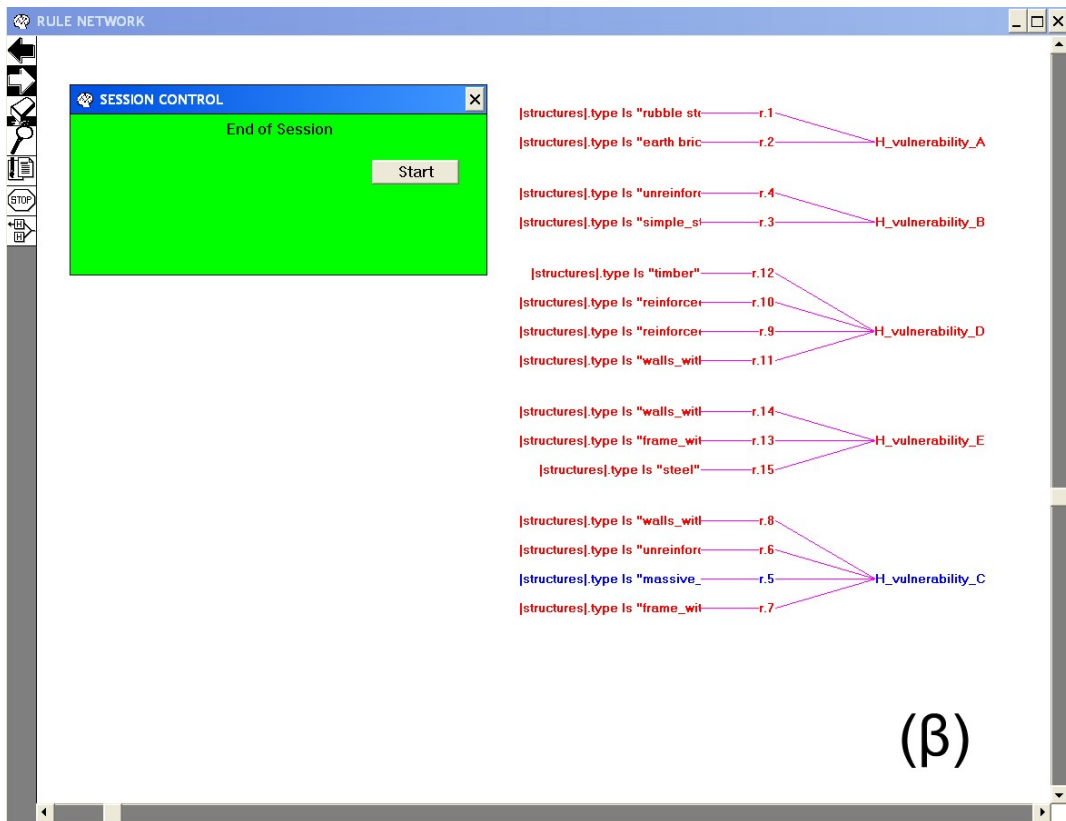
συστήματος που αφορά την περιγραφή των βλαβών σε κτίρια με φέρουσα τοιχοποιία και την απόδοση του αντίστοιχου βαθμού. Αντίστοιχα, η διαδικασία επαναλαμβάνεται και για την περιγραφή των βλαβών σε κτίρια οπλισμένου σκυροδέματος. Στην εικόνα 4.23 φαίνονται δυο εικόνες που οπτικοποιούν τις βλάβες ανάλογα με τον τύπο του κτιρίου (φέρουσα τοιχοποιία ή οπλισμένο σκυρόδεμα) και βοηθούν το χρήστη στην επιλογή της κατάλληλης περιγραφής της βλάβης που παρατηρήθηκε και άρα την απόδοση του συγκεκριμένου βαθμού. Οι εικόνες αυτές παραμένουν στην οθόνη (επιλογή keep), ενώ ο χρήστης μπορεί να συνεχίσει με τις κατασκευές από φέρουσα τοιχοποιία (masonry) και με την επιλογή των βλαβών που έχει παρατηρήσει (πχ fall_loose_stones_upper_parts), οπότε το σύστημα αποδίδει το βαθμό βλαβών (damage_grade_1) και αντίστοιχα με τις κατασκευές οπλισμένου σκυροδέματος (RC) (πχ επιλογή fall_of_brittle&plaster αποδίδει damage_grade_2) (εικόνες 4.24 και 4.25).

Η εικόνα 4.26 δείχνει δυο στιγμιότυπα από την περιγραφή των εντάσεων V και IX, όπου γίνεται φανερή η πολυπλοκότητα που εισάγεται με την περιγραφή των βλαβών στις κατασκευές. Η πολυπλοκότητα αυτή είναι αρκετά πιθανό να οδηγήσει σε αποτέλεσμα μη συμβατό με κάποιο βαθμό έντασης υποθέτοντας ότι ο παρατηρητής που περιγράφει τις βλάβες συνήθως δεν τις αποδίδει επακριβώς, όπως απαιτεί η δομή του έμπειρου συστήματος. Είναι φανερή επομένως η χρησιμότητα μιας περισσότερο απλουστευμένης δομής ή, περαιτέρω η χρήση των δυνατοτήτων του συστήματος strategy και gates.

Στις εικόνες 4.27, 4.28, 4.29 και 4.30 φαίνονται διαφορετικά στιγμιότυπα του έμπειρου συστήματος, όπως η σύνοψη των αντικειμένων και των κανόνων μέσα από τα παράθυρα Object Overview και Rule Overview, η ροή της διαδικασίας μέσα από τα παράθυρα Transcript και Agenda Monitor, καθώς και η δυνατότητα εμφάνισης του αρχείου του συστήματος υπό μορφή κειμένου, απ' όπου μπορεί να γίνει επεξεργασία (editing) προσθαφαίρεσης κανόνων, κλάσεων, αντικειμένων κλπ.

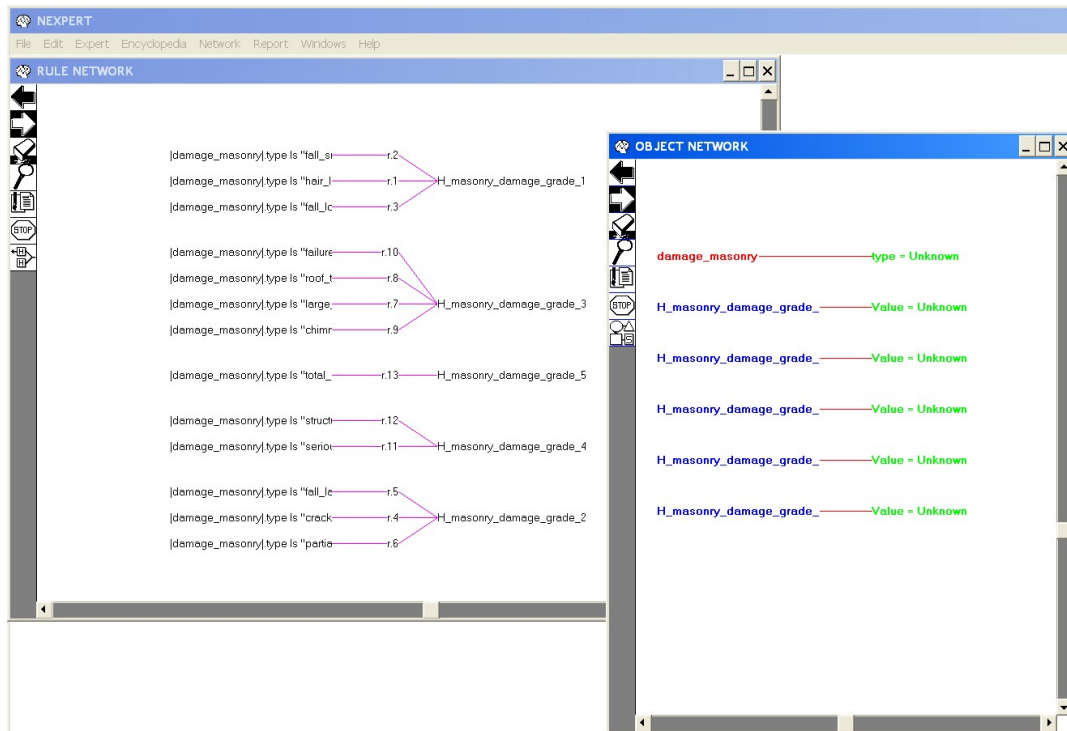


(α)



(β)

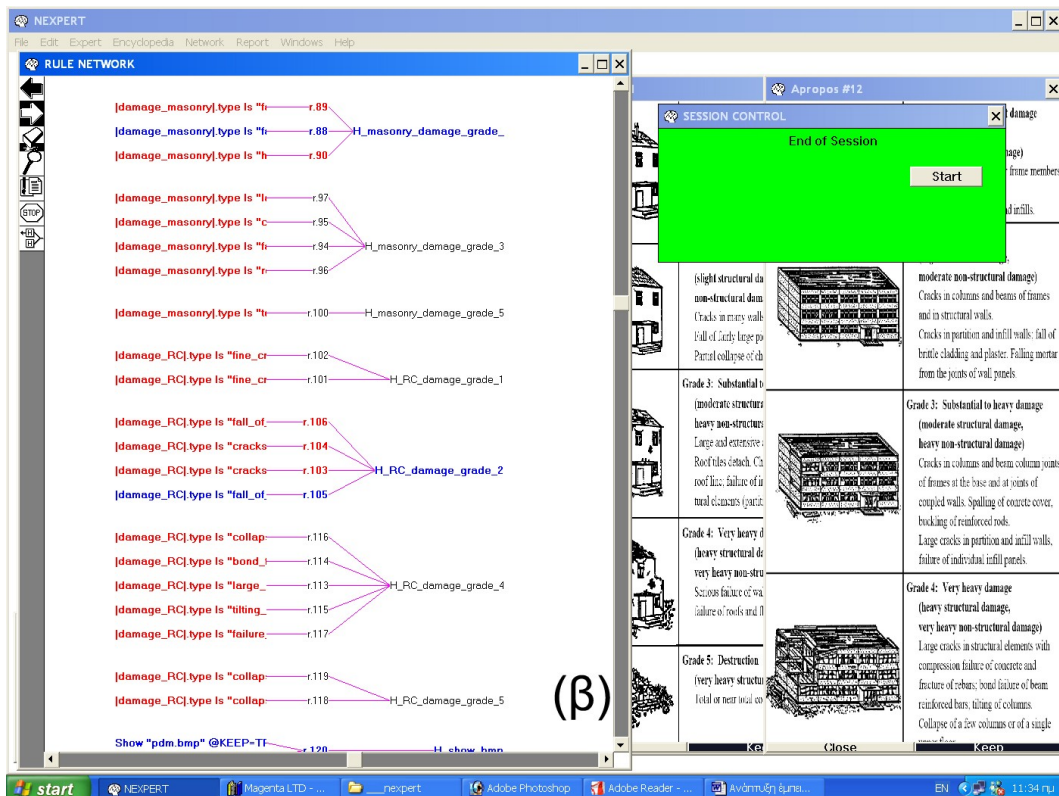
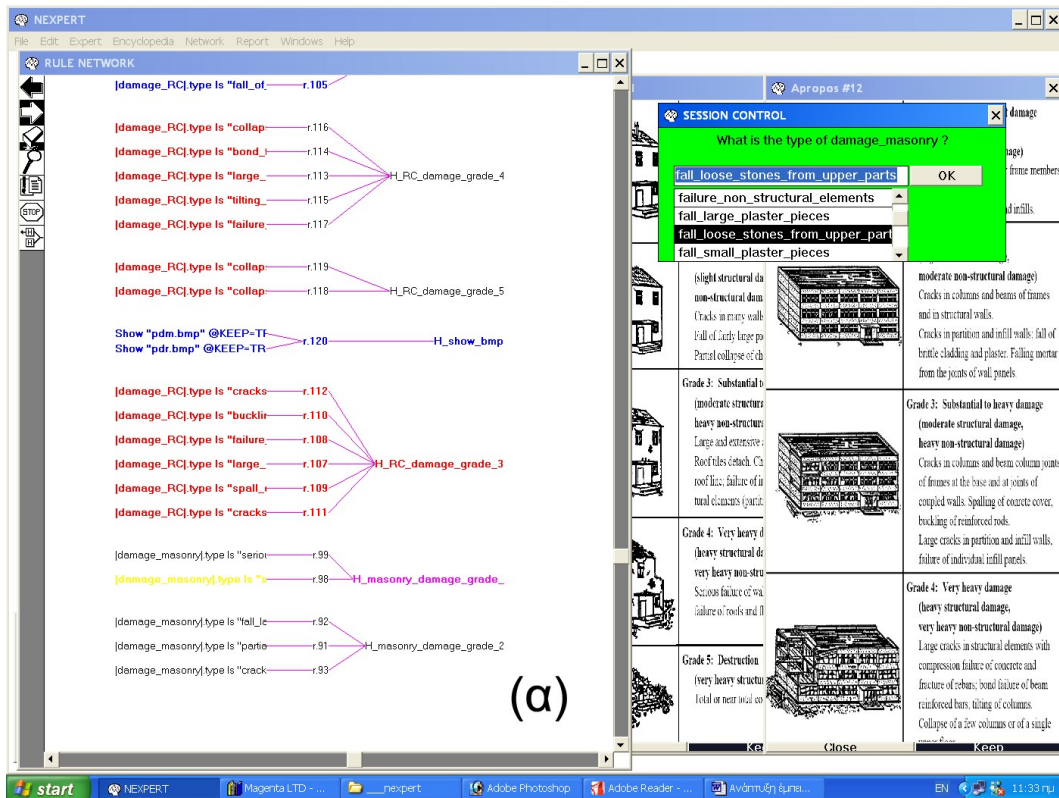
Εικόνα 4.21. Δοκιμή της νησίδας γνώσης που συνδέει τον τύπο του κτιρίου με την τρωτότητα.



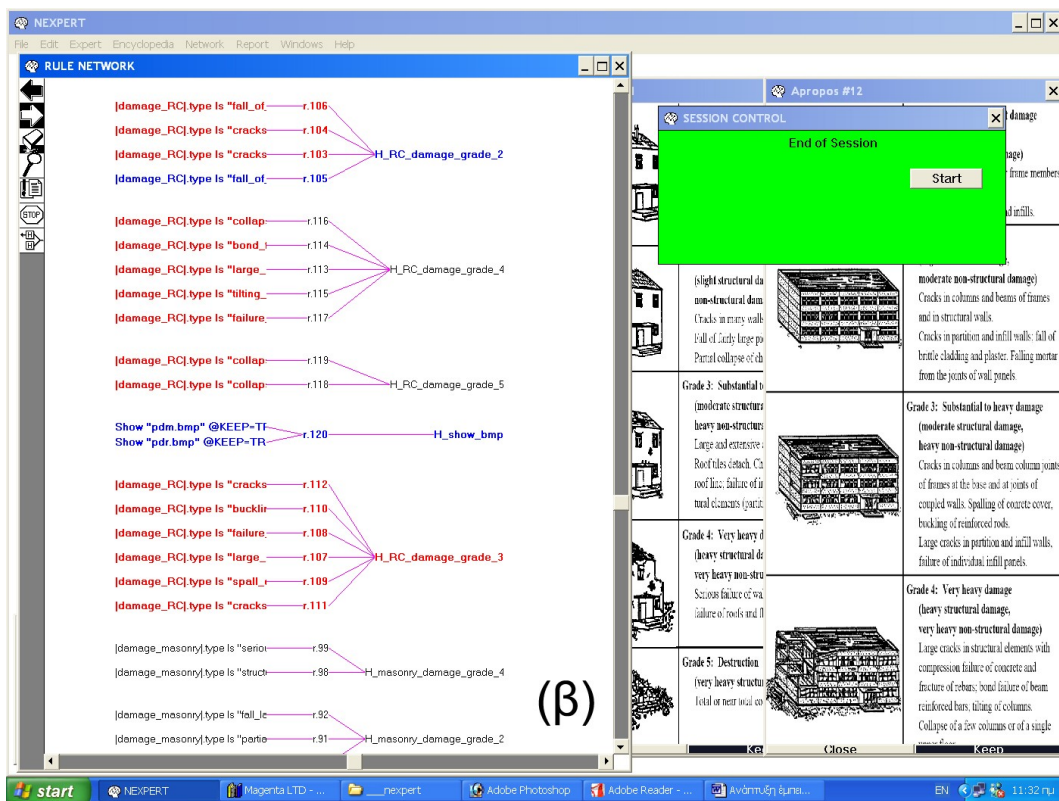
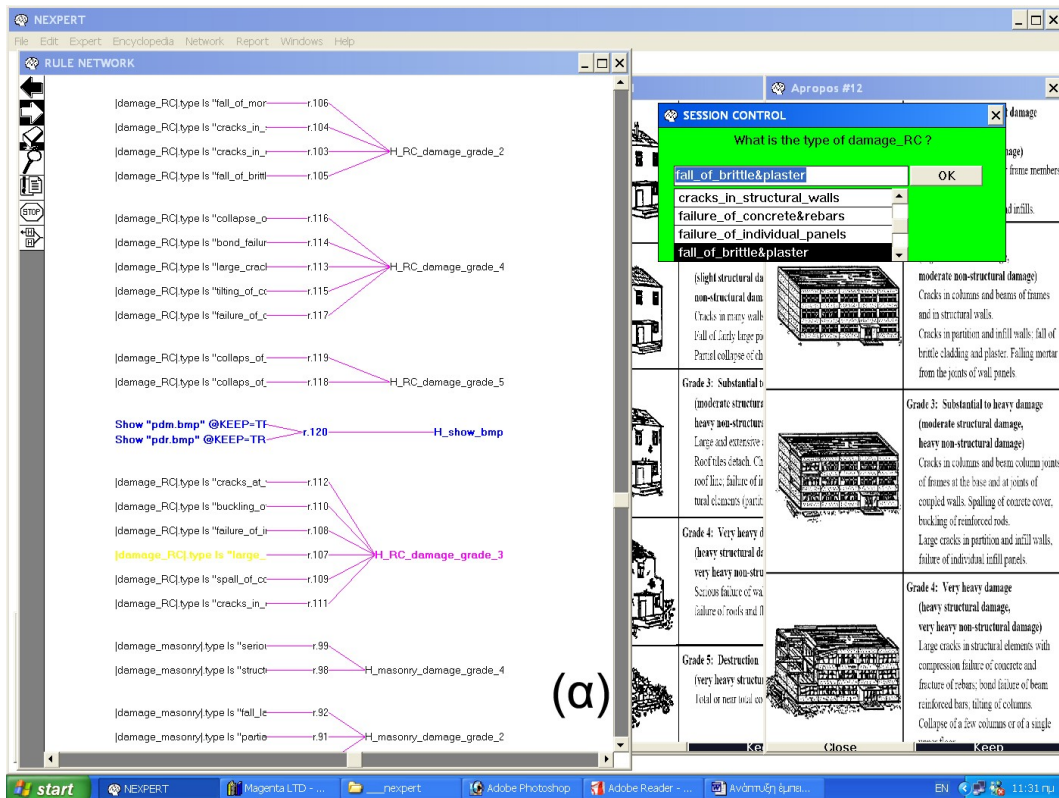
Εικόνα 4.22. Ανάπτυξη νησίδας γνώσης εντός του έμπειρου συστήματος που αφορά την περιγραφή των βλαβών σε κτίρια και την απόδοση του αντίστοιχου βαθμού

Grade	Description
Grade 1	Negligible to (no structural damage, slight non-structural damage). Hair-line cracks in ve. Fall of small pieces of. Fall of loose stones in buildings in very few.
Grade 2	Moderate damage (slight structural damage, moderate non-structural damage). Cracks in columns and beams of frames and in structural walls. Cracks in partition and infill walls: fall of brittle cladding and plaster. Falling mortar from the joints of wall panels.
Grade 3	Substantial to heavy damage (moderate structural damage, heavy non-structural damage). Cracks in columns and beam-column joints of frames at the base and at joints of coupled walls. Spalling of concrete cover, buckling of reinforced rods. Large cracks in partition and infill walls, failure of individual infill panels.
Grade 4	Very heavy damage (heavy structural damage, very heavy non-structural damage). Large cracks in structural elements with compression failure of concrete and fracture of rebars; bond failure of beam reinforced bars, tilting of columns. Collapse of a few columns or of a single.
Grade 5	Destruction (very heavy structural damage). Total or near total collapse.

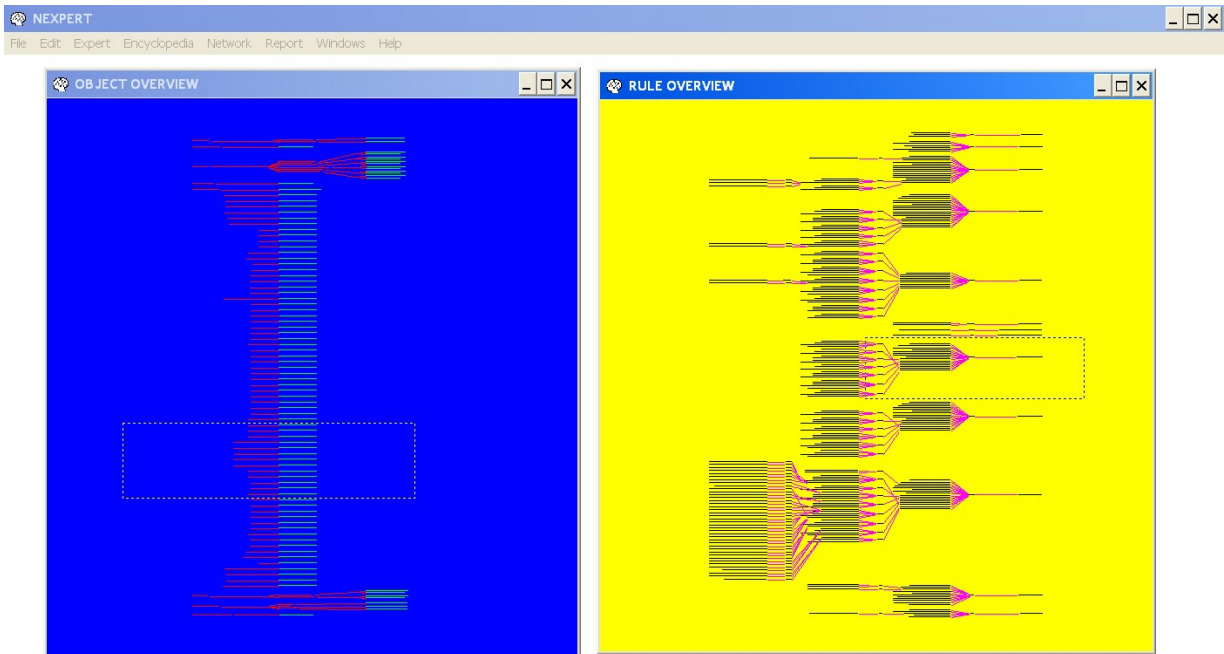
Εικόνα 4.23. Εισαγωγή κανόνα για εμφάνιση εικόνων βλαβών σε κτίρια με σκοπό τη βοήθεια του χρήστη για την επιλογή της κατάλληλης βλάβης και την απόδοση του αντίστοιχου βαθμού.



Εικόνα 4.24. Επιλογή από το χρήστη τύπου βλαβών σε κτίρια με φέρουσα τοιχοποιία και απόδοση βαθμού βλαβών σύμφωνα με την EMS-98.



Εικόνα 4.25. Επιλογή από το χρήστη τύπου βλαβών σε κτίρια από οπλισμένο σκυρόδεμα και απόδοση βαθμού βλαβών σύμφωνα με την EMS-98.



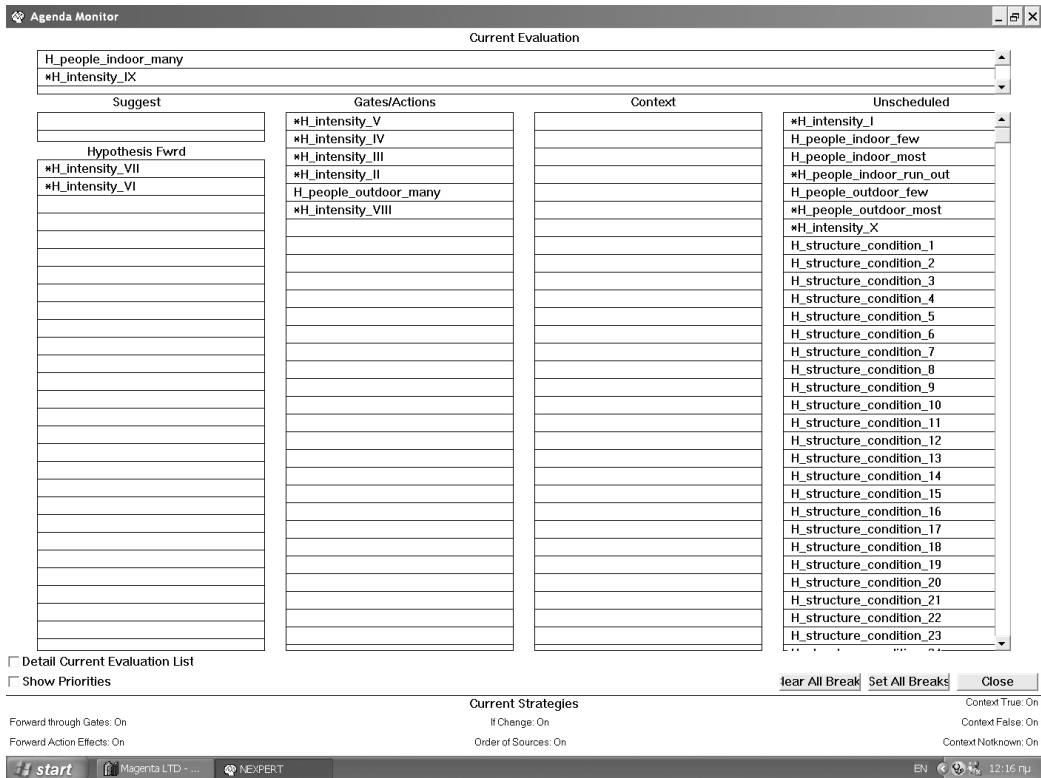
Εικόνα 4.27. Παράθυρα σύνοψης των αντικειμένων και των κανόνων του έμπειρου συστήματος για τις μακροσεισμικές παρατηρήσεις.

```

Serial Number 1-2.0B-PC5-060691-13372
NEXPERT MS/Windows 2.0.2
NEXPERT 2.0.2
NEXPERT Object. - Copyright (C) 1986-1991 by NEURON DATA. Copyright is
claimed in both the underlying computer program and the resulting output in the form of
an audiovisual work.
Customer or User is not permitted to make any copies of this software (NEXPERT) for
any purpose. This software is a confidential trade secret of NEURON DATA Inc. Refer
to the license agreement.
Suggesting H_intensity_VIII
feeling.answer is set to yes
Condition |feeling|.answer is "yes" in rule 15. (True).
people_outdoor.quantity is set to 45
Condition |people_outdoor|.quantity is greater than or equal to 20 in rule 10. (True).
Condition |people_outdoor|.quantity is less than or equal to 60 in rule 10. (True).
Rule 10 is set to true
H_people_outdoor_many is set to True
Condition there is evidence of H_people_outdoor_many in rule 15. (True).
people_outdoor.status is set to panic
Condition |people_outdoor|.status is "loose_balance" in rule 15. (False).
Rule 15 is set to false
H_intensity_VIII is set to False
Condition |feeling|.answer is "yes" in rule 16. (True).

```

Εικόνα 4.28. Απόσπασμα από το παράθυρο TRANSCRIPT που δείχνει τη ροή της διαδικασίας



Εικόνα 4.29. Το παράθυρο Agenda Monitor για το στιγμιότυπο που δείχνεται στο παράθυρο TRANSCRIPT της εικόνας 4.28.

```

m10.kb - Notepad
File Edit Format View Help
(@VERSION= 020)
(@PROPERTY= answer @TYPE=String;)
(@PROPERTY= damage_grade @TYPE=Integer;)
(@PROPERTY= motion @TYPE=String;)
(@PROPERTY= quantity @TYPE=Integer;)
(@PROPERTY= status @TYPE=String;)
(@PROPERTY= type @TYPE=String;)
(@PROPERTY= vulnerability @TYPE=String;)

(@CLASS= animals
  (@SUBCLASSES=
    animals_indoor
    animals_outdoor
  )
)

(@CLASS= animals_indoor
  (@PROPERTIES=
    status
  )
)

(@CLASS= animals_outdoor
  (@PROPERTIES=
    status
  )
)

(@CLASS= damage
  (@PROPERTIES=
    answer
  )
)

(@CLASS= damage_masonry
  (@PROPERTIES=
    type
  )
)

(@CLASS= damage_RC
  (@PROPERTIES=
    type
  )
)

(@CLASS= effect
  (@PROPERTIES=
    answer
  )
)

(@CLASS= feeling
  (@PROPERTIES=
    answer
  )
)

```

Εικόνα 4.30. Στιγμιότυπο του αρχείου του έμπειρου συστήματος σε μορφή ASCII, όπου μπορεί να επεξεργαστεί ως κείμενο

5

Σύστημα για το διαδίκτυο, χρήση λογισμικού GIS και εφαρμογή γεωστατιστικών μεθόδων στη διαδικασία συλλογής, αξιολόγησης, διαχείρισης και οπτικοποίησης των μακροσεισμικών παρατηρήσεων

5.1 Σχεδίαση και υλοποίηση συστήματος για το διαδίκτυο στα πλαίσια συλλογής μακροσεισμικών παρατηρήσεων

Μια πρακτική που βρίσκει εφαρμογή κατά τα τελευταία χρόνια, είναι η προσπάθεια από τους αντίστοιχους φορείς να συλλέξουν όσο το δυνατόν περισσότερες πληροφορίες σε σύντομο χρονικό διάστημα για τις συνέπειες από συγκεκριμένο σεισμό σε συγκεκριμένο τόπο. Για το σκοπό αυτό υπάρχει ερωτηματολόγιο, αντίστοιχο με αυτό που αποστέλλεται, το οποίο όμως είναι διαθέσιμο στις ιστοσελίδες, μπορεί να συμπληρωθεί από τον καθένα και να υποβληθεί άμεσα (on-line).

Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι η ιστοσελίδα της U.S.G.S. (<http://pasadena.wr.usgs.gov/shake/cus/>), γενικά όμως η δομή όλων αυτών των ιστοσελίδων είναι η ίδια, με δυνατότητα επιλογής απαντήσεων από το χρήστη από αναδιπλούμενα μενού. Ένα θέμα που τίθεται σε αυτές τις περιπτώσεις είναι η αξιοπιστία των απαντημένων ερωτηματολογίων που φθάνουν στο φορέα διαχείρισης με αυτόν τον τρόπο, αλλά είναι ο ίδιος ο φορέας που θα πρέπει να βρει τρόπους ορθής αξιολόγησής των ερωτηματολογίων (έμπειρος επιστήμονας, αυτοματοποιημένη αξιολόγηση κλπ).

Στα πλαίσια αυτής της εργασίας γίνεται μια αναλυτική παρουσίαση μιας αντίστοιχης ιστοσελίδας του Γεωδυναμικού Ινστιτούτου (<http://zeus.gein.noa.gr/macro>), έργο που εντάχθηκε σε ερευνητικό πρόγραμμα (Καλογεράς, 2006).

Η εφαρμογή βασίστηκε σε προγραμματισμό XHTML 1.0 (Extensible Hypertext Markup Language, www.w3.org/TR/xhtml1/#xhtml), μια βελτίωση που συνδέει αρχεία και λογισμικό XML και HTML. Ο κώδικας αυτών των αρχείων μπορεί να διαχειριστεί μέσω του λογισμικού Visual Web Developer 2005 Express που είναι διαθέσιμο από την πλατφόρμα της Microsoft.

Στιγμιότυπα της ιστοσελίδας φαίνονται στις επόμενες εικόνες. Η εικόνα 5.1 είναι η εισαγωγική σελίδα, απ' όπου ο χρήστης που έχει αντίληψη των συνεπειών ενός σεισμού και επιθυμεί να υποβάλλει απαντημένο ερωτηματολόγιο επιλέγει το αντίστοιχο σεισμικό γεγονός. Η εικόνα 5.2 δείχνει τη σελίδα που ανοίγει μετά την επιλογή του σεισμού. Εδώ ο χρήστης, αφού συμπληρώσει τα στοιχεία του (για την περίπτωση που είναι απαραίτητες κάποιες διευκρινίσεις, αλλά και για να προσδιοριστεί ο τόπος απ' όπου προέρχονται οι παρατηρήσεις) μπορεί να συνεχίσει με την επιλογή των κατάλληλων απαντήσεων από drop-down μενού. Αφού ο χρήστης τελειώσει με τις απαντήσεις των ερωτήσεων που αντιστοιχούν στις παρατηρήσεις του, υποβάλλει το ερωτηματολόγιο (Αποστολή), ή έχει τη δυνατότητα διορθώσεων (Ακύρωση – Επιστροφή).

Για τη διαχείριση αυτής της εφαρμογής έχει οργανωθεί μια σχεσιακή βάση δεδομένων, η οποία περιλαμβάνει:

- Πίνακας EARTHQUAKES (εικόνα 5.3), μια λίστα των σεισμών με τα χαρακτηριστικά τους (ημερομηνία, ώρα γένεσης, γεωγραφικές συντεταγμένες επικέντρου και μέγεθος). Ως κλειδί για κάθε σεισμό τίθεται ο κωδικός CODEE από τη ΒΔ που αναπτύχθηκε στο Κεφάλαιο 5,

Επιλέξετε σεισμικό γεγονός:

	Ημερομηνία κ' Ωρα	Γεωγρ. πλάτος	Γεωγρ. μήκος	Μέγεθος	Παρατηρήσεις
<u>Επιλογή</u>	8/1/2006 1:34:54 μμ	36,21	23,41	6,9	Σεισμός Κυθήρων
<u>Επιλογή</u>	10/9/2006 7:40:51 πμ	38,1	22,7	4,6	Κιάτο

Διαχείριση

Εικόνα 5.1. Ο χρήστης που επιθυμεί να υποβάλλει απαντημένο ερωτηματολόγιο, επιλέγει τον αντίστοιχο σεισμό.

ώστε να μπορεί να υπάρξει σύνδεση σε επόμενη φάση μεταξύ των δύο ΒΔ. Επίσης περιλαμβάνεται και μια στήλη (Visible), ώστε να επιλέγεται ο σεισμός που θα εμφανίζεται στη λίστα της σελίδας εισαγωγής της εικόνας ...

- Ένας πίνακας REPLIES (εικόνα 5.4), ο οποίος καταχωρεί τις απαντήσεις από τα υποβαλλόμενα ερωτηματολόγια, χρησιμοποιώντας ως κλειδί έναν κωδικό της απάντησης ενώ για κάθε κατηγορία παρατήρησης υπάρχει μια αντίστοιχη στήλη.

Εικόνα 5.2. Μετά την επιλογή του σεισμού ο χρήστης συμπληρώνει τα στοιχεία του και ακολουθεί η απάντηση των ερωτήσεων με επιλογή από drop-down menus

- Για κάθε κατηγορία παρατηρήσεων υπάρχει ένας πίνακας (πχ L_VERY_GOOD_BUILDINGS) . Η εικόνα 5.5 δείχνει ένα στιγμιότυπο από έναν από αυτούς τους πίνακες. Κάθε γραμμή περιλαμβάνει τις επιλογές από το αντίστοιχο drop-down μενού με μια χαρακτηριστική τιμή (value). Η τιμή αυτή καταχωρείται στον πίνακα REPLIES στην αντίστοιχη στήλη, ενώ αν δεν υπάρχει παρατήρηση η τιμή που καταχωρείται είναι 0. Το σύνολο αυτών των πινάκων φαίνεται στην εικόνα 5.6.

Τέλος ο διαχειριστής της διαδικασίας αυτής με username και password επεμβαίνει για την κατάλληλη ανανέωση/συμπλήρωση του πίνακα των σεισμών, δηλαδή για το ποιοι

σεισμοί θα είναι διαθέσιμοι στους χρήστες για να απαντήσουν στο μακροσεισμικό ερωτηματολόγιο (εικόνα 5.7).

The screenshot shows a Microsoft Access window titled 'MacroQuestion : Database'. Inside, a table named 'Earthquakes : Table' is displayed. The table has the following columns: ID, Visible, DateTime, CoordsLat, CoordsLong, Magnitude, and Comments. The data is as follows:

ID	Visible	DateTime	CoordsLat	CoordsLong	Magnitude	Comments
1519	<input type="checkbox"/>	23/05/1994, 9:46:16	35,4	24,73	6,1	Σεισμός Ηρακλ...
1538	<input type="checkbox"/>	13/05/1995, 11:47:17	40,18	21,71	6,6	Σεισμός Κοζάνη...
1546	<input type="checkbox"/>	15/06/1995, 3:15:51	38,37	22,15	6,1	Σεισμός Αιγίου...
1682	<input type="checkbox"/>	07/09/1999, 14:56:50	38,15	23,62	5,9	Σεισμός Αθήνας...
1806	<input type="checkbox"/>	04/11/2004, 8:22:37	35,86	23,23	5,5	
1807	<input type="checkbox"/>	21/10/2005, 0:40:00	38,19	26,72	5,5	
1808	<input checked="" type="checkbox"/>	08/01/2006, 13:34:54	36,21	23,41	6,9	Σεισμός Κυθήρ...
1809	<input checked="" type="checkbox"/>	10/09/2006, 7:40:51	38,1	22,7	4,6	Κάιτο
*	<input type="checkbox"/>		0	0	0	

The status bar at the bottom of the table window shows 'Record: 1 of 8', indicating that the first record (ID 1808) is currently selected.

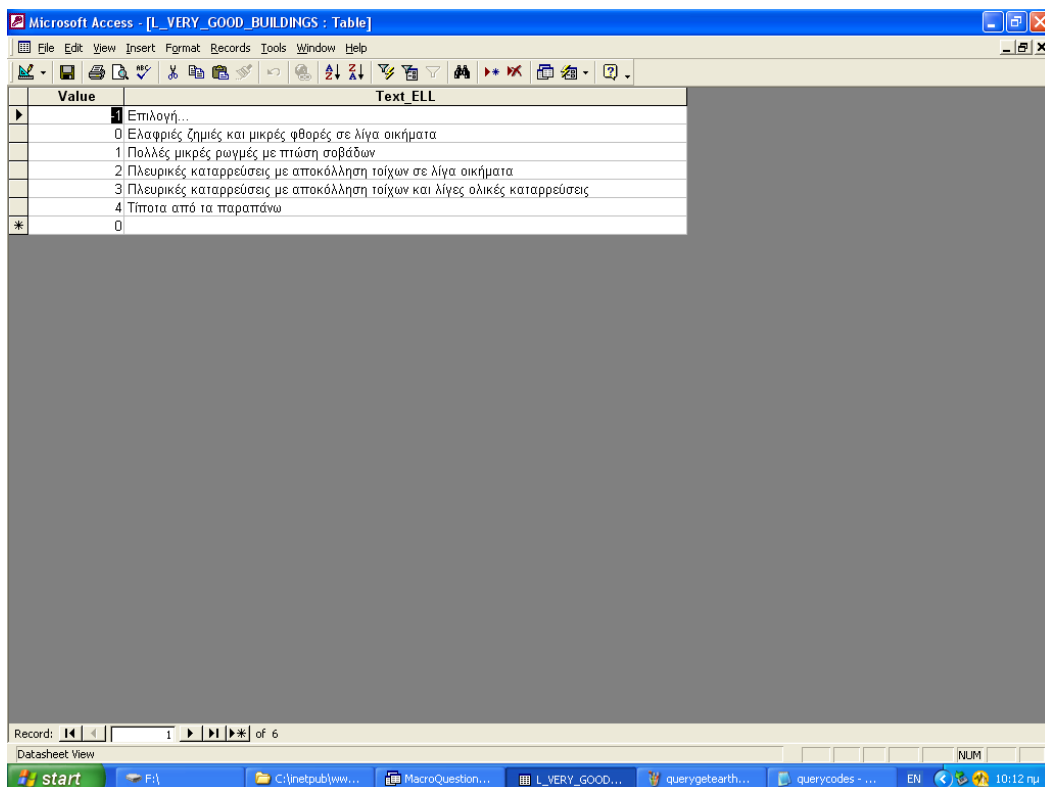
Εικόνα 5.3. Στιγμιότυπο του πίνακα EARTHQUAKES. Οι δυο σεισμοί με κωδικούς 1808 και 1809 που έχουν επιλεγεί, εμφανίζονται στην εισαγωγική σελίδα της εικόνας 5.1.

Field Name	Data Type	Description
ReplyID	AutoNumber	Κλειδί
EarthquakeID	Number	Σεισμός
Name	Text	Επώνυμο - Όνομα:
Email	Text	e-mail:
Address	Text	Διεύθυνση:
Municipality	Text	Δήμος ή Δημोट. Διαμέρισμα:
Perfection	Text	Νομός:
PostalCode	Text	Ταχυδρομικός Κώδικας:
Where	Number	Τη στιγμή του σεισμού βρισκόσαστε:
BuildingType	Number	Εάν ήσασταν μέσα σε κτήριο, επιλέξτε:
Felt	Number	Αισθάνθηκατε το σεισμό;
Sleep	Number	Τη στιγμή του σεισμού κοιμόσασταν;
Waken	Number	Εάν κοιμόσασταν ο σεισμός σας ξύπνησε;
OthersFelt	Number	Οι άλλοι που βρισκόνταν μαζί σας αισθάνθηκαν το σεισμό;
OthersWaken	Number	Από τον σεισμό ξύπνησαν;
OthersScared	Number	Από τον σεισμό τρόμαξαν;
Shaking	Number	Ποιός προσδιορισμός περιγράφει καλύτερα την δόνηση;
EqDuration	Number	Διάρκεια της δόνησης σε δευτερόλεπτα:
Walk	Number	Εάν ήσασταν όρθιος είχατε δυσκολία να σταθείτε ή να περπατήσετε;
Floor	Number	Τη στιγμή του σεισμού βρισκόσαστε στον όροφο:
Lamps	Number	Παρατηρήσατε αιώρηση λαμπτήρων;
Squeek	Number	Παρατηρήσατε τρίξιμο παραθύρων, επίπλων, υαλικών;
Waving	Number	Παρατηρήσατε κυματισμό ή ξεχύλισμα υγρών από δοχεία;
Pictures	Number	Τα κάδρα στους τοίχους;
Doors	Number	Παρατηρήσατε χτύπημα ή άνοιγμα θυρών, παραθύρων, παντζουριών;
Sounds	Number	Ήχησαν;
Moved	Number	Σημειώθηκε μετακίνηση;
Fell	Number	Σημειώθηκε πτώση;
Rotation	Number	Παρατηρήσατε μετατόπιση ή περιστροφή;
Demolition	Number	Παρατηρήσατε:
BadBuildings	Number	Παρατηρήσατε σε κατασκευές υποβαθμισμένες (με πέτρες μη λαξευμένες, με πτωχά ασβεστοκονίαμα):
AverageBuildings	Number	Παρατηρήσατε σε κατασκευές καλές και μέτριες (με πέτρες λαξευμένες ή τούβλα, με καλό ασβεστοκονίαμα, δώματα μ
VeryGoodBuildings	Number	Παρατηρήσατε σε κατασκευές καλές και πάρα πολύ καλές (ξύλινες, ή με σπλισμένο σκυρόδεμα ή προκατασκευασμέν
Phenomena	Number	Διαπιστώσατε διάφορα φαινόμενα;
Animals	Number	Διαπιστώσατε ανησυχία ζώων;
Waters	Number	Διαπιστώσατε μεταβολές στα ύδατα;
LandSlides	Number	Διαπιστώσατε κατολισθητικά φαινόμενα;

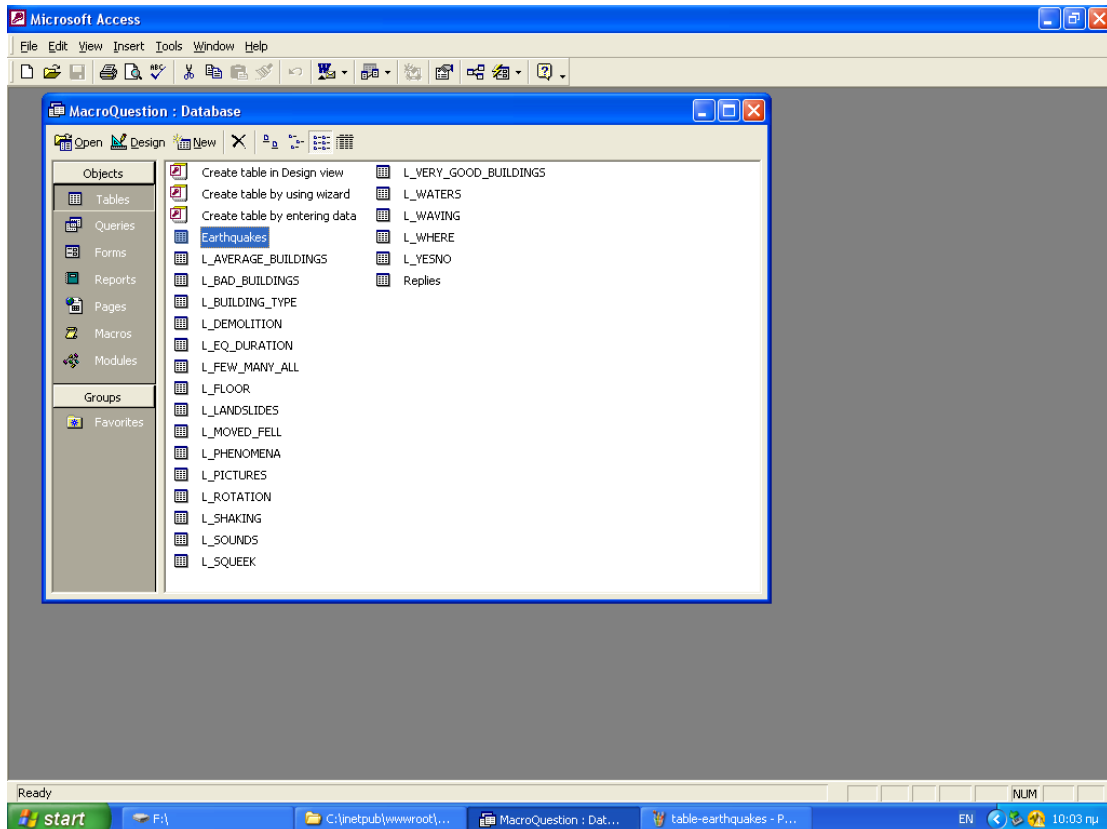
Field Properties	
General	Lookup
Field Size	Long Integer
New Values	Increment
Format	
Caption	
Indexed	Yes (No Duplicates)

A field name can be up to 64 characters long, in

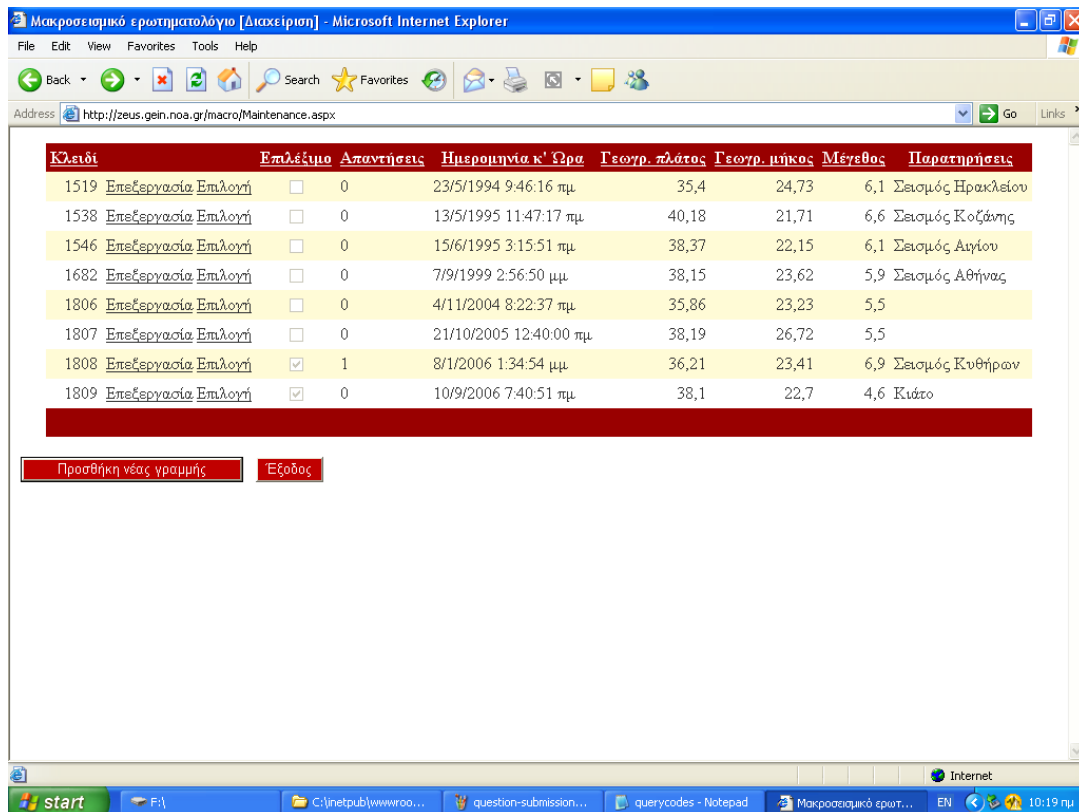
Εικόνα 5.4. Η δομή του πίνακα REPLIES



Εικόνα 5.5. Στιγμιότυπο από έναν από τους πίνακες που συγκεντρώνουν τις απαντήσεις. Κάθε γραμμή περιλαμβάνει τις επιλογές από το αντίστοιχο drop-down μενού με μια χαρακτηριστική τιμή (value).



Εικόνα 5.6. Το σύνολο των Πινάκων της ΒΔ που συγκεντρώνει τις απαντήσεις.



Εικόνα 5.7. Ο διαχειριστής του συστήματος μπορεί να επεξεργαστεί τον κατάλογο των σεισμών, εισάγοντας τους νέους σεισμούς και αποκρύπτοντας τους προηγούμενους.

5.2 Χρήση λογισμικού GIS για συμπληρωματική διαχείριση των μακροσεισμικών δεδομένων και οπτικοποίηση

Ως Σύστημα Γεωγραφικών Πληροφοριών (GIS) μπορεί να οριστεί ένα εργαλείο διαχείρισης γεωγραφικών πληροφοριών, που απαρτίζεται από μηχανικά υπολογιστικά συστήματα (hardware), λογισμικό (software), χωρικά δεδομένα και ανθρώπινο δυναμικό και που σκοπό έχει τη συλλογή, καταχώρηση, ενημέρωση, διαχείριση, επεξεργασία, ανάλυση, μοντελοποίηση και οπτικοποίηση χωρικών δεδομένων.

Η σημαντική αρχή της οργάνωσης των δεδομένων σε ένα ΣΓΠ είναι η αναπαράσταση αυτών σε θεματικά επίπεδα (spatial data layer), τα οποία ορίζονται ως αναπαραστάσεις ενός συνεχόμενου ή διακριτού πεδίου είτε ως συλλογές ομοειδών αντικειμένων. Τα θεματικά επίπεδα εντός του ΣΓΠ επικαλύπτονται έτσι ώστε να είναι δυνατή η συνδυασμένη μελέτη των γεωγραφικών φαινομένων. Το αποτέλεσμα της συνδυασμένης αυτής μελέτης μπορεί να είναι ένα νέο σύνθετο θεματικό επίπεδο.

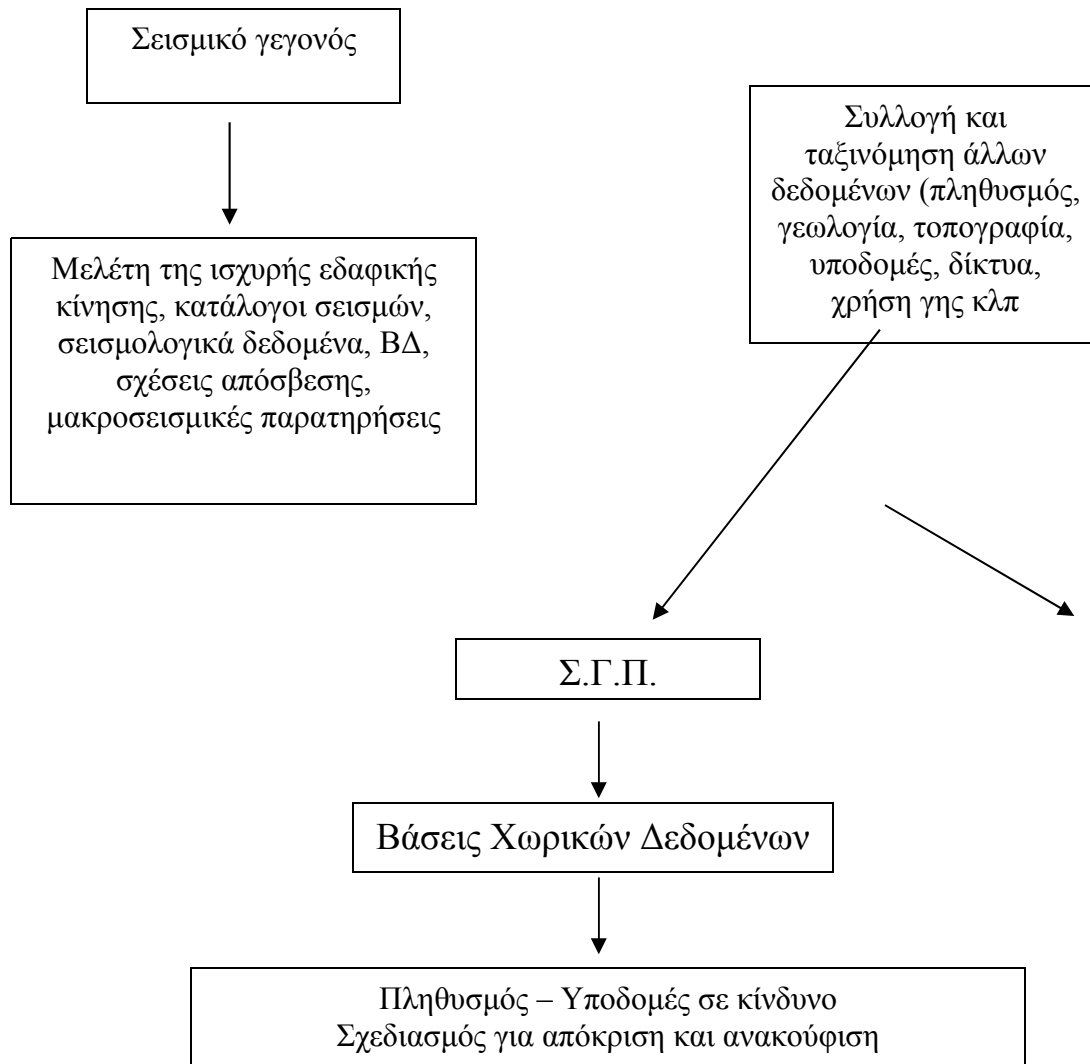
Λαμβάνοντας υπόψη ότι οι ΒΔ εξειδικεύονται στην αποθήκευση και διαχείριση μεγάλου όγκου δεδομένων, στη χρήση τους από πολλούς χρήστες ταυτόχρονα, στη μοναδικότητα των εγγραφών και στην ανάκτηση των δεδομένων σε περίπτωση αστοχίας του συστήματος, ενώ τα ΣΓΠ έχουν αναπτυχθεί περισσότερο για την αναπαράσταση των γεωγραφικών δεδομένων, στο κεφάλαιο αυτό γίνεται προσπάθεια συνδυασμού της ΒΔ μακροσεισμικών παρατηρήσεων, καθώς και άλλων ΒΔ, με ένα λογισμικό ΣΓΠ. Η εικόνα 5.8 παρουσιάζει σχηματικά το προαναφερόμενο σκεπτικό για τη χρήση των ΒΔ σεισμολογικών παρατηρήσεων και των ΣΓΠ με στόχο την ανάλυση του σεισμικού κινδύνου.

Η MsAccess συνεργάζεται με το λογισμικό ArcGIS με αποθήκευση των πινάκων ως αρχεία dbf, τα οποία εισάγονται κατόπιν ως θεματικά επίπεδα στο ArcGIS. Επ' αυτών είναι δυνατή η διατύπωση ερωτημάτων και η οπτικοποίηση των αποτελεσμάτων. Στο κεφάλαιο αυτό παρατίθενται μερικά παραδείγματα συνδυασμού των δυο λογισμικών σε σύνδεση και με άλλα δεδομένα πέραν των μακροσεισμικών παρατηρήσεων:

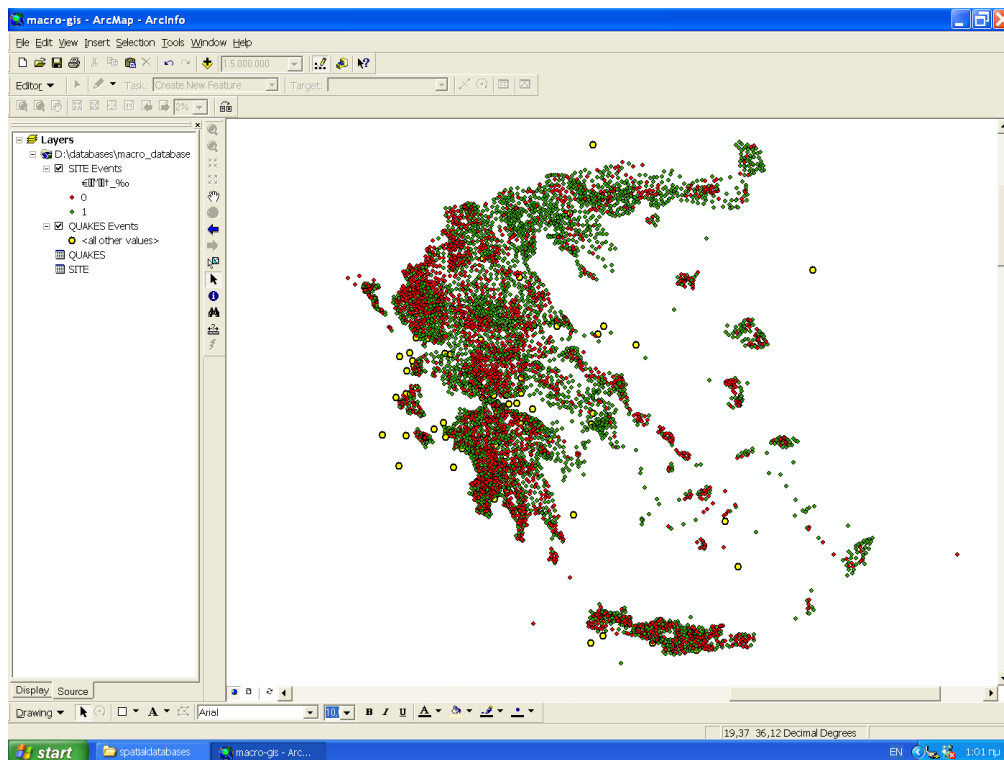
α) Οι Πίνακες QUAKES και SITES μπορούν να αποτελέσουν δυο διαφορετικά θεματικά επίπεδα. Ένα ερώτημα που συνδυάζει τα δυο θεματικά επίπεδα και καταλήγει σε ένα νέο σύνθετο θεματικό επίπεδο μπορεί σε ελεύθερη διατύπωση να είναι «Επιλογή από τον πίνακα QUAKES των σεισμών για τους οποίους υπάρχουν μακροσεισμικές παρατηρήσεις και από τον πίνακα SITES με συμβολισμό κόκκινο για τα τοπωνύμια που δεν

αποστέλλεται ερωτηματολόγιο και πράσινο για τα τοπωνύμια που αποστέλλεται». Το αποτέλεσμα παρουσιάζεται στην εικόνα 5.9.

β) Το ερώτημα μπορεί να διατυπωθεί για μια συγκεκριμένη περιοχή, πχ. για σεισμούς από τον πίνακα QUAKES και δημοτικά διαμερίσματα από τον πίνακα SITES που περιλαμβάνονται μεταξύ των γεωγραφικών συντεταγμένων 38-40N και 20-24E. Περαιτέρω, είναι δυνατόν να έχει και περιορισμό για το χρόνο (ο σεισμός να έχει συμβεί μέσα σε ένα χρονικό παράθυρο).



Εικόνα 5.8. Σχηματική αναπαράσταση της συνδεδεμένης χρήσης ΒΔ σεισμολογικών παρατηρήσεων και ΣΓΠ προς την κατεύθυνση ανάλυσης του σεισμικού κινδύνου και σχεδιασμού για απόκριση και ανακούφιση.



Εικόνα 5.9. Παρουσίαση των σεισμών για τους οποίους υπάρχουν μακροσεισμικές πληροφορίες (κίτρινοι κύκλοι) και των δήμων και δημοτικών διαμερισμάτων με δυο σύμβολα (πράσινοι κύκλοι εκεί που αποστέλλεται ερωτηματολόγιο μετά από ένα σεισμό και κόκκινοι κύκλοι εκεί που δεν αποστέλλεται ερωτηματολόγιο).

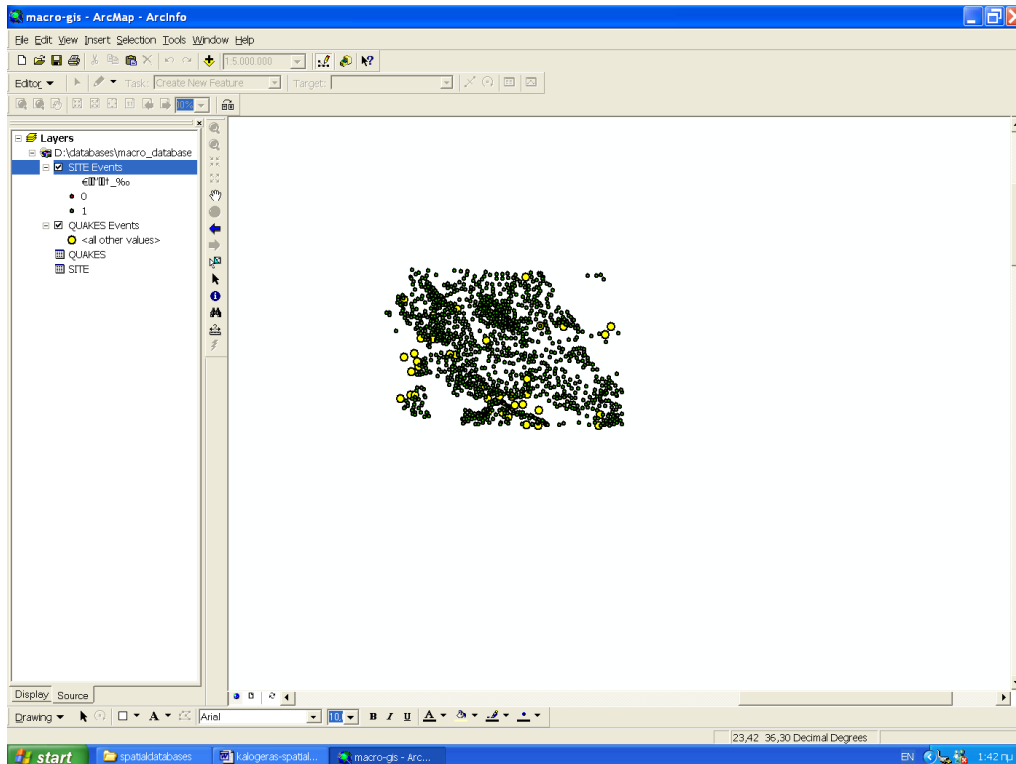
Η διατύπωση του ερωτήματος μέσα στο ΣΓΠ για το θεματικό επίπεδο SITES θα είναι:

“ΑΠΟΣΤΟΛΗ ΚΑΡΤΑΣ” = 1 AND “LATS” >= 38 AND “LATS” <= 40 AND “LONS” >= 20 AND “LONS” <= 24

Η διατύπωση του ερωτήματος για το θεματικό επίπεδο QUAKES θα είναι:

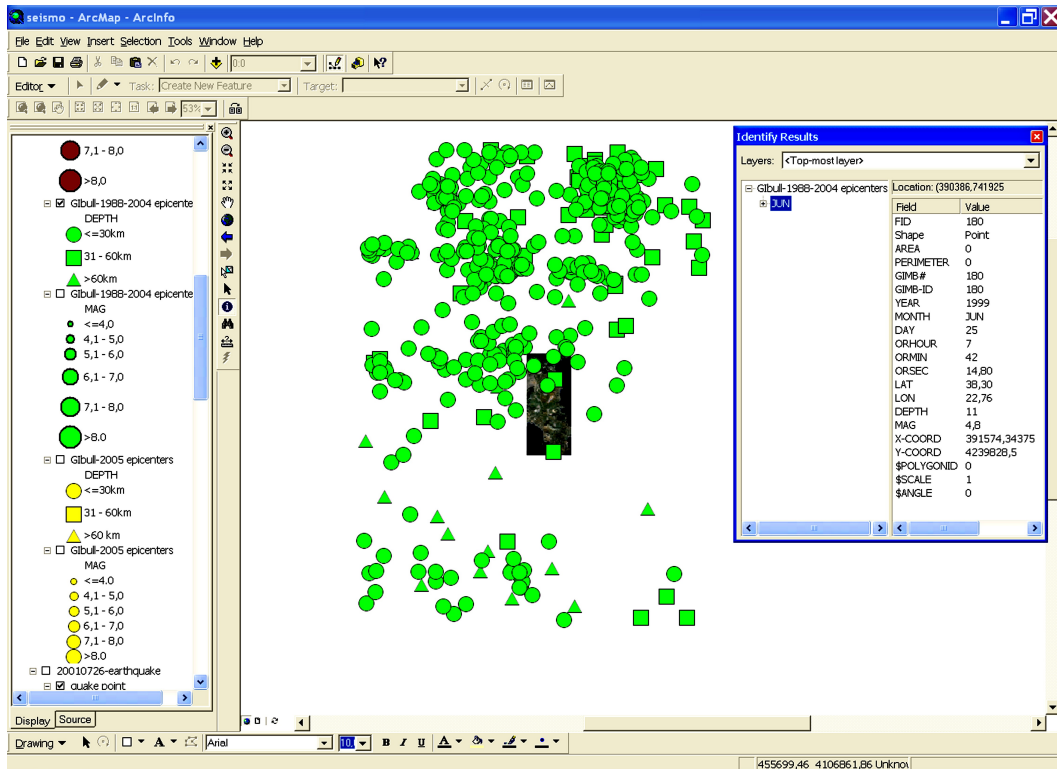
“LATE” >= 38 AND “LATE” <= 40 AND “LONE” >= 20 AND “LONE” <= 24 AND “LONE” <= 24

Το αποτέλεσμα του ερωτήματος οπτικοποιημένο φαίνεται στην εικόνα 5.10.

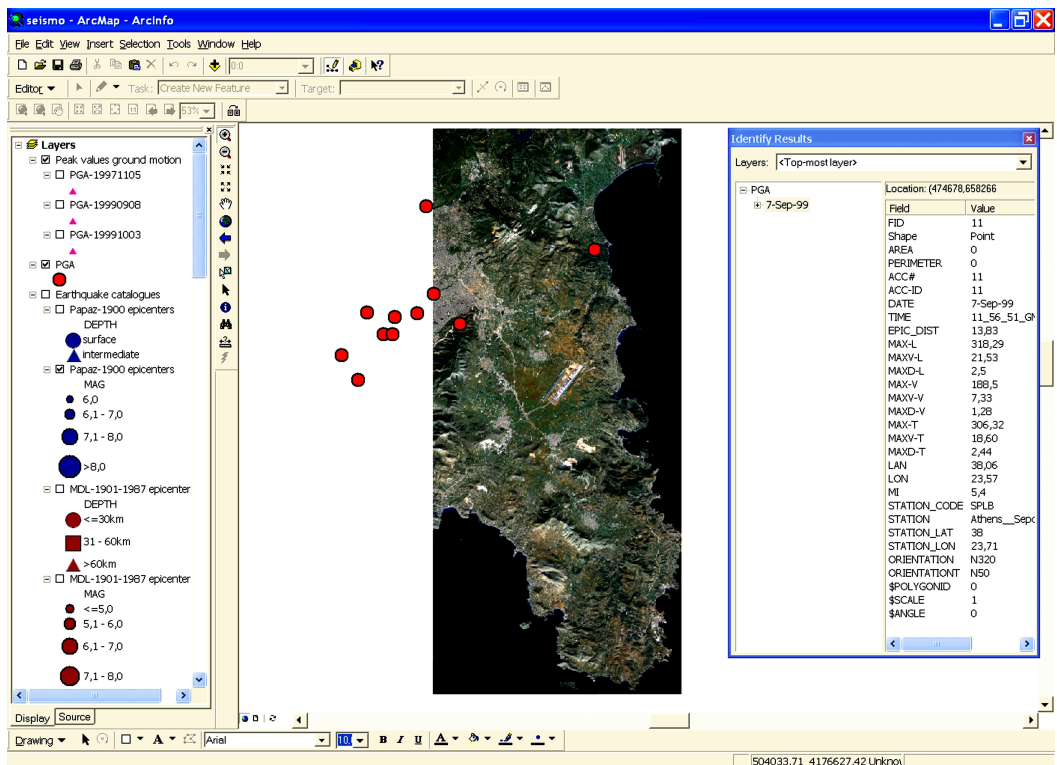


Εικόνα 5.10. Εμφάνιση των σεισμών μεταξύ 38-40N και 20-24E και των θέσεων όπου αποστέλλεται ερωτηματολόγιο μέσα στο ίδιο τετράπλευρο.

γ) Για μια ολοκληρωμένη παρουσίαση των διαθέσιμων σεισμολογικών δεδομένων για την περιοχή της Ανατολικής Αττικής, οργανώθηκαν κάτω από το λογισμικό ArcGIS σε διαφορετικά θεματικά επίπεδα i) κατάλογοι σεισμών με δυνατότητα παρουσίασης αυτών ως προς τη βιβλιογραφική πηγή, ως προς το βάθος και ως προς το μέγεθος, ii) δεδομένα από τη ΒΔ ισχυρών εδαφικών δονήσεων (Theodulidis et al., 2004), iii) δεδομένα από τη ΒΔ των μακροσεισμικών παρατηρήσεων iv) οι ζώνες σεισμικότητας κατά Parazachos & Papaioannou (1997) και v) για τους πιο σημαντικούς σεισμούς της ευρύτερης περιοχής δημιουργήθηκαν ιδιαίτερα θεματικά επίπεδα, τα οποία περιλαμβάνουν τις διαθέσιμες σεισμολογικές παρατηρήσεις για κάθε έναν από αυτούς. Για παράδειγμα η εικόνα 5.11 αποτελεί μια παρουσίαση των σεισμών από τα δελτία του Γεωδυναμικού Ινστιτούτου για τη χρονική περίοδο 1988 – 2005 με κατάταξη σε 3 κατηγορίες ως προς το εστιακό βάθος (0-30km, 31-60km, >60km), ενώ το παράθυρο στα δεξιά της εικόνας περιγράφει έναν από αυτούς (αύξων αριθμός στον αντίστοιχο κατάλογο, χρόνος γένεσης, γεωγραφικές συντεταγμένες, εστιακό βάθος, μέγεθος και συντεταγμένες στο ΕΓΣΑ87. Μια δορυφορική εικόνα της περιοχής της Ανατολικής Αττικής χρησιμοποιείται ως υπόβαθρο. Στην εικόνα 5.12 φαίνονται οι θέσεις των επιταχυνσιογράφων στην ευρύτερη περιοχή. Το θεματικό



Εικόνα 5.11. Παρουσίαση των σειμών με συμβολισμό ως προς το βάθος από τους καταλόγους σειμών του Γ.Ι. για την περίοδο 1988-2004 και για αποστάσεις 100 χλμ γύρω από την περιοχή της Ανατολικής Αττικής.



Εικόνα 5.12. Παρουσίαση των θέσεων των επιταχυνσιογράφων στην ευρύτερη περιοχή με πληροφόρηση για τις μέγιστες τιμές εδαφικής δόνησης από τη ΒΔ ισχυρών εδαφικών κινήσεων.

επίπεδο PGA έχει προέλθει ως αποτέλεσμα της αναζήτησης σεισμών από τους διαφορετικούς καταλόγους για τους οποίους η ΒΔ ισχυρών εδαφικών δονήσεων περιλαμβάνει αντίστοιχα δεδομένα. Το παράθυρο στα δεξιά της εικόνας περιλαμβάνει τις πληροφορίες για μια από τις θέσεις (Σεπόλια), στοιχεία για το σεισμό για τον οποίο σημειώθηκαν οι μέγιστες τιμές εδαφικής δόνησης, τις μέγιστες τιμές, την επικεντρική απόσταση και τον προσανατολισμό των οριζοντίων συνιστωσών του οργάνου. Στην εικόνα 5.13 παρουσιάζεται το θεματικό επίπεδο που αφορά το σεισμό της Αθήνας και έχει προέλθει ως αποτέλεσμα του συνδυασμού των ΒΔ των μακροσεισμικών παρατηρήσεων και των ισχυρών εδαφικών δονήσεων. Το ερώτημα που απομονώνει το ζητούμενο σεισμό από την πρώτη ΒΔ είναι:

"YEAR" = 1999 AND "MONTH" = 'SEP' AND "DAY" = 7

και από τη δεύτερη ΒΔ είναι:

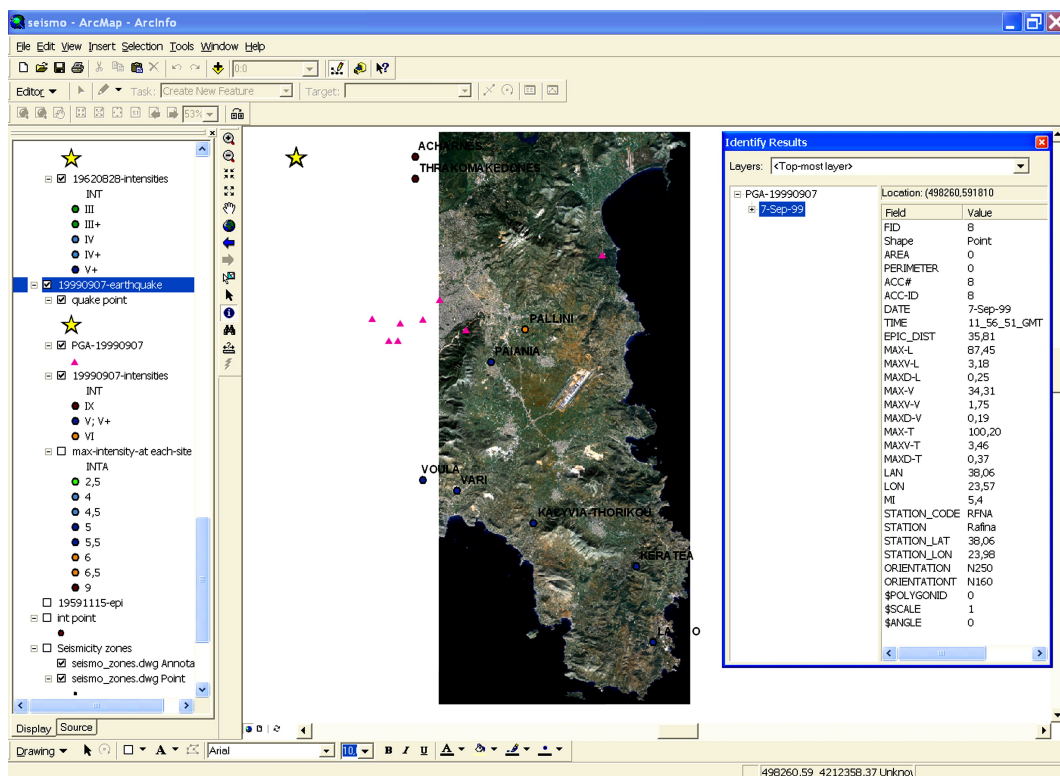
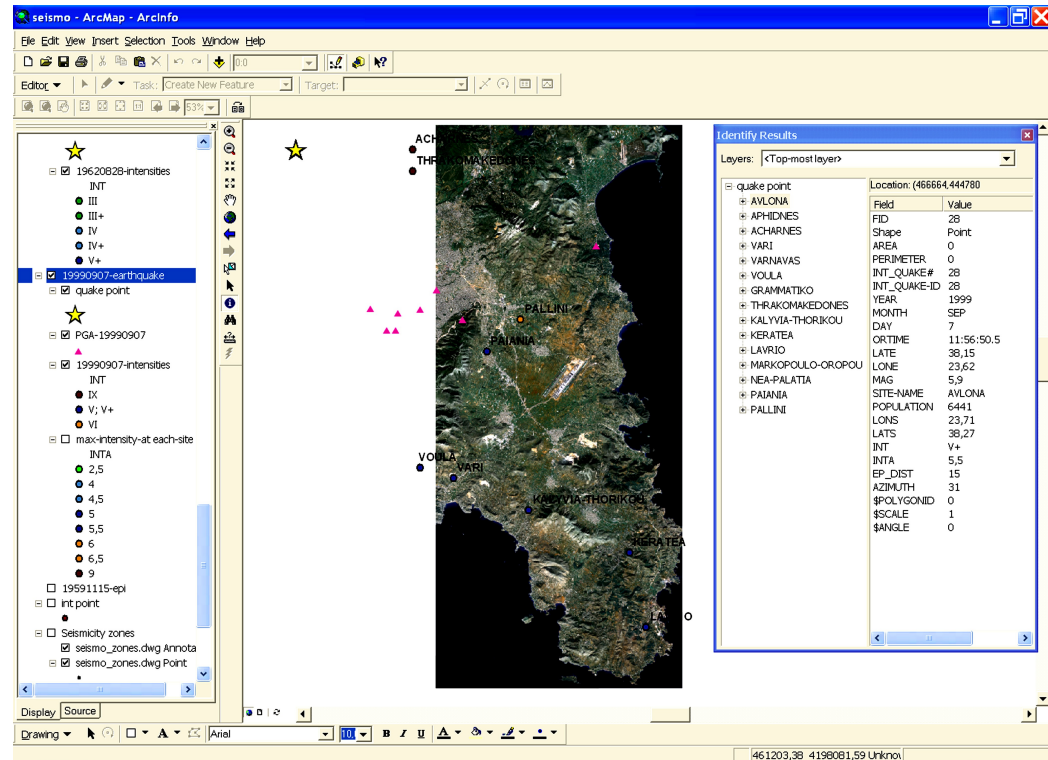
"DATE" = '7-Sep-99'

Το επίκεντρο του σεισμού (κίτρινο άστρο) προέρχεται από την πρώτη ΒΔ. Το παράθυρο στα δεξιά της εικόνας παρουσιάζει αφενός) τις θέσεις των δημοτικών διαμερισμάτων για τις οποίες υπάρχουν μακροσεισμικές παρατηρήσεις για συγκεκριμένο σεισμό, ή άλλο πληροφοριακό παράθυρο αφορά τις θέσεις των επιταχυνσιογράφων (ροζ τρίγωνα) και τις μέγιστες τιμές εδαφικής δόνησης για κάθε θέση.

5.3 Εφαρμογή της γεωστατιστικής μεθόδου kriging για τη χάραξη ισοσειστών καμπυλών

Η μελέτη των μακροσεισμικών παρατηρήσεων, κατά μια προσέγγιση, σκοπεύει στο να απαντήσει στα δυο επόμενα ερωτήματα (De Rubeis et al., 2005): α) πως θα ήταν το σχέδιο χωρικής κατανομής των εντάσεων από έναν σεισμό στην περίπτωση που όλος ο χώρος ήταν καλυμμένος από πολεοδομικά συγκροτήματα, έτσι ώστε να μπορούσαμε να αποδώσουμε μια τιμή μακροσεισμικής έντασης σε κάθε σημείο και β) είναι δυνατόν να διαχωριστούν οι πηγές σφαλμάτων που εμπεριέχονται στις τιμές μακροσεισμικής έντασης;

Είναι φανερό ότι οι απαντήσεις, ιδιαίτερα στο πρώτο ερώτημα δεν είναι καθόλου οριστικοποιημένες, ωστόσο γίνεται φανερό ότι απαιτούνται τρόποι παρεμβολής τιμών ώστε να συμπληρωθεί ολόκληρο το μακροσεισμικό πεδίο, λαμβάνοντας υπόψη ότι στη διαμόρφωση του μακροσεισμικού πεδίου συμμετέχουν η σεισμική πηγή, το γεωλογικό –



Εικόνα 5.13. Οπτικοποίηση του ερωτήματος για τις σημειούμενες μακροσεισμικές εντάσεις και τις θέσεις των επιταχυνσιογράφων που κατέγραψαν το σεισμό της Αθήνας (1999) στην περιοχή της Αττικής.

τεκτονικό καθεστώς και τα χαρακτηριστικά συμπεριφοράς των κατασκευών υπό σεισμική φόρτιση.

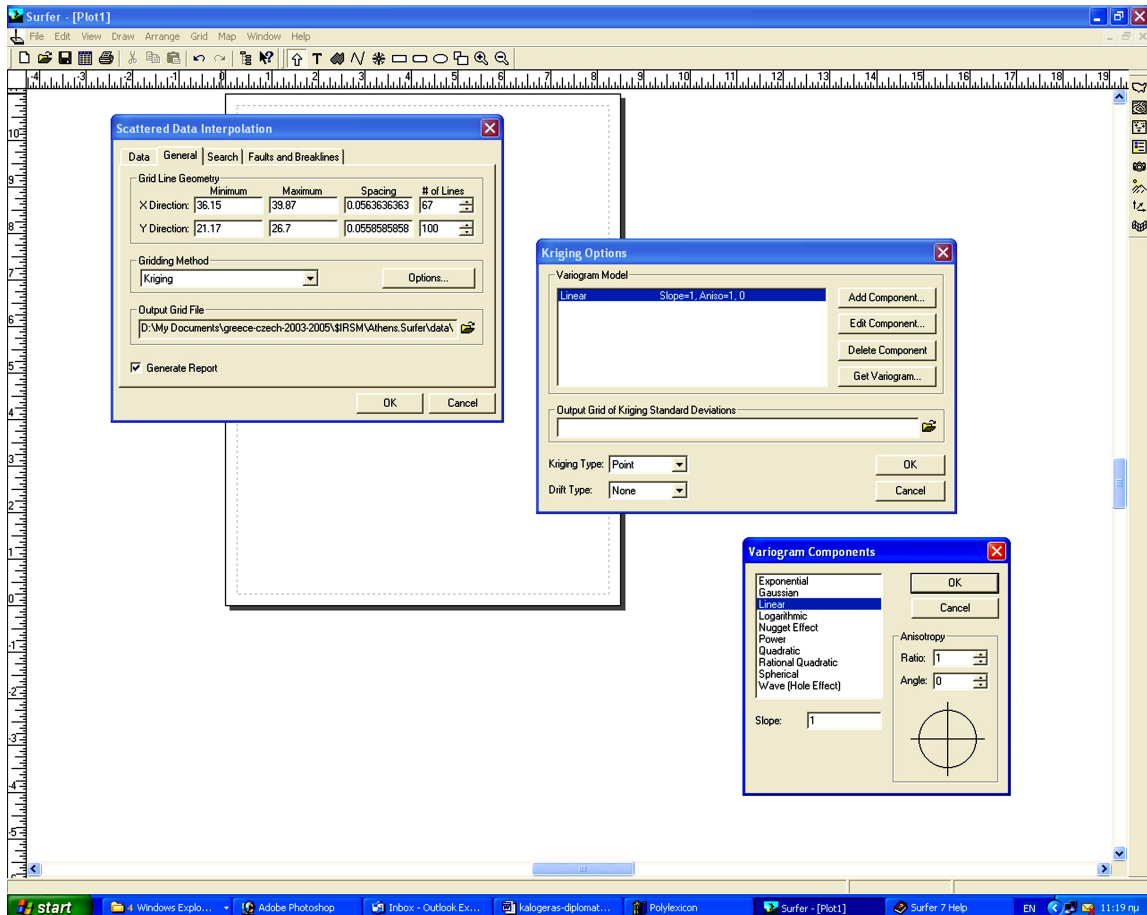
Το σχήμα του μακροσεισμικού πεδίου έτσι όπως διαμορφώνεται από τη συμμετοχή των διαφορετικών παραγόντων, αποδίδεται με τις ισόσειστες, τις γραμμές δηλαδή που συνδέουν τόπους ίσης μακροσεισμικής έντασης. Το πρόβλημα της σχεδίασης αντικειμενικών χαρτών ισοσειστών υφίσταται για μερικές εκατοντάδες χρόνια, από τις πρώτες προσπάθειες των De Poardi (1627), Egen (1828) ή του Mallet (1862). Στη μελέτη των Cecic et al. (1996) αναφέρονται όλες οι αβεβαιότητες που υπεισέρχονται.

Αρχικά, οι χάρτες ισοσειστών σχεδιάζονταν με το χέρι από κάποιον έμπειρο επιστήμονα (Schebalin, 1974; Μηνιαία δελτία Γεωδ. Ινστ.). Αργότερα προτάθηκαν διάφορες υπολογιστικές μέθοδοι για τον αυτόματο σχεδιασμό των ισοσειστών με ελλειπτικό σχήμα που αποδίδει το σχέδιο διάδοσης της σεισμικής ενέργειας (Papazachos et al., 1997). Τέλος χρησιμοποιούνται διάφορες γεωστατιστικές μέθοδοι (nearest neighbor, kriging), οι οποίες πιστεύεται ότι αποδίδουν καλύτερα τις τεκτονικές και γεωλογικές ιδιαιτερότητες (Pettenati et al., 1999; Sirovich et al., 2002; De Rubeis et al., 2006; Schenk et al., 2006).

Η kriging (Cressie, 1990, 1991; Isaaks & Srivastava, 1998; Burrough & McDonnell, 1998) είναι μια γεωστατιστική μέθοδος σχεδιασμού πλέγματος (girding), η οποία βασίζεται στη θεωρία των περιφερειοποιημένων μεταβλητών (regionalized variables) και η οποία επιτρέπει τη χάραξη χαρτών ισογραμμών από δεδομένα που είναι ακανόνιστα διεσπαρμένα στο χώρο. Αναπτύχθηκε από το Γάλλο μαθηματικό Matheron (1971) και τον Νότιο-Αφρικανό D.G. Krige για να εφαρμοστεί στα μεταλλεία, ενώ σήμερα εφαρμόζεται στη μοντελοποίηση του υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα, στη χαρτογράφηση εδαφών ή αποτελεί τμήμα των εμπορικών GIS πακέτων. Η kriging εμπεριέχει την πυκνότητα κατανομής των σημείων, παρέχει έναν υπολογισμό του σφάλματος και των ορίων εμπιστοσύνης για καθένα από τα σημεία που παρεμβάλλει, καταλήγοντας τελικά να μοντελοποιεί τις τοπικές ανωμαλίες και τάσεις. Η βασική συνιστώσα της μεθόδου που παρέχει τις προαναφερόμενες δυνατότητες είναι η *variogram function* και η οποία λαμβάνει υπόψη τα τοπικά χωρικά χαρακτηριστικά.

Υπάρχουν δυο βασικές διαδικασίες της μεθόδου η point kriging και η block kriging. Η πρώτη προσδιορίζει τις τιμές των σημείων ακριβώς στους κόμβους του δικτύου που κατασκευάζει. Η δεύτερη προσδιορίζει τις μέσες τιμές για ορθογώνια παραλληλεπίπεδα, των οποίων το κέντρο συμπίπτει με τους κόμβους του δικτύου. Ο δεύτερος τύπος υπολογίζει μέσους όρους, επομένως παράγει περισσότερο ομαλοποιημένες ισογραμμές.

Στην παρούσα εργασία γίνεται μια αναλυτική εφαρμογή της point kriging, ώστε να επιλεγούν οι κατάλληλες παράμετροι για εφαρμογή της σε σεισμούς του Ελληνικού χώρου. Οι διάφορες δοκιμές έγιναν με χρήση του λογισμικού SURFER (εικόνα 5.14, Golden Software Inc, 2004), το οποίο προτείνει δυο διαφορετικές προσεγγίσεις για την variogram function: είτε να χρησιμοποιηθούν οι εξ ορισμού από το πρόγραμμα τιθέμενες παράμετροι, είτε αυτές να μοντελοποιηθούν.



Εικόνα 5.14 . Τα μενού του λογισμικού SURFER που αφορούν της εφαρμογή της kriging και την επιλογή των διαφόρων παραμέτρων που θα χρησιμοποιηθούν.

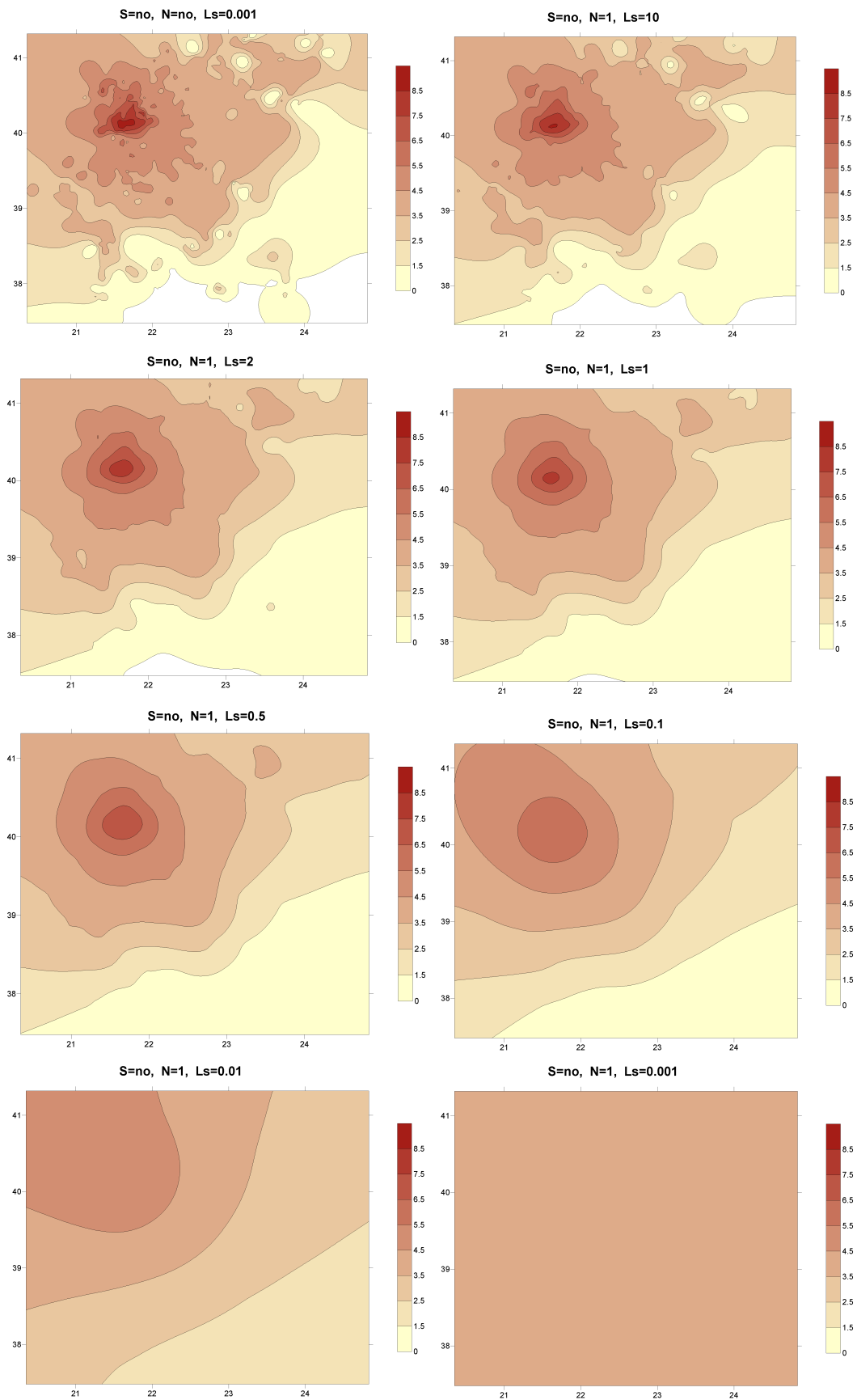
Στην πρώτη περίπτωση οι παράμετροι *nugget effect* και *slope* είναι άγνωστες και οι εξ ορισμού τιμές του SURFER είναι $slope = 1$, $anisotropy = 1$ και $nugget\ effect = NO$ (Barnes, 1991). Στη δεύτερη προσέγγιση η επιλογή γίνεται πολύπλοκη διότι θα πρέπει σε κάθε δοκιμή να επιλέγεται ένα μοντέλο (exponential, Gaussian, linear, logarithmic, spherical, rational quadratic κλπ), επιπλέον δε να προσδιορίζεται ο λόγος της κατακόρυφης προς την οριζόντια κλίμακα και η *slope* της variogram function. Με δεδομένο το στόχο της εφαρμογής της μεθόδου, που είναι η χάραξη χαρτών ισοσειστών κατά το δυνατόν ομοιογενών και ανεπηρέαστων από διάφορους παράγοντες (πχ

μαθηματικών μοντέλων που η επιρροή τους είναι άγνωστη), αποφασίστηκε η εφαρμογή της πρώτης προσέγγισης (default linear variogram) με δοκιμές μικρών τροποποιήσεων.

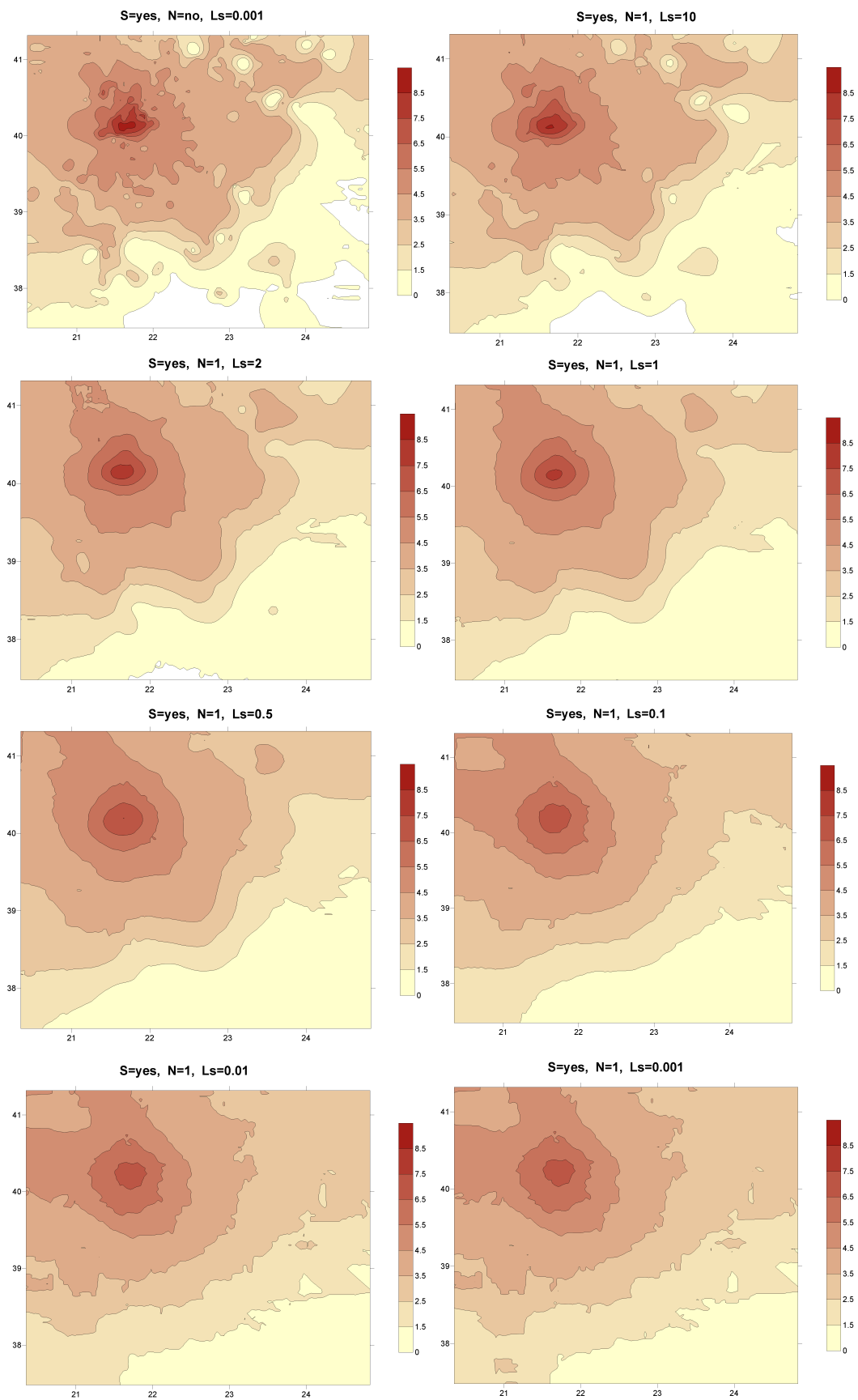
Οι παράμετροι που υπεισέρχονται σε αυτήν την περίπτωση είναι:

- Η κλίση (slope, L_s)
- Η ανισοτροπία (anisotropy, A), επιτρέπει κατά τη διαδικασία της κατασκευής του πλέγματος να λαμβάνονται υπόψη τυχόν τάσεις των δεδομένων (υπό την έννοια μιας ροπής ή κατεύθυνσης). Γενικά τα μακροσεισμικά δεδομένα ακολουθούν περισσότερο ή λιγότερο κανονική κατανομή και γι' αυτό επελέγη στους υπολογισμούς η τιμή $A=1$. Περαιτέρω η ανισοτροπία ελέγχεται από τη σχέση (ratio, r) του μέγιστου προς το μικρότερο εύρος τιμών και από τη γωνία (angle) που είναι η τιμή της γωνίας της προτιμώμενης κατεύθυνσης των δεδομένων. Γενικά εάν $A>3$ η ανισοτροπία θεωρείται σημαντική και η τάση αυτή είναι εμφανής στη μορφή των δεδομένων επί του χάρτη.
- Το nugget effect N εφαρμόζεται όταν αναμένεται ότι τα δεδομένα εμπεριέχουν πηγές σφαλμάτων. Η επίδραση αυτή εισάγεται από τη variogram function η οποία παράγεται από τα συγκεκριμένα δεδομένα. Όσο μεγαλύτερη είναι η τιμή του N τόσο το παραγόμενο πλέγμα τιμών είναι πιο ομαλοποιημένο (Gressie, 1991). Ωστόσο η ομαλοποίηση των ισογραμμών εξαρτάται και από τη σχέση μεταξύ N και L_s .
- Η επιλογή *Search* ή *No Search* καθορίζει για το αν θα χρησιμοποιηθούν μέρος ή όλα τα δεδομένα αντίστοιχα. Στην περίπτωση που δε χρησιμοποιηθούν όλα τα δεδομένα (search), θα πρέπει να καθοριστεί μέσω κανόνων (search rules) ο αριθμός των δεδομένων. Για μικρά δείγματα, μέχρι 250 σημεία, η καταλληλότερη επιλογή είναι αυτή του no search. Η επιλογή no search εξ ορισμού χρησιμοποιείται από το λογισμικό για μέχρι 400 σημεία, ενώ για δείγματα με πάνω από 1000 σημεία η επιλογή no search παράγει σφάλμα (Golden Software Inc., 2004).

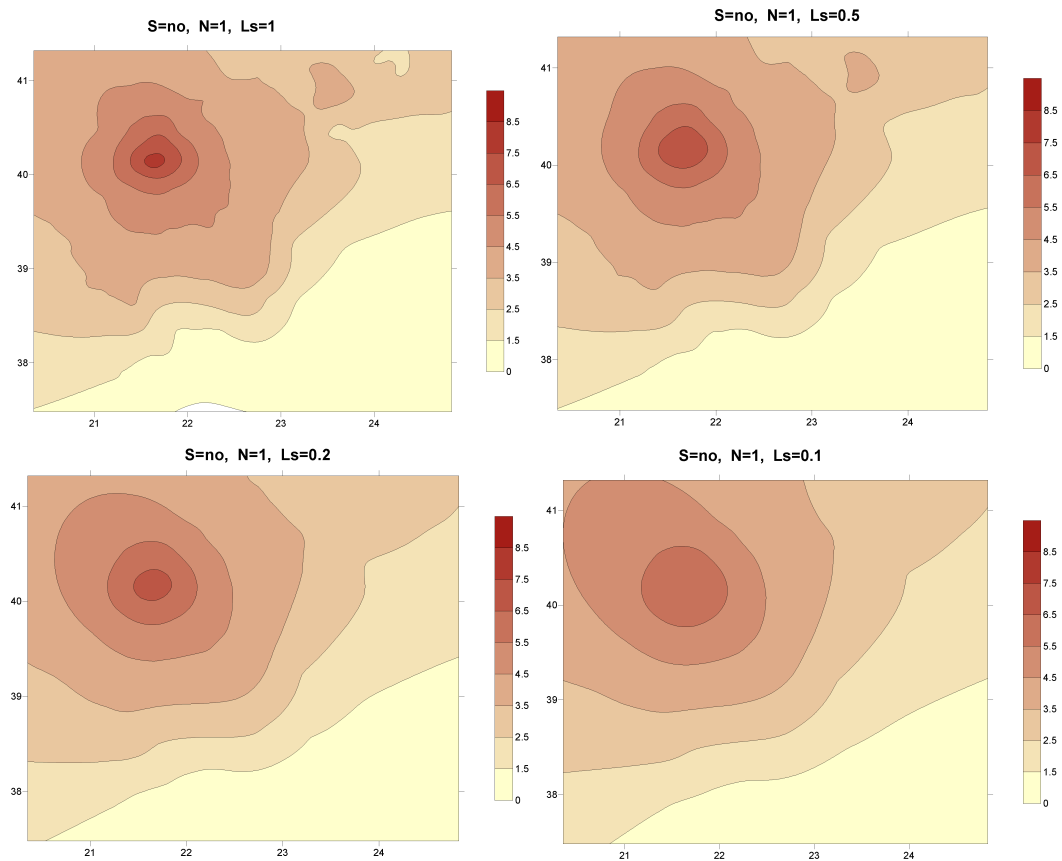
Στις εικόνες 5.15 (επιλογή no search) και 5.16 (επιλογή search) φαίνονται διαφορετικές δοκιμές για 650 μακροσεισμικές παρατηρήσεις από το σεισμό Κοζάνης – Γρεβενών (1995). με διαφορετικούς συνδυασμούς του nugget effect ($N=1$, $N=0$) και slope ($0.001 < L_s < 10$).



Εικόνα 5.15. Το μακροσεισμικό πεδίο με εφαρμογή της επιλογής “No Search”



Εικόνα 5.16. Το μακροσεισμικό πεδίο με εφαρμογή της επιλογής “Search”



Εικόνα 5.17. Το μακροσεισμικό πεδίο όπως διαμορφώνεται από διαφορετικές τιμές του λόγου r ($r=N/Ls$)

Τα αποτελέσματα της σύγκρισης μπορούν να συνοψισθούν ως εξής:

- Η επιλογή search κρατάει σχετικά ανεπηρέαστη τη μορφή του μακροσεισμικού πεδίου για διαφορετικές τιμές του N και του Ls .
- Η επιλογή search δείχνει μια ελαφρά ομαλοποίηση για τιμές $N=1$ και $Ls=1$.
- Η επιλογή no search δείχνει πιο έντονα το αποτέλεσμα της ομαλοποίησης και μάλιστα όσο μεγαλύτερος είναι ο λόγος $r = N/Ls$ τόσο πιο έντονα φαίνεται το αποτέλεσμα. Στην εικόνα 5.17 φαίνεται αυτή ακριβώς η επίδραση του r ($0.1 < r < 100$) και με $N=1$, επειδή οι μακροσεισμικές παρατηρήσεις εμπεριέχουν αβεβαιότητες (κατά τη συλλογή τους και την αξιολόγησή τους). Αποδεκτή εικόνα ομαλοποίησης δείχνουν οι τιμές $0.5 < r < 2$.

6

Συμπεράσματα - Συζήτηση - Προτάσεις

Στα πλαίσια της παρούσας εργασίας γίνεται προσπάθεια εφαρμογής σύγχρονων μεθοδολογιών λογισμικού επί των μακροσεισμικών δεδομένων που συγκεντρώνει και διαχειρίζεται το Γεωδυναμικό Ινστιτούτο του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών, με στόχο την οργανωμένη αρχειοθέτηση των ήδη συγκεντρωμένων παρατηρήσεων, την βελτίωση από άποψη ταχύτητας και οργάνωσης στη διαδικασία αποστολής μακροσεισμικών ερωτηματολογίων για τους σημαντικούς σεισμούς του Ελληνικού χώρου, τη δυνατότητα διατύπωσης ερωτημάτων ώστε να βρεθούν σχέσεις σύνδεσης των διαφόρων παραμέτρων, την οπτικοποίηση των δεδομένων και των αποτελεσμάτων των ερωτημάτων και την τυποποίηση και την κατά το δυνατόν αντικειμενικοποίηση της διαδικασίας απάντησης και αξιολόγησης των ερωτηματολογίων. Ειδικότερα:

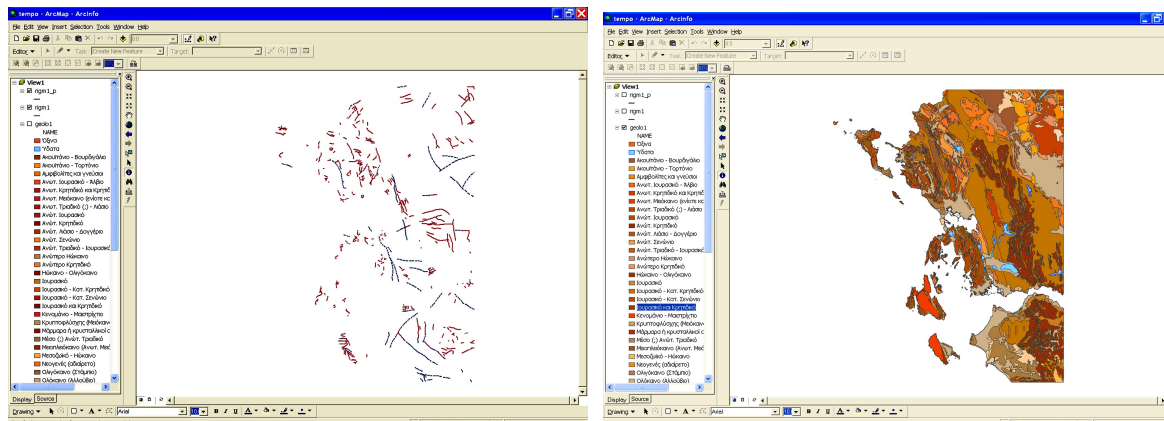
Μια βάση δεδομένων μακροσεισμικών παρατηρήσεων μπορεί να θεωρηθεί ως βάση χωρικών δεδομένων διότι περιγράφει τις επιπτώσεις ενός φυσικού φαινομένου επί των ανθρώπων, των αντικειμένων, του περιβάλλοντος και των κατασκευών, που μπορούν να αναπαρασταθούν με τη θέση τους.

Λόγω του όχι ιδιαίτερα μεγάλου όγκου δεδομένων που μπορεί να περιλάβει επιλέχθηκε η εφαρμογή της σε περιβάλλον MsAccess που μπορεί να θεωρηθεί ότι δεν υποστηρίζει επαρκώς χωρικά δεδομένα, όμως από την άλλη πλευρά είναι ένα εύχρηστο λογισμικό που συνδέεται με άλλα λογισμικά τα οποία σε μεγάλο βαθμό δίνουν λύσεις στα προβλήματα διατύπωσης ερωτημάτων και οπτικοποίησης των χωρικών δεδομένων.

Η ενσωμάτωση στη ΒΔ σχέσεων που συνδέουν τα μεγέθη με τα οποία ασχολείται η εφαρμογή βελτιώνει την αποδοτικότητά της σε χρόνο (επιτάχυνση διαδικασίας αποστολής ερωτηματολογίων) και σε χρήμα (λιγότερες απαιτήσεις σε προσωπικό και σε ταχυδρομικά τέλη), με δεδομένο ότι βρίσκει εφαρμογή στην αποστολή ερωτηματολογίων στους επιλεγμένους δήμους και δημοτικά διαμερίσματα μετά από έναν ισχυρό σεισμό.

Δεδομένου ότι η MsAccess καλύπτει τις βασικές ανάγκες της ταξινόμησης των μακροσεισμικών παρατηρήσεων από άποψη όγκου δεδομένων και διαχείρισής τους, το

πρόβλημα της χρήσης περισσότερο σύνθετων χωρικών δεδομένων, που δεν εξυπηρετούνται επαρκώς από ένα σχεσιακό σύστημα, μπορεί να επιλυθεί με το συνδυασμό της με ένα ΣΓΠ. Για παράδειγμα η εισαγωγή στο σύστημα της γεωλογίας και των τεκτονικών γραμμών, μπορεί να λειτουργήσει προς αυτή την κατεύθυνση (εικόνα 6.1) και να αντικαταστήσει τη σχεσιακή – περιγραφική ενσωμάτωση της γεωλογίας στη ΒΔ μακροσεισμικών παρατηρήσεων.



Εικόνα 6.1. Ψηφιοποιημένες πολυγραμμές (ρήγματα) και πολύγωνα (όρια γεωλογικών σχηματισμών) σε ΣΓΠ.

Στα πλαίσια της τυποποίησης στη διαδικασία απάντησης και αξιολόγησης των μακροσεισμικών ερωτηματολογίων αναπτύσσεται ένα έμπειρο σύστημα με στόχο την βελτίωση της αντικειμενικότητας σε όλη τη διαδικασία εκτίμησης της μακροσεισμικής έντασης και την κατά το δυνατόν τυποποίηση της γνώσης στο συγκεκριμένο θέμα. Διατυπώθηκαν συγκεκριμένοι κανόνες που θα καθοδηγούν στον προσδιορισμό της μακροσεισμικής έντασης σε έναν τόπο ανάλογα με τις πραγματικές επιπτώσεις του συγκεκριμένου σεισμού, με σκοπό να υποβοηθούνται όλοι οι δυνητικοί χρήστες (αναλυτές ή παρατηρητές: έμπειρος σεισμολόγος, πολιτικός μηχανικός, διοικητικός υπάλληλος κλπ). Το έμπειρο σύστημα βασίστηκε στην περιγραφή των επιπτώσεων που εισάγει η Ευρωπαϊκή Μακροσεισμική Κλίμακα (EMS-98).

Πλεονέκτημα της συγκεκριμένης κλίμακας είναι η εισαγωγή διαφόρων εννοιών (ποσότητα, βαθμός βλαβών, τρωτότητα) που ποσοτικοποιούν τις επιπτώσεις του σεισμού σε έναν τόπο, έτσι ώστε από μόνη της να βελτιώνει την τυποποίηση της όλης διαδικασίας προσδιορισμού της μακροσεισμικής έντασης.

Στην παρούσα εργασία ακολουθήθηκαν οι βασικές αρχές για την ανάπτυξη του συγκεκριμένου έμπειρου συστήματος, όπως φαίνονται στο διάγραμμα της εικόνας 4.4: προσδιορισμός του προβλήματος, ανάλυση προϋποθέσεων και πρόσληψη γνώσης,

επιλογή των εργαλείων του συστήματος, αναπαράσταση, επαλήθευση, έλεγχος αξιοπιστίας και υλοποίηση. Πιο συγκεκριμένα:

Το πρόβλημα προσδιορίζεται στον όσο το δυνατόν αντικειμενικότερο προσδιορισμό της μακροσεισμικής έντασης σε έναν τόπο αναγνωρίζοντας ότι στην όλη διαδικασία υπεισέρχεται η υποκειμενικότητα του χρήστη-παρατηρητή καθώς και αυτή του χρήστη-αναλυτή. Η γνώση προσλαμβάνεται από την εμπειρία του επιστημονικού προσωπικού του Γεωδυναμικού Ινστιτούτου που για περισσότερο από 100 έτη είναι ο υπεύθυνος φορέας στον ελληνικό χώρο για την συλλογή και επεξεργασία των μακροσεισμικών παρατηρήσεων, έχοντας αναπτύξει μια σημαντική βάση δεδομένων. Ακολουθεί ο καθορισμός των εννοιών που υπεισέρχονται σε μια κλίμακα μακροσεισμικής έντασης και που θα μπορούσαν να αποτελέσουν τις κλάσεις, τα αντικείμενα και τις ιδιότητες στα πλαίσια ενός έμπειρου συστήματος, ώστε να αναπτυχθούν οι αντίστοιχοι κανόνες που θα τα συνδέουν. Η αναπαράσταση, η επαλήθευση και ο έλεγχος της αξιοπιστίας έγινε με την οικοδόμηση των κανόνων με μικρά βήματα (βαθμό προς βαθμό μακροσεισμικής έντασης και εισαγωγής έννοιας προς έννοια), ενώ η υλοποίηση έγινε με δοκιμή βαθμολόγησης ήδη απαντημένων ερωτηματολογίων.

Ωστόσο, επειδή η διαδικασία συλλογής και αξιολόγησης μακροσεισμικών παρατηρήσεων δεν είναι ποτέ απόλυτα οριοθετημένη και περιλαμβάνει είτε αόριστες περιγραφές που δεν μπορούν να ακολουθήσουν επακριβώς ένα συγκεκριμένο κανόνα είτε κατά την αξιολόγηση από τον έμπειρο επιστήμονα παρέχεται η δυνατότητα απόδοσης αυτών των αοριστιών με βαθμούς έντασης πχ VI+ ή VIII+, το σύστημα σε επόμενη φάση θα πρέπει να εμπλουτισθεί είτε με ένα ακόμα επίπεδο κανόνων που θα αποδίδουν αυτή την αβεβαιότητα είτε με δυνατότητες ασαφούς λογικής. Η αβεβαιότητα αυτή, έτσι όπως περιγράφονται οι συνέπειες των σεισμών από την ίδια την κλίμακα EMS-98, αποτυπώνεται στους Πίνακες II και V, που αφορούν την τρωτότητα των κτιρίων και τις επιπτώσεις των σεισμών στο περιβάλλον αντίστοιχα, καθώς και στην εικόνα 2.3, που αφορά τον προσδιορισμό των ποσοτήτων (λίγοι, πολλοί, πλείστοι). Επιπλέον, ακόμα και αν το ίδιο το σύστημα απορρίπτει το συνδυασμό παρατηρήσεων που αντιστοιχούν σε βαθμούς έντασης που σαφώς διαφέρουν μεταξύ τους (π.χ. III – σεισμός αισθητός από λίγους - με V – σεισμός αισθητός από πολλούς), είναι δυνατόν στην πραγματικότητα μερικές παρατηρήσεις που περιγράφουν π.χ. την ένταση V – βλάβες βαθμού 1 σε λίγα κτίρια τρωτότητας A και B - να συνυπάρξουν με παρατηρήσεις που περιγράφουν την ένταση VI – βλάβες βαθμού 1 σε πολλά κτίρια τρωτότητας A και B και βαθμού 2 σε λίγα κτίρια τρωτότητας A και B).

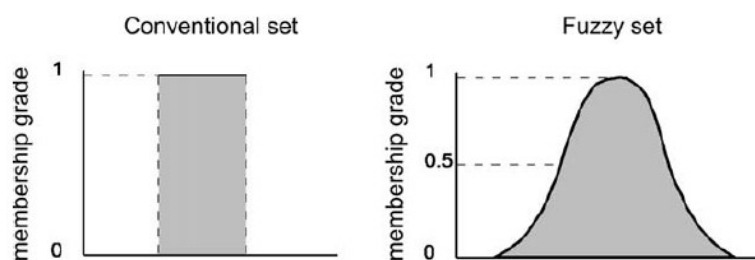
Ακριβώς αυτήν την ασάφεια υπό τη μορφή συνύπαρξης παρατηρήσεων, την οποία ο έμπειρος επιστήμονας αξιολογεί σε συνδυασμό με άλλες παρατηρήσεις, καλείται να αντιμετωπίσει ένα πιθανό σύστημα ασαφούς λογικής που αποδίδει βάρος σε κάθε παρατήρηση και βαθμό αξιοπιστίας σε κάθε βαθμό μακροσεισμικής έντασης. Αυτά ακολούθως ενσωματώνονται σε νέους κανόνες του τύπου:

If {reliability < 0.4} then {intensity = I - 1}

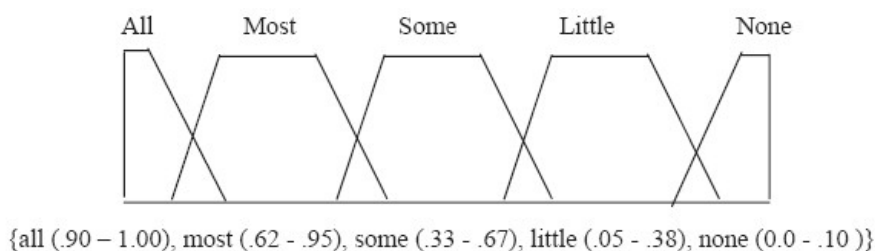
If {0.4 < reliability < 0.6} then {intensity = I +}

If {reliability > 0.6} then {intensity = I}

Ένα σύστημα ασαφούς λογικής (fuzzy expert system) αποτελείται από τρία βασικά στοιχεία (Klein, 1999), τις ασαφείς ομάδες (fuzzy sets), τις σχέσεις συνδρομής (membership relations) και τους κανόνες ασάφειας (fuzzy production rules). Σε αντίθεση με τα παραδοσιακά έμπειρα συστήματα, στα οποία οι κανόνες του τύπου IF-THEN βασίζονται στη δυαδική λογική, τα ασαφή συστήματα εισάγουν γλωσσολογικούς κανόνες που επιτρέπουν λιγότερο ακριβή ορολογία. Οι γλωσσολογικοί αυτοί όροι είναι λέξεις (π.χ. πολύ, λίγο, μεσαία, όλα, μερικά, κανένα) που συνδυάζονται με τις ασαφείς κατηγορίες μέσω των βαθμών συνδρομής. Η εικόνα 6.2 (Zadach, 1965) δείχνει το βαθμό συνδρομής στα παραδοσιακά έμπειρα συστήματα (αριστερά) και στα ασαφή συστήματα (δεξιά), ενώ η εικόνα 6.3 (Petry et al., 2003) δείχνει τη μετατροπή των γλωσσολογικών όρων σε αριθμητικές τιμές (βάρη), ώστε να είναι δυνατή η εισαγωγή τους σε υπολογιστικές μεθόδους.



Εικόνα 6.2. Παράσταση του βαθμού συνδρομής (membership grade) σε ένα παραδοσιακό έμπειρο σύστημα και σε ένα ασαφές σύστημα.



Εικόνα 6.3. Παράσταση ασαφών κατηγοριών με απόδοση της ασάφειας με βάρη.

Τέλος ένα άλλο σημείο που θα πρέπει να ληφθεί υπόψη, δεδομένου ότι το έμπειρο σύστημα καλύπτει την παράμετρο της αντικειμενικοποίησης της διαδικασίας συλλογής και επεξεργασίας μακροσεισμικών παρατηρήσεων, είναι το θέμα της χρονικής διάρκειας που απαιτεί η διαδικασία τουλάχιστον της βαθμολόγησης των απαντημένων ερωτηματολογίων. Για τον έμπειρο επιστήμονα ο χρόνος αυτός είναι σχετικά μικρός (της τάξης των 10-20 δευτ.) αναλυόμενος στο χρόνο που απαιτείται για την ανάγνωση των απαντήσεων και στο χρόνο της κριτικής επεξεργασίας αυτών. Με τη χρήση του έμπειρου συστήματος υπό την παρούσα μορφή ο χρόνος αυτός είναι πολλαπλάσιος και επομένως τίθεται το ερώτημα αν η αντικειμενικότητα υπερισχύει του απαιτούμενου χρόνου επεξεργασίας. Η ενσωμάτωση των κανόνων του έμπειρου συστήματος σε κατάλληλο πρόγραμμα Η.Υ., και παράλληλη επεξεργασία των απαντήσεων επίσης με πρόγραμμα του Η.Υ. είναι πιθανές ενέργειες προς την κατεύθυνση επίλυσης του προβλήματος.

Η επέκταση της χρήσης του διαδικτύου για τις απαντήσεις των ερωτηματολογίων, και η χρήση εργαλείων λογισμικού και προγραμματισμού που θα συνδέει όλες τις ΒΔ και το ΣΓΠ, βελτιώνουν το τελικό αποτέλεσμα προς κάθε κατεύθυνση (απόδοσης, διαλειτουργικότητας, ποιότητας) με στόχο την ανάλυση του σεισμικού κινδύνου.

7

Βιβλιογραφία

- ANTΩΝΙΑΔΗΣ, Δ., ΝΙΚΟΛΑΟΥ, Ε., ΠΑΠΑΧΡΙΣΤΟΔΟΥΛΟΥ, Α., ΠΕΤΡΟΠΟΥΛΟΥ, Α. (2003). Θεωρητική προσέγγιση ΣΔΧΒΔ και εφαρμογή σε περιβάλλον ArcView – Access. *Σχολή Αγρ. & Τοποφρ. Μηχ. Ε.Μ.Π. ΠΜΣ Γεωπληροφορική*, σελ. 48.
- AWAD, E.M. (1996). Building expert systems: Principles, procedures and applications. *West Publishing Company*.
- BARBANO, M.S. AND SALEMI, G. (1990). Expert system for the macroseismic intensity degree assessment. *Proc. XXII General Assembly ESC, Barcelona, Application of Personal Computers in Seismology*, by Fernandez, M.G., Roca, A. and Poupinet, G. (eds).
- BARNES, R. (1991), "The Variogram Sill and the Sample Variance," *Mathematical Geology*. v. 23, n. 4, p. 673-678.
- BUGARIN, A. J., & BARRO, S. (1998). Reasoning with truth values on compacted fuzzy chained rules. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics—Part B: Cybernetics*, 28, 34–46.
- CECIC, I. AND MUSSON R. (2004). Macro seismic Surveys in Theory and Practice. *Natural Hazards*, 31, 39 61.
- CECIC, I., MUSSON R. and STUCCHI, M. (1996). Do seismologists agree upon epicenter determination from macro seismic data? A survey of ESC Working Group "Macro seismology". *Ann. Geofis. (Rome)*, 39, 1013-1027.
- CHAN, Y. F., MA, H. K., CHAN, H. Y., & CHEN, T. Y. (1995). Teaching family planning with expert system. *Computers Education*, 24, 293–298.
- CORNELL, C.A. (1968). Engineering seismic risk analysis. *Bull. Seism. Soc. Am.*, 58, 1503-1606.
- CRESSIE, N.A.C. (1991). The origins of kriging. *Mathematical Geology*, 22, 239-252.
- CRESSIE, N.A.C. (1991). Statistics for spatial data. *John Wiley & Sons, Inc., New York*, 900pp ISBN 0-471-84336-9..

- De BOARDI, G.V. (1627). Nuova relatione del grande e spaventoso terremoto successo nel Regno di Napoli, nella Provincia di Puglia, in Venerd' li 30 Iuglio 1627, Roma. *One map*.
- De BY, R., A. (ed), (2000). Principles of Geographic Information Systems. *ITC Educational Textbook Series, 1, the Netherlands, 230 pages*.
- De RUBEIS, V., TOSI, P., GASPARINI, C. and SOLIPACA, A. (2005). Application of kriging technique to seismic intensity data. *Bull. Seism. Soc. Am., 95, 2, 540-548*.
- DRAKOPOULOS, J.K. (1978). Magnitude estimation as a function of intensities for shallow shocks in the area of Greece. *Symp. on the analysis of seismicity and seismic risk, Liblice, Czechoslovakia, 17-22 June 1977, 159-172*.
- EGEN, P.N.C. (1828). Über das Erdbeben in den Rhein und Niederlanden von 23 Feb. 1828. *Ann. Phys. Chem., 13, 153-163*
- EVERDEN, J.F., 1975, Seismic intensities, 'size' of the earthquakes and related parameters, *Bull. Seism. Soc. Am., 65, 1287-1313*.
- GASPARINI, C., DE RUBEIS, V. AND TERTULLIANI, A. (1989). Procedure per la valutazione dell' intensita macrosismica da questionari (in uso presso, l' I.N.G.).*8o Convegno G.N.G.T.S., Roma, 7-9 November*.
- GRUNTHAL, G. (ed.) (1998). European Macroseismic Scale 1998. *Cahiers de Centre Europeen de Geodynamique et de Seismologie 15, Conseil de l' Europe, , vol. 15, 100 pages Luxembourg*.
- HARLOW, D.H., WHITE, R.A., RYMER, M.J. and ALVAREZ, S.G. (1993). The San Salvador earthquake of 10 October 1986 and its historical context. *Bull. Seism. Soc. Am., 83, 1143-1154*.
- HASHIDA, T. AND SHIMAZAKI, K. (1984). Determination of seismic attenuation structure and source strength by inversion of seismic intensity data: Method and numerical experiment. *J. Phys. Earth., 29, 299-316*.
- ISAAKS, e.h. and SRIVASTAVA, R.M. (1989). An introduction to Applied Geostatistics. *Oxford University Press, New York, 561pp*.
- ΚΑΛΟΓΕΡΑΣ, Ι. (2006). «Δίκτυο άμεσης ενημέρωσης μακροσεισμικών παρατηρήσεων και καταγραφών ισχυρής δόνησης για σημαντικούς σεισμούς του Ελληνικού χώρου» Τελική έκθεση. *ΓΓΕΤ, Ελληνο-Τσέχικη Συνεργασία 2003 – 2005*.
- KLEIN, L., 1999. Sensor and Data Fusion Concepts and Applications. SPIE Optical Engineering Press, Bellingham, WA.

- KUHN, K., ROESNER, D., ZAMMLER, T., SWOBODNIK, W., JANOWITZ, P., WECHSLER, J.G., HEINLEIN, C., REICHERT, M., DOSTER, W. AND DITSHUNEIT., H.(1991). A Neural Network Expert System to Support Decisions in Diagnostic Imaging, in *Proceedings of IEEE 4th Symposium on Computer-Based Medical Systems*, May 12-14, Los Angeles, pp. 244-250.
- LEUNG, R. W. K., LAU, H. C. W., & KWONG, C. K. (2003). An expert system to support the optimization of ion plating process: an OLAP-based fuzzy-cum-GA approach.
- LIAO, S-H. (2005). Expert system methodologies and applications—a decade review from 1995 to 2004. *Expert Systems with Applications* 28, 93–103.
- LINDSAY, R.K., BUCHANAN, B. G., FEIGENBAUM, E. A., AND LEDERBERG, J. (1980). Application of artificial intelligence for organic chemistry: The Dendral project, *McGraw-Hill Book Company*.
- LYNCH, K. J. AND RODGERS, F. J., Development of Integrated Criminal Justice Expert System Applications, <http://ai.bpa.arizona.edu/research/coplink/index.htm>
- MALLET, R. (1862). The great Neapolitan earthquake of 1857. 2 vols, *Chapman & Hall, London*, 431, 399.
- MCGUIRE, R.K. (1976). Fortran computer program for seismic risk analysis. *U.S.G.S., Dept. of Interior, Open-file report*, 76-67, 90pp.
- MUNOZ, D. and UDIAS, A. (2006). The earthquake of San Salvador, Central America, of 21 April 1594: The first questionnaires on the damage of an earthquake in the Western Hemisphere. *Bull. Seism. Soc. Am.*, 96, 1538-1544.
- NEURON Data Elements Environment, Intelligent Rules Element. *Language Programmer's Guide*.
- NEURON Data Elements Environment, Intelligent Rules Element. *User's Guide*.
- NOTA, A. (2000). Σχεδιασμός και υλοποίηση χωρικής και θεματικής βάσης δεδομένων για την υποστήριξη των Τομέων και Γραφείων Αποκατάστασης Σεισμοπλήκτων από το σεισμό της 7^{ης} Σεπτεμβρίου 1999 στην Αθήνα. *Μεταπτυχιακή διατριβή, Σχολή Αγρ. & Τοποφρ. Μηχ. Ε.Μ.Π., ΠΜΣ Γεωπληροφορική, σελ. 85*.
- PADILLA-MEDINA, J. A., & SANCHEZ-MARIN, J. S. (2004). An adaptive fuzzy expert system to evaluate human visual performance. *Fuzzy Sets and Systems*, 142, 321–334.

- PAN, J., DESOUZA, G. N., & KAK, A. C. (1998). FuzzyShell: a large-scale expert system shell using fuzzy logic for uncertainty reasoning. *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, 6, 563–581.
- ΠΑΠΑΔΑΚΗ, Χ. (2004). Χάρτης Υγείας και Πρόνοιας. Σχεδιασμός & ανάλυση συστήματος βάσεων δεδομένων. *Μεταπτυχιακή διατριβή, Σχολή Αγρ. & Τοποφρ. Μηχ. Ε.Μ.Π., ΠΜΣ Γεωπληροφορική, σελ. 156.*
- PAPAZACHOS, C.B., 1992, Anisotropic radiation modelling of macroseismic intensities for estimation of attenuation structure of the upper crust in Greece, *Pure and Appl. Geophys.*, **138**, 445-469.
- PAPAZACHOS, B. C., COMNINAKIS, P. E., HATZIDIMITRIΟΥ, P. M., KIRIAKIDIS, E. C., KIRATZI, A. A., PANAGIOTOPOULOS, D. G., PAPADIMITRIΟΥ, E. E., PAPAIOANNOU, CH. A., PAVLIDES, S. B. AND TZANIS, E., 1982, *Atlas of Ioseismal Maps for Earthquakes in Greece 1902-1981*, Geophys. Lab. Univ. Thessaloniki, Publ **4**, 126 pp.
- ΠΑΠΑΖΑΧΟΣ, Β. & ΠΑΠΑΖΑΧΟΥ, Κ. (2003). Οι σεισμοί της Ελλάδας, *Εκδ. Ζήτη, Θεσσαλονίκη, σελ. 286.*
- PAPAZACHOS, B.C. AND PAPAIOANNOU, CH. A. (1997). A seismic hazard in Greece based on new seismotectonic data. *Abstr. 29th IASPEI General Assembly, Thessaloniki, 18-28Aug., 294.*
- ΠΑΠΟΥΛΙΑ, Ι.Ε. (1988). Στατιστικά και σεισμοτεκτονικά μοντέλα στον προσδιορισμό της σεισμικής επικινδυνότητας με παράμετρο τη σεισμική ένταση. *Διδακτ. Διατρ. Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, σελ. 266.*
- PETRY, F.E., COBB, M.A., WEN, L. AND YANG, H. (2003). Design of systems for managing fuzzy relationships for integration of spatial data in querying. *Fuzzy Sets & Systems*, 140, 51-73.
- PETTENATI, F., SIROVICH, L. and KAVALLINI, F. (1999). Objective treatment and synthesis of macroseismic intensity datasets using tessellation. *Bull. Seism. Soc. Am.*, 89, 1203-1211.
- RIGAUX, P., SCHOLL, M. and VOISARD, A. (2002). Spatial databases with application to GIS. *Academic Press, USA, 410 pages.*
- SBAR, M.L. AND DUBOIS, M.S. (1984). Attenuation of intensity for the 1989 North Sonora, Mexico earthquake. *Bull. Seism. Soc. Am.*, 74, 2613-2628

- SCHMOLDT, D.L. (1999). Expert Systems and the Environment. *In Encyclopedia of Environmental Scienc, Alexander, D.E. & Fairbridge, R.W. (eds), Kluwer Academic Publishers, Netherlands.*
- SCHENKOVA, Z., KOTTNAUER, P. AND SCHENK, V. (1996). Maximum observed intensity point map for the Czech Republic - version 1993. *Proc. 24th ESC General Assembly, Athens, September 19-24, 1994,3, 1716-1717.*
- SCHENKOVA, Z., SCHENK, V., KALOGERAS, I., PICHL, R., KOTTNAUER, P., PAPATSIMBA, C. and PANOPOULOU, G. (2006). Iseismal maps drawing by the kriging method. *J. of Seismology, (in press).*
- SCHENKOVA, Z., KALOGERAS, I. AND SCHENK, V., PICHL, R., KOUROUZIDIS, M. AND STAVRAKAKIS, G. (2006). Atlas of isoseismal maps of selected Greek earthquakes (1956 – 2003). *Joint publication of National Observatory of Athens and Czech Academy of Sciences, Evonymos ecological Library (editor), 100pp.*
- ΣΕΛΛΗΣ, Τ. & ΣΤΕΦΑΝΑΚΗΣ, Ε. (1999). Χωρικές Βάσεις Δεδομένων – Σημειώσεις. *Σχολή Αγρ. & Τοποφρ. Μηχ. Ε.Μ.Π. ΠΜΣ Γεωπληροφορική.*
- ΣΕΛΛΗΣ, Τ. & ΣΤΕΦΑΝΑΚΗΣ, Ε. (2004). Χωρικές Βάσεις Δεδομένων – Διαφάνειες Διδασκόντων. *Σχολή Αγρ. & Τοποφρ. Μηχ. Ε.Μ.Π. ΠΜΣ Γεωπληροφορική.*
- SHAPIRA, A. (1988). Computerized seismic intensities of recently felt earthquakes in Israel. *Environ. Geolog. Water Sci., 11/1, 45-53.*
- SHEKHAR, S. & CHAWLA, S. (2003). Spatial databases: A tour. *Person Education, Inc., New Jersey, 262 pages.*
- SIROVICH, L., CAVALLINI, F., PETTENATI, F. and BOBBIO, M. (2002). Natural-Neighbor Iseismals. *Bull. Seism. Soc. Am., 92, 5, 1933-1940.*
- SOH, L. K., TSATSOULIS, C., GINERIS, D., & BERTOIA, C. (2004). ARKTOS: An intelligent system for SAR sea ice image classification. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 42, 229–248.*
- SUHADOLC, P., CERNOBOI, L., PAZZI, G. AND PANZA, G.F. (1988). Synthetic isoseismals: Application to Italian earthquakes. *In Seismic Hazard in Mediterranean regioan (eds. Bonnin, J., Cara, M., Cisternas, A. and Fantechi, R.) (Kluwer Academic Publishers, Dordrecht), 205-228.*
- THEODULIDIS, N., KALOGERAS, I., PAPAZACHOS, C., KARASTATHIS, V., MARGARIS, B., PAPAIOANNOU, Ch. and SKARLATOUDIS, A. (2004).

- HEAD v.1.0: A unified Hellenic Accelerogram Database. *Seismological Res. Lett.*, V. 75, No 1, 36-45 .
- THEODULIDIS, N. AND PAPAZACHOS, B., 1992, Dependence of strong ground motion on magnitude-distance, site geology and macroseismic intensity for shallow earthquakes in Greece: I, Peak horizontal acceleration, velocity and displacement, *Soil Dyn. and Earthq. Engineering*, **11**, 387-402.
- UNESCO (1974). Atlas of isoseismal maps. In *UNESCO survey of the Seismicity of the Balkan region*, by Shebalin, N.V. (editor), REM/70/172, 275 pages.
- UTSU, T. (1971). Seismological evidence for anomalous structure of island arcs with special reference to the Japanese region. *Rev. of Geophys. and Space Phys.*, 9, 839-880.
- WONG, S. V., & HAMOUDA, A. M. S. (2003). The development of an online knowledge-based expert system for machinability data selection. *Knowledge-based Systems*, 16, 215–229.
- ZADEH, L. (1965). Fuzzy sets. *Information control*, 8, 338-353.
- ZHU, A. X., BAND, L. E., DUTTON, B., & NIMLOS, T. J. (1996). Automated soil inference under fuzzy logic. *Ecological Modelling*, 90, 123–145.
- ZSIROS, T., MONUS, P., TOTH, L. (1990). Computer estimation of intensities. The 1985 Berhida, Hungary earthquake. *Pageoph*, 132/3, 533-543.
- ZUPAN, B., & CHENG, M. K. (1998). Optimization of rule-based systems using state space graphs. *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering*, 10, 238–254.