

Κεφάλαιο 2

Μοντέλο Οντοτήτων Συσχετίσεων

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζεται το μοντέλο οντοτήτων συσχετίσεων, μια από τις πιο σημαντικές διαγραμματικές τεχνικές που μας επιτρέπουν να καθορίσουμε τη δομή της βάσης δεδομένων. Το κεφάλαιο περιλαμβάνει τόσο τη βασική θεωρία που περιγράφει τη λειτουργία του μοντέλου όσο και αναλυτικά παραδείγματα που θα επιτρέψουν στον αναγνώστη να κατανοήσει πλήρως τον τρόπο χρήσης του.

Το μοντέλο οντοτήτων συσχετίσεων (Entity Relationship model, ER model) είναι μια διαγραμματική αναπαράσταση της δομής της βάσης δεδομένων, και ως εκ τούτου χρησιμοποιείται κατά το στάδιο του λογικού ή εννοιολογικού σχεδιασμού (conceptual design) της βάσης. Αυτό σημαίνει πως η κεντρική λειτουργία του δεν συνίσταται στον καθορισμό του τρόπου με τον οποίο τα δεδομένα της βάσης θα αποθηκευθούν στο σύστημα, αλλά μάλλον στην ταυτοποίηση των δεδομένων της εφαρμογής και του τρόπου με τον οποίο αυτά συσχετίζονται μεταξύ τους.

Η παρουσίαση της δομής του μοντέλου οντοτήτων συσχετίσεων που ακολουθεί στις επόμενες σελίδες, θα γίνει μέσα από ένα παράδειγμα προκειμένου ο τρόπος χρήσης του να γίνει άμεσα κατανοητός. Το παράδειγμα αυτό αφορά τη βάση δεδομένων μιας εταιρείας (Company Database), η οποία περιέχει δεδομένα που αφορούν τους υπαλλήλους της εταιρείας (employees), τα τμήματα στα οποία αυτή υποδιαιρείται (departments) και τα έργα (projects) που ανατίθενται σε αυτά τα τμήματα. Πιο συγκεκριμένα, η δομή και η λειτουργία της εταιρείας, φέρουν τα ακόλουθα χαρακτηριστικά :

Η εταιρεία (company) είναι χωρισμένη σε τμήματα (departments). Κάθε τμήμα φέρει ένα όνομα, ταυτοποιείται από ένα κωδικό αριθμό, και εποπτεύεται από κάποιο υπάλληλο (manager). Η βάση δεδομένων επιτρέπει την καταχώρηση όχι μόνο του κωδικού του manager του τμήματος αλλά και της ημερομηνίας κατά την οποία ανέλαβε την εποπτεία του. Τέλος ένα τμήμα μπορεί να είναι εγκατεστημένο σε πολλά διαφορετικά σημεία, δηλαδή να έχει γραφεία σε περισσότερες από μια περιοχές.

Ένα **τμήμα** παρακολουθεί ένα ή περισσότερα **έργα (projects)** κάθε ένα εκ των οποίων χαρακτηρίζεται από ένα **όνομα**, ένα **κωδικό αριθμό**, και πραγματοποιείται σε κάποια συγκεκριμένη **τοποθεσία (location)**.

Η πληροφορία που καταχωρείται στη βάση για κάθε υπάλληλο, είναι **το όνομά του, ο κωδικός κοινωνικής ασφάλισης (social security number, SSN), η διεύθυνση, ο μισθός του, το φύλο του και η ημερομηνία γέννησής του**. Ένας υπάλληλος τοποθετείται σε κάποιο από τα **τμήματα** της εταιρείας (αλλά μόνο σε ένα τμήμα) και μπορεί να απασχολείται ταυτόχρονα σε πολλά **έργα**, που δεν παρακολουθούνται υποχρεωτικά από το ίδιο **τμήμα**. Για κάθε **υπάλληλο** μπορούμε να καταχωρήσουμε τον αριθμό **των ωρών ανά εβδομάδα που απασχολείται στο κάθε έργο** καθώς και τον κωδικό του **υπαλλήλου που τον επιβλέπει και τον καθοδηγεί (supervisor)**.

Τέλος για όσους **υπάλληλους** έχουν **προστατευόμενα μέλη (dependents)** μπορούμε να καταχωρήσουμε (για λόγους κοινωνικής ασφάλισης) **το όνομα του προστατευόμενου μέλους, το φύλο του και την ημερομηνία γέννησής του, καθώς και το είδος της συγγένειας ανάμεσα σε αυτό και στον υπάλληλο που καταχωρούμε**.

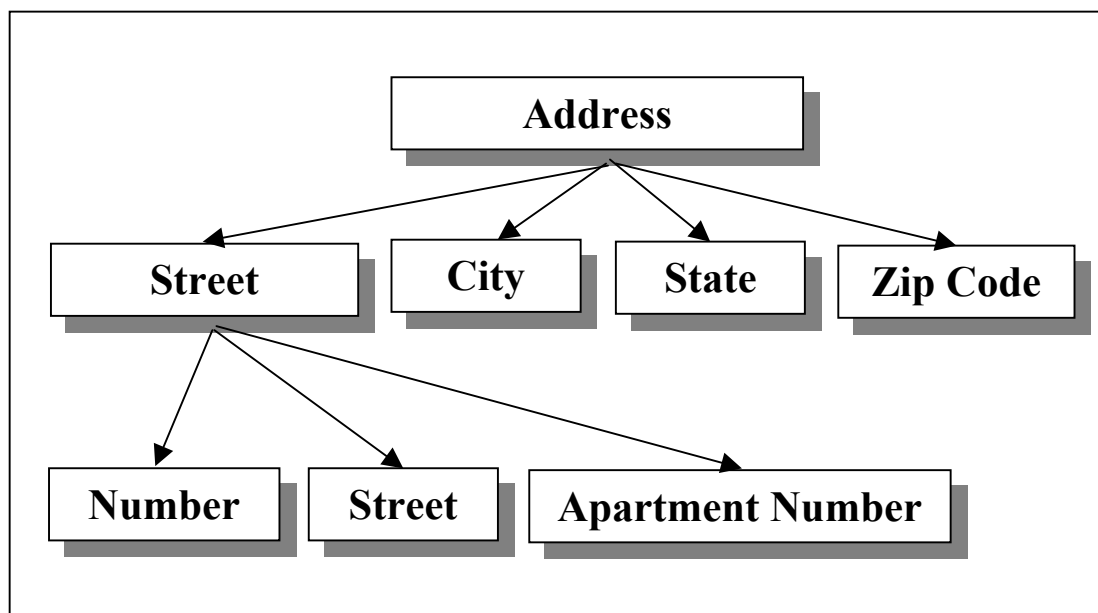
Στις επόμενες σελίδες θα παρουσιάσουμε μια αναλυτική περιγραφή της δομής του μοντέλου οντοτήτων – συσχετίσεων με βάση το παράδειγμα της εταιρείας που περιγράψαμε στις προηγούμενες παραγράφους.

ΟΙ ΟΝΤΟΤΗΤΕΣ ΚΑΙ ΤΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥΣ

Το πιο χαρακτηριστικό αντικείμενο που εμφανίζεται σε όλα τα **μοντέλα οντοτήτων συσχετίσεων**, είναι η **οντότητα (entity)**. Μια οντότητα μπορεί να οριστεί ως μια αυτόνομη και αυθύπαρκτη μονάδα του φυσικού κόσμου, η οποία μπορεί να θεωρηθεί τόσο ως πομπός ως και ως αποδέκτης πληροφορίας. Μια οντότητα μπορεί να είναι **έμψυχη** (για παράδειγμα ένας **ιατρός**) ή **άψυχη** (για παράδειγμα ένα **δωμάτιο ενός νοσοκομείου**) αλλά μπορεί να είναι και κάτι πιο γενικό (π.χ. μια **ολόκληρη εταιρεία**). Η κάθε οντότητα περιγράφεται από ένα σύνολο ιδιοτήτων οι οποίες στην ορολογία του μοντέλου, ονομάζονται **χαρακτηριστικά** ή **πεδία (attributes)**. Έτσι, εάν για τους υπαλλήλους της εταιρείας δημιουργήσουμε την οντότητα **EMPLOYEE**, τα χαρακτηριστικά αυτής της οντότητας, θα είναι όλες οι πληροφορίες που καταχωρούμε για κάθε υπάλληλο, όπως είναι **το όνομά του (FNAME)**, **το επώνυμό του (LNAME)**, **η ηλικία του (AGE)**, **η διεύθυνση κατοικίας του (ADDRESS)** και **ο μισθός του (SALARY)**. Για κάθε μια από τις οντότητες του συστήματος, τα χαρακτηριστικά που συσχετίζονται με αυτή λαμβάνουν συγκεκριμένες τιμές, το σύνολο των οποίων περιγράφει πλήρως την οντότητα που καταχωρούμε κάθε φορά.

Στις πιο πολλές περιπτώσεις, τα πεδία που συσχετίζονται με μια οντότητα, παίρνουν **απλές τιμές**, οι οποίες δεν μπορούν να διαχωριστούν σε μικρότερες μονάδες. Χαρακτηριστικό παράδειγμα ενός τέτοιου πεδίου είναι **η ηλικία του εργαζόμενου (AGE)** η οποία μπορεί να πάρει μια μόνο απλή τιμή (π.χ. **34**). Τέτοιου είδους πεδία, ονομάζονται **απλά πεδία (simple attributes)** ή **ατομικά πεδία (atomic attributes)**. Σε άλλες όμως περιπτώσεις, **ένα πεδίο είναι δυνατό να διασπαστεί σε ένα πλήθος απλών πεδίων**. Στην περίπτωση αυτή, το πεδίο λέγεται **σύνθετο (complex attribute)**. Χαρακτηριστικό παράδειγμα ενός σύνθετου πεδίου, είναι η **δι-**

εύθυνση ενός υπαλλήλου, η οποία μπορεί να διαχωριστεί στην διεύθυνση κατοικίας (street address), στον τόπο διαμονής (city και state) και στον ταχυδρομικό κώδικα (zip code). Η διεύθυνση κατοικίας με τη σειρά της μπορεί να διασπαστεί σε όνομα οδού (street), αριθμό οδού (number) και αριθμό διαμερίσματος (apartment number). Διαπιστώνουμε λοιπόν πως ανάμεσα στα σύνθετα πεδία μιας οντότητας μπορεί να υπάρξει και ένα είδος **ιεραρχίας (hierarchy)** όπως φαίνεται στο επόμενο σχήμα :



Σχήμα 5: Παράδειγμα ιεραρχίας σύνθετων πεδίων

Εάν ένα από τα πεδία κάποιας οντότητας είναι **σύνθετο πεδίο**, τότε η τιμή που αποδίδεται σε αυτό προκύπτει από τη συνένωση (concatenation) των τιμών των απλών πεδίων που περιέχει.

Ένας άλλος διαχωρισμός που μπορούμε να εφαρμόσουμε στα πεδία μιας οντότητας, έχει να κάνει με το πλήθος των τιμών που καταχωρούνται σε αυτά. Για παράδειγμα, κάθε υπάλληλος έχει μόνο μια ηλικία, αλλά μπορεί να χρησιμοποιεί πολλούς αριθμούς τηλεφώνου (π.χ. τηλέφωνο οικίας, τηλέφωνο εργασίας, και κινητό τηλέφωνο). Στην περίπτωση αυτή λέμε πως η ηλικία είναι ένα **πεδίο απλής τιμής (single-valued attribute)** ενώ ο αριθμός τηλεφώνου είναι ένα **πεδίο πολλαπλής τιμής (multivalued attribute)**. Στην περίπτωση κατά την οποία ένα πεδίο μπορεί να λάβει περισσότερες από μια τιμές, μπορούμε να θέσουμε περιορισμούς σχετικά με το πλήθος των τιμών που θα καταχωρήσουμε σε αυτό. Έτσι μπορούμε κατά τη σχεδίαση της βάσης να επιτρέψουμε στο χρήστη να καταχωρεί για τον κάθε υπάλληλο, όχι περισσότερα από τρία τηλέφωνα.

Σε ορισμένες περιπτώσεις, δύο ή περισσότερα πεδία μπορεί να **συσχετίζονται** μεταξύ τους (**related attributes**) κάτι που επιτρέπει τον υπολογισμό της τιμής του ενός, όταν γνωρίζουμε την τιμή του άλλου. Για παράδειγμα, εφ' όσον για κάθε υπάλληλο της εταιρείας, καταχωρούμε την ημερομηνία γέννησής του, δεν υπάρχει λόγος να καταχωρήσουμε και την ηλικία του, καθώς αυτή υπολογίζεται **εάν αφαιρέσουμε**

την ημερομηνία γέννησής του από την τρέχουσα ημερομηνία. Στην περίπτωση αυτή λέμε πως η ηλικία είναι ένα **παραγόμενο πεδίο (derived attribute)**.

Τέλος, όταν για κάποια οντότητα δεν ορίζεται ή δεν είναι γνωστή η τιμή κάποιου από τα πεδία που περιέχει, το πεδίο αυτό θα λάβει την επονομαζόμενη **κενή ή άκυρη τιμή (NULL value)**. Αυτό π.χ. συμβαίνει όταν δεν γνωρίζουμε το τηλέφωνο κάποιου υπαλλήλου ή όταν καταχωρούμε τα στοιχεία κάποιου φοιτητή που δεν έχει ακόμη αποφοιτήσει – στην τελευταία περίπτωση στο πεδίο «**Βαθμός Πτυχίου**» θα καταχωρήσουμε την τιμή **NULL**.

Σημείωση : είναι προφανής η διαφορά που υφίσταται ανάμεσα στην τιμή **NULL** και στην τιμή **0**: στη βάση δεδομένων ενός σχολείου, τιμή **NULL** στο πεδίο «**Βαθμός Μαθήματος**» σημαίνει πως ο βαθμός του μαθήματος δεν είναι γνωστός ή δεν έχει καταχωρηθεί, ενώ τιμή **0** σημαίνει πως ο μαθητής στο μάθημα αυτό έχει βαθμολογηθεί με **0**.

Τύποι οντοτήτων : Ένα βασικό χαρακτηριστικό που εμφανίζεται σε όλες σχεδόν τις βάσεις δεδομένων, είναι η **ομαδοποίηση των οντοτήτων που περιέχουν με κριτήριο τα κοινά τους χαρακτηριστικά**. Μια εταιρεία περιέχει εκατοντάδες υπαλλήλους, κάθε ένας εκ των οποίων περιγράφεται από το σύνολο των πεδίων που παρουσιάσαμε στις προηγούμενες παραγράφους – αλλά αυτά τα πεδία είναι τα ίδια για όλους τους υπαλλήλους της εταιρείας. **Το σύνολο όλων αυτών των οντοτήτων οι οποίες περιγράφονται από τα ίδια χαρακτηριστικά, ορίζει ένα τύπο οντότητας (entity type)**. Στο παράδειγμά μας, μπορούμε να ορίσουμε ένα τύπο οντότητας για τους υπαλλήλους της εταιρείας, ένα τύπο οντότητας για τα τμήματα στα οποία χωρίζεται η εταιρεία, ένα τύπο οντότητας για τα έργα που η εταιρεία αναλαμβάνει να διεκπεραιώσει, κ.ο.κ. **Κάθε ένας από αυτούς τους τύπους, περιγράφεται από ένα όνομα και από το σύνολο των πεδίων που περιέχει**. Το σύνολο αυτής της πληροφορίας ορίζει το **σχήμα (schema)** για το συγκεκριμένο τύπο οντότητας. Αντίθετα οι υπάλληλοι που καταχωρούνται στη βάση δεδομένων και για τους οποίους τα πεδία του τύπου οντότητας παίρνουν εντελώς συγκεκριμένες τιμές, αποτελούν **στιγμιότυπα (instances) αυτού του σχήματος** (για όσους αναγνώστες είναι εξοικειωμένοι με τις αρχές του **αντικειμενοστραφούς προγραμματισμού (object oriented programming)**, η διαφορά ανάμεσα στο σχήμα και τα στιγμιότυπα μιας οντότητας είναι εντελώς ανάλογη με τη διαφορά που υφίσταται ανάμεσα σε μια **κλάση (class)** και στα **αντικείμενα (objects)** αυτής της κλάσης). Ένα παράδειγμα σχήματος και στιγμιότυπων για την οντότητα **EMPLOYEE** παρουσιάζεται στο επόμενο σχήμα.

EMPLOYEE SCHEMA	First Name, Last Name, Age, Salary			
	EMPLOYEE INSTANCES			
EMPLOYEE e_1	John	Smith	55	80000
EMPLOYEE e_2	Fred	Brown	40	30000
EMPLOYEE e_3	Judy	Clark	25	20000

Σχήμα 6 : Σχήμα (employee schema) και στιγμιότυπα οντότητας (e_1 , e_2 και e_3)

Πεδίο – κλειδί (key attribute) : Από τα όσα αναφέραμε στην προηγούμενη παράγραφο, είναι προφανές, πως για κάθε τύπο οντότητας, θα υπάρχουν καταχωρημένα στη βάση δεδομένων, δεκάδες ή ακόμη και εκατοντάδες στιγμιότυπα για αυτή την οντότητα. Επειδή όμως όλα αυτά τα στιγμιότυπα, χαρακτηρίζονται από την ίδια δομή και οργάνωση της πληροφορίας που περιέχουν, θα πρέπει με κάποιο τρόπο να μπορούν να διακριθούν μεταξύ τους. Αυτό γίνεται δια της χρήσης ενός εκ των πεδίων που περιέχονται στο σχήμα αυτής της οντότητας, το οποίο λέγεται **πεδίο – κλειδί (key attribute)** και το οποίο περιέχει μοναδική τιμή για κάθε στιγμιότυπο. Με άλλα λόγια, δεν είναι δυνατό δύο στιγμιότυπα να έχουν την ίδια τιμή στο πεδίο κλειδί τους. Ποιο όμως από τα πεδία μιας οντότητας, θα επιλέξουμε για να το χρησιμοποιήσουμε ως πεδίο κλειδί? Αυτό κυρίως έχει να κάνει με τη φύση της πληροφορίας που καταχωρείται σε αυτό. Για παράδειγμα, δεν μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε ως κλειδί το μικρό όνομα ενός υπαλλήλου, διότι υπάρχουν πολλοί υπάλληλοι με το ίδιο όνομα, και επομένως αυτό το πεδίο δεν ικανοποιεί τη συνθήκη της μοναδικότητας (**uniqueness constraint**) όσον αφορά την τιμή του. Θα μπορούσαμε όμως να χρησιμοποιήσουμε ως κλειδί τον αριθμό ταυτότητας του κάθε υπαλλήλου, διότι είναι γνωστό πως δεν υπάρχουν δύο ταυτότητες που να έχουν τον ίδιο αριθμό. Σε μια βάση δεδομένων που περιέχει στοιχεία αυτοκινήτων, το πεδίο κλειδί για τον τύπο οντότητας **CAR** θα μπορούσε να είναι ο αριθμός κυκλοφορίας του αυτοκινήτου ή ο αριθμός κινητήρα, διότι τα πεδία αυτά έχουν διαφορετικές τιμές για κάθε αυτοκίνητο. Στο παράδειγμα της βάσης δεδομένων της εταιρείας, το πεδίο κλειδί για τον τύπο οντότητας **EMPLOYEE** είναι το **SSN (Social Security Number)**.

Σε ορισμένες περιπτώσεις, το πεδίο κλειδί ενός τύπου οντότητας, μπορεί να μην είναι απλό, αλλά σύνθετο, να αποτελείται δηλαδή από πολλά απλά πεδία. Στην περίπτωση αυτή η συνθήκη της μοναδικότητας για την τιμή του πρωτεύοντος κλειδιού, δεν εφαρμόζεται σε κάθε πεδίο ξεχωριστά, αλλά στο συνδυασμό αυτών των πεδίων. Αυτό σημαίνει πως μπορεί να υπάρχουν πολλά στιγμιότυπα οντότητας που να έχουν την ίδια τιμή για κάποιο από τα απλά πεδία του σύνθετου κλειδιού, ο συνδυασμός όμως των τιμών των απλών πεδίων που αποτελεί και την τιμή του σύνθετου κλειδιού, θα πρέπει να είναι μοναδικός για κάθε στιγμιότυπο.

ΑΡΧΙΚΗ ΣΧΕΔΙΑΣΗ ΤΗΣ ΔΟΜΗΣ ΤΗΣ ΒΑΣΗΣ ΤΗΣ ΕΤΑΙΡΕΙΑΣ

Μετά την παραπάνω θεωρητική περιγραφή όσον αφορά τις οντότητες και τα πεδία που περιλαμβάνονται σε αυτές, μπορούμε τώρα να προχωρήσουμε σε μια πρώτη προσπάθεια σχεδίασης της δομής της βάσης της εταιρείας η οποία θα περιέχει τους επόμενους τέσσερις τύπους οντοτήτων:

DEPARTMENT ENTITY TYPE Name, Number, {Locations}, Manager, ManagerStartDate	PROJECT ENTITY TYPE Name, Number, Location, ControllingDepartment
EMPLOYEE ENTITY TYPE Name (Fname, Minit, Lname), SSN, Sex, Address, Salary, BirthDate, Department, Supervisor, {WorksOn (Project, Hours)}	DEPENDENT ENTITY TYPE Employee, DependentName, Sex, BirthDate, Relationship

Στην παραπάνω περιγραφή, τα ονόματα για τους τύπους οντότητας, αναγράφονται με **κεφαλαία γράμματα**, ενώ, τα ονόματα των πεδίων, αναγράφονται με **μικρά γράμματα**. Ένα πεδίο το όνομα του οποίου βρίσκεται μέσα σε **άγκιστρα** (για παράδειγμα το πεδίο {Locations}) θεωρείται ως **πεδίο πολλαπλής τιμής (multivalued attribute)**, ενώ ένα πεδίο που ακολουθείται από **πολλά ονόματα πεδίων κεκλεισμένα εντός παρενθέσεων**, θεωρείται ως **σύνθετο πεδίο (composite attribute)**. Έτσι η σύνταξη **Name (Fname, Minit, Lname)** ορίζει το σύνθετο πεδίο **Name**, το οποίο αποτελείται από τα απλά πεδία **Fname, Minit, Lname**. Το πεδίο **WorksOn** στον τύπο οντότητας **EMPLOYEE** αναφέρεται σε ένα σύνθετο πεδίο που ταυτόχρονα είναι και πεδίο πολλαπλής τιμής, μπορεί δηλαδή να λάβει περισσότερες από μια τιμές.

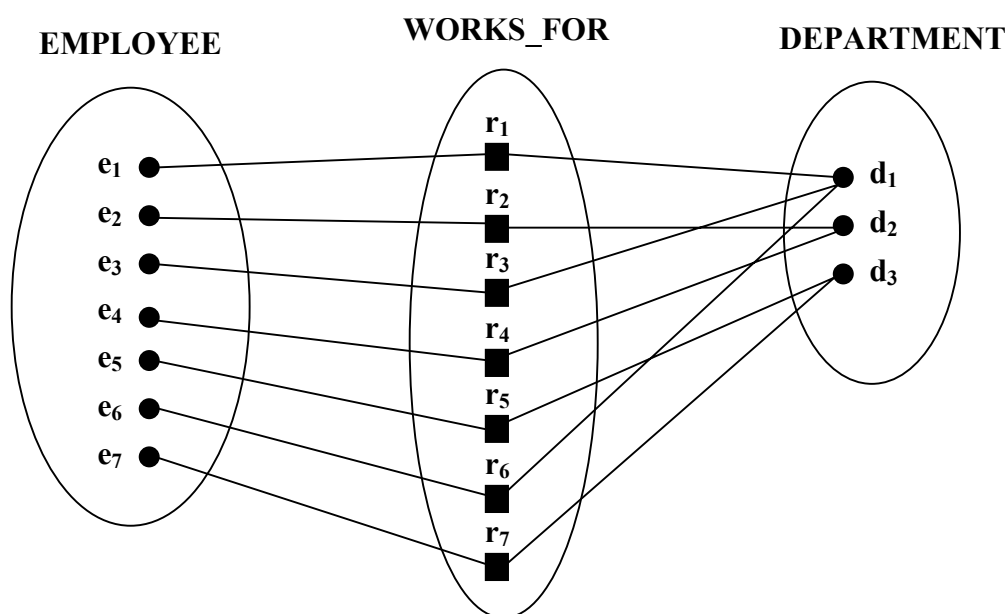
Η ΕΝΝΟΙΑ ΤΗΣ ΣΥΣΧΕΤΙΣΗΣ

Το δεύτερο χαρακτηριστικό γνώρισμα που περιγράφει τη δομή ενός μοντέλου οντοτήτων συσχετίσεων, είναι η **συσχέτιση (relationship)**, η οποία καθορίζει **με ποιο τρόπο οι τύποι οντότητας μιας βάσης δεδομένων, συσχετίζονται μεταξύ τους**.

Ο ρόλος της συσχέτισης στη σχεδίαση της δομής μιας βάσης δεδομένων, θα γίνει περισσότερο κατανοητός μέσα από ένα παράδειγμα. Ας θεωρήσουμε για το σκοπό αυτό τους τύπους οντότητας **EMPLOYEE** και **DEPARTMENT** που ορίζουν τα πεδία που καταχωρούμε για κάθε υπάλληλο και για κάθε τμήμα της εταιρείας. Έστω ότι στην εταιρεία εργάζονται συνολικά **100 υπάλληλοι** οι οποίοι είναι κατανεμημένοι σε **5 διαφορετικά τμήματα**. Κάθε υπάλληλος και κάθε τμήμα έχει τα δικά του ατομικά χαρακτηριστικά. Από τα όσα αναφέραμε στις προηγούμενες παραγράφους, είναι προφανές, πως για τον τύπο οντότητας **EMPLOYEE** υπάρχουν **100 στιγμιότυ-**

πα της οντότητας, ένα στιγμιότυπο για κάθε υπάλληλο. Ας συμβολίσουμε αυτά τα στιγμιότυπα, ως e_i ($i=1, 2, 3, \dots, 100$). Με τον ίδιο τρόπο για τον τύπο οντότητας **DEPARTMENT**, υπάρχουν πέντε στιγμιότυπα, ένα για κάθε τμήμα, τα οποία ας συμβολίσουμε ως d_i ($i=1,2,3,4,5$).

Από την περιγραφή του μοντέλου της εταιρείας που αναλύσαμε σε προηγούμενη ενότητα, προκύπτει πως **ο κάθε υπάλληλος θα πρέπει υποχρεωτικά να εργάζεται σε κάποιο τμήμα**. Έστω για παράδειγμα πως ο υπάλληλος e_1 εργάζεται στο τμήμα d_1 και πως ο υπάλληλος e_2 εργάζεται στο τμήμα d_2 . Αυτό σημαίνει πως το στιγμιότυπο e_1 του τύπου οντότητας **EMPLOYEE**, συσχετίζεται με το στιγμιότυπο d_1 του τύπου οντότητας **DEPARTMENT**. Ο ίδιος τύπος συσχέτισης υφίσταται και για τα στιγμιότυπα e_2 και d_2 των τύπων **EMPLOYEE** και **DEPARTMENT** αντίστοιχα. Σε μια πιο αυστηρή περιγραφή, μπορούμε να πούμε πως υπάρχει ένα **στιγμιότυπο συσχέτισης (relationship instance)** r_1 ανάμεσα στα στιγμιότυπα e_1 και d_1 , ένα στιγμιότυπο συσχέτισης r_2 , ανάμεσα στα στιγμιότυπα e_2 και d_2 , κ.ο.κ. Στο επόμενο σχήμα παρουσιάζεται ένα πλήθος στιγμιότυπων συσχέτισης r_i που συσχετίζει στιγμιότυπα του τύπου οντότητας **EMPLOYEE**, e_i , με στιγμιότυπα του τύπου οντότητας **DEPARTMENT**, d_i .



Σχήμα 7: Στιγμιότυπα συσχετίσεων του τύπου συσχέτισης **WORKS_ON**

Από το παραπάνω σχήμα διαπιστώνουμε πως οι υπάλληλοι e_1 , e_3 και e_6 , εργάζονται στο τμήμα d_1 , οι υπάλληλοι e_2 και e_4 , εργάζονται στο τμήμα d_2 , και τέλος οι υπάλληλοι e_5 και e_7 , εργάζονται στο τμήμα d_3 . Αυτού του είδους η συσχέτιση ανάμεσα στα στιγμιότυπα των τύπων **EMPLOYEE** και **DEPARTMENT** αντίστοιχα, πραγματοποιείται δια μέσου των στιγμιότυπων συσχέτισης r_i . Για παράδειγμα το στιγμιότυπο συσχέτισης r_1 συσχετίζει τα στιγμιότυπα e_1 και d_1 , το στιγμιότυπο συσχέτισης r_2 συσχετίζει τα στιγμιότυπα e_2 και d_2 , κ.ο.κ. Το σύνολο όλων αυτών των στιγμιότυπων συσχέτισης r_i , ορίζει τον τύπο συσχέτισης **WORKS_ON** (στο παράδειγμά μας) ο οποίος συσχετίζει τον τύπο οντότητας **EMPLOYEE** με τον τύπο οντότητας **DEPARTMENT**.

Επομένως, ένας τύπος συσχέτισης **R** ανάμεσα σε ένα πλήθος n τύπων οντότητας $E_1, E_2, \dots, E_n$, είναι ένα πλήθος από στιγμιότυπα συσχετίσεων r_i , ανάμεσα σε στιγμιότυπα αυτών των τύπων οντότητας. Στην περίπτωση αυτή κάθε τύπος οντότητας E_i λέμε ότι **συμμετέχει** στον τύπο συσχέτισης **R**, και κάθε στιγμιότυπο του τύπου οντότητας, e_i , λέμε ότι **συμμετέχει** σε κάποιο στιγμιότυπο συσχετίσης, r_i .

Το πλήθος n των τύπων οντότητας που συσχετίζονται δια μέσου μιας συσχέτισης **R**, ονομάζεται **βαθμός (degree) της συσχέτισης**. Στις πιο πολλές περιπτώσεις ο βαθμός της συσχέτισης είναι ίσος με **2 (binary relationship)** αλλά σε ορισμένες περιπτώσεις μπορούμε μέσω κάποιας συσχέτισης να συσχετίσουμε **τρεις τύπους οντότητας**, γεγονός που οδηγεί στη δημιουργία συσχετίσεων με βαθμό **3 (ternary relationships)**. Αποδεικνύεται πως στη γενική περίπτωση, μια σχέση με βαθμό **3** ανάμεσα σε τρεις τύπους οντότητας **A, B** και **C**, περιέχει περισσότερη πληροφορία από τις τρεις συσχετίσεις με βαθμό **2** που ορίζονται ανάμεσα σε αυτούς τους τρεις τύπους οντότητας.

Κάθε τύπος οντότητας που συμμετέχει σε κάποιο τύπο συσχέτισης, παίζει και ένα συγκεκριμένο **ρόλο** σε αυτή τη συσχέτιση. Το **όνομα** αυτού του ρόλου (**role name**) καθορίζει σε πολύ μεγάλο βαθμό **το πώς οι διάφοροι τύποι οντότητας αλληλεπιδρούν μεταξύ τους**. Για παράδειγμα στον τύπο συσχέτισης **WORKS_FOR** ο τύπος οντότητας **EMPLOYEE** αναφέρεται στον **εργαζόμενο**, ενώ ο τύπος οντότητας **DEPARTMENT** μπορεί να θεωρηθεί ως ο **εργοδότης** για τον κάθε υπάλληλο της εταιρείας. Ας σημειωθεί πως στη γενική περίπτωση κατά την οποία οι τύποι οντότητας που συμμετέχουν σε ένα τύπο συσχέτισης, είναι **διαφορετικοί μεταξύ τους**, ο καθορισμός του ρόλου για τον κάθε τύπο οντότητας δεν είναι μια αναγκαία διαδικασία. Εάν όμως ένας τύπος οντότητας συμμετέχει περισσότερες από μια φορές σε ένα τύπο συσχέτισης, τότε ο καθορισμός του ρόλου για τον κάθε τύπο οντότητας, μας επιτρέπει να περιγράψουμε καλύτερα τον τύπο αλληλεπίδρασης που υφίσταται ανάμεσα στα δύο αντίγραφα του. Χαρακτηριστικό παράδειγμα ενός τέτοιου τύπου συσχέτισης, είναι ο τύπος συσχέτισης **SUPERVISION** που συσχετίζει τον κάθε **εργαζόμενο** της εταιρείας με τον **επικεφαλής του τμήματος** που τον παρακολουθεί. Πράγματι, το κάθε τμήμα διευθύνεται από κάποιο **manager**, ο οποίος έχει υπό την εποπτεία του, όλους τους εργαζόμενους που δουλεύουν σε αυτό το τμήμα. Ως **manager** όμως τοποθετείται κάποιος από τους εργαζόμενους του τμήματος, έτσι ώστε τελικά, ο τύπος συσχέτισης **SUPERVISION** να ορίζεται ανάμεσα σε δύο αντίγραφα του τύπου οντότητας **EMPLOYEE**. Οι συσχετίσεις αυτού του τύπου λέγονται **αναδρομικές συσχετίσεις (recursive relationships)** και η πλήρη περιγραφή τους απαιτεί τον καθορισμό του ρόλου, για κάθε ένα από τα δύο αντίγραφα του τύπου οντότητας που συσχετίζουν. Έτσι στην περίπτωση του τύπου συσχέτισης **SUPERVISION**, το ένα αντίγραφο του τύπου οντότητας **EMPLOYEE** παίζει το ρόλο του **επιβλέποντα (supervisor)**, ενώ το άλλο αντίγραφο του τύπου, παίζει το ρόλο του **ευρισκόμενου κάτω από την επίβλεψη του επόπτη (supervisee)**.

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΥΠΩΝ ΣΥΣΧΕΤΙΣΗΣ

Ο κάθε τύπος συσχέτισης που ορίζεται ανάμεσα σε δύο τύπους οντότητας κατά τη λογική σχεδίαση μιας βάσης δεδομένων, χαρακτηρίζεται από δύο ιδιότητες που καθορίζουν το πλήθος και το είδος της συμμετοχής των δύο οντοτήτων στα στιγμιότυπα αυτού του τύπου συσχέτισης. Αυτές οι δύο ιδιότητες ορίζονται με τον ακόλουθο τρόπο:

Η **πολλαπλότητα (cardinality)** ενός τύπου συσχέτισης, καθορίζει το **πλήθος των στιγμιότυπων αυτού του τύπου συσχέτισης, στον οποίο μια οντότητα μπορεί να συμμετάσχει**. Για παράδειγμα, στη βάση δεδομένων της εταιρείας, ένα τμήμα περιέχει πολλούς υπαλλήλους. Στην περίπτωση αυτή λέμε πως η **πολλαπλότητα του τύπου συσχέτισης που ορίζεται ανάμεσα στους τύπους οντότητας EMPLOYEE και DEPARTMENT είναι 1:N (ένα προς πολλά)**. Εκτός από αυτού του είδους την πολλαπλότητα ένας τύπος συσχέτισης μπορεί να χαρακτηρίζεται από πολλαπλότητα **1:1 (ένα προς ένα)** ή **M:N (πολλά προς πολλά)**. Χαρακτηριστικό παράδειγμα τύπου συσχέτισης με πολλαπλότητα **1:1** είναι η συσχέτιση ανάμεσα στους τύπους οντότητας **EMPLOYEE** και **DEPARTMENT** με τον **EMPLOYEE** να συμμετέχει στη σχέση ως **MANAGER** (πράγματι, το κάθε τμήμα θα διευθύνεται μόνο από ένα **MANAGER**). Τέλος ένα παράδειγμα τύπου συσχέτισης με πολλαπλότητα **M:N**, είναι η συσχέτιση ανάμεσα στον **EMPLOYEE** και στο **PROJECT**: **ένας υπάλληλος μπορεί να εργάζεται σε περισσότερα από ένα projects, και ένα project με τη σειρά του, υλοποιείται από πολλούς υπαλλήλους ταυτόχρονα**.

Η δεύτερη σημαντική ιδιότητα που χαρακτηρίζει ένα τύπο συσχέτισης έχει να κάνει με το εάν η συμμετοχή των δύο τύπων οντότητας σε αυτή τη συσχέτιση είναι **ολική ή μερική**. Ένας τύπος οντότητας χαρακτηρίζεται από **ολική συμμετοχή (total participation)** σε ένα τύπο συσχέτισης, **εάν η ύπαρξή του εξαρτάται από τη συμμετοχή του ή όχι σε αυτή τη συσχέτιση**. Για παράδειγμα, στη βάση δεδομένων της εταιρείας, όλοι οι εργαζόμενοι πρέπει υποχρεωτικά να δουλεύουν σε κάποιο τμήμα. Αυτό σημαίνει πως **όλα τα στιγμιότυπα του τύπου οντότητας EMPLOYEE θα πρέπει υποχρεωτικά να συμμετέχουν σε κάποιο στιγμιότυπο του τύπου συσχέτισης WORKS_FOR** – στην αντίθετη περίπτωση δεν έχουν λόγο ύπαρξης. Επομένως η συμμετοχή του τύπου οντότητας **EMPLOYEE** στον τύπο συσχέτισης **WORKS_FOR** είναι **ολική**. Από την άλλη πλευρά, εάν θεωρήσουμε τον τύπο συσχέτισης **MANAGES** που συσχετίζει **το κάθε τμήμα με τον manager που το διευθύνει**, είναι προφανές, πως ως **manager του τμήματος**, θα μπει κάποιος **EMPLOYEE** – ωστόσο δεν είναι υποχρεωτικό όλοι οι **employees** να διευθύνουν κάποιο τμήμα. Επομένως, μόνο ένα ποσοστό των στιγμιότυπων του τύπου οντότητας **EMPLOYEE** θα συμμετέχει στη συσχέτιση **MANAGES**, και ως εκ τούτου, ο εν λόγω τύπος οντότητας χαρακτηρίζεται από **μερική συμμετοχή (partial participation)** σε αυτόν τον τύπο συσχέτισης. Αντίθετα, το κάθε τμήμα, θα πρέπει υποχρεωτικά να διοικείται από κάποιο manager. Επομένως, ο τύπος οντότητας **DEPARTMENT** χαρακτηρίζεται από **ολική συμμετοχή** στον τύπο συσχέτισης **MANAGES**.

Είναι τέλος σημαντικό να αναφερθεί, πως ένας **τύπος συσχέτισης**, εκτός από τους τύπους οντότητας μεταξύ των οποίων ορίζεται, μπορεί να χαρακτηρίζεται και από την ύπαρξη **πεδίων (attributes)**. Εάν για παράδειγμα επιθυμούμε για κάθε **υπάλληλο** που εργάζεται σε κάποιο **project** να καταχωρούμε και **τον αριθμό των**

ωρών ανά εβδομάδα που απασχολείται σε αυτό το project, μπορούμε να προσθέσουμε στον τύπο συσχέτισης **WORKS_ON** που συσχετίζει τους τύπους οντότητας **EMPLOYEE** και **PROJECT** το πεδίο **HOURS**. Με τον ίδιο τρόπο, εάν επιθυμούμε να καταχωρούμε για κάθε **MANAGER** την ημερομηνία που ανέλαβε τη διοίκηση κάποιου **DEPARTMENT**, μπορούμε να προσθέσουμε στον τύπο συσχέτισης **MANAGES** το πεδίο **StartDate**.

Σε περίπτωση κατά την οποία η **πολλαπλότητα** του τύπου συσχέτισης είναι **1:1** ή **1:N**, η προσθήκη αυτών των επιπλέον πεδίων, μπορεί να γίνει εάν το επιθυμούμε, **όχι στη δομή του τύπου συσχέτισης, αλλά στη δομή κάποιου από τους τύπους οντότητας που συμμετέχουν σε αυτόν**. Εάν αναφερόμαστε σε τύπο συσχέτισης με πολλαπλότητα **1:1**, η προσθήκη των επιπλέον πεδίων, μπορεί να γίνει σε όποιον από τους δύο τύπους οντότητας επιθυμούμε. Αντίθετα, εάν αναφερόμαστε σε πολλαπλότητα **1:N**, τότε υποχρεωτικά **αυτά τα πεδία θα προστεθούν στη δομή του τύπου οντότητας που βρίσκεται στην «πλευρά του N» στον τύπο συσχέτισης**. Ας θεωρήσουμε για παράδειγμα τον τύπο συσχέτισης **WORKS_FOR** που συσχετίζει τους τύπους οντότητας **DEPARTMENT** και **EMPLOYEE**. Η πολλαπλότητα αυτού του τύπου συσχέτισης είναι **1:N** διότι σε ένα τμήμα εργάζονται γενικά πολλοί υπάλληλοι. Εάν για κάθε υπάλληλο επιθυμούσαμε να καταχωρήσουμε και **την ημερομηνία ένταξής του σε αυτό το τμήμα**, αυτή η πληροφορία θα έπρεπε να καταχωρηθεί στο κάθε στιγμιότυπο του τύπου οντότητας **EMPLOYEE** διότι είναι διαφορετική για κάθε υπάλληλο. Τέλος, εάν η σχέση είναι **M:N**, τότε **επειδή τα νέα πεδία δεν αναφέρονται σε ένα από τα δύο στιγμιότυπα των τύπων οντότητας αλλά στο συνδυασμό τους, δεν είναι δυνατή η προσθήκη τους σε κάποιον από τους τύπους οντότητας, και επομένως τα προσθέτουμε υποχρεωτικά στον τύπο συσχέτισης**. Για παράδειγμα εάν ο υπάλληλος e_1 δουλεύει στο project p_1 για **10 ώρες την εβδομάδα**, τότε, το πεδίο **HOURS** στο οποίο θα καταχωρηθεί η τιμή **10**, δεν θα προστεθεί ούτε στον τύπο οντότητας **EMPLOYEE**, ούτε στον τύπο οντότητας **PROJECT**, αλλά στον τύπο συσχέτισης **WORKS_ON**. Αυτό θα γίνει, διότι δεν χαρακτηρίζει ούτε το στιγμιότυπο e_1 , ούτε το στιγμιότυπο p_1 , αλλά το συνδυασμό των δύο στιγμιότυπων, (e_1, p_1) .

ΑΔΥΝΑΜΟΙ ΤΥΠΟΙ ΟΝΤΟΤΗΤΑΣ (WEAK ENTITY TYPES): Σε ορισμένες περιπτώσεις είναι δυνατό να ορίσουμε τύπους οντότητας οι οποίοι **δεν έχουν κάποιο πεδίο κλειδί έτσι ώστε να ξεχωρίζουν τα διάφορα στιγμιότυπά τους, αλλά αυτή η διάκριση γίνεται δια της συσχέτισής τους με κάποιον από τους υπόλοιπους τύπους οντότητας της βάσης**. Αυτοί οι τύποι οντότητας ονομάζονται **αδύναμοι τύποι οντότητας (weak entity types)** και ορίζονται μόνο από ένα **συνδυασμό κάποιων από τα πεδία που περιέχουν καθώς και από τη συσχέτισή τους (identifying relationship) με κάποιον τύπο οντότητας (identifying owner)**. Ας σημειωθεί πως σε αυτή τη συσχέτιση, οι εν λόγω τύποι οντότητας έχουν **ολική συμμετοχή (total participation)**.

Εάν δύο ή περισσότεροι αδύναμοι τύποι οντότητας έχουν τον ίδιο **κάτοχο (owner entity)** υπάρχει ένας συνδυασμός πεδίων ο οποίος βοηθά να ξεχωρίζουμε τα στιγμιότυπα αυτού του τύπου οντότητας μεταξύ τους. Αυτός ο συνδυασμός των πεδίων λέγεται **μερικό κλειδί (partial key)**. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αδύναμου τύπου οντότητας είναι ο τύπος οντότητας **DEPENDENT** για τον οποίο η **οντότητα κάτοχος** είναι ο **EMPLOYEE**.

ΤΥΠΟΙ ΣΥΣΧΕΤΙΣΗΣ ΣΤΗ ΒΑΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΤΗΣ ΕΤΑΙΡΕΙΑΣ

Μετά τον ορισμό και την περιγραφή των ιδιοτήτων που χαρακτηρίζουν τους τύπους συσχέτισης, μπορούμε τώρα να αναθεωρήσουμε τη δομή της βάσης δεδομένων της εταιρείας που δημιουργήσαμε σε προηγούμενη παράγραφο, και να προσθέσουμε και τις συσχετίσεις που ορίζονται ανάμεσα στους τύπους οντότητας που έχουμε δημιουργήσει. Στην επόμενη παράγραφο, παρουσιάζονται οι τύποι συσχέτισης που ορίζονται στην εν λόγω εφαρμογή και οι οποίοι, σε μια αναλυτική περιγραφή, είναι οι ακόλουθοι :

MANAGES: τύπος συσχέτισης με πολλαπλότητα **1:1** που ορίζεται ανάμεσα στους τύπους οντότητας **EMPLOYEE** και **DEPARTMENT**. Η συμμετοχή του **DEPARTMENT** είναι **ολική**, ενώ ο **EMPLOYEE** χαρακτηρίζεται από **μερική συμμετοχή**. Επειδή για κάθε manager θέλουμε να καταχωρούμε και την ημερομηνία κατά την οποία αυτός ανέλαβε τη διοίκηση του τμήματος, ο εν λόγω τύπος συσχέτισης θα περιέχει και ένα πεδίο με το όνομα **StartDate**.

WORKS_FOR: τύπος συσχέτισης με πολλαπλότητα **1:N** που ορίζεται ανάμεσα στους τύπους οντότητας **DEPARTMENT** και **EMPLOYEE**. Η συμμετοχή και των δύο τύπων οντότητας σε αυτόν τον τύπο συσχέτισης είναι **ολική**.

CONTROLS: τύπος συσχέτισης με πολλαπλότητα **1:N** που ορίζεται ανάμεσα στους τύπους οντότητας **DEPARTMENT** και **PROJECT**. Η συμμετοχή του **PROJECT** είναι ολική, ενώ το **DEPARTMENT** χαρακτηρίζεται από **μερική συμμετοχή**.

SUPERVISION: τύπος συσχέτισης με πολλαπλότητα **1:N** που ορίζεται ανάμεσα στους τύπους οντότητας **EMPLOYEE** (στο ρόλο του **επιβλέποντα**) και **EMPLOYEE** (στο ρόλο του **επιβλεπόμενου**). Και οι δύο τύποι οντότητας χαρακτηρίζονται από **μερική συμμετοχή** σε αυτόν τον τύπο συσχέτισης, διότι σύμφωνα με τις προδιαγραφές της εταιρείας, δεν είναι υποχρεωτικό όλοι οι υπάλληλοι να επιβλέπονται από κάποιον επόπτη, και με τη σειρά τους δεν επιβλέπουν υποχρεωτικά κάποιον υπάλληλο.

WORKS_ON: τύπος συσχέτισης με πολλαπλότητα **M:N** που ορίζεται ανάμεσα στους τύπους οντότητας **EMPLOYEE** και **PROJECT**. Επειδή επιθυμούμε για κάθε εργαζόμενο να καταχωρούμε το πλήθος των ωρών που απασχολείται εβδομαδιαίως σε ένα **PROJECT**, αυτός ο τύπος συσχέτισης περιέχει και ένα πεδίο που ονομάζεται **HOURS**.

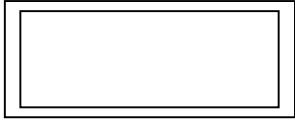
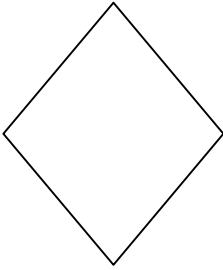
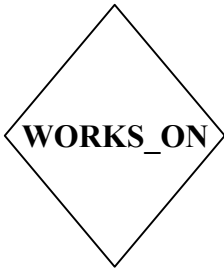
DEPENDENTS_OF: τύπος συσχέτισης με πολλαπλότητα **1:N** που ορίζεται ανάμεσα στους τύπους οντότητας **EMPLOYEE** και **DEPENDENT**. Ο τύπος οντότητας **EMPLOYEE** χαρακτηρίζεται από **μερική συμμετοχή**, ενώ η συμμετοχή του **DEPENDENT** είναι **ολική**, κάτι που είναι αναμενόμενο, εφ' όσον ο **DEPENDENT** είναι αδύναμος τύπος οντότητας και η ύπαρξή του εξαρτάται από τη συμμετοχή του ή όχι σε αυτή τη σχέση.

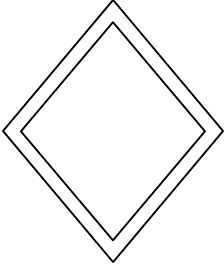
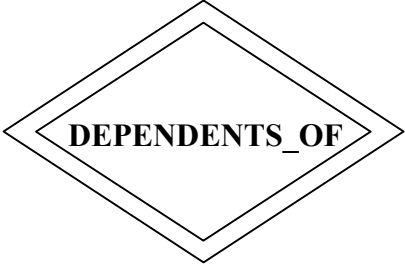
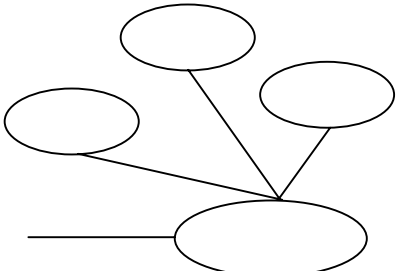
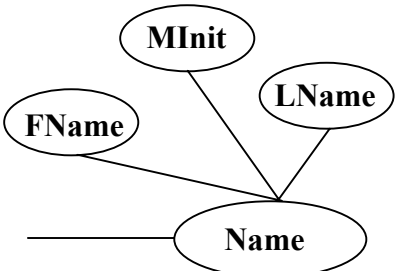
Εάν συγκρίνουμε την αρχική σχεδίαση της βάσης που περιελάμβανε μόνο τις οντότητες, με την αναθεωρημένη σχεδίαση της βάσης που παρουσιάσαμε στις προη-

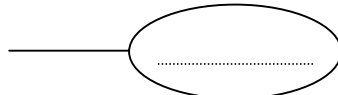
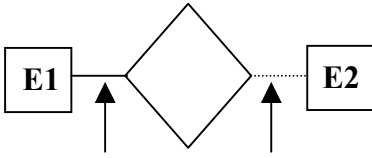
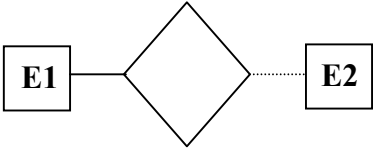
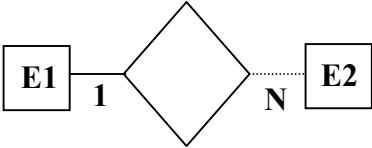
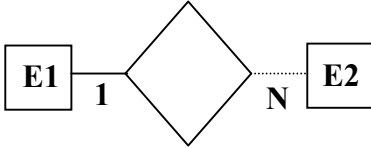
γούμενες παραγράφους, θα διαπιστώσουμε ότι ορισμένα πεδία που είχαν καταχωρηθεί στους τύπους οντότητας, έχουν τώρα μετακινηθεί στους τύπους συσχέτισης που έχουμε δημιουργήσει. Αυτό έγινε επειδή η τοποθέτηση αυτών των πεδίων στους τύπους συσχέτισης, οδηγεί σε αποφυγή της κράτησης πλεοναζόντων δεδομένων, και είναι κάτι που θα πρέπει να γίνεται σε κάθε περίπτωση.

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΟΝΤΟΤΗΤΩΝ – ΣΥΣΧΕΤΙΣΕΩΝ

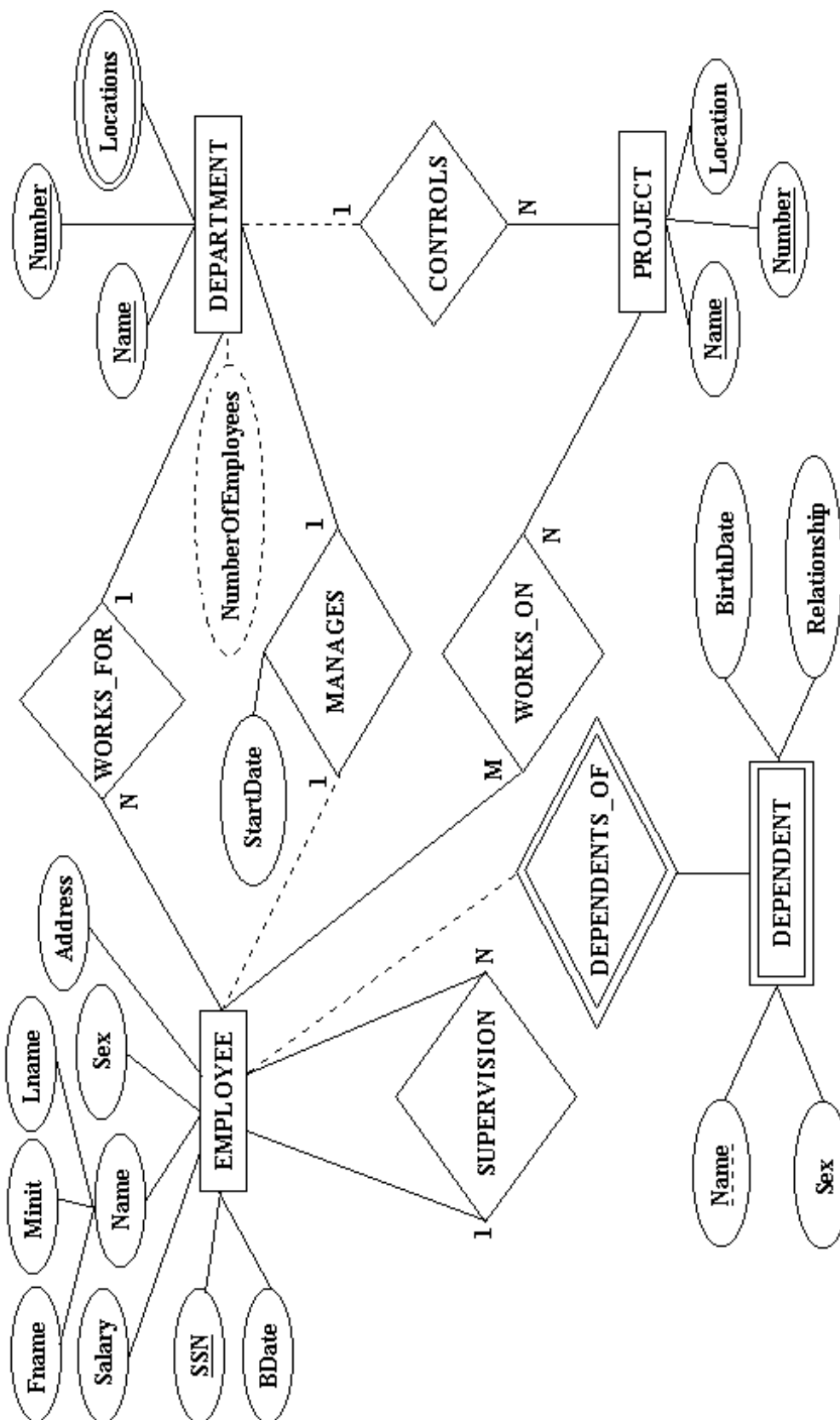
Ολοκληρώνοντας την περιγραφή της δομής της βάσης δια της χρήσης του μοντέλου οντοτήτων συσχέτισεων, μπορούμε να σχεδιάσουμε αυτή τη δομή, χρησιμοποιώντας το **διάγραμμα οντοτήτων – συσχέτισεων (Entity Relationship Diagram, E-R Diagram)** που είναι ειδικά σχεδιασμένο για αυτό το σκοπό. Αυτή η διαγραμματική τεχνική, επιτρέπει τη σχεδίαση των οντοτήτων μιας βάσης και των συσχέτισεων που υφίστανται ανάμεσά τους χρησιμοποιώντας ειδικά σύμβολα, τα οποία παρουσιάζονται στον πίνακα που ακολουθεί :

ΣΥΜΒΟΛΟ	ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΧΡΗΣΗΣ
 ENTITY TYPE	 Employee Entity Type
 WEAK ENTITY TYPE	 Dependent Weak Entity Type
 RELATIONSHIP TYPE	 Works_On Relationship Type

 IDENTIFYING RELATIONSHIP TYPE	 Dependents_Of Identifying Relationship Type
 ATTRIBUTE	 Salary Entity Attribute
 KEY ATTRIBUTE	 SSN Key Entity Attribute
 MULTIVALUED ATTRIBUTE	 Locations Multivalued Entity Attribute
 COMPLEX ATTRIBUTE	 Name Complex Entity Attribute

 DERIVED ATTRIBUTE	 Age Derived Entity Attribute
 PARTIAL KEY ATTRIBUTE	 DepName Partial Key Entity Attribute
 TOTAL PARTIAL PARTICIPATION	 E1 : DEPENDENT E2 : EMPLOYEE
 CARDINALITY RATIO	 E1 : EMPLOYEE E2 : DEPENDENT

Τέλος στην επόμενη σελίδα, παρουσιάζεται το διάγραμμα οντοτήτων συσχετίσεων για τη βάση δεδομένων της εταιρείας σύμφωνα με την ανάλυση που περιγράψαμε στις προηγούμενες ενότητες αυτού του κεφαλαίου.



Σχήμα 8: Διάγραμμα οντοτήτων συσχετίσεων για τη βάση δεδομένων της εταιρείας