



Μάθημα: **ΒΑΣΕΙΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ**

Διδάσκοντες: Καθ. Ιωάννης Βασιλείου, Καθ. Τιμολλέων Σελλής

ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΗ ΛΥΣΗ ΚΑΙ ΣΧΟΛΙΑ ΣΤΗΝ ΠΡΩΤΗ ΑΣΚΗΣΗ

ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΙ ΒΑΣΕΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Όλγα Γκουντούνα

olga@dblab.ece.ntua.gr

I. ΜΟΝΤΕΛΟ ΟΝΤΟΤΗΤΩΝ – ΣΥΣΧΕΤΙΣΕΩΝ

Στην εκφώνηση της άσκησης δίνονται όλες οι βασικές λειτουργικές απαιτήσεις και προδιαγραφές για τον σχεδιασμό μιας βάσης δεδομένων για το αεροδρόμιο «Ελ. Βενιζέλος». Εξειδικεύοντας και –κατά περίπτωση– επεκτείνοντας αυτούς τους κανόνες, είναι δυνατόν να οριστούν τα ακόλουθα σύνολα οντοτήτων και συσχετίσεων:

ΣΥΝΟΛΑ ΟΝΤΟΤΗΤΩΝ

- **ΥΠΑΛΛΗΛΟΙ (Employees)** που εργάζονται στο αεροδρόμιο. Με βάση τις προδιαγραφές, κάθε υπάλληλος προσδιορίζεται μοναδικά από τον *αριθμό της ταυτότητάς του (SSN)* [πρωτεύον κλειδί] και ανήκει στο ενιαίο σωματείο των εργαζομένων με *αριθμό μέλους (Union_Membership_Number)*. Ο αριθμός μέλους μπορεί να θεωρηθεί ως *υποψήφιο κλειδί* μόνον εφόσον γίνει η παραδοχή ότι όλοι ανεξαιρέτως οι εργαζόμενοι (π.χ. και οι έκτακτοι συμβασιούχοι ορισμένου χρόνου) είναι εγγεγραμμένοι στο σωματείο. Άλλα γνωρίσματα είναι ο μισθός (**Salary**), το έτος γέννησης (**Year_of_Birth**) και το παράγωγο γνώρισμα ηλικία (**Age**). Υπάρχουν δύο *σύνθετα* γνωρίσματα: η *διεύθυνση κατοικίας (Address)*, η οποία αναλύεται σε *οδό (Street_Name)*, *αριθμό (Street_Number)* και *ταχυδρομικό κώδικα (Postal_code)* και επιπλέον το όνομα (**Name**) του υπαλλήλου, αποτελούμενο από *επώνυμο (Surname)* και *μικρό όνομα (First_Name)*. Τέλος, το *τηλέφωνο (Phone_Number)* και το **E_mail** μοντελοποιούνται ως *πλειότιμα* γνωρίσματα διότι ενδέχεται να έχουν πολλαπλές τιμές (σταθερό, κινητό τηλέφωνο κλπ.). Παρατηρήστε ότι παρόλο που μερικά από τα προαναφερθέντα γνωρίσματα προδιαγράφονται από την εκφώνηση μόνο για τους τεχνικούς, είναι δυνατόν να γίνει η παραδοχή ότι ενδιαφέρουν για όλους τους υπαλλήλους, για λόγους πληρότητας της βάσης δεδομένων.

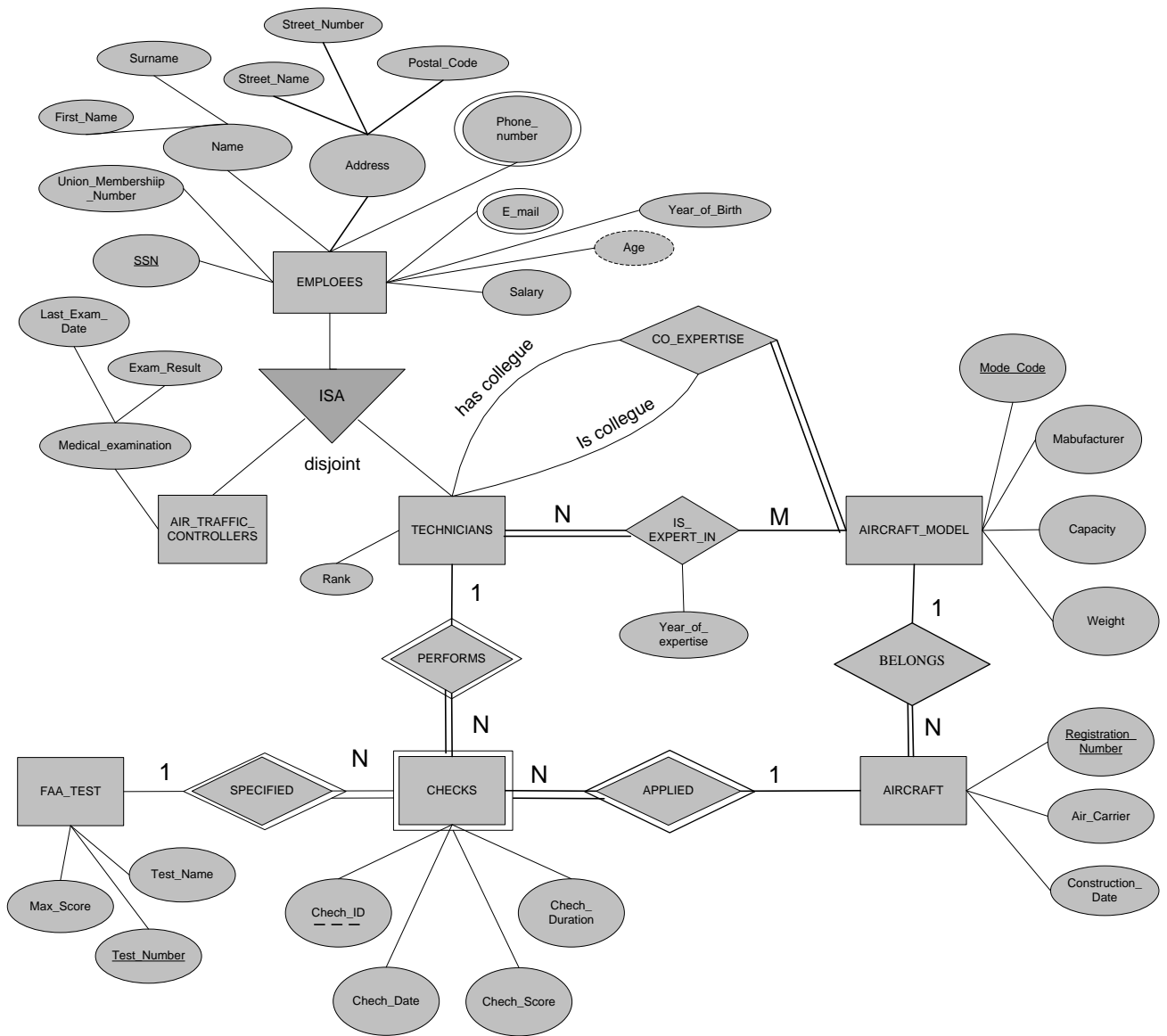
- Οι **ΤΕΧΝΙΚΟΙ (Technicians)** θεωρούνται ως μερική εξειδίκευση των υπαλλήλων, με πρόσθετο γνώρισμα την βαθμίδα τους (**Rank**), λ.χ. μηχανικός, υπομηχανικός κλπ. Σημειώστε ότι το κλειδί κληρονομείται από την οντότητα **Υπάλληλοι** (υπερκλάση), οπότε δεν χρειάζεται να οριστεί ξανά.
- Ομοίως, οι **ΕΛΕΓΚΤΕΣ ΕΝΑΕΡΙΑΣ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ (Air_Traffic_Controller)** είναι επίσης μερική εξειδίκευση των υπαλλήλων. Εφόσον χρειάζεται να υπόκεινται σε ιατρικές εξετάσεις, προστίθεται ένα σύνθετο γνώρισμα **Ιατρική εξέταση (Medical_Examination)**, όπου καταγράφεται η ημερομηνία της πιο πρόσφατης εξέτασης (**Last_Exam_Date**) και το πόρισμά της (**Exam_Result**), το οποίο κρίνει την ικανότητα εκτέλεσης των καθηκόντων του ελεγκτή. Η μοντελοποίηση γίνεται απλώς με γνώρισμα και όχι με άλλον τρόπο (λ.χ. συσχέτιση με ένα άλλο σύνολο οντοτήτων για τις ιατρικές εξετάσεις), επειδή ζητείται να τηρούνται μόνο τα στοιχεία της πιο πρόσφατης εξέτασης. Και πάλι, δεν χρειάζεται να οριστεί κλειδί.
- **ΤΥΠΟΙ ΑΕΡΟΣΚΑΦΩΝ (Aircraft_Model)** που εξυπηρετούνται από την τεχνική βάση του αεροδρομίου, με γνωρίσματα τον μοναδικό κωδικό του μοντέλου (**Model_code**) [άρα πρωτεύον κλειδί], την χωρητικότητα σε επιβάτες (**Capacity**), το βάρος (**Weight**) και την κατασκευάστρια εταιρεία (**Manufacturer**) [πρόσθετο γνώρισμα].
- **ΑΕΡΟΣΚΑΦΗ (Aircraft)** που γίνονται δεκτά για συντήρηση, με γνωρίσματα τον μοναδικό κωδικό εγγραφής (**Registration_Number**) [πρωτεύον κλειδί] και επιπρόσθετα, την ιδιοκτήτρια εταιρεία (**Air_Carrier**), καθώς και την χρονολογία κατασκευής του (**Construction_Date**).
- **ΚΑΝΟΝΕΣ ΕΛΕΓΧΟΥ (FAA_Test)** που προδιαγράφονται από την Ομοσπονδιακή Διοίκηση Αεροπορίας για την πιστοποίηση της πτητικής ικανότητας των αεροσκαφών. Κάθε τέτοιος κανόνας ελέγχου χαρακτηρίζεται μοναδικά από έναν κωδικό (**Test_Number**) [πρωτεύον κλειδί], έχει ένα όνομα (**Test_Name**) και ορίζει την μέγιστη δυνατή βαθμολογία (**Max_Score**) που επιτρέπεται να δοθεί σε κάποιο αεροσκάφος γι' αυτό το είδος ελέγχου.
- **ΠΡΑΓΜΑΤΟΠΟΙΗΘΕΝΤΕΣ ΕΛΕΓΧΟΙ (Checks)** που διενεργούνται από τεχνικούς του αεροδρομίου σε συγκεκριμένα αεροσκάφη βάσει των ισχυόντων κανονισμών ελέγχου. Λόγω της εμφανούς εξάρτησης από άλλα ισχυρά σύνολα οντοτήτων (**Aircraft, FAA_Test, Technicians**), οι πραγματοποιηθέντες έλεγχοι μοντελοποιούνται ως αδύναμο σύνολο οντοτήτων (weak entity). Εκτός από τα γνωρίσματα που αφορούν την ημερομηνία (**Check_Date**), την διάρκεια εκτέλεσης (**Check_Duration**) και την βαθμολογία που δόθηκε (**Check_Score**) στο αεροσκάφος από τον τεχνικό, χρειάζεται να προσδιοριστεί και ένα διακριτικό γνώρισμα. Αν γινόταν η παραδοχή ότι κάποιο αεροσκάφος δεν μπορεί να ελεγχθεί από τον ίδιο τεχνικό μέσα στην ίδια ημέρα, τότε η ημερομηνία (**Check_Date**) θα μπορούσε να εξυπηρετήσει ως μερικό κλειδί. Ωστόσο, εδώ υιοθετείται η λογική υπόθεση ότι κάτι τέτοιο δεν πρέπει να αποκλειστεί, οπότε εισάγεται ένα πρόσθετο γνώρισμα (**Check_ID**) ως μερικό κλειδί (λ.χ. ο αύξων αριθμός του δελτίου ελέγχου του αεροσκάφους).

ΣΥΝΟΛΑ ΣΥΣΧΕΤΙΣΕΩΝ

- Ως προς την συσχέτιση **ISA**, γίνεται η υπόθεση ότι οι **ΤΕΧΝΙΚΟΙ** και οι **ΕΛΕΓΚΤΕΣ ΕΝΑΕΡΙΑΣ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ** είναι ξένα σύνολα. Η εξειδίκευση δεν είναι συνολική αλλά *μερική*, άρα επιτρέπεται να καταγράφονται στην βάση δεδομένων και άλλοι εργαζόμενοι που δεν ανήκουν σε καμία από τις δύο κατηγορίες, λ.χ. διοικητικό προσωπικό.

- Η συσχέτιση **ΑΝΗΚΕΙ (BELONGS)** διασυνδέει τους **ΤΥΠΟΥΣ ΑΕΡΟΣΚΑΦΩΝ** με τα αντίστοιχα **ΑΕΡΟΣΚΑΦΗ** με βαθμό πληθικότητας $1 : N$. Τα **ΑΕΡΟΣΚΑΦΗ** έχουν ολική συμμετοχή στην συσχέτιση, εφόσον για κάθε αεροσκάφος έχει μόνο έναν τύπο ο οποίος πρέπει να είναι γνωστός. Απ' την άλλη, είναι ενδεχόμενο να υπάρχει τύπος αεροσκαφών που να μην έχει τύχει να εμφανιστεί σε αεροσκάφη που έχουν σταθμεύσει στο αεροδρόμιο (λ.χ. το νέο μοντέλο της AIRBUS ή το Concorde), γι' αυτό και δεν απαιτείται ολική συμμετοχή των **ΤΥΠΩΝ ΑΕΡΟΣΚΑΦΩΝ** στην συσχέτιση.
- Η συσχέτιση **ΕΙΔΙΚΕΥΕΤΑΙ (IS_EXPERT_IN)** προσδιορίζει τους **ΤΥΠΟΥΣ ΑΕΡΟΣΚΑΦΩΝ** στους οποίους έχει εξειδικευτεί κάθε **ΤΕΧΝΙΚΟΣ**. Πρόκειται για μια σχέση πολλά-προς-πολλά ($N : M$), αφού κάθε τεχνικός μπορεί να ασχολείται με πολλά μοντέλα, ενώ για κάθε μοντέλο υπάρχουν διάφοροι ειδικευμένοι τεχνικοί. Από την πλευρά των τεχνικών απαιτείται ολική συμμετοχή, αφού κάθε τεχνικός πρέπει να είναι ειδικευμένος σε έναν ή περισσότερους τύπους αεροσκαφών. Το γνώρισμα Degree_of_Experience φανερώνει τον βαθμό εξειδίκευσης του τεχνικού για κάθε μοντέλο με το οποίο ασχολείται.
- Η συσχέτιση **ΣΥΜΠΗΠΤΕΙ ΕΞΕΙΔΙΚΕΥΣΗ (CO-EXPERTISE)** είναι τριπλή (πολλά-προς-πολλά-προς-πολλά), μεταξύ δύο «αντιγράφων» του συνόλου **ΤΕΧΝΙΚΟΙ** και των **ΤΥΠΩΝ ΑΕΡΟΣΚΑΦΩΝ**. Πρόκειται για έναν τρόπο καταγραφής των τεχνικών παρόμοιας εξειδίκευσης, η οποία φυσικά αναφέρεται κάθε φορά σε συγκεκριμένο τύπο αεροσκαφούς. Παρατηρήστε τους διακριτούς ρόλους (έχει συνάδελφο, είναι συνάδελφος) που έχουν αποδοθεί στις συνδέσεις με την οντότητα **ΤΕΧΝΙΚΟΙ** και την ολική συμμετοχή των **ΤΥΠΩΝ ΑΕΡΟΣΚΑΦΩΝ** (εφόσον αυτοί καθορίζουν την ομοιότητα της εξειδίκευσης). Βεβαίως, δεν αποφεύγεται κάποιας μορφής πλεονασμός λόγω αμοιβαιότητας των ζευγών τεχνικών σε κάθε εγγραφή, γεγονός που διπλασιάζει την πληροφορία που πρέπει να τηρείται (λ.χ. ο Νίκος έχει την ίδια εξειδίκευση με τον Γιάννη στα BOEING-737, αλλά και ο Γιάννης έχει την ίδια εξειδίκευση με τον Νίκο στα BOEING-737). Εναλλακτικά, η ανεύρεση τεχνικών παρόμοιας εξειδίκευσης θα μπορούσε να προκύπτει από κατάλληλο ερώτημα (query) στην βάση δεδομένων, κάτι που ίσως έχει περισσότερο νόημα σε μια πραγματική εφαρμογή, ιδίως λόγω και του ζητήματος της ενημέρωσης (updates) των περιεχομένων της συσχέτισης. Ωστόσο, προτιμάται ο πρώτος τρόπος εφόσον κάτι τέτοιο ζητείται ρητώς από τις προδιαγραφές.
- Οι τρεις τελευταίες συσχετίσεις **ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΖΕΤΑΙ (SPECIFIED)**, **ΕΦΑΡΜΟΖΕΤΑΙ (APPLIED)** και **ΕΚΤΕΛΕΙ (PERFORMS)** αφορούν την αδύναμη οντότητα **ΠΡΑΓΜΑΤΟΠΟΙΗΘΕΝΤΕΣ ΕΛΕΓΧΟΙ (Checks)** και αποτελούν τις προσδιοριστικές της συσχετίσεις. Πράγματι, κάθε πραγματοποιούμενος έλεγχος **ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΖΕΤΑΙ** βάσει του αντίστοιχου κανόνα της FAA, **ΕΦΑΡΜΟΖΕΤΑΙ** σε ένα συγκεκριμένο αεροσκάφος και τον **ΕΚΤΕΛΕΙ** ένας ορισμένος τεχνικός, γι' αυτό οι **ΠΡΑΓΜΑΤΟΠΟΙΗΘΕΝΤΕΣ ΕΛΕΓΧΟΙ** έχουν ολική συμμετοχή και στις τρεις συσχετίσεις. Επίσης, εφόσον κάθε κανόνας μπορεί να εφαρμοστεί σε πολλούς ελέγχους, ο ίδιος τεχνικός γενικά πραγματοποιεί πολλούς ελέγχους και το κάθε αεροσκάφος είναι δυνατόν να υποστεί διάφορους ελέγχους, καθεμιά από τις τρεις συσχετίσεις έχει βαθμό πληθικότητας $1 : N$.

Στην επόμενη σελίδα μπορείτε να βρείτε το συνολικό διάγραμμα Οντοτήτων Συσχετίσεων (ER-diagram).



II. ΣΧΕΣΙΑΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ

Στη συνέχεια μετατρέπουμε το προηγούμενο διάγραμμα οντοτήτων-συσχετίσεων, στο αντίστοιχο σχεσιακό σχήμα. Το πρωτεύον κλειδί κάθε σχέσης σημειώνεται με έντονα στοιχεία (bold) και υπογράμμιση. Τα υποψήφια κλειδιά σημειώνονται με έντονα μόνο στοιχεία. Είναι σύνηθες φαινόμενο στην πράξη να μην επιλέγονται αλφαριθμητικοί ή τύποι κειμένου ως πρωτεύοντα κλειδιά στις σχέσεις. Για το λόγο παρότι τα γνωρίσματα όπως ο Αριθμός Ταυτότητας (SSN) **υπαλλήλου** μπορεί να είναι μοναδικά, προσθέτουμε ένα αριθμητικό πεδίο **Emp_Code** του οποίου η χρήση είναι αποδοτικότερη και συνεπώς ενδείκνυται (indices και joins δουλεύουν αρκετά καλύτερα πάνω σε αριθμητικές τιμές) Θεωρούμε ότι τα **Registration_Number**, **Test_Number**, **Model_Code** έχουν αντίστοιχα αριθμητικές τιμές.

Αρχικά, κάθε ισχυρό σύνολο οντοτήτων μετατρέπεται απευθείας σε σχέση ή σχέσεις.

- **EMPLOYEES** (**Emp_Code**, **SSN**, Union_Membership_Number, First-Name, Surname, Street_Name, Street_Number, Postal_code, Year_of_Birth, Salary)
- **AIRCRAFT_MODEL** (**Model_code**, Capacity, Weight, Manufacturer)
- **AIRCRAFT** (**Registration_Number**, Air_Carrier, Construction_Date)
- **FAA_TEST** (**Test_Number**, Test_Name, Max_Score)

Σημειώνονται τα εξής:

- ❖ Τα σύνθετα γνωρίσματα Address και Name έχουν αντικατασταθεί με τα συστατικά τους.
- ❖ Το πλειότιμο γνώρισμα **Phone_Number** του συνόλου οντοτήτων **EMPLOYEES** (υπάλληλοι) υλοποιείται ως ξεχωριστή σχέση, συμπεριλαμβάνοντας τον αντίστοιχο κωδικό (SSN). Το ίδιο ισχύει και για το πλειότιμο γνώρισμα **E_mail**.
- **PHONES** (**Emp_Code**, **Phone_Number**)
- **E_MAILS** (**Emp_Code**, **E_mail**)
- ❖ Οι εξειδικεύσεις διατηρούν το κλειδί της υπερκείμενης κλάσης. Εφόσον η εξειδίκευση είναι μερική, η σχέση **EMPLOYEES** παραμένει και *δεν* υποκαθίσταται από τις υποκλάσεις της:
- **TECHNICIANS** (**Emp_Code**, Rank)
- **AIR_TRAFFIC_CONTROLLERS** (**Emp_Code**, Last_Exam_Date, Exam_Result)

έχοντας αντικαταστήσει το σύνθετο γνώρισμα Medical_Examination.

Για τον αδύναμο τύπο οντοτήτων **CHECKS** (ΠΡΑΓΜΑΤΟΠΟΙΗΘΕΝΤΕΣ ΕΛΕΓΧΟΙ) και την προσδιοριστική του συσχέτιση θεωρούμε ότι υπάρχει ένας Κωδικός ελέγχου **Check_code** ο οποίος είναι μοναδικός μέσα στο ίδιο άλμπουμ, αλλά όχι μοναδικός και μεταξύ όλων των άλμπουμ που κυκλοφορεί η εταιρία. Έτσι έχουμε:

- **CHECKS** (Registration Number, Emp Code, Test Number, Check ID, Check_Date, Check_Duration, Check_Score)

Τέλος, χειριζόμαστε τις συσχετίσεις του ER διαγράμματος.

- **BELONGS** (Registration Number, Model-code)
- **IS_EXPERT_IN** (Emp Code, Model code, Degree_of_Experience)
- **CO_EXPERTISE** (Emp Code, Emp Code -Colleague, Model-code)

❖ Παρατηρούμε ότι το πρωτεύον κλειδί στις N:M συσχετίσεις **IS_EXPERT_IN**, και **CO_EXPERTISE** κατασκευάζεται όπως ήταν αναμενόμενο από την ένωση των κλειδιών των οντοτήτων που μετέχουν.

❖ Αξίζει να σημειωθεί ότι στην δεύτερη σχέση επαναλαμβάνεται δύο φορές το κλειδί της οντότητας **ΤΕΧΝΙΚΟΙ**, αλλά με άλλη έννοια (γι' αυτό και έχει δοθεί ψευδώνυμο): η πρώτη εμφάνιση (**Emp_Code**) δηλώνει τον τεχνικό, ενώ η δεύτερη (**Emp_Code - Colleague**) προσδιορίζει ποιος είναι ο συνάδελφός του με την ίδια εξειδίκευση.

❖ Για τις συσχετίσεις **APPLIED**, **SPECIFIED** και **PERFORMS** δεν δημιουργούμε καινούργια σχέση, εφόσον αυτές είναι προσδιοριστικές συσχετίσεις του αδύνατου συνόλου οντοτήτων **CHECKS**.

Σε δεύτερη φάση, θα πρέπει να ελεγχθούν τυχόν πλεονασμοί στις σχέσεις που έχουν παραχθεί και να γίνουν συγχωνεύσεις, αν χρειαστεί. Όντως, υπάρχει μια τέτοια δυνατότητα: Η σχέση **BELONGS** είναι N : 1 με κλειδί το **Registration_Number**, όπως και η σχέση **AIRCRAFT**. Επίσης, η **AIRCRAFT** έχει ολική συμμετοχή στην **BELONGS**, όπως φαίνεται και στο διάγραμμα οντοτήτων συσχετίσεων. Επομένως, μπορούμε να τις συγχωνεύσουμε σε μια ενιαία σχέση με το κοινό τους κλειδί:

- **AIRCRAFT_FLEET** (Registration Number, Model_code, Air_Carrier, Construction_Date)

καταργώντας τις δύο υφιστάμενες σχέσεις (**AIRCRAFT**, **BELONGS**).

Στο σχεσιακό σχήμα που μόλις ολοκληρώθηκε δεν είναι δυνατόν να απεικονιστούν κάποιοι δομικοί περιορισμοί, εμφανείς όμως στο διάγραμμα οντοτήτων-συσχετίσεων:

- Ο βαθμός απεικόνισης, δηλαδή πόσες οντότητες διασυνδέονται με άλλες σε κάποια συσχέτιση.
- Οι περιορισμοί συμμετοχής μιας οντότητας σε μια συσχέτιση (λ.χ. ολική συμμετοχή).
- Τυχόν εξειδικεύσεις ή γενικεύσεις οντοτήτων (κλάση-υποκλάση) και η αντίστοιχη κάλυψη (πλήρης, μερική).
- Αδύναμα σύνολα οντοτήτων.

Από την άλλη πλευρά, στο σχεσιακό σχήμα μπορούν να δηλωθούν περιορισμοί αναφοράς με ξένα κλειδιά, υπό την προϋπόθεση ότι θα χρησιμοποιηθεί μια διαγραμματική μορφή για το σχήμα, σαν κι αυτή που παρατίθεται στην επόμενη σελίδα.

