



Βάσεις Δεδομένων

Ενότητα 7: Συναρτησιακές Εξαρτήσεις και Κανονικοποίηση

Ιωάννης Μανωλόπουλος, Καθηγητής
Τμήμα Πληροφορικής ΑΠΘ



Άδειες Χρήσης

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό υπόκειται σε άδειες χρήσης Creative Commons.
- Για εκπαιδευτικό υλικό, όπως εικόνες, που υπόκειται σε άλλου τύπου άδειας χρήσης, η άδεια χρήσης αναφέρεται ρητώς.



Χρηματοδότηση

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στα πλαίσια του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.
- Το έργο «Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης» έχει χρηματοδοτήσει μόνο τη αναδιαμόρφωση του εκπαιδευτικού υλικού.
- Το έργο υλοποιείται στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση» και συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) και από εθνικούς πόρους.





Συναρτησιακές Εξαρτήσεις και Κανονικοποίηση

Πλεονασμός δεδομένων, συναρτησιακές
εξαρτήσεις, πλειονότιμες εξαρτήσεις,
κανονικές μορφές

Περιεχόμενα ενότητας

1. Πλεονασμός δεδομένων
2. Συναρτησιακές εξαρτήσεις
3. Κανονικές μορφές
4. Πλειονότιμες εξαρτήσεις
5. Ανώτερες κανονικές μορφές



Σκοποί ενότητας

- Η παρουσίαση των κανόνων παραγωγής συναρτησιακών εξαρτήσεων και της κλειστότητας συνόλου χαρακτηριστικών.
- Η περιγραφή των κανονικών μορφών (πρώτη, δεύτερη, τρίτη και Boyce-Codd κανονική μορφή).
- Η ανάλυση των σχημάτων χωρίς απώλειες.
- Η παρουσίαση των κανόνων παραγωγής πλειονότιμων εξαρτήσεων.
- Η παρουσίαση των ανώτερων κανονικών μορφών (τέταρτη και πέμπτη κανονική μορφή).



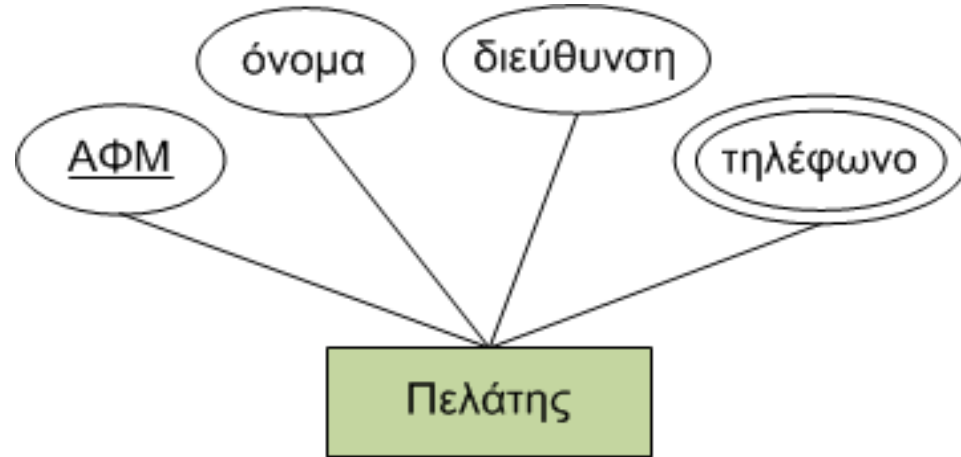
Κλειδί – Υπερκλειδί

- **Κλειδί** (key) είναι ένα χαρακτηριστικό ή ένα σύνολο χαρακτηριστικών που μπορεί να ταυτοποιήσει όλες τις πλειάδες τις σχέσεις, και δεν υπάρχει γνήσιο υποσύνολό του με την ίδια ιδιότητα.
- Κάθε υπερσύνολο του κλειδίου λέγεται **υπερκλειδί** (superkey).
- Σε μία σχέση μπορεί να υπάρχουν πολλά κλειδιά και πολύ περισσότερα υπερκλειδιά.



Πλεονασμός Δεδομένων (1/2)

- Ο πλεονασμός δεδομένων (data redundancy) ευθύνεται για προβλήματα κατά:
 - την ενημέρωση δεδομένων
 - τη διαγραφή δεδομένων
 - την εισαγωγή δεδομένων



ΑΦΜ	όνομα	διεύθυνση	τηλέφωνο
044231211	Γεώρ. Βασιλείου	Β. Όλγας 12	2310888888
044231211	Γεώρ. Βασιλείου	Β. Όλγας 12	6977111222
044231211	Γεώρ. Βασιλείου	Β. Όλγας 12	2310888999



Πλεονασμός Δεδομένων (2/2)

- Για την αποφυγή πλεονασμού οι πίνακες τεμαχίζονται ακολουθώντας μία διαδικασία που ονομάζεται **κανονικοποίηση** (normalization).

ΑΦΜ	όνομα	διεύθυνση
044231211	Γεώρ. Βασιλείου	Β. Όλγας 12

ΑΦΜ	τηλέφωνο
044231211	2310888888
044231211	6977111222
044231211	2310888999



Συναρτησιακές Εξαρτήσεις (1/2)

- Οι **συναρτησιακές εξαρτήσεις** (functional dependencies) οφείλονται στις ιδιότητες που έχουν τα χαρακτηριστικά των οντοτήτων.
- Μία συναρτησιακή εξάρτηση μεταξύ X και Y συμβολίζεται με $X \rightarrow Y$ και ορίζει έναν περιορισμό ως προς τις τιμές των χαρακτηριστικών.
- Λέγεται ότι το σύνολο χαρακτηριστικών Y είναι **συναρτησιακά εξαρτώμενο** (functional dependent) από το σύνολο X .



Συναρτησιακές Εξαρτήσεις (2/2)

- Αν δύο πλειάδες έχουν ίδιες τιμές στα χαρακτηριστικά του συνόλου X , τότε θα έχουν ίδιες τιμές και στα χαρακτηριστικά του συνόλου Y .
 - Για παράδειγμα:
ΑΦΜ \rightarrow Όνομα, Καθηγητής \rightarrow Μάθημα
- Σε ένα σύνολο χαρακτηριστικών μπορεί να υπάρχουν **τετριμμένες** (trivial) συναρτησιακές εξαρτήσεις, αλλά και άλλες που μπορούν να συναχθούν.
 - Για παράδειγμα:
ΑΦΜ, Όνομα \rightarrow Όνομα



Αξιώματα Armstrong (1/2)

1. ανακλαστικός (reflexive) κανόνας:

– Αν $Y \subseteq X$, τότε $X \rightarrow Y$.

2. επαυξητικός (augmentation) κανόνας:

– Αν $X \rightarrow Y$, τότε $XZ \rightarrow YZ$.

3. μεταβατικός (transitive) κανόνας:

– Αν $X \rightarrow Y$ και $Y \rightarrow Z$, τότε $X \rightarrow Z$.



Αξιώματα Armstrong (2/2)

- Τα Αξιώματα του Armstrong μπορούν να αποδειχθούν.
- Αποτελούν ένα σύνολο **ορθό και πλήρες** (sound and complete) επειδή:
 - δεν παράγουν μη ορθές εξαρτήσεις
 - αρκούν για να παραχθεί το F^+
- Μπορούν να διατυπωθούν και άλλοι κανόνες, που αποδεικνύονται με τη βοήθεια των αξιωμάτων του Armstrong.



Κανόνες Παραγωγής Συναρτησιακών Εξαρτήσεων

4. κανόνας διάσπασης (decomposition):
 - Αν $X \rightarrow YZ$, τότε $X \rightarrow Y$ και $X \rightarrow Z$.
5. κανόνας ένωσης (union):
 - Αν $X \rightarrow Y$ και $X \rightarrow Z$, τότε $X \rightarrow YZ$.
6. ψευδο-μεταβατικός (pseudotransitive) κανόνας:
 - Αν $X \rightarrow Y$ και $WY \rightarrow Z$, τότε $WX \rightarrow Z$.
7. συσσωρευτικός (accumulative) κανόνας:
 - Αν $X \rightarrow YZ$ και $Z \rightarrow BW$, τότε $X \rightarrow YBW$.
8. γενικός ενοποιητικός (general unification) κανόνας:
 - Αν $X \rightarrow Y$ και $Z \rightarrow W$, τότε $XU(Z - Y) \rightarrow YW$.



Κανόνες Παραγωγής Συναρτησιακών Εξαρτήσεων – Παράδειγμα

- Δίνονται τα χαρακτηριστικά W, U, V, X, Y, Z και οι συναρτησιακές εξαρτήσεις: $W \rightarrow UV, U \rightarrow Y, VX \rightarrow Z$.
- Ζητείται να αποδειχθεί ότι ισχύει: $WX \rightarrow Z$.
 - Με διάσπαση από τη $W \rightarrow UV$ προκύπτει $W \rightarrow V$.
 - Με επαύξηση προκύπτει $WX \rightarrow VX$.
 - Με μεταβατικότητα προκύπτει $WX \rightarrow YZ$.
 - Με διάσπαση προκύπτει $WX \rightarrow Z$.



Κλειστότητα Συναρτησιακών Εξαρτήσεων

- Το σύνολο των συναρτησιακών εξαρτήσεων που μπορούν να παραχθούν από ένα σύνολο εξαρτήσεων F λέγεται **κλειστότητα** (closure) και συμβολίζεται με F^+ .
- Ένα σύνολο G συναρτησιακών εξαρτήσεων **καλύπτεται από** (is covered) ένα άλλο σύνολο συναρτησιακών εξαρτήσεων F , όταν κάθε εξάρτηση που ανήκει στο G ανήκει και στο F^+ .
- Δύο σύνολα συναρτησιακών εξαρτήσεων F και G καλούνται **ισοδύναμα** (equivalent) αν ισχύει: $F^+ = G^+$.



Κλειστότητα Συνόλου Χαρακτηριστικών

- Ο προσδιορισμός του συνόλου κλειστότητας F^+ είναι δαπανηρός ακόμη και για μικρό σύνολο εξαρτήσεων F (δεν υπάρχει πολυωνυμικός αλγόριθμος).
- Με πολυωνυμικό αλγόριθμο μπορούμε να διαπιστώσουμε αν μία συναρτησιακή εξάρτηση $A \rightarrow B$ ανήκει στο σύνολο F^+ , χωρίς προηγουμένως να δημιουργήσουμε το σύνολο F^+ .
- **Κλειστότητα του συνόλου χαρακτηριστικών X** (attribute closure), ως προς το σύνολο των συναρτησιακών εξαρτήσεων F , είναι το σύνολο των χαρακτηριστικών που είναι συναρτησιακά εξαρτώμενα από το σύνολο X και το συμβολίζουμε με X^+ .



Αλγόριθμος Εύρεσης Κλειστότητας Συνόλου Χαρακτηριστικών

Ζητείται να βρεθεί η κλειστότητα του χαρακτηριστικού A .

- **Αλγόριθμος:**

1. Θέτουμε $X = A$.
2. Μεταξύ των συναρτησιακών εξαρτήσεων του F αναζητούμε εξαρτήσεις $C \rightarrow D$, όπου $C \rightarrow X$.
Αν βρεθεί τέτοια εξάρτηση, τότε προσαρτούμε το D στο X .
3. Επαναλαμβάνουμε το *Βήμα 2* έως ότου δεν μπορούμε να προσαρτήσουμε επιπλέον χαρακτηριστικά στο X .



Χρήση Αλγορίθμου Εύρεσης Κλειστότητας Συνόλου Χαρακτηριστικών (1/4)

- Διαπιστώνεται αν μία συναρτησιακή εξάρτηση $A \rightarrow B$ ενός συνόλου F είναι περιττή.
- Παράδειγμα: Δίνεται το σύνολο των εξαρτήσεων $F = \{V \rightarrow YZ, VZ \rightarrow W, W \rightarrow Y, VY \rightarrow W\}$
- Εφαρμόζοντας τον κανόνα της διάσπασης προκύπτει $F = \{V \rightarrow Y, V \rightarrow Z, VZ \rightarrow W, W \rightarrow Y, VY \rightarrow W\}$
- Αν για κάποια αποδειχθεί ότι το δεξιό σκέλος ανήκει στην κλειστότητα του αριστερού, τότε αυτή θα είναι περιττή, καθώς θα μπορεί να παραχθεί από τις υπόλοιπες εξαρτήσεις του F με βάση τους κανόνες παραγωγής.



Χρήση Αλγορίθμου Εύρεσης Κλειστότητας Συνόλου Χαρακτηριστικών (2/4)

- Θεωρούμε την εξάρτηση $V \rightarrow Y$. Ακολουθώντας τα βήματα του αλγορίθμου έχουμε:
 - **Βήμα 1^ο**: $X = V$.
 - **Βήμα 2^ο**: $X = VZ$ λόγω της $V \rightarrow Z$.
 - **Βήμα 3^ο**: $X = VZW$ λόγω της $VZ \rightarrow W$.
 - **Βήμα 3^ο**: $X = VZWY$ λόγω της $W \rightarrow Y$.
 - **Βήμα 3^ο**: Δεν μπορούν να γίνουν άλλες επαναλήψεις.
 - **Βήμα 4^ο**: $Y \subseteq VZWY$, συνεπώς ισχύει η εξάρτηση $V \rightarrow Y \in (F - \{V \rightarrow Y\})^+$ και άρα είναι περιττή.



Χρήση Αλγορίθμου Εύρεσης Κλειστότητας Συνόλου Χαρακτηριστικών (3/4)

- Θεωρούμε την εξάρτηση $V \rightarrow Z$ και έχουμε:
 - **Βήμα 1^ο**: $X = V$.
 - **Βήμα 2^ο**: $X = VY$ λόγω της $V \rightarrow Y$.
 - **Βήμα 3^ο**: $X = VYW$ λόγω της $VY \rightarrow W$.
 - **Βήμα 3^ο**: Δεν μπορούν να γίνουν άλλες επαναλήψεις.
 - **Βήμα 4^ο**: $Z \subseteq VYW$, συνεπώς ισχύει η εξάρτηση $V \rightarrow Z \notin (F - \{V \rightarrow Z\})^+$ και άρα είναι περιττή.
- Προσοχή, αν κάποια εξάρτηση αποδειχθεί περιττή, τότε πρέπει να εξαιρεθεί στη συνέχεια κατά την εξέταση άλλων εξαρτήσεων.



Χρήση Αλγορίθμου Εύρεσης Κλειστότητας Συνόλου Χαρακτηριστικών (4/4)

- Μπορεί να διαπιστωθεί ότι ένα χαρακτηριστικό ή ένα σύνολο χαρακτηριστικών αποτελεί υπερκλειδί αν η κλειστότητά του ταυτίζεται με το σχήμα.
- Παράδειγμα: Δίνεται η σχέση $R(V, Z, W, Y)$ και το σύνολο $F = \{V \rightarrow YZ, VZ \rightarrow W, W \rightarrow Y, VY \rightarrow W\}$.
- Αποτελεί το VZ υπερκλειδί?
- Ισχύει $VZ \neq VZWY$ και συνεπώς το VZ είναι υπερκλειδί.
- Δεν είναι όμως απαραίτητως κλειδί. Πρέπει να ελεγχθούν τα γνήσια υποσύνολά του.



Εύρεση κλειδιού

- Το κλειδί μπορεί επίσης να βρεθεί με το εξής σκεπτικό.
 - Χαρακτηριστικά που δεν βρίσκονται στο δεξιό σκέλος των συναρτησιακών εξαρτήσεων αποτελούν μέρος του κλειδιού.
 - Χαρακτηριστικά που δεν βρίσκονται στο αριστερό σκέλος αλλά βρίσκονται στο δεξιό σκέλος ΔΕΝ αποτελούν μέρος του κλειδιού.
- Παράδειγμα: Δίνεται η σχέση $R(V, Z, W, Y)$ και το σύνολο $F = \{V \rightarrow YZ, VZ \rightarrow W, W \rightarrow Y, VY \rightarrow W\}$.
- Μόνο το V δεν βρίσκεται στο δεξιό σκέλος και συνεπώς είναι κομμάτι του κλειδιού
- Ισχύει $V \neq VZWY$ και συνεπώς το V είναι υπερκλειδί, επειδή όμως δεν έχει γνήσιο υποσύνολο είναι ΤΟ κλειδί.



Άσχετα Χαρακτηριστικά

- Ένα χαρακτηριστικό μίας συναρτησιακής εξάρτησης ονομάζεται **άσχετο** (extraneous) αν είναι δυνατόν να απαλειφθεί χωρίς να αλλάξει η κλειστότητα του συνόλου των εξαρτήσεων.
- Έστω η εξάρτηση $V \rightarrow Y$ του συνόλου F . Ορίζουμε ότι ένα χαρακτηριστικό A είναι άσχετο αν:
 - $A \subset X$ και το σύνολο F είναι ισοδύναμο με το $(F - \{X \rightarrow Y\}) \cup \{(X - A) \rightarrow Y\}$
 - $A \subset Y$ και το σύνολο F είναι ισοδύναμο με το $(F - \{X \rightarrow Y\}) \cup \{X \rightarrow (Y - A)\}$



Ελάχιστα Σύνολα Συναρτησιακών Εξαρτήσεων

- Ένα σύνολο συναρτησιακών εξαρτήσεων F καλείται **ελάχιστο** (minimal) ή **ανάγωγο** (irreducible) αν ισχύουν οι εξής συνθήκες:
 - κάθε συναρτησιακή εξάρτηση του F έχει μόνο ένα χαρακτηριστικό στο δεξιό μέρος
 - δεν μπορούμε να αντικαταστήσουμε μία εξάρτηση $X \rightarrow Y$ με μία άλλη εξάρτηση $Z \rightarrow Y$, όπου το $Z \subseteq X$
 - δεν μπορούμε να αφαιρέσουμε κάποια συναρτησιακή εξάρτηση από το F και να προκύψει ισοδύναμο σύνολο με το F
- Ένα σύνολο συναρτησιακών εξαρτήσεων F_{min} καλείται **ελάχιστη κάλυψη** (minimal cover) του F , όταν το F_{min} είναι ελάχιστο και ισοδύναμο με το F .



Αλγόριθμος Εύρεσης Ελάχιστης Κάλυψης

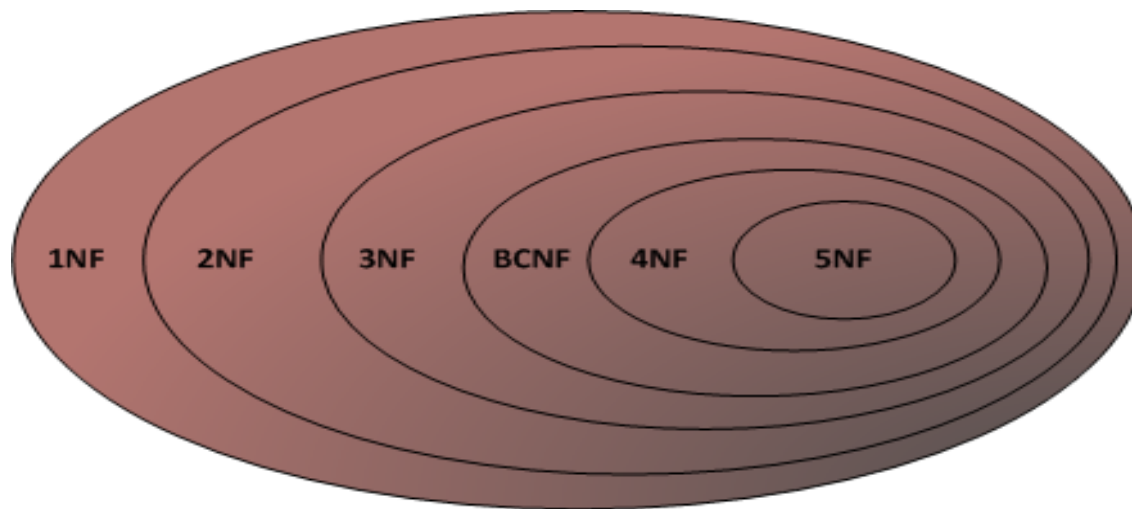
Αλγόριθμος:

- **Βήμα 1^ο** : $F_{min} = F$.
- **Βήμα 2^ο** : Αντικαθιστούμε κάθε εξάρτηση $X \rightarrow \{A_1, A_2, \dots, A_n\}$ του F_{min} με το σύνολο $\{X \rightarrow A_1, X \rightarrow A_2, \dots, X \rightarrow A_n\}$.
- **Βήμα 3^ο** : Για κάθε εξάρτηση $X \rightarrow Y$ του F_{min} για κάθε χαρακτηριστικό $B \in X$, αν το σύνολο $(F_{min} - \{X \rightarrow Y\}) \cup (\{X - B\} \rightarrow Y)$ είναι ισοδύναμο του F_{min} , τότε αντικαθιστούμε το $X \rightarrow Y$ με το $\{X - B\} \rightarrow Y$.
- **Βήμα 4^ο** : Για τις υπόλοιπες εξαρτήσεις $X \rightarrow Y$ του F_{min} , αν το σύνολο $F_{min} - \{X \rightarrow Y\}$, είναι ισοδύναμο του F_{min} , τότε διαγράφουμε την εξάρτηση $X \rightarrow Y$ από το F_{min} .



Κανονικές Μορφές (1/2)

- Η πρώτη κανονική μορφή – **1KM** (first normal form – NF) είναι κρίσιμη για το σχεσιακό μοντέλο, ενώ οι υπόλοιπες είναι προαιρετικές.
- Αν ένας πίνακας βρίσκεται σε μια κανονική μορφή τότε βρίσκεται και σε όλες τις προηγούμενες.



Κανονικές Μορφές (2/2)

- Η 2KM, η 3KM και η κανονική μορφή Boyce-Codd (BCNF) βασίζονται στις συναρτησιακές εξαρτήσεις μεταξύ των κλειδιών (πρωτεύοντα ή υποψήφια).
- Οι ανώτερες κανονικές μορφές (4KM, 5KM) βασίζονται στις **πλειονότιμες** (multivalued) εξαρτήσεις και στις **εξαρτήσεις σύνδεσης** (join).
- Η **κανονικοποίηση** (normalization) είναι μία διαδικασία όπου μη ικανοποιητικά σχήματα διασπώνται σε μικρότερα σχήματα με επιθυμητά χαρακτηριστικά.
- Η κανονικοποίηση επιτυγχάνεται η εξάλειψη των ανωμαλιών κατά την εισαγωγή, διαγραφή, ενημέρωση.



Βασικά Ζητήματα Κανονικοποίησης

- Οι κανονικές μορφές παρέχουν:
 - ένα μεθοδολογικό πλαίσιο για ανάλυση σχημάτων με βάση τα κλειδιά και τις συναρτησιακές εξαρτήσεις
 - μία σειρά ελέγχων που διενεργούνται σε κάθε σχήμα σχέσης για την κανονικοποίηση της ΒΔ
- ΔΕΝ υπάρχει εγγύηση της ποιότητας ενός σχήματος αν αυτό είναι σε κανονική μορφή γιατί δεν διασφαλίζεται:
 - η **σύνδεση χωρίς απώλειες** (lossless join), δηλαδή ότι δεν εμφανίζεται το πρόβλημα των πλασματικών πλειάδων
 - η **διατήρηση των εξαρτήσεων** (dependency preservation) σε κάποιες από τις σχέσεις του τελικού σχήματος



Πρώτη Κανονική Μορφή (1/3)

- Η 1KN θεωρείται τμήμα του τυπικού ορισμού μίας σχέσης και ορίζει ότι τα χαρακτηριστικά περιλαμβάνουν μόνο **ατομικές** (απλές, αδιαίρετες) τιμές, ενώ η τιμή ενός χαρακτηριστικού είναι μία μόνο τιμή από το πεδίο ορισμού του χαρακτηριστικού.
- Η 1KM απαγορεύει να έχουμε ως τιμή γνωρίσματος μία πλειάδα, ένα σύνολο τιμών ή συνδυασμό των δύο.
- Ο συνδυασμός των δύο οδηγεί σε **εμφωλευμένες σχέσεις** (nested relations), που είναι αποδεκτό από τη λεγόμενη N1NF (non-first normal form).



Πρώτη Κανονική Μορφή - Παράδειγμα

ΟΝΟΜΑ_TM	ΚΩΔ_TM	ΔΙΕΥΘΥΝΤΗΣ	ΤΟΠΟΘΕΣΙΕΣ_TM
Έρευνα	5	12345678	{Αθήνα, Πάτρα, Τρίπολη}
Διοίκηση	4	23456789	{Τρίπολη}
Πωλήσεις	1	34567890	{Αθήνα}

- Ισχύει ΟΝΟΜΑ_TM → ΤΟΠΟΘΕΣΙΕΣ_TM αλλά δεν έχουμε 1KM.

ΟΝΟΜΑ_TM	ΚΩΔ_TM	ΔΙΕΥΘΥΝΤΗΣ	ΤΟΠΟΘΕΣΙΕΣ_TM
Έρευνα	5	12345678	Αθήνα
Έρευνα	5	12345678	Πάτρα
Έρευνα	5	12345678	Τρίπολη
Διοίκηση	4	23456789	Τρίπολη
Πωλήσεις	1	34567890	Αθήνα

- Έχουμε 1KM αλλά δεν ισχύει ΟΝΟΜΑ_TM → ΤΟΠΟΘΕΣΙΕΣ_TM.



Πρώτη Κανονική Μορφή (2/3)

- Το πλειονότιμο χαρακτηριστικό απομακρύνεται σε άλλη σχέση μαζί με το χαρακτηριστικό που το προσδιορίζει συναρτησιακά.

ΟΝΟΜΑ_TM	ΚΩΔ_TM	ΔΙΕΥΘΥΝΤΗΣ	ΤΟΠΟΘΕΣΙΕΣ_TM
Έρευνα	5	12345678	{Αθήνα, Πάτρα, Τρίπολη}
Διοίκηση	4	23456789	{Τρίπολη}
Πωλήσεις	1	34567890	{Αθήνα}

ΟΝΟΜΑ_TM	ΚΩΔ_TM	ΔΙΕΥΘΥΝΤΗΣ
Έρευνα	5	12345678
Διοίκηση	4	23456789
Πωλήσεις	1	34567890

ΟΝΟΜΑ_TM	ΤΟΠΟΘΕΣΙΕΣ_TM
Έρευνα	Αθήνα
Έρευνα	Πάτρα
Έρευνα	Τρίπολη
Διοίκηση	Τρίπολη
Πωλήσεις	Αθήνα



Πρώτη Κανονική Μορφή (3/3)

- Η 1KM απαγορεύει τα σύνθετα χαρακτηριστικά:
 - ΕΡΓΑΖΟΜΕΝΟΣ_ΕΡΓΟ(ΑΤ, ΟΝΟΜΑ, (ΕΡΓΑ(ΚΩΔ_ΕΡΓΟΥ, ΩΡΕΣ))
 - ΑΤ: Πρωτεύον κλειδί,
 - ΚΩΔ_ΕΡΓΟΥ: διακριτικό, μερικό κλειδί.
- Μεταφέρουμε τα χαρακτηριστικά της εμφωλευμένης σχέσης σε μία νέα μαζί με το πρωτεύον κλειδί.

ΑΤ	ΟΝΟΜΑ	ΕΡΓΑ	
		ΚΩΔ_ΕΡΓΟΥ	ΩΡΕΣ



ΑΤ	ΟΝΟΜΑ
----	-------

ΑΤ	ΚΩΔ_ΕΡΓΟΥ	ΩΡΕΣ
----	-----------	------

- Η διαδικασία μπορεί να εφαρμοστεί αναδρομικά για πολλαπλά επίπεδα εμφώλευσης.



Πλήρης Συναρτησιακή Εξάρτηση

- Μία συναρτησιακή εξάρτηση $X \rightarrow Y$ καλείται **πλήρης** (full) όταν $\forall A \in X: X - \{A\} \rightarrow Y$, αλλιώς καλείται **μερική** (partial).
- Έστω το επόμενο σχήμα σε 1KM: **Διάλεξη (αριθ_φοιτητή, αριθ_μαθήματος, όνομα_φοιτητή, ώρα_μαθήματος, αριθ_κτιρίου)**
- όπου ισχύει:
 - αριθμ_φοιτητή \rightarrow όνομα_φοιτητή, αλλά αριθμ_μαθήματος \nrightarrow όνομ_φοιτητή
 - αριθμ_μαθήματος \rightarrow ώρα_μαθήματος, αλλά αριθ_φοιτητή \nrightarrow ώρα_μαθήματος
 - αριθμ_μαθήματος \rightarrow αριθ_κτιρίου, αλλά αριθ_φοιτητή \nrightarrow αριθ_κτιρίου
- Υπάρχουν προβλήματα κατά το χειρισμό.



Δεύτερη Κανονική Μορφή

- Ένας πίνακας που βρίσκεται σε 1KM, βρίσκεται επίσης και σε 2KM, όταν κάθε χαρακτηριστικό που δεν είναι κλειδί, είναι πλήρως συναρτησιακά εξαρτώμενο από το πρωτεύον κλειδί.
- Τετριμμένη περίπτωση: Ένας πίνακας που βρίσκεται σε 1KM, βρίσκεται επίσης και σε 2KM, όταν:
 - το πρωτεύον κλειδί αποτελείται από ένα και μόνο χαρακτηριστικό
 - ο πίνακας δεν έχει χαρακτηριστικά που δεν αποτελούν κλειδί (all-key relation)



Κανονικοποίηση σε 2KM

- Με βάση τα προηγούμενα, το προηγούμενο σχήμα πρέπει να διασπασθεί σε απλούστερα σχήματα ως εξής:
 - Φοιτητής (αριθ_φοιτητή, όνομα_φοιτητή)
 - Τάξη (αριθ_μαθήματος, ώρα_μαθήματος, αριθ_κτιρίου, όνομα_κτιρίου)
 - Φοιτητής_Τάξη (αριθ_φοιτητή, αριθ_μαθήματος)
- Παρατηρούμε ότι ο πλεονασμός δεδομένων μειώθηκε αλλά δεν εξαλείφθηκε (π.χ. επανάληψη του ονόματος ενός κτιρίου κάθε φορά που γίνεται ένα μάθημα).



Μεταβατική Εξάρτηση και 3KM

- Μία συναρτησιακή εξάρτηση $X \rightarrow Y$ λέγεται **μεταβατική** (transitive) αν υπάρχει σύνολο χαρακτηριστικών Z που δεν είναι υποσύνολο κλειδιού της R και ισχύουν $X \rightarrow Z$ και $Z \rightarrow Y$.
- Λέγεται ότι το χαρακτηριστικό Y είναι εξαρτώμενο μεταβατικά από το X .
- Αν υπάρχει μεταβατική εξάρτηση, το εξαρτώμενο χαρακτηριστικό μεταφέρεται σε νέα σχέση μαζί με το χαρακτηριστικό που το προσδιορίζει συναρτησιακά.



Κανονικοποίηση σε 3KM

- Στο προηγούμενο σχήμα έχουμε τις εξαρτήσεις που αποτελούν μία μεταβατική εξάρτηση:
 - *αριθ_μαθήματος* → *αριθ_κτιρίου*
 - *αριθ_κτιρίου* → *όνομα_κτιρίου*
- Προκύπτει το νέο σχήμα:
 - *Φοιτητής* (*αριθ φοιτητή*, *όνομα_φοιτητή*)
 - *Τάξη* (*αριθ μαθήματος*, *ώρα_μαθήματος*, *αριθ_κτιρίου*)
 - *Κτίριο* (*αριθ κτιρίου*, *όνομα_κτιρίου*)
 - *Φοιτητής_Τάξη* (*αριθ φοιτητή*, *αριθ_μαθήματος*)



Κανονική Μορφή Boyce-Codd

- Η BCNF επιβάλλει σε κάθε εξάρτηση $X \rightarrow Y$ το σύνολο X να αποτελεί είτε πρωτεύον κλειδί είτε εναλλακτικό κλειδί.
- Για να προσδιορίσουμε αν ένας πίνακας βρίσκεται σε BCNF αρκεί να εξετάσουμε όλες τις εξαρτήσεις $X \rightarrow Y$ ελέγχοντας αν το X αποτελεί κάποιο κλειδί (πρωτεύον ή εναλλακτικό) του πίνακα.
- Σε διαφορετική περίπτωση θα πρέπει να προχωρήσουμε σε διάσπαση του πίνακα έτσι ώστε να ικανοποιηθεί η συνθήκη της BCNF.



BCNF – Παράδειγμα (1/2)

- Έστω η σχέση R (φοιτητής, μάθημα, διδάσκων) και η εξάρτηση (φοιτητής, μάθημα \rightarrow διδάσκων).
- Έστω ότι κάθε διδάσκων διδάσκει μόνο ένα μάθημα, ένα μάθημα μπορεί να διδαχθεί από περισσότερους του ενός διδάσκοντες, ενώ σε κάθε μάθημα ένας φοιτητής παρακολουθεί τις διαλέξεις ενός διδάσκοντα μόνο.
- Προκύπτει η εξάρτηση (διδάσκων \rightarrow μάθημα), όπου το αριστερό σκέλος δεν είναι κλειδί.
- Η σχέση R δεν βρίσκεται σε BCNF και πρέπει να διασπασθεί.



BCNF – Παράδειγμα (2/2)

- Η σχέση $R(\text{φοιτητής}, \text{μάθημα}, \text{διδάσκων})$ μπορεί να διασπασθεί κατά τρεις τρόπους.
 - $R1(\text{μάθημα}, \text{φοιτητής})$ και $R2(\text{μάθημα}, \text{διδάσκων})$
 - $R1(\text{διδάσκων}, \text{μάθημα})$ και $R2(\text{διδάσκων}, \text{φοιτητής})$
 - $R1(\text{φοιτητής}, \text{μάθημα})$ και $R2(\text{φοιτητής}, \text{διδάσκων})$
- Και οι τρεις χάνουν την εξάρτηση:
 - $(\text{φοιτητής}, \text{μάθημα} \rightarrow \text{διδάσκων})$
- Ποιά είναι η καλύτερη;



Κανονικοποίηση σε BCNF

- Αν σε μία σχέση R η εξάρτηση $A \rightarrow B$ παραβιάζει τη BCNF, τότε διασπούμε τη σχέση R σε δύο σχέσεις:
 - $R1$ με χαρακτηριστικά τα $A \cup B$ και κλειδί το A
 - $R2$ με χαρακτηριστικά τα $A \cup (R - A - B)$
- Στη σχέση $R = (\underline{\text{Φοιτητής}}, \underline{\text{Μάθημα}}, \text{Διδάσκων})$, η εξάρτηση $(\text{Διδάσκων} \rightarrow \text{Μάθημα})$ παραβιάζει τη BCNF, άρα:
 - $R1 (\text{Διδάσκων}, \text{Μάθημα})$ με κλειδί το διδάσκοντα
 - $R2 (\text{Διδάσκων}, \text{Φοιτητής})$ με κλειδί και τα δύο χαρακτηριστικά



Σχήματα Χωρίς Απώλειες (1/5)

- Κατά τη διάσπαση ενός πίνακα μπορεί να χαθεί πληροφορία καθώς δεν προκύπτει ο αρχικός πίνακας από τη σύνδεση των απλούστερων.

X	Y	Z
x ₁	y ₁	z ₁
x ₂	y ₁	z ₁
x ₃	y ₁	z ₂

X	Y
x ₁	y ₁
x ₂	y ₁
x ₃	y ₁

Y	Z
y ₁	z ₁
y ₁	z ₂

X	Y	Z
x ₁	y ₁	z ₁
x ₂	y ₁	z ₁
x ₃	y ₁	z ₂
x ₁	y ₁	z ₂
x ₂	y ₁	z ₂
x ₃	y ₁	z ₁



Σχήματα Χωρίς Απώλειες (2/5)

- Έστω σύνολο εξαρτήσεων F και πίνακας R που διασπάται σε R_1 και R_2 . Η διάσπαση είναι χωρίς απώλειες αν τουλάχιστον μία από τις επόμενες δύο συναρτησιακές εξαρτήσεις ανήκει στην κλειστότητα F^+ :
 - $R_1 \cap R_2 \rightarrow R_1 - R_2$
 - $R_1 \cap R_2 \rightarrow R_2 - R_1$
- Στο προηγούμενο παράδειγμα ισχύει $X \rightarrow Y$, άρα:
 - $XY \cap YZ \rightarrow XY - YZ \implies Y \rightarrow X$
 - $XY \cap YZ \rightarrow YZ - XY \implies Y \rightarrow Z$
- Καμία από αυτές δεν ανήκει στο F^+ .



Σχήματα Χωρίς Απώλειες (3/5)

- Έστω σύνολο εξαρτήσεων F και πίνακας R που διασπάται στους υποπίνακες R_1, R_2, \dots, R_k .
- Με τη μέθοδο του tableau θα διαπιστωθεί αν η διάσπαση γίνεται χωρίς απώλειες.
- Δημιουργούμε ένα δισδιάστατο πίνακα, όπου οι στήλες αντιστοιχούν στα χαρακτηριστικά A_1, A_2, \dots, A_n του R , ενώ οι γραμμές αντιστοιχούν στις σχέσεις R_1, R_2, \dots, R_k .
- Η θέση (i, j) του tableau λαμβάνει την τιμή a_j αν το χαρακτηριστικό A_j ανήκει στη σχέση R_i , αλλιώς λαμβάνει την τιμή b_{ij} .



Σχήματα Χωρίς Απώλειες (4/5)

- Δεδομένης μίας εξάρτησης $X \rightarrow Y$, αν ταυτίζονται οι τιμές σε κάποια κελιά της στήλης X , τότε θα πρέπει να ταυτίζονται και οι αντίστοιχες τιμές στη στήλη Y .
- Επαναλαμβάνουμε το προηγούμενο βήμα για όλες τις εξαρτήσεις μέχρι να μην αλλάζουν τα περιεχόμενα του tableau.
- Έτσι αντικαθιστούμε τις τιμές b_{ij} με a_j . Αν στο τέλος της διαδικασίας υπάρχει έστω και μία γραμμή όπου όλα τα κελιά έχουν τιμές a_j (για $1 \leq j \leq n$), τότε η διάσπαση έχει γίνει χωρίς απώλειες.



Σχήματα Χωρίς Απώλειες – Παράδειγμα (1/2)

- Έστω η σχέση $R(X, Y, Z, W)$ και το σύνολο των εξαρτήσεων $F: X \rightarrow Z, Y \rightarrow Z, Z \rightarrow W$.
- Η σχέση R διασπάται στις: $R1(X, Y), R2(Y, W), R3(X, Y, Z)$.
- Προκύπτει το tableau:

	X	Y	Z	W
$R1(X, Y)$	a_1	a_2	b_{13}	b_{14}
$R2(Y, W)$	b_{21}	a_2	b_{23}	a_4
$R3(X, Y, Z)$	a_1	a_2	a_3	b_{34}



Σχήματα Χωρίς Απώλειες – Παράδειγμα (2/2)

- Από την εξάρτηση $X \rightarrow Z$ προκύπτει το tableau:
- Από την εξάρτηση $Y \rightarrow Z$ προκύπτει το tableau:
- Από την εξάρτηση $Z \rightarrow W$ προκύπτει το tableau:

	X	Y	Z	W
$R1(X, Y)$	a_1	a_2	b_{13}	b_{14}
$R2(Y, W)$	b_{21}	a_2	b_{23}	a_4
$R3(X, Y, Z)$	a_1	a_2	a_3	b_{34}

	X	Y	Z	W
$R1(X, Y)$	a_1	a_2	b_{13}	b_{14}
$R2(Y, W)$	b_{21}	a_2	b_{23}	a_4
$R3(X, Y, Z)$	a_1	a_2	a_3	b_{34}

	X	Y	Z	W
$R1(X, Y)$	a_1	a_2	b_{13}	b_{14}
$R2(Y, W)$	b_{21}	a_2	b_{23}	a_4
$R3(X, Y, Z)$	a_1	a_2	a_3	b_{34}

- Η πρώτη και η τρίτη γραμμή περιέχουν μόνο τιμές a_j , άρα η διάσπαση είναι χωρίς απώλειες.



Πλειονότητες Εξαρτήσεις

- Οι πλειονότητες (multivalued) εξαρτήσεις είναι απόρροια της 1KM, όπου δεν επιτρέπονται πλειονότητα χαρακτηριστικά.
- Δοθείσης σχέσης R και 3 συνόλων χαρακτηριστικών $A, B, C \subset R$, λέγεται ότι ισχύει $A \twoheadrightarrow B$ αν και μόνο αν το σύνολο των τιμών του συνόλου χαρακτηριστικών B εξαρτάται από την τιμή του συνόλου χαρακτηριστικών A και όχι του συνόλου χαρακτηριστικών C .
- Έχει αποδειχθεί ότι ισχύει και η εξάρτηση $A \rightarrow C$.
- Σε μία σχέση με δύο ή περισσότερα πλειονότητα χαρακτηριστικά, πρέπει να επαναληφθούν όλες οι τιμές του ενός για κάθε τιμή του άλλου, αλλιώς, φαίνεται ότι υπάρχει εξάρτηση μεταξύ των χαρακτηριστικών.



Πλειονότητες Εξαρτήσεις - Παράδειγμα

κωδικός_εργαζόμενου	γλώσσες_προγραμματισμού	ξένες_γλώσσες
1	C	Αγγλικά
1	C++	Αγγλικά
1	C	Γαλλικά
1	C++	Γαλλικά
2	Pascal	Ιταλικά
2	Fortran	Ιταλικά
3	Ada	Αγγλικά
3	Java	Αγγλικά
3	Cobol	Αγγλικά
3	C++	Αγγλικά



Κανόνες Παραγωγής Πλειονότιμων Εξαρτήσεων (1/2)

1. ανακλαστικός (reflexive) κανόνας:

– αν $Y \subseteq X$, τότε $X \rightarrow Y$

2. επαυξητικός (augmentation) κανόνας:

– αν $X \rightarrow Y$, τότε $XZ \rightarrow YZ$

3. μεταβατικός κανόνας (transitive) κανόνας:

– αν $X \rightarrow Y$ και $Y \rightarrow Z$, τότε $X \rightarrow Z$

4. κανόνας διάσπασης (decomposition) :

– αν $X \rightarrow Y, X \rightarrow Z$, τότε $X \rightarrow Y \cap Z, X \rightarrow Y - Z$
και $X \rightarrow Z - Y$

5. κανόνας ένωσης (union):

– αν $X \rightarrow Y$ και $X \rightarrow Z$, τότε $X \rightarrow YZ$



Κανόνες Παραγωγής Πλειονότιμων Εξαρτήσεων (2/2)

6. **ψευδο-μεταβατικός** (pseudotransitive) κανόνας:
 - αν $X \twoheadrightarrow Y$ και $WY \twoheadrightarrow Z$, τότε $WX \twoheadrightarrow Z$
7. **συμπληρωματικός** (complementation) κανόνας:
 - αν $X \twoheadrightarrow Y$ τότε $X \twoheadrightarrow R - (XY)$
8. **συγκολλητικός** (coalescence) κανόνας:
 - αν $X \rightarrow Y$ και υπάρχει κάποιο χαρακτηριστικό W ώστε $W \cap Y = \emptyset$ και $W \twoheadrightarrow Z$ και $Z \subseteq Y$, τότε $X \twoheadrightarrow Z$
9. **αντιγραφικός** (replication) κανόνας:
 - αν $X \rightarrow Y$ τότε $X \twoheadrightarrow Y$



Τέταρτη Κανονική Μορφή

- Ένας πίνακας R βρίσκεται στην 4KM όταν βρίσκεται σε BCNF και δεν περιέχει πλειονότητες εξαρτήσεις.
- Για το μετασχηματισμό στην 4KM ο πίνακας R διασπάται σε απλούστερους ώστε να καταργηθούν οι πλειονότητες εξαρτήσεις.
- Δεδομένης της πλειονότητας εξάρτησης $X \twoheadrightarrow Y$, διασπούμε την R σε δύο σχέσεις $R1$ και $R2$ όπου:
 - η $R1$ έχει χαρακτηριστικά τα $X \cup Y$
 - η $R2$ έχει χαρακτηριστικά τα $R - Y$.



Τέταρτη Κανονική Μορφή - Παράδειγμα

- Η προηγούμενη σχέση διασπάται σε δύο απλούστερα σχήματα που είναι σε 4KM.

κωδικός_εργαζόμενου	γλώσσες_προγραμματισμού
1	C
1	C++
2	Pascal
2	Fortran
3	Ada
3	Java
3	Cobol
3	C++

κωδικός_εργαζόμενου	ξένες_γλώσσες
1	Αγγλικά
1	Γαλλικά
1	Γαλλικά
2	Ιταλικά
3	Αγγλικά



Σχήματα Χωρίς Απώλειες (5/5)

- Η διάσπαση πρέπει να γίνεται χωρίς απώλειες. Δηλαδή, αν στους παραγόμενους πίνακες εφαρμοσθεί φυσική σύνδεση, πρέπει να προκύψει η αρχική σχέση. Μία διάσπαση είναι χωρίς απώλειες αν τουλάχιστον μία από τις επόμενες δύο πλειονότιμες εξαρτήσεις ανήκει στην κλειστότητα F^+ :
 - $R1 \cap R2 \Rightarrow R1 - R2$
 - $R1 \cap R2 \Rightarrow R2 - R1$
- Υπάρχουν περιπτώσεις όπου ένας πίνακας πρέπει να διασπασθεί σε περισσότερους από δύο πίνακες. Οι σπάνιες αυτές περιπτώσεις καλύπτονται από την 5KM και τις εξαρτήσεις σύνδεσης.



Εξαρτήσεις Σύνδεσης

- Έστω ένας πίνακας R και R_1, R_2, \dots, R_n υποσύνολα των χαρακτηριστικών του R , ώστε $R = R_1 \cup \dots \cup R_n$. Ο πίνακας R περιέχει μία εξάρτηση σύνδεσης (join dependency) αν κάθε γραμμή του πίνακα ισούται με τη σύνδεση των προβολών στα χαρακτηριστικά των υποσυνόλων R_1, R_2, \dots, R_n .
- Τυπικότερα, ο πίνακας R περιέχει εξάρτηση σύνδεσης αν ισχύει η σχέση:
 - $R = \Pi_{R_1}(R) \bowtie \Pi_{R_2}(R) \bowtie \dots \bowtie \Pi_{R_n}(R)$
- Μία πλειονότιμη εξάρτηση είναι μερική περίπτωση της εξάρτησης σύνδεσης.



Πέμπτη Κανονική Μορφή

- Ένας πίνακας βρίσκεται στην 5KM ή **κανονική μορφή προβολής-σύνδεσης** (project-join normal form - PJNF) αν δεν περιέχει καμία εξάρτηση σύνδεσης.
- Για την κατάργηση της εξάρτησης σύνδεσης ο αρχικός πίνακας πρέπει να διασπασθεί, ενώ η φυσική σύνδεση όλων των πινάκων που προκύπτουν από τη διάσπαση να δίνει ως αποτέλεσμα τον αρχικό πίνακα.



Πέμπτη Κανονική Μορφή – Παράδειγμα (1/3)

- Έστω ένας πίνακας R με δεδομένα σχετικά με τα μαθήματα, διδάσκοντες και φοιτητές. Υποθέτουμε ότι:
 - ένας διδάσκων μπορεί να προσφέρει περισσότερα του ενός μαθήματα
 - κάθε μάθημα μπορεί να προσφέρεται από περισσότερους του ενός διδάσκοντες σε παράλληλες τάξεις
 - ένας φοιτητής παρακολουθεί ένα μόνο διδάσκοντα για κάθε μάθημα που δηλώνει
- Ο πίνακας αυτός δεν περιέχει πλειονότητες εξαρτήσεις, αλλά περιέχει μία εξάρτηση σύνδεσης.



Πέμπτη Κανονική Μορφή – Παράδειγμα (2/3)

διδάσκων	μάθημα	φοιτητής
Μανωλόπουλος	Βάσεις Δεδομένων	Βασιλείου
Μανωλόπουλος	Βάσεις Δεδομένων	Βασιλειάδης
Μανωλόπουλος	Εξόρυξη Δεδομένων	Βασιλειάδης
Γούναρης	Δομές Δεδομένων	Βασιλειάδης
Γούναρης	Εξόρυξη Δεδομένων	Βασιλείου
Παπαδόπουλος	Βάσεις Δεδομένων	Βασιλάκης
Παπαδόπουλος	Δομές Δεδομένων	Βασιλείου
Παπαδόπουλος	Δομές Δεδομένων	Βασιλάκης



Πέμπτη Κανονική Μορφή – Παράδειγμα (3/3)

διδάσκων	φοιτητής
Μανωλόπουλος	Βασιλείου
Μανωλόπουλος	Βασιλειάδης
Γούναρης	Βασιλειάδης
Γούναρης	Βασιλείου
Παπαδόπουλος	Βασιλάκης
Παπαδόπουλος	Βασιλείου

μάθημα	φοιτητής
Βάσεις Δεδομένων	Βασιλείου
Βάσεις Δεδομένων	Βασιλειάδης
Εξόρυξη Δεδομένων	Βασιλειάδης
Δομές Δεδομένων	Βασιλειάδης
Εξόρυξη Δεδομένων	Βασιλείου
Βάσεις Δεδομένων	Βασιλάκης
Δομές Δεδομένων	Βασιλείου
Δομές Δεδομένων	Βασιλάκης

διδάσκων	μάθημα
Μανωλόπουλος	Βάσεις Δεδομένων
Μανωλόπουλος	Εξόρυξη Δεδομένων
Γούναρης	Δομές Δεδομένων
Γούναρης	Εξόρυξη Δεδομένων
Παπαδόπουλος	Βάσεις Δεδομένων
Παπαδόπουλος	Δομές Δεδομένων



Σύνοψη (1/2)

- Στόχος της κανονικοποίησης είναι η κατάργηση του πλεονασμού δεδομένων, για την αποφυγή προβλημάτων στις εισαγωγές, διαγραφές και ενημερώσεις δεδομένων.
- Μία συναρτησιακή εξάρτηση ($X \rightarrow Y$) δηλώνει ότι το σύνολο χαρακτηριστικών Y είναι συναρτησιακά εξαρτώμενο από το σύνολο X . Με τους κανόνες παραγωγής μπορούμε να παράγουμε νέες συναρτησιακές εξαρτήσεις.



Σύνοψη (2/2)

- Το σύνολο όλων των συναρτησιακών εξαρτήσεων που παράγονται από ένα αρχικό σύνολο εξαρτήσεων F με τους κανόνες παραγωγής, συμβολίζεται με F^+ και καλείται κλειστότητα.
- Οι κανονικές μορφές (KM) προκύπτουν με διαδοχικές διασπάσεις των πινάκων. Απλούστερη είναι η 1KM και πιο περιοριστική είναι η 5KM. Στην πράξη, οι πίνακες κανονικοποιούνται συνήθως μέχρι την BCNF, ενώ σε σπάνιες περιπτώσεις απαιτείται η κανονικοποίηση σε ανώτερες κανονικές μορφές λόγω ύπαρξης πλειονότιμων εξαρτήσεων και εξαρτήσεων σύνδεσης.



Σημείωμα Αναφοράς

Copyright Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, **Ιωάννης Μανωλόπουλος**. «**Βάσεις Δεδομένων. Συναρτησιακές Εξαρτήσεις και Κανονικοποίηση**». Έκδοση: 1.0. Θεσσαλονίκη 2014. Διαθέσιμο από τη δικτυακή διεύθυνση: http://opencourses.auth.gr/eclass_courses.



Σημείωμα Αδειοδότησης

Το παρόν υλικό διατίθεται με τους όρους της άδειας χρήσης Creative Commons Αναφορά - Μη Εμπορική Χρήση - Παρόμοια Διανομή 4.0 [1] ή μεταγενέστερη, Διεθνής Έκδοση. Εξαιρούνται τα αυτοτελή έργα τρίτων π.χ. φωτογραφίες, διαγράμματα κ.λ.π., τα οποία εμπεριέχονται σε αυτό και τα οποία αναφέρονται μαζί με τους όρους χρήσης τους στο «Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων».



Ο δικαιούχος μπορεί να παρέχει στον αδειοδόχο ξεχωριστή άδεια να χρησιμοποιεί το έργο για εμπορική χρήση, εφόσον αυτό του ζητηθεί.

Ως **Μη Εμπορική** ορίζεται η χρήση:

- που δεν περιλαμβάνει άμεσο ή έμμεσο οικονομικό όφελος από την χρήση του έργου, για το διανομέα του έργου και αδειοδόχο
- που δεν περιλαμβάνει οικονομική συναλλαγή ως προϋπόθεση για τη χρήση ή πρόσβαση στο έργο
- που δεν προσπορίζει στο διανομέα του έργου και αδειοδόχο έμμεσο οικονομικό όφελος (π.χ. διαφημίσεις) από την προβολή του έργου σε διαδικτυακό τόπο

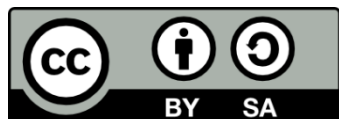
[1] <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>





Τέλος Ενότητας

Επεξεργασία: Ανδρέας Κοσματόπουλος
Θεσσαλονίκη, Νοέμβριος 2014



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΣΠΑ
2007-2013
πρόγραμμα για την ανάπτυξη
ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ



ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

Σημειώματα

Σημείωμα Ιστορικού Εκδόσεων Έργου

Το παρόν έργο αποτελεί την έκδοση **1.0**.



Διατήρηση Σημειωμάτων

Οποιαδήποτε αναπαραγωγή ή διασκευή του υλικού θα πρέπει να συμπεριλαμβάνει:

- το Σημείωμα Αναφοράς
- το Σημείωμα Αδειοδότησης
- τη δήλωση Διατήρησης Σημειωμάτων
- το Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (εφόσον υπάρχει)

μαζί με τους συνοδευόμενους υπερσυνδέσμους.

