

Κανονικές Μορφές (Normal Forms)

- Παρέχουν ένα τυπικό πλαίσιο για ανάλυση σχεσιακών σχημάτων βασισμένη στον ορισμό κλειδιών και συναρτησιακών εξαρτήσεων.
- Σχεσιακά σχήματα που ανήκουν σε συγκεκριμένες κανονικές μορφές έχουν ορισμένες επιθυμητές ιδιότητες (π.χ. έλλειψη ανωμαλιών ενημέρωσης).
- Οι κανονικές μορφές καθορίζονται με βάση κάποιες συνθήκες, οι οποίες αν ικανοποιούνται έχουν ως αποτέλεσμα την αποσύνθεση σχημάτων σε σχέσεις οι οποίες πληρούν τις κανονικές μορφές.

Κανονικές Μορφές (Normal Forms)

- Ορισμός: Δεδομένης μια καθολικής σχέσης R , ενός συνόλου F από ΣΕ και μιας αποσύνθεσης $\{R_1, \dots, R_k\}$ της R , η ΣΕ $X \rightarrow Y$ του F διατηρείται σε κάποια σχέση R_i της αποσύνθεσης αν και μόνο αν
$$X \cup Y \subseteq \text{Head}(R_i)$$
- Η διατήρηση των ΣΕ είναι μια επιθυμητή ιδιότητα:
αν μια ΣΕ $X \rightarrow Y$ διατηρείται σε μια σχέση R_i , τότε η επαλήθευση της ΣΕ μετά από κάποια ενημέρωση της σχέσης μπορεί να γίνει “τοπικά”, δηλαδή χωρίς να χρειάζεται να υπολογιστεί κάποιο \bowtie .
- Μας ενδιαφέρουν αποσυνθέσεις σε κανονικές μορφές χωρίς απώλεια πληροφορίας και με διατήρηση των ΣΕ.

Παράδειγμα

➤ **Παράδειγμα:** Κάθε μια από τις ΣΕ

1. emp_id → emp_name emp_phone dept_name
2. dept_name → dept_phone dept_mgrname
3. skill_id → skill_name
4. emp_id skill_id → skill_date skill_lvl

διατηρείται σε κάποια από τις σχέσεις του σχήματος

emps

| | | | |
|--------|----------|-----------|-----------|
| emp_id | emp_name | emp_phone | dept_name |
|--------|----------|-----------|-----------|

depts

| | | |
|-----------|------------|--------------|
| dept_name | dept_phone | dept_mgrname |
|-----------|------------|--------------|

emp-skills

| | | | |
|--------|----------|------------|-----------|
| emp_id | skill_id | skill_date | skill_lvl |
|--------|----------|------------|-----------|

skills

| | |
|----------|------------|
| skill_id | skill_name |
|----------|------------|

Κανονική μορφή Boyce-Codd

Μια σχέση R σε ένα σχεσιακό σχήμα με ΣΕ F είναι σε κανονική μορφή Boyce-Codd (BCNF) αν ισχύει η παρακάτω ιδιότητα:

για οποιαδήποτε ΣΕ $X \rightarrow A$ του F^+ η οποία διατηρείται στην R και για την οποία $A \notin X$, το X είναι κλειδί της R .

- Ένα σχεσιακό σχήμα είναι σε κανονική μορφή BCNF αν κάθε σχέση του είναι σε κανονική μορφή BCNF.
- Αν μια σχέση είναι σε BCNF αυτό σημαίνει ότι κανένα γνώρισμα της σχέσης δεν εξαρτάται συναρτησιακά από κανένα υποσύνολο των γνωρισμάτων της σχέσης, το οποίο δεν είναι κλειδί.

Παράδειγμα BCNF

- **Παράδειγμα:** Η συναρτησιακή εξάρτηση
 $emp_id\ skill_id \rightarrow skill_date\ skill_lvl$

διατηρείται στη σχέση

`emp-skills`

| | | | |
|---------------------|-----------------------|-------------------------|------------------------|
| <code>emp_id</code> | <code>skill_id</code> | <code>skill_date</code> | <code>skill_lvl</code> |
|---------------------|-----------------------|-------------------------|------------------------|

- Από την $emp_id\ skill_id \rightarrow skill_date\ skill_lvl$ εξάγονται με την χρήση του κανόνα της αποσύνθεσης οι ΣΕ
 $Emp_id\ skill_id \rightarrow skill_date$
 $Emp_id\ skill_id \rightarrow skill_lvl$
- Και οι δύο διατηρούνται στη σχέση `emp-skills`. Δεν υπάρχει άλλη εξάρτηση η οποία διατηρείται στη σχέση αυτή. Το μοναδικό κλειδί της σχέσης είναι το ζεύγος $(emp_id, skill_id)$. Άρα η σχέση είναι σε BCNF.

Παράδειγμα BCNF

Παρόμοια, η εξάρτηση $\text{emp_id} \rightarrow \text{emp_name emp_phone dept_name}$ διατηρείται στη σχέση

emps

| | | | |
|--------|----------|-----------|-----------|
| emp_id | emp_name | emp_phone | dept_name |
|--------|----------|-----------|-----------|

Από αυτή την εξάρτηση, εξάγονται οι ακόλουθες ΣΕ

$\text{emp_id} \rightarrow \text{emp_name}$

$\text{emp_id} \rightarrow \text{emp_phone}$

$\text{emp_id} \rightarrow \text{dept_name}$

- Οι οποίες όλες διατηρούνται στη σχέση emps. Καμία άλλη ΣΕ δεν διατηρείται στη σχέση αυτή.
- Το μοναδικό κλειδί της σχέσης είναι το γνώρισμα emp_id. Άρα η σχέση είναι σε BCNF.
- Με παρόμοιο τρόπο μπορούμε να δείξουμε ότι ολόκληρο το σχήμα σε BCNF.

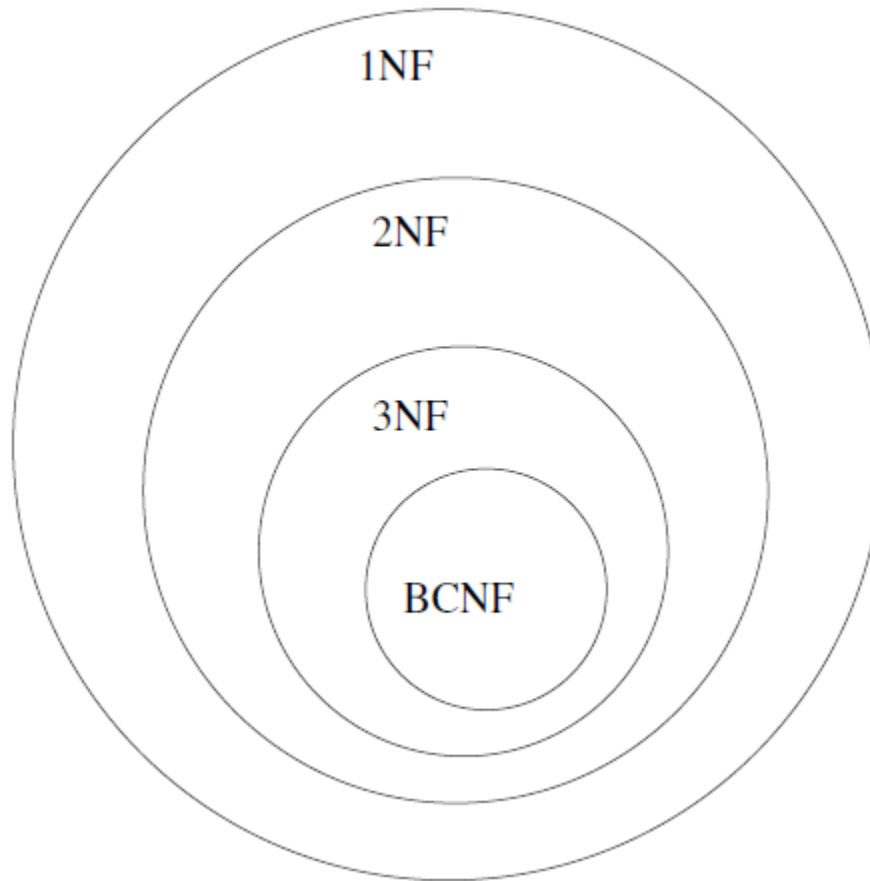
Παράδειγμα BCNF

- Έστω τώρα ότι θέλουμε να προσθέσουμε την εξάρτηση $dept_mgrname \rightarrow dept_name$. Συνεχίζει το σχήμα να είναι σε BCNF;
- Οι ΣΕ οι οποίες διατηρούνται είναι
 - $dept_name \rightarrow dept_phone$
 - $dept_name \rightarrow dept_mgrname$
 - $dept_mgrname \rightarrow dept_name$
 - $dept_mgrname \rightarrow dept_phone$
- Άρα, το σχήμα συνεχίζει να είναι σε BCNF.

Συμπεράσματα BCNF

- Η κανονική μορφή BCNF είναι πολύ περιοριστική: δεν είναι πάντα δυνατόν να βρεθεί μια αποσύνθεση σε BCNF η οποία ταυτόχρονα να μην πάσχει από απώλεια πληροφορίας και να διατηρεί τις συναρτησιακές εξαρτήσεις.
- Λιγότερο περιοριστικές κανονικές μορφές μας επιτρέπουν να ορίζουμε αποσυνθέσεις σχημάτων χωρίς απώλεια πληροφορίας και με διατήρηση των εξαρτήσεων.

Οι βασικές κανονικές μορφές



Τρίτη Κανονική Μορφή

Ορισμός: Ένα γνώρισμα A μιας σχέσης R λέγεται *πρωτεύον*, αν και μόνο αν το A είναι *μέρος κάποιου κλειδιού της σχέσης R*

Ορισμός: Έστω μια σχέση R και ένα *σύνολο συναρτησιακών εξαρτήσεων F* . Η R είναι σε **τρίτη κανονική μορφή (3NF)** αν για *κάθε μη τετριμμένη συναρτησιακή εξάρτηση της μορφής $X \rightarrow A$* που διατηρείται στην R και ανήκει στο F^+ , *μία* από τις παρακάτω προτάσεις *είναι αληθής*:

- X είναι ένα *υπερ-κλειδί* για την R *ή*
- A είναι ένα *πρωτεύον γνώρισμα* της R

Ορισμός: Ένα σχήμα βάσης δεδομένων D είναι σε *Τρίτη Κανονική Μορφή* αν *όλες οι σχέσεις στη D* είναι σε *Τρίτη Κανονική Μορφή*

Παράδειγμα (1)

- Σχήμα σε BCNF και σε 3NF

| | | | | |
|-------------------|------------------|-----------------|--------------|-------------|
| emps | <u>emp_id</u> | emp_name | emp_phone | dept_name |
| depts | <u>dept_name</u> | dept_phone | dept_mgrname | |
| emp-skills | <u>emp_id</u> | <u>skill_id</u> | skill_date | skill_level |
| skills | <u>skill_id</u> | skill_name | | |

- Συναρτησιακές Εξαρτήσεις

1. emp_id → emp_name emp_phone dept_name
2. dept_name → dept_phone dept_mgrname
3. skill_id → skill_name
4. emp_id skill_id → skill_date skill_level

Παράδειγμα (2)

- Σχήμα 3NF αλλά όχι σε BCNF

| | | | | | | |
|----------------|-----------------|----------|--------------------|-----------|----------|-------------|
| emps | <u>emp_id</u> | emp_name | emp_phone | dept_name | emp_city | emp_straddr |
| empadds | <u>emp_city</u> | emp_zip | <u>emp_straddr</u> | | | |

- Συναρτησιακές Εξαρτήσεις

1. $emp_id \rightarrow emp_name \ emp_phone \ dept_name \ emp_city \ emp_straddr$
2. $emp_city \ emp_straddr \rightarrow emp_zip$
3. $emp_zip \rightarrow emp_city$

- Η συναρτησιακή εξάρτηση $emp_zip \rightarrow emp_city$ διατηρείται στην σχέση empadds αλλά το γνώρισμα emp_zip *δεν είναι κλειδί*. **Το σχήμα δεν είναι σε BCNF**

- Το κλειδί της empadds είναι το $emp_straddr \ emp_city$. Το γνώρισμα emp_city είναι πρωτεύον. **Άρα το σχήμα είναι σε 3NF**

Δεύτερη Κανονική Μορφή

Ορισμός: Έστω μια σχέση R και ένα *σύνολο συναρτησιακών εξαρτήσεων* F . Η R είναι σε **δεύτερη κανονική μορφή (2NF)** αν

- για *κάθε συναρτησιακή εξάρτηση* της μορφής $X \rightarrow A$
 - που διατηρείται στην R
 - ανήκει στο κλείσιμο F^+
 - με A να είναι ένα γνώρισμα που *δεν ανήκει* στο σύνολο γνωρισμάτων X
 - το A να *μην είναι πρωτεύον* γνώρισμα
- το σύνολο των γνωρισμάτων X *δεν είναι γνήσιο υποσύνολο κανενός κλειδιού της* R

Παράδειγμα (3)

➤ Σχήμα σε 2NF

| | | | | | | |
|-------------------|-----------------|-----------------|------------|-------------|----------|-------------|
| emps | <u>emp_id</u> | emp_name | emp_phone | dept_name | emp_city | emp_straddr |
| emp-skills | <u>emp_id</u> | <u>skill_id</u> | skill_date | skill_level | | |
| skills | <u>skill_id</u> | skill_name | | | | |

➤ Συναρτησιακές Εξαρτήσεις

1. emp_id → emp_name emp_phone dept_name emp_city emp_straddr
2. skill_id → skill_name
3. emp_id skill_id → skill_date skill_level

Παράδειγμα (3)

- Συναρτησιακές Εξαρτήσεις
 1. `emp_id` → `emp_name emp_phone dept_name emp_city emp_straddr`
 2. `skill_id` → `skill_name`
 3. `emp_id skill_id` → `skill_date skill_level`
- Το υπερκλειδί για τη σχέση `emp-skills` είναι το σύνολο των γνωρισμάτων `emp_id skill_id`
- Οι συναρτησιακές εξαρτήσεις
 - `emp_id skill_id` → `skill_date` ΚΑΙ
 - `emp_id skill_id` → `skill_level`

συνεπάγονται από το σύνολο F και διατηρούνται στην R .

- Κανένα από τα `skill_date`, `skill_level` δεν είναι πρωτεύοντα γνωρίσματα και το `emp_id skill_id` δεν είναι καθαρό υποσύνολο του υπερκλειδιού της σχέσης.
- Η δεύτερη κανονική μορφή είναι ενδιαφέρουσα μόνο για ιστορικούς λόγους

Αλγόριθμος Αποσύνθεσης σε Τρίτη Κανονική Μορφή

- Έστω μία *καθολική σχέση* R και ένα *σύνολο συναρτησιακών εξαρτήσεων* F .
- Ο παρακάτω Αλγόριθμος παράγει μία αποσύνθεση της R η οποία *διατηρεί τις εξαρτήσεις και δεν έχει απώλεια πληροφορίας*.
- Το αποτέλεσμα του αλγορίθμου είναι ένα *σύνολο από σχήματα σχέσεων σε 3NF*
- **Αλγόριθμος:**
 1. Έστω F το σύνολο συναρτησιακών εξαρτήσεων και F' η ελάχιστη του κάλυψη
 2. $S := \emptyset$
 3. Για όλες τις εξαρτήσεις $X \rightarrow Y$ στην F'
αν δεν υπάρχει Z στην S έτσι ώστε $X \cup Y \subseteq Z$
 $S := S \cup (X \cup Y)$
 4. Για όλα τα υποψήφια κλειδιά K της R
αν το K δεν περιέχεται σε κανένα Z που ανήκει στην S
 $S := S \cup K$

Παράδειγμα (4)

- Η αποσύνθεση σε Τρίτη Κανονική Μορφή αφαιρεί ανωμαλίες και δίνει τη δυνατότητα να ελέγξουμε επαρκώς ότι χρήσιμες συναρτησιακές εξαρτήσεις ικανοποιούνται όταν ενημερώνεται η βάση δεδομένων

➤ Παράδειγμα

| | | | | |
|---------------|-------------------------|-----------------------|-------------------------|-------------------|
| course | <code>instructor</code> | <code>class_no</code> | <code>class_room</code> | <code>text</code> |
|---------------|-------------------------|-----------------------|-------------------------|-------------------|

- Συναρτησιακή εξάρτηση
 1. `class_no` → `class_room text`
- Η εφαρμογή του αλγορίθμου θα δημιουργήσει τις σχέσεις $R1$, $R2$ με σχήματα

| | | | |
|-----------|-----------------------|-------------------------|-------------------|
| R1 | <code>class_no</code> | <code>class_room</code> | <code>text</code> |
|-----------|-----------------------|-------------------------|-------------------|

| | | |
|-----------|-----------------------|-------------------------|
| R2 | <code>class_no</code> | <code>instructor</code> |
|-----------|-----------------------|-------------------------|

Παράδειγμα (4)

1. $S := \emptyset$

Για όλες τις εξαρτήσεις $X \rightarrow Y$ στην F'

αν δεν υπάρχει Z στην S έτσι ώστε $X \cup Y \subseteq Z$

$$S := S \cup (X \cup Y)$$

Για όλα τα υποψήφια κλειδιά K της R

αν το K δεν περιέχεται σε κανένα Z που ανήκει στην S

$$S := S \cup K$$

course

instructor

class_no

class_room

text

1. **class_no** \rightarrow **class_room text**

2. Βήμα (1)

R1

class_no

class_room

text

3. Βήμα (2)

R2

class_no

instructor