



ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ  
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΡΗΤΗΣ

# Εισαγωγή στις Βάσεις Δεδομένων II

Ενότητα: Σχεσιακή Άλγεβρα

Διδάσκων: Πηγουνάκης Κωστής  
ΤΜΗΜΑ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ  
ΣΧΟΛΗ ΚΟΙΝΩΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ



Ευρωπαϊκή Ένωση  
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ  
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



# Άδειες Χρήσης

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό υπόκειται στην άδεια χρήσης **Creative Commons** και ειδικότερα ***Αναφορά – Μη εμπορική Χρήση – Όχι Παράγωγο Έργο 3.0 Ελλάδα*** (***Attribution – Non Commercial – Non-derivatives 3.0 Greece***)



*[ή επιλογή ενός άλλου από τους έξι συνδυασμούς]*

*[και αντικατάσταση λογότυπου άδειας όπου αυτό έχει μπει (σελ. 1, σελ. 2 και τελευταία)]*

- Εξαιρείται από την ως άνω άδεια υλικό που περιλαμβάνεται στις διαφάνειες του μαθήματος, και υπόκειται σε άλλου τύπου άδεια χρήσης. Η άδεια χρήσης στην οποία υπόκειται το υλικό αυτό αναφέρεται ρητώς.

# Χρηματοδότηση

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στα πλαίσια του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.
- Το έργο «**Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο Πανεπιστήμιο Κρήτης**» 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.



Ευρωπαϊκή Ένωση  
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ  
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ

# Σχεσιακή Άλγεβρα

Εισαγωγή στις Σχεσιακές Βάσεις Δεδομένων (ΟΙΚ3501)

**Κωστής Πηγουνάκης**

Τελευταία Ενημέρωση: 04/05/2015

# Σχεσιακή Άλγεβρα

- Είναι το μαθηματικό υπόβαθρο του σχεσιακού μοντέλου δεδομένων.
- Αποτελεί μια θεωρητική γλώσσα που βασίζεται στη θεωρία των συνόλων.
- Προσφέρει ένα σύνολο πράξεων για τη διαχείριση των σχέσεων. Ορισμένες από τις πράξεις της προέρχονται από τη θεωρία συνόλων, ενώ άλλες αναπτύχθηκαν ειδικά για τη διαχείριση σχεσιακών β.δ.
- Η διαχείριση περιλαμβάνει την επιλογή γραμμών και στηλών οι οποίες πληρούν κάποια συγκεκριμένα κριτήρια, τόσο από ένα απλό πίνακα όσο και από το συνδυασμό δύο ή περισσότερων πινάκων.
- Όλες οι πράξεις της σχεσιακής άλγεβρας εφαρμόζονται πάνω σε μια σχέση και ως αποτέλεσμα παράγουν μια άλλη σχέση. Με τον τρόπο αυτό είναι τελικά δυνατή η πραγματοποίηση οποιασδήποτε ενέργειας, όσο πολύπλοκη και αν είναι.

# Πίνακες και Πράξεις ΣΑ

- Ένας πίνακας (δηλ. μια σχέση) ορίζεται ως ένα σύνολο πλειάδων (tuples)
- Ο πίνακας διαθέτει όλες τις ιδιότητες ενός **συνόλου**
- Οι **πράξεις συνόλου (set operators)** αναφέρονται σε σύνολα:
  - Ένωση (Union), Τομή (Intersection), Διαφορά (Difference), Καρτεσιανό Γινόμενο (Cartesian Product)
- Οι **εγγενείς πράξεις (native operators)** αναφέρονται σε πλειάδες ή στήλες:
  - Επιλογή (Select), Προβολή (Project), Σύζευξη (Join) και η Διαίρεση (Division)

# Επιλογή (select)

Επιλογή ενός υποσυνόλου των πλειάδων μιας σχέσης  $R$  που ικανοποιεί μια **συνθήκη επιλογής (selection condition)**

Συμβολισμός - Σύνταξη:  $\sigma_{\text{συνθήκη-επιλογής}}(R)$

## Ιδιότητες:

- Μοναδιαίος τελεστής (unary) : Εφαρμόζεται σε ένα μόνο πίνακα
- Αντιμεταθετική πράξη

$$\sigma_{\text{συνθ-1}}(\sigma_{\text{συνθ-2}}(R)) = \sigma_{\text{συνθ-2}}(\sigma_{\text{συνθ-1}}(R)) = \sigma_{\text{συνθ-1} \wedge \text{συνθ-2}}(R)$$

- βαθμός εξόδου = βαθμός εισόδου
- επιλεκτικότητα (selectivity): ποσοστό των πλειάδων που επιλέγονται

*Παρατήρηση: η νέα σχέση που προκύπτει με την πράξη της επιλογής περιέχει όλα τα χαρακτηριστικά της αρχικής σχέσης.*

# Τελεστές Λογικοί και Σύγκρισης

- Στη συνθήκη επιλογής, μπορούν να χρησιμοποιηθούν οι **τελεστές σύγκρισης**  $\{=, \neq, <, \leq, >, \geq\}$
- Οι τελεστές σύγκρισης  $\{<, \leq, >, \geq\}$  προϋποθέτουν οι τιμές που παίρνουν τα πεδία πάνω στα οποία εφαρμόζονται να είναι **διατεταγμένες**.
- Εκτός από τους τελεστές σύγκρισης, χρησιμοποιούνται και οι **λογικοί τελεστές** AND ( $\wedge$ ), OR ( $\vee$ ) και NOT ( $\neg$ )
- **Μετονομασία (Rename)** : Το αποτέλεσμα της επιλογής μπορούμε να το αποθηκεύσουμε σε ενδιάμεσο πίνακα με τον τελεστή « $\leftarrow$ »:

$$\text{RESULT} \leftarrow \sigma_{\text{DNO}=5 \wedge \text{SALARY}>25000}(\text{EMPLOYEE})$$



# Παράδειγμα – επιλογή I

ΤΑΙΝΙΑ

τίτλος	χρόνο	διάρκεια	είδος
Star Wars	1997	124	έγχρωμη
Mighty Ducks	1991	104	έγχρωμη
Wayne's World	1992	95	έγχρωμη

*Ταινίες με διάρκεια μεγαλύτερη των 100 λεπτών)*

$\sigma_{\text{διάρκεια} > 100}$  (ΤΑΙΝΙΑ)

τίτλος	χρόνος	διάρκεια	είδος
Star Wars	1997	124	έγχρωμη
Mighty Ducks	1991	104	έγχρωμη

# Παράδειγμα – επιλογή II

TAINIA

τίτλος	χρόνο	διάρκεια	είδος
Star Wars	1997	124	έγχρωμη
Mighty Ducks	1991	104	έγχρωμη
Wayne's World	1992	95	έγχρωμη

*Ταινίες με διάρκεια μεγαλύτερη των 100 λεπτών που γυρίστηκαν μετά το 1995*

$\sigma$  διάρκεια > 100  $\wedge$  χρόνος > 1995 (TAINIA)

τίτλος	χρόνος	διάρκεια	είδος
Star Wars	1997	124	έγχρωμη

# Προβολή (project)

Επιλογή ορισμένων στηλών από τον πίνακα μιας σχέσης και απορρίπτει τις υπόλοιπες

Συμβολισμός - Σύνταξη:  $\pi_{\text{λίστα-πεδίων}}(R)$

## Ιδιότητες:

- Μοναδιαίος τελεστής
- Απομακρύνονται οι διπλές πλειάδες (duplicate elimination)
- Μη αντιμεταθετική πράξη

$$\pi_{\text{λίστα-1}}(\pi_{\text{λίστα-2}}(R)) \neq \pi_{\text{λίστα-2}}(\pi_{\text{λίστα-1}}(R)) \text{ [εν γένει]}$$

$$\pi_{\text{λίστα-1}}(\pi_{\text{λίστα-2}}(R)) = \pi_{\text{λίστα-1}}(R) \text{ εφόσον η λίστα-1 περιέχει τα πεδία της λίστα-2}$$

- βαθμός εξόδου  $\leq$  βαθμός εισόδου

# Παράδειγμα – προβολή I

ΤΑΙΝΙΑ

τίτλος	χρόνο	διάρκεια	είδος
Star Wars	1997	124	έγχρωμη
Mighty Ducks	1991	104	έγχρωμη
Wayne's World	1992	95	έγχρωμη

*Τίτλος, χρόνος, διάρκεια των ταινιών*

**Π** *τίτλος, χρόνος, διάρκεια* (ΤΑΙΝΙΑ)

τίτλος	χρόνος	διάρκεια
Star Wars	1997	124
Mighty Ducks	1991	104
Wayne's World	1992	95

# Παράδειγμα – προβολή II

TAINIA

τίτλος	χρόνο	διάρκεια	είδος
Star Wars	1997	124	έγχρωμη
Mighty Ducks	1991	104	έγχρωμη
Wayne's World	1992	95	έγχρωμη

*Είδος ταινιών*

$\pi_{\text{είδος}}$  (TAINIA)

είδος
έγχρωμη

**Προσοχή: απαλοιφή διπλότυπων**

# Παράδειγμα project-select

## EMPLOYEE

FNAME	MINIT	LNAME	SSN	BDATE	ADDRESS	SEX	SALARY	SUPERSSN	DNO
John	B	Smith	123456789	09-Jan-55	731 Fondren, Houston, TX	M	30000	333445555	5
Franklin	T	Wong	333445555	08-Dec-45	638 Vass, Houston, TX	M	40000	888665555	5
Alicia	J	Zelaya	999887777	19-Jul-58	3321 Castle, Spring, TX	F	25000	987654321	4
Jennifer	S	Wallace	987654321	20-Jun-31	291 Berry, Bellaire, TX	F	43000	888665555	4
Ramesh	K	Narayan	666884444	15-Sep-52	975 Fire Oak, Humble, TX	M	38000	333445555	5
Joyce	A	English	453453453	31-Jul-62	5631 Rice, Houston, TX	F	25000	333445555	5
Ahmad	V	Jabbar	987987987	29-Mar-59	980 Dallas, Houston, TX	M	25000	987654321	4
James	E	Borg	888665555	10-Nov-27	450 Stone, Houston, TX	M	55000	NULL	1

$\pi_{\text{FNAME, LNAME, SALARY}} (\sigma_{\text{DNO}=5 \wedge \text{SALARY}>25000} (\text{EMPLOYEE}))$

# Παράδειγμα project-select

## EMPLOYEE

FNAME	MINIT	LNAME	SSN	BDATE	ADDRESS	SEX	SALARY	SUPERSSN	DNO
John	B	Smith	123456789	09-Jan-55	731 Fondren, Houston, TX	M	30000	333445555	5
Franklin	T	Wong	333445555	08-Dec-45	638 Vass, Houston, TX	M	40000	888665555	5
Alicia	J	Zelaya	999887777	19-Jul-58	3321 Castle, Spring, TX	F	25000	987654321	4
Jennifer	S	Wallace	987654321	20-Jun-31	291 Berry, Bellaire, TX	F	43000	888665555	4
Ramesh	K	Narayan	666884444	15-Sep-52	975 Fire Oak, Humble, TX	M	38000	333445555	5
Joyce	A	English	453453453	31-Jul-62	5631 Rice, Houston, TX	F	25000	333445555	5
Ahmad	V	Jabbar	987987987	29-Mar-59	980 Dallas, Houston, TX	M	25000	987654321	4
James	E	Borg	888665555	10-Nov-27	450 Stone, Houston, TX	M	55000	NULL	1

$\pi_{\text{FNAME, LNAME, SALARY}} (\sigma_{\text{DNO}=5 \wedge \text{SALARY}>25000} (\text{EMPLOYEE}))$

# Παράδειγμα project-select

## EMPLOYEE

FNAME	MINIT	LNAME	SSN	BDATE	ADDRESS	SEX	SALARY	SUPERSSN	DNO
John	B	Smith	123456789	09-Jan-55	731 Fondren, Houston, TX	M	30000	333445555	5
Franklin	T	Wong	333445555	08-Dec-45	638 Vass, Houston, TX	M	40000	888665555	5
Alicia	J	Zelaya	999887777	19-Jul-58	3321 Castle, Spring, TX	F	25000	987654321	4
Jennifer	S	Wallace	987654321	20-Jun-31	291 Berry, Bellaire, TX	F	43000	888665555	4
Ramesh	K	Narayan	666884444	15-Sep-52	975 Fire Oak, Humble, TX	M	38000	333445555	5
Joyce	A	English	453453453	31-Jul-62	5631 Rice, Houston, TX	F	25000	333445555	5
Ahmad	V	Jabbar	987987987	29-Mar-59	980 Dallas, Houston, TX	M	25000	987654321	4
James	E	Borg	888665555	10-Nov-27	450 Stone, Houston, TX	M	55000	NULL	1

$\pi_{\text{FNAME, LNAME, SALARY}} (\sigma_{\text{DNO}=5 \wedge \text{SALARY}>25000} (\text{EMPLOYEE}))$

FNAME	LNAME	SALARY
John	Smith	30000
Franklin	Wong	40000
Ramesh	Narayan	38000



# Συμβατοί ως προς την ένωση

- Συμβατοί ως προς την ένωση πίνακες (union compatible):

Έστω  $R(r_1, r_2, \dots, r_n)$ ,  $S=(s_1, s_2, \dots, s_m)$ . Αυτοί είναι συμβατοί, εάν  $m=n$  και  $dom(r_i) = dom(s_i)$  ( $1 \leq i \leq n$ )

- Η τομή, η ένωση και η διαφορά απαιτούν οι πίνακες επί των οποίων εφαρμόζονται, να είναι συμβατοί ως προς ένωση.

# Ένωση, Τομή και Διαφορά

- Η **ένωση** δύο πινάκων,  $R \cup S$ , είναι ένας νέος πίνακας που περιλαμβάνει **όλες τις πλειάδες** των δύο πινάκων, οι οποίες μπορεί να ανήκουν μόνο στον  $R$ , μόνο στον  $S$  ή και στους δύο πίνακες ταυτόχρονα (**όχι διπλές πλειάδες**)
- Η **τομή** δύο πινάκων,  $R \cap S$ , είναι ένας νέος πίνακας, που περιλαμβάνει **όλες τις κοινές πλειάδες** από τους δύο πίνακες
- Η **διαφορά** των πινάκων,  $R - S$ , είναι ένας νέος πίνακας, που περιλαμβάνει όλες τις πλειάδες που ανήκουν στον  $R$  αλλά όχι στον  $S$
- Ισχύουν  $R \cup S = S \cup R$  και  $R \cap S = S \cap R$  αλλά  $R - S \neq S - R$
- Οι πράξεις μεταξύ πινάκων είναι **δυαδικές (binary)** -- δύο πίνακες

# Παραδείγματα Πράξεων

## Example

R

A	B	C
$a_1$	$b_1$	$c_1$
$a_1$	$b_2$	$c_3$
$a_2$	$b_1$	$c_2$

S

A	B	C
$a_1$	$b_1$	$c_1$
$a_1$	$b_1$	$c_2$
$a_1$	$b_2$	$c_3$
$a_3$	$b_2$	$c_3$

Διαφορά: Σχετικό Συμπλήρωμα

$R - S$

A	B	C
$a_2$	$b_1$	$c_2$

$S - R$

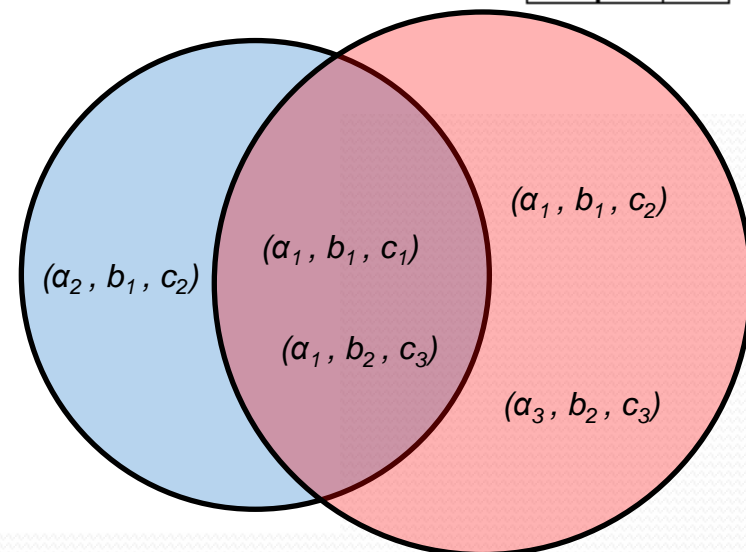
A	B	C
$a_1$	$b_1$	$c_2$
$a_3$	$b_2$	$c_3$

$R \cup S$

A	B	C
$a_1$	$b_1$	$c_1$
$a_1$	$b_1$	$c_2$
$a_1$	$b_2$	$c_3$
$a_2$	$b_1$	$c_2$
$a_3$	$b_2$	$c_3$

$R \cap S$

A	B	C
$a_1$	$b_1$	$c_1$
$a_1$	$b_2$	$c_3$



STUDENT	
FIRSTNAME	LASTNAME
Susan	Yao
Ramesh	Shah
Johnny	Kohler
Barbara	Jones
Amy	Ford
Jimmy	Wang
Ernest	Gilbert

INSTRUCTOR	
FNAME	LNAME
John	Smith
Ricardo	Browne
Susan	Yao
Francis	Johnson
Ramesh	Shah

FIRSTNAME	LASTNAME
Susan	Yao
Ramesh	Shah
Johnny	Kohler
Barbara	Jones
Amy	Ford
Jimmy	Wang
Ernest	Gilbert
John	Smith
Ricardo	Browne
Francis	Johnson

STUDENT  $\cup$  INSTRUCTOR

FIRSTNAME	LASTNAME
Susan	Yao
Ramesh	Shah

STUDENT  $\cap$  INSTRUCTOR

FIRSTNAME	LASTNAME
Johnny	Kohler
Barbara	Jones
Amy	Ford
Jimmy	Wang
Ernest	Gilbert

STUDENT - INSTRUCTOR

FIRSTNAME	LASTNAME
John	Smith
Ricardo	Browne
Francis	Johnson

INSTRUCTOR - STUDENT

# Καρτεσιανό Γινόμενο

Το καρτεσιανό γινόμενο  $R \times S$  όπου  $R (r_1, r_2, \dots, r_n)$  και  $S (s_1, s_2, \dots, s_m)$  ορίζεται ως ένας πίνακας με  $m+n$  πεδία

$$R \times S = \{(r_1, r_2, \dots, r_n, s_1, s_2, \dots, s_m) \mid (r_1, r_2, \dots, r_n) \in R, (s_1, s_2, \dots, s_m) \in S\}$$

ή

$$R \times S = \{ (r, s) \mid r \in R \wedge s \in S \}$$

Εάν ο πίνακας  $R$  περιέχει  $n$  πλειάδες και ο πίνακας  $S$  περιέχει  $m$  πλειάδες, ο πίνακας  $R \times S$  θα περιέχει συνολικά  $n \times m$  πλειάδες.

# Παράδειγμα Καρτεσιανού I

R

A	B	C
$a_1$	$b_1$	$c_1$
$a_1$	$b_2$	$c_3$
$a_2$	$b_1$	$c_2$

S

B	C	D
$b_1$	$c_1$	$d_1$
$b_1$	$c_1$	$d_3$
$b_2$	$c_2$	$d_2$
$b_1$	$c_2$	$d_4$

$R \times S$

R.A	R.B	R.C	S.B	S.C	S.D
$a_1$	$b_1$	$c_1$	$b_1$	$c_1$	$d_1$
$a_1$	$b_1$	$c_1$	$b_1$	$c_1$	$d_3$
$a_1$	$b_1$	$c_1$	$b_2$	$c_2$	$d_2$
$a_1$	$b_1$	$c_1$	$b_1$	$c_2$	$d_4$
$a_1$	$b_2$	$c_3$	$b_1$	$c_1$	$d_1$
$a_1$	$b_2$	$c_3$	$b_1$	$c_1$	$d_3$
$a_1$	$b_2$	$c_3$	$b_2$	$c_2$	$d_2$
$a_1$	$b_2$	$c_3$	$b_1$	$c_2$	$d_4$
$a_2$	$b_1$	$c_2$	$b_1$	$c_1$	$d_1$
$a_2$	$b_1$	$c_2$	$b_1$	$c_1$	$d_3$
$a_2$	$b_1$	$c_2$	$b_2$	$c_2$	$d_2$
$a_2$	$b_1$	$c_2$	$b_1$	$c_2$	$d_4$

# Παράδειγμα Καρτεσιανού II

**TEACHER**

<u>Teacher ID</u>	TFNAME	TLNAME
1	ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ	ΒΑΣΙΛΕΙΟΥ
2	ΓΕΩΡΓΙΟΣ	ΓΕΩΡΓΙΟΥ
3	ΑΝΔΡΕΑΣ	ΑΝΔΡΕΟΥ

**COURSE**

<u>Course ID</u>	CNAME	CHOURS
211	ΒΔ	4
212	MATH 1	3
210	MATH 2	3

**TEACHER x COURSE**

Teacher_ID	TFNAME	TLNAME	Course_ID	CNAME	CHOURS
1	ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ	ΒΑΣΙΛΕΙΟΥ	211	ΒΔ	4
1	ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ	ΒΑΣΙΛΕΙΟΥ	212	MATH 1	3
1	ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ	ΒΑΣΙΛΕΙΟΥ	210	MATH 2	3
2	ΓΕΩΡΓΙΟΣ	ΓΕΩΡΓΙΟΥ	211	ΒΔ	4
2	ΓΕΩΡΓΙΟΣ	ΓΕΩΡΓΙΟΥ	212	MATH 1	3
2	ΓΕΩΡΓΙΟΣ	ΓΕΩΡΓΙΟΥ	210	MATH 2	3
3	ΑΝΔΡΕΑΣ	ΑΝΔΡΕΟΥ	211	ΒΔ	4
3	ΑΝΔΡΕΑΣ	ΑΝΔΡΕΟΥ	212	MATH 1	3
3	ΑΝΔΡΕΑΣ	ΑΝΔΡΕΟΥ	210	MATH 2	3

# Παράδειγμα Καρτεσιανού III

## ΒΙΒΛΙΑ

Κωδικός	Τίτλος
7071	Νοημοσύνη
403	Ψυχολογία
7023	C++

(α)

## ΣΥΓΓΡΑΦΕΙΣ

Κωδικός Βιβλίου	Όνομα
7071	Γεωργίου
7071	Δημητρίου
403	Ασκητής
7023	Ζαφειριού
7023	Σταματίου

(β)

## ΒΙΒΛΙΑ × ΣΥΓΓΡΑΦΕΙΣ

Κωδικός	Τίτλος	Κωδικός Βιβλίου	Όνομα
7071	Νοημοσύνη	7071	Γεωργίου
7071	Νοημοσύνη	7071	Δημητρίου
7071	Νοημοσύνη	403	Ασκητής
7071	Νοημοσύνη	7023	Ζαφειριού
7071	Νοημοσύνη	7023	Σταματίου
403	Ψυχολογία	7071	Γεωργίου
403	Ψυχολογία	7071	Δημητρίου
403	Ψυχολογία	403	Ασκητής
403	Ψυχολογία	7023	Ζαφειριού
403	Ψυχολογία	7023	Σταματίου
7023	C++	7071	Γεωργίου
7023	C++	7071	Δημητρίου
7023	C++	403	Ασκητής
7023	C++	7023	Ζαφειριού
7023	C++	7023	Σταματίου



# Πράξεις σύζευξης (join)

- Το καρτεσιανό γινόμενο ( $R \times S$ ) συνήθως είναι μια πολύ μεγαλύτερη σχέση από αυτή που χρειαζόμαστε
- Ορίζουμε ένα σύνολο πράξεων **σύζευξης (JOIN)** οι οποίες μπορούν να παραχθούν (εκφραστούν) ως ακολουθίες πράξεων καρτεσιανού γινομένου και επιλογής, με διάφορες παραλλαγές :
  - **θ-σύζευξη (Theta-join)**
  - **Σύζευξη ισότητας (Equijoin)**
  - **Φυσική σύζευξη (Natural join)**
  - **Εξωτερική σύζευξη (Outer join)**

# θ-Σύζευξη (θ-join)

θ-Σύζευξη (join -  $\bowtie$ ) συνδυασμός του καρτεσιανού γινομένου και μιας συνθήκης επιλογής :

$$R \times S = \{ (r, s) \mid r \in R \wedge s \in S \}$$

$$R \bowtie_F S = \{ (r, s) \mid r \in R \wedge s \in S \wedge F((r, s)) \} = \sigma_F(R \times S)$$

- Η **θήτα-σύζευξη** δύο σχέσεων  $R$  και  $S$  υπό τη συνθήκη (κατηγόρημα)  $F$  ορίζει μια σχέση που περιέχει τις πλειάδες του καρτεσιανού γινομένου των  $R$  και  $S$  οι οποίες ικανοποιούν το κατηγόρημα  $F$ .
- Το κατηγόρημα  $F$  είναι κριτήριο επιλογής στη μορφή  $R.r_{ij}$  op  $S.s_{ik}$  όπου op είναι ένας τελεστής σύγκρισης ( $<$ ,  $<=$ ,  $>$ ,  $>=$ ,  $=$ ,  $!=$ ),  $i$ : γραμμή,  $j, k$ : στήλες

# Παράδειγμα θ-σύζευξης

*Car*

CarModel	CarPrice
CarA	20'000
CarB	30'000
CarC	50'000

*Boat*

BoatModel	BoatPrice
Boat1	10'000
Boat2	40'000
Boat3	60'000

*Car* ⋈ *Boat*

*CarPrice* ≥ *BoatPrice*

CarModel	CarPrice	BoatModel	BoatPrice
CarA	20'000	Boat1	10'000
CarB	30'000	Boat1	10'000
CarC	50'000	Boat1	10'000
CarC	50'000	Boat2	40'000

CarA	20.000	Boat1	10.000
CarA	20.000	Boat2	40.000
CarA	20.000	Boat3	60.000
CarB	30.000	Boat1	10.000
CarB	30.000	Boat2	40.000
CarB	30.000	Boat3	60.000
CarC	50.000	Boat1	10.000
CarC	50.000	Boat2	40.000
CarC	50.000	Boat3	60.000

# Σύζευξη ισότητας και φυσική

- Εάν η συνθήκη επιλογής είναι ισότητα, τότε η σύζευξη ονομάζεται **σύζευξη ισότητας (equijoin)** και το χαρακτηριστικό της είναι ότι έχει δύο πεδία που εμφανίζουν **ίδια τιμή**.
- Εάν οι δύο προς σύζευξη σχέσεις έχουν ένα κοινό πεδίο και η σύζευξη γίνεται επ' αυτού, τότε ονομάζεται **φυσική σύζευξη (natural join)** και συμβολίζεται με \* (π.χ. πρωτεύον κλειδί – εξωτερικό κλειδί).
- Η φυσική σύζευξη είναι πράξη σύζευξης ισότητας, της οποίας το αποτέλεσμα περιέχει μόνο το κοινό πεδίο (το αριστερό).

# Παράδειγμα equijoin

## TEACHERS

TEACHERID	TFNAME	FLNAME	ΕΙΔΙΚΟΤΗΤΑ	SCHOOL	NOMOS
1	ΑΝΔΡΕΑΣ	ΑΝΔΡΕΟΥ	ΦΥΣΙΚΟΣ	ΕΜΠ	ΑΤΤΙΚΗ
2	ΓΕΩΡΓΙΟΣ	ΓΕΩΡΓΙΟΥ	ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΟΣ	ΕΜΠ	ΒΟΙΩΤΙΑ
3	ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ	ΒΑΣΙΛΕΙΟΥ	ΗΥ	ΔΠΘ	ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ
4	ΠΕΤΡΟΥ	ΠΕΤΡΟΣ	ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΟΣ	ΑΠΘ	ΚΑΤΕΡΙΝΗ
5	ΔΗΜΗΤΡΙΟΥ	ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ	ΗΥ	ΕΜΠ	ΑΤΤΙΚΗ
6	ΕΛΕΥΘΕΡΙΟΥ	ΕΛΕΥΘΕΡΙΟΣ	ΤΟΠΟΓΡΑΦΟΣ	ΕΜΠ	ΚΟΡΙΝΘΙΑ
9	ΠΑΝΑΓΙΩΤΟΥ	ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ	ΗΥ	ΑΠΘ	ΘΡΑΚΗ

## UNIVERSITIES

UCODE	UNAME	USTUDENTS	USTAFF	LOCATION
ΑΠΘ	ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ	8900	450	ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ
ΔΠΘ	ΔΗΜΟΚΡΙΤΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΡΑΚΗΣ	5000	389	ΘΡΑΚΗ
ΕΜΠ	ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ	10000	1000	ΑΤΤΙΚΗ
ΧΠΑ	ΧΑΡΟΚΟΠΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ	3000	100	ΑΤΤΙΚΗ

## TEACHERS \* TEACHERS.SCHOOL=UNIVERSITIES.UCODE UNIVERSITIES

TEACHERID	TFNAME	FLNAME	ΕΙΔΙΚΟΤΗΤΑ	SCHOOL	NOMOS	UCODE	UNAME	USTUDENTS	USTAFF	LOCATION
1	ΑΝΔΡΕΑΣ	ΑΝΔΡΕΟΥ	ΦΥΣΙΚΟΣ	ΕΜΠ	ΑΤΤΙΚΗ	ΕΜΠ	ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ	10000	1000	ΑΤΤΙΚΗ
2	ΓΕΩΡΓΙΟΣ	ΓΕΩΡΓΙΟΥ	ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΟΣ	ΕΜΠ	ΒΟΙΩΤΙΑ	ΕΜΠ	ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ	10000	1000	ΑΤΤΙΚΗ
3	ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ	ΒΑΣΙΛΕΙΟΥ	ΗΥ	ΔΠΘ	ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ	ΔΠΘ	ΔΗΜΟΚΡΙΤΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΡΑΚΗΣ	5000	389	ΘΡΑΚΗ
4	ΠΕΤΡΟΥ	ΠΕΤΡΟΣ	ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΟΣ	ΑΠΘ	ΚΑΤΕΡΙΝΗ	ΑΠΘ	ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ	8900	450	ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ
5	ΔΗΜΗΤΡΙΟΥ	ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ	ΗΥ	ΕΜΠ	ΑΤΤΙΚΗ	ΕΜΠ	ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ	10000	1000	ΑΤΤΙΚΗ
6	ΕΛΕΥΘΕΡΙΟΥ	ΕΛΕΥΘΕΡΙΟΣ	ΤΟΠΟΓΡΑΦΟΣ	ΕΜΠ	ΚΟΡΙΝΘΙΑ	ΕΜΠ	ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ	10000	1000	ΑΤΤΙΚΗ
9	ΠΑΝΑΓΙΩΤΟΥ	ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ	ΗΥ	ΑΠΘ	ΘΡΑΚΗ	ΑΠΘ	ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ	8900	450	ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ

# Παράδειγμα natural/equi join

## EMPLOYEE

FNAME	MINIT	LNAME	SSN	BDATE	ADDRESS	SEX	SALARY	SUPERSSN	DNO
John	B	Smith	123456789	09-Jan-55	731 Fondren, Houston, TX	M	30000	333445555	5
Franklin	T	Wong	333445555	08-Dec-45	638 Vass, Houston, TX	M	40000	888665555	5
Alicia	J	Zelaya	999887777	19-Jul-58	3321 Castle, Spring, TX	F	25000	987654321	4
Jennifer	S	Wallace	987654321	20-Jun-31	291 Berry, Bellaire, TX	F	43000	888665555	4
Ramesh	K	Narayan	666884444	15-Sep-52	975 Fire Oak, Humble, TX	M	38000	333445555	5
Joyce	A	English	453453453	31-Jul-62	5631 Rice, Houston, TX	F	25000	333445555	5
Ahmad	V	Jabbar	987987987	29-Mar-59	980 Dallas, Houston, TX	M	25000	987654321	4
James	E	Borg	888665555	10-Nov-27	450 Stone, Houston, TX	M	55000	NULL	1

## DEPARTMENT

DNAME	DNUMBER	MGRSSN	MGRSTARTDATE
Research	5	333445555	22-May-78
Administration	4	987654321	01-Jan-85
Headquarters	1	888665555	19-Jun-71

DEPT\_MRG ← DEPARTMENT ⋈<sub>SSN=MGRSSN</sub> EMPLOYEE

DNAME	DNUMBER	MGRSSN	MGRSTARTDATE	FNAME	MINIT	LNAME	SSN	BDATE	ADDRESS	SEX	SALARY	SUPERSSN	DNO
Research	5	333445555	22-May-78	Franklin	T	Wong	333445555	08-Dec-45	638 Vass, Houston, TX	M	30000	888665555	5
Administration	4	987654321	01-Jan-85	Jennifer	S	Wallace	987654321	20-Jun-31	291 Berry, Bellaire, TX	F	43000	888665555	4
Headquarters	1	888665555	19-Jun-71	James	E	Borg	888665555	10-Nov-27	450 Stone, Houston, TX	M	55000	NULL	1

DEPT\_MRG ← DEPARTMENT \*(MGRSSN),(SSN) EMPLOYEE

DNAME	DNUMBER	MGRSSN	MGRSTARTDATE	FNAME	MINIT	LNAME	BDATE	ADDRESS	SEX	SALARY	SUPERSSN	DNO
Research	5	333445555	22-May-78	Franklin	T	Wong	08-Dec-45	638 Vass, Houston, TX	M	30000	888665555	5
Administration	4	987654321	01-Jan-85	Jennifer	S	Wallace	20-Jun-31	291 Berry, Bellaire, TX	F	43000	888665555	4
Headquarters	1	888665555	19-Jun-71	James	E	Borg	10-Nov-27	450 Stone, Houston, TX	M	55000	NULL	1

DEPT\_MRG ← EMPLOYEE \*(SSN),(MGRSSN) DEPARTMENT

FNAME	MINIT	LNAME	SSN	BDATE	ADDRESS	SEX	SALARY	SUPERSSN	DNO	DNAME	DNUMBER	MGRSTARTDATE
Franklin	T	Wong	333445555	08-Dec-45	638 Vass, Houston, TX	M	30000	888665555	5	Research	5	22-May-78
Jennifer	S	Wallace	987654321	20-Jun-31	291 Berry, Bellaire, TX	F	43000	888665555	4	Administration	4	01-Jan-85
James	E	Borg	888665555	10-Nov-27	450 Stone, Houston, TX	M	55000	NULL	1	Headquarters	1	19-Jun-71

# Εξωτερική σύζευξη (outer join)

- Αντίθετα με την απλή σύζευξη, στην **εξωτερική σύζευξη (outer join +)** διατηρούνται ΟΛΕΣ οι πλειάδες που προκύπτουν, ακόμη και εκείνες που δεν πληρούν τον κανόνα επιλογής
- Οι πλειάδες του πρώτου πίνακα που δεν πληρούν το κριτήριο επιλογής συνδυάζονται με «κενές» πλειάδες του άλλου πίνακα (NULL)
- Η εξωτερική σύζευξη μπορεί να είναι είτε **αριστερή (outer left join)** είτε **δεξιά (outer right join)**



# Παράδειγμα outer join (δες XLS)

## EMPLOYEE

FNAME	MINIT	LNAME	SSN	BDATE	ADDRESS	SEX	SALARY	SUPERSSN	DNO
John	B	Smith	123456789	09-Jan-55	731 Fondren, Houston, TX	M	30000	333445555	5
Franklin	T	Wong	333445555	08-Dec-45	638 Vass, Houston, TX	M	30000	888665555	5
Alicia	J	Zelaya	999887777	19-Jul-58	3321 Castle, Spring, TX	F	25000	987654321	4
Jennifer	S	Wallace	987654321	20-Jun-31	291 Berry, Bellaire, TX	F	43000	888665555	4
Ramesh	K	Narayan	666884444	15-Sep-52	975 Fire Oak, Humble, TX	M	38000	333445555	5
Joyce	A	English	453453453	31-Jul-62	5631 Rice, Houston, TX	F	25000	333445555	5
Ahmad	V	Jabbar	987987987	29-Mar-59	980 Dallas, Houston, TX	M	25000	987654321	4
James	E	Borg	888665555	10-Nov-27	450 Stone, Houston, TX	M	55000	NULL	1

## DEPARTMENT

DNAME	DNUMBER	MGRSSN	MGRSTARTDATE
Research	5	333445555	22-May-78
Administration	4	987654321	01-Jan-85
Headquarters	1	888665555	19-Jun-71

**TEMP** ← **EMPLOYEE (+)** MGRSSN=SSN **DEPARTMENT**

**RESULT** ← **π** FNAME, MINIT, LNAME, DNAME (**TEMP**)

FNAME	MINIT	LNAME	SSN	BDATE	ADDRESS	SEX	SALARY	SUPERSSN	DNO	DNAME	DNUMBER	MGRSTARTDATE
John	B	Smith	123456789	09-Jan-55	731 Fondren, Houston, TX	M	30000	333445555	5	NULL	NULL	NULL
Franklin	T	Wong	333445555	08-Dec-45	638 Vass, Houston, TX	M	30000	888665555	5	Research	5	22-May-78
Alicia	J	Zelaya	999887777	19-Jul-58	3321 Castle, Spring, TX	F	25000	987654321	4	NULL	NULL	NULL
Jennifer	S	Wallace	987654321	20-Jun-31	291 Berry, Bellaire, TX	F	43000	888665555	4	Administration	4	01-Jan-85
Ramesh	K	Narayan	666884444	15-Sep-52	975 Fire Oak, Humble, TX	M	38000	333445555	5	NULL	NULL	NULL
Joyce	A	English	453453453	31-Jul-62	5631 Rice, Houston, TX	F	25000	333445555	5	NULL	NULL	NULL
Ahmad	V	Jabbar	987987987	29-Mar-59	980 Dallas, Houston, TX	M	25000	987654321	4	NULL	NULL	NULL
James	E	Borg	888665555	10-Nov-27	450 Stone, Houston, TX	M	55000	NULL	1	Headquarters	1	19-Jun-71



# Λοιποί τελεστές

- **Καταμέτρηση (COUNT)** των εγγραφών ενός πίνακα
- Υπολογισμός **αθροίσματος (SUM)**
- Υπολογισμός **μέσου όρου (AVERAGE)** των τιμών μιας στήλης
- Εύρεση της **μέγιστης/ελάχιστης τιμής (MAXIMUM/MINIMUM)**
- Οι παραπάνω συναρτήσεις μπορούν να εφαρμοσθούν πάνω σε όλες τις γραμμές του πίνακα ή σε μέρος του :

<grouping attributes>  $\mathcal{F}$  <function list> (<relation name>)

# Παράδειγμα τελεστών

## EMPLOYEE

FNAME	MINIT	LNAME	SSN	BDATE	ADDRESS	SEX	SALARY	SUPERSSN	DNO
John	B	Smith	123456789	09-Jan-55	731 Fondren, Houston, TX	M	30000	333445555	5
Franklin	T	Wong	333445555	08-Dec-45	638 Vass, Houston, TX	M	30000	888665555	5
Alicia	J	Zelaya	999887777	19-Jul-58	3321 Castle, Spring, TX	F	25000	987654321	4
Jennifer	S	Wallace	987654321	20-Jun-31	291 Berry, Bellaire, TX	F	43000	888665555	4
Ramesh	K	Narayan	666884444	15-Sep-52	975 Fire Oak, Humble, TX	M	38000	333445555	5
Joyce	A	English	453453453	31-Jul-62	5631 Rice, Houston, TX	F	25000	333445555	5
Ahmad	V	Jabbar	987987987	29-Mar-59	980 Dallas, Houston, TX	M	25000	987654321	4
James	E	Borg	888665555	10-Nov-27	450 Stone, Houston, TX	M	55000	NULL	1

## DNO $\mathcal{F}$ (COUNT SSN), (AVERAGE SALARY) (EMPLOYEE)

John	B	Smith	123456789	09-Jan-55	731 Fondren, Houston, TX	M	30000	333445555	5	30750
Franklin	T	Wong	333445555	08-Dec-45	638 Vass, Houston, TX	M	30000	888665555	5	
Ramesh	K	Narayan	666884444	15-Sep-52	975 Fire Oak, Humble, TX	M	38000	333445555	5	
Joyce	A	English	453453453	31-Jul-62	5631 Rice, Houston, TX	F	25000	333445555	5	

DNO	EMP_NO	AVG_SAL
5	4	30750
4	3	31000
1	1	55000

Alicia	J	Zelaya	999887777	19-Jul-58	3321 Castle, Spring, TX	F	25000	987654321	4	31000
Jennifer	S	Wallace	987654321	20-Jun-31	291 Berry, Bellaire, TX	F	43000	888665555	4	
Ahmad	V	Jabbar	987987987	29-Mar-59	980 Dallas, Houston, TX	M	25000	987654321	4	

James	E	Borg	888665555	10-Nov-27	450 Stone, Houston, TX	M	55000	NULL	1	55000
-------	---	------	-----------	-----------	------------------------	---	-------	------	---	-------

# Διαίρεση

Έστω  $T (r_1, \dots, r_n, s_1, \dots, s_m)$ ,  $S (s_1, \dots, s_m)$

Η διαίρεση  $T \div S$  των  $T$  και  $S$  είναι ένας πίνακας  $R$  με σχήμα  $R (r_1, \dots, r_n)$

Ο  $R$  περιέχει τις πλειάδες  $r_i$  οι οποίες είναι τέτοιες ώστε, για κάθε πλειάδα  $s_i$  του  $S$ , η πλειάδα που προκύπτει από την παράθεση των  $r_i$  και  $s_i$  ανήκει στον  $R$ .

Εν γένει, αν  $R = T \div S$ , τότε η  $R$  είναι το μεγαλύτερο δυνατό σύνολο πλειάδων ώστε  $R \times S \subseteq T$

# Παράδειγμα διαίρεσης I

T

A	B	C
a1	b1	c1
a2	b1	c1
a1	b2	c1
a1	b2	c2
a2	b1	c2
a1	b2	c3
a1	b2	c4
a1	b1	c5

S

C
c1

$$R := T \div S$$

A	B
a1	b1
a2	b1
a1	b2

$$R \times S \subseteq T$$

# Παράδειγμα διαίρεσης II

T

A	B	C
$a_1$	$b_1$	$c_1$
$a_2$	$b_1$	$c_1$
$a_1$	$b_2$	$c_1$
$a_1$	$b_2$	$c_2$
$a_2$	$b_1$	$c_2$
$a_1$	$b_2$	$c_3$
$a_1$	$b_2$	$c_4$
$a_1$	$b_1$	$c_5$

S

C
$c_1$
$c_2$

$R = T : S$

A	B
$a_1$	$b_2$
$a_2$	$b_1$

A	B
$a_1$	$b_1$
$a_1$	$b_2$
$a_2$	$b_1$

# Προτεραιότητα τελεστών

Προτεραιότητα	Τελεστής	Σύμβολο
Υψηλότερη	Προβολή	$\pi$
↓	Επιλογή	$\sigma$
↓	Καρτεσιανό Γινόμενο	$\times$
↓	Σύζευξη, Διαίρεση	$ X , \div$
↓	Διαφορά	$-$
Χαμηλότερη	Ένωση, Τομή	$\cup, \cap$

# Περισσότερα...

- [http://en.wikipedia.org/wiki/Relational\\_algebra](http://en.wikipedia.org/wiki/Relational_algebra)

# Τέλος Ενότητας



Ευρωπαϊκή Ένωση  
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης

