

2. Σχεσιακές ΒΔ – Σχεσιακό Μοντέλο



- 2.1 Αρχές του Σχεσιακού Μοντέλου (Relational Model)
- 2.2. Σχεσιακή Άλγεβρα (Relational Algebra)
 - Επερωτήσεις στη Βάση Δεδομένων
 - Αλλαγές στη Βάση Δεδομένων

Lectures on Databases: section II “Relational Model”, v. 2023.03

by

Data Science Lab. @ Univ. Piraeus (www.datastories.org)

Main source of slides: Silberschatz et al., “Database System Concepts”, 6-7/e



2.1. Αρχές του Σχεσιακού Μοντέλου

Εισαγωγή στο Σχεσιακό Μοντέλο (1)



- Ένα **Σχεσιακό Σχήμα** (Relational schema) είναι ένα Σύνολο **σχέσεων (relations)** που συσχετίζονται μεταξύ τους
- Η τρέχουσα κατάσταση - ‘στιγμιότυπο’ (instance) μιας σχέσης ονομάζεται **πίνακας (table)**

course_id	title	dept_name	credits
BIO-101	Intro. to Biology	Biology	4
BIO-301	Genetics	Biology	4
BIO-399	Computational Biology	Biology	3
CS-101	Intro. to Computer Science	Comp. Sci.	4
CS-190	Game Design	Comp. Sci.	4
CS-315	Robotics	Comp. Sci.	3
CS-319	Image Processing	Comp. Sci.	3
CS-347	Database System Concepts	Comp. Sci.	3
EE-181	Intro. to Digital Systems	Elec. Eng.	3
FIN-201	Investment Banking	Finance	3
HIS-351	World History	History	3
MU-199	Music Video Production	Music	3
PHY-101	Physical Principles	Physics	4

course_id	prereq_id
BIO-301	BIO-101
BIO-399	BIO-101
CS-190	CS-101
CS-315	CS-101
CS-319	CS-101
CS-347	CS-101
EE-181	PHY-101

Εισαγωγή στο Σχεσιακό Μοντέλο (2)

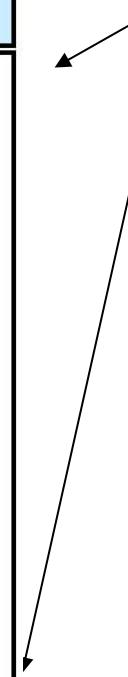


- Ένα στοιχείο t της σχέσης r είναι μία **πλειάδα (tuple)**, που εκφράζεται με μια **γραμμή (row)** σε έναν πίνακα
 - Δεν υπάρχει διάταξη στις πλειάδες

<i>instructor</i>
<u>ID</u>
<i>name</i>
<i>dept_name</i>
<i>salary</i>

<i>ID</i>	<i>name</i>	<i>dept_name</i>	<i>salary</i>
10101	Srinivasan	Comp. Sci.	65000
12121	Wu	Finance	90000
15151	Mozart	Music	40000
22222	Einstein	Physics	95000
32343	El Said	History	60000
33456	Gold	Physics	87000
45565	Katz	Comp. Sci.	75000
58583	Califieri	History	62000
76543	Singh	Finance	80000
76766	Crick	Biology	72000
83821	Brandt	Comp. Sci.	92000
98345	Kim	Elec. Eng.	80000

Rows (Γραμμές
ή Εγγραφές ή
Πλειάδες)



Βασική δομή (1/2)



- Ένα **πεδίο τιμών (domain)** D είναι ένα σύνολο τιμών $D = \{d_1, d_2, \dots, d_n\}$
 - π.χ. το σύνολο των μη αρνητικών ακέραιων αριθμών
 - Η ειδική τιμή **null** (κενό, δεν υφίσταται τιμή) αποτελεί μέλος κάθε πεδίου τιμών
- Ένα **χαρακτηριστικό (attribute)** R.A ονοματίζει μια ιδιότητα σε μία Σχέση R και παίρνει τιμές από το αντίστοιχο πεδίο τιμών D(A)
 - π.χ. ο μισθός ενός διδάσκοντα `instructor.salary`
 - Τα χαρακτηριστικά μιας σχέσης έχουν διακριτά ονόματα

<i>instructor</i>
<u>ID</u>
<i>name</i>
<i>dept_name</i>
<i>salary</i>

<i>ID</i>	<i>name</i>	<i>dept_name</i>	<i>salary</i>
10101	Srinivasan	Comp. Sci.	65000
12121	Wu	Finance	90000
15151	Mozart	Music	40000
22222	Einstein	Physics	95000
32343	El Said	History	60000
33456	Gold	Physics	87000
45565	Katz	Comp. Sci.	75000
58583	Califieri	History	62000
76543	Singh	Finance	80000
76766	Crick	Biology	72000
83821	Brandt	Comp. Sci.	92000
98345	Kim	Elec. Eng.	80000

Βασική δομή (2/2)



- Μια **πλειάδα (tuple)** t μιας Σχέσης R(A₁, A₂, ..., A_n) είναι μια (διατεταγμένη) λίστα τιμών t = <v₁, v₂, ..., v_n>, όπου κάθε τιμή v_i είναι ένα στοιχείο του πεδίου D(A_i)
 - π.χ. η πλειάδα ("10101", "Srinivasan", "Comp. Sci.", 65000) με τις πληροφορίες ενός συγκεκριμένου διδάσκοντα

instructor
ID
name
dept_name
salary

- Μια **σχέση (relation)** είναι ένα σύνολο πλειάδων t_i

ID	name	dept_name	salary
10101	Srinivasan	Comp. Sci.	65000
12121	Wu	Finance	90000
15151	Mozart	Music	40000
22222	Einstein	Physics	95000
32343	El Said	History	60000
33456	Gold	Physics	87000
45565	Katz	Comp. Sci.	75000
58583	Califieri	History	62000
76543	Singh	Finance	80000
76766	Crick	Biology	72000
83821	Brandt	Comp. Sci.	92000
98345	Kim	Elec. Eng.	80000

Σχεσιακή Βάση Δεδομένων



- Μια **Σχεσιακή ΒΔ (relational DB)** είναι μια συλλογή από σχέσεις
- Η πληροφορία έχει σπάσει σε κομμάτια, με κάθε σχέση να κρατά ένα κομμάτι πληροφορίας, π.χ.:
 - Instructor: πληροφορία για τους διδάσκοντες
 - Course: πληροφορία για τα μαθήματα
 - Prereq: πληροφορία για τα προαπαιτούμενα

course_id	prereq_id
BIO-301	BIO-101
BIO-399	BIO-101
CS-190	CS-101
CS-315	CS-101
CS-319	CS-101
CS-347	CS-101
EE-181	PHY-101

ID	name	dept_name	salary
10101	Srinivasan	Comp. Sci.	65000
12121	Wu	Finance	90000
15151	Mozart	Music	40000
22222	Einstein	Physics	95000
32343	El Said	History	60000
33456	Gold	Physics	87000
45565	Katz	Comp. Sci.	75000
58583	Califieri	History	62000
76543	Singh	Finance	80000
76766	Crick	Biology	72000
83821	Brandt	Comp. Sci.	92000
98345	Kim	Elec. Eng.	80000

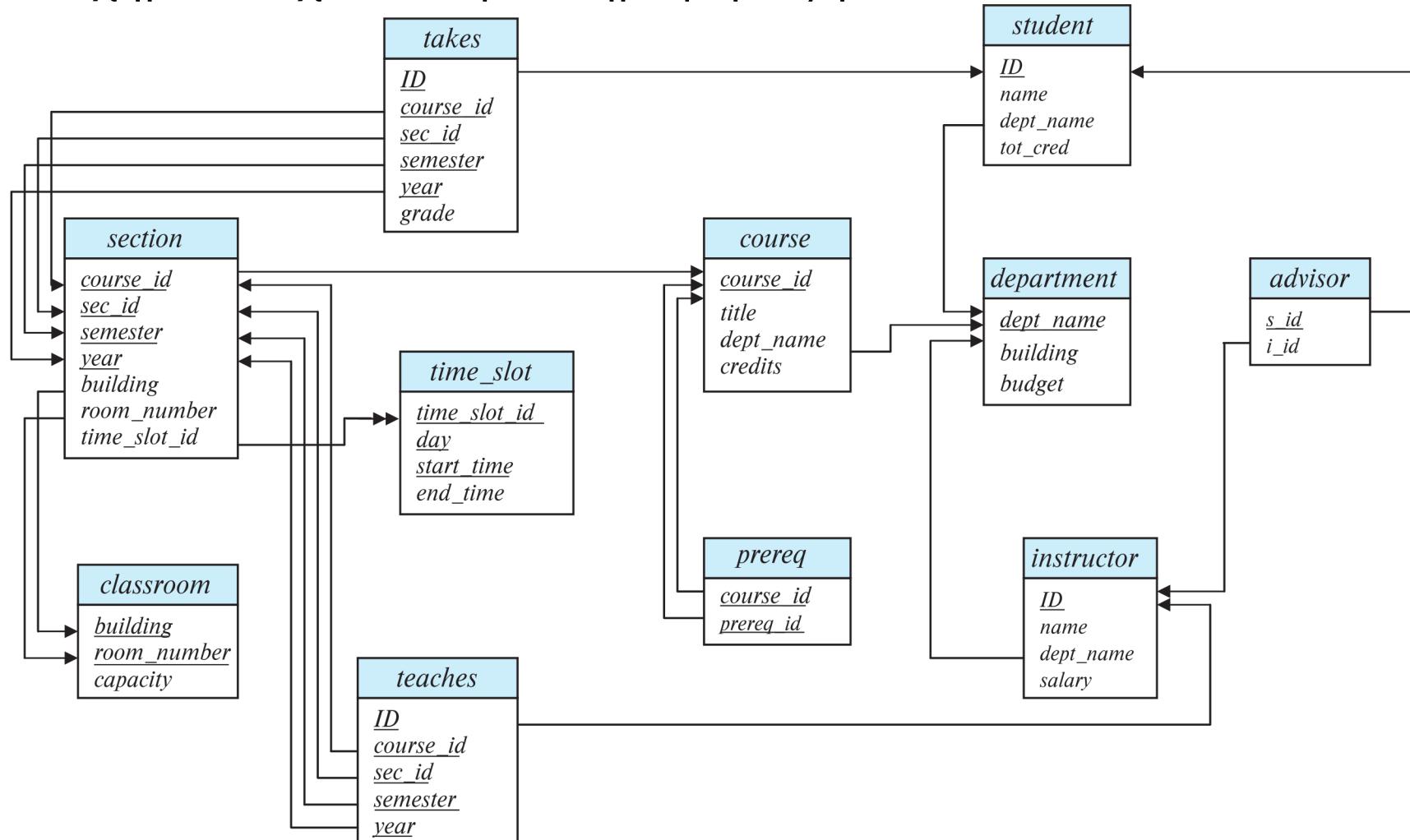
course_id	title	dept_name	credits
BIO-101	Intro. to Biology	Biology	4
BIO-301	Genetics	Biology	4
BIO-399	Computational Biology	Biology	3
CS-101	Intro. to Computer Science	Comp. Sci.	4
CS-190	Game Design	Comp. Sci.	4
CS-315	Robotics	Comp. Sci.	3
CS-319	Image Processing	Comp. Sci.	3
CS-347	Database System Concepts	Comp. Sci.	3
EE-181	Intro. to Digital Systems	Elec. Eng.	3
FIN-201	Investment Banking	Finance	3
HIS-351	World History	History	3
MU-199	Music Video Production	Music	3
PHY-101	Physical Principles	Physics	4

Παράδειγμα Σχεσιακής ΒΔ



- Γραμματεία παν/μίου: σχήμα 11 σχέσεων, με πληροφορίες για

- φοιτητές,
- διδάσκοντες,
- μαθήματα,
- τάξεις,
- αίθουσες κλπ.



Η έννοια του υποψήφιου κλειδιού (1/2)



- Έστω $K \subseteq R$ ένα σύνολο χαρακτηριστικών ενός σχεσιακού σχήματος
- Το K είναι **υπερ-κλειδί (superkey)** του R εάν οι τιμές του K αρκούν για να ταυτοποιήσουν μια πλειάδα της όποιας σχέσης $r(R)$
- Το K είναι **υποψήφιο κλειδί (candidate key)** εάν είναι ελάχιστο (minimal)
- Ένα από τα υποψήφια κλειδιά αποφασίζεται (από το σχεδιαστή της ΒΔ) να είναι το **πρωτεύον κλειδί (primary key)** του R

<i>ID</i>	<i>name</i>	<i>dept_name</i>	<i>salary</i>
10101	Srinivasan	Comp. Sci.	65000
12121	Wu	Finance	90000
15151	Mozart	Music	40000
22222	Einstein	Physics	95000
32343	El Said	History	60000
33456	Gold	Physics	87000
45565	Katz	Comp. Sci.	75000
58583	Califieri	History	62000
76543	Singh	Finance	80000
76766	Crick	Biology	72000
83821	Brandt	Comp. Sci.	92000
98345	Kim	Elec. Eng.	80000

Η έννοια του υποψήφιου κλειδιού (2/2)



Άσκηση:

1. Γνωρίζοντας ότι ο κωδικός (course_id) αποτελεί την ταυτότητα ενός μαθήματος, βρείτε τα υπερ-κλειδιά, τα υποψήφια κλειδιά και το πρωτεύον κλειδί για τη σχέση Course

2. Επαναλάβετε το ίδιο για τη σχέση Prereq, με 2 εναλλακτικά σενάρια:

- a) ένα μάθημα μπορεί να έχει ένα μόνο άλλο μάθημα ως προαπαιτούμενο
- b) ένα μάθημα μπορεί να έχει περισσότερα από ένα άλλα μαθήματα ως προαπαιτούμενα

course_id	title	dept_name	credits
BIO-101	Intro. to Biology	Biology	4
BIO-301	Genetics	Biology	4
BIO-399	Computational Biology	Biology	3
CS-101	Intro. to Computer Science	Comp. Sci.	4
CS-190	Game Design	Comp. Sci.	4
CS-315	Robotics	Comp. Sci.	3
CS-319	Image Processing	Comp. Sci.	3
CS-347	Database System Concepts	Comp. Sci.	3
EE-181	Intro. to Digital Systems	Elec. Eng.	3
FIN-201	Investment Banking	Finance	3
HIS-351	World History	History	3
MU-199	Music Video Production	Music	3
PHY-101	Physical Principles	Physics	4

course_id	prereq_id
BIO-301	BIO-101
BIO-399	BIO-101
CS-190	CS-101
CS-315	CS-101
CS-319	CS-101
CS-347	CS-101
EE-181	PHY-101

Περιορισμοί ακεραιότητας



Οι **περιορισμοί ακεραιότητας** (integrity constraints) εξασφαλίζουν πως οι αλλαγές στη ΒΔ δεν θα οδηγήσουν σε απώλεια της **συνέπειας των δεδομένων** (data consistency).

- **Περιορισμοί πεδίου τιμών** (domain constraints): οι τιμές που εισάγονται στη ΒΔ ελέγχονται για να διασφαλιστούν οι περιορισμοί πεδίου.
- **Ακεραιότητα οντότητας** (entity integrity): εξασφαλίζει ότι θα μπορεί πάντα να γίνει ταυτοποίηση μιας πλειάδας.
- **Αναφορική ακεραιότητα** (referential integrity): εξασφαλίζει ότι μια τιμή χαρακτηριστικού που αναφέρεται σε άλλο χαρακτηριστικό θα είναι πάντα έγκυρη.

course_id	title	dept_name	credits
BIO-101	Intro. to Biology	Biology	4
BIO-301	Genetics	Biology	4
BIO-399	Computational Biology	Biology	3
CS-101	Intro. to Computer Science	Comp. Sci.	4
CS-190	Game Design	Comp. Sci.	4
CS-315	Robotics	Comp. Sci.	3
CS-319	Image Processing	Comp. Sci.	3
CS-347	Database System Concepts	Comp. Sci.	3
EE-181	Intro. to Digital Systems	Elec. Eng.	3
FIN-201	Investment Banking	Finance	3
HIS-351	World History	History	3
MU-199	Music Video Production	Music	3
PHY-101	Physical Principles	Physics	4

Ακεραιότητα οντότητας



- Το **πρωτεύον κλειδί** (primary key) PK μιας σχέσης R δεν μπορεί να έχει κενές (null) ή επαναλαμβανόμενες τιμές στις πλειάδες t ενός στιγμιούπου r(R) της σχέσης R.

Δηλαδή:

$t[PK] \neq \text{NULL}$, για οποιαδήποτε t στο r(R)

$t_1[PK] \neq t_2[PK]$, για οποιεσδήποτε t_1, t_2 στο r(R)

- Παράδειγμα: το χαρακτηριστικό course_id είναι το πρωτεύον κλειδί της σχέσης Course

- Άσκηση: ποιοι έλεγχοι πρέπει να γίνονται κατά την εισαγωγή / διαγραφή / τροποποίηση μιας εγγραφής όσον αφορά στην ακεραιότητα οντότητας;

course_id	title	dept_name	credits
BIO-101	Intro. to Biology	Biology	4
BIO-301	Genetics	Biology	4
BIO-399	Computational Biology	Biology	3
CS-101	Intro. to Computer Science	Comp. Sci.	4
CS-190	Game Design	Comp. Sci.	4
CS-315	Robotics	Comp. Sci.	3
CS-319	Image Processing	Comp. Sci.	3
CS-347	Database System Concepts	Comp. Sci.	3
EE-181	Intro. to Digital Systems	Elec. Eng.	3
FIN-201	Investment Banking	Finance	3
HIS-351	World History	History	3
MU-199	Music Video Production	Music	3
PHY-101	Physical Principles	Physics	4

– Γιάννης Θεοδωρίδης

Αναφορική ακεραιότητα (1/4)



- Έστω R και S δύο σχέσεις της ΒΔ, με PK_R το πρωτεύον κλειδί της R. Το σύνολο χαρακτηριστικών α_s της S είναι **ξένο κλειδί** (foreign key) που **αναφέρεται** στην R, αν για τις πλειάδες t_R και t_S των R και S, αντίστοιχα, ισχύει:
$$\forall t_S \text{ στην } S \exists t_R \text{ στην } R : t_R[\text{PK}_R] = t_S[\alpha_s]$$

course_id	prereq_id
BIO-301	BIO-101
BIO-399	BIO-101
CS-190	CS-101
CS-315	CS-101
CS-319	CS-101
CS-347	CS-101
EE-181	PHY-101

- Παράδειγμα:**
τα 2 χαρακτηριστικά της σχέσης Prereq είναι ξένα κλειδιά που αναφέρονται (και τα 2) στη σχέση Course

course_id	title	dept_name	credits
BIO-101	Intro. to Biology	Biology	4
BIO-301	Genetics	Biology	4
BIO-399	Computational Biology	Biology	3
CS-101	Intro. to Computer Science	Comp. Sci.	4
CS-190	Game Design	Comp. Sci.	4
CS-315	Robotics	Comp. Sci.	3
CS-319	Image Processing	Comp. Sci.	3
CS-347	Database System Concepts	Comp. Sci.	3
EE-181	Intro. to Digital Systems	Elec. Eng.	3
FIN-201	Investment Banking	Finance	3
HIS-351	World History	History	3
MU-199	Music Video Production	Music	3
PHY-101	Physical Principles	Physics	4

– Γιάννης Θεοδωρίδης

Αναφορική ακεραιότητα (2/4)



Έλεγχος αναφορικής ακεραιότητας κατά την τροποποίηση της ΒΔ (1/3): **Εισαγωγή πλειάδας**.

Αν μία πλειάδα t_S εισαχθεί στην S , το σύστημα πρέπει να εξασφαλίσει ότι υπάρχει μία πλειάδα t_R στην R τέτοια ώστε $t_R[PK_R] = t_S[\alpha_s]$.

course_id	prereq_id
BIO-301	BIO-101
BIO-399	BIO-101
CS-190	CS-101
CS-315	CS-101
CS-319	CS-101
CS-347	CS-101
EE-181	PHY-101

course_id	title	dept_name	credits
BIO-101	Intro. to Biology	Biology	4
BIO-301	Genetics	Biology	4
BIO-399	Computational Biology	Biology	3
CS-101	Intro. to Computer Science	Comp. Sci.	4
CS-190	Game Design	Comp. Sci.	4
CS-315	Robotics	Comp. Sci.	3
CS-319	Image Processing	Comp. Sci.	3
CS-347	Database System Concepts	Comp. Sci.	3
EE-181	Intro. to Digital Systems	Elec. Eng.	3
FIN-201	Investment Banking	Finance	3
HIS-351	World History	History	3
MU-199	Music Video Production	Music	3
PHY-101	Physical Principles	Physics	4

Αναφορική ακεραιότητα (3/4)



Έλεγχος αναφορικής ακεραιότητας κατά την τροποποίηση της ΒΔ (2/3): **Διαγραφή πλειάδας**.

Αν μία πλειάδα t_R πρόκειται να διαγραφεί από την R , υπολογίζεται το σύνολο των πλειάδων t_S της S που αναφέρονται στην πλειάδα t_R . Αν το σύνολο είναι κενό, κανένα πρόβλημα.

Αν όχι:

- είτε απορρίπτεται η εντολή διαγραφής ως σφάλμα
- είτε διαγράφονται μαζί με την πλειάδα t_R και οι πλειάδες t_s

course_id	prereq_id
BIO-301	BIO-101
BIO-399	BIO-101
CS-190	CS-101
CS-315	CS-101
CS-319	CS-101
CS-347	CS-101
EE-181	PHY-101

course_id	title	dept_name	credits
BIO-101	Intro. to Biology	Biology	4
BIO-301	Genetics	Biology	4
BIO-399	Computational Biology	Biology	3
CS-101	Intro. to Computer Science	Comp. Sci.	4
CS-190	Game Design	Comp. Sci.	4
CS-315	Robotics	Comp. Sci.	3
CS-319	Image Processing	Comp. Sci.	3
CS-347	Database System Concepts	Comp. Sci.	3
EE-181	Intro. to Digital Systems	Elec. Eng.	3
FIN-201	Investment Banking	Finance	3
HIS-351	World History	History	3
MU-199	Music Video Production	Music	3
PHY-101	Physical Principles	Physics	4

Αναφορική ακεραιότητα (4/4)



Έλεγχος αναφορικής ακεραιότητας κατά την τροποποίηση της ΒΔ (3/3): **Ενημέρωση πλειάδας**.

- Αν ενημερωθεί μία πλειάδα t_S της S και η ενημέρωση αυτή αλλάξει την τιμή του ξένου κλειδιού a_s , τότε
→ ό,τι προβλέπεται για την Εισαγωγή (βλ. 1/3)
- Αν ενημερωθεί μία πλειάδα t_R της R και η ενημέρωση αλλάξει την τιμή του πρωτεύοντος κλειδιού PK_R , τότε
→ ό,τι προβλέπεται για τη Διαγραφή

course_id	prereq_id
BIO-301	BIO-101
BIO-399	BIO-101
CS-190	CS-101
CS-315	CS-101
CS-319	CS-101
CS-347	CS-101
EE-181	PHY-101

course_id	title	dept_name	credits
BIO-101	Intro. to Biology	Biology	4
BIO-301	Genetics	Biology	4
BIO-399	Computational Biology	Biology	3
CS-101	Intro. to Computer Science	Comp. Sci.	4
CS-190	Game Design	Comp. Sci.	4
CS-315	Robotics	Comp. Sci.	3
CS-319	Image Processing	Comp. Sci.	3
CS-347	Database System Concepts	Comp. Sci.	3
EE-181	Intro. to Digital Systems	Elec. Eng.	3
FIN-201	Investment Banking	Finance	3
HIS-351	World History	History	3
MU-199	Music Video Production	Music	3
PHY-101	Physical Principles	Physics	4

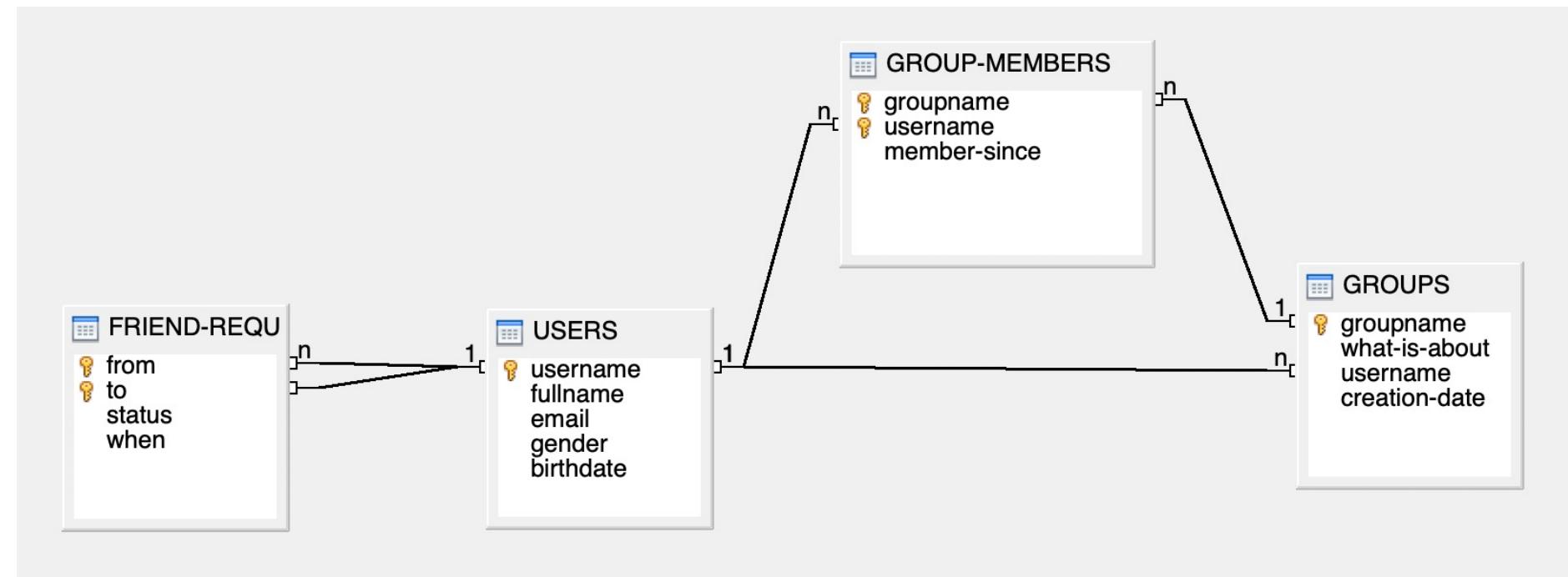
Επαναληπτική άσκηση



Έστω η ΒΔ ενός απλοϊκού κοινωνικού δικτύου (τύπου FB) με 4 πίνακες:

- USERS (οι χρήστες του δικτύου)
- FRIEND-REQUESTS (τα αιτήματα φιλίας μεταξύ των χρηστών)
- GROUPS (οι ομάδες χρηστών) & GROUP-MEMBERS (τα μέλη των ομάδων)

1. Ποιο είναι το πρωτεύον κλειδί κάθε πίνακα;
2. Ποια ξένα κλειδιά υπάρχουν στους πίνακες;



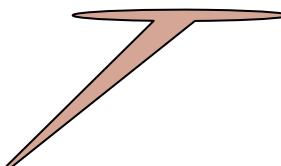


2.2. Σχεσιακή Άλγεβρα

Γλώσσες Ερωτημάτων



- Μια **γλώσσα ερωτημάτων (query language)** είναι μια γλώσσα με την οποία ο χρήστης ζητά πληροφορίες από τη βάση δεδομένων.
- Κατηγορίες γλωσσών ερωτημάτων
 - διαδικαστικές vs. μη-διαδικαστικές
 - Παράδειγμα διαδικαστικής γλώσσας: Σχεσιακή Άλγεβρα (Relational Algebra)
 - Παράδειγμα μη-διαδικαστικής γλώσσας: SQL
- Σχεσιακή Άλγεβρα: áλγεβρα πάνω στις Σχέσεις μιας ΒΔ



Άλγεβρα συνόλων ονομάζουμε μια μη-κενή συλλογή **υποσυνόλων** ενός συνόλου που είναι **κλειστή** ως προς πεπερασμένες το πλήθος επαναλήψεις των **συνολοθεωρητικών πράξεων** (πηγή: wikipedia.org)

Σχεσιακή Άλγεβρα



- Διαδικαστική γλώσσα
- **Τελεστές (πράξεις)** - Οι τελεστές λαμβάνουν ως εισόδους μία ή δύο σχέσεις και δίνουν ως έξοδο μια νέα σχέση (το αποτέλεσμα του τελεστή)
 - **Επιλογή (select)** πλειάδων μιας σχέσης
 - **Προβολή (project)** χαρακτηριστικών μιας σχέσης
 - **Συνάθροιση (aggregation)** πάνω στις πλειάδες μιας σχέσης
 - **Καρτεσιανό γινόμενο (Cartesian product)** μεταξύ 2 σχέσεων
 - **Σύνδεση (join)** μεταξύ 2 σχέσεων και παραλλαγές της (**Φυσική σύνδεση, ημι-σύνδεση, εξωτερική σύνδεση**)
 - **Ένωση / Τομή / Διαφορά / Διαίρεση (set union / set intersection / set difference / division)** μεταξύ 2 σχέσεων
 - Κ.α.

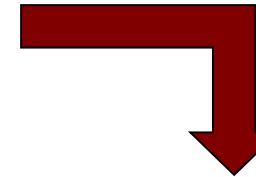
Επιλογή πλειάδων (επιλογή, σ)



- Επιλογή πλειάδων μιας σχέσης r που ικανοποιούν μια λογική συνθήκη θ
- Συμβολισμός: $\sigma_{\theta}(r)$

- Παράδειγμα: $\sigma_{B = "x" \text{ and } D > 5}(r)$

	A	B	C	D
A				
α	x	1	7	
β	y	5	3	
δ	z	1	7	



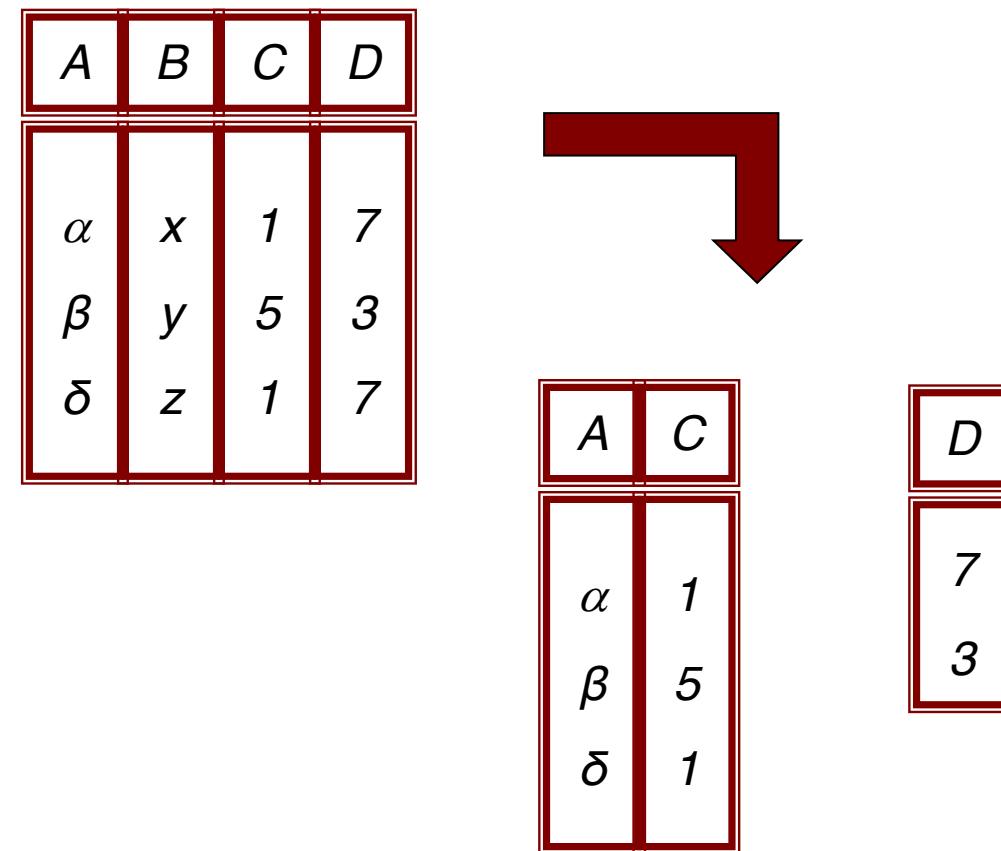
	A	B	C	D
A				
α	x	1	7	



Προβολή χαρακτηριστικών (προβολή, π)

- Προβολή (κάποιων) χαρακτηριστικών L μιας σχέσης r
- Συμβολισμός: $\pi_L(r)$

- Παράδειγμα: $\pi_{A, C}(r)$
- Προσοχή: το αποτέλεσμα δεν περιλαμβάνει διπλότυπα
- Παράδειγμα: $\pi_D(r)$

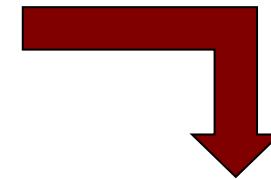


Μετονομασία (Rename, ρ)



- Επιτρέπει να δίνουμε ονόματα, και άρα να αναφερόμαστε, στα αποτελέσματα των εκφράσεων σχεσιακής άλγεβρας
- Συμβολισμός: $\rho_x(A_1, A_2, \dots, A_n)(E)$
... επιστρέφει το αποτέλεσμα της E με το όνομα X και με τα χαρακτηριστικά μετονομασμένα σε A_1, A_2, \dots, A_n
- Παράδειγμα: $\rho_{r1(A_1, A_2)}(\pi_{A, C}(\sigma_{D < 5}(r)))$
- Παραλλαγή : $\rho_x(E)$
... δηλαδή, χωρίς μετονομασία χαρακτηριστικών

A	B	C	D
α	x	1	7
β	y	5	3
δ	z	1	7



$A1$	$A2$
β	5

Εκχώρηση (Assignment, \leftarrow)

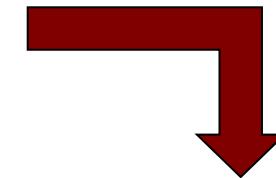


- Η εκχώρηση (\leftarrow) παρέχει ένα πρακτικό τρόπο να εκφράσουμε σύνθετα ερωτήματα
 - ένα σύνθετο ερώτημα είναι μια σειρά εκχωρήσεων και εκφράσεων
 - εκχωρήσεις γίνονται μόνο σε ονόματα “προσωρινών σχέσεων” (μεταβλητών)
- Παράδειγμα: η έκφραση $\pi_{A, C}(\sigma_{D < 5}(r))$ μπορεί να γραφεί σε 2 βήματα ως:

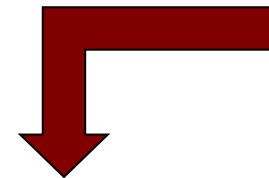
$temp \leftarrow \sigma_{D < 5}(r)$

$result \leftarrow \pi_{A, C}(temp)$

A	B	C	D
α	x	1	7
β	y	5	3
δ	z	1	7



A	B	C	D
β	y	5	3



A	C
β	5

Συνάθροιση (Aggregation, g)



- Μια **συνάρτηση συνάθροισης** (aggregate function) λαμβάνει ως είσοδο μια συλλογή τιμών και επιστρέφει ως αποτέλεσμα μια μοναδική τιμή.
- Παραδείγματα:
 - **avg** (μέση τιμή), **sum** (άθροισμα τιμών), για αριθμητικούς τύπους χαρακτηριστικών, ημερομηνίες κλπ.
 - **min** (ελάχιστη τιμή), **max** (μέγιστη τιμή), **count** (πλήθος διακριτών τιμών), για οποιοδήποτε τύπο χαρακτηριστικών
- Μια **λειτουργία συνάθροισης** (aggregate operation) στη ΣΑ δηλώνεται με 2 εναλλακτικούς τρόπους: με / χωρίς σχηματισμό επιμέρους ομάδων πλειάδων

Σχέση r

	A	B	C	D
A	α	x	1	7
B	β	y	5	3
C	γ	y	12	null
D	δ	z	1	7

Συνάθροιση (Aggregation, g)



- 1^η παραλλαγή:

$g F_1(A_1), F_2(A_2), \dots, F_n(A_n) (r)$

όπου

- F_i συναρτήσεις συνάθροισης
- A_i ονόματα χαρακτηριστικών

- 2^η παραλλαγή:

$G_1, G_2, \dots, G_m g F_1(A_1), F_2(A_2), \dots, F_n(A_n) (r)$

όπου G_i λίστα χαρακτηριστικών πάνω στα οποία θα κάνουμε ομαδοποιήσεις

$g \text{ count}(C), \text{ sum}(C) (r)$

count-C	sum-C
3	19

Σχέση r

A	B	C	D
α	x	1	7
β	y	5	3
γ	y	12	null
δ	z	1	7

$\in g \text{ count}(C), \text{ count}(D) (r)$

B	count-C	count-D
x	1	1
y	2	1
z	1	1



Καρτεσιανό γινόμενο 2 σχέσεων (X)

- Σχέσεις r, s:

A	B	C	D	E	F
α	x	1	7		
β	y	5	3		
δ	z	1	7		

- r X s:

A	B	C	D	E	F
a	x	1	7	x	1
a	x	1	7	z	2
β	y	5	3	x	1
β	y	5	3	z	2
δ	z	1	7	x	1
δ	z	1	7	z	2

Σύνδεση 2 σχέσεων (join, \bowtie)



- Έστω 2 σχέσεις r και s .
- Η (**εσωτερική**) **σύνδεση $r \bowtie_\theta s$** (ή **θ-σύνδεση**) είναι μια νέα σχέση,
 - υποσύνολο της σχέσης $r \times s$, όπου:
 - για κάθε ζεύγος πλειάδων $(t_r, t_s) \in r \times s$, αν οι 2 πλειάδες t_r και t_s ικανοποιούν τη συνθήκη θ , τότε στο αποτέλεσμα προκύπτει μια πλειάδα $t : t_r | t_s$, η οποία αποτελεί τη 'συγκόλληση' (concatenation) των πλειάδων t_r και t_s
- Ορισμός:
 - $r \bowtie_\theta s = \sigma_\theta(r \times s)$

Σχέσεις r, s :

A	B	C	D
α	x	1	7
β	y	5	3
δ	z	1	7

E	F
x	5
z	2

Σχέση $r \bowtie_{C=F} s$:

A	B	C	D	E	F
β	y	5	3	x	5

Παραλλαγή: φυσική σύνδεση



- Όταν η συνθήκη θ είναι ισότητα πάνω σε όλα τα κοινά χαρακτηριστικά (δηλ. της τομής $R \cap S$) τότε μιλάμε για «**Φυσική σύνδεση (natural join)**»
 - και δεν δηλώνουμε τη συνθήκη θ στον συμβολισμό
 - Στο αποτέλεσμα δεν υπάρχουν τα κοινά χαρακτηριστικά δύο φορές αλλά μόνο μία.

Σχέσεις r, s :

A	B	C	D
α	x	1	7
β	y	5	3
δ	z	1	7

B	F
x	5
z	2

Σχέση $r \bowtie s$:

A	B	C	D	F
a	x	1	7	5
δ	z	1	7	2

Παραλλαγή: ημι-σύνδεση (α)



- Η **ημι-σύνδεση (semi-join)** αποτελεί παραλλαγή της θ-σύνδεσης στην περίπτωση που μας ενδιαφέρει η πληροφορία μιας μόνο σχέσης
- Ισοδυναμεί με μια σύνδεση ακολουθούμενη από μια προβολή:

$$r \alpha_{\theta} s = \Pi_L(r \bowtie_{\theta} s)$$

όπου L τα χαρακτηριστικά της r

Σχέσεις r, s :

A	B	C	D
α	x	1	7
β	y	5	3
δ	z	1	7

E	F
x	5
z	2

Σχέση $r \alpha_{C=F} s$:

A	B	C	D
β	y	5	3

Παραλλαγή: εξωτερική σύνδεση (\bowtie)



- Η **εξωτερική σύνδεση (outer join)** έχει στόχο την όσο το δυνατό μεγαλύτερη διατήρηση πληροφορίας
 - 3 εκδοχές: αριστερή / δεξιά / αμφίπλευρη εξωτερική σύνδεση (left / right / full outer join)
- Εμφανίζει τόσο τα ταιριαστά όσο και τα μη ταιριαστά ζεύγη πλειάδων (τα τελευταία, με χρήση τιμών null)

Σχέση $r \bowtie s$:

A	B	C	D	F
a	x	1	7	5
β	y	5	3	null
δ	z	1	7	null

Σχέσεις r, s :

A	B	C	D
α	x	1	7
β	y	5	3
δ	z	1	7

B	F
x	5
w	2

Σχέση $r \bowtie s$:

A	B	C	D	F
a	x	1	7	5
null	w	null	null	2

Σχέση $r \bowtie s$:

A	B	C	D	F
a	x	1	7	5
β	y	5	3	null
δ	z	1	7	null
null	w	null	null	2

Ένωση, Τομή, Διαφορά 2 σχέσεων



- Σχέσεις r, s :

A	B	C	D
α	x	1	7
β	y	5	3

A	B	C	D
α	x	1	7
δ	z	1	7

- ένωση (union) $r \cup s$

A	B	C	D
α	x	1	7
β	y	5	3
δ	z	1	7

- τομή (intersection) $r \cap s$

A	B	C	D
α	x	1	7

- διαφορά (difference) $r - s$:

A	B	C	D
β	y	5	3

Διαίρεση (\div)



Σχέσεις r, s :

	A	B
α	1	
α	2	
α	3	
β	1	
γ	1	
δ	1	
δ	3	
δ	4	
ε	6	
ε	1	
β	2	

B
1
2

διαίρεση (division) $r \div s$:

A
α
β

- Η διαίρεση δύο σχέσεων είναι κατάλληλη για ερωτήσεις που περιλαμβάνουν τη φράση «για όλα»
 - π.χ. «βρες τις τιμές του $r.A$ που ταιριάζουν (μέσα στη σχέση r) με όλες τις τιμές του $s.B$ »
- Έστω r και s σχέσεις πάνω στα σχήματα R και S (πρέπει S υποσύνολο R). Το αποτέλεσμα της $r \div s$ είναι μια σχέση πάνω στο σχήμα $R - S$.
- Ορισμός:

$$r \div s = \{ t \mid t \in \prod_{R-S}(r) \wedge \forall u \in s (tu \in r) \}$$

Αλλαγές στο περιεχόμενο της ΒΔ (1/2)



- Το περιεχόμενο της ΒΔ μπορεί να αλλάξει με χρήση των ακόλουθων λειτουργιών:
Διαγραφή (tuple deletion), **Εισαγωγή** (tuple insertion), **Τροποποίηση πλειάδων** (tuple updating)
- Όλες αυτές οι λειτουργίες εκφράζονται με χρήση του τελεστή εκχώρησης:
 - **Διαγραφή πλειάδων** (αυτών που προκύπτουν από την έκφραση E):
$$r \leftarrow r - E$$
 - **Εισαγωγή πλειάδων** (αυτών που προκύπτουν από την έκφραση E):
$$r \leftarrow r \cup E$$
 - **Τροποποίηση πλειάδων** (με βάση τις αλλαγές που προκύπτουν από τις συναρτήσεις F_i):
$$r \leftarrow \prod_{F1, F2, \dots, Fn} (r)$$

Αλλαγές στο περιεχόμενο της ΒΔ (2/2)



Σχέση r :

A	B	C	D
α	x	1	7
β	y	5	3

- **Διαγραφή πλειάδων:**

$$r \leftarrow r - \sigma_{D > 5}(r)$$

A	B	C	D
α	x	1	7
β	y	5	3

- **Εισαγωγή πλειάδων:**

$$r \leftarrow r \cup \{(\delta, z, 1, 7)\}$$

A	B	C	D
α	x	1	7
β	y	5	3
δ	z	1	7

- **Τροποποίηση πλειάδων:**

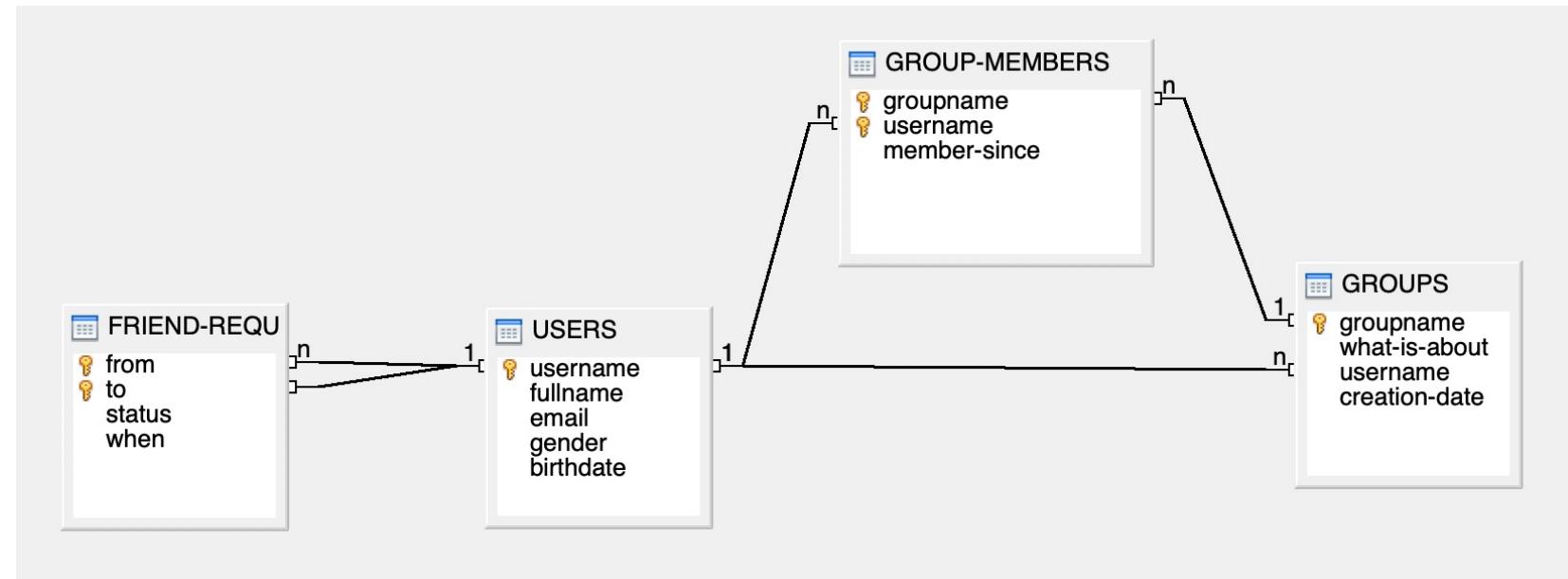
$$r \leftarrow \prod_{A, B, C, 2^*D}(r)$$

A	B	C	D
α	x	1	14
β	y	5	6

Επαναληπτική άσκηση (1/2)



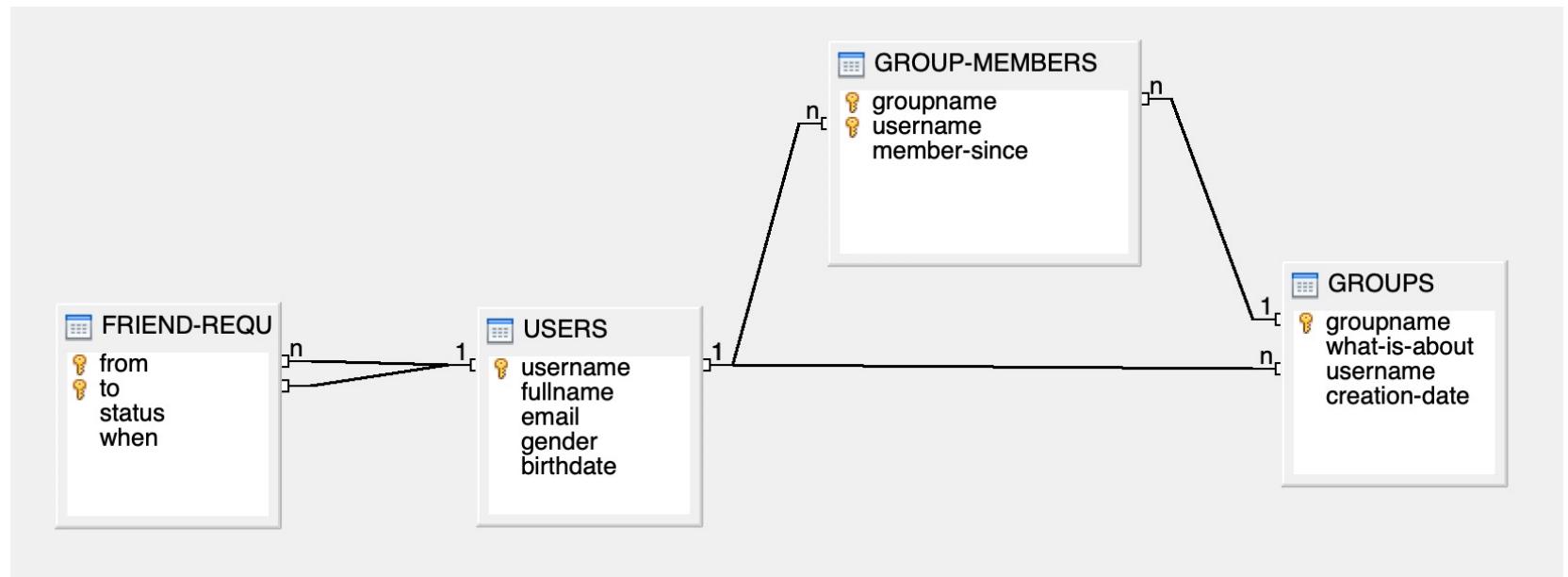
1. τα μέλη της ομάδας ‘unipi’ (αποτέλεσμα: username, member-since)
2. οι ομάδες και ονόματα των δημιουργών τους (αποτέλεσμα: groupname, username, email)
3. οι ομάδες στις οποίες συμμετέχει ο χρήστης με πραγματικό όνομα ‘Yannis Theodoridis’ (αποτέλεσμα: groupname)
4. η ομάδα με τα περισσότερα μέλη (αποτέλεσμα: groupname, nr-of-members)
5. οι επιβεβαιωμένοι (δηλ. status = ‘Yes’), φίλοι του χρήστη ‘ytheod’ (αποτέλεσμα: username)
6. οι φίλοι του χρήστη ‘ytheod’ (βλ. #5), οι οποίοι είναι μέλη σε όλες τις ομάδες που αυτός έχει δημιουργήσει (αποτέλεσμα: username)



Επαναληπτική άσκηση (2/2)



7. έγκριση του αιτήματος φιλίας του χρήστη 'ytheod' στον χρήστη 'kostas' (δηλ. αλλαγή του status του αιτήματος σε 'Yes')
8. δημιουργία νέας ομάδας με όνομα 'databases' από τον χρήστη 'ytheod' (προσοχή: όταν ένας χρήστης δημιουργεί μια ομάδα, αυτόματα καταχωρείται και ως μέλος της).
9. διαγραφή από τη ΒΔ του χρήστη 'ytheod' μαζί με όλες τις σχετικές πληροφορίες που τον αφορούν (σχέσεις φιλίας που έχει με άλλους χρήστες, ομάδες που έχει δημιουργήσει, συμμετοχή του ως μέλος σε ομάδες)





Τέλος Ενότητας 2