



# Σχεσιακή Άλγεβρα

## Εισαγωγή



Στα προηγούμενα μαθήματα:

- Εννοιολογικός Σχεδιασμός Βάσεων Δεδομένων (με χρήση του Μοντέλου Οντοτήτων/Συσχετίσεων)
- Λογικός Σχεδιασμός Βάσεων Δεδομένων (με χρήση του Σχεσιακού Μοντέλου)
- Αντιστοιχία (μετατροπή) ανάμεσα στα μοντέλα

*Είναι ο σχεδιασμός μας καλός; Αυτό το θέμα θα το δούμε πάλι σε επόμενα μαθήματα, με βάση τη θεωρία των Κανονικών Μορφών.*

- **Υλοποίηση:** Πως θα ορίσουμε το σχήμα σε ένα ΣΔΒΔ και πως θα δημιουργήσουμε και τροποποιήσουμε ένα στιγμιότυπο



## Τι χρειαζόμαστε: (Η Γενική Εικόνα)

Μια γλώσσα ορισμού δεδομένων ΓΟΔ (για τον ορισμό των σχημάτων)

ένας μεταφραστής της ΓΟΔ επεξεργάζεται τις εντολές της ΓΟΔ, αναγνωρίζει τις περιγραφές των δομικών στοιχείων του σχήματος και αποθηκεύει την περιγραφή του σχήματος στον κατάλογο του ΣΔΒΔ

Την είδαμε

Μια γλώσσα χειρισμού δεδομένων ΓΧΔ

- γλώσσα ενημέρωσης **Την είδαμε**
- γλώσσα ερωτήσεων (επερωτήσεων) (Query Language)

## Γλώσσες Ερωτήσεων: Εισαγωγή



Υπενθύμιση

Σχήμα Βάσης Δεδομένων - Στιγμιότυπο

Κάθε σχέση (στιγμιότυπο) είναι ένα **σύνολο** από πλειάδες

(Πίνακας:

Γραμμές: πλειάδες

Στήλες: Γνωρίσματα)

## Γλώσσες Ερωτήσεων: Εισαγωγή



**Γλώσσες Ερωτήσεων (Query Languages):** Επιτρέπουν τον χειρισμό και την εύρεση πληροφορίας από μια βάση δεδομένων

Με τη διατύπωση **ερωτήσεων** στον τρέχων στιγμιότυπο της βάσης δεδομένων (*querying*)

Το *σχεσιακό μοντέλο* υποστηρίζει απλές και ισχυρές γλώσσες ερωτήσεων (σε αντίθεση με το μοντέλο Ο/Σ)

## Γλώσσες Ερωτήσεων: Εισαγωγή



Δύο **μαθηματικές γλώσσες ερωτήσεων** αποτελούν τη βάση για τις πραγματικές γλώσσες ερωτήσεων (π.χ., SQL) και για την υλοποίησή τους

- **Σχεσιακή Άλγεβρα:** Λειτουργική “operational” (**database byte-code!**): αποτελείται από ένα σύνολο τελεστών και περιγράφει τα βήματα για τον υπολογισμό του αποτελέσματος
- **Σχεσιακός Λογισμός** (calculus): Επιτρέπει στους χρήστες να περιγράψουν τι θέλουν αλλά όχι πώς να το υπολογίσουν

Αυτές οι τυπικές γλώσσες επηρέασαν τις εμπορικές γλώσσες (SQL, QBE) που θα δούμε στα επόμενα μαθήματα



Γλώσσες Ερωτήσεων != Γλώσσες Προγραμματισμού!

- ✓ Δεν αναμένεται να είναι "Turing complete".
- ✓ Δεν αναμένεται να χρησιμοποιηθούν για "δύσκολους υπολογισμούς".
- ✓ Υποστηρίζουν εύκολη και αποδοτική προσπέλαση σε μεγάλα σύνολα δεδομένων.



**Σχεσιακή άλγεβρα:** έναν απλό τρόπο δημιουργίας νέων σχέσεων από υπάρχουσες.

Ένα σύνολο από **πράξεις** που όταν εφαρμοστούν σε **σχέσεις** (πίνακες) μας δίνουν **νέες σχέσεις**

Μια ερώτηση εφαρμόζεται σε ένα **στιγμιότυπο σχέσης** και το **αποτέλεσμα** της ερώτησης είναι πάλι ένα στιγμιότυπο σχέσης



Μια ερώτηση εφαρμόζεται σε ένα **στιγμιότυπο σχέσης** και το αποτέλεσμα της ερώτησης είναι πάλι ένα στιγμιότυπο σχέσης

Το σχήμα της σχέσης εισόδου είναι ορισμένο

Το σχήμα του αποτελέσματος είναι επίσης ορισμένο



Οι πράξεις τις σχεσιακής άλγεβρας:

1. Πράξεις που αφαιρούν κομμάτια από μια σχέση είτε *επιλέγοντας γραμμές* ( $\sigma$ ) είτε *προβάλλοντας στήλες* ( $\pi$ )
2. Οι συνηθισμένες πράξεις συνόλου: ένωση, τομή, διαφορά
3. Πράξεις που συνδυάζουν πλειάδες από δύο σχέσεις
4. Μετονομασία γνωρισμάτων



## Η πράξη της επιλογής (select)

Επιλογή ενός υποσυνόλου των πλειάδων μιας σχέσης που ικανοποιεί μια συνθήκη επιλογής

$\sigma_{\langle \text{συνθήκη επιλογής} \rangle} (\langle \text{όνομα σχέσης} \rangle)$



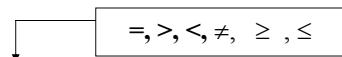
Επιλογή ενός υποσυνόλου των πλειάδων μιας σχέσης που ικανοποιεί μια συνθήκη επιλογής

$\sigma_{\langle \text{συνθήκη επιλογής} \rangle} (\langle \text{όνομα σχέσης} \rangle)$

**συνθήκη**

**προτάσεις της μορφής**

$\langle \text{όνομα γνωρίσματος} \rangle$

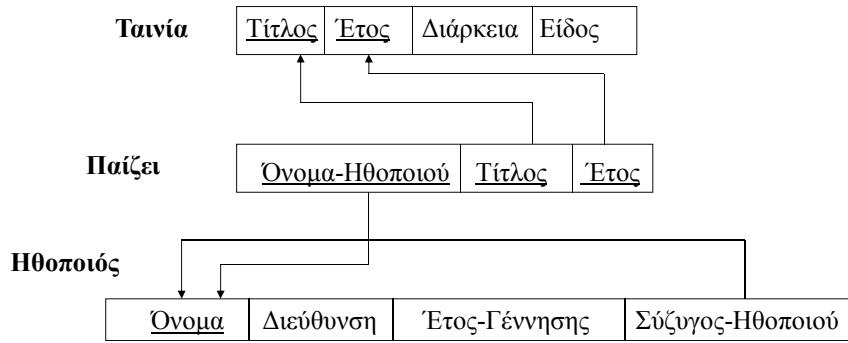


$\langle \text{τελεστής σύγκρισης} \rangle$

$\langle \text{όνομα γνωρίσματος} \rangle$  ή  $\langle \text{σταθερή τιμή από το πεδίο ορισμού του γνωρίσματος} \rangle$

συνδυασμένες με AND, OR, NOT

Παράδειγμα (ταινίες)



Βάσεις Δεδομένων 2012-2013

Ευαγγελία Πιτουρά

13

Παράδειγμα (ταινίες)



Παραδείγματα

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

1. Ταινίες με διάρκεια μεγαλύτερη των 100 λεπτών)

$\sigma$  διάρκεια > 100 (Ταινία)

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

Βάσεις Δεδομένων 2012-2013

Ευαγγελία Πιτουρά

14

### Παράδειγμα (ταινίες)



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

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

$\sigma$  διάρκεια > 100 AND χρόνος > 1995 (Ταινία)

τίτλος	χρόνος	διάρκεια	είδος
Star Wars	1997	124	έγχρωμη

### Η Πράξη της Επιλογής



- Η συνθήκη επιλογής εφαρμόζεται ανεξάρτητα σε κάθε πλειάδα
- Ο τελεστής είναι μοναδιαίος
- Ο βαθμός της σχέσης που προκύπτει ίδιος με τον βαθμό της αρχικής σχέσης
- Πλήθος πλειάδων μικρότερο ή ίσο με την αρχική σχέση: ποσοστό που επιλέγονται - επιλεκτικότητα (*selectivity*)





## Ιδιότητες

- *αντιμεταθετική*

$$\sigma_{\langle \text{συν}\theta_1 \rangle} (\sigma_{\langle \text{συν}\theta_2 \rangle} (R)) = \sigma_{\langle \text{συν}\theta_2 \rangle} (\sigma_{\langle \text{συν}\theta_1 \rangle} (R))$$

- $\sigma_{\langle \text{συν}\theta_1 \rangle} (\sigma_{\langle \text{συν}\theta_2 \rangle} (\dots \sigma_{\langle \text{συν}\theta_n \rangle} (R) \dots)) =$

$$\sigma_{\langle \text{συν}\theta_1 \rangle \text{ AND } \langle \text{συν}\theta_2 \rangle \dots \text{ AND } \langle \text{συν}\theta_n \rangle} (R)$$



## Η πράξη της προβολής (project)

Επιλογή συγκεκριμένων στηλών (γνωρισμάτων)

$$\pi_{\langle \text{λίστα γνωρισμάτων} \rangle} (\langle \text{όνομα σχέσης} \rangle)$$



Παραδείγματα

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



1. Τίτλος, χρόνος, διάρκεια των ταινιών

$\pi$  τίτλος, χρόνος, διάρκεια (Ταινία)

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



## 2. Είδος ταινιών

π είδος (Ταινία)

είδος

έγχρωμη

Προσοχή: απαλοιφή διπλότιμων

Γιατί;

Με βάση τον ορισμό το αποτέλεσμα είναι σχέση (δηλαδή, **σύνολο** πλειάδων)



- Τα γνωρίσματα έχουν την ίδια διάταξη
- Ο τελεστής είναι μοναδιαίος
- Ο **βαθμός** της σχέσης είναι ίσος με τον αριθμό γνωρισμάτων στη <λίστα γνωρισμάτων>
- **Πλήθος πλειάδων** μικρότερο ή ίσο (**πότε;**) με την αρχική σχέση



## Ιδιότητες

- αντιμεταθετική;
- $\pi_{\langle \text{λίστα1} \rangle} (\pi_{\langle \text{λίστα2} \rangle} (R)) = ?$



### **Παράδειγμα**

Διάρκειες μεγαλύτερες των 100 λεπτών

$\pi_{\text{διάρκεια}} (\sigma_{\text{διάρκεια} > 100} (\text{Ταινία}))$

<u>διάρκεια</u>
124
104



## Πράξεις συνόλου

- Ένωση ( $\cup$ )
- Τομή ( $\cap$ )
- Διαφορά ( $-$ )

### Συμβατότητα ως προς την ένωση

Δύο σχέσεις  $R(A_1, A_2, \dots, A_n)$  και  $S(B_1, B_2, \dots, B_n)$  είναι συμβατές ως προς την ένωση όταν

1. Έχουν τον ίδιο βαθμό  $n$
2.  $\forall i, \text{dom}(A_i) = \text{dom}(B_i)$



- Σύμβαση: η προκύπτουσα σχέση έχει τα ίδια ονόματα γνωρισμάτων με την πρώτη σχέση
- Απαλοιφή διπλότιμων



	<u>A</u> <u>B</u>	Παράδειγμα			
<b>R</b>	1 2	$\sigma_{A>B}(R)$ $\pi_A(R)$			
	1 4				
	2 1				
	6 5	$R \cup S$	$R \cap S$	$R - S$	$S - R$
	<u>B</u> <u>C</u>				
<b>S</b>	2 3				
	2 5				
	1 4				



ΠΙΤΣΑ(ΟΝΟΜΑ, ΣΥΣΤΑΤΙΚΟ)  
 ΑΡΕΣΕΙ(ΦΟΙΤΗΤΗΣ, ΣΥΣΤΑΤΙΚΟ)  
 ΣΕΡΒΙΡΕΙ(ΜΑΓΑΖΙ, ΟΝΟΜΑ-ΠΙΤΣΑΣ)



## Παράδειγμα (πίτσες)



ΠΙΤΣΑ(ΟΝΟΜΑ, ΣΥΣΤΑΤΙΚΟ)

ΑΡΕΣΕΙ(ΦΟΙΤΗΤΗΣ, ΣΥΣΤΑΤΙΚΟ)

ΣΕΡΒΙΡΕΙ(ΜΑΓΑΖΙ, ΟΝΟΜΑ-ΠΙΤΣΑΣ)

1. Τα συστατικά της πίτσας Σπέσιαλ
2. Το συστατικό που αρέσει τουλάχιστον σε ένα φοιτητή

## Σχεσιακή Άλγεβρα



Οι πράξεις τις σχεσιακής άλγεβρας:

- ✓ 1. Πράξεις που αφαιρούν κομμάτια από μια σχέση είτε επιλέγοντας γραμμές είτε προβάλλοντας στήλες
- ✓ 2. Οι συνηθισμένες πράξεις συνόλου - ένωση, τομή, διαφορά
3. Πράξεις που συνδυάζουν πλειάδες από δύο σχέσεις
4. Μετονομασία γνωρισμάτων





## Μετονομασία

όνομα στην ενδιάμεση σχέση

**R ←**

*Παράδειγμα*

ΜΕΓΑΛΗΣ\_ΔΙΑΡΚΕΙΑΣ ← σ διάρκεια > 100 (Ταινία)



▪ μετονομασία γνωρισμάτων

**R(λίστα-με-νέα-ονόματα) ←**

*Παράδειγμα*

ΜΕΓΑΛΗΣ\_ΔΙΑΡΚΕΙΑΣ (όνομα ταινίας, έτος παραγωγής, διάρκεια, είδος) ← σ διάρκεια > 100 (Ταινία)

όνομα ταινίας	έτος παραγωγής	διάρκεια	είδος
Star Wars	1997	124	έγχρωμη
Mighty Ducks	1991	104	έγχρωμη



## Καρτεσιανό Γινόμενο

(ή χιαστί γινόμενο (cross product) ή χιαστί συνένωση (cross join))

$$R(A_1, A_2, \dots, A_n) \times S(B_1, B_2, \dots, B_m)$$

αποτέλεσμα η σχέση Q:  $Q(A_1, A_2, \dots, A_n, B_1, B_2, \dots, B_m)$

- $n + m$  γνωρίσματα
- $n_R * n_S$  πλειάδες



		<b>R x S</b>							
<b>R</b>	<b>S</b>								
A	B	B'	C	D	A	B	B'	C	D
1	2	2	5	6	1	2	2	5	6
3	4	4	7	8	1	2	4	7	8
		9	10	11	1	2	9	10	11
					3	4	2	5	6
					3	4	4	7	8
					3	4	9	10	11

## Παράδειγμα (πίτσες)



ΠΙΤΣΑ(ΟΝΟΜΑ, ΣΥΣΤΑΤΙΚΟ)

ΑΡΕΣΕΙ(ΦΟΙΤΗΤΗΣ, ΣΥΣΤΑΤΙΚΟ)

ΣΕΡΒΙΡΕΙ(ΜΑΓΑΖΙ, ΟΝΟΜΑ-ΠΙΤΣΑΣ)

1. Ποιες πίτσες (όνομα) έχουν κάποιο συστατικό που αρέσει στο φοιτητή Δημήτρη

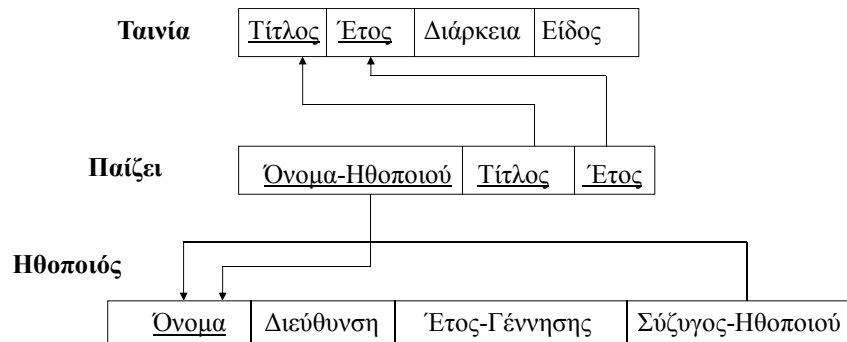
## Τις πίτσες που έχουν συστατικά που αρέσουν στον φοιτητή Δημήτρη



ΠΙΤΣΑ ΟΝΟΜΑ	ΣΥΣΤΑΤΙΚΟ	ΑΡΕΣΕΙ ΦΟΙΤΗΤΗΣ	ΣΥΣΤΑΤΙΚΟ
Vegetarian	μανιτάρι	Δημήτρης	μανιτάρι
Vegetarian	ελιά	Κώστας	ζαμπόν
Χαβάρη	ανανάς	Μαρία	ελιά
Χαβάρη	ζαμπόν	Κατερίνα	μανιτάρι
Σπέσιαλ	ζαμπόν	Μαρία	ζαμπόν
Σπέσιαλ	μπέικον	Δημήτρης	μπέικον
Σπέσιαλ	μανιτάρι	Μαρία	ανανάς
Ελληνική	ελιά		
ΟΝΟΜΑ	ΠΙΤΣΑ.ΣΥΣΤΑΤΙΚΟ	ΦΟΙΤΗΤΗΣ	ΑΡΕΣΕΙ.ΣΥΣΤΑΤΙΚΟ
Vegetarian	μανιτάρι	Δημήτρης	μανιτάρι
Vegetarian	ελιά	Δημήτρης	μπέικον
Vegetarian	ελιά	Δημήτρης	μανιτάρι
Χαβάρη	ανανάς	Δημήτρης	μπέικον
Χαβάρη	ανανάς	Δημήτρης	μπέικον
Χαβάρη	ζαμπόν	Δημήτρης	μανιτάρι
Χαβάρη	ζαμπόν	Δημήτρης	μπέικον
Σπέσιαλ	ζαμπόν	Δημήτρης	μανιτάρι
Σπέσιαλ	ζαμπόν	Δημήτρης	μπέικον
Σπέσιαλ	μπέικον	Δημήτρης	μανιτάρι
Σπέσιαλ	μπέικον	Δημήτρης	μπέικον
Σπέσιαλ	μανιτάρι	Δημήτρης	μανιτάρι
Ελληνική	ελιά	Δημήτρης	μπέικον
Ελληνική	ελιά	Δημήτρης	μπέικον



## Παράδειγμα (ταινίες)



## Παράδειγμα (ταινίες)

### Παράδειγμα

*Για κάθε ηθοποιό το όνομα και τον τίτλο-έτος για όλες τις έγχρωμες ταινίες στις οποίες παίζει*



## Παράδειγμα (ταινίες)

Τίτλος	Έτος	Διάρκεια	Είδος
Παραμύθι	1990	90	Έγχρωμη
Παραμύθι	1930	120	Ασπρόμαυρη
Φυγή	2000	98	Ασπρόμαυρη
Άνοιξη	1998	101	Έγχρωμη

**Ταινία**

Όνομα-Ηθοποιού	Τίτλος	Έτος
Αλίκη Πατπά	Παραμύθι	1930
Μαρία Γεωργίου	Παραμύθι	1990
Κώστας Χρήστου	Φυγή	2000
Μαρία Στεργίου	Άνοιξη	1998

**Παίξει**

Βάσεις Δεδομένων 2012-2013

Ευαγγελία Πιτουρά

41



## Παράδειγμα (ταινίες)

**Ταινία**

Ταινία, Τίτλος	Ταινία, Έτος	Διάρκεια	Είδος
Παραμύθι	1990	90	Έγχρωμη
Παραμύθι	1930	120	Ασπρόμαυρη
Φυγή	2000	98	Ασπρόμαυρη
Άνοιξη	1998	101	Έγχρωμη

**Παίξει**

Όνομα-Ηθοποιού	Παίξει, Τίτλος	Παίξει, Έτος
Αλίκη Πατπά	Παραμύθι	1930
Μαρία Γεωργίου	Παραμύθι	1990
Κώστας Χρήστου	Φυγή	2000
Μαρία Στεργίου	Άνοιξη	1998
Κατερίνα Αποστόλου	Φυγή	2000

Ταινία, Τίτλος	Ταινία, Έτος	Διάρκεια	Είδος	Όνομα-Ηθοποιού	Παίξει, Τίτλος	Παίξει, Έτος
Παραμύθι	1990	90	Έγχρωμη	Αλίκη Πατπά	Παραμύθι	1930
Παραμύθι	1990	90	Έγχρωμη	Μαρία Γεωργίου	Παραμύθι	1990
Παραμύθι	1990	90	Έγχρωμη	Κώστας Χρήστου	Φυγή	2000
Παραμύθι	1990	90	Έγχρωμη	Μαρία Στεργίου	Άνοιξη	1998
Παραμύθι	1990	90	Έγχρωμη	Κατερίνα Αποστόλου	Φυγή	2000
Παραμύθι	1930	120	Ασπρόμαυρη	Αλίκη Πατπά	Παραμύθι	1930
Παραμύθι	1990	120	Ασπρόμαυρη	Μαρία Γεωργίου	Παραμύθι	1990
Παραμύθι	1930	120	Ασπρόμαυρη	Κώστας Χρήστου	Φυγή	2000
Παραμύθι	1930	120	Ασπρόμαυρη	Μαρία Στεργίου	Άνοιξη	1998
Παραμύθι	1930	120	Ασπρόμαυρη	Κατερίνα Αποστόλου	Φυγή	2000
Φυγή	2000	98	Ασπρόμαυρη	Αλίκη Πατπά	Παραμύθι	1930
...						

Βάσεις Δεδομένων 2012-2013

Ευαγγελία Πιτουρά

42



**Παράδειγμα**

Για κάθε ηθοποιό το όνομα και τον τίτλο-έτος για όλες τις έγχρωμες ταινίες στις οποίες παίζει

$\pi$  όνομα, τίτλος, έτος ( $\sigma$  είδος = "έγχρωμη" AND Παίζει.τίτλος = Ταινία.τίτλος AND Παίζει.έτος = Ταινία.έτος (Παίζει x Ταινία))

ή

$\pi$  όνομα, τίτλος, έτος ( $\sigma$  Παίζει.τίτλος = Ταινία.τίτλος AND Παίζει.έτος = Ταινία.έτος (Παίζει x ( $\sigma$  είδος = "έγχρωμη" (Ταινία))))



**Συνένωση (ή θήτα συνένωση) (join)**

συνδυασμός σχετιζόμενων πλειάδων

$$R \bowtie_{\langle \text{συνθήκη συνένωσης} \rangle} S$$

$$(\equiv \sigma_{\langle \text{συνθήκη συνένωσης} \rangle} (R \times S))$$

**Συνθήκη συνένωσης**

Προτάσεις της μορφής

=, >, <, ≠, ≥, ≤

$$A_i \langle \text{τελεστής σύγκρισης} \rangle B_j$$

όπου  $A_i$  γνώρισμα της R,  $B_j$  γνώρισμα της S, και  $\text{dom}(A_i) = \text{dom}(B_j)$

συνδυασμένες με AND



- το αποτέλεσμα είναι οι συνδυασμοί πλειάδων που ικανοποιούν τη συνθήκη
- η συνθήκη αποτιμάται για κάθε συνδυασμό
- αποτέλεσμα σχέση Q με  $n + m$  γνώρισμα
- πλειάδες με τιμή null σε γνώρισμα συνένωσης δεν εμφανίζονται στο αποτέλεσμα



$$U \bowtie_{A < D} V$$

U			V		
A	B	C	B'	C'	D
1	2	3	2	3	4
6	7	8	2	3	5
9	7	8	7	8	10

A	B	C	B'	C'	D
1	2	3	2	3	4
1	2	3	2	3	5
1	2	3	7	8	10
6	7	8	7	8	10
9	7	8	7	8	10

$$U \bowtie_{A < D \text{ AND } U.B \neq V.B} V$$



### Παράδειγμα

Για κάθε ηθοποιό το όνομα και τον τίτλο-έτος για όλες τις έγχρωμες ταινίες στις οποίες παίζει

$\pi$  όνομα, τίτλος, έτος ( $\sigma$  Παίζει.τίτλος = Ταινία.τίτλος AND Παίζει.έτος = Ταινία.έτος (Παίζει  $\times$  ( $\sigma$  είδος = "έγχρωμη" (Ταινία)))

$\pi$  όνομα, τίτλος, έτος (Παίζει  $\bowtie$  Παίζει.τίτλος = Ταινία.τίτλος AND Παίζει.έτος = Ταινία.έτος ( $\sigma$  είδος = "έγχρωμη" (Ταινία)))



### Συνένωση Ισότητας (equijoin)

όταν χρησιμοποιείται μόνο τελεστής ισότητας

#### Συνθήκη συνένωσης

Προτάσεις της μορφής

$$A_i = B_j$$

όπου  $A_i$  γνώρισμα της  $R$ ,  $B_j$  γνώρισμα της  $S$ , και  $\text{dom}(A_i) = \text{dom}(B_j)$

συνδυασμένες με AND





R		S		
A	B	B'	C	D
1	2	2	5	6
3	4	4	7	8
		9	10	11

A	B	B'	C	D
1	2	2	5	6
3	4	4	7	8

$R \bowtie S$   
 $R.B = S.B$



### Φυσική Συνένωση

συνένωση ισότητας όπου *παραλείπουμε* το γνώρισμα της δεύτερης σχέσης από το αποτέλεσμα

όταν διαφορετικό όνομα - μετονομασία

$$R *_{(\text{λίστα1}, \text{λίστα2})} S$$

επιλεκτικότητα συνένωσης: μέγεθος αποτελέσματος / ( $n_r * n_s$ )



R		S		
A	B	B	C	D
1	2	2	5	6
3	4	4	7	8
		9	10	11

R * S			
A	B	C	D
1	2	5	6
3	4	7	8



U			V		
A	B	C	B	C	D
1	2	3	2	3	4
6	7	8	2	3	5
9	7	8	7	8	10

U * V			
A	B	C	D
1	2	3	4
1	2	3	5
6	7	8	10
9	7	8	10

## Παράδειγμα (ταινίες)



### Παράδειγμα

Για κάθε ηθοποιό το όνομα και τον τίτλο-έτος για όλες τις έγχρωμες ταινίες στις οποίες παίζει

$\pi$  όνομα, τίτλος, έτος ( $\sigma$  Παίζει.τίτλος = Ταινία.τίτλος AND Παίζει.έτος = Ταινία.έτος (Παίζει  $\times$  ( $\sigma$  είδος = "έγχρωμη" (Ταινία)))

$\pi$  όνομα, τίτλος, έτος (Παίζει  $\triangleright \triangleleft$  Παίζει.τίτλος = Ταινία.τίτλος AND Παίζει.έτος = Ταινία.έτος ( $\sigma$  είδος = "έγχρωμη" (Ταινία)))

$\pi$  όνομα, τίτλος, έτος (Παίζει  $*$  ( $\sigma$  είδος = "έγχρωμη" (Ταινία)))

είναι η τρίτη έκφραση πριν την προβολή ισοδύναμη των άλλων δύο;

## Σχεσιακή Άλγεβρα



### Παράδειγμα

	A	B
R	1	2
	1	4
	2	1
	6	5

	B	C
S	2	3
	2	5
	1	4

$$R \times S \quad R \triangleright \triangleleft S \quad R.a \triangleright S.b$$

$$R \triangleleft \triangleright S \quad R.a = S.b \quad R * S$$



### Πλήρες σύνολο πράξεων

επιλογή ( $\sigma$ )  
προβολή ( $\pi$ )  
ένωση ( $\cup$ )  
διαφορά ( $-$ )  
καρτεσιανό γινόμενο ( $\times$ )

Επίσης  
τομή ( $\cap$ )  
συνένωση  $\bowtie$   
συνένωση ισότητας  
φυσική συνένωση ( $*$ )



ΠΙΤΣΑ(ΟΝΟΜΑ, ΣΥΣΤΑΤΙΚΟ)  
ΑΡΕΣΕΙ(ΦΟΙΤΗΤΗΣ, ΣΥΣΤΑΤΙΚΟ)  
ΣΕΡΒΙΡΕΙ(ΜΑΓΑΖΙ, ΟΝΟΜΑ-ΠΙΤΣΑΣ)

1. Τις πίτσες (όνομα) που έχουν **τουλάχιστον δύο** διαφορετικά συστατικά.

Τις πίτσες που έχουν τουλάχιστον δύο διαφορετικά συστατικά

ΠΙΤΣΑ		ΣΥΣΤΑΤΙΚΟ		ΣΥΣΤΑΤΙΚΟ2	
ΟΝΟΜΑ	ΣΥΣΤΑΤΙΚΟ	ΟΝΟΜΑ1	ΣΥΣΤΑΤΙΚΟ1	ΟΝΟΜΑ2	ΣΥΣΤΑΤΙΚΟ2
Vegetarian	μανιτάρι	Vegetarian	μανιτάρι	Vegetarian	μανιτάρι
Vegetarian	ελιά	Vegetarian	μανιτάρι	Vegetarian	ελιά
Χαβάη	ανανάς	Vegetarian	μανιτάρι	Χαβάη	ανανάς
Χαβάη	ζαμπόν	Vegetarian	μανιτάρι	Χαβάη	ζαμπόν
Σπέσιαλ	ζαμπόν	Vegetarian	μανιτάρι	Σπέσιαλ	ζαμπόν
Σπέσιαλ	μπέικον	Vegetarian	μανιτάρι	Σπέσιαλ	μπέικον
Σπέσιαλ	μανιτάρι	Vegetarian	μανιτάρι	Σπέσιαλ	μανιτάρι
Ελληνική	ελιά	Vegetarian	μανιτάρι	Ελληνική	ελιά
		Vegetarian	ελιά	Vegetarian	μανιτάρι
		Ελληνική	ελιά	Vegetarian	ελιά
		Ελληνική	ελιά	Χαβάη	ανανάς
		Ελληνική	ελιά	Χαβάη	ζαμπόν
		Ελληνική	ελιά	Σπέσιαλ	ζαμπόν
		Ελληνική	ελιά	Σπέσιαλ	μπέικον
		Ελληνική	ελιά	Σπέσιαλ	μανιτάρι
		Ελληνική	ελιά	Ελληνική	ελιά

Βάσεις Δεδομένων 2012-2013

Ευαγγελία Πιτουρά

57

Παράδειγμα (πίτσες)

ΠΙΤΣΑ(ΟΝΟΜΑ, ΣΥΣΤΑΤΙΚΟ)

ΑΡΕΣΕΙ(ΦΟΙΤΗΤΗΣ, ΣΥΣΤΑΤΙΚΟ)

ΣΕΡΒΙΡΕΙ(ΜΑΓΑΖΙ, ΟΝΟΜΑ-ΠΙΤΣΑΣ)

1. Τις πίτσες (όνομα) που έχουν **τουλάχιστον δύο** διαφορετικά συστατικά.
2. Τις πίτσες που έχουν **μόνο ένα** συστατικό
3. Τις πίτσες (όνομα) που έχουν **ακριβώς δύο** διαφορετικά συστατικά
4. Τις πίτσες (όνομα) που έχουν **παραπάνω από δύο** διαφορετικά συστατικά
5. Τις πίτσες που έχουν όλα τα συστατικά που αρέσουν στον Δημήτρη → στη συνέχεια!!

Βάσεις Δεδομένων 2012-2013

Ευαγγελία Πιτουρά

58



## Παράδειγμα (στιγμιότυπο)

### ΠΙΤΣΑ

ΟΝΟΜΑ  
Vegetarian  
Vegetarian  
Χαβάρη  
Χαβάρη  
Σπέσιαλ  
Σπέσιαλ  
Σπέσιαλ  
Ελληνική

ΣΥΣΤΑΤΙΚΟ  
μανιτάρι  
ελιά  
ανανάς  
ζαμπόν  
ζαμπόν  
μπέικον  
μανιτάρι  
ελιά

### ΣΕΡΒΙΡΕΙ

ΜΑΓΑΖΙ  
Roma  
Roma  
Napoli  
Napoli  
Pizza-Express  
Pizza-Express  
Pizza-Express  
Pizza-Place

ΟΝΟΜΑ-ΠΙΤΣΑΣ  
Vegetarian  
Σπέσιαλ  
Vegetarian  
Ελληνική  
Χαβάρη  
Σπέσιαλ  
Ελληνική  
Σπέσιαλ

### ΑΡΕΣΕΙ

ΦΟΙΤΗΤΗΣ  
Δημήτρης  
Κώστας  
Μαρία  
Κατερίνα  
Μαρία  
Δημήτρης  
Μαρία

### ΣΥΣΤΑΤΙΚΟ

μανιτάρι  
ζαμπόν  
ελιά  
μανιτάρι  
ζαμπόν  
μπέικον  
ανανάς



## Διαίρεση

$$R(Z) \div S(X), X \subseteq Z$$

Το αποτέλεσμα είναι μια καινούργια σχέση  $Q(Y)$  όπου  $Y = Z - X$  και  $t \in Q(Y)$  αν

$$\exists t_{R1} \in R, t_{R1}[Y] = t \text{ και}$$

$$\forall t_S \in S, \exists t_R \in R, t_R[X] = t_S, \text{ και } t_R[Y] = t$$

- αναλογία με τη διαίρεση ακεραίων

διαίρεση ακεραίων:  $R / S$  το αποτέλεσμα  $Q$  τέτοιο ώστε:  $Q * S \leq R$

διαίρεση σχέσεων:  $R \div S$  το αποτέλεσμα  $Q$  τέτοιο ώστε ...

*«Με απλά λόγια, τις υπο-πλειάδες της  $Z$  που εμφανίζονται με όλες τις τιμές της  $X$ »*



R	A	B
	a <sub>1</sub>	b <sub>1</sub>
	a <sub>1</sub>	b <sub>3</sub>
	a <sub>1</sub>	b <sub>4</sub>
	a <sub>2</sub>	b <sub>2</sub>
	a <sub>2</sub>	b <sub>4</sub>
	a <sub>3</sub>	b <sub>2</sub>

S

B

b<sub>2</sub>

b<sub>4</sub>

Q

A

a<sub>2</sub>

$$R \div S$$

$$Z = \{A, B\} \quad X = \{B\}$$

$$R(Z) \div S(X), X \subseteq Z$$

Q(Y)?

$$Y = Z - X \quad Y = \{A\}$$

$$t \in Q, \exists t_{R1} \in R, t_{R1}[Y] = t$$

$$\forall t_S \in S, \exists t_R \in R, t_R[X] = t_S \text{ και } t_R[Y] = t$$



$$R \div S;$$

R	A	B	C
	a <sub>1</sub>	b <sub>1</sub>	c <sub>1</sub>
	a <sub>1</sub>	b <sub>1</sub>	c <sub>2</sub>
	a <sub>2</sub>	b <sub>2</sub>	c <sub>2</sub>
	a <sub>2</sub>	b <sub>1</sub>	c <sub>1</sub>
	a <sub>2</sub>	b <sub>2</sub>	c <sub>1</sub>
	a <sub>3</sub>	b <sub>1</sub>	c <sub>1</sub>
	a <sub>3</sub>	b <sub>1</sub>	c <sub>2</sub>

Παράδειγμα

S

A

a<sub>1</sub>

a<sub>2</sub>

a<sub>3</sub>



$$R \div S;$$

R		
A	B	C
a <sub>1</sub>	b <sub>1</sub>	c <sub>1</sub>
a <sub>1</sub>	b <sub>1</sub>	c <sub>2</sub>
a <sub>2</sub>	b <sub>2</sub>	c <sub>2</sub>
a <sub>2</sub>	b <sub>2</sub>	c <sub>3</sub>
a <sub>2</sub>	b <sub>2</sub>	c <sub>1</sub>
a <sub>3</sub>	b <sub>1</sub>	c <sub>1</sub>
a <sub>3</sub>	b <sub>1</sub>	c <sub>2</sub>

Παράδειγμα

S	
A	B
a <sub>1</sub>	b <sub>1</sub>
a <sub>2</sub>	b <sub>2</sub>



$$R \div S$$

παράδειγμα: βρες τις πίτσες που έχουν όλα τα συστατικά που αρέσουν στον Δημήτρη

**R (ΠΙΤΣΑ)**

**S:** Τα συστατικά που αρέσουν στον Δημήτρη

**Q:** Τα ονόματα από πίτσες που εμφανίζονται στη σχέση ΠΙΤΣΑ με όλα τα υπόλοιπα γνωρίσματα να παίρνουν **όλες τις τιμές** του S



## ΔΙΑΙΡΕΣΗ

ΠΙΤΣΑ  
ΟΝΟΜΑ  
Vegetarian  
Vegetarian  
Χαβάρη  
Χαβάρη  
Σπέσιαλ  
Σπέσιαλ  
Σπέσιαλ  
Ελληνική

ΣΥΣΤΑΤΙΚΟ  
μανιτάρι  
ελιά  
ανανάς  
ζαμπόν  
ζαμπόν  
μπέικον  
μανιτάρι  
ελιά

ΟΝΟΜΑ  
Σπέσιαλ

ΑΡΕΣΕΙ  
ΦΟΙΤΗΤΗΣ

Δημήτρης  
Κώστας  
Μαρία  
Κατερίνα  
Μαρία  
Δημήτρης  
Μαρία

ΣΥΣΤΑΤΙΚΟ

μανιτάρι  
ζαμπόν  
ελιά  
μανιτάρι  
ζαμπόν  
μπέικον  
ανανάς

Δ\_ΑΡΕΣΕΙ  
ΣΥΣΤΑΤΙΚΟ  
μανιτάρι  
μπέικον

S

## Διαίρεση

Ισοδύναμη έκφραση για το  $Q(Y) \leftarrow R(Z) \div S(X)$

- Υπολογισμός των πλειάδων που δεν πρέπει να είναι στο αποτέλεσμα.

Μια πλειάδα  $\gamma$  αποκλείεται από το αποτέλεσμα αν και μόνον αν: όταν της συνάψουμε μια τιμή  $x$  από το  $S$ , η πλειάδα  $\langle \gamma, x \rangle$  δεν ανήκει στο  $R$

$$T_1 \leftarrow (\pi_\gamma(R) \times S) - R$$

$$Q \leftarrow \pi_\gamma(R) - \pi_\gamma(T_1)$$

Τις πίτσες που έχουν όλα τα συστατικά που αρέσουν στον φοιτητή Δημήτρη

ΠΙΤΣΑ	ΟΝΟΜΑ	ΣΥΣΤΑΤΙΚΟ	Δ_ΑΡΕΣΕΙ
Vegetarian	Vegetarian	μανιτάρι	ΣΥΣΤΑΤΙΚΟ
Χαβάρη	Χαβάρη	ελιά	μανιτάρι
Σπέσιαλ	Σπέσιαλ	ανανάς	μπέικον
Σπέσιαλ	Σπέσιαλ	ζαμπόν	
Σπέσιαλ	Ελληνική	ζαμπόν	
Ελληνική	Ελληνική	μπέικον	
		μανιτάρι	
		ελιά	

$$T_1 \leftarrow (\pi_{\gamma}(R) \times S) - R$$

ΟΝΟΜΑ	ΣΥΣΤΑΤΙΚΟ
Vegetarian	μανιτάρι
Vegetarian	μπέικον
Χαβάρη	μανιτάρι
Χαβάρη	μπέικον
Σπέσιαλ	μανιτάρι
Σπέσιαλ	μπέικον
Ελληνική	μανιτάρι
Ελληνική	μπέικον

Παράδειγμα (ταινίες)

$$R \div S$$

Χρήσιμη όταν **για κάθε**,

παράδειγμα: βρες τον ηθοποιό που παίζει σε όλες (σε κάθε) ταινία που παίζει και ο George Clooney.

**R (Παίζει):** Όλοι οι ηθοποιοί και οι ταινίες που παίζουν

**S:** Όλες τις ταινίες που παίζει ο George Clooney

**Q:** Οι ηθοποιοί που (το όνομα τους) εμφανίζονται στη σχέση Παίζει (**R**) με υπόλοιπα γνωρίσματα να παίρνουν **όλες τις τιμές** του S

## Διάρθρωση (ταινίες)



παράδειγμα: βρες τον ηθοποιό που παίζει σε όλες (σε κάθε) ταινία που παίζει και ο George Clooney.

**S:** Όλες τις ταινίες που παίζει ο George Clooney

**Q:** Οι ηθοποιοί που (το όνομα τους) εμφανίζονται στη σχέση Παίζει (**R**) με υπόλοιπα γνωρίσματα να παίρνουν όλες τις τιμές του S

$S \leftarrow \pi_{\text{τίτλος, έτος}} (\sigma_{\text{Όνομα Ηθοποιού} = \text{George Clooney}} (\text{Παίζει}))$

$Q \leftarrow \text{Παίζει} \div S$

Χωρίς να χρησιμοποιήσω την πράξη της διαίρεσης;

## Διάρθρωση (ταινίες)



Παράδειγμα (εφαρμογή ισοδύναμης έκφρασης): βρες τον ηθοποιό που παίζει σε όλες (σε κάθε) ταινία που παίζει και ο George Clooney.

Μια πλειάδα  $\gamma$  αποκλείεται από το αποτέλεσμα αν όταν τις συνάψουμε μια τιμή  $x$  από το S, η πλειάδα  $\langle \gamma, x \rangle$  δεν ανήκει στο R

$T_1 \leftarrow (\pi_{\gamma} (R) \times S) - R$

$Q \leftarrow \pi_{\gamma} (R) - \pi_{\gamma} (T_1)$

$S \leftarrow \pi_{\text{τίτλος, έτος}} (\sigma_{\text{Όνομα Ηθοποιού} = \text{George Clooney}} (\text{Παίζει}))$

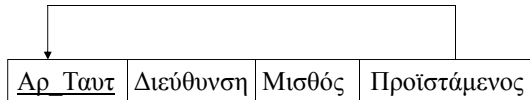
$T_1 \leftarrow (\pi_{\text{ηθοποιός}} (\text{Παίζει}) \times S) - \text{Παίζει}$  (μένουν μόνο οι ηθοποιοί που δεν παίζουν σε κάποια ταινία που παίζει ο Clooney!)

$Q \leftarrow \pi_{\text{ηθοποιός}} (\text{Παίζει}) - \pi_{\text{ηθοποιός}} (T_1)$

## Αναδρομική Κλειστότητα



R



Δεν είναι δυνατόν να βρούμε όλους τους υφισταμένους που επιτηρεί σε οποιοδήποτε επίπεδο ένας συγκεκριμένος προϊστάμενος (π.χ., Αρ\_Ταυτ = M20200)

$$\Pi_1(\text{Προϊστ1}) \leftarrow \pi_{\text{Αρ\_Ταυτ}} (\sigma_{\text{Προϊστάμενος} = \text{M20200}} (R))$$

$$\Pi_2(\text{Προϊστ2}) \leftarrow \pi_{\text{Αρ\_Ταυτ}} (\Pi_1 \bowtie \text{Προϊστ1} = \text{Προϊστάμενος} (R))$$

Παρόμοια, μπορώ να βρω πχ τους συμπρωταγωνιστές του George Clooney (ηθοποιούς που έπαιξαν σε τουλάχιστον μια ταινία μαζί του), τους συμπρωταγωνιστές των συμπρωταγωνιστών του κλπ άλλα μέχρι ένα βάθος

## Εξωτερική Συνένωση



Όταν θέλουμε να κρατήσουμε στο αποτέλεσμα όλες τις πλειάδες - και αυτές που δεν ταιριάζουν) είτε της σχέσης στα αριστερά (**αριστερή εξωτερική συνένωση**) είτε της σχέσης στα δεξιά (**δεξιά εξωτερική συνένωση**)

R		S		R * S								
A	C	A	B	A	C	B	A	C	B	A	C	B
1	6	1	3	1	6	3	1	6	3	1	6	3
2	4	1	5	1	6	5	1	6	5	2	4	9
		3	9				3	9	9			

MACHINE(mname, ipaddr, os)

EVENT(a-ipaddr, v-ipaddr, date)

Παράδειγμα (επιθέσεις)



MACHINE περιέχει πληροφορία για τη μηχανή (του attacker ή του θύματος) – όνομα, ip address, λειτουργικό σύστημα)

EVENT περιέχει πληροφορίες για την επίθεση – ip address attacker, ip address victim (θύματος), ημερομηνία)

1. Τι λίστα των θυμάτων (v-ipaddr) που δέχθηκαν επίθεση στις 3/11/2012
2. Τα λειτουργικά συστήματα που χρησιμοποιήθηκαν για να γίνει επίθεση στο θύμα '10.10.10.2'

MACHINE(mname, ipaddr, os)

EVENT(a-ipaddr, v-ipaddr, date)

Παράδειγμα (επιθέσεις)



MACHINE περιέχει πληροφορία για τη μηχανή (του attacker ή του θύματος) – όνομα, ip address, λειτουργικό σύστημα)

EVENT περιέχει πληροφορίες για την επίθεση – ip address attacker, ip address victim (θύματος), ημερομηνία)

Τι επιστρέφει η ερώτηση με απλά λόγια – ποιο είναι το αποτέλεσμα στον παρακάτω πίνακα

$\pi_{a-ipaddr, v-ipaddr}(EVENT) = \pi_{v-ipaddr}[\sigma_{a-ipaddr='9.9.9'}(EVENT)]$

EVENT	a-ipaddr	v-ipaddr	date
9.9.9.1	10.10.10.2	10.10.10.2	2/1/2012
9.9.9.2	10.10.10.1	10.10.10.1	2/2/2012
9.9.9.2	10.10.10.3	10.10.10.3	2/2/2012
9.9.9.9	10.10.10.4	10.10.10.4	2/3/2012
9.9.9.9	10.10.10.3	10.10.10.3	2/4/2012
9.9.9.10	10.10.10.3	10.10.10.3	2/5/2012
9.9.9.10	10.10.10.4	10.10.10.4	2/6/2012

ΠΡΟΤΙΜΑ(Π-ΠΟΤΗΣ, Π-ΜΠΥΡΑ)  
 ΣΥΧΝΑΖΕΙ(ΣΥ-ΠΟΤΗΣ, ΣΥ-ΜΑΓΑΖΙ)  
 ΣΕΡΒΙΡΕΙ(ΣΕ-ΜΑΓΑΖΙ, ΣΕ-ΜΠΥΡΑ)

Παράδειγμα (μπύρες)



1. Τους πότες που προτιμούν τη μπύρα «Guinness»
2. Τους πότες που συχνάζουν σε μαγαζιά που σερβίρουν μπύρα «Guinness»
3. Τα μαγαζιά που σερβίρουν μπύρα «Guinness» ή μπύρα «Leffe Brune» ή και τα δύο
4. Τα μαγαζιά που σερβίρουν μπύρα «Guinness» **και** μπύρα «Leffe Brune»
5. Τα μαγαζιά που σερβίρουν **μόνο** μπύρα «Guinness»
6. Μαγαζιά που σερβίρουν **τουλάχιστον δύο** διαφορετικές μπύρες. **(μόνο μία;)**
7. Μαγαζιά που σερβίρουν **ακριβώς δύο** διαφορετικές μπύρες.
8. Τα μαγαζιά που σερβίρουν μπύρες που προτιμά ο πότης «Δημήτρης».
9. Τα μαγαζιά που σερβίρουν **όλες** τις μπύρες που προτιμά ο «Δημήτρης».

ΠΡΟΤΙΜΑ(Π-ΠΟΤΗΣ, Π-ΜΠΥΡΑ)  
 ΣΥΧΝΑΖΕΙ(ΣΥ-ΠΟΤΗΣ, ΣΥ-ΜΑΓΑΖΙ)  
 ΣΕΡΒΙΡΕΙ(ΣΕ-ΜΑΓΑΖΙ, ΣΕ-ΜΠΥΡΑ)

ΠΡΟΤΙΜΑ

Π-ΠΟΤΗΣ

Δημήτρης  
 Δημήτρης  
 Μαρία  
 Κώστας  
 Κώστας  
 Κώστας  
 Κατερίνα  
 Μαρία  
 Άννα  
 Μαρία  
 Δημήτρης

Π-ΜΠΥΡΑ

Guinness  
 Αμστελ  
 Corona  
 Fix  
 Leffe Brune  
 Guinness  
 Leffe Brune  
 Fix  
 Kaiser  
 Guinness  
 Corona

ΣΥΧΝΑΖΕΙ

ΣΥ-ΠΟΤΗΣ

Δημήτρης  
 Δημήτρης  
 Κώστας  
 Κατερίνα  
 Κατερίνα  
 Μαρία  
 Μαρία  
 Άννα

ΣΥ-ΜΑΓΑΖΙ

Ζυθοπωλείο  
 BeeRock  
 Ζυθοπωλείο  
 GreenRose  
 Lancelot  
 BeeRock  
 Lancelot  
 Ζυθοπωλείο

ΣΕΡΒΙΡΕΙ

ΣΕ-ΜΑΓΑΖΙ

Ζυθοπωλείο  
 Ζυθοπωλείο  
 BeeRock  
 BeeRock  
 Lancelot  
 GreenRose  
 GreenRose  
 GreenRose

ΣΥ-ΜΑΓΑΖΙ

Guinness  
 Αμστελ  
 Fix  
 GreenRose  
 Fix  
 Guinness  
 Leffe Brune  
 Fix





### Μερικά ακόμα παραδείγματα

- Τις ταινίες (όλα τα γνωρίσματα) που γυρίστηκαν το 2005
- Μόνο τον τίτλο των ταινιών που γυρίστηκαν το 2005
- Τους ηθοποιούς (ονόματα) που έπαιξαν σε ταινίες που γυρίστηκαν το 2005
- Τους ηθοποιούς (ονόματα) που έπαιξαν σε ταινίες που γυρίστηκαν το 2005, αλλά δεν έπαιξαν σε καμία ταινία που γυρίστηκε το 2004
- Για κάθε ηθοποιό το όνομα του και τον τίτλο-έτος για όλες τις (έγχρωμες) ταινίες στις οποίες παίζει μαζί με τον σύζυγο του/της