

Σχεσιακή Άλγεβρα

Τι έχουμε δει έως σήμερα

- Σχεδιασμό βάσεων δεδομένων (ορισμός σχήματος)
 - μοντέλο Οντοτήτων/Συσχετίσεων
 - σχεσιακό μοντέλο

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

Μια γλώσσα χειρισμού δεδομένων ΓΧΔ (αφορά τα στιγμιότυπα)

- Γλώσσα ενημέρωσης
- Γλώσσες ερωτήσεων (το αντικείμενο των επόμενων διαλέξεων)

Γλώσσες Ερωτήσεων (query languages)

Επιτρέπουν την εύρεση πληροφορίας από μια βάση δεδομένων μέσω της διατύπωσης **ερωτημάτων (queries)** στον τρέχων στιγμιότυπο της βάσης δεδομένων

Γλώσσες Ερωτήσεων

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

- **Σχεσιακή Άλγεβρα (relational algebra)**: Λειτουργική “operational” (database byte-code!): αποτελείται από ένα **σύνολο τελεστών** και περιγράφει τα βήματα για τον υπολογισμό του αποτελέσματος
- **Σχεσιακός Λογισμός (relational 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 Ερωτήσεων \neq Γλώσσες Προγραμματισμού!

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

Σχεσιακή Άλγεβρα

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

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

Σχεσιακή Άλγεβρα

Μια ερώτηση εφαρμόζεται σε ένα στιγμιότυπο σχέσης και το αποτέλεσμα της ερώτησης είναι πάλι ένα στιγμιότυπο σχέσης (σύνολο από πλειάδες)

- Το σχήμα της σχέσης εισόδου είναι προκαθορισμένο
- Το σχήμα του αποτελέσματος είναι επίσης προκαθορισμένο

Σχεσιακή Άλγεβρα

Οι πράξεις τις σχεσιακής άλγεβρας:

1. Πράξεις που αφαιρούν «κομμάτια» από μια σχέση είτε επιλέγοντας γραμμές (σ) είτε προβάλλοντας στήλες (π)
2. Οι συνηθισμένες πράξεις συνόλου: ένωση, τομή, διαφορά
3. Πράξεις που συνδυάζουν πλειάδες από δύο σχέσεις
4. Μετονομασία γνωρισμάτων

Επιλογή (σ)

Η πράξη της επιλογής (select)

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

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

Το σχήμα εξόδου είναι ίδιο με το σχήμα εισόδου

Επιλογή (σ)

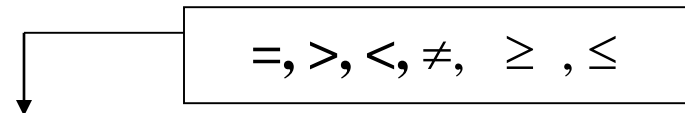
Επιλογή ενός υποσυνόλου των πλειάδων μιας σχέσης που ικανοποιεί μια συνθήκη επιλογής

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

$\langle \text{συνθήκη επιλογής} \rangle$

προτάσεις της μορφής

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

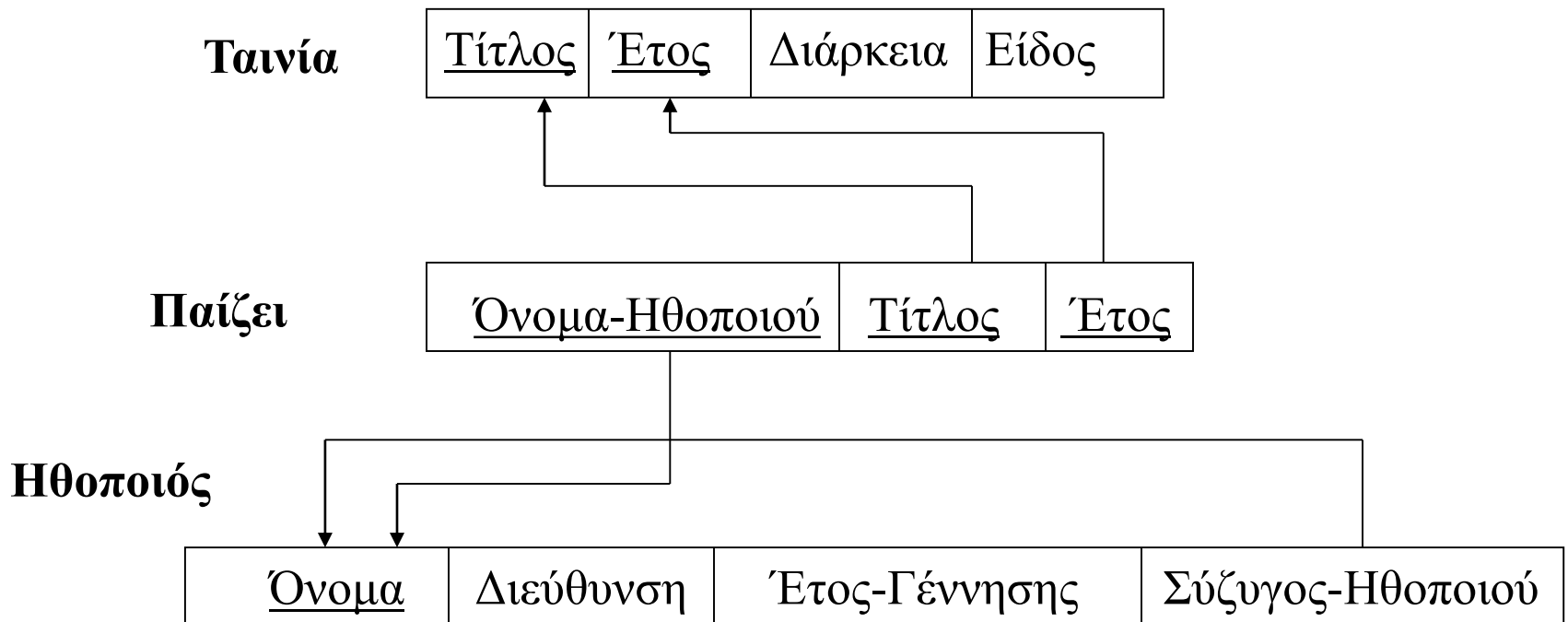


$\langle \text{τελεστής σύγκρισης} \rangle$

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

συνδυασμένες με AND, OR, NOT

Επιλογή (σ)



Επιλογή (σ)

Παραδείγματα

Τίτλος	Έτος	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)

$\sigma_{\text{Διάρκεια} > 100}$ (Ταινία)

Τίτλος	Έτος	Διάρκεια	Είδος
Star Wars	1997	124	έγχρωμη
Mighty Ducks	1991	104	έγχρωμη

Επιλογή (σ)

Τίτλος	Έτος	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

$\sigma_{\text{Διάρκεια} > 100 \text{ AND } \text{Έτος} > 1995}$ (Ταινία)

Τίτλος	Έτος	Διάρκεια	Είδος
Star Wars	1997	124	έγχρωμη

Επιλογή (σ)

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

Επιλογή (σ)

Ιδιότητες

Αντιμεταθετική

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

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

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

Προβολή (π)

Η πράξη της προβολής (project)

Επιλογή συγκεκριμένων στηλών (γνωρισμάτων)

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

Το σχήμα εξόδου καθορίζεται από τη λίστα γνωρισμάτων

Προβολή (π)

Παραδείγματα

Τίτλος	Έτος	Διάρκεια	Είδος
Star Wars	1997	124	έγχρωμη
Mighty Ducks	1991	104	έγχρωμη
Wayne's World	1992	95	έγχρωμη

Προβολή (π)

1. Τίτλος, χρόνος, διάρκεια των ταινιών

π Τίτλος, Έτος, Διάρκεια (Ταινία)

Τίτλος	Έτος	Διάρκεια
Star Wars	1997	124
Mighty Ducks	1991	104
Wayne's World	1992	95

Προβολή (π)

2. Είδος ταινιών

$\pi_{\text{Είδος}}$ (Ταινία)

$$\frac{\text{Είδος}}{\text{έγχρωμη}}$$

Προσοχή: απαλοιφή διπλότιμων

Γιατί;

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

Προβολή (π)

- 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

Προβολή (π)

Ιδιότητες

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

Παράδειγμα

Παράδειγμα

Διάρκειες μεγαλύτερες των 100 λεπτών

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

Διάρκεια

124

104

Πράξεις Συνόλων

Πράξεις συνόλου

1. Ένωση (\cup)
2. Τομή (\cap)
3. 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. $\forall i, \text{dom}(A_i) = \text{dom}(B_i)$

Πράξεις Συνόλων

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

Παραδείγματα

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

Παράδειγμα

ΠΙΤΣΑ(ΟΝΟΜΑ, ΣΥΣΤΑΤΙΚΟ)

ΑΡΕΣΕΙ(ΦΟΙΤΗΤΗΣ, ΣΥΣΤΑΤΙΚΟ-ΠΙΤΣΑΣ)

ΣΕΡΒΙΡΕΙ(ΜΑΓΑΖΙ, ΟΝΟΜΑ-ΠΙΤΣΑΣ)

Παράδειγμα

ΠΙΤΣΑ

ΟΝΟΜΑ	ΣΥΣΤΑΤΙΚΟ
Vegetarian	μανιτάρι
Vegetarian	ελιά
Χαβάη	ανανάς
Χαβάη	ζαμπόν
Σπέσιαλ	ζαμπόν
Σπέσιαλ	μπέικον
Σπέσιαλ	μανιτάρι
Ελληνική	ελιά

ΣΕΡΒΙΡΕΙ

ΜΑΓΑΖΙ	ΟΝΟΜΑ-ΠΙΤΣΑΣ
Roma	Vegetarian
Roma	Σπέσιαλ
Napoli	Vegetarian
Napoli	Ελληνική
Pizza-Express	Χαβάη
Pizza-Express	Σπέσιαλ
Pizza-Express	Ελληνική
Pizza-Place	Σπέσιαλ

ΑΡΕΣΕΙ

ΦΟΙΤΗΤΗΣ	ΣΥΣΤΑΤΙΚΟ-ΠΙΤΣΑΣ
Δημήτρης	μανιτάρι
Κώστας	ζαμπόν
Μαρία	ελιά
Κατερίνα	μανιτάρι
Μαρία	ζαμπόν
Δημήτρης	μπέικον
Μαρία	ανανάς

Παράδειγμα

ΠΙΤΣΑ(ΟΝΟΜΑ, ΣΥΣΤΑΤΙΚΟ)

ΑΡΕΣΕΙ(ΦΟΙΤΗΤΗΣ, ΣΥΣΤΑΤΙΚΟ-ΠΙΤΣΑΣ)

ΣΕΡΒΙΡΕΙ(ΜΑΓΑΖΙ, ΟΝΟΜΑ-ΠΙΤΣΑΣ)

1. *Τα συστατικά της πίτσας Σπέσιαλ*
2. *Ποιες πίτσες (τα ονόματά τους) περιέχουν μανιτάρι*
3. *Το συστατικό που αρέσει τουλάχιστον σε ένα φοιτητή*

Παράδειγμα

ΠΙΤΣΑ(ΟΝΟΜΑ, ΣΥΣΤΑΤΙΚΟ)

ΑΡΕΣΕΙ(ΦΟΙΤΗΤΗΣ, ΣΥΣΤΑΤΙΚΟ-ΠΙΤΣΑΣ)

ΣΕΡΒΙΡΕΙ(ΜΑΓΑΖΙ, ΟΝΟΜΑ-ΠΙΤΣΑΣ)

1. Ποιες πίτσες (όνομα) έχουν ως συστατικό το μανιτάρι
2. Ποιες πίτσες (όνομα) **δεν έχουν** ως συστατικό το μανιτάρι
3. Ποιες πίτσες (όνομα) έχουν ως συστατικό μανιτάρι **ή** ζαμπόν
4. Ποιες πίτσες (όνομα) έχουν ως συστατικό μανιτάρι **και** ζαμπόν
5. Ποιες πίτσες (όνομα) έχουν ως συστατικό μανιτάρι και δεν έχουν ζαμπόν

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

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

Καρτεσιανό Γινόμενο

R

A	B
1	2
3	4

S

B'	C	D
2	5	6
4	7	8
9	10	11

R x S

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

Συνένωση (join)

(ή θήτα συνένωση) (join)

συνδυασμός σχετιζόμενων πλειάδων



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

Συνθήκη συνένωσης

Προτάσεις της μορφής

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

A rectangular box containing the list of comparison operators: =, >, <, ≠, ≥, ≤. An arrow points from the top-left corner of this box to the join symbol in the diagram above.

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

συνδυασμένες με AND

Συνένωση

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

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

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

Συνένωση

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

Επανάληψη

Σχεσιακή άλγεβρα – ένα σύνολο τελεστών που εφαρμόζονται πάνω σε σχέσεις (πίνακες) και έχουν ως αποτέλεσμα σχέσεις

επιλογή (σ)

προβολή (π)

ένωση (\cup)

διαφορά ($-$)

καρτεσιανό γινόμενο (\times)

συνένωση \bowtie

Παραδείγματα

R	A1	B1	C1	S	A2	B2	C2
	4	2	4		3	1	2
	1	3	6		2	6	4
	2	8	9		1	3	2

1. Τις τιμές του C2
2. Τις τιμές του A1 για τις οποίες το B1 είναι μικρότερο του 5
3. Τις πλειάδες της R για τις οποίες η τιμή του A1 είναι μεγαλύτερη από τουλάχιστον μια τιμή του A2 της S
4. Τις πλειάδες της R για τις οποίες η τιμή του A1 είναι μεγαλύτερη από όλες τις τιμές του A2 της S

Παράδειγμα

ΠΙΤΣΑ(ΟΝΟΜΑ, ΣΥΣΤΑΤΙΚΟ)

ΑΡΕΣΕΙ(ΦΟΙΤΗΤΗΣ, ΣΥΣΤΑΤΙΚΟ-ΠΙΤΣΑΣ)

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
Vegetarian	μανιτάρι
Vegetarian	ελιά
Χαβάη	ανανάς
Χαβάη	ζαμπόν
Σπέσιαλ	ζαμπόν
Σπέσιαλ	μπέικον
Σπέσιαλ	μανιτάρι
Ελληνική	ελιά

ΑΡΕΣΕΙ

ΦΟΙΤΗΤΗΣ	ΣΥΣΤΑΤΙΚΟ-ΠΙΤΣΑΣ
Δημήτρης	μανιτάρι
Κώστας	ζαμπόν
Μαρία	ελιά
Κατερίνα	μανιτάρι
Μαρία	ζαμπόν
Δημήτρης	μπέικον
Μαρία	ανανάς

ΟΝΟΜΑ	ΣΥΣΤΑΤΙΚΟ	ΦΟΙΤΗΤΗΣ	ΣΥΣΤΑΤΙΚΟ-ΠΙΤΣΑΣ
Vegetarian	μανιτάρι	Δημήτρης	μανιτάρι
Vegetarian	μανιτάρι	Δημήτρης	μπέικον
Vegetarian	ελιά	Δημήτρης	μανιτάρι
Vegetarian	ελιά	Δημήτρης	μπέικον
Χαβάη	ανανάς	Δημήτρης	μανιτάρι
Χαβάη	ανανάς	Δημήτρης	μπέικον
Χαβάη	ζαμπόν	Δημήτρης	μανιτάρι
Χαβάη	ζαμπόν	Δημήτρης	μπέικον
Σπέσιαλ	ζαμπόν	Δημήτρης	μανιτάρι
Σπέσιαλ	ζαμπόν	Δημήτρης	μπέικον
Σπέσιαλ	μπέικον	Δημήτρης	μανιτάρι
Σπέσιαλ	μπέικον	Δημήτρης	μπέικον
Σπέσιαλ	μανιτάρι	Δημήτρης	μανιτάρι
Σπέσιαλ	μανιτάρι	Δημήτρης	μπέικον
Ελληνική	ελιά	Δημήτρης	μανιτάρι
Ελληνική	ελιά	Δημήτρης	μπέικον

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

Συνένωση Ισότητας

R

A	B
1	2
3	4

S

B'	C	D
2	5	6
4	7	8
9	10	11

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

R \bowtie **S**
B = B'

Φυσική Συνένωση (natural join)

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

$$R * S$$

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

τα κοινά γνώρισμα εμφανίζονται μόνο μια φορά

Φυσική Συνένωση

R

A	B
1	2
3	4

S

B	C	D
2	5	6
4	7	8
9	10	11

R * S

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

Φυσική Συνένωση

U

A	B	C
1	2	3
6	7	8
9	7	8

V

B	C	D
2	3	4
2	3	5
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

Μετονομασία

όνομα σε μια ενδιαμέση σχέση

R ←

Παράδειγμα

ΜΕΓΑΛΗΣ_ΔΙΑΡΚΕΙΑΣ ← σ Διάρκεια > 100 (Ταινία)

Μετονομασία

- 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

Μετονομασία

τελεστής μετονομασίας (*rename operator*) συμβολίζεται με ρ

για μια σχέση $R(A_1, A_2, \dots, A_n)$:

η έκφραση $\rho_{S(B_1, B_2, \dots, B_n)}(R)$

είναι ισοδύναμη του συμβολισμού

$S(B_1, B_2, \dots, B_n) \leftarrow R(A_1, A_2, \dots, A_n)$

Σχεσιακή Άλγεβρα

Πλήρες σύνολο πράξεων

επιλογή (σ)

προβολή (π)

ένωση (\cup)

διαφορά ($-$)

καρτεσιανό γινόμενο (\times)

Επίσης

τομή (\cap)

συνένωση \bowtie

συνένωση ισότητας

φυσική συνένωση ($*$)

Παράδειγμα

ΠΙΤΣΑ(ΟΝΟΜΑ, ΣΥΣΤΑΤΙΚΟ)

ΑΡΕΣΕΙ(ΦΟΙΤΗΤΗΣ, ΣΥΣΤΑΤΙΚΟ-ΠΙΤΣΑΣ)

ΣΕΡΒΙΡΕΙ(ΜΑΓΑΖΙ, ΟΝΟΜΑ-ΠΙΤΣΑΣ)

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

Τις πίτσες που έχουν τουλάχιστον δύο διαφορετικά συστατικά

ΠΙΤΣΑ					
ΟΝΟΜΑ	ΣΥΣΤΑΤΙΚΟ				
Vegetarian	μανιτάρι				
Vegetarian	ελιά				
Χαβάη	ανανάς				
Χαβάη	ζαμπόν				
Σπέσιαλ	ζαμπόν	O1	Σ1	O2	Σ2
Σπέσιαλ	μπέικον	Vegetarian	μανιτάρι	Vegetarian	μανιτάρι
Σπέσιαλ	μανιτάρι	Vegetarian	μανιτάρι	Vegetarian	ελιά
Ελληνική	ελιά	Vegetarian	μανιτάρι	Χαβάη	ανανάς
		Vegetarian	μανιτάρι	Χαβάη	ζαμπόν
		Vegetarian	μανιτάρι	Σπέσιαλ	ζαμπόν
		Vegetarian	μανιτάρι	Σπέσιαλ	μπέικον
		Vegetarian	μανιτάρι	Σπέσιαλ	μανιτάρι
		Vegetarian	μανιτάρι	Ελληνική	ελιά
		Vegetarian	ελιά	Vegetarian	μανιτάρι
				...	
		Ελληνική	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

Διαίρεση

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

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

$t \in Q(Y)$ ανν

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

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

- 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 »

Διαίρεση

R	A	B
	a ₁	b ₁
	a ₁	b ₃
	a ₁	b₄
	a ₂	b₂
	a ₂	b₄
	a ₃	b₂

$$R \div S$$

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

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

B
b₂
b₄

Q(Y)?

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

A
a ₂

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

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

Διαίρεση

$$\mathbf{R} \div \mathbf{S}$$

R		
A	B	C
a_1	b_1	c_1
a_1	b_1	c_2
a_2	b_2	c_2
a_2	b_1	c_1
a_2	b_2	c_1
a_3	b_1	c_1
a_3	b_1	c_2

Παράδειγμα

S

A

a_1

a_2

a_3

Διαίρεση

$$R \div S$$

R		
A	B	C
a ₁	b ₁	c ₁
a ₁	b ₁	c ₂
a ₂	b ₂	c ₂
a ₂	b ₂	c ₃
a ₂	b ₂	c ₁
a ₃	b ₁	c ₁
a ₃	b ₁	c ₂

S	
A	B
a ₁	b ₁
a ₂	b ₂

Διαίρεση

$$R \div S$$

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

Παράδειγμα

ΠΙΤΣΑ

ΟΝΟΜΑ	ΣΥΣΤΑΤΙΚΟ
Vegetarian	μανιτάρι
Vegetarian	ελιά
Χαβάη	ανανάς
Χαβάη	ζαμπόν
Σπέσιαλ	ζαμπόν
Σπέσιαλ	μπέικον
Σπέσιαλ	μανιτάρι
Ελληνική	ελιά

ΣΕΡΒΙΡΕΙ

ΜΑΓΑΖΙ	ΟΝΟΜΑ-ΠΙΤΣΑΣ
Roma	Vegetarian
Roma	Σπέσιαλ
Napoli	Vegetarian
Napoli	Ελληνική
Pizza-Express	Χαβάη
Pizza-Express	Σπέσιαλ
Pizza-Express	Ελληνική
Pizza-Place	Σπέσιαλ

ΑΡΕΣΕΙ

ΦΟΙΤΗΤΗΣ	ΣΥΣΤΑΤΙΚΟ-ΠΙΤΣΑΣ
Δημήτρης	μανιτάρι
Κώστας	ζαμπόν
Μαρία	ελιά
Κατερίνα	μανιτάρι
Μαρία	ζαμπόν
Δημήτρης	μπέικον
Μαρία	ανανάς

ΠΙΤΣΑ

ΟΝΟΜΑ	ΣΥΣΤΑΤΙΚΟ
Vegetarian	μανιτάρι
Vegetarian	ελιά
Χαβάη	ανανάς
Χαβάη	ζαμπόν
Σπέσιαλ	ζαμπόν
Σπέσιαλ	μπέικον
Σπέσιαλ	μανιτάρι
Ελληνική	ελιά

ΟΝΟΜΑ

Σπέσιαλ

ΑΡΕΣΕΙ

ΦΟΙΤΗΤΗΣ

Δημήτρης
Κώστας
Μαρία
Κατερίνα
Μαρία
Δημήτρης
Μαρία

ΣΥΣΤΑΤΙΚΟ-ΠΙΤΣΑΣ

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 γ 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

$$T_1 \leftarrow (\pi_Y(R) \times S) - R$$

$$Q \leftarrow \pi_Y(R) - \pi_Y(T_1)$$

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

ΠΙΤΣΑ	ΣΥΣΤΑΤΙΚΟ
ONOMA	
Vegetarian	μανιτάρι
Vegetarian	ελιά
Χαβάρη	ανανάς
Χαβάρη	ζαμπόν
Σπέσιαλ	ζαμπόν
Σπέσιαλ	μπέικον
Σπέσιαλ	μανιτάρι
Ελληνική	ελιά

Δ_ΑΡΕΣΕΙ
 ΣΥΣΤΑΤΙΚΟ
 μανιτάρι
 μπέικον

$$T_1 \leftarrow (\pi_Y(R) \times S) - R$$

ONOMA	ΣΥΣΤΑΤΙΚΟ
Vegetarian	μανιτάρι
Vegetarian	μπέικον
Χαβάρη	μανιτάρι
Χαβάρη	μπέικον
Σπέσιαλ	μανιτάρι
Σπέσιαλ	μπέικον
Ελληνική	μανιτάρι
Ελληνική	μπέικον

Διαίρεση

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;

Διαίρεση

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

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

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

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

$$S \leftarrow \pi_{\text{Τίτλος, Έτος}} (\sigma_{\text{Όνομα-Ηθοποιού} = \text{George Clooney}} (\text{Παίζει}))$$

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

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

Παράδειγμα

MACHINE(mname, ipaddr, os)

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

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

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 27/10/2015
2. Τα λειτουργικά συστήματα που χρησιμοποιήθηκαν για να γίνει επίθεση στο θύμα '10.10.10.2'
3. Τις μηχανές (ip address) που *και έχουν κάνει και έχουν δεχθεί* επίθεση

Παράδειγμα

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

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

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

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			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	1	6	5
		3	9				2	4	null	3	null	9

Παράδειγμα

ΠΙΤΣΑ(ΟΝΟΜΑ, ΣΥΣΤΑΤΙΚΟ)

ΑΡΕΣΕΙ(ΦΟΙΤΗΤΗΣ, ΣΥΣΤΑΤΙΚΟ-ΠΙΤΣΑΣ)

ΣΕΡΒΙΡΕΙ(ΜΑΓΑΖΙ, ΟΝΟΜΑ-ΠΙΤΣΑΣ)

1. Τα μαγαζιά που σερβίρουν τουλάχιστον μια πίτσα που έχειμανιτάρι
2. Τα μαγαζιά που σερβίρουν *όλες τις πίτσες* που έχουνμανιτάρι
3. Τις πίτσες (όνομα) που έχουν *τουλάχιστον δύο* διαφορετικά συστατικά.
4. Τις πίτσες (όνομα) που έχουν *μόνο ένα* συστατικό
5. Τις πίτσες (όνομα) που έχουν *ακριβώς δύο* διαφορετικά συστατικά
6. Τις πίτσες (όνομα) που έχουν *παραπάνω από δύο* διαφορετικά συστατικά

Παραδείγματα

ΠΡΟΤΙΜΑ(Π-ΠΟΤΗΣ, Π-ΜΠΥΡΑ)

ΣΥΧΝΑΖΕΙ(ΣΥ-ΠΟΤΗΣ, ΣΥ-ΜΑΓΑΖΙ)

ΣΕΡΒΙΡΕΙ(ΣΕ-ΜΑΓΑΖΙ, ΣΕ-ΜΠΥΡΑ)

1. *Τους πότες που προτιμούν τη μύρα «Guinness»*
2. *Τους πότες που συχνάζουν σε μαγαζιά που σερβίρουν μύρα «Guinness»*
3. *Τα μαγαζιά που σερβίρουν μύρα «Guinness» ή μύρα «Leffe Brune» ή και τα δύο*
4. *Τα μαγαζιά που σερβίρουν μύρα «Guinness» και μύρα «Leffe Brune»*
5. *Τα μαγαζιά που σερβίρουν μύρα «Guinness» αλλά όχι μύρα «Leffe Brune»*
6. *Τα μαγαζιά που σερβίρουν μόνο μύρα «Guinness»*
7. *Μαγαζιά που σερβίρουν τουλάχιστον δύο διαφορετικές μύρες. (μόνο ένα είδος;)*
8. *Μαγαζιά που σερβίρουν ακριβώς δύο διαφορετικές μύρες. (παραπάνω από δύο;)*
9. *Τα μαγαζιά που σερβίρουν μύρες που προτιμά ο πότης «Δημήτρης».*
10. *Τα μαγαζιά που σερβίρουν όλες τις μύρες που προτιμά ο «Δημήτρης».*

ΠΡΟΤΙΜΑ(Π-ΠΟΤΗΣ, Π-ΜΠΥΡΑ)

ΣΥΧΝΑΖΕΙ(ΣΥ-ΠΟΤΗΣ, ΣΥ-ΜΑΓΑΖΙ)

ΣΕΡΒΙΡΕΙ(ΣΕ-ΜΑΓΑΖΙ, ΣΕ-ΜΠΥΡΑ)

ΣΥΧΝΑΖΕΙ

ΣΥ-ΠΟΤΗΣ	ΣΥ-ΜΑΓΑΖΙ
Δημήτρης	Ζυθοπωλείο
Δημήτρης	BeeRock
Κώστας	Ζυθοπωλείο
Κατερίνα	GreenRose
Κατερίνα	Lancelot
Μαρία	BeeRock
Μαρία	Lancelot
Άννα	Ζυθοπωλείο

ΠΡΟΤΙΜΑ

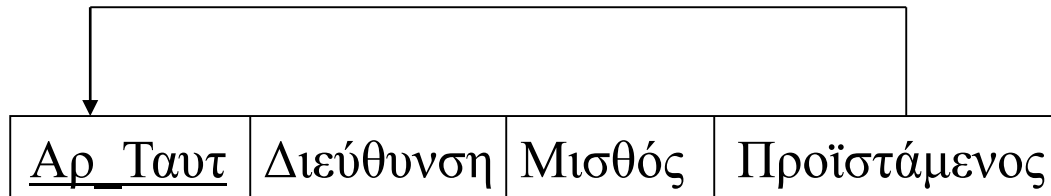
Π-ΠΟΤΗΣ	Π-ΜΠΥΡΑ
Δημήτρης	Guinness
Δημήτρης	Αμστελ
Μαρία	Corona
Κώστας	Fix
Κώστας	Leffe Brune
Κώστας	Guinness
Κατερίνα	Leffe Brune
Μαρία	Fix
Άννα	Kaiser
Μαρία	Guinness
Δημήτρης	Corona

ΣΕΡΒΙΡΕΙ

ΣΕ-ΜΑΓΑΖΙ	ΣΕ-ΜΠΥΡΑ
Ζυθοπωλείο	Guinness
Ζυθοπωλείο	Αμστελ
BeeRock	Fix
BeeRock	GreenRose
Lancelot	Fix
GreenRose	Guinness
GreenRose	Leffe Brune
GreenRose	Fix

Αναδρομική Κλειστότητα

R



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

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

$$\Pi_2(\text{Προϊστ2}) \leftarrow \pi_{\text{Αρ_Ταυτ}} (\Pi_1 \triangleright \triangleleft \text{Προϊστ1} = \text{Προϊστάμενος} (\text{R}))$$

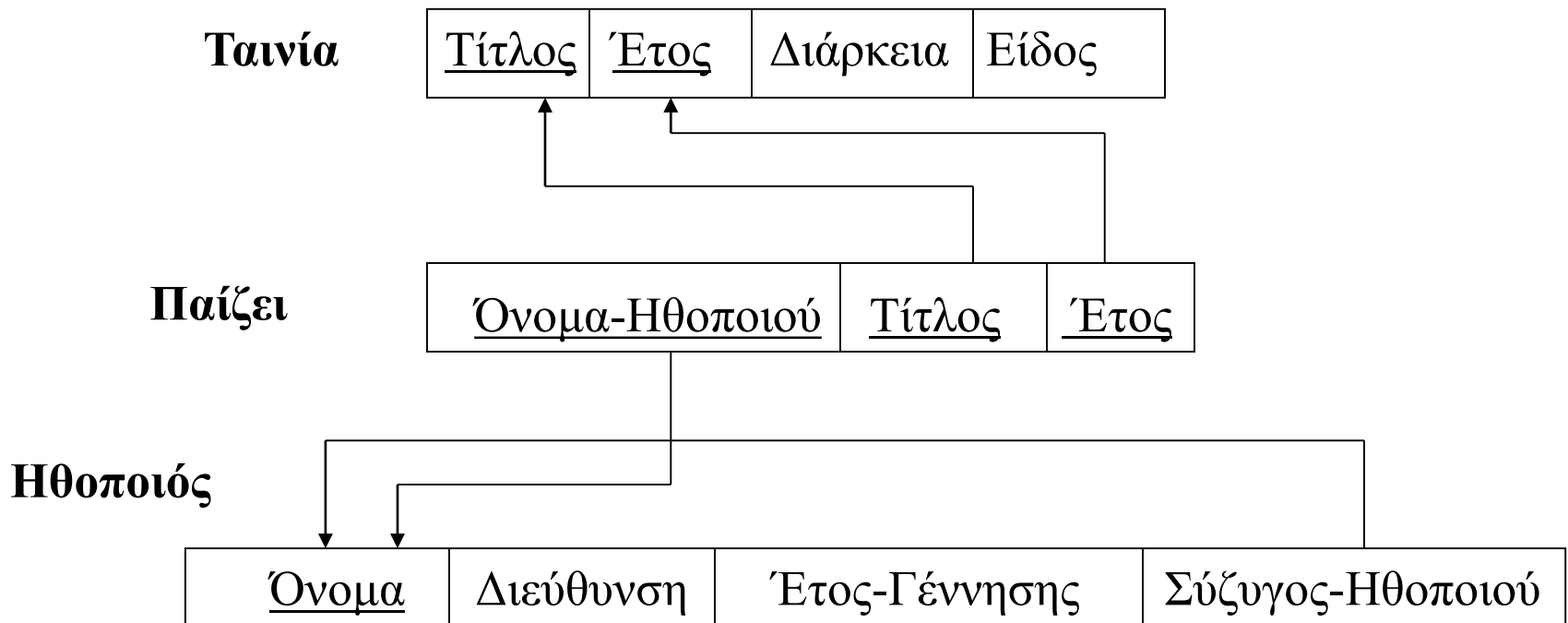
Παρόμοια, μπορώ να βρω πχ τους συμπρωταγωνιστές του George Clooney (ηθοποιούς που έπαιξαν σε τουλάχιστον μια ταινία μαζί του), τους συμπρωταγωνιστές των συμπρωταγωνιστών του κλπ άλλα μέχρι ένα βάθος

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

Ερωτήσεις;

Παράδειγμα



Παράδειγμα

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

Ας μετονομάσουμε τα γνωρίσματα της σχέσης Παίζει σε Παίζει-Τίτλος και Παίζει-Έτος ώστε να μπορούμε να τα διακρίνουμε από τα αντίστοιχα γνωρίσματα της σχέσης Ταινία

Παίζει1(Όνομα-Ηθοποιού, Παίζει-Τίτλος, Παίζει-Έτος) ←
Παίζει(Όνομα-Ηθοποιού, Τίτλος, Έτος)

Παράδειγμα

Ταινία

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

Παίζει1

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

Παράδειγμα

Ταινία

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

Παίζει1

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

Τίτλος	Έτος	Διάρκεια	Είδος	Όνομα-Ηθοποιού	Παίζει-Τίτλος	Παίζει-Έτος
Παραμύθι	1990	90	Έγχρωμη	Αλίκη Παππά	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 Παππά	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 Παππά	Παραμύθι	1930
...						

Παράδειγμα

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

π Όνομα-Ηθοποιού, Τίτλος, Έτος (σ Παίζει-Τίτλος = Τίτλος AND Παίζει-Έτος = Έτος (Παίζει1 x (σ Είδος = "έγχρωμη" (Ταινία))))

π Όνομα-Ηθοποιού, Τίτλος, Έτος (Παίζει1 $\triangleright\triangleleft$ Παίζει-Τίτλος = Τίτλος AND Παίζει-Έτος = Έτος (σ Είδος = "έγχρωμη" (Ταινία)))

Παράδειγμα

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

π Όνομα-Ηθοποιού, Τίτλος, Έτος (σ Είδος = "έγχρωμη" AND Παίζει-Τίτλος = Τίτλος AND Παίζει-Έτος = Έτος (Παίζει1 x Ταινία))

ή

π Όνομα-Ηθοποιού, Τίτλος, Έτος (σ Παίζει-Τίτλος = Τίτλος AND Παίζει-Έτος = Έτος (Παίζει1 x (σ Είδος = "έγχρωμη" (Ταινία))))

Παράδειγμα

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

π Όνομα-ηθοποιού, Τίτλος, Έτος $(\sigma$ Παίζει.τίτλος = Τίτλος AND Παίζει.έτος = Έτος $(\text{Παίζει1} \times (\sigma$ Είδος = “έγχρωμη” (Ταινία)))

π Όνομα-ηθοποιού, Τίτλος, Έτος $(\text{Παίζει1} \triangleright \triangleleft \text{Παίζει.τίτλος} = \text{Τίτλος AND Παίζει} \text{Έτος} = \text{Έτος} (\sigma$ Είδος = “έγχρωμη” (Ταινία))

π Όνομα-Ηθοποιού, Τίτλος, Έτος $(\text{Παίζει} * (\sigma$ Είδος = “έγχρωμη” (Ταινία)))

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

Παράδειγμα

	<u>A</u>	<u>B</u>
R	1	2
	1	4
	2	1
	6	5

	<u>B'</u>	<u>C</u>
S	2	3
	2	5
	1	4

R x S **R** $\bowtie_{A \geq B}$ **S**

R $\bowtie_{A = B}$ **S**