

# Κεφάλαιο 6

## Σχεσιακή Άλγεβρα και Σχεσιακός Λογισμός



5th Edition

Elmasri / Navathe

# Γιατί θα μιλήσουμε

- Σχεσιακή Άλγεβρα
  - Μοναδιαίοι Σχεσιακοί Τελεστές
  - Συνολοθεωρητικές πράξεις της σχεσιακής άλγεβρας
  - Δυαδικοί Σχεσιακοί Τελεστές
  - Επιπλέον Σχεσιακές Πράξεις
  - Παραδείγματα Ερωτήσεων Σχεσιακής Άλγεβρας
- Σχεσιακός Λογισμός
  - Σχεσιακός Λογισμός Πλειάδων
  - Σχεσιακός Λογισμός Πεδίων Ορισμού
- Παράδειγμα βάσης δεδομένων (ΕΤΑΙΡΕΙΑ)
- Ανασκόπηση της γλώσσας QBE

# Ανασκόπηση της Σχεσιακής Άλγεβρας

- Η σχεσιακή άλγεβρα είναι το βασικό σύνολο πράξεων για το σχεσιακό μοντέλο
- Οι πράξεις αυτές επιτρέπουν σε ένα χρήστη να προσδιορίζει **βασικά αιτήματα ανάκτησης** (ή **ερωτήσεις**)
- Το αποτέλεσμα μιας πράξης είναι μια **νέα σχέση**, που μπορεί να έχει σχηματισθεί από μια ή περισσότερες σχέσεις *εισόδου*
  - Η ιδιότητα αυτή καθιστά την άλγεβρα “κλειστή” (όλα τα αντικείμενα στη σχεσιακή άλγεβρα είναι σχέσεις)

# Ανασκόπηση της Σχεσιακής Άλγεβρας (συν.)

- Επομένως οι πράξεις της άλγεβρας παράγουν νέες σχέσεις
  - Περαιτέρω χειρισμός αυτών μπορεί να γίνει με χρήση πράξεων της ίδιας άλγεβρας
- Μια ακολουθία πράξεων της σχεσιακής άλγεβρας σχηματίζει μια έκφραση της σχεσιακής άλγεβρας
  - Το αποτέλεσμα μιας σχεσιακής έκφρασης είναι επίσης σχέση η οποία παριστάνει το αποτέλεσμα μιας ερώτησης στη βάση δεδομένων (ή ένα αίτημα ανάκτησης)

# Σύντομο Ιστορικό της καταγωγής της Άλγεβρας

- Ο Muhammad ibn Musa al-Khwarizmi (800-847 CE) έγραψε ένα βιβλίο με τίτλο al-jabr για την αριθμητική των μεταβλητών
  - Το βιβλίο μεταφράσθηκε στα λατινικά.
  - Ο τίτλος του (al-jabr) έδωσε στην άλγεβρα το όνομά της.
- Ο Al-Khwarizmi ονόμασε τις μεταβλητές “shay”
  - “Shay” στα Αραβικά σημαίνει “πράγμα”.
  - Στα Ισπανικά αν το “shay” το πούμε “xay” (το “x” ήταν “sh” στα Ισπανικά).
  - Με τον καιρό η λέξη αυτή συντμήθηκε σαν x.
- Από που προέρχεται η λέξη Αλγόριθμος?
  - Προέρχεται από τον “al-Khwarizmi”
  - Σχετική αναφορά: (<http://www.pbs.org/empires/islam/innoalgebra.html>)

# Ανασκόπηση της Σχεσιακής Άλγεβρας

- Η σχεσιακή άλγεβρα αποτελείται από διάφορες ομάδες πράξεων
  - Μοναδιαίες Σχεσιακές Πράξεις
    - SELECT επιλογή (σύμβολο:  $\sigma$ )
    - PROJECT προβολή (σύμβολο:  $\pi$ )
    - RENAME μετονομασία (σύμβολο:  $\rho$ )
  - Πράξεις της Σχεσιακής Άλγεβρας από την Θεωρία Συνόλων
    - ΕΝΩΣΗ ( $\cup$ ), ΤΟΜΗ ( $\cap$ ), ΔΙΑΦΟΡΑ ( $-$ )
    - ΚΑΡΤΕΣΙΑΝΟ ΓΙΝΟΜΕΝΟ ( $\times$ )
  - Δυαδικές Σχεσιακές Πράξεις
    - JOIN συνένωση (υπάρχουν παραλλαγές της συνένωσης)
    - DIVISION διαίρεση
  - Επιπλέον Σχεσιακές Πράξεις
    - Εξωτερικές συνενώσεις, εξωτερική ένωση
    - ΣΥΝΑΘΡΟΙΣΤΙΚΕΣ ΣΥΝΑΡΤΗΣΕΙΣ (Για παράδειγμα SUM, COUNT, AVG, MIN, MAX)

# Σχήμα της βάσης δεδομένων ΕΤΑΙΡΕΙΑ

## ΕΡΓΑΖΟΜΕΝΟΣ

ΟΝΟΜΑ	ΑΡΧ_ΠΑΤ	ΕΠΙΘΕΤΟ	<u>ΑΡ_ΤΑΥΤ</u>	ΗΜ_ΓΕΝ	ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ	ΦΥΛΟ	ΜΙΣΘΟΣ	ΠΡΟΪΣΤΑΜΕΝΟΣ	ΑΡΙΘ_Τ
-------	---------	---------	----------------	--------	-----------	------	--------	--------------	--------

## ΤΜΗΜΑ

T_ΟΝΟΜΑ	<u>ΚΩΔ_ΤΜΗΜ</u>	ΔΙΕΥΘΥΝΤΗΣ	ΗΜΕΡ_ΕΝΑΡΞΗΣ
---------	-----------------	------------	--------------

## ΤΟΠΟΘ\_ΤΜΗΜΑ

<u>ΚΩΔ_ΤΜΗΜ</u>	T_ΤΟΠΟΘΕΣΙΑ
-----------------	-------------

## ΕΡΓΟ

E_ΟΝΟΜΑ	<u>ΚΩΔ_ΕΡΓΟΥ</u>	ΤΟΠ_ΕΡΓΟΥ	Κ_ΤΜΗΜΑ
---------	------------------	-----------	---------

## ΑΠΑΣΧΟΛΗΣΗ

<u>E_ΑΡΤΑΥΤ</u>	<u>Κ_ΕΡΓΟ</u>	ΩΡΕΣ
-----------------	---------------	------

## ΕΞΑΡΤΩΜΕΝΟΣ

<u>E_ΑΡΤΑΥΤ</u>	<u>ΟΝΟΜΑ_ΕΞΑΡΤΩΜΕΝΟΥ</u>	ΦΥΛΟ	ΗΜ_ΓΕΝ	ΣΧΕΣΗ
-----------------	--------------------------	------	--------	-------

- Όλα τα παραδείγματα αναφέρονται στη βάση δεδομένων ΕΤΑΙΡΕΙΑ.

# Μοναδιαίες Σχεσιακές Πράξεις: ΕΠΙΛΟΓΗ

- Η πράξη της επιλογής (συμβολίζεται με  $\sigma$ ) χρησιμοποιείται για την επιλογή ενός υποσυνόλου πλειάδων από μια σχέση με βάση μια **συνθήκη επιλογής**.
  - Η συνθήκη επιλογής δρα σαν ένα **φίλτρο**
  - Επιλέγονται μόνο οι πλειάδες που ικανοποιούν την συνθήκη
  - Οι πλειάδες που ικανοποιούν την συνθήκη **επιλέγονται** ενώ οι άλλες πλειάδες απορρίπτονται
- Παραδείγματα:
  - Επιλογή των πλειάδων ΕΡΓΑΖΟΜΕΝΟΣ που το ΤΜΗΜΑ είναι 4:  
$$\sigma_{\text{ΑΡΙΘΤ} = 4} (\text{ΕΡΓΑΖΟΜΕΝΟΣ})$$
  - Επιλογή των πλειάδων εργαζόμενος με μισθό μεγαλύτερο από €30,000:  
$$\sigma_{\text{ΜΙΣΘΟΣ} > 30,000} (\text{ΕΡΓΑΖΟΜΕΝΟΣ})$$



# Μοναδιαίες Σχεσιακές Πράξεις: ΕΠΙΛΟΓΗ

- Γενικά, η πράξη της επιλογής συμβολίζεται με  $\sigma$  <συνθήκη επιλογής>(R) όπου
  - Χρησιμοποιείται το σύμβολο  $\sigma$  για τον τελεστή επιλογή
  - Η συνθήκη επιλογής είναι Boolean (λογική) έκφραση που ορίζεται στα γνωρίσματα της σχέσης R
  - Επιλέγονται οι πλειάδες που καθιστούν την συνθήκη **true**
    - Εμφανίζονται στο αποτέλεσμα της πράξης
  - Οι πλειάδες που καθιστούν την συνθήκη **false** δεν επιλέγονται
    - Απορρίπτονται από το αποτέλεσμα της πράξης

# Μοναδιαίες Σχεσιακές Πράξεις: ΕΠΙΛΟΓΗ(συν.)

- Ιδιότητες της επιλογής
  - Η πράξη της επιλογής  $\sigma_{\langle \text{συνθήκη επιλογής} \rangle}(R)$  παράγει μια σχέση S που έχει το ίδιο σχήμα (ίδια γνωρίσματα) με την R
  - Η επιλογή  $\sigma$  είναι αντιμεταθετική:
    - $\sigma_{\langle \text{συνθήκη1} \rangle}(\sigma_{\langle \text{συνθήκη2} \rangle}(R)) = \sigma_{\langle \text{συνθήκη2} \rangle}(\sigma_{\langle \text{συνθήκη1} \rangle}(R))$
  - Λόγω της ιδιότητας της αντιμεταθετικότητας, μια ακολουθία από πράξεις επιλογής μπορεί να εφαρμοσθεί με οποιαδήποτε σειρά:
    - $\sigma_{\langle \text{συνθ1} \rangle}(\sigma_{\langle \text{συνθ2} \rangle}(\sigma_{\langle \text{συνθ3} \rangle}(R))) = \sigma_{\langle \text{συνθ2} \rangle}(\sigma_{\langle \text{συνθ3} \rangle}(\sigma_{\langle \text{συνθ1} \rangle}(R)))$
  - Μια ακολουθία από πράξεις επιλογής μπορεί να αντικατασταθεί από μια επιλογή με μια σύζευξη όλων των συνθηκών:
    - $\sigma_{\langle \text{συνθ1} \rangle}(\sigma_{\langle \text{συνθ2} \rangle}(\sigma_{\langle \text{συνθ3} \rangle}(R))) = \sigma_{\langle \text{συνθ1} \rangle \text{ AND } \langle \text{συνθ2} \rangle \text{ AND } \langle \text{συνθ3} \rangle}(R))$
  - Το πλήθος των πλειάδων του αποτελέσματος της επιλογής είναι μικρότερο (ή ίσο) με το πλήθος των πλειάδων της σχέσης εισόδου R

# Τα παρακάτω αποτελέσματα ερωτημάτων αναφέρονται σε αυτή την κατάσταση βάσης δεδομένων

ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑ	ΟΝΟΜΑ	ΑΠΧ_ΠΑΤ	ΕΠΙΘΕΤΟ	ΑΡ_ΤΑΥΤ	ΗΜ_ΓΕΝ	ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ	ΦΥΛΟ	ΜΙΣΘΟΣ	ΠΡΟΪΚΤΑ ΜΕΝΟΣ	ΑΡΙΘ_Τ
	John	B	Smith	123456789	1965-01-09	731 Fondren, Houston, TX	M	30000	333445555	5
	Franklin	T	Wong	333445555	1955-12-08	638 Voss, Houston, TX	M	40000	888667777	5
	Alicia	J	Zelaya	999887777	1968-07-19	3321 Castle, Spring, TX	F	25000	987654321	4
	Jennifer	S	Wallace	987654321	1941-06-20	975 Fire Oak, Jumble, TX	F	43000	888665555	4
	Ramesh	K	Narayan	666884444	1962-09-15	3321 Castle, Spring, TX	M	38000	333445555	5
	Joyce	A	English	453453453	1972-07-31	5631 Rice, Houston, TX	F	25000	333445555	5
	Ahmad	V	Jabbar	987987987	1969-03-29	980 Dallas, Houston, TX	M	25000	987654321	4
	James	E	Borg	888665555	1937-11-10	450 Stone, Houston, TX	M	55000	null	1

ΤΜΗΜΑ	Τ_ΟΝΟΜΑ	ΚΩΔ_ΤΜΗΜ	ΔΙΕΥΘΥΝΤΗΣ	ΗΜΕΡ_ΕΝΑΡΞΗΣ	ΤΟΠΟΘ.ΤΜΗΜΑ	
					ΚΩΔ_ΤΜΗΜΑ	Τ_ΤΟΠΟΘΕΣΙΑ
					1	Houston
					4	Stafford
Research		5	333445555	1988-05-22	5	Bellaire
Administration		4	987654321	1995-01-01	5	Sugarland
Headquarters		1	888665555	1981-06-19	5	Houston

ΑΠΑΣΧΟΛΗΣΗ	Ε_ΑΡΤΑΥΤ	Κ_ΕΡΓΟ	ΩΡΕΣ
	123456789	1	32.5
	123456789	2	7.5
	666884444	3	40.0
	453453453	1	20.0
	453453453	2	20.0
	333445555	2	10.0
	333445555	3	10.0
	333445555	10	10.0
	333445555	20	10.0
	999887777	30	30.0
	999887777	10	10.0
	999887777	10	35.5
	987987987	30	5.0
	987654321	30	20.0
	987654321	20	15.0
	888665555	20	null

ΕΡΓΟ	Ε_ΟΝΟΜΑ	ΚΩΔ_ΕΡΓΟΥ	ΤΟΠ_ΕΡΓΟΥ	Κ_ΤΜΗΜΑ
ProductX		1	Bellaire	5
ProductY		2	Sugarland	5
ProductZ		3	Houston	5
Computerization		10	Stafford	4
Reorganization		20	Houston	1
Newbenefits		30	Stafford	4

ΕΞΑΡΤΩΜΕΝΟΣ	Ε_ΑΡΤΑΥΤ	ΟΝΟΜΑ_ΕΞΑΡΤΩΜΕΝΟΥ	ΦΥΛΟ	ΗΜ_ΓΕΝ	ΣΧΕΣΗ
	333445555	Alice	F	1986-04-05	DAUGHTER
	333445555	Theodore	M	1983-10-25	SON
	333445555	Joy	F	1958-05-03	SPOUSE
	987654321	Abner	M	1942-02-28	SPOUSE
	123456789	Michael	M	1988-01-04	SON
	123456789	Alice	F	1988-12-30	DAUGHTER
	123456789	Elizabeth	F	1967-05-05	SPOUSE

Εικόνα 5.6 Μια πιθανή κατάσταση της βάσης δεδομένων που αντιστοιχεί στο σχήμα ΕΤΑΙΡΕΙΑ.

# Μοναδιαίες Σχεσιακές Πράξεις: ΠΡΟΒΟΛΗ

- Η πράξη της προβολής συμβολίζεται με  $\pi$
- Η πράξη αυτή διατηρεί κάποιες στήλες (γνωρίσματα) από μια σχέση και απορρίπτει τις άλλες στήλες.
  - Η προβολή δημιουργεί μια κατακόρυφη διαμέριση
    - Η λίστα (γνωρίσματα) των στηλών που προσδιορίζεται διατηρείται σε κάθε πλειάδα
    - Τα άλλα γνωρίσματα σε κάθε πλειάδα απορρίπτονται
- Παράδειγμα: Για να εμφανισθεί το όνομα, το επίθετο και ο μισθός των εργαζομένων, χρησιμοποιείται η:

$\pi_{\text{ΕΠΙΘΕΤΟ, ΟΝΟΜΑ, ΜΙΣΘΟΣ}}(\text{ΕΡΓΑΖΟΜΕΝΟΣ})$

# Μοναδιαίες Σχεσιακές Πράξεις: ΠΡΟΒΟΛΗ(συν.)

- Η γενική μορφή της πράξης προβολή είναι:

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

- $\pi$  είναι το σύμβολο που χρησιμοποιείται για να παρασταθεί η πράξη της προβολής
- $\langle \text{λίστα γνωρισμάτων} \rangle$  είναι η επιθυμητή λίστα των γνωρισμάτων από τη σχέση  $R$ .
- Η πράξη της προβολής δεν εμφανίζει διπλότυπες πλειάδες
  - Αυτό γίνεται επειδή το αποτέλεσμα της πράξης της προβολής πρέπει να είναι ένα σύνολο από πλειάδες
    - Τα σύνολα στα μαθηματικά δεν επιτρέπουν διπλά στοιχεία.

# Μοναδιαίες Σχισιακές Πράξεις: ΠΡΟΒΟΛΗ(συν.)

- Ιδιότητες της πράξης ΠΡΟΒΟΛΗ
  - Το πλήθος των πλειάδων στο αποτέλεσμα της προβολής  $\pi_{\langle \text{λίστα} \rangle}(R)$  είναι πάντα μικρότερο ή ίσο με το πλήθος των πλειάδων της  $R$ 
    - Αν η λίστα των γνωρισμάτων περιλαμβάνει ένα κλειδί της  $R$ , τότε το πλήθος των πλειάδων του αποτελέσματος της προβολής είναι ίσο με το πλήθος των πλειάδων της  $R$
  - Η προβολή *δεν είναι αντιμεταθετική*
    - $\pi_{\langle \text{list1} \rangle}(\pi_{\langle \text{list2} \rangle}(R)) = \pi_{\langle \text{list1} \rangle}(R)$  αν το  $\langle \text{list2} \rangle$  περιέχει τα γνωρίσματα της  $\langle \text{list1} \rangle$

# Παραδείγματα Εφαρμογής των πράξεων ΕΠΙΛΟΓΗ και ΠΡΟΒΟΛΗ

$\sigma_{(ΑΡΙΘ\_Τ = 4 \text{ AND } ΜΙΣΘΟΣ > 25.000) \text{ OR } (ΑΡΙΘ\_Τ = 5 \text{ AND } ΜΙΣΘΟΣ > 30.000)}$  (ΕΡΓΑΖΟΜΕΝΟΣ)

Το αποτέλεσμα φαίνεται στην Εικόνα 6.1(α).

(α)

ΟΝΟΜΑ	ΑΡΧ_ΠΑΤ	ΕΠΙΘΕΤΟ	ΑΡ_ΤΑΥΤ	ΗΜ_ΓΕΝ	ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ	ΦΥΛΟ	ΜΙΣΘΟΣ	ΠΡΟΪΣΤΑΜΕΝΟΣ	ΑΡΙΘ_Τ
Franklin	T	Wong	333445555	1955-12-08	638 Voss, Houston, TX	M	40000	888667777	5
Jennifer	S	Wallace	987654321	1941-06-20	291 berry, Bellaire, TX	F	43000	888665555	4
Ramesh	K	Narayan	666884444	1962-09-15	975 FireOak, Humble, TX	M	38000	333445555	5

(β)

ΕΠΙΘΕΤΟ	ΟΝΟΜΑ	ΜΙΣΘΟΣ
Smith	John	30000
Wong	Franklin	40000
Zelaya	Alicia	25000
Wallace	Jennifer	43000
Narayan	Ramesh	38000
English	Joyce	25000
Jabbar	Ahmad	25000
Borg	James	55000

(γ)

ΦΥΛΟ	ΜΙΣΘΟΣ
M	30000
M	40000
F	25000
F	43000
M	38000
M	25000
M	55000

# Εκφράσεις της Σχεσιακής Άλγεβρας

- Μπορεί να θέλουμε να εφαρμόσουμε διάφορες πράξεις της σχεσιακής άλγεβρας την μια μετά την άλλη
  - Μπορούμε να γράψουμε τις πράξεις είτε σαν μια **έκφραση της σχεσιακής άλγεβρας** εμφωλεύοντας πράξεις, ή
  - Μπορούμε να εφαρμόσουμε μια πράξη τη φορά και να δημιουργήσουμε **ενδιάμεσα αποτελέσματα σχέσεων**.
- Στην τελευταία περίπτωση, πρέπει να δώσουμε ονόματα στις σχέσεις με τα ενδιάμεσα αποτελέσματα.



# Απλή έκφραση έναντι ακολουθίας σχεσιακών πράξεων (Παράδειγμα)

- Για ανάκτηση του ονόματος, του επιθέτου, και του μισθού όλων των εργαζομένων στο τμήμα 5, πρέπει να εφαρμόσουμε μια πράξη επιλογής και μια πράξη προβολής
- Μπορούμε να γράψουμε μια απλή έκφραση της σχεσιακής άλγεβρας σαν:
  - $\pi_{\text{ΟΝΟΜΑ, ΕΠΙΘΕΤΟ, ΜΙΣΘΟΣ}}(\sigma_{\text{ΑΡΙΘΤ=5}}(\text{ΕΡΓΑΖΟΜΕΝΟΣ}))$
- Ή μπορούμε να δείξουμε ρητά την ακολουθία των πράξεων, δίνοντας ένα όνομα σε κάθε ενδιάμεση σχέση:
  - $\text{ΤΜΗΜ5\_ΕΡΓ} \leftarrow \sigma_{\text{ΑΡΙΘΤ=5}}(\text{ΕΡΓΑΖΟΜΕΝΟΣ})$
  - $\text{ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑ} \leftarrow \pi_{\text{ΟΝΟΜΑ, ΕΠΙΘΕΤΟ, ΜΙΣΘΟΣ}}(\text{ΤΜΗΜ5\_ΕΡΓ})$

# Μοναδιαίες σχεσιακές πράξεις: Μετονομασία

- Ο τελεστής της μετονομασίας (RENAME) συμβολίζεται με ρ
- Σε μερικές περιπτώσεις, μπορεί να θέλουμε να μετονομασθούν τα γνωρίσματα μιας σχέσης ή το όνομα της σχέσης ή και τα δύο
  - Είναι χρήσιμο όταν μια ερώτηση απαιτεί πολλαπλές πράξεις
  - Απαραίτητο σε μερικές περιπτώσεις (βλ. την πράξη JOIN)

# Μοναδιαίες σχεσιακές πράξεις: Μετονομασία (συν.)

- Η γενική πράξη μετονομασίας  $\rho$  μπορεί να εκφρασθεί με οποιαδήποτε από τις παρακάτω μορφές:
  - $\rho_S(B_1, B_2, \dots, B_n)(R)$  αλλάζει και τα δύο:
    - Το όνομα της σχέσης σε  $S$ , και
    - Τα ονόματα  $B_1, B_1, \dots, B_n$  της στήλης(γνώρισμα)
  - $\rho_S(R)$  αλλάζει:
    - Μόνο το όνομα της σχέσης σε  $S$
  - $\rho_{(B_1, B_2, \dots, B_n)}(R)$  αλλάζει:
    - Μόνο τα ονόματα  $B_1, B_1, \dots, B_n$  των στηλών (γνωρισμάτων)

# Μοναδιαίες σχεσιακές πράξεις: Μετονομασία (συν.)

- Για ευκολία, χρησιμοποιούμε επίσης μια *συντομογραφία* για μετονομασία των γνωρισμάτων σε μια ενδιαμέση σχέση:
  - **Αν γράψουμε:**
    - $RESULT \leftarrow \pi_{\text{ΟΝΟΜΑ, ΕΠΙΘΕΤΟ, ΜΙΣΘΟΣ}} (TMHM5\_EPG)$
    - Το RESULT θα έχει τα *ίδια ονόματα γνωρισμάτων* όπως η TMHM5\_EPG (ίδια γνωρίσματα με την ΕΡΓΑΖΟΜΕΝΟΣ)
  - **Αν γράψουμε:**
    - $RESULT (F, M, L, S, B, A, SX, SAL, SU, DNO) \leftarrow \rho$   
 $RESULT (F.M.L.S.B,A,SX,SAL,SU, DNO) (TMHM5\_EPG)$
    - ΤΑ 10 γνωρίσματα της TMHM5\_EPG *μετονομάζονται* σε F, M, L, S, B, A, SX, SAL, SU, DNO, αντίστοιχα

# Παράδειγμα εφαρμογής πολλών πράξεων και μετονομασίας

(α)

ΟΝΟΜΑ	ΕΠΙΘΕΤΟ	ΜΙΣΘΟΣ
John	Smith	30000
Franklin	Wong	40000
Ramesh	Narayan	38000
Joyce	English	25000

(β)

ΠΡΟΣΩΠ	ΟΝΟΜΑ	ΑΡΧ_ΠΑΤ	ΕΠΙΘΕΤΟ	ΑΡ_ΤΑΥΤ	ΗΜ_ΓΕΝ	ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ	ΦΥΛΟ	ΜΙΣΘΟΣ	ΠΡΟΪΣΤΑ-ΜΕΝΟΣ	ΑΡΙΘ_Τ
	John	B	Smith	123456789	1965-01-09	731 Fondren,Houston,TX	M	30000	333445555	5
	Franklin	T	Wong	333445555	1955-12-08	638,Voss,Houston,TX	M	40000	888665555	5
	Ramesh	K	Narayan	666884444	1962-09-15	975 Fire Oak,Humble,TX	M	38000	333445555	5
	Joyce	A	English	453453453	1972-07-31	5631 Rice,Houston,TX	F	25000	333445555	5

R	ΧΡΙΣΤ_ΟΝΟΜΑ	ΟΙΚ_ΟΝΟΜΑ	ΜΙΣΘΟΣ
	John	Smith	30000
	Franklin	Wong	40000
	Ramesh	Narayan	38000
	Joyce	English	25000

# Πράξεις της σχεσιακής άλγεβρας από την θεωρία συνόλων: ΕΝΩΣΗ

## ■ Πράξη ΕΝΩΣΗ

- Δυαδική πράξη, συμβολίζεται με  $\cup$
- Το αποτέλεσμα της  $R \cup S$ , είναι μια σχέση που περιλαμβάνει όλες τις πλειάδες που είτε ανήκουν στην  $R$  ή στην  $S$  ή και στην  $R$  και στην  $S$
- Οι διπλότυπες πλειάδες απαλείφονται
- Οι δύο σχέσεις  $R$  και  $S$  πρέπει να είναι “συμβατές προς τον τύπο” (ή συμβατές προς την ΕΝΩΣΗ)
  - Η  $R$  και η  $S$  πρέπει να έχουν το ίδιο πλήθος γνωρισμάτων
  - Κάθε ζεύγος αντίστοιχων γνωρισμάτων πρέπει να έχουν συμβατό τύπο (να έχουν το ίδιο ή συμβατά πεδία ορισμού)

# Πράξεις της σχεσιακής άλγεβρας από την θεωρία συνόλων: ΕΝΩΣΗ

## ■ Παράδειγμα:

- Να ανακτηθούν οι αριθμοί ταυτότητας όλων των εργαζομένων που ή δουλεύουν στο τμήμα 5 (ΑΠΟΤΕΛ1 παρακάτω) ή είναι άμεσοι προϊστάμενοι ενός εργαζομένου στο τμήμα 5 (ΑΠΟΤΕΛ2 παρακάτω)
- Μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε την πράξη της ένωσης όπως:

$TMHM5\_ERG \leftarrow \sigma_{\text{ΑΡΙΘ\_Τ=5}} (ERG\text{ΑΖΟΜΕΝΟΣ})$

$ΑΠΟΤΕΛ1 \leftarrow \pi_{\text{ΑΡ\_ΤΑΥΤ}}(TMHM5\_ERG)$

$ΑΠΟΤΕΛ2(ΑΡ\_ΤΑΥΤ) \leftarrow \pi_{\text{ΣΠΡΟΙΣΤΑΜΕΝΟΣ}}(TMHM5\_ERG)$

$ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑ \leftarrow ΑΠΟΤΕΛ1 \cup ΑΠΟΤΕΛ2$

- Η πράξη της ένωσης παράγει τις πλειάδες που ανήκουν ή στην ΑΠΟΤΕΛ1 ή στην ΑΠΟΤΕΛ2 ή και στις δύο.

# Παράδειγμα του αποτελέσματος πράξης ένωσης

- Παράδειγμα ένωσης

ΑΠΟΤΕΛ 1	ΑΡ_ΤΑΥΤ	ΑΠΟΤΕΛ 2	ΑΡ_ΤΑΥΤ	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑ	ΑΡ_ΤΑΥΤ
	123456789		333445555		123456789
	333445555		888665555		333445555
	666884444				666884444
	453453453				453453453
					888665555



# Πράξεις της σχεσιακής άλγεβρας από την θεωρία συνόλων

- Για τις δυαδικές πράξεις συνόλων ένωση  $\cup$  (καθώς και την τομή  $\cap$ , και τη διαφορά  $-$ ) απαιτείται συμβατότητα τύπου των τελεστών
- Οι  $R1(A1, A2, \dots, An)$  και  $R2(B1, B2, \dots, Bn)$  είναι συμβατές προς τον τύπο αν:
  - Έχουν το ίδιο πλήθος γνωρισμάτων, και
  - Τα πεδία ορισμού των αντίστοιχων γνωρισμάτων είναι συμβατά προς τον τύπο (δηλ  $dom(Ai)=dom(Bi)$  για  $i=1, 2, \dots, n$ ).
- Η σχέση που προκύπτει για το  $R1 \cup R2$  (καθώς και το  $R1 \cap R2$ , ή το  $R1 - R2$ ) έχει τα ίδια ονόματα γνωρισμάτων με την *πρώτη* σχέση  $R1$  (συμβατικά)

# Πράξεις της σχεσιακής άλγεβρας από την θεωρία συνόλων : ΤΟΜΗ

- Η τομή συμβολίζεται με  $\cap$
- Το αποτέλεσμα της πράξης  $R \cap S$ , είναι μια σχέση που περιέχει όλες τις πλειάδες που ανήκουν και στην  $R$  και στην  $S$ 
  - Τα ονόματα των γνωρισμάτων του αποτελέσματος θα είναι τα ίδια με τα ονόματα των γνωρισμάτων της  $R$
- Οι δύο σχέσεις τελεστέοι  $R$  και  $S$  πρέπει να είναι “συμβατοί προς τον τύπο”

# Πράξεις της σχεσιακής άλγεβρας από την θεωρία συνόλων : ΔΙΑΦΟΡΑ

- Η Διαφορά συνόλων (λέγεται και MINUS ή EXCEPT) συμβολίζεται με το  $-$
- Το αποτέλεσμα της  $R - S$ , είναι μια σχέση που περιέχει όλες τις πλειάδες που ανήκουν στην  $R$  αλλά όχι στην  $S$ 
  - Τα ονόματα των γνωρισμάτων στο αποτέλεσμα θα είναι ίδια με τα ονόματα των γνωρισμάτων στην  $R$
- Οι δύο σχέσεις τελεστέοι  $R$  και  $S$  πρέπει να είναι “συμβατοί προς τον τύπο”

# Παράδειγμα για UNION, INTERSECT, και DIFFERENCE

(α)

ΦΟΙΤΗΤΗΣ	ΟΝ	ΕΠ
	Susan	Yao
	Ramesh	Shah
	Johnny	Kohler
	Barbara	Jones
	Amy	Ford
	Jimmy	Wang
	Ernest	Gilberd

ΔΙΔΑΣΚΩΝ	ΟΝΟΜΑ	ΕΠΙΘΕΤΟ
	John	Smith
	Ricardo	Browne
	Susan	Yao
	Francis	Johnson
	Ramesh	Shah

(β)

ΟΝ	ΕΠ
Susan	Yao
Ramesh	Shah
Johnny	Kohler
Barbara	Jones
Amy	Ford
Jimmy	Wang
Ernest	Gilberd
John	Smith
Ricardo	Browne
Francis	Johnson

(γ)

ΟΝ	ΕΠ
Susan	Yao
Ramesh	Shah

(δ)

ΟΝ	ΕΠ
Johnny	Kohler
Barbara	Jones
Amy	Ford
Jimmy	Wang
Ernest	Gilberd

(ε)

ΟΝΟΜΑ	ΕΠΙΘΕΤΟ
John	Smith
Ricardo	Browne
Francis	Johnson

**Εικόνα 6.4** Οι πράξεις ένωσης, τομής και διαφοράς συνόλων. (α) Δύο σχέσεις συμβατές ως προς την ένωση. (β) ΦΟΙΤΗΤΗΣ  $\cup$  ΔΙΔΑΣΚΩΝ. (γ) ΦΟΙΤΗΤΗΣ  $\cap$  ΔΙΔΑΣΚΩΝ. (δ) ΦΟΙΤΗΤΗΣ  $-$  ΔΙΔΑΣΚΩΝ. (ε) ΔΙΔΑΣΚΩΝ  $-$  ΦΟΙΤΗΤΗΣ.

# Ιδιότητες των ΕΝΩΣΗ, ΤΟΜΗ, και ΔΙΑΦΟΡΑ

- Τόσο η τομή όσο και η ένωση είναι *αντιμεταθετικές* πράξεις· δηλαδή
  - $R \cup S = S \cup R$ , και  $R \cap S = S \cap R$
- Τόσο η ένωση όσο και η τομή μπορούν να θεωρηθούν και σαν *n-τάξεως* πράξεις που εφαρμόζονται σε οποιοδήποτε πλήθος σχέσεων καθώς είναι και οι δύο *προσεταιριστικές* πράξεις· δηλαδή
  - $R \cup (S \cap T) = (R \cup S) \cap T$
  - $(R \cap S) \cup T = R \cap (S \cup T)$
- Η διαφορά δεν είναι αντιμεταθετική· δηλαδή, γενικά
  - $R - S \neq S - R$

# Πράξεις της σχεσιακής άλγεβρας από την θεωρία συνόλων : ΚΑΡΤΕΣΙΑΝΟ ΓΙΝΟΜΕΝΟ

- Πράξη Καρτεσιανού (ή ΧΙΑΣΤΙ) γινομένου
  - Η πράξη αυτή χρησιμοποιείται για να συνδυασθούν πλειάδες από δύο σχέσεις κατά συνδυαστικό τρόπο.
  - Συμβολίζεται με  $R(A_1, A_2, \dots, A_n) \times S(B_1, B_2, \dots, B_m)$
  - Το αποτέλεσμα είναι μια σχέση  $Q$  βαθμού  $n + m$  γνωρισμάτων:
    - $Q(A_1, A_2, \dots, A_n, B_1, B_2, \dots, B_m)$ , με αυτή τη σειρά.
  - Η κατάσταση της σχέσης που προκύπτει έχει μια πλειάδα για κάθε συνδυασμό πλειάδων —μια από  $R$  και μια από την  $S$ .
  - Επομένως, αν η  $R$  έχει  $n_R$  πλειάδες (συμβολίζεται με  $|R| = n_R$ ), και η  $S$  έχει  $n_S$  πλειάδες, τότε η  $R \times S$  θα έχει  $n_R * n_S$  πλειάδες.
  - Οι δύο τελεστές ΔΕΝ χρειάζεται να είναι “συμβατοί προς τον τύπο”

## Πράξεις της σχεσιακής άλγεβρας από την θεωρία συνόλων : ΚΑΡΤΕΣΙΑΝΟ ΓΙΝΟΜΕΝΟ(συν.)

- Γενικά, το Καρτεσιανό γινόμενο δεν είναι μια πράξη με σημασία
  - Μπορεί να έχει πρακτική σημασία όταν ακολουθείται από άλλες πράξεις
- Παράδειγμα (χωρίς σημασία):
  - $ΓΥΝ\_ΕΡΓΑΖ \leftarrow \sigma_{\text{ΦΥΛΟ}='F'}(ΕΡΓΑΖΟΜΕΝΟΣ)$
  - $ΟΝΟΜ\_ΕΡΓΑΖ \leftarrow \pi_{\text{ΟΝΟΜΑ, ΕΟΙΘΕΤΟ, ΑΡ\_ΤΑΥΤ}}(FEMALE\_EMPS)$
  - $ΕΞΑΡΤ\_ΕΡΓΑΖ \leftarrow ΟΝΟΜ\_ΕΡΓΑΖ \times ΕΞΑΡΤΩΜΕΝΟΣ$
- Η  $ΕΞΑΡΤ\_ΕΡΓΑΖ$  θα περιέχει κάθε συνδυασμό  $ΟΝΟΜ\_ΕΡΓΑΖ$  και  $ΕΞΑΡΤΩΜΕΝΟΣ$ 
  - Είτε σχετίζονται είτε όχι

## Πράξεις της σχεσιακής άλγεβρας από την θεωρία συνόλων : ΚΑΡΤΕΣΙΑΝΟ ΓΙΝΟΜΕΝΟ(συν.)

- Για να έχουμε μόνο τους συνδυασμούς όπου ο ΕΞΑΡΤΩΜΕΝΟΣ σχετίζεται με τον ΕΡΓΑΖΟΜΕΝΟ, προσθέτουμε μια πράξη επιλογής
- Παράδειγμα (με σημασία):
  - $ΓΥΝ\_ΕΡΓΑΖ \leftarrow \sigma_{\text{ΦΥΛΟ}='F'}(\text{ΕΡΓΑΖΟΜΕΝΟΣ})$
  - $ΟΝΟΜ\_ΕΡΓΑΖ \leftarrow \pi_{\text{ΟΝΟΜΑ}, \text{ΕΠΙΘΕΤΟ}, \text{ΑΡ\_ΤΑΥΤ}}(\text{FEMALE\_EMPS})$
  - $ΕΞΑΡΤ\_ΕΡΓΑΖ \leftarrow ΟΝΟΜ\_ΕΡΓΑΖ \times ΕΞΑΡΤΩΜΕΝΟΣ$
  - $ΠΡΑΓΜ\_ΕΞΑΡΤ \leftarrow \sigma_{\text{ΑΡ\_ΤΑΥΤ}=\text{Ε\_ΑΡΤΑΥΤ}}(\text{ΕΞΑΡΤ\_ΕΡΓΑΖ})$
  - $ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑ \leftarrow \pi_{\text{ΟΝΟΜΑ}, \text{ΕΠΙΘΕΤΟ}, \text{ΟΝΟΜΑ\_ΕΞΑΡΤΩΜΕΝΟΥ}}(\text{ΠΡΑΓΜ\_ΕΞΑΡΤ})$
- Τώρα η ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑ θα περιέχει τις γυναίκες εργαζόμενες και τα εξαρτώμενα μέλη τους



# Παράδειγμα εφαρμογής Καρτεσιανού γινομένου

ΓΥΝ_ΕΡΓΑΖ	ΟΝΟΜΑ	ΑΡΧ_ΠΙΑΤ	ΕΠΙΘΕΤΟ	ΑΡ_ΤΑΥΤ	ΗΜ_ΓΕΝ	ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ	ΦΥΛΟ	ΜΙΣΘΟΣ	ΠΡΟΪΣΤΑΜΕΝΟΣ	ΑΡΙΘ_Τ
	Alicia	J	Zelaya	999887777	1968-07-19	3321 Castle, Spring, TX	F	25000	987654321	4
	Jennifer	S	Wallace	987654321	1941-06-20	291 Berry, Bellaire, TX	F	43000	888665555	4
	Joyce	A	English	453453453	1972-07-31	5631 Rice, Houston, TX	F	25000	333445555	5

ΟΝΟΜ_ΕΡΓΑΖ	ΟΝΟΜΑ	ΕΠΙΘΕΤΟ	ΑΡ_ΤΑΥΤ
	Alicia	Zelaya	999887777
	Jennifer	Wallace	987654321
	Joyce	English	453453453

ΕΞΑΡΤ_ΕΡΓΑΖ	ΟΝΟΜΑ	ΕΠΙΘΕΤΟ	ΑΡ_ΤΑΥΤ	Ε_ΑΡΤΑΥΤ	ΟΝΟΜΑ_ΕΞΑΡΤΩΜΕΝΟΥ	ΦΥΛΟ	ΗΜ_ΓΕΝ	...
	Alicia	Zelaya	999887777	333445555	Alice	F	1986-04-05	...
	Alicia	Zelaya	999887777	333445555	Theodore	M	1983-10-25	...
	Alicia	Zelaya	999887777	333445555	Joy	F	1958-05-03	...
	Alicia	Zelaya	999887777	987654321	Abner	M	1942-02-28	...
	Alicia	Zelaya	999887777	123456789	Michael	M	1988-01-04	...
	Alicia	Zelaya	999887777	123456789	Alice	F	1988-12-30	...
	Alicia	Zelaya	999887777	123456789	Elizabeth	F	1967-05-05	...
	Jennifer	Wallace	987654321	333445555	Alice	F	1986-04-05	...
	Jennifer	Wallace	987654321	333445555	Theodore	M	1983-10-25	...
	Jennifer	Wallace	987654321	333445555	Joy	F	1958-05-03	...
	Jennifer	Wallace	987654321	987654321	Abner	M	1942-02-28	...
	Jennifer	Wallace	987654321	123456789	Michael	M	1988-01-04	...
	Jennifer	Wallace	987654321	123456789	Alice	F	1988-12-30	...
	Jennifer	Wallace	987654321	123456789	Elizabeth	F	1967-05-05	...
	Joyce	English	453453453	333445555	Alice	F	1986-04-05	...
	Joyce	English	453453453	333445555	Theodore	M	1983-10-25	...
	Joyce	English	453453453	333445555	Joy	F	1958-05-03	...
	Joyce	English	453453453	987654321	Abner	M	1942-02-28	...
	Joyce	English	453453453	123456789	Michael	M	1988-01-04	...
	Joyce	English	453453453	123456789	Alice	F	1988-12-30	...
	Joyce	English	453453453	123456789	Elizabeth	F	1967-05-05	...

ΠΡΑΓΜ_ΕΞΑΡΤ	ΟΝΟΜΑ	ΕΠΙΘΕΤΟ	ΑΡ_ΤΑΥΤ	Ε_ΑΡΤΑΥΤ	ΟΝΟΜΑ_ΕΞΑΡΤΩΜΕΝΟΥ	ΦΥΛΟ	ΗΜ_ΓΕΝ
	Jennifer	Wallace	987654321	987654321	Abner	M	1942-02-28

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑ	ΟΝΟΜΑ	ΕΠΙΘΕΤΟ	ΟΝΟΜΑ_ΕΞΑΡΤΩΜΕΝΟΥ
	Jennifer	Wallace	Abner

# Διαδικές σχεσιακές πράξεις: Συνένωση (JOIN)

- Η πράξη της συνένωσης (συμβολίζεται με  $\bowtie$  )
  - Η σειρά Καρτεσιανό γινόμενο ακολουθούμενο από ΕΠΙΛΟΓΗ χρησιμοποιείται συχνά για προσδιορισμό και επιλογή από δύο σχέσεις πλειάδων που σχετίζονται
  - Μια ειδική πράξη, ονομάζεται JOIN συνδυάζει αυτή την ακολουθία πράξεων σε μια πράξη
  - Αυτή η πράξη είναι πολύ σημαντική για κάθε σχεσιακή βάση δεδομένων με περισσότερες από μια σχέσεις, επειδή μας επιτρέπει να *συνδυάζουμε πλειάδες που σχετίζονται από διαφορετικές σχέσεις*
  - Η γενική μορφή της πράξης της συνένωσης δύο σχέσεων  $R(A_1, A_2, \dots, A_n)$  και  $S(B_1, B_2, \dots, B_m)$  είναι:
$$R \bowtie_{\langle \text{συνθήκη συνένωση} \rangle} S$$
  - Όπου οι  $R$  και  $S$  μπορεί να είναι οποιεσδήποτε σχέσεις που προκύπτουν από *εκφράσεις της σχεσιακής άλγεβρας*.

# Διαδικές σχεσιακές πράξεις: Συνένωση (συν.)

- Παράδειγμα: Υποθέστε ότι θέλουμε να ανακτήσουμε το όνομα του διευθυντή κάθε τμήματος.
  - Για το όνομα του διευθυντή, πρέπει να συνδυάσουμε κάθε πλειάδα ΤΜΗΜΑ με την πλειάδα ΕΡΓΑΖΟΜΕΝΟΣ με τιμή ΑΡ\_ΤΑΥΤ ίδια με την τιμή ΔΙΕΥΘΥΝΤΗΣ στην πλειάδα ΤΜΗΜΑ.
  - Το επιτυγχάνουμε με χρήση της πράξης συνένωσης  $\bowtie$ .
- $\DeltaΙΕΥΘ\_ΤΜΗΜ \leftarrow ΤΜΗΜΑ \bowtie_{\DeltaΙΕΥΘΥΝΤΗΣ=ΑΡ\_ΤΑΥΤ} ΕΡΓΑΖΟΜΕΝΟΣ$
- $\DeltaΙΕΥΘΥΝΤΗΣ=ΑΡ\_ΤΑΥΤ$  είναι η συνθήκη συνένωσης
  - Συνδυάζει κάθε εγγραφή τμήμα με τον εργαζόμενο που διευθύνει το τμήμα
  - Η συνθήκη συνένωσης μπορεί να ορισθεί και σαν  $ΤΜΗΜΑ.ΔΙΕΥΘΥΝΤΗΣ= ΕΡΓΑΖΟΜΕΝΟΣ.ΑΡ\_ΤΑΥΤ$

# Παράδειγμα εφαρμογής συνένωσης

ΔΙΕΥΘ_ΤΜΗΜ	T_ONOMA	ΚΩΔ_ΤΜΗΜ	ΔΙΕΥΘΥΝΤΗΣ	...	ONOMA	ΑΡΧ_ΠΑΤ	ΕΠΙΘΕΤΟ	ΑΡ_ΤΑΥΤ	...
	Research	5	333445555	...	Franklin	T	Wong	333445555	...
	Administration	4	987654321	...	Jennifer	S	Wallace	987654321	...
	Headquarters	1	888665555	...	James	E	Borg	888665555	...

ΔΙΕΥΘ\_ΤΜΗΜ ← ΤΜΗΜΑ  ΜGRSSN=SSN ΕΡΑΖΟΜΕΝΟΣ

# Μερικές ιδιότητες της συνένωσης

- Έστω η παρακάτω πράξη συνένωσης:
  - $R(A_1, A_2, \dots, A_n) \bowtie_{R.A_i=S.B_j} S(B_1, B_2, \dots, B_m)$
  - Το αποτέλεσμα είναι μια σχέση  $Q$  βαθμού  $n + m$  :
    - $Q(A_1, A_2, \dots, A_n, B_1, B_2, \dots, B_m)$ , με αυτή τη σειρά.
  - Η κατάσταση της σχέσης που προκύπτει έχει μια πλειάδα για κάθε συνδυασμό πλειάδων— $r$  από την  $R$  και  $s$  από την  $S$ , αλλά μόνο αν ικανοποιούν την συνθήκη συνένωσης  $r[A_i]=s[B_j]$
  - Επομένως, αν η  $R$  έχει  $n_R$  πλειάδες, και η  $S$  έχει  $n_S$  πλειάδες, τότε το αποτέλεσμα της συνένωσης θα έχει γενικά λιγότερες από  $n_R * n_S$  πλειάδες.
  - Μόνο οι σχετιζόμενες πλειάδες (με βάση τη συνθήκη συνένωσης) θα εμφανισθούν στο αποτέλεσμα

# Μερικές ιδιότητες της συνένωσης

- Η ενική περίπτωση της πράξης της συνένωσης ονομάζεται θήτα συνένωση (Theta-join):  $R \bowtie_{theta} S$
- Η συνθήκη συνένωσης ονομάζεται *theta*
- *Theta* μπορεί να είναι οποιαδήποτε λογική (boolean) έκφραση στα γνωρίσματα των R και S· για παράδειγμα:
  - $R.A_i < S.B_j \text{ AND } (R.A_k = S.B_l \text{ OR } R.A_p < S.B_q)$
- Οι περισσότερες συνθήκες συνένωσης περιλαμβάνουν μια ή περισσότερες συνθήκες συνένωσης συνδεδεμένων με τον τελεστή “AND”· για παράδειγμα:
  - $R.A_i = S.B_j \text{ AND } R.A_k = S.B_l \text{ AND } R.A_p = S.B_q$

# Διαδικές σχεσιακές πράξεις: EQUIJOIN

- Συνένωση ισότητας
- Η πιο συνηθισμένη χρήση της συνένωσης περιλαμβάνει συνθήκες συνένωσης με *συγκρίσεις ισότητας* μόνο
- Μια τέτοια συνένωση, όπου ο μόνος τελεστής σύγκρισης που χρησιμοποιείται είναι =, ονομάζεται συνένωση ισότητας (EQUIJOIN).
  - Στο αποτέλεσμα μιας συνένωσης ισότητας έχουμε πάντα ένα ή περισσότερα ζεύγη γνωρισμάτων (που δεν χρειάζεται να έχουν τα ίδια ονόματα) που έχουν τις ίδιες τιμές σε κάθε πλειάδα.
  - Η συνένωση του προηγούμενου παραδείγματος ήταν συνένωση ισότητας.

# Διαδικές σχεσιακές πράξεις :

## Πράξη Φυσικής συνένωσης

- Πράξη φυσικής συνένωσης
  - Μια άλλη παραλλαγή της συνένωσης λέγεται φυσική συνένωση (NATURAL JOIN) — συμβολίζεται με \* — δημιουργήθηκε για να απαλλαγούμε από το δεύτερο (πλεονάζον) γνώρισμα σε μια συνένωση ισότητας.
    - Επειδή κάθε ζεύγος γνωρισμάτων με τις ίδιες τιμές πλεονάζει
  - Ο τυπικός ορισμός της φυσικής συνένωσης απαιτεί τα δύο γνωρίσματα συνένωσης, ή κάθε ζεύγος αντίστοιχων γνωρισμάτων συνένωσης, να έχουν το ίδιο όνομα και στις δύο σχέσεις
  - Αν δεν συμβαίνει αυτό, εφαρμόζεται πρώτα μια πράξη μετονομασίας.



# Διαδικές σχεσιακές πράξεις :

## Πράξη Φυσικής συνένωσης(συν.)

- Παράδειγμα: Για να εφαρμόσουμε φυσική συνένωση στα γνωρίσματα συνένωσης ΚΩΔ\_ΤΜΗΜ της ΤΜΗΜΑ και της ΤΟΠΟΘ\_ΤΜΗΜΑ, αρκεί να γράψουμε:
  - $ΤΟΠ\_ΤΜΗΜ \leftarrow ΤΜΗΜΑ * ΤΟΠΟΘ\_ΤΜΗΜΑ$
- Το μόνο γνώρισμα με το ίδιο όνομα είναι το ΚΩΔ\_ΤΜΗΜ
- Με βάση αυτό το γνώρισμα δημιουργείται μια έμεση συνθήκη συνένωσης:  
 $ΤΜΗΜΑ. ΚΩΔ\_ΤΜΗΜ = ΤΟΠΟΘ\_ΤΜΗΜΑ. ΚΩΔ\_ΤΜΗΜ$
- Ένα άλλο παράδειγμα:  $Q \leftarrow R(A,B,C,D) * S(C,D,E)$ 
  - Η έμεση συνθήκη συνένωσης περιλαμβάνει *κάθε ζεύγος* γνωρισμάτων με το ίδιο όνομα, σε σύζευξη:
    - $R.C=S.C \text{ AND } R.D.S.D$
  - Στο αποτέλεσμα εμφανίζεται μόνο ένα γνώρισμα:
    - $Q(A,B,C,D,E)$

# Παράδειγμα πράξης φυσικής συνένωσης

ΕΡΓΟ_ΤΜΗΜΑ	E_ONOMA	ΚΩΔ_ΕΡΓΟΥ	ΤΟΠ_ΕΡΓΟΥ	Κ_ΤΜΗΜΑ	T_ONOMA	ΔΙΕΥΘΥΝΤΗΣ	ΗΜΕΡ_ΕΝΑΡΞΗΣ
(α)	ProductX	1	Bellaire	5	Research	333445555	1988-05-22
	ProductY	2	Sugarland	5	Research	333445555	1988-05-22
	ProductZ	3	Houston	5	Research	333445555	1988-05-22
	Computerization	10	Stafford	4	Administration	987654321	1995-01-01
	Reorganization	20	Houston	1	Headquarters	888665555	1981-06-19
	Newbenefits	30	Stafford	4	Administration	987654321	1995-01-01

ΤΜΗΜ_ΤΟΠΟΘ	T_ONOMA	ΚΩΔ_ΤΜΗΜ	ΔΙΕΥΘΥΝΤΗΣ	ΗΜΕΡ_ΕΝΑΡΞΗΣ	ΤΟΠΟΘΕΣΙΑ
(β)	Headquarters	1	888665555	1981-06-19	Houston
	Administration	4	987654321	1995-01-01	Stafford
	Research	5	333445555	1988-05-22	Bellaire
	Research	5	333445555	1988-05-22	Sugarland
	Research	5	333445555	1988-05-22	Houston

# Πλήρες Σύνολο Σχεσιακών Πράξεων

- Το σύνολο των πράξεων συμπεριλαμβανομένων των ΕΠΙΛΟΓΗ  $\sigma$ , ΠΡΟΒΟΛΗ  $\pi$ , ΕΝΩΣΗ  $\cup$ , ΔΙΑΦΟΡΑ  $-$ , ΜΕΤΟΝΟΜΑΣΙΑ  $\rho$ , και ΚΑΡΤΕΣΙΑΝΟ ΓΙΝΟΜΕΝΟ  $\times$  ονομάζεται ένα *πλήρες σύνολο* επειδή οποιαδήποτε άλλη έκφραση της σχεσιακής άλγεβρας μπορεί να εκφρασθεί με συνδυασμό αυτών των πράξεων.
- Για παράδειγμα:
  - $R \cap S = (R \cup S) - ((R - S) \cup (S - R))$
  - $R \bowtie_{\langle \text{join condition} \rangle} S = \sigma_{\langle \text{join condition} \rangle} (R \times S)$

# Δυαδικές σχεσιακές πράξεις: ΔΙΑΙΡΕΣΗ

## ■ Πράξη της διαίρεσης

- Η πράξη της διαίρεσης εφαρμόζεται σε δύο σχέσεις
- $R(Z) \div S(X)$ , όπου  $X$  υποσύνολο του  $Z$ . Έστω  $Y = Z - X$  (και επομένως  $Z = X \cup Y$ ). δηλαδή, έστω  $Y$  το σύνολο των γνωρισμάτων της  $R$  που δεν είναι γνωρίσματα της  $S$ .
- Το αποτέλεσμα της διαίρεσης είναι μια σχέση  $T(Y)$  που περιέχει μια πλειάδα  $t$  αν εμφανίζονται  $t_R$  πλειάδες στην  $R$  με  $t_R [Y] = t$ , και με
  - $t_R [X] = t_s$  για κάθε πλειάδα  $t_s$  της  $S$ .
- Για να εμφανισθεί μια πλειάδα  $t$  στο αποτέλεσμα  $T$  της διαίρεσης, οι τιμές της  $t$  πρέπει να εμφανίζονται στην  $R$  σε συνδυασμό με *κάθε* πλειάδα της  $S$ .

# Παράδειγμα Διαίρεσης

(α)

ΑΡΤΑΥΤ_ΕΡΓΟ	E_ΑΡΤΑΥΤ	K_ΕΡΓΟ
123456789		1
123456789		2
666884444		3
453453453		1
453453453		2
333445555		2
333445555		3
333445555		10
333445555		20
999887777		30
999887777		10
987987987		10
987987987		30
987987987		30
987654321		20
888665555		20

(β)

R	A	B
	a1	b1
	a2	b1
	a3	b1
	a4	b1
	a1	b2
	a3	b2
	a2	b3
	a3	b3
	a4	b3
	a1	b4
	a2	b4
	a3	b4

S	A
	a1
	a2
	a3

T	B
	b1
	b4

SMITH_ΕΡΓΑ	K_ΕΡΓΟ
	1
	2

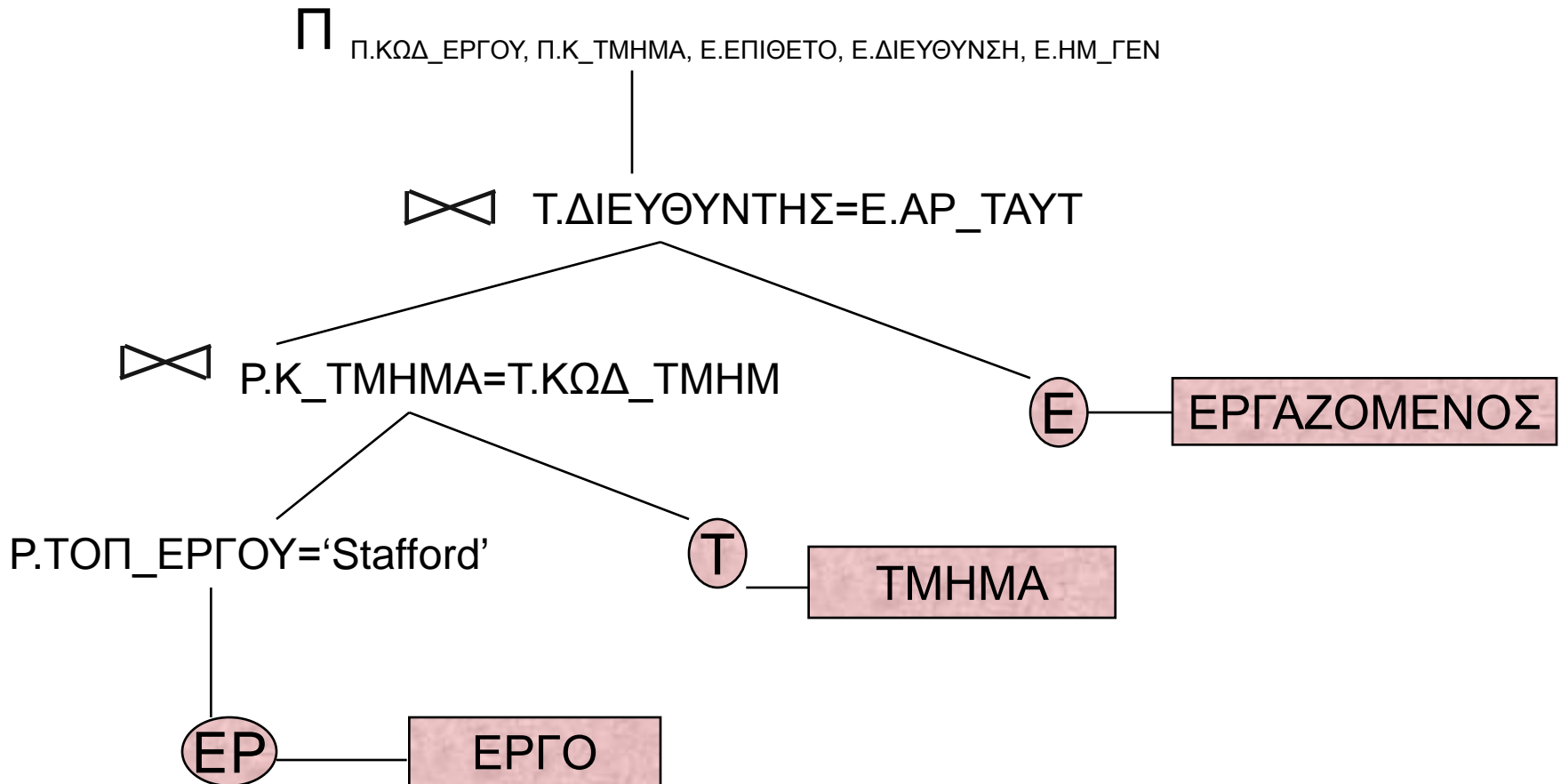
ΑΡΙΘΜΟΙ_ΤΑΥΤ	ΑΡ_ΤΑΥΤ
	123456789
	453453453

# Συμβολισμός Δένδρου ερωτήσεων

- **Δένδρο ερωτήσεων**
  - Μια εσωτερική δομή δεδομένων για αναπαράσταση μιας ερώτησης
  - Τυπική τεχνική για εκτίμηση της εκτέλεσης μιας ερώτησης, η δημιουργία ενδιάμεσων αποτελεσμάτων, και η βελτιστοποίηση της εκτέλεσης
  - Οι κόμβοι παριστάνουν πράξεις όπως επιλογή, προβολή, συνένωση, μετονομασία, διαίρεση, ....
  - Οι κόμβοι φύλλα παριστάνουν βασικές σχέσεις
  - Ένα δένδρο δίνει μια καλή οπτική αίσθηση της πολυπλοκότητας της ερώτησης και των πράξεων που απαιτούνται
  - Η αλγεβρική βελτιστοποίηση ερωτήσεων αποτελείται από επαναδιατύπωση της ερώτησης ή τροποποίηση του δένδρου σε ισοδύναμο.

**(βλ. Κεφάλαιο 15)**

# Παράδειγμα Δένδρου ερωτήσεων



# Επιπλέον Σχεσιακές Πράξεις: Συναθροιστικές Συναρτήσεις και Ομαδοποίηση

- Ένας τύπος αιτήματος που δεν μπορεί να εκφρασθεί σε βασική σχεσιακή άλγεβρα είναι ο προσδιορισμός μαθηματικών **συναθροιστικών συναρτήσεων** σε συλλογές τιμών από τη βάση δεδομένων.
- Παραδείγματα τέτοιων συναρτήσεων περιλαμβάνουν ανάκτηση του μέσου ή του συνολικού μισθού όλων των εργαζομένων ή το συνολικό πλήθος των πλειάδων εργαζόμενος.
  - Οι συναρτήσεις αυτές χρησιμοποιούνται σε απλές στατιστικές ερωτήσεις που συνοψίζουν πληροφορίες από πλειάδες της βάσης δεδομένων.
- Οι συνήθεις συναρτήσεις που εφαρμόζονται σε αριθμητικές συλλογές τιμών
  - **SUM, AVERAGE, MAXIMUM, and MINIMUM.**
- Η συνάρτηση COUNT χρησιμοποιείται για απαρίθμηση πλειάδων ή τιμών.



# Χρήση Συναθροιστικών Συναρτήσεων

- Χρήση του τελεστή συναθροιστικής συνάρτησης  $\mathcal{F}$ 
  - $\mathcal{F}_{\text{MAX ΜΙΣΘΟΣ}}$  (ΕΡΓΑΖΟΜΕΝΟΣ) ανακτά την τιμή μέγιστου μισθού από την σχέση ΕΡΓΑΖΟΜΕΝΟΣ
  - $\mathcal{F}_{\text{MIN ΜΙΣΘΟΣ}}$  (ΕΡΓΑΖΟΜΕΝΟΣ) ανακτά την τιμή ελάχιστου μισθού από την σχέση ΕΡΓΑΖΟΜΕΝΟΣ
  - $\mathcal{F}_{\text{SUM ΜΙΣΘΟΣ}}$  (ΕΡΓΑΖΟΜΕΝΟΣ) υπολογίζει το άθροισμα των μισθών από την σχέση ΕΡΓΑΖΟΜΕΝΟΣ
  - $\mathcal{F}_{\text{COUNT AP\_TAYT, AVERAGE ΜΙΣΘΟΣ}}$  (ΕΡΓΑΖΟΜΕΝΟΣ) υπολογίζει το πλήθος των εργαζομένων και τη μέση τιμή του μισθού τους
    - Σημείωση: η count απλά μετρά το πλήθος των γραμμών, χωρίς απαλοιφή των διπλών

# Χρήση Ομαδοποίησης με Συνάθροιση

- Όλα τα προηγούμενα παραδείγματα συνοψίζουν ένα ή περισσότερα γνωρίσματα για ένα σύνολο πλειάδων
  - Μέγιστος μισθός ή Πλήθος ΑρΤαυτ
- Η Ομαδοποίηση μπορεί να συνδυασθεί με Συναθροιστικές Συναρτήσεις
- Παράδειγμα: Για κάθε τμήμα, ανάκτησε τα ΑΡΙΘ\_, COUNT ΑΡ\_ΤΑΥΤ, και AVERAGE ΜΙΣΘΟΣ
- Μια παραλλαγή της πράξης της συνάθροισης  $\mathcal{F}$  μας επιτρέπει:
  - Το γνώρισμα ομαδοποίησης τίθεται αριστερά του συμβόλου
  - Οι συναθροιστικές συναρτήσεις δεξιά του συμβόλου
  - ΑΡΙΘ\_Τ  $\mathcal{F}$  COUNT ΑΡ\_ΤΑΥΤ, AVERAGE ΜΙΣΘΟΣ (ΕΡΓΑΖΟΜΕΝΟΣ)
- Η παραπάνω πράξη ομαδοποιεί εργαζόμενους με ΑΡΙΘ\_Τ (κωδικό τμήματος) και υπολογίζει το πλήθος των εργαζομένων και το μέσο μισθό ανά τμήμα.

# Παραδείγματα εφαρμογής συναθροιστικών συναρτήσεων και ομαδοποίησης

(α)

R	ΑΡΙΘ_Τ	ΕΡΓΑΖΟΜΕΝΟΙ	ΜΕΣΟΣ_ΜΙΣΘΟΣ
	5	4	33250
	4	3	31000
	1	1	55000

(β)

ΑΡΙΘ_Τ	COUNT_AP_TAYT	AVERAGE_ΜΙΣΘΟΣ
5	4	33250
4	3	31000
1	1	55000

(γ)

COUNT_AP_TAYT	AVERAGE_ΜΙΣΘΟΣ
8	35125

# Επιπλέον Σχεσιακές Πράξεις (συν.)

- Πράξεις Αναδρομικής Κλειστότητας
  - Ένας άλλος τύπος πράξης που, γενικά, δεν μπορεί να προσδιορισθεί στη βασική αρχική σχεσιακή άλγεβρα είναι η **αναδρομική κλειστότητα**.
    - Η πράξη αυτή εφαρμόζεται σε μια **αναδρομική συσχέτιση**.
  - Ένα παράδειγμα αναδρομικής πράξης είναι η ανάκτηση όλων των ΕΠΙΒΛΕΠΟΜΕΝΩΝ ενός ΕΡΓΑΖΟΜΕΝΟΣ  $e$  σε όλα τα επίπεδα — δηλαδή, όλοι ΕΜΠΛΟΥΕΕ  $e'$  που επιβλέπονται άμεσα από τον  $e$ · όλοι οι εργαζόμενοι  $e''$  που άμεσα επιβλέπονται από κάθε εργαζόμενο  $e'$ · όλοι οι εργαζόμενοι  $e'''$  που άμεσα επιβλέπονται από κάθε εργαζόμενο  $e''$ ; κοκ.

# Επιπλέον Σχεσιακές Πράξεις (συν.)

- Αν και είναι δυνατόν να ανακτηθούν οι εργαζόμενοι σε κάθε επίπεδο και στη συνέχεια να γίνει ένωση τους, δεν μπορούμε, γενικά, να προσδιορίσουμε μια ερώτηση σαν “ανάκτηση των επιβλεπομένων από τον ‘James Borg’ σε όλα τα επίπεδα” χωρίς την χρήση μηχανισμού επανάληψης.
  - Το πρότυπο SQL3 περιλαμβάνει σύνταξη για αναδρομική κλειστότητα.

# Επιπλέον Σχεσιακές πράξεις (συν.)

(ο AP\_TAYT του Borg είναι 888665555)

	(AP_TAYT)	(ΠΡΟΪΣΤΑΜΕΝΟΣ)
ΕΠΙΒΛΕΨΗ	ΑΡΤΑΥΤ1	ΑΡΤΑΥΤ2
	123456789	333445555
	333445555	888665555
	999887777	987654321
	987654321	888665555
	666884444	333445555
	453453453	333445555
	987987987	987654321
	888665555	null

ΑΠΟΤ1	ΑΡ_TAYT
	333445555
	987654321

(υφιστάμενοι του Borg)

ΑΠΟΤ2	ΑΡ_TAYT
	123456789
	999887777
	666884444
	453453453
	987987987

(υφιστάμενοι των υφισταμένων του Borg)

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑ	ΑΡ_TAYT
	123456789
	999887777
	666884444
	453453453
	987987987
	333445555
	987654321

(ΑΠΟΤ1 < ΑΠΟΤ2)

# Επιπλέον Σχεσιακές Πράξεις (συν.)

- Η πράξη εξωτερικής συνένωσης (OUTER JOIN)
  - Στη φυσική συνένωση και την συνένωση ισότητας, οι πλειάδες χωρίς αντίστοιχη (ή σχετιζόμενη) πλειάδα απαλείφονται από το αποτέλεσμα της συνένωσης
    - Οι πλειάδες με τιμή null στα γνωρίσματα συνένωσης απαλείφονται επίσης
    - Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα την απώλεια πληροφοριών.
  - Ένα σύνολο πράξεων, ονομάζονται εξωτερικές (OUTER) συνενώσεις, μπορούν να χρησιμοποιηθούν όταν θέλουμε να διατηρηθούν όλες οι πλειάδες της R, ή αυτές της S, ή όλες αυτές στις δύο σχέσεις στο αποτέλεσμα της συνένωσης, ανεξάρτητα από τον αν έχουν αντίστοιχες πλειάδες στην άλλη σχέση.

# Επιπλέον Σχεσιακές Πράξεις (συν.)

- Η πράξη της αριστερής εξωτερικής συνένωσης διατηρεί κάθε πλειάδα στην πρώτη ή αριστερή σχέση  $R$  στην  $R \bowtie S$ . αν δεν βρεθεί αντίστοιχη πλειάδα στην  $S$ , τότε στα γνωρίσματα της  $S$  στο αποτέλεσμα της συνένωσης δίδονται τιμές null.
- Μια παρόμοια πράξη, δεξιά αριστερή συνένωση, διατηρεί κάθε πλειάδα στη δεύτερη ή δεξιά σχέση  $S$  στο αποτέλεσμα της  $R \ltimes S$ .
- Μια Τρίτη πράξη, πλήρης εξωτερική συνένωση, συμβολίζεται με  $\boxtimes$  διατηρεί όλες τις πλειάδες τόσο στην αριστερή όσο και στην δεξιά σχέση όταν δεν βρεθούν αντίστοιχες πλειάδες, θέτοντας όπου απαιτείται τιμές null.



# Επιπλέον σχεσιακές πράξεις (συν.)

## ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑ

ΟΝΟΜΑ	ΑΡΧ_ΠΑΤ	ΕΠΙΘΕΤΟ	T_ΟΝΟΜΑ
John	B	Smith	null
Franklin	T	Wong	Research
Alicia	J	Zelaya	null
Jennifer	S	Wallace	Administration
Ramesh	K	Narayan	null
Joyce	A	English	null
Ahmad	V	Jabbar	null
James	E	Borg	Headquarters

# Επιπλέον σχεσιακές πράξεις (συν.)

- Πράξεις εξωτερικής ένωσης
  - Η πράξη εξωτερικής ένωσης αναπτύχθηκε για έχουμε την ένωση πλειάδων από δύο σχέσεις αν οι σχέσεις relations δεν είναι συμβατές ως προς το τύπο.
  - Η πράξη αυτή σχηματίζει την ένωση των πλειάδων των δύο σχέσεων  $R(X, Y)$  και  $S(X, Z)$  που είναι **μερικά συμβατές**, με την έννοια ότι μερικά από τα γνωρίσματά τους, έστω  $X$ , είναι συμβατά προς τον τύπο.
  - Τα γνωρίσματα που είναι συμβατά προς τον τύπο παριστάνονται μόνο μια φορά στο αποτέλεσμα, και αυτά που δεν είναι από οποιαδήποτε σχέση διατηρούνται επίσης στο αποτέλεσμα  $T(X, Y, Z)$ .

# Επιπλέον σχεσιακές πράξεις (συν.)

- Παράδειγμα: Μια εξωτερική ένωση μπορεί να εφαρμοσθεί σε δύο σχέσεις που το σχήμα τους είναι ΦΟΙΤΗΤΗΣ(Όνομα, ΑΡ\_ΤΑΥΤ, Τμημα, Επιβλεπων) και ΔΙΔΑΣΚΩΝ(Όνομα, ΑΡ\_ΤΑΥΤ, Τμημα, Βαθμιδα).
  - Οι πλειάδες από τις δύο σχέσεις συνδυάζονται με βάση τις ίδιες τιμές στα κοινά γνωρίσματα— Όνομα, ΑΡ\_ΤΑΥΤ, Τμημα.
  - ΑΝ ένας φοιτητής είναι και διδάσκων, τόσο το Επιβλεπων όσο και το Βαθμιδα θα έχουν τιμή· διαφορετικά, ένα από τα δύο αυτά γνωρίσματα θα είναι null.
  - Η σχέση που προκύπτει ΦΟΙΤΗΤΗΣ\_Η\_ΔΙΔΑΣΚΩΝ θα έχει τα παρακάτω γνωρίσματα:

**ΦΟΙΤΗΤΗΣ\_Η\_ΔΙΔΑΣΚΩΝ (Όνομα, ΑΡ\_ΤΑΥΤ, Τμημα, Επιβλέπων, Βαθμιδα)**

# Παραδείγματα ερωτήσεων σε Σχεσιακή Άλγεβρα : Διαδικαστική μορφή

- **E1:** Να ανακτηθούν το όνομα και η διεύθυνση όλων των εργαζομένων στο τμήμα 'Research'.

RESEARCH\_TMHM  $\leftarrow \sigma_{T\_ONOMA='Research'}(TMHMA)$

RESEARCH\_ERΓ  $\leftarrow (RESEARCH\_TMHM \bowtie_{KΩΔ\_TMHM=APΘ\_T} ERΓAZOMENOS)$

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑ  $\leftarrow \pi_{ONOMA, EΠIΘETO, ΔIΕΥΘΥΝΣΗ}(RESEARCH\_ERΓ)$

- **E6:** Να ανακτηθούν τα ονόματα των εργαζομένων χωρίς εξαρτώμενα μέλη.

ΟΛΟΙ  $\leftarrow \pi_{AP\_TAYT}(ERΓAZOMENOS)$

ERΓ\_ME\_EΞAPT(AP\_TAYT)  $\leftarrow \pi_{E\_APTAYT}(EΞAPTΩMENOS)$

ERΓ\_XΩPIS\_EΞAPT  $\leftarrow (ΟΛΟΙ - ERΓ\_ME\_EΞAPT)$

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑ  $\leftarrow \pi_{EΠIΘETO, ONOMA}(ERΓ\_XΩPIS\_EΞAPT * ERΓAZOMENOS)$

# Παραδείγματα ερωτήσεων σε Σχεσιακή Άλγεβρα – Απλές εκφράσεις

Οι παραπάνω ερωτήσεις διατυπώνονται σαν απλές εκφράσεις:

- **E1:** Να ανακτηθούν το όνομα και η διεύθυνση όλων των εργαζομένων στο τμήμα 'Research'.

$\pi_{\text{ΟΝΟΜΑ}, \text{ΕΠΙΘΕΤΟ}, \text{ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ}} (\sigma_{\text{T\_ΟΝΟΜΑ} = \text{'Research'}} (\text{ΤΜΗΜΑ} \bowtie_{\text{ΚΩΔ\_ΤΜΗΜ} = \text{ΑΡΙΘ\_Τ}} (\text{ΕΡΓΑΖΟΜΕΝΟΣ})))$

- **E6:** Να ανακτηθούν τα ονόματα των εργαζομένων χωρίς εξαρτώμενα μέλη.

$\pi_{\text{ΕΠΙΘΕΤΟ}, \text{ΟΝΟΜΑ}} ((\pi_{\text{ΑΡ\_ΤΑΥΤ}} (\text{ΕΡΓΑΖΟΜΕΝΟΣ}) - \rho_{\text{ΑΡ\_ΤΑΥΤ}} (\pi_{\text{Ε\_ΑΡΤΑΥΤ}} (\text{ΕΞΑΡΤΩΜΕΝΟΣ}))) * \text{ΕΡΓΑΖΟΜΕΝΟΣ})$

# Σχεσιακός Λογισμός

- Μια έκφραση του **σχεσιακού λογισμού** δημιουργεί μια νέα σχέση, που ορίζεται με μεταβλητές με πεδία τιμών γραμμές αποθηκευμένων σχέσεων της βάσης δεδομένων (σε **λογισμό πλειάδων**) ή στήλες αποθηκευμένων σχέσεων (σε **λογισμό πεδίων ορισμού**).
- Σε μια έκφραση του λογισμού, δεν υπάρχει *διάταξη των πράξεων* που να καθορίζει πως θα ανακτηθεί το αποτέλεσμα της ερώτησης — μια έκφραση του λογισμού μόνο τι πληροφορίες πρέπει να περιέχει το αποτέλεσμα.
  - Αυτό το χαρακτηριστικό διαχωρίζει την σχεσιακή άλγεβρα από τον σχεσιακό λογισμό.

# Σχεσιακός Λογισμός (Συν.)

- Ο σχεσιακός λογισμός θεωρείτε σαν **μη διαδικαστική** ή **δηλωτική** γλώσσα.
- Αυτό διαφέρει από τη σχεσιακή άλγεβρα, όπου πρέπει να γράψουμε μια *ακολουθία από πράξεις* για να προσδιορίσουμε μια ανάκτηση· επομένως η σχεσιακή άλγεβρα μπορεί να θεωρηθεί σαν ένας **διαδικαστικός** τρόπος έκφρασης μιας ερώτησης.

# Σχεσιακός Λογισμός Πλειάδων

- Ο σχεσιακός λογισμός πλειάδων βασίζεται στον προσδιορισμό ενός πλήθους από μεταβλητές πλειάδες.
- Κάθε μεταβλητή πλειάδα συνήθως έχει πεδίο ορισμού κάποια σχέση της βάσης δεδομένων, με την έννοια ότι η μεταβλητή μπορεί να πάρει τιμή οποιαδήποτε πλειάδα από αυτή τη σχέση.
- Μια απλή ερώτηση του σχεσιακού λογισμού πλειάδων έχει τη μορφή

**$\{t \mid \text{COND}(t)\}$**

- όπου  $t$  είναι μια μεταβλητή πλειάδα και  $\text{COND}(t)$  είναι μια έκφραση συνθήκης που περιλαμβάνει το  $t$ .
- Το αποτέλεσμα μιας τέτοιας ερώτησης είναι το σύνολο όλων των πλειάδων  $t$  που ικανοποιούν την  $\text{COND}(t)$ .



# Σχεσιακός Λογισμός Πλειάδων(Συν.)

- Παράδειγμα: Για να βρεθεί το όνομα και το επίθετο όλων των εργαζομένων με μισθό μεγαλύτερο από €5000, μπορούμε να γράψουμε την παρακάτω έκφραση λογισμού πλειάδων:  
$$\{t.ONOMA, t.EΠΙΘΕΤΟ \mid ΕΡΓΑΖΟΜΕΝΟΣ(t) \text{ AND } t.ΜΙΣΘΟΣ > 5000\}$$
- Η συνθήκη ΕΡΓΑΖΟΜΕΝΟΣ(t) προσδιορίζει ότι η **σχέση πεδίου τιμών** της μεταβλητής πλειάδας t είναι η ΕΡΓΑΖΟΜΕΝΟΣ.
- Θα ανακτηθεί το όνομα και το επίθετο (ΠΡΟΒΟΛΗ  $\pi_{ONOMA, EΠΙΘΕΤΟ}$ ) κάθε πλειάδας ΕΡΓΑΖΟΜΕΝΟΣ t που ικανοποιεί τη συνθήκη t.ΜΙΣΘΟΣ > 5000 (ΕΠΙΛΟΓΗ  $\sigma_{ΜΙΣΘΟΣ > 5000}$ ).

# Ο υπαρξιακός και ο καθολικός ποσοδείκτης

- Δύο ειδικά σύμβολα που ονομάζονται ποσοδείκτες μπορεί να εμφανισθούν στις εκφράσεις· είναι ο καθολικός ποσοδείκτης quantifier ( $\forall$ ) και ο υπαρξιακός ποσοδείκτης ( $\exists$ ).
- Άτυπα, μια μεταβλητή πλειάδα  $t$  είναι δεσμευμένη αν ποσοδεικτείται, δηλαδή εμφανίζεται σε μια πρόταση ( $\forall t$ ) ή ( $\exists t$ )· διαφορετικά, είναι ελεύθερη.
- Αν  $F$  είναι ένας τύπος, είναι επίσης τύποι τα ( $\exists t$ )( $F$ ) και ( $\forall t$ )( $F$ ), όπου  $t$  είναι μια μεταβλητή πλειάδα.
  - Ο τύπος ( $\exists t$ )( $F$ ) είναι αληθής αν ο τύπος  $F$  αποτιμάται σε true για κάποια (τουλάχιστον μια) πλειάδα που δίνεται ως τιμή στις ελεύθερες εμφανίσεις της  $t$  στην  $F$ · διαφορετικά η ( $\exists t$ )( $F$ ) είναι false.
  - Ο τύπος ( $\forall t$ )( $F$ ) είναι true αν ο τύπος  $F$  αποτιμάται σε true για κάθε πλειάδα (του πεδίου τιμών) που δίνεται ως τιμή στις ελεύθερες εμφανίσεις της  $t$  στην  $F$ · διαφορετικά η ( $\forall t$ )( $F$ ) είναι false.

# Ο υπαρξιακός και ο καθολικός ποσοδείκτης(Συν.)

- Το  $\forall$  ονομάζεται ο καθολικός ή “για κάθε” ποσοδείκτης κάθε πλειάδα “του πεδίου ορισμού” πρέπει να αποτιμά το  $F$  σε true ώστε ο ποσοδεικτούμενος τύπος να είναι true.
- Το  $\exists$  ονομάζεται υπαρξιακός ή “υπάρχει” ποσοδείκτης κάθε πλειάδα που υπάρχει στο “πεδίο ορισμού” μπορεί να αποτιμά την  $F$  σε true ώστε ο ποσοδεικτούμενος τύπος να είναι true.

# Παράδειγμα ερώτησης με χρήση του υπαρξιακού ποσοδείκτη

- Να ανακτηθεί το όνομα και η διεύθυνση όλων των εργαζομένων στο τμήμα 'Research'. Η ερώτηση μπορεί να εκφρασθεί σαν :  
{**t.ΟΝΟΜΑ, t.ΕΠΙΘΕΤΟ, t.ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ | ΕΡΓΑΖΟΜΕΝΟΣ(t) and (∃ d)**  
**(ΤΜΗΜΑ(d) and d.T\_ΟΝΟΜΑ='Research' and d.ΚΩΔ\_ΤΜΗΜ=t.ΑΡΙΘ\_Τ) }**
- Οι *μόνες ελεύθερες μεταβλητές πλειάδες* σε μια έκφραση του σχεσιακού λογισμού θα πρέπει να είναι αυτές που εμφανίζονται αριστερά της μπάρας (|).
  - Στην παραπάνω ερώτηση, η t είναι η μόνη ελεύθερη μεταβλητή· στη συνέχεια είναι *διαδοχικά δεσμευμένη* σε κάθε πλειάδα.
- Αν μια πλειάδα *ικανοποιεί τις συνθήκες* που προσδιορίζονται στην ερώτηση, ανακτώνται τα γνωρίσματα ΟΝΟΜΑ, ΕΠΙΘΕΤΟ, και ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ για κάθε τέτοια πλειάδα.
  - Οι συνθήκες ΕΡΓΑΖΟΜΕΝΟΣ (t) και ΤΜΗΜΑ(d) προσδιορίζουν τις σχέσεις πεδία ορισμού των t και d.
  - Η συνθήκη d.T\_ΟΝΟΜΑ = 'Research' είναι μια συνθήκη επιλογής και αντιστοιχεί σε μια πράξη ΕΠΙΛΟΓΗ της σχεσιακής άλγεβρας, ενώ η συνθήκη d.ΚΩΔ\_ΤΜΗΜ = t.ΑΡΙΘ\_Τ είναι μια συνθήκη συνένωσης.

# Παράδειγμα ερώτησης με χρήση του καθολικού ποσοδείκτη

- Να βρεθούν τα ονόματα των εργαζομένων που απασχολούνται σε όλα τα έργα που ελέγχει το τμήμα 5. Η ερώτηση μπορεί να είναι:  
 $\{e.EΠΙΘΕΤΟ, e.ΟΝΟΜΑ \mid ΕΡΓΑΖΟΜΕΝΟΣ(e) \text{ and } ((\forall x)(\text{not}(ΕΡΓΟ(x)) \text{ or } \text{not}(x.K\_ΤΜΗΜΑ=5))$   
 $OR ((\exists w)(ΑΠΑΣΧΟΛΗΣΗ(w) \text{ and } w.E\_ΑΡΤΑΥΤ=e.ΑΡ\_ΤΑΥΤ \text{ and } x.KΩΔ\_ΕΡΓΟΥ=w.K\_ΕΡΓΟ))))\}$
- Αποκλείονται από την καθολική ποσοδείκτηση όλες οι πλειάδες που δεν ενδιαφέρουν κάνοντας την συνθήκη *true για όλες αυτές τις πλειάδες*.
  - Οι πρώτες πλειάδες για αποκλεισμό (αναγκάζοντας να αποτιμώνται αυτόματα σε true) είναι αυτές που δεν ανήκουν στη σχέση R που ενδιαφέρει.
- Στην παραπάνω ερώτηση, χρησιμοποιώντας την έκφραση **not(ΕΡΓΟ(x))** μέσα στον τύπο με καθολική ποσοδείκτηση αποτιμάται σε true για όλες τις πλειάδες x που δεν ανήκουν στη σχέση ΕΡΓΟ.
  - Στη συνέχεια αποκλείουμε από την R τις πλειάδες που δεν μας ενδιαφέρουν. Η έκφραση **not(x.K\_ΤΜΗΜΑ =5)** αποτιμάται σε true για όλες τις πλειάδες x της σχέσης ΕΡΓΟ που δεν ελέγχεται από το τμήμα 5.
- Τέλος, ορίζουμε μια συνθήκη που θα πρέπει να ισχύει για όλες τις πλειάδες της R που απομένουν.  
 $((\exists w)(ΑΠΑΣΧΟΛΗΣΗ(w) \text{ and } w.E\_ΑΡΤΑΥΤ =e.ΑΡΤΑΥΤ \text{ and } x.KΩΔ\_ΕΡΓΟΥ =w.K\_ΕΡΓΟ)$

# Γλώσσες που βασίζονται στο σχεσιακό λογισμό πλειάδων

- Η γλώσσα **SQL** βασίζεται στο λογισμό πλειάδων. Χρησιμοποιεί την βασική μπλοκ δομή για να εκφραστούν επερωτήσεις σε λογισμό πλειάδων:
  - **SELECT** <λίστα γνωρισμάτων>
  - **FROM** <λίστα σχέσεων>
  - **WHERE** <συνθήκες>
- Η πρόταση **SELECT** αναφέρει τα γνωρίσματα της προβολής, η πρόταση **FROM** αναφέρει τις σχέσεις που χρειάζονται για την ερώτηση, και η πρόταση **WHERE** τις συνθήκες επιλογής και συνένωσης.
  - Η σύνταξη της SQL επεκτείνεται περαιτέρω για να υποστηρίξει και άλλες πράξεις. (Βλ. Κεφάλαιο 8).

# Γλώσσες που βασίζονται στο σχεσιακό λογισμό πλειάδων(Συν.)

- Μια άλλη γλώσσα που βασίζεται στο λογισμό πλειάδων είναι η **QUEL** που χρησιμοποιεί μεταβλητές με πεδίο ορισμού σχέσεις όπως και στο λογισμό πλειάδων. Η σύνταξή της περιλαμβάνει:
  - **RANGE OF** <όνομα μεταβλητής> **IS** <όνομα σχέσης>
- Στη συνέχεια χρησιμοποιεί
  - **RETRIEVE** <λίστα γνωρισμάτων από μεταβλητές σχέσεων>
  - **WHERE** <συνθήκες>
- Η γλώσσα αυτή προτάθηκε για το σχεσιακό ΣΔΒΔ **INGRES**. (το σύστημα υποστηρίζεται και σήμερα από την Computer Associates – αλλά η γλώσσα QUEL δεν υπάρχει).

# Ο σχεσιακός λογισμός πεδίων ορισμού

- Μια άλλη παραλλαγή του σχεσιακού λογισμού ονομάζεται σχεσιακός λογισμός πεδίων ορισμού, ή απλά, λογισμός πεδίων, είναι ισοδύναμος με τον λογισμό πλειάδων και την σχεσιακή άλγεβρα.
- Η γλώσσα QBE (Query-By-Example) που σχετίζεται με το λογισμό πεδίων αναπτύχθηκε σχεδόν ταυτόχρονα με την SQL στην IBM Research, Yorktown Heights, New York.
  - Ο λογισμός πεδίων θεωρήθηκε σαν τρόπος εξήγησης του τι κάνει η QBE.
- Ο λογισμός πεδίων διαφέρει από τον λογισμό πλειάδων στον τύπο των μεταβλητών που χρησιμοποιεί:
  - Αντί να χρησιμοποιεί μεταβλητές τύπου πλειάδας, οι μεταβλητές παίρνουν τιμές σε πεδία ορισμού γνωρισμάτων.
- Για το σχηματισμό μιας σχέσης βαθμού  $n$  για το αποτέλεσμα μιας ερώτησης, πρέπει να έχουμε  $n$  από τις μεταβλητές αυτές— μια για κάθε γνώρισμα.



# Ο σχεσιακός λογισμός πεδίων ορισμού(συν.)

- Μια έκφραση του λογισμού πεδίων είναι της μορφής

$\{ x_1, x_2, \dots, x_n \mid$

**COND**( $x_1, x_2, \dots, x_n, x_{n+1}, x_{n+2}, \dots, x_{n+m}$ ) $\}$

- Όπου τα  $x_1, x_2, \dots, x_n, x_{n+1}, x_{n+2}, \dots, x_{n+m}$  είναι μεταβλητές πεδίου με τιμές πεδία ορισμού (των γνωρισμάτων)
- και COND είναι μια συνθήκη ή ένας τύπος του σχεσιακού λογισμού πεδίων ορισμού.

# Παράδειγμα ερώτησης με χρήση λογισμού πεδίων

Να ανακτηθεί η ημερομηνία γέννησης και η διεύθυνση του εργαζόμενου με όνομα 'John B. Smith'.

■ Ερώτηση :

$\{uv \mid (\exists q) (\exists r) (\exists s) (\exists t) (\exists w) (\exists x) (\exists y) (\exists z)$

$(\text{ΕΡΓΑΖΟΜΕΝΟΣ}(qrstunwxyz) \text{ and } q='John' \text{ and } r='B' \text{ and } s='Smith')\}$

■ Σε συντομογραφία  $\text{ΕΡΓΑΖΟΜΕΝΟΣ}(qrstunwxyz)$  χρησιμοποιεί τις μεταβλητές χωρίς διαχωριστικά κόμματα:  $\text{EMPLOYEE}(q,r,s,t,u,v,w,x,y,z)$

■ Χρειάζονται 10 μεταβλητές για τη σχέση  $\text{ΕΡΓΑΖΟΜΕΝΟΣ}$ , μια για κάθε γνώρισμα.

■ Από τις 10 μεταβλητές  $q, r, s, \dots, z$ , μόνο οι  $u$  και  $v$  είναι ελεύθερες.

■ Προσδιορίζονται τα *ζητούμενα γνώρισμα*,  $\text{Ημ\_Γεν}$  και  $\text{ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ}$ , από τις ελεύθερες μεταβλητές πεδίου  $u$  για  $\text{ΗΜ\_ΓΕΝ}$  και  $v$  για  $\text{ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ}$ .

■ Προσδιορίζετε η συνθήκη επιλογής μιας πλειάδας μετά την μπάρα ( | )—

■ Συγκεκριμένα, η ακολουθία τιμών που δίδονται στις  $qrstunwxyz$  είναι μια πλειάδα της σχέσης  $\text{εργαζόμενος}$  και οι τιμές για τα  $q$  ( $\text{ΟΝΟΜΑ}$ ),  $r$  ( $\text{ΑΡΧ\_ΠΑΤ}$ ), και  $s$  ( $\text{ΕΠΙΘΕΤΟ}$ ) είναι 'John', 'B', και 'Smith', αντίστοιχα.

# QBE: Μια γλώσσα ερωτήσεων που βασίζεται στο λογισμό πεδίων (Παράρτημα Δ)

- Η γλώσσα βασίζεται στην ιδέα να δίνεται ένα παράδειγμα μιας ερώτησης χρησιμοποιώντας “στοιχεία παραδείγματος” που δεν είναι τίποτε άλλο από μεταβλητές πεδίου.
- Συμβολισμός: Ένα στοιχείο παραδείγματος είναι μια μεταβλητή πεδίου και προσδιορίζεται σαν μια τιμή παραδείγματος όπου προτάσσεται ο χαρακτήρας **underscore**.
- Ο P. (ονομάζεται **P dot**) τελεστής (για “print”) τίθεται στις στήλες που ζητούνται για το αποτέλεσμα της ερώτησης.
- Ένας χρήστης μπορεί αρχικά να ξεκινήσει δίνοντας πραγματικές τιμές σαν παραδείγματα, αλλά αργότερα συνηθίζει να δίνει το ελάχιστο πλήθος μεταβλητών σαν στοιχεία παραδείγματος.

# QBE: Μια γλώσσα ερωτήσεων που βασίζεται στο λογισμό πεδίων (Παράρτημα Δ)

- Η γλώσσα είναι πολύ φιλική στο χρήστη, επειδή χρησιμοποιεί ελάχιστη σύνταξη.
- Η QBE αναπτύχθηκε πλήρως με δυνατότητες για ομαδοποίηση, συνάθροιση, ενημέρωση κλπ. Και έχειδειχθεί ότι είναι ισοδύναμη με την SQL.
- Η γλώσσα είναι διαθέσιμη στο QMF (Query Management Facility) του DB2 της IBM και την έχουν μιμηθεί κατά διαφορετικούς τρόπους άλλα προϊόντα όπως η ACCESS της Microsoft, και το PARADOX.
- Λεπτομέρειες , **Παράρτημα Δ**.

# QBE Παραδείγματα

- Η παρακάτω ερώτηση λογισμού πεδίων μπορεί να ελαχιστοποιηθεί διαδοχικά από τον χρήστη όπως :

- Ερώτηση :

$\{uv \mid (\exists q) (\exists r) (\exists s) (\exists t) (\exists w) (\exists x) (\exists y) (\exists z)$

$(\text{ΕΡΓΑΖΟΜΝΕΟΣ}(qrstunwxyz) \text{ and } q=\text{'John' and } r=\text{'B' and } s=\text{'Smith'})\}$

# QBE Παραδείγματα

- Προσδιορισμός πολύπλοκων συνθηκών στην QBE:
- Στην QBE χρησιμοποιείται μια τεχνική που λέγεται “πλαίσιο συνθήκης” για να εκφρασθούν λογικές εκφράσεις σαν συνθήκες.

# Σύνοψη Κεφαλαίου

- **Σχεσιακή Άλγεβρα**
  - Μοναδιαίες σχεσιακές πράξεις
  - Πράξεις σχεσιακής άλγεβρας από την θεωρία συνόλων
  - Δυαδικές σχεσιακές πράξεις
  - Επιπλέον σχεσιακές πράξεις
  - Παραδείγματα ερωτήσεων σε σχεσιακή άλγεβρα
- **Σχεσιακός λογισμός**
  - Σχεσιακός λογισμός πλειάδων
  - Σχεσιακός λογισμός πεδίων ορισμού