



EPL342 –Databases

Lecture 8: RM I + RA I

Relational Model + Relational Algebra

(Chapter 5.2-5.3, 6.1 Elmasri-Navathe 7ED)

Demetris Zeinalipour

<http://www.cs.ucy.ac.cy/courses/EPL342>

Περιεχόμενο Διάλεξης



Κεφάλαιο 5: Το Σχεσιακό Μοντέλο Δεδομένων

- Περιορισμοί Σχεσιακού Μοντέλου και Σχεσιακά Σχήματα
- Πράξεις Ενημερώσεων και Αντιμετώπιση Παραβιάσεων των Περιορισμών

Κεφάλαιο 6: Τυπικές Γλώσσες Επεξεργασίας Σχέσεων

- Εισαγωγή (Σχεσιακή Άλγεβρα, Λογισμός Πλειάδων, Λογισμός Πεδίων), Τύποι Τελεστών Σχεσιακής Άλγεβρας (Μοναδιαίοι, Δυαδικοί, Τελεστές Συνάθροισης, κτλ)
- Μοναδιαίοι Τελεστές Σχεσιακής Άλγεβρας
 - Τελεστής Επιλογής (σ) και Ιδιότητες
 - Τελεστής Προβολής (π) και Ιδιότητες
 - Τελεστής Μετονομασίας (ρ)

Σχισιακός Κανόνες Ακεραιότητας (Relational Integrity Constraints)



- Μέχρι τώρα είδαμε διαφόρους **ορισμούς** και τα **χαρακτηριστικά** τα οποία αφορούν μια **Σχέση**.

Diagram illustrating the structure of a relation. The **Relation Name** is **STUDENT**. The **Attributes** are **Name**, **Ssn**, **Home_phone**, **Address**, **Office_phone**, **Age**, and **Gpa**. The table below shows the data tuples.

Name	Ssn	Home_phone	Address	Office_phone	Age	Gpa
Benjamin Bayer	305-61-2435	373-1616	2918 Bluebonnet Lane	NULL	19	3.21
Chung-cha Kim	381-62-1245	375-4409	125 Kirby Road	NULL	18	2.89
Dick Davidson	422-11-2320	NULL	3452 Elgin Road	749-1253	25	3.53
Rohan Panchal	489-22-1100	376-9821	265 Lark Lane	749-6492	28	3.93
Barbara Benson	533-69-1238	839-8461	7384 Fontana Lane	NULL	19	3.25

- Σε μια **Σχισιακή Βάση** ωστόσο υπάρχουν **πολλές Σχέσεις**
 - Θυμηθείτε τις οντότητες και τις συσχετίσεις του ER Μοντέλου οι οποίες αναπαριστώνται και οι δυο σαν Σχέσεις (Πίνακες) στο Σχισιακό Μοντέλο.
- Σε μια σχισιακή βάση υπάρχουν επίσης **πολλοί τύποι περιορισμών**, οι οποίοι αναφέρονται
 - Σε μια **σχέση** (π.χ., περιορισμός κλειδιού, πεδίου ορισμού και οντότητας)
 - Σε **πολλαπλές σχέσεις** (π.χ., περιορισμός αναφορικής ακεραιότητας)

Σχεσιακοί Κανόνες Ακεραιότητας (Relational Integrity Constraints)



- **Σχεσιακοί Περιορισμοί (Relational Constraints)** είναι συνθήκες οι οποίες πρέπει να ισχύουν για κάθε **έγκυρη κατάσταση σχέσης (state)**.
- Στο σχεσιακό μοντέλο υπάρχουν τρεις τύποι **περιορισμών**:
 - A. Κλειδιού (Key constraints)**
 - **Άτυπα:** Κάθε σχέση έχει ένα πρωτεύων κλειδί.
 - B. Ακεραιότητας Οντοτήτων (Entity integrity constraints)**
 - **Άτυπα:** Το πρωτεύων Κλειδί δεν μπορεί να είναι NULL
 - C. Αναφορικής Ακεραιότητας (Referential integrity constraints)**
 - **Άτυπα:** Εάν μια πλειάδα A αναφέρεται σε άλλη πλειάδα B τότε η B πρέπει να υπάρχει.
- Τέλος, υπάρχει και ο **Περιορισμός Πεδίου Ορισμού (Domain Constraint)** ο οποίος εξυπακούεται.
 - Η τιμή κάθε πλειάδας πρέπει να ορίζεται στο **αντίστοιχο της πεδίο ορισμού** (ή μπορεί να είναι **NULL**, εάν επιτρέπεται για το εν λόγω γνώρισμα)

Σχεσιακοί Κανόνες Ακεραιότητας

Περιορισμοί Κλειδιού (Key Constraints)



- **Κλειδί Σχέσης (Relation Key):** Ο ελάχιστος αριθμός γνωρισμάτων που προσδιορίζει μοναδικά μια πλειάδα κάποιας σχέσης R .
 - Π.χ., **SSN** ή **StudentID** για **Student**.
- Εναλλακτικά (και πιο αυστηρά):
 - **Υπερκλειδί της R (Superkey of R):** Ένα σύνολο γνωρισμάτων **SK** της **R** για τα οποία ισχύει το ακόλουθο:
 - Σε κάθε έγκυρη κατάσταση βάσης $r(R)$, δυο διαφορετικές πλειάδες $t_1 \neq t_2$ έχουν διαφορετικές τιμές στα γνωρίσματα **SK**.
 - δηλ., για $t_1 \neq t_2$ στο $r(R)$, $t_1[SK] \neq t_2[SK]$
 - **Κλειδί της R (Key of R):**
 - Ένα «ελάχιστο» υπερκλειδί: ελάχιστο υποδηλώνει ότι αναγνωρίζει τις πλειάδες σε μια σχέση μοναδικά.

Σχεσιακοί Κανόνες Ακεραιότητας

Περιορισμοί Κλειδιού (Key Constraints)



- Εάν μια σχέση έχει πολλαπλά **Εναλλακτικά Κλειδιά (candidate keys)**, τότε ένα από αυτά επιλέγεται από τον σχεδιαστή ως το **Πρωτεύων Κλειδί (Primary key)**.
 - Τα γνωρίσματα ενός πρωτεύων κλειδιού υπογραμμίζονται.
- **A) Κανόνας Πρωτεύοντος Κλειδιού:** Κάθε Σχέση έχει ένα (1) Πρωτεύων Κλειδί.
- Παράδειγμα: Θεωρήστε την Σχήμα Σχέσης CAR :
 - **CAR(State, Reg#, SerialNo, Make, Model, Year)**
 - Το πρωτεύων κλειδί SerialNo χρησιμοποιείται
 - A) Για να ξεχωρίζει **μοναδικά** κάθε πλειάδα στη σχέση (η ταυτότητα της)
 - B) Για να αναφερόμαστε σε άλλες σχέσεις από μια πλειάδα.
- **Γενικός Κανόνας:** Επιλέξτε ως πρωτεύων κλειδί το **μικρότερο** εκ' των εναλλακτικών κλειδιών (σε άποψη μεγέθους).
 - Π.χ., (**State, Reg#**) αντί **SerialNo** (ο οποίος είναι πολύ μεγαλύτερος σε μέγεθος). Βέβαια στο παράδειγμα, SerialNo είναι 1 πεδίο ενώ το (**State, Reg#**) δυο πεδία οπότε μάλλον επιλέγουμε το SerialNo

Σχεσιακοί Κανόνες Ακεραιότητας

Ακεραιότητα Οντοτήτων (Entity Integrity)



- **B) Κανόνας Ακεραιότητας Οντοτήτων (Entity Integrity)** ορίζει ότι τα γνωρίσματα ενός πρωτεύοντος κλειδιού **PK** ΔΕΝ μπορεί να είναι **NULL**

- δηλ., τιμή πρωτεύοντος κλειδιού **t[PK]≠NULL** για οποιαδήποτε πλειάδα **t** που ανήκει στο **r(R)**
- Εάν το **PK** είναι σύνθετο, τότε το **NULL** δεν επιτρέπεται σε **KANENA** από τα γνωρίσματα του **PK**
- Π.χ., WORKS_ON(ESSN, PNO, Hours)//PK είναι σύνθετο
 - (123, 4, 5) OK
 - (123, 4, **NULL**) OK
 - (**NULL**, 4, 5) ERROR

Σχεσιακοί Κανόνες Ακεραιότητας

Αναφορική Ακεραιότητα (Referential Integrity)



- Θεωρήστε την **N:1** συσχέτιση μεταξύ **Employee-Department** (χωρίς περιορισμούς συμμετοχής)



- Είχαμε αναφέρει ότι σε **N:1** συσχετίσεις το κλειδί της οντότητας στη πλευρά του **1** γίνεται **γνώρισμα** στη πλευρά του **N**, συνεπώς:

- Σχέση που **Αναφέρει (Referencing Relation)**
 - Π.χ., EMPLOYEE(ssn, name, **dno**) → Ξένο Κλειδί (Foreign Key)
- Σχέση που **Αναφέρεται (Referenced Relation)**
 - Π.χ., DEPARTMENT(**dno**, name, location) → Πρωτεύων Κλειδί (Foreign Key)
- Το **dno** της σχέσης **EMPLOYEE** ονομάζεται **ξένο κλειδί (foreign key)** και έχει τα ακόλουθα χαρακτηριστικά
 - A) Έχει το **ίδιο πεδίο ορισμού** με το αντίστοιχο πεδίο του **DEPARTMENT**
 - B) Έχει **τιμή** ή είναι **NULL** (εάν επιτρέπεται κάτι τέτοιο από το σχήμα)

Σχεσιακοί Κανόνες Ακεραιότητας

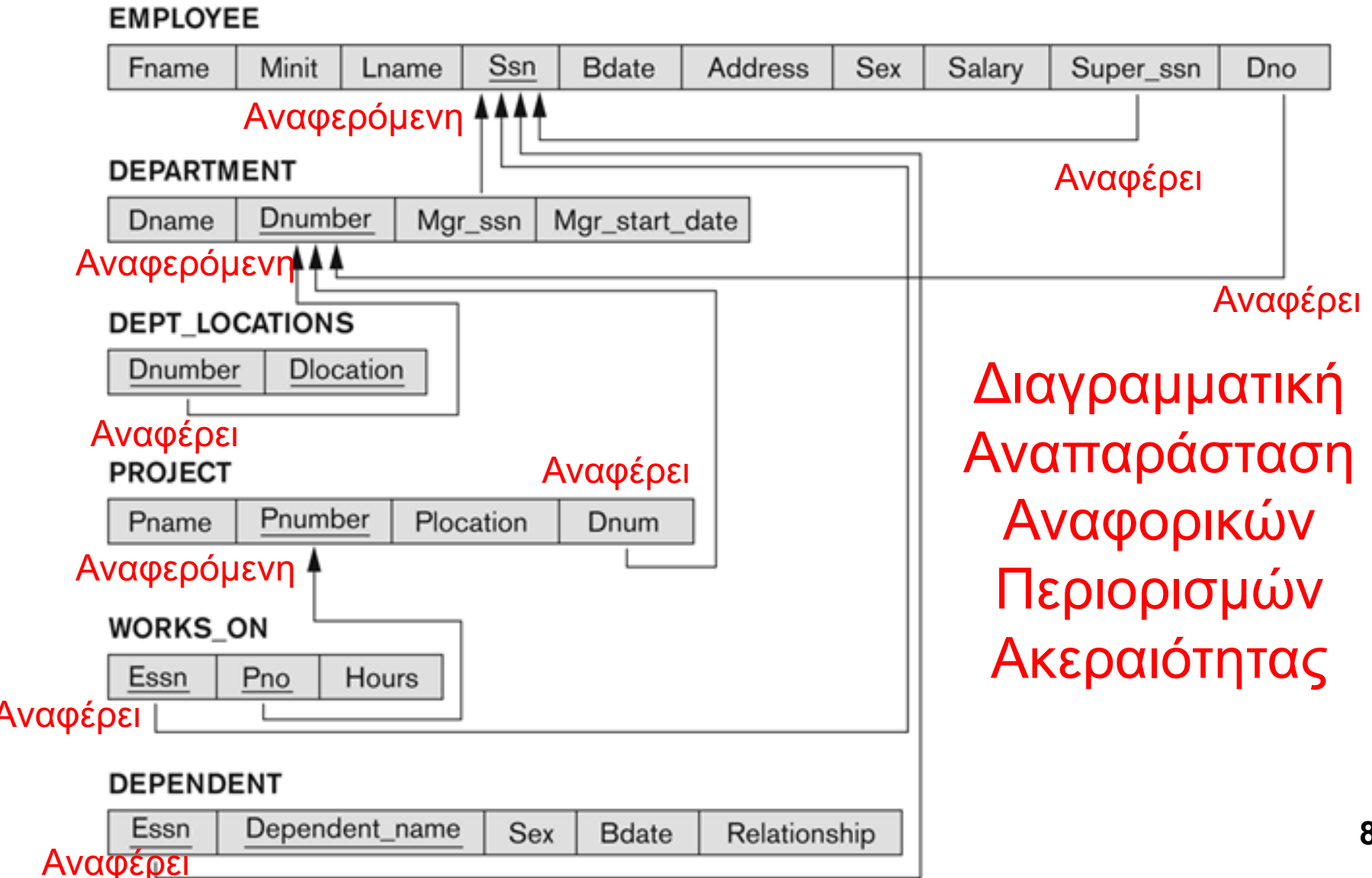
Αναφορική Ακεραιότητα (Referential Integrity)



- **Γ) Κανόνας Αναφορικής Ακεραιότητας (Referential Integrity)** ορίζει ότι τα **ξένα κλειδιά (FK)** πρέπει να είναι **είτε υπαρκτά ή NULL**
 - Π.χ., EMPLOYEE(SSN, Fname, Lname, **Dno**)
 - (123, Costas, Ioannou, 5) **OK** (υπάρχει το 5)
 - (123, Costas, Ioannou, NULL) **OK** (εφόσον επιτρέπεται NULL)
 - (123, Costas, Ioannou, 1000) **ERROR** (ΔΕΝ υπάρχει το 1000)
- Νοείται, ότι στη περίπτωση που το **FK** είναι μέρος του **PK** μιας σχέσης ($FK \subseteq PK$), τότε το **FK** δεν μπορεί να είναι **NULL** (κανόνας πρωτεύοντος κλειδιού)
 - Π.χ., DEPENDENT(ESSN, Dname, Sex, Bdate, Relation)

Σχισιακοί Κανόνες Ακεραιότητας

Αναφορική Ακεραιότητα (Referential Integrity)



Διαγραμματική
Αναπαράσταση
Αναφορικών
Περιορισμών
Ακεραιότητας

Σχεσιακοί Κανόνες Ακεραιότητας

Άλλοι Περιορισμοί (Other Constraints)



- **Κανόνες Σημασιολογικής Ακεραιότητας (Semantic Integrity Constraints):**

- Στηρίζονται σε έννοιες που **σχετίζονται** με την **εφαρμογή** **όχι το μοντέλο** και τα οποία **ΔΕΝ** μπορούν να διατυπωθούν από το **Σχεσιακό Μοντέλο**

- Π.χ., «Ο μέγιστος αριθμός ωρών ενός υπαλλήλου σε ένα project είναι 56»

- Για την διατύπωση αυτών των περιορισμών χρειάζονται **εξειδικευμένες εκφράσεις**.

- Η **SQL-99** επιτρέπει την χρήση **ελέγχων (CHECK)**, **σκανδαλών (triggers)** και **βεβαιώσεων (assertions)**

- **CREATE TABLE** (.... integer hours; **CHECK hours<=56;**)

- Εφαρμόζεται σε περιπτώσεις μιας σχέσης.

- **CREATE ASSERTION CHECK** (NOT EXIST (....))

- Εφαρμόζεται σε περιπτώσεις πολλαπλών σχέσεων.

- **CREATE TRIGGER** a BEFORE INSERT ON EMP sendmail();

- Εφαρμόζεται σε περιπτώσεις επιθυμίας αντίδρασης σε διάφορα γεγονότα.

Πράξεις Ενημερώσεων στο Σχεσιακό Μοντέλο



- Μια βάση δεδομένων έχει μια **συνεπή αρχική κατάσταση**
 - Συγκεκριμένα, **πληρούνται όλοι οι περιορισμοί** όπως ορίστηκαν από τον σχεδιαστή.
- Όποτε η βάση αλλάζει προκύπτει μια νέα της **κατάσταση**.
- Οι **βασικές πράξεις** για αλλαγή της κατάστασης μιας βάσης δεδομένων είναι :
 - **INSERT: Εισαγωγή** νέας πλειάδας στη σχέση.
 - **DELETE: Διαγραφή** Υφιστάμενης(ων) Πλειάδας(ων)
 - **MODIFY: Τροποποίηση** πεδίων συγκεκριμένης(ων) πλειάδων
- Η επόμενη διαφάνεια δείχνει την **αρχική κατάσταση της UNIVERSITY DB** που θα χρησιμοποιηθεί στη συζήτηση
 - Θεωρήστε ότι ισχύουν οι κανόνες ακεραιότητας (κλειδιού, οντότητας, και αναφοράς) που συζητήθηκαν νωρίτερα.

Αρχική Κατάσταση Βάσης UNIVERSITY



EMPLOYEE * Περιορισμός Κλειδιού / Οντοτητας

Fname	Minit	Lname	<u>Ssn</u> *	Bdate	Address	Sex	Salary	Super_ssn	Dno
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
Alicia	J	Zelaya	999887777	1968-01-19	3321 Castle, Spring, TX	F	25000	987654321	4
Jennifer	S	Wallace	987654321	1941-06-20	291 Berry, Bellaire, TX	F	43000	888665555	4
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
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

DEPARTMENT

Αναφορικός Περιορισμός

Dname	* <u>Dnumber</u>	Mgr_ssn	Mgr_start_date
Research	5	333445555	1988-05-22
Administration	4	987654321	1995-01-01
Headquarters	1	888665555	1981-06-19

DEPT_LOCATIONS

<u>Dnumber</u> *	<u>Dlocation</u>
1	Houston
4	Stafford
5	Bellaire
5	Sugarland
5	Houston

Αρχική Κατάσταση Βάσης UNIVERSITY



EMPLOYEE (SSN)

WORKS_ON

<u>Essn</u> *	<u>Pno</u>	Hours
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
987987987	10	35.0
987987987	30	5.0
987654321	30	20.0
987654321	20	15.0
888665555	20	NULL

PROJECT

<u>Pname</u>	* <u>Pnumber</u>	Plocation	Dnum
ProductX	1	Bellaire	5
ProductY	2	Sugarland	5
ProductZ	3	Houston	5
Computerization	10	Stafford	4
Reorganization	20	Houston	1
Newbenefits	30	Stafford	4

Αναφορικός
Περιορισμός

* Περιορισμός Κλειδιού / Οντοτητας

DEPENDENT

<u>Essn</u> *	<u>Dependent_name</u>	Sex	Bdate	Relationship
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

Πράξεις Ενημερώσεων στο Σχισιακό Μοντέλο



- **Τι γίνεται σε περιπτώσεις παραβίασης των κανόνων ακεραιότητας από μια πράξη;**
 - A) (Default Πράξη) Ακύρωση πράξης. NO ACTION**
 - B) Επιτρέπεται η πράξη (σπάνια) αλλά ενημερώνεται ο χρήστης**
 - Μπορεί να συμβεί σε άπλες περιπτώσεις μόνο (π.χ., εάν υπάρχει περιορισμός **TELEPHONE NOT NULL**).
 - Δεν μπορεί να συμβεί σε περιπτώσεις **κανόνων ακεραιότητας** (κλειδιού, οντότητας, αναφοράς) και γενικά δεν υποστηρίζεται.
 - Γ) Εκτέλεση επιπλέον λειτουργιών. Π.χ., Στην SQL υπάρχει η έννοια του CASCADE, SET NULL, SET DEFAULT.**
 - Π.χ., **CREATE TABLE EMPLOYEE (....
CONSTRAINT MGR
FOREIGN KEY(Super_ssn) REFERENCES EMPLOYEE(ssn)
ON DELETE SET NULL ON UPDATE CASCADE**
 - Εάν σβηστεί ο Supervisor τότε ο Emp.Super_ssn γίνεται NULL
 - Εάν ενημερωθεί το SSN του Supervisor τότε ο Emp.Super_ssn (σχέσεων που την αναφέρουν) ενημερώνεται επίσης

Πράξεις Ενημερώσεων στο Σχισιακό Μοντέλο



- Το **INSERT** μπορεί να παραβιάζει όλους τους περιορισμούς:
 - Πεδίου Ορισμού:
 - π.χ., **EMPLOYEE(SSN:integer)**: εισαγωγή (**123.3**) (πραγματικού αριθμού)
 - Κλειδιού:
 - π.χ., **EMPLOYEE(SSN)**: εισαγωγή (**123**), όπου η σχέση EMPLOYEE περιέχει ήδη το 123, π.χ., {1,2,4,**123**,300}
 - Αναφορικής Ακεραιότητας:
 - π.χ., **EMPLOYEE(SSN, DNO)**: εισαγωγή (**123, 1000**), θεωρώντας ότι το **DNO 1000** δεν υπάρχει.
 - Οντότητας:
 - π.χ., **EMPLOYEE(SSN, Name)**: εισαγωγή (**NULL, "Costas"**)

Πράξεις Ενημερώσεων στο Σχισιακό Μοντέλο



- Το **DELETE** μπορεί να παραβιάζει τους ακόλουθους περιορισμούς:
 - Πεδίου Ορισμού: **ΟΧΙ**
 - Κλειδιού: **ΟΧΙ**
 - Αναφορικής Ακεραιότητας:
 - Π.χ., εάν η εγγραφή που διαγράφεται αναφέρεται από άλλη σχέση.
 - Όπως αναφέραμε ήδη, η αναφορική ακεραιότητα μπορεί να επιβληθεί στην SQL με χρήση των επιπλέον ενεργειών: **CASCADE**, **SET NULL**, **SET DEFAULT**
 - Οντότητας: **ΟΧΙ**

Πράξεις Ενημερώσεων στο Σχισιακό Μοντέλο



- Το **UPDATE** από → προς μπορεί να παραβιάζει τους ακόλουθους περιορισμούς:
 - Πεδίου Ορισμού:
 - π.χ., **EMPLOYEE(SSN:integer)**: ενημέρωση 121 → 123.0 (πραγματικού αριθμού)
 - Κλειδιού:
 - Π.χ., **EMPLOYEE(SSN)**: ενημέρωση 121 → **123**, όπου η σχέση περιέχει ήδη το 123, π.χ., {1,2,4,**123**,300}
 - Αναφορικής Ακεραιότητας:
 - π.χ., **EMPLOYEE(SSN, DNO)**: ενημέρωση (1,5) → (1,**1000**), θεωρώντας ότι το **DNO 1000** δεν υπάρχει ενώ το **5** υπάρχει.
 - Οντότητας:
 - Π.χ., **EMPLOYEE(SSN)**: ενημέρωση 1 → NULL

Τυπικές Γλώσσες Σχεσιακού Μοντέλου

(Formal Languages for the Relational Model)

- Για την εκτέλεση ερωτήσεων σε σχέσεις ορίζονται οι ακόλουθες τυπικές (θεωρητικές) γλώσσες:
 - Σχεσιακή Άλγεβρα (Relational Algebra)
 - Λογισμός Πλειάδων (Tuple Relational Calculus)
 - Λογισμός Πεδίων (Domain Relational Calculus)
- Αυτές οι γλώσσες είναι **εκφραστικά ισοδύναμες!**
 - Δηλαδή μπορούν να **εκφράσουν αντίστοιχες ερωτήσεις.**

– Οποιαδήποτε γλώσσα είναι εκφραστικά ισοδύναμη με την Σχεσιακή Άλγεβρα ονομάζεται **Σχεσιακά Πλήρης Γλώσσα (Relationally-Complete Language)**

- Η SQL είναι μια relationally complete γλώσσα

Τυπικές Γλώσσες Σχεσιακού Μοντέλου

(Formal Languages for the Relational Model)

- Πάνω σε αυτές τις **θεωρητικές γλώσσες** έχουν δημιουργηθεί **πραγματικές γλώσσες βάσεων δεδομένων** (π.χ., **SQL, QBE**)
 - **Σχεσιακή Άλγεβρα (Relational Algebra)**
 - **Προστακτική:** ορίζεται η σειρά εκτέλεσης των πράξεων.
 - Μια Επερώτηση του χρήστη σε SQL μεταφράζεται από την βάση σε μια έκφραση **σχεσιακής άλγεβρας**, το λεγόμενο **πλάνο εκτέλεσης (query plan)**.
 - **Λογισμός Πλειάδων (Tuple Calculus)**
 - **Δηλωτική:** δεν ορίζεται η σειρά εκτέλεσης των πράξεων απλά το επιθυμητό αποτέλεσμα,
 - Η **SQL** στηρίζεται πάνω στην δηλωτική φύση του **Λογισμού Πλειάδων** εάν SQL επερωτήσεις εκτελούνται σαν εκφράσεις **Σχεσιακής Άλγεβρας**
 - **Λογισμός Πεδίων (Domain Calculus)**
 - Όμοια με Λογισμό Πλειάδων (οι μεταβλητές είναι γνωρίσματα και όχι πλειάδες)
 - Δηλωτική και πάνω σ' αυτή στηρίζεται η **QBE**
 - Υλοποιείται IBM QMF, MS Access και Paradox, κ.α.

Τυπικές Γλώσσες Σχεσιακού Μοντέλου

(Formal Languages for the Relational Model)

- Παράδειγμα SQL (πραγματικής γλώσσας βάσης)

- `SELECT fname, lname, salary`
- `FROM EMPLOYEE`
- `WHERE dno=5`

Δηλωτική διατύπωση,
Προστακτική εκτέλεση

- Παράδειγμα Σχεσιακής Άλγεβρας:

- `TEMP ← σDNO=5(EMPLOYEE)`
- `RESULT ← πFNAME, LNAME, SALARY(TEMP)`

Προστακτική διατύπωση
& εκτέλεση

- Παράδειγμα Λογισμού Πλειάδων:

- `{ t.Fname, t.Lname, t.salary | EMPLOYEE(t) AND t.Dno=5 }`
- Η πιο πάνω έκφραση ονομάζεται **Set Builder Notation** (Σημειογραφία Δημιουργίας Συνόλων) {<γνωρίσματα αποτελέσματος> | <συνθήκες>}

Δηλωτική διατύπωση
& εκτέλεση

- Παράδειγμα Λογισμού Πεδίων:

- Όμοια με Λογισμό Πλειάδων (οι μεταβλητές είναι γνωρίσματα – περιορισμοί στο πεδίο ορισμού - και όχι πλειάδες)
- `{ qrsx | EMPLOYEE(qrstuvwxyz) AND z=5 }`
- Η έκφραση σε **QBE** (η οποία υλοποιεί το πιο πάνω) δεν διαφέρει ουσιαστικά (μπορεί να είναι διαγραμματική ωστόσο)

Δηλωτική διατύπωση
& εκτέλεση

Εισαγωγή στη Σχεσιακή Άλγεβρα



- Η Σχεσιακή Άλγεβρα αποτελείται από ένα **βασικό σύνολο πράξεων (τελεστών)** για το σχεσιακό μοντέλο.
 - Είναι ουσιαστικά η πιο διαδεδομένη τυπική γλώσσα του Σχε. Μοντ.
- Αυτοί οι **τελεστές** επιτρέπουν σε κάποιον να διατυπώσει **βασικές πράξεις ανάκτησης**, δηλ., **επερωτήσεις (queries)**.
- Το **αποτέλεσμα** εκτέλεσης **ΟΛΩΝ** των τελεστών μας επιστρέφει πίσω μια **νέα σχέση**, η οποία μπορεί να δημιουργείται από 1 ή περισσότερες σχέσεις εισόδου.

– Αυτή η **ιδιότητα** κάνει την Σχεσιακή Άλγεβρα **«Κλειστή»** (“closed”), δηλ., ΌΛΑ τα αντικείμενα στη σχεσιακή άλγεβρα είναι σχέσεις (ακόμη και μια απλή αριθμητική τιμή)

- **Έκφραση σχεσιακής άλγεβρας (Relational Algebra Expression):**
Ακολουθία εφαρμογής τελεστών πάνω σε σχέσεις,
Π.χ., $\pi_{FNAME, LNAME, SALARY}(\sigma_{DNO=5}(EMPLOYEE))$

Εισαγωγή στη Σχεσιακή Άλγεβρα



- Η Σχεσιακή Άλγεβρα παρέχει τους **τελεστές (operators)**:
 - **Μοναδιαίοι Σχεσιακοί Τελεστές (Unary Relational Ops)**
 - Επιλογή (Select, σ (sigma))
 - Προβολή (Project, π (pi))
 - Μετονομασία (Rename, ρ (rho))
 - **Σχεσιακοί Τελεστές από την Θεωρία Συνόλων**
 - Ένωση (UNION, \cup), Τομή (INTERSECTION, \cap), Διαφορά Συνόλων (DIFFERENCE ή MINUS, $-$)
 - Καρτεσιανό Γινόμενο (CARTESIAN PRODUCT, \times)
 - **Διαδικοί Σχεσιακοί Τελεστές (Binary Relational Ops)**
 - Συνένωση (JOIN, \bowtie) (υπάρχουν πολλαπλές εκδοχές)
 - Εφόσον το \bowtie δεν υποστηρίζεται σαν σύμβολο θα χρησιμοποιείται το \otimes
 - Διαίρεση (DIVISION, $/$)
 - **Επιπλέον Σχεσιακοί Τελεστές**
 - Συναρτήσεις Συνάθροισης AGGREGATE FUNCTIONS (π.χ., SUM, COUNT, AVG, MIN, MAX)
 - Εξωτερική Συνένωση, κ.α., (OUTER JOINS)

Μοναδιαίοι Τελεστές Επιλογή (σ)



- Ο **Τελεστής Επιλογής** (συμβολίζεται με σ (sigma)) χρησιμοποιείται για να **επιλέξουμε** ένα **υποσύνολο** των **πλειάδων** μιας σχέσης βάσει κάποιου **κριτηρίου επιλογής (selection condition)**

σ <Κριτήρια Επιλογής>(R)

- Το κριτήριο επιλογής λειτουργεί ως **φίλτρο** (δηλ., **επιστρέφει** μόνο τις πλειάδες που ικανοποιούν την συνθήκη)
- Π.χ., :
 - Εύρεση των EMPLOYEE που δουλεύουν στο department 4:

$\sigma_{\text{DNO} = 4}(\text{EMPLOYEE})$

- Εύρεση των EMPLOYEE που έχουν μισθό πάνω από \$30,000:

$\sigma_{\text{SALARY} > 30,000}(\text{EMPLOYEE})$

Μοναδιαίοι Τελεστές Επιλογή (σ)



σ <Κριτήρια Επιλογής>(R)

- Το κριτήριο επιλογής αποτελείται από **μια (1)** ή περισσότερες **προτάσεις (clauses)** της μορφής:

Κριτήριο Επιλογής := <όνομα γνωρίσματος>

<τελεστής>

<σταθερή τιμή | όνομα γνωρίσματος>

– Τελεστής:

- Δυαδικός Τελεστής Σύγκρισης {<, >, =, !=, >=, <=}

- Οι προτάσεις μπορεί να συνδέονται με

- Λογικούς Τελεστές: AND ή OR

– Π.χ., σ DNO = 4 AND SALARY > 30,000 (EMPLOYEE)

Μοναδιαίοι Τελεστές Επιλογή (σ)



• Ιδιότητες Τελεστή Επιλογής (σ)

1. Ο τελεστής $\sigma_{\langle \text{selection condition} \rangle}(R)$ παράγει μια νέα σχέση **S** ή οποία έχει το **ίδιο σχήμα** με την **R**, όπου $|S| == |R|$ και $|r(S)| \leq |r(R)|$
- Ισχύει η αντιμεταθετική ιδιότητα (**commutative**) :
 $\sigma_{\langle \text{condition1} \rangle}(\sigma_{\langle \text{condition2} \rangle}(R)) = \sigma_{\langle \text{condition2} \rangle}(\sigma_{\langle \text{condition1} \rangle}(R))$

– Επίσης, μπορούμε να **διαδώσουμε (cascade)** μια επιλογή

δηλ., $\sigma_{\langle \text{cond1} \rangle}(\sigma_{\langle \text{cond2} \rangle}(\sigma_{\langle \text{cond3} \rangle}(R))) = \sigma_{\langle \text{cond2} \rangle}(\sigma_{\langle \text{cond3} \rangle}(\sigma_{\langle \text{cond1} \rangle}(R)))$

Π.Χ., $\sigma_{\langle \text{dno}=5 \rangle}(\sigma_{\langle \text{fname}=\text{"Chris"} \rangle}(\sigma_{\langle \text{sex}=\text{"M"} \rangle}(\text{EMPLOYEE})))$

$= \sigma_{\langle \text{fname}=\text{"Chris"} \rangle}(\sigma_{\langle \text{sex}=\text{"M"} \rangle}(\sigma_{\langle \text{dno}=5 \rangle}(\text{EMPLOYEE})))$

– Επίσης, μια **διάδοση τελεστών σ** μπορεί να **αντικατασταθεί** από μια και μόνο επιλογή η οποία θα είναι η **σύζευξη** όλων των συνθηκών:

δηλ., $\sigma_{\langle \text{cond1} \rangle}(\sigma_{\langle \text{cond2} \rangle}(\sigma_{\langle \text{cond3} \rangle}(R))) = \sigma_{\langle \text{cond1} \rangle \text{ AND } \langle \text{cond2} \rangle \text{ AND } \langle \text{cond3} \rangle}(R))$

Π.Χ., $\sigma_{\langle \text{dno}=5 \rangle \text{ AND } \langle \text{fname}=\text{"Chris"} \rangle \text{ AND } \langle \text{sex}=\text{"M"} \rangle}(\text{EMPLOYEE})$

Μοναδιαίοι Τελεστές

Παραδείγματα Επιλογής (σ)



EMPLOYEE

Δεδομένα

Fname	Minit	Lname	<u>Ssn</u>	Bdate	Address	Sex	Salary	Super_ssn	Dno
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
Alicia	J	Zelaya	999887777	1968-01-19	3321 Castle, Spring, TX	F	25000	987654321	4
Jennifer	S	Wallace	987654321	1941-06-20	291 Berry, Bellaire, TX	F	43000	888665555	4
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
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

Επερώτηση

$\sigma_{(Dno=4 \text{ AND } Salary>25000) \text{ OR } (Dno=5 \text{ AND } Salary>30000)}$ (EMPLOYEE)

Αποτέλεσμα

Fname	Minit	Lname	<u>Ssn</u>	Bdate	Address	Sex	Salary	Super_ssn	Dno
Franklin	T	Wong	333445555	1955-12-08	638 Voss, Houston, TX	M	40000	888665555	5
Jennifer	S	Wallace	987654321	1941-06-20	291 Berry, Bellaire, TX	F	43000	888665555	4
Ramesh	K	Narayan	666884444	1962-09-15	975 Fire Oak, Humble, TX	M	38000	333445555	5

Μοναδιαίοι Τελεστές

Προβολή (π)



- Ο **Τελεστής Προβολής** συμβολίζεται με π (pi)) χρησιμοποιείται για να **επιλέξουμε** ένα **υποσύνολο γνωρισμάτων** μιας σχέσης:

$$\pi_{\text{Attribute1,Attribute2,...,AttributeN}}(R)$$

- Συνεπώς, ο τελεστής αυτός μπορεί να ειπωθεί σαν μια **κατακόρυφη διαμέριση (vertical partitioning)** της αρχικής σχέσης R
- Π.χ., : Ανάκτησε όλα τα **Επίθετα, Ονόματα, Μισθούς** των EMPLOYEE
 $\pi_{\text{LNAME, FNAME, SALARY}}(\text{EMPLOYEE})$
- Ο τελεστής προβολής διαγράφει εξ' ορισμού τα **διπλότυπα (duplicate tuple elimination)**
 - Αυτό διότι το αποτέλεσμα ΠΡΕΠΕΙ να είναι ΣΥΝΟΛΟ πλειάδων και όπως αναφέραμε τα σύνολα δεν επιτρέπουν τα διπλότυπα.

Μοναδιαίοι Τελεστές Προβολή (π)



• Ιδιότητες Τελεστή Προβολής π

1. Ο τελεστής $\pi_{\langle \text{Attributes} \rangle}(\mathbf{R})$ παράγει μια νέα σχέση \mathbf{S} για την οποία ισχύει $|\mathbf{S}| \leq |\mathbf{R}|$ αλλά και $|r(\mathbf{S})| \leq |r(\mathbf{R})|$ (λόγω της ενδεχόμενης διαγραφής διπλοτύπων)
 - Εάν το Attribute περιλαμβάνει κάποιο κλειδί της R τότε $|r(\mathbf{S})| = |r(\mathbf{R})|$
 - Προφανώς, και στις δυο πιο πάνω περιπτώσεις ο αριθμός των γνωρισμάτων του \mathbf{S} είναι υποσύνολο του R.
2. Ο τελεστής π ΔΕΝ είναι αντιμεταθετικός (not commutative):

$$\cancel{\pi_{\langle \text{list1} \rangle}(\pi_{\langle \text{list2} \rangle}(\mathbf{R})) = \pi_{\langle \text{list2} \rangle}(\pi_{\langle \text{list1} \rangle}(\mathbf{R}))}$$

Το πιο πάνω ισχύει MONO εάν $\text{list1} \subseteq \text{list2}$

Π.Χ., $\pi_{\langle \text{ssn}, \text{fname}, \text{dno} \rangle}(\pi_{\langle \text{ssn}, \text{fname}, \text{lname}, \text{dno} \rangle}(\text{EMPLOYEE}))$ ΣΩΣΤΟ

Π.Χ., $\pi_{\langle \text{ssn}, \text{fname}, \text{lname}, \text{dno} \rangle}(\pi_{\langle \text{ssn}, \text{fname}, \text{dno} \rangle}(\text{EMPLOYEE}))$ ΛΑΘΟΣ

3. Η Προβολή μπορεί να αντιμετατεθεί με την Επιλογή σε ορισμένες περιπτώσεις

$$\pi_{a_1, \dots, a_n}(\sigma_A(\mathbf{R})) = \sigma_A(\pi_{a_1, \dots, a_n}(\mathbf{R})) \quad \text{where fields in } A \subseteq \{a_1, \dots, a_n\}$$

Μοναδιαίοι Τελεστές

Παραδείγματα Προβολής (π)



EMPLOYEE

Δεδομένα

Διπλότυπα

Fname	Minit	Lname	Ssn	Bdate	Address	Sex	Salary	Super_ssn	Dno
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
Alicia	J	Zelaya	999887777	1968-01-19	3321 Castle, Spring, TX	F	25000	987654321	4
Jennifer	S	Wallace	987654321	1941-06-20	291 Berry, Bellaire, TX	F	43000	888665555	4
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
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

Επερώτηση

$\pi_{\text{Sex, Salary}}(\text{EMPLOYEE})$.

Αποτέλεσμα

Sex	Salary
M	30000
M	40000
F	25000
F	43000
M	38000
M	25000
M	55000

7 εγγραφές
αντί 8
εγγραφές
(λόγω
duplicates)

8-33

Εκφράσεις Σχεσιακής Άλγεβρας (Relational Algebra Expressions)



- Οι εκφράσεις σχεσιακής άλγεβρας μπορούν να **διατυπωθούν** κατά τους ακόλουθους τρόπους:
 - A) **Μια έκφραση** η οποία θα αποτελείται από **εμφωλευμένες (nested) εκφράσεις**:
 - Π.χ., $\pi_{FNAME, LNAME, SALARY}(\sigma_{DNO=5}(EMPLOYEE))$
 - B) **Πολλαπλές εκφράσεις** με επί μέρους αποτελέσματα
 - Π.χ., $TEMP \leftarrow \sigma_{DNO=5}(EMPLOYEE)$
 $RESULT \leftarrow \pi_{FNAME, LNAME, SALARY}(TEMP)$
- Στην B περίπτωση πρέπει να δηλώσουμε ονόματα για τα ενδιάμεσα αποτελέσματα.

Μοναδιαίοι Σχεσιακοί Τελεστές

Τελεστής RENAME



- Σε ορισμένες περιπτώσεις θέλουμε να **μετονομάσουμε** τα **γνωρίσματα** μιας **σχέσης** ή τη **σχέση** (ή και τα δυο)
 - Χρήσιμο όταν μια επερώτηση χρειάζεται **πολλαπλές πράξεις**
 - Απαραίτητα σε ορισμένες **περιπτώσεις** (π.χ., joins).

- Ο τελεστής **Μετονομασίας (RENAME)** μπορεί να χρησιμοποιείται καθ' οποιοδήποτε απ' τους πιο κάτω τρόπους:

- $\rho_S(B_1, B_2, \dots, B_n)(R)$:

- Αλλαγή Ονόματος Σχέσης από **R** σε **S**
- **B1, B2, ..., Bn**: Νέα Ονόματα Γνωρισμάτων

- $\rho_S(R)$

- Αλλαγή Ονόματος Σχέσης από **R** σε **S**

- $\rho_{(B_1, B_2, \dots, B_n)}(R)$: Για επερωτήσεις δεν χρησιμοποιείται γενικά

- **B1, B2, ..., Bn**: Νέα Ονόματα Γνωρισμάτων Αποτελέσματος

- $\rho_{R'(a \rightarrow b)}(R)$

- Αλλαγή Ονόματος Γνωρίσματος **R.a** σε **R'.b**

EMPLOYEE

Δεδομένα

Fname	Minit	Lname	Ssn	Bdate	Address	Sex	Salary	Super_ssn	Dno
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
Alicia	J	Zelaya	999887777	1968-01-19	3321 Castle, Spring, TX	F	25000	987654321	4
Jennifer	S	Wallace	987654321	1941-06-20	291 Berry, Bellaire, TX	F	43000	888665555	4
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
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



Fname	Lname	Salary
John	Smith	30000
Franklin	Wong	40000
Ramesh	Narayan	38000
Joyce	English	25000

No Renaming

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

TEMP

Fname	Minit	Lname	Ssn	Bdate	Address	Sex	Salary	Super_ssn	Dno
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

First_name	Last_name	Salary
John	Smith	30000
Franklin	Wong	40000
Ramesh	Narayan	38000
Joyce	English	25000

(B) With Renaming

TEMP $\leftarrow \sigma_{\text{DNO}=5}(\text{EMPLOYEE})$

R(First_Name, Last_Name, Salary)

$\leftarrow \pi_{\text{FNAME, LNAME, SALARY}}(\text{TEMP})$