



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΑΤΡΩΝ - ΤΜΗΥΠ

ΒΑΣΕΙΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ Ι

Β. Μεγαλοικονόμου
Δ. Χριστοδουλάκης

Σχεσιακό Μοντέλο ΙΙ

(παρουσίαση βασισμένη εν μέρη σε σημειώσεις των Silberchatz, Korth και Sudarshan και του C. Faloutsos)



Επισκόπηση

- Ιστορικά στοιχεία
- Έννοιες
- Τυπικές γλώσσες ερωτημάτων
 - Σχεσιακή άλγεβρα
 - Σχεσιακός λογισμός πλειάδων
 - Σχεσιακός λογισμός πεδίων



Πράξεις Εκτεταμένης Σχεσιακής Άλγεβρας

- Γενικευμένη Προβολή
- Εξωτερική Συνένωση
- Συναθροιστικές Συναρτήσεις

Γενικευμένη Προβολή

- Επεκτείνει την πράξη προβολής επιτρέποντας τη χρήση αριθμητικών συναρτήσεων στη λίστα των γνωρισμάτων προβολής

$$\Pi_{F_1, F_2, \dots, F_n}(E)$$

Το E είναι μια έκφραση σχεσιακής άλγεβρας

Καθένα από τα F_1, F_2, \dots, F_n είναι αριθμητικές εκφράσεις που περιέχουν σταθερές και γνωρίσματα στο σχήμα του E .

- Έστω η σχέση *δεδομένα-λογαριασμού* (*όνομα-πελάτη, όριο, υπόλοιπο-λογαριασμού*), βρες τι ποσό μπορεί ακόμα το κάθε άτομο να ξοδέψει:

$\Pi_{\text{όνομα-πελάτη, όριο} - \text{υπόλοιπο-λογαριασμού}}(\text{δεδομένα-λογαριασμού})$



Συναθροιστικές Συναρτήσεις και Πράξεις

- Μια **Συναθροιστική Συνάρτηση** δέχεται μια συλλογή τιμών και επιστρέφει μία τιμή ως αποτέλεσμα;

Συναθροιστικές Συναρτήσεις και Πράξεις

- Μια **Συναθροιστική Συνάρτηση** δέχεται μια συλλογή τιμών και επιστρέφει μία τιμή ως αποτέλεσμα

avg: μέσος όρος τιμής

min: ελάχιστη τιμή

max: μέγιστη τιμή

sum: άθροισμα τιμών

count: πλήθος τιμών

- Μια **συναθροιστική πράξη** σε σχεσιακή άλγεβρα

$$G_1, G_2, \dots, G_n \quad \mathcal{G} \quad F_1(A_1), F_2(A_2), \dots, F_n(A_n) \quad (E)$$

- Το E είναι οποιαδήποτε έκφραση σχεσιακής άλγεβρας
- G_1, G_2, \dots, G_n είναι μια λίστα γνωρισμάτων ομαδοποίησης (μπορεί να είναι κενή)
- Κάθε F_j είναι μια συναθροιστική συνάρτηση
- Κάθε A_j είναι το όνομα ενός γνωρίσματος

Συναθροιστική Πράξη – Παράδειγμα

- Σχέση r :

A	B	C
α	α	7
α	β	7
β	β	3
β	β	10

$g_{\text{sum}(c)}(r)$

$sum-C$
27

Συναθροιστική Πράξη – Παράδειγμα

Σχέση *λογαριασμός* ομαδοποιημένη κατά *όνομα-υποκαταστήματος*

<i>όνομα-υποκαταστήματος</i>	<i>αριθμός-λογαριασμού</i>	<i>υπόλοιπο</i>
Πάτρας	A-102	400
Πάτρας	A-201	900
Βόλου	A-217	750
Βόλου	A-215	750
Ραψάνης	A-222	700

όνομα-υποκαταστήματος g $sum(υπόλοιπο)$ (*λογαριασμός*)

<i>όνομα-υποκαταστήματος</i>	$sum(υπόλοιπο)$
Πάτρας	1300
Βόλου	1500
Ραψάνης	700

Συναθροιστικές Συναρτήσεις (συνέχεια)

- Το αποτέλεσμα μιας συνάθροισης δεν έχει όνομα
 - Χρησιμοποιούμε πράξη μετονομασίας
 - Για ευκολία, επιτρέπουμε τη μετονομασία σαν μέρος μιας συναθροιστικής πράξης

όνομα-υποκαταστήματος \mathcal{G} *sum*(υπόλοιπο) *as* άρθρισμα-υπολοίπου (λογαριασμός)

Εξωτερική Συνένωση

- Επέκταση της πράξης συνένωσης που αποφεύγει την απώλεια πληροφορίας
- Υπολογίζει τη συνένωση και μετά προσθέτει πλειάδες από μία σχέση που δεν ταιριάζουν με πλειάδες της άλλης σχέσης στο αποτέλεσμα της συνένωσης
- Χρησιμοποιεί τιμές *null* :
 - Το *null* σηματοδοτεί ότι η τιμή είναι άγνωστη ή δεν υπάρχει
 - Όλες οι συγκρίσεις που περιλαμβάνουν τιμές *null* είναι (σε αδρές γραμμές) **λανθασμένες** εξ' ορισμού
 - Ακριβής ερμηνεία των συγκρίσεων με τιμές *null* έπεται

Εξωτερική Συνένωση–Παράδειγμα

■ Σχέση δάνειο

<i>αριθμός-δανείου</i>	<i>όνομα-υποκαταστήματος</i>	<i>ποσό</i>
L-170	Δραπετσώνα	3000
L-230	Ραφήνα	4000
L-260	Περιστέρι	1700

■ Σχέση δανειζόμενος

<i>όνομα-πελάτη</i>	<i>αριθμός-δανείου</i>
Ιωάννου	L-170
Σταύρου	L-230
Χρήστου	L-155

Εξωτερική Συνένωση–Παράδειγμα

■ Εσωτερική Συνένωση

δάνειο ✕ *δανειζόμενος*

<i>αριθμός-δανείου</i>	<i>όνομα-υποκαταστήματος</i>	<i>ποσό</i>	<i>όνομα-πελάτη</i>
L-170	Δραπετσώνα	3000	Ιωάννου
L-230	Ραφήνα	4000	Σταύρου

■ Αριστερή Εξωτερική Συνένωση

δάνειο □ ✕ *δανειζόμενος*

<i>αριθμός-δανείου</i>	<i>όνομα-υποκαταστήματος</i>	<i>ποσό</i>	<i>όνομα-πελάτη</i>
L-170	Δραπετσώνα	3000	Ιωνάννου
L-230	Ραφήνα	4000	Σταύρου
L-260	Περιστέρι	1700	<i>null</i>

Εξωτερική Συνένωση–Παράδειγμα

■ Δεξιά Εξωτερική Συνένωση

δάνειο \bowtie *δανειζόμενος*

<i>αριθμός-δανείου</i>	<i>όνομα-υποκαταστήματος</i>	<i>ποσό</i>	<i>όνομα-πελάτη</i>
L-170	Δραπετσώνα	3000	Ιωάννου
L-230	Ραφήνα	4000	Σταύρου
L-155	<i>null</i>	<i>null</i>	Χρήστου

■ Πλήρης Εξωτερική Συνένωση

δάνειο \bowtie *δανειζόμενος*

<i>αριθμός-δανείου</i>	<i>όνομα-υποκαταστήματος</i>	<i>ποσό</i>	<i>όνομα-πελάτη</i>
L-170	Δραπετσώνα	3000	Ιωάννου
L-230	Ραφήνα	4000	Σταύρου
L-260	Περιστερί	1700	<i>null</i>
L-155	<i>null</i>	<i>null</i>	Χρήστου



Null Τιμές

- Ενδέχεται πλειάδες να έχουν μια κενή τιμή που συμβολίζεται με *null*, για ορισμένα από τα γνωρίσματά τους
- Το *null* σηματοδοτεί άγνωστη τιμή ή τιμή που δεν υπάρχει
- Το αποτέλεσμα οποιασδήποτε αριθμητικής έκφρασης που περιλαμβάνει τιμή *null* είναι *null*
- Οι συναθροιστικές συναρτήσεις αγνοούν τις τιμές null
 - Αυθαίρετη απόφαση. Θα μπορούσαν αντί αυτού να επιστρέφουν null στο αποτέλεσμα
 - Ακολουθούν τη σημασιολογία της SQL στον τρόπο χειρισμού των τιμών null
- Για απαλοιφή διπλοτύπων και για ομαδοποίηση, οι τιμές null αντιμετωπίζονται σαν μια οποιαδήποτε άλλη τιμή και δύο τιμές null υποθέτουμε πως είναι ίδιες
 - Εναλλακτικά: υποθέτουμε ότι οι null τιμές είναι διαφορετικές μεταξύ τους
 - Και οι δύο είναι αυθαίρετες αποφάσεις, ακολουθούμε την SQL

Null Τιμές

- Συγκρίσεις με τιμές null επιστρέφουν την ειδική τιμή αληθείας *unknown*
 - Αν χρησιμοποιούσαμε *false* αντί για *unknown*, τότε το $not (A < 5)$ δεν θα ήταν ισοδύναμο με το $A \geq 5$
- Η λογική τριών τιμών (three-valued logic) χρησιμοποιούν την truth τιμή *unknown*:
 - OR: $(unknown \text{ or } true) = true,$
 $(unknown \text{ or } false) = unknown$
 $(unknown \text{ or } unknown) = unknown$
 - AND: $(true \text{ and } unknown) = unknown,$
 $(false \text{ and } unknown) = false,$
 $(unknown \text{ and } unknown) = unknown$
 - NOT: $(not \ unknown) = unknown$
 - Στην SQL το "**P is unknown**" αξιολογείται σε true αν το κατηγορήμα P αξιολογείται σε *unknown*
- Το αποτέλεσμα της επιλογής του κατηγορήματος αντιμετωπίζεται σαν *false* αν αξιολογηθεί σε *unknown*



Τροποποιήσεις στη Βάση Δεδομένων

- Το περιεχόμενο της βάσης δεδομένων μπορεί να τροποποιηθεί με τη χρήση των ακόλουθων πράξεων:
 - Διαγραφή (Deletion)
 - Εισαγωγή (Insertion)
 - Ενημέρωση (Updating)
- Όλες οι παραπάνω πράξεις εκφράζονται με τη χρήση του τελεστή ανάθεσης

Η Βάση Δεδομένων μιας Τράπεζας

Id-πελάτη	Όνομα-πελάτη	Διεύθυνση-πελάτη	Πόλη-πελάτη
192-83-7465	Ιωάννου	Αιόλου 12	Πάτρα
019-28-3746	Σταύρου	Νότου 4	Ρόδος
677-89-9011	Χρήστου	Μάχης 3	Χίος
182-73-6091	Τσάμης	Πατρόκλου 123	Σύρος
321-12-9999	Τζίμα	Μηλιάς 100	Χανιά
336-66-9999	Λυσίου	Παράσχου 175	Πάργα
019-28-3746	Σταύρου	Νότου 72	Ραψάνη

αριθμός-λογαριασμού	ποσό
A-101	500
A-215	700
A-102	400
A-305	350
A-201	900
A-217	750
A-222	700

Id-πελάτη	αριθμός-λογαριασμού
192-83-7465	A-101
019-28-3746	A-215
677-89-9011	A-102
182-73-6091	A-305
321-12-9999	A-201
336-66-9999	A-217
019-28-3746	A-222

Διαγραφή

- Εκφράζεται παρόμοια με μια επερώτηση
- Αντί της προβολής πλειάδων, οι επιλεγμένες πλειάδες απομακρύνονται από τη ΒΔ
- Μπορεί να διαγράψει ολόκληρες πλειάδες
 - Δεν μπορεί να διαγράψει τιμές σε συγκεκριμένα μόνο γνωρίσματα
- Μια διαγραφή διατυπώνεται σε σχεσιακή άλγεβρα ως:

$$r \leftarrow r - E$$

όπου r είναι η σχέση και E είναι η επερώτηση σε σχεσιακή άλγεβρα

Παραδείγματα Διαγραφής

- Διαγραφή όλων των λογαριασμών στο υποκατάστημα Πάτρας
 $\text{λογαριασμός} \leftarrow \text{λογαριασμός} - \sigma \text{ όνομα-υποκαταστήματος} = \text{"Πάτρα"}$
(λογαριασμός)
- Διαγραφή όλων των δανείων με ποσό μεταξύ 0 και 50 Ευρώ
 $\text{δάνειο} \leftarrow \text{δάνειο} - \sigma \text{ ποσό} \geq 0 \text{ and } \text{ποσό} \leq 50$ (δάνειο)
- Διαγραφή όλων των λογαριασμών στα υποκαταστήματα της Νίκαιας
 $r_1 \leftarrow \sigma \text{ υποκατάστημα-πόλη} = \text{"Νίκαια"} \text{ (λογαριασμός} \bowtie \text{ υποκατάστημα)}$
 $r_2 \leftarrow \Pi \text{ όνομα-υποκαταστήματος, αριθμός-λογαριασμού, υπόλοιπο} (r_1)$
 $r_3 \leftarrow \Pi \text{ όνομα-πελάτη, αριθμός-λογαριασμού} (r_2 \bowtie \text{ καταθέτης})$
 $\text{λογαριασμός} \leftarrow \text{λογαριασμός} - r_2$
 $\text{καταθέτης} \leftarrow \text{καταθέτης} - r_3$



Εισαγωγή

- Για την εισαγωγή δεδομένων σε μια σχέση είτε:
 - Προσδιορίζουμε μια πλειάδα για την εισαγωγή των δεδομένων,

Ή
 - Διατυπώνουμε ένα ερώτημα το αποτέλεσμα του οποίου είναι ένα σύνολο πλειάδων που θα εισαχθεί στη σχέση
- Πώς συμβολίζεται η εισαγωγή στη σχεσιακή άλγεβρα;

Εισαγωγή

- Για την εισαγωγή δεδομένων σε μια σχέση είτε:
 - Προσδιορίζουμε μια πλειάδα για την εισαγωγή των δεδομένων, ή
 - Διατυπώνουμε ένα ερώτημα το αποτέλεσμα του οποίου είναι ένα σύνολο πλειάδων που θα εισαχθεί στη σχέση
- Στη σχεσιακή άλγεβρα μια εισαγωγή συμβολίζεται ως:

$$r \leftarrow r \cup E$$

όπου r είναι μια σχέση και E μια έκφραση σχεσιακής άλγεβρας

- Εισαγωγή σε μία πλειάδα: έστω E μια σταθερή σχέση που περιέχει μία πλειάδα

Παραδείγματα Εισαγωγής

- Εισαγωγή πληροφορίας στη ΒΔ για να δείξουμε πώς ο Σταύρου έχει 1200 Ευρώ στον λογαριασμό A-973 στο υποκατάστημα της Πάτρας

$\text{λογαριασμός} \leftarrow \text{λογαριασμός} \cup \{(\text{"Πάτρα"}, \text{A-973}, 1200)\}$

$\text{καταθέτης} \leftarrow \text{καταθέτης} \cup \{(\text{"Σταύρου"}, \text{A-973})\}$

- Δώσε δώρο σε όλους τους πελάτες που έχουν πάρει δάνειο από το υποκατάστημα της Πάτρας 200 Ευρώ. Έστω ότι ο αριθμός δανείου λειτουργεί ως αριθμός λογαριασμού για το νέο λογαριασμό ταμιευτηρίου

$r_1 \leftarrow (\sigma_{\text{όνομα-υποκαταστήματος} = \text{"Πάτρα"}}(\text{δανειζόμενος} \bowtie \text{δάνειο}))$

$\text{λογαριασμός} \leftarrow \text{λογαριασμός} \cup (\Pi_{\text{όνομα-υποκαταστήματος, αριθμός-δανείου}}(r_1) \times \{(200)\})$

OR $\text{λογαριασμός} \leftarrow \text{λογαριασμός} \cup \Pi_{\text{όνομα-υποκαταστήματος, αριθμός-λογαριασμού, 200}}(r_1)$

$\text{καταθέτης} \leftarrow \text{καταθέτης} \cup \Pi_{\text{όνομα-πελάτη, αριθμός-δανείου}}(r_1)$

Ενημέρωση

- Μηχανισμός για την αλλαγή μιας τιμής σε μια πλειάδα χωρίς να αλλάξουν όλες οι τιμές της πλειάδας
- Χρησιμοποιεί τον τελεστή γενικευμένης προβολής

$$r \leftarrow \Pi_{F_1, F_2, \dots, F_n}(r)$$

- Κάθε F_i είναι είτε το i -στο γνώρισμα της r , αν το i -στο γνώρισμα δεν είναι ενημερωμένο, ή, αν το γνώρισμα πρόκειται να ενημερωθεί
- Το F_i είναι μια έκφραση που περιλαμβάνει μόνο σταθερές και τα γνωρίσματα της r , που δίνει τη νέα τιμή για το γνώρισμα

Παραδείγματα Ενημέρωσης

- Βάλε τους τόκους αυξάνοντας κάθε υπόλοιπο κατά 5%
 $\text{λογαριασμός} \leftarrow \Pi_{ΑΛ, ΟΥ, ΥΠΟΛ} * 1.05$ (λογαριασμός)

όπου ΑΛ, ΟΥ και ΥΠΟΛ είναι ο αριθμός-λογαριασμού, το όνομα-υποκαταστήματος και το υπόλοιπο αντίστοιχα

- Αύξησε όλους τους λογαριασμούς που έχουν πάνω από 10.000 Ευρώ κατά 6% και όλους τους υπόλοιπους κατά 5%

$$\begin{aligned} \text{λογαριασμός} \leftarrow & \Pi_{ΑΛ, ΟΥ, ΥΠΟΛ} * 1.06 \quad (\sigma_{ΥΠΟΛ} > 10000 \text{ (λογαριασμός)}) \\ & \cup \Pi_{ΑΛ, ΟΥ, ΥΠΟΛ} * 1.05 \quad (\sigma_{ΥΠΟΛ} \leq 10000 \text{ (λογαριασμός)}) \end{aligned}$$

Όψεις

- ... αν δεν είναι επιθυμητό όλοι οι χρήστες να βλέπουν ολόκληρο το λογικό μοντέλο (δηλ. όλες τις σχέσεις που είναι αποθηκευμένες στη βάση)
- Κάποιος μπορεί να χρειάζεται να μάθει τον αριθμό δανείου ενός πελάτη όμως δε χρειάζεται να μάθει το ύψος του δανείου μπορεί να δει τη σχέση:
Πόνομα-πελάτη, αριθμός-δανείου (δανειζόμενος ✕ δάνειο)
- Οποιαδήποτε σχέση που δεν είναι στο εννοιολογικό μοντέλο και καθίσταται ορατή στο χρήστη σαν μια “**εικονική σχέση**” ονομάζεται **όψη** (view).

Ορισμός Όψης

- Η όψη ορίζεται με τη χρήση της εντολής **create view** που έχει τη μορφή
create view *v* **as** <έκφραση επερώτησης>
όπου <έκφραση επερώτησης> είναι οποιαδήποτε έκφραση επερώτησης σχεσιακής άλγεβρας
- Το όνομα όψης *v*, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για αναφορά στην εικονική σχέση
- Ορισμός όψης \neq δημιουργία νέας σχέσης έπειτα από την εκτέλεση της έκφρασης επερώτησης. Αντίθετα, ο ορισμός μιας όψης επιφέρει τη διατήρηση μιας έκφρασης που θα υποκατασταθεί από επερωτήσεις που θα χρησιμοποιήσουν την όψη
- Υλοποιημένες όψεις

Παραδείγματα Όψης

Έστω η όψη με το όνομα (*σύνολο-πελατών*) περιέχει υποκαταστήματα και τους πελάτες τους

create view *σύνολο-πελατών* **as**

Π *όνομα-υποκαταστήματος, όνομα-πελάτη* (*καταθέτης* \bowtie *λογαριασμός*)

\cup Π *όνομα-υποκαταστήματος, όνομα-πελάτη* (*δανειζόμενος* \bowtie *δάνειο*)

- Μπορούμε να βρούμε όλους τους πελάτες του υποκαταστήματος της Πάτρας γράφοντας:

Π *όνομα-πελάτη*

(σ *όνομα-υποκαταστήματος* = "Πάτρα" (*σύνολο-πελατών*))

Ενημερώσεις μέσω Όψεων

- Οι τροποποιήσεις της ΒΔ που εκφράζονται ως όψεις πρέπει να μεταφραστούν σε τροποποιήσεις στις πραγματικές σχέσεις της ΒΔ
- Πχ. Κάποιος που χρειάζεται να δει όλα τα δεδομένα για δάνεια στη σχέση *δάνειο* εκτός από το *ποσό*. Η όψη ορίζεται ως:

create view υποκατάστημα-δάνειο as

*Π*_{όνομα-υποκαταστήματος, αριθμός-δανείου} (*δάνειο*)

- Εφόσον επιτρέπουμε το όνομα της όψης να εμφανίζεται σε όποιο σημείο επιτρέπεται ένα όνομα σχέσης, μπορεί κάποιος να γράψει:

υποκατάστημα-δάνειο ← *υποκατάστημα-δάνειο* ∪ {"Πάτρα", L-37}

Ενημερώσεις μέσω Όψεων (συνέχεια)

- Η προηγούμενη εισαγωγή πρέπει να αναπαρασταθεί σαν μια εισαγωγή στην πραγματική σχέση *δάνειο* από την οποία δημιουργήθηκε η όψη *υποκατάστημα-δάνειο*
- Μια εισαγωγή στη σχέση *δάνειο* απαιτεί μία τιμή για το γνώρισμα *ποσό*
Μπορούμε να χειριστούμε την εισαγωγή ως εξής:
 - Απορρίπτοντας την εισαγωγή και επιστρέφοντας μήνυμα λάθους στον χρήστη
 - Εισάγωντας μια πλειάδα ("L-37", "Πάτρα", *null*) στη σχέση *δάνειο*
- Ορισμένες ενημερώσεις μέσω όψεων είναι αδύνατο να μεταφραστούν σε ενημερώσεις στη σχέση της ΒΔ
 - $\text{create view } v \text{ as } \sigma_{\text{όνομα-υποκαταστήματος} = \text{"Πάτρα"}} (\text{λογαριασμός})$
 $v \leftarrow v \cup (L-99, \text{Ψηλά Αλώνια}, 23)$
- Άλλες δεν μπορούν να μεταφραστούν μοναδικά
 - $\text{σύνολο-πελατών} \leftarrow \text{σύνολο-πελατών} \cup (\text{Πάτρα}, \text{Γιάννης})$
 - Πρέπει να επιλεγεί ένα δάνειο ή ένας λογαριασμός και να δημιουργηθεί ένας νέος αριθμός δανείου/λογαριασμού!

Ορισμός Όψεων με χρήση άλλων όψεων

- Μια όψη μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε μια έκφραση που ορίζει μια άλλη όψη
- Μια σχέση όψης v_1 θεωρείται ότι *εξαρτάται άμεσα* από μια σχέση όψης v_2 αν η v_2 χρησιμοποιείται στην έκφραση που ορίζει την v_1
- Μια σχέση όψης v_1 θεωρείται ότι *εξαρτάται από* μια σχέση όψης v_2 αν είτε η v_1 εξαρτάται άμεσα από την v_2 ή υπάρχει ένα μονοπάτι από εξαρτήσεις μεταξύ των v_1 και v_2
- Μια σχέση όψης v θεωρείται ως *αναδρομική* αν εξαρτάται από τον εαυτό της

Επέκταση Όψης

- Ορίζει την ερμηνεία των όψεων συναρτήσει άλλων όψεων
- Έστω η όψη v_1 ορίζεται από μια έκφραση e_1 που μπορεί να χρησιμοποιεί τις σχέσεις όψης
- Η επέκταση της όψης μιας έκφρασης επαναλαμβάνει το ακόλουθο βήμα αντικατάστασης:

repeat

Βρες κάποια σχέση όψης v_i στο e_1

Αντικατέστησε τη σχέση όψης v_i με την έκφραση που ορίζει το v_i

until δεν υπάρχουν άλλες σχέσεις όψης στο e_1

Ο παραπάνω βρόγχος θα τερματίσει αν ...;

Επέκταση Όψης

- Ορίζει την ερμηνεία των όψεων συναρτήσει άλλων όψεων
- Έστω η όψη v_1 ορίζεται από μια έκφραση e_1 που μπορεί να χρησιμοποιεί τις σχέσεις όψης
- Η επέκταση της όψης μιας έκφρασης επαναλαμβάνει το ακόλουθο βήμα αντικατάστασης:

repeat

Βρες κάποια σχέση όψης v_i στο e_1

Αντικατέστησε τη σχέση όψης v_i με την έκφραση που ορίζει το v_i

until δεν υπάρχουν άλλες σχέσεις όψης στο e_1

Ο παραπάνω βρόγχος θα τερματίσει αν οι ορισμοί των όψεων δεν είναι αναδρομικοί



Επισκόπηση –σχεσιακό μοντέλο

- Ιστορικά στοιχεία
- Έννοιες
- Τυπικές γλώσσες ερωτημάτων
 - Σχεσιακή άλγεβρα
 - Σχεσιακός λογισμός πλειάδων
 - Σχεσιακός λογισμός πεδίων



Επισκόπηση- αναλυτικά

- Σχεσιακός Λογισμός Πλειάδων
 - Γιατί μας χρειάζεται;
 - Λεπτομέρειες
 - Παραδείγματα
 - Ισοδυναμία με σχεσιακή άλγεβρα
 - Περισσότερα παραδείγματα, 'ασφάλεια' εκφράσεων
- Σχεσιακός Λογισμός Πεδίων + QBE



Κίνητρο

- Ερ: αδυναμίες σχεσιακής άλγεβρας;
- Απ: διαδικαστική
 - Περιγράφει τα βήματα (δηλ. 'πώς')
 - ... ωστόσο χρήσιμη για βελτιστοποίηση επερωτήσεων



Λύση: σχεσιακός λογισμός

- Περιγράφει **αυτό** που θέλουμε
- Δύο ισοδύναμες εκδόσεις:
 - Λογισμός *πλειάδων* και
 - Λογισμός *πεδίων*
- Βάση για την SQL και την QBE, αντίστοιχα

Σχεσιακός Λογισμός Πλειάδων

- Λογική πρώτης τάξης (first order logic)

$$\{t \mid P(t)\}$$

Φέρε μου τις πλειάδες 't', που ικανοποιούν το κατηγορήμα P – πχ:

$$\{t \mid t \in \text{ΦΟΙΤΗΤΗΣ}\}$$

..ή Λογισμός Σχεσιακών Πλειάδων

- Μια μη-διαδικαστική γλώσσα ερωτημάτων όπου κάθε επερώτηση είναι της μορφής

$$\{t \mid P(t)\}$$

- Είναι το σύνολο όλων των πλειάδων t όπου το κατηγορημα P είναι αληθές για το t
- t είναι μια μεταβλητή πλειάδας, το $t[A]$ δηλώνει την τιμή της πλειάδας t για το γνώρισμα A
- $t \in r$ δηλώνει ότι η πλειάδα t βρίσκεται στη σχέση r
- P είναι ένας τύπος (*formula*) παρόμοιος με αυτόν του κατηγορικού λογισμού

Λεπτομέρειες

- Επιτρεπόμενα σύμβολα:

$\wedge, \vee, \neg, \Rightarrow$

$>, <, =, \neq, \leq, \geq,$

$(,), \in$

- ποσοδείκτες: “for all”, “there exists”

$\forall,$

\exists

- Άτομα: $t \in \text{ΠΙΝΑΚΑΣ}$

$t[\text{γνώρισμα}] \leq \geq \text{σταθερά}$

$t[\text{γνώρισμα}] \leq \geq s[\text{γνώρισμα} ']$

Συγκεκριμένα

- Τύπος:

- Άτομο

- Αν οι $P1, P2$ είναι τύποι, τότε είναι και οι

$$P1 \wedge P2, P1 \vee P2 \dots$$

- Αν $P(s)$ είναι ένας τύπος, τότε είναι και οι

$$\exists s(P(s))$$

$$\forall s(P(s))$$

Συγκεκριμένα

- Υπενθυμίζουμε:

- DeMorgan $P1 \wedge P2 \equiv \neg(\neg P1 \vee \neg P2)$

- Ευθεία συνεπαγωγή: $P1 \Rightarrow P2 \equiv \neg P1 \vee P2$

- Διπλή άρνηση:

$$\forall s \in \text{ΠΙΝΑΚΑΣ}(P(s)) \quad \equiv \quad \neg \exists s \in \text{ΠΙΝΑΚΑΣ}(\neg P(s))$$

‘κάθε άνθρωπος είναι θνητός: κανένας άνθρωπος δεν είναι αθάνατος’

Θυμηθείτε τη μικρή μας ΒΔ

ΦΟΙΤΗΤΗΣ		
<u>ΑΜ</u>	Όνομα	Διεύθυνση
123	Σταύρου	Αιόλου
234	Αντωνίου	Κιλκίς

ΜΑΘΗΜΑ		
<u>Κωδ</u>	Όνομα	ΔΜ
cis331	ΔΒ	2
cis321	С	2

ΠΑΙΡΝΕΙ		
<u>ΑΜ</u>	Κωδ	βαθμός
123	cis331	A
234	cis331	B

Παραδείγματα

- Βρες όλα τα αρχεία φοιτητών

$$\{t \mid t \in \text{ΦΟΙΤΗΤΗΣ}\}$$

**Πλειάδα
εξόδου**

του τύπου 'ΦΟΙΤΗΤΗΣ'



Παραδείγματα

- (επιλογή) βρες τα αρχεία φοιτητών με $AM=123$



Παραδείγματα

- (επιλογή) βρες τα αρχεία φοιτητών με AM=123

$$\{t \mid t \in \text{ΦΟΙΤΗΤΗΣ} \wedge t[\text{AM}] = 123\}$$

Παραδείγματα

- (προβολή) βρες τα ονόματα των φοιτητών με AM=123

~~$\{t \mid t \in \text{ΦΟΙΤΗΤΗΣ} \wedge t[\text{AM}] = 123\}$~~

Παραδείγματα

- (προβολή) βρες τα ονόματα των φοιτητών με AM=123

$$\{t \mid \exists s \in \text{ΦΟΙΤΗΤΗΣ} \quad (s[\text{AM}] = 123 \wedge t[\text{όνομα}] = s[\text{όνομα}])\}$$


Το 't' έχει μόνο μία στήλη

'Tracing'

$\{t \mid \exists s \in \text{ΦΟΙΤΗΤΗΣ} (s[\text{AM}] = 123 \wedge t[\text{όνομα}] = s[\text{όνομα}])\}$

t

όνομα
αααα
....
Σταύρου
...
ωωωω

s

ΦΟΙΤΗΤΗΣ		
<u>AM</u>	όνομα	διεύθυνση
123	Σταύρου	Αιόλου
234	Αντωνίου	Κιλκίς



Κι άλλα παραδείγματα

- (ένωση) φέρει τα αρχεία των full-time (PT) και part-time (FT) φοιτητών

Κι άλλα παραδείγματα

- (ένωση) φέρει τα αρχεία των full-time (PT) και part-time (FT) φοιτητών

$$\{t \mid t \in FT_ΦΟΙΤΗΤΗΣ \vee t \in PT_ΦΟΙΤΗΤΗΣ\}$$



Κι άλλα παραδείγματα

- διαφορά: βρες τους φοιτητές που δεν ανήκουν στο προσωπικό

(υποθέτοντας ότι **ΦΟΙΤΗΤΗΣ** και **ΠΡΟΣΩΠΙΚΟ** είναι συμβατές προς την ένωση)



Παραδείγματα

- διαφορά: βρες τους φοιτητές που δεν ανήκουν στο προσωπικό

$$\{t \mid t \in \text{ΦΟΙΤΗΤΗΣ} \wedge t \notin \text{ΠΡΟΣΩΠΙΚΟ}\}$$

Καρτεσιανό Γινόμενο

- Πχ. dog breeding: ΑΡΣΕΝΙΚΑ x ΘΥΛΗΚΑ
- Δίνει όλα τα πιθανά ζεύγη

ΑΡΣΕΝΙΚΑ
<u>όνομα</u>
Τζακ
Φλοξ

x
⊗

ΘΥΛΗΚΑ
<u>όνομα</u>
Ίρμα
Λίντα

=

<u>Α.όνομα</u>	<u>Θ.όνομα</u>
Τζακ	Λίντα
Τζακ	Ίρμα
Φλοξ	Λίντα
Φλοξ	Ίρμα

Καρτεσιανό Γινόμενο

- Βρες όλα τα ζευγάρια (αρσενικά, θυληκά)

$$\{t \mid \exists \alpha \in \text{ΑΡΣΕΝΙΚΑ} \wedge \\ \exists \theta \in \text{ΘΥΛΗΚΑ} \\ t[\alpha - \text{όνομα}] = \alpha[\text{όνομα}] \wedge \\ t[\theta - \text{όνομα}] = \theta[\text{όνομα}]\}$$



Απόδειξη ισοδυναμίας

- Σχεσιακή άλγεβρα \leftrightarrow σχεσιακός λογισμός πλειάδων



Επισκόπηση -αναλυτικά

- Σχεσιακός Λογισμός Πλειάδων
 - Γιατί;
 - Λεπτομέρειες
 - Παραδείγματα
 - Ισοδυναμία με σχεσιακή άλγεβρα
 - **Περισσότερα παραδείγματα**, 'ασφάλεια' εκφράσεων
- Σχεσιακό λογισμός πεδίων + QBE



Περισσότερα Παραδείγματα

- Συνένωση: βρες τα ονόματα των φοιτητών του μαθήματος cis351

Θυμηθείτε τη μικρή μας ΒΔ

ΦΟΙΤΗΤΗΣ		
<u>ΑΜ</u>	Όνομα	Διεύθυνση
123	Σταύρου	Αιόλου
234	Αντωνίου	Κιλκίς

ΜΑΘΗΜΑ		
<u>Κωδ</u>	Όνομα	ΔΜ
cis331	ΔΒ	2
cis321	C	2



ΠΑΙΡΝΕΙ		
<u>ΑΜ</u>	Κωδ	βαθμός
123	cis331	A
234	cis331	B

Περισσότερα Παραδείγματα

- Συνένωση: βρες τα ονόματα των φοιτητών του μαθήματος cis351

$\{t \mid \exists s \in \text{ΦΟΙΤΗΤΗΣ}$

$\wedge \exists e \in \text{ΠΑΙΡΝΕΙ} (s[\text{ΑΜ}] = e[\text{ΑΜ}] \wedge$

$t[\text{όνομα}] = s[\text{όνομα}] \wedge$

$e[\text{κωδ}] = \text{cis351}) \}$

Περισσότερα Παραδείγματα

- Συνένωση: βρες τα ονόματα των φοιτητών του μαθήματος cis351

$\{t \mid \exists s \in \text{ΦΟΙΤΗΤΗΣ}$

$\wedge \exists e \in \text{ΠΑΙΡΝΕΙ} (s[\text{AM}] = e[\text{AM}] \wedge$

$t[\text{όνομα}] = s[\text{όνομα}] \wedge$

$e[\text{κωδ}] = \text{cis351})\}$

συνένωση

προβολή

επιλογή



Περισσότερα Παραδείγματα

- Τριπλή συνένωση: βρες τα ονόματα των φοιτητών που έχουν πάρει μάθημα με 2 Διδακτικές Μονάδες (ΔΜ)

Θυμηθείτε τη μικρή μας ΒΔ

ΦΟΙΤΗΤΗΣ		
<u>ΑΜ</u>	Όνομα	Διεύθυνση
123	Σταύρου	Αιόλου
234	Αντωνίου	Κιλκίς

ΜΑΘΗΜΑ		
<u>Κωδ</u>	Όνομα	ΔΜ
cis331	ΔΒ	2
cis321	C	2

ΠΑΙΡΝΕΙ		
<u>ΑΜ</u>	Κωδ	βαθμός
123	cis331	A
234	cis331	B

Περισσότερα Παραδείγματα

- Τριπλή συνένωση: βρες τα ονόματα των φοιτητών που έχουν πάρει μάθημα με 2 ΔΜ

$\{t \mid \exists s \in \text{ΦΟΙΤΗΤΗΣ} \wedge \exists e \in \text{ΠΑΙΡΝΕΙ}$

$\exists c \in \text{ΜΑΘΗΜΑ} (s[\text{ΑΜ}] = e[\text{ΑΜ}] \wedge$

$e[\text{κωδ}] = c[\text{κωδ}] \wedge$

$t[\text{όνομα}] = s[\text{όνομα}] \wedge$

$c[\text{ΑΜ}] = 2) \}$

συνένωση

προβολή

επιλογή

Περισσότερα Παραδείγματα

- Τριπλή συνένωση: βρες τα ονόματα των φοιτητών που έχουν πάρει μάθημα με 2 ΔΜ – σε σχεσιακή άλγεβρα;

$\pi_{\text{όνομα}}(\sigma_{\Delta\text{Μ}=2}($

ΦΟΙΤΗΤΗΣ ▷◁ ΠΑΙΡΝΕΙ ▷◁ ΜΑΘΗΜΑ

$)$)

Ακόμα Περισσότερα Παραδείγματα

- self-joins: βρες τους παππούδες του Θωμά

ΓΠ	
<u>Γ-id</u>	π-id
Μαρία	Θωμάς
Πέτρος	Μαρία
Γιάννης	Θωμάς

ΓΠ	
<u>Γ-id</u>	π-id
Μαρία	Θωμάς
Πέτρος	Μαρία
Γιάννης	Θωμάς

Ακόμα Περισσότερα Παραδείγματα

- self-joins: βρες τους παππούδες του Θωμά

$$\{t \mid \exists p \in \Gamma\Pi \wedge \exists q \in \Gamma\Pi \\ (p[\pi - id] = q[\gamma - id] \wedge \\ p[\gamma - id] = t[\gamma - id] \wedge \\ q[\pi - id] = \text{"Θωμάς"}) \}$$

Δύσκολα Παραδείγματα: ΔΙΑΙΡΕΣΗ

- Βρες τους προμηθευτές που παρείχαν **όλα** τα μέρη της AT_BOMBAΣ

ΠΡΟΗΜΘΕΙΑ	
<u>προμηθευτής</u>	<u>προϊόν</u>
s1	p1
s2	p1
s1	p2
s3	p1
s5	p3

÷

AT-BOMBA
<u>προϊόν</u>
p1
p2

=

ΥΠ_ΠΡΟΜ
<u>προμηθευτ</u>
s1

Δύσκολα Παραδείγματα: ΔΙΑΙΡΕΣΗ

- Βρες τους προμηθευτές που παρείχαν **όλα** τα μέρη της AT_BOMBAΣ

$$\{t \mid \forall p(p \in AT - BOMBA \Rightarrow (\exists s \in \text{ΠΡΟΜΗΘΕΙΑ}(\begin{aligned} &t[s \#] = s[s \#] \wedge \\ &s[p \#] = p[p \#])))\}) \end{aligned}$$

Γενικό Πρότυπο

- Τρεις ισοδύναμες εκδόσεις:

- 1) αν το προϊόν είναι επικίνδυνο, το προμήθευσε

$$\{t \mid \forall p(p \in AT - BOMBA \Rightarrow (P(t)))\}$$

- 2) το προϊόν είτε δεν είναι επικίνδυνο, ή το προμήθευσε

$$\{t \mid \forall p(p \notin AT - BOMBA \vee (P(t)))\}$$

- 3) δεν υπάρχουν επικίνδυνες προμήθειες που έχασε

$$\{t \mid \neg \exists p(p \in AT - BOMBA \wedge (\neg P(t)))\}$$



Περισσότερα για τη διαίρεση

- Βρες τους φοιτητές (AM) που πήραν όλα τα μαθήματα που πήρε ο φοιτητής με AM = 123 (και ίσως περισσότερα)

Βρες τους φοιτητές 's' έτσι ώστε

Αν ο 123 παίρνει ένα μάθημα=> το ίδιο να κάνει και ο 's'

Περισσότερα για τη διαίρεση

- Βρες τους φοιτητές (AM) που πήραν όλα τα μαθήματα που πήρε ο φοιτητής με AM = 123 (και ίσως περισσότερα)

$$\{o \mid \forall t((t \in \text{ΠΑΙΡΝΕΙ} \wedge t[\text{AM}] = 123) \Rightarrow \\ \exists t1 \in \text{ΠΑΙΡΝΕΙ}(\\ t1[\text{κωδ}] = t[\text{κωδ}] \wedge \\ t1[\text{AM}] = o[\text{AM}]) \\)\}$$

Ασφάλεια Εκφράσεων

- ΜΗ ΕΠΙΤΡΕΠΤΗ:

~~$\{t \mid t \notin \text{ΦΟΙΤΗΤΗΣ}\}$~~

Τα δεδομένα εξόδου είναι μη πεπερασμένα!!

- Αντί αυτής χρησιμοποιείται

$\{t \mid \dots t \in \text{ΚΑΠΟΙΟΣ} - \text{ΠΙΝΑΚΑΣ}\}$

Ασφάλεια Εκφράσεων

- Είναι πιθανό να γράψουμε εκφράσεις λογισμού πλειάδων που δημιουργούν μη πεπερασμένες σχέσεις, π.χ. η $\{t \mid \neg t \in r\}$ δίνει σαν αποτέλεσμα μια μη πεπερασμένη σχέση αν το πεδίο οποιουδήποτε γνωρίσματος της σχέσης r είναι μη πεπερασμένο
- Για να διασφαλίσουμε πως δεν θα προκύψει τέτοιο πρόβλημα περιορίζουμε το σύνολο των επιτρεπόμενων εκφράσεων σε **ασφαλείς** εκφράσεις
- Μια έκφραση $\{t \mid P(t)\}$ στο σχεσιακό λογισμό πλειάδων είναι **ασφαλής** αν κάθε συστατικό του t εμφανίζεται σε μία από τις σχέσεις, πλειάδες ή τις σταθερές που εμφανίζονται στο P



Περισσότερα παραδείγματα: η Τράπεζα

Υποκατάστημα (όνομα-υποκαταστήματος, πόλη-υποκαταστήματος, μετοχές)

Πελάτης (όνομα-πελάτη, οδός-πελάτη, πόλη-πελάτη)

Λογαριασμός (αριθμός-λογαριασμού, όνομα-υποκαταστήματος, υπόλοιπο)

Δάνειο (αριθμός-δανείου, όνομα-υποκαταστήματος, ποσό)

Καταθέτης (όνομα-πελάτη, αριθμός-λογαριασμού)

Δανειζόμενος (όνομα-πελάτη, αριθμός-δανείου)

Παράδειγμα Επερωτήσεων

- Βρες τον *αριθμό-δανείου*, το *όνομα-υποκαταστήματος* και το *ποσό* για δάνεια μεγαλύτερα από 1200 Ευρώ

$$\{t \mid t \in \text{δάνειο} \wedge t [\text{ποσό}] > 1200\}$$

- Βρες τον αριθμό δανείου για κάθε δάνειο με ποσό μεγαλύτερο από 1200 Ευρώ

$$\{t \mid \exists s \in \text{δάνειο} (t [\text{αριθμός-δανείου}] = s [\text{αριθμός-δανείου}] \wedge s [\text{ποσό}] > 1200)\}$$

Σημειώστε ότι η σχέση στο σχήμα *[αριθμός-δανείου]* ορίζεται έμμεσα από την επερώτηση

Παράδειγμα Επερωτήσεων

- Βρες τα ονόματα όλων των πελατών που έχουν πάρει δάνειο, που έχουν καταθέσεις ή και τα δύο

$$\{t \mid \exists s \in \text{δανειζόμενος}(t[\text{όνομα-πελάτη}] = s[\text{όνομα-πελάτη}]) \vee \exists u \in \text{καταθέτης}(t[\text{όνομα-πελάτη}] = u[\text{όνομα-πελάτη}])\}$$

- Βρες τα ονόματα όλων των πελάτων που έχουν πάρει δάνειο και έχουν και καταθέσεις στην τράπεζα

$$\{t \mid \exists s \in \text{δανειζόμενος}(t[\text{όνομα-πελάτη}] = s[\text{όνομα-πελάτη}]) \wedge \exists u \in \text{καταθέτης}(t[\text{όνομα-πελάτη}] = u[\text{όνομα-πελάτη}])\}$$

Παράδειγμα Επερωτήσεων

■ Βρες τα ονόματα όλων των πελατών που έχουν πάρει δάνειο από το υποκατάστημα της Πάτρας

$$\{t \mid \exists s \in \text{δανειζόμενος}(t [\text{όνομα-πελάτη}] = s [\text{όνομα-πελάτη}] \wedge \exists u \in \text{δάνειο}(u [\text{όνομα-υποκαταστήματος}] = \text{"Πάτρα"} \wedge u [\text{αριθμός-δανείου}] = s [\text{αριθμός-δανείου}]))\}$$

■ Βρες τα ονόματα όλων των πελατών που έχουν πάρει δάνειο από το υποκατάστημα της Πάτρας αλλά δεν έχουν λογαριασμό σε κανένα υποκατάστημα της τράπεζας

$$\{t \mid \exists s \in \text{δανειζόμενος}(t [\text{όνομα-πελάτη}] = s [\text{όνομα-πελάτη}] \wedge \exists u \in \text{δάνειο}(u [\text{όνομα-υποκαταστήματος}] = \text{"Πάτρα"} \wedge u [\text{αριθμός-δανείου}] = s [\text{αριθμός-δανείου}])) \wedge \text{not } \exists v \in \text{καταθέτης}(v [\text{όνομα-πελάτη}] = t [\text{όνομα-πελάτη}]) \}$$

Παράδειγμα Επερωτήσεων

- Βρες τα ονόματα και τις πόλεις διαμονής όλων των πελατών που έχουν πάρει δάνειο από το υποκατάστημα της Πάτρας

$$\{t \mid \exists s \in \text{δάνειο}(s[\text{όνομα-υποκαταστήματος}] = \text{"Πάτρα"} \\ \wedge \exists u \in \text{δανειζόμενος}(u[\text{αριθμός-δανείου}] = s[\text{αριθμός-δανείου}] \\ \wedge t[\text{όνομα-πελάτη}] = u[\text{όνομα-πελάτη}]) \\ \wedge \exists v \in \text{πελάτης}(u[\text{όνομα-πελάτη}] = v[\text{όνομα-πελάτη}] \\ \wedge t[\text{πόλη-πελάτη}] = v[\text{πόλη-πελάτη}]))))\}$$

Παράδειγμα Επερωτήσεων

- Βρες τα ονόματα όλων των πελατών που έχουν λογαριασμό σε όλα τα υποκαταστήματα που βρίσκονται στο Βόλο:

$$\{t \mid \exists c \in \text{πελάτης} (t[\text{όνομα.πελάτη}] = c[\text{όνομα-πελάτη}] \wedge \\ \forall s \in \text{υποκατάστημα} (s[\text{πόλη-υποκαταστήματος}] = \text{"Βόλος"} \Rightarrow \\ \exists u \in \text{λογαριασμός} (s[\text{όνομα-υποκαταστήματος}] = \\ u[\text{όνομα-υποκαταστήματος}] \\ \wedge \exists s \in \text{καταθέτης} (t[\text{όνομα-πελάτη}] = s[\text{όνομα-πελάτη}] \\ \wedge s[\text{αριθμός-λογαριασμού}] = u[\text{αριθμός-λογαριασμού}])))) \}$$