

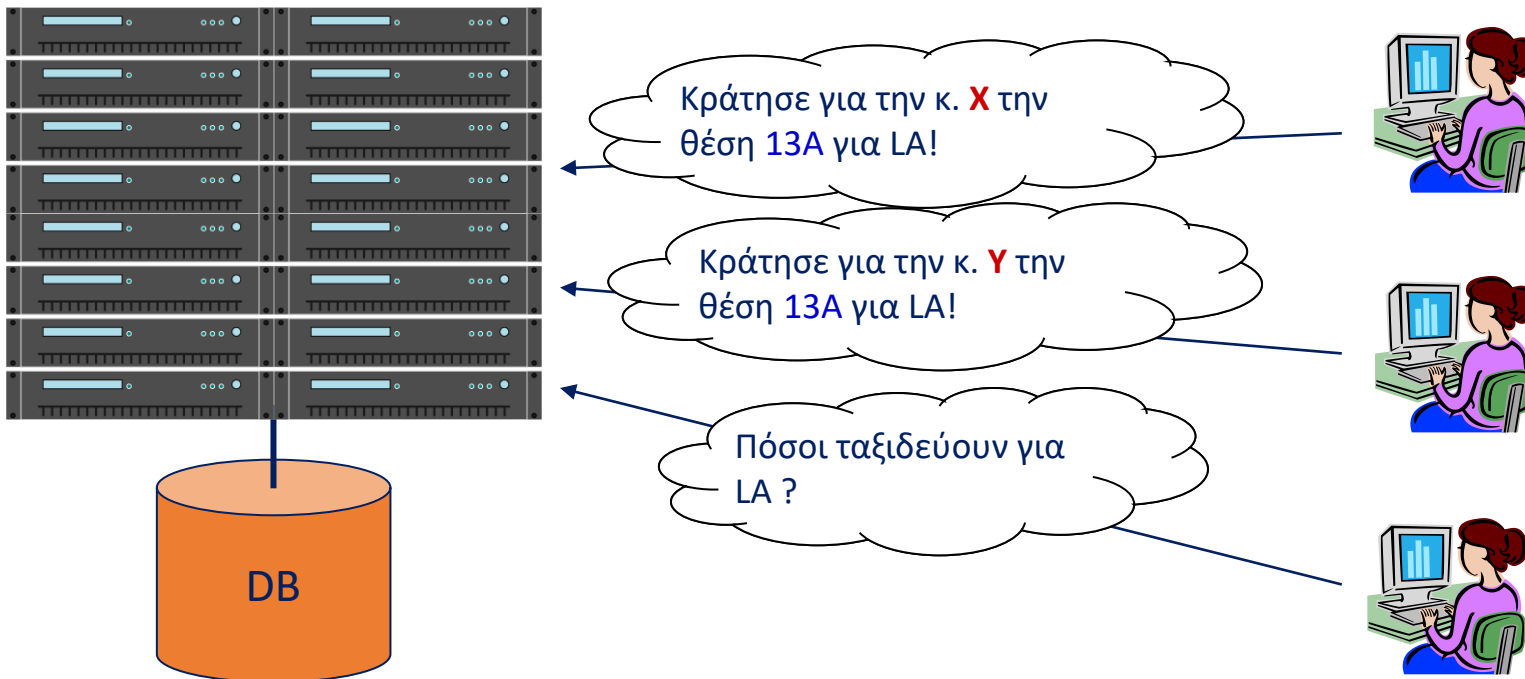
Προχωρημένα Θέματα Τεχνολογίας και Εφαρμογών Βάσεων Δεδομένων

Προχωρημένα Θέματα Διαχείρισης Ταυτοχρονισμού

Πάνος Βασιλειάδης

pvassil@cs.uoi.gr

Μάρτης 2021



Θεματολόγιο

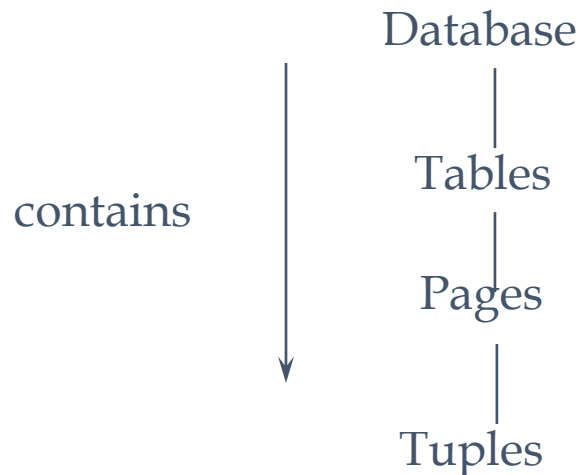
Κλείδωμα σε διαφορετικά επίπεδα διακριτότητας

Φαντάσματα

Κλείδωμα δέντρων

Τι κλειδώνουμε στην πράξη?

- Μέχρι τώρα θεωρούσαμε **εγγραφές** και αυτό είναι το επίπεδο στο οποίο τα τωρινά DBMS δουλεύουν
- Παλαιά, τα κλειδώματα στην πράξη αφορούσαν **σελίδες**
- Μπορούμε να κλειδώσουμε τη βάση σε πολλά «επίπεδα» που ορίζουν μια «**ιεραρχία διακριτότητας**»



Κλείδωμα σε διαφορετικά επίπεδα διακριτότητας

- Κλείδωμα σε **μεγάλο** μέγεθος στοιχείου: **αποκλεισμός** και καθυστέρηση των συναλλαγών που τρέχουν εν παραλλήλω (π.χ., τι θα γίνει αν κλειδώσω όλη τη ΒΔ?)
- Κλείδωμα σε **μικρό** μέγεθος στοιχείου: **μεγάλος αριθμός κλειδωμάτων** (χώρος μνήμης, καθυστέρηση διαχείρισης)

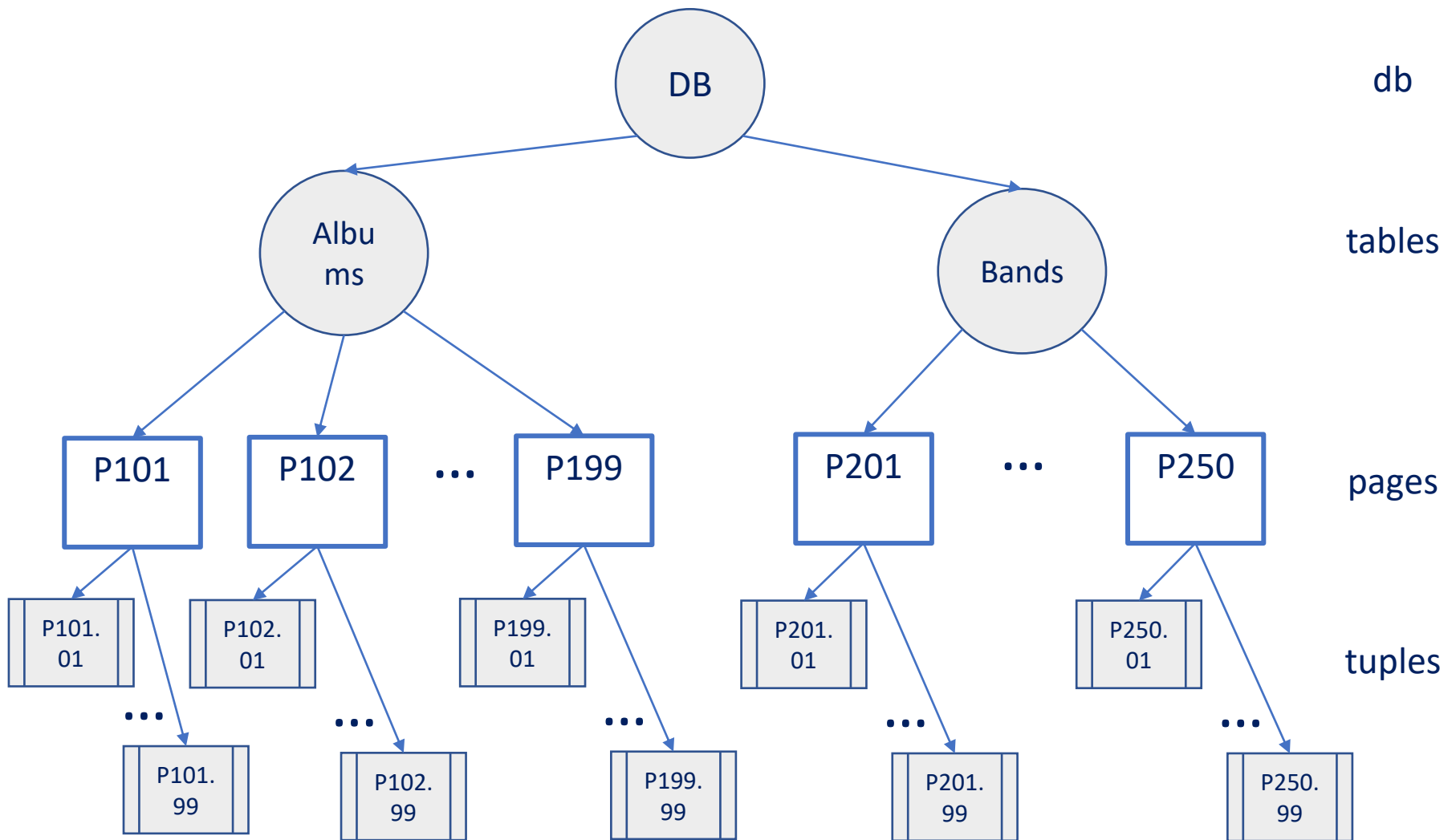
Ερώτηση Κρίσεως: Ποια η καλύτερη διακριτότητα (& υπό ποιες συνθήκες)?

Εκμετάλλευση της ιεραρχίας

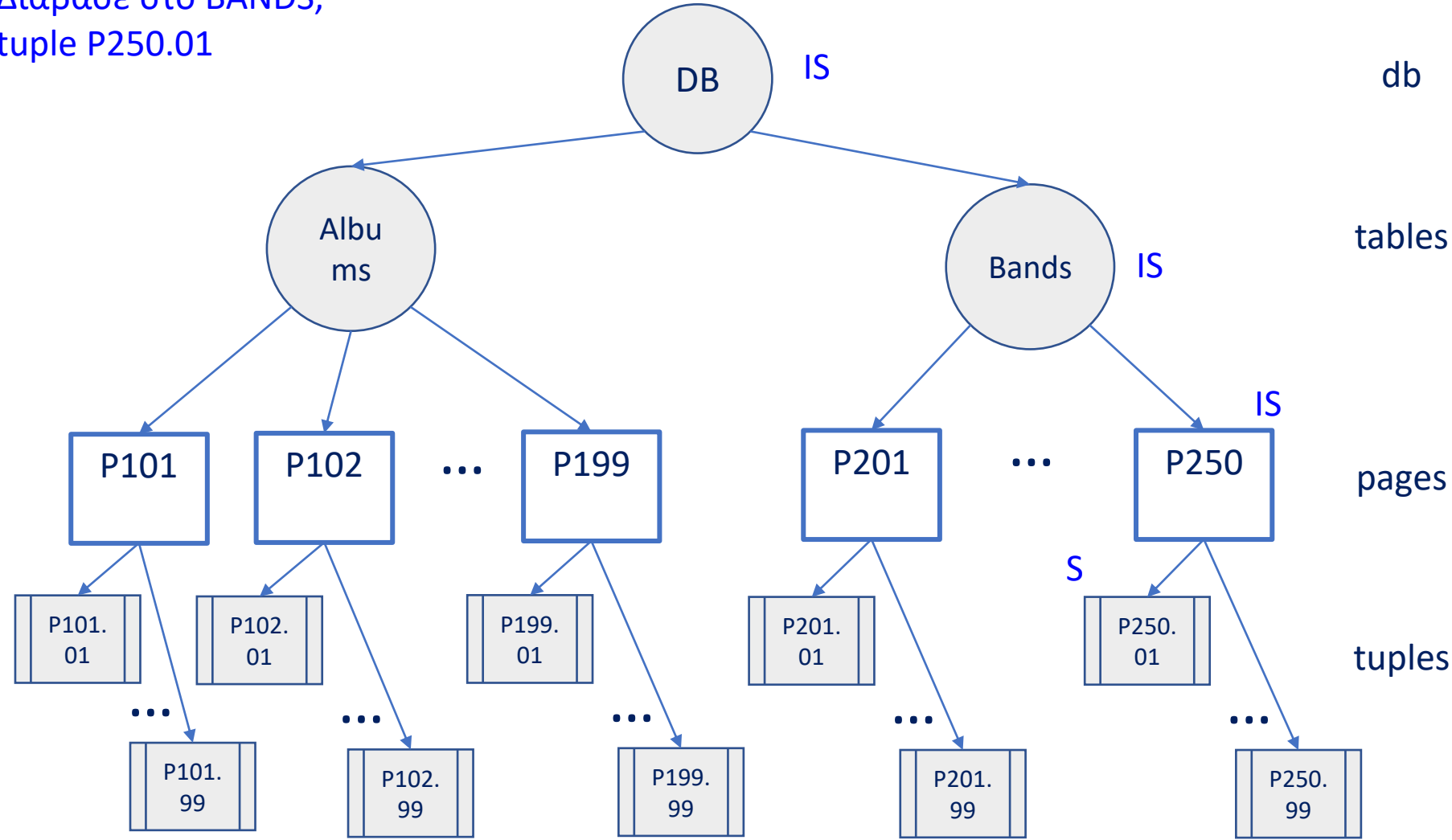
- Η ιδέα είναι να κλειδώνουμε με κατάλληλο τρόπο σε διαφορετικά επίπεδα διακριτότητας (διακριτότητα = μέγεθος στοιχείου που κλειδώνεται)
- Χρειαζόμαστε ένα νέο είδος κλειδώματος (γιατί?)
- **Κλείδωμα πρόθεσης (intention lock): εφαρμόζεται σε ένα πρόγονο**, χαρακτηρίζοντας τι πράξη (για την ακρίβεια: κλείδωμα) θα εφαρμοστεί στον απόγονό του
- Τριών ειδών κλειδώματα πρόθεσης ...

Κλειδώματα Πρόθεσης

- Ένας πρόγονος (π.χ., σελίδα) λαμβάνει
 - **IS**: αν η συναλλαγή θέλει να διαβάσει (πάρει S-lock) για κάποιους απογόνους (π.χ., μια εγγραφή)
 - **IX**: αν η συναλλαγή θέλει να γράψει (πάρει X-lock) για κάποιους απογόνους (π.χ., μια εγγραφή)
 - **SIX**: αν η συναλλαγή θέλει να διαβάσει (πάρει S-lock) όλους τους απογόνους του και να γράψει (πάρει X-lock) και κάποιους από αυτούς.
- Πριν πάρεις ένα κλείδωμα για κάποιο αντικείμενο, πρέπει να πάρεις κλείδωμα πρόθεσης για όλους τους προγόνους του



Διάβασε στο BANDS,
tuple P250.01



Συγκρούσεις

- Ο πίνακας συγκρούσεων γίνεται πλέον:

T1: έχει κάποιο lock σε ένα αντικείμενο

T2: αιτείται κάποιο lock στο ίδιο αντικείμενο

- Ότι δεν έχει ☒ είναι επιτρεπτό

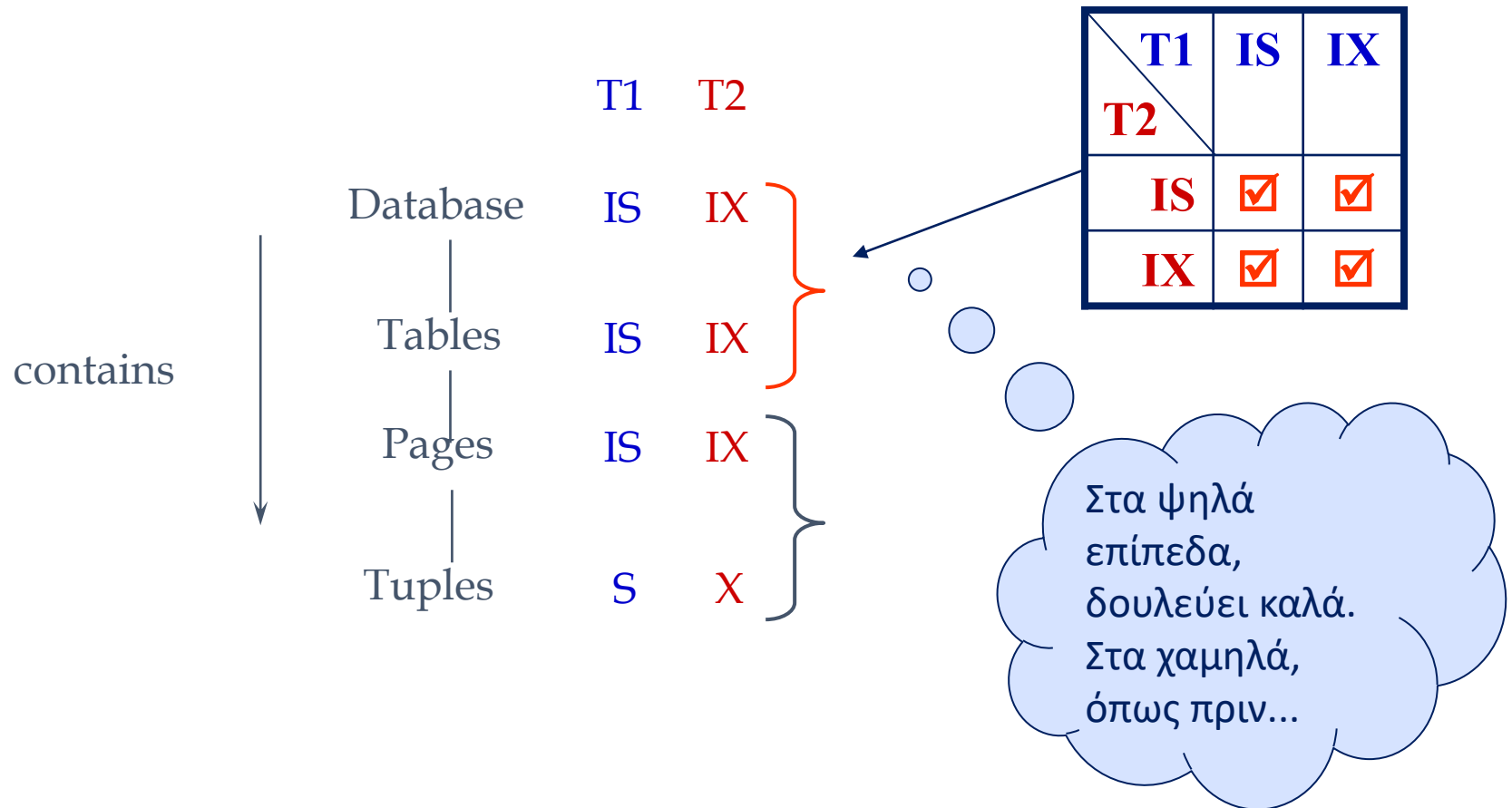
T1 T2	IS	IX	SIX	S	X
IS					☒
IX			☒	☒	☒
SIX		☒	☒	☒	☒
S		☒	☒		☒
X	☒	☒	☒	☒	☒

Παράδειγμα: «σύγκρουση» για μια σελίδα

- **T1**: έχει κλειδώσει με IS τη σελίδα, ώστε να διαβάσει μία (κάποιες) εγγραφή(ες) της
- **T2**: αντιστοίχως, αλλά για να **γράψει**
- Αν πρόκειται για διαφορετικές εγγραφές, κανείς δεν περιμένει
- Αλλιώς, η σύγκρουση συμβαίνει στο χαμηλότερο επίπεδο με τα κλειδώματα S- & X- locks

T1 T2	IS	IX	SIX	S	X
IS					☐
IX	☒		☐	☐	☐
SIX		☐	☐	☐	☐
S		☐	☐		☐
X	☐	☐	☐	☐	☐

Τα κλειδώματα είναι σε όλη την ιεραρχία...

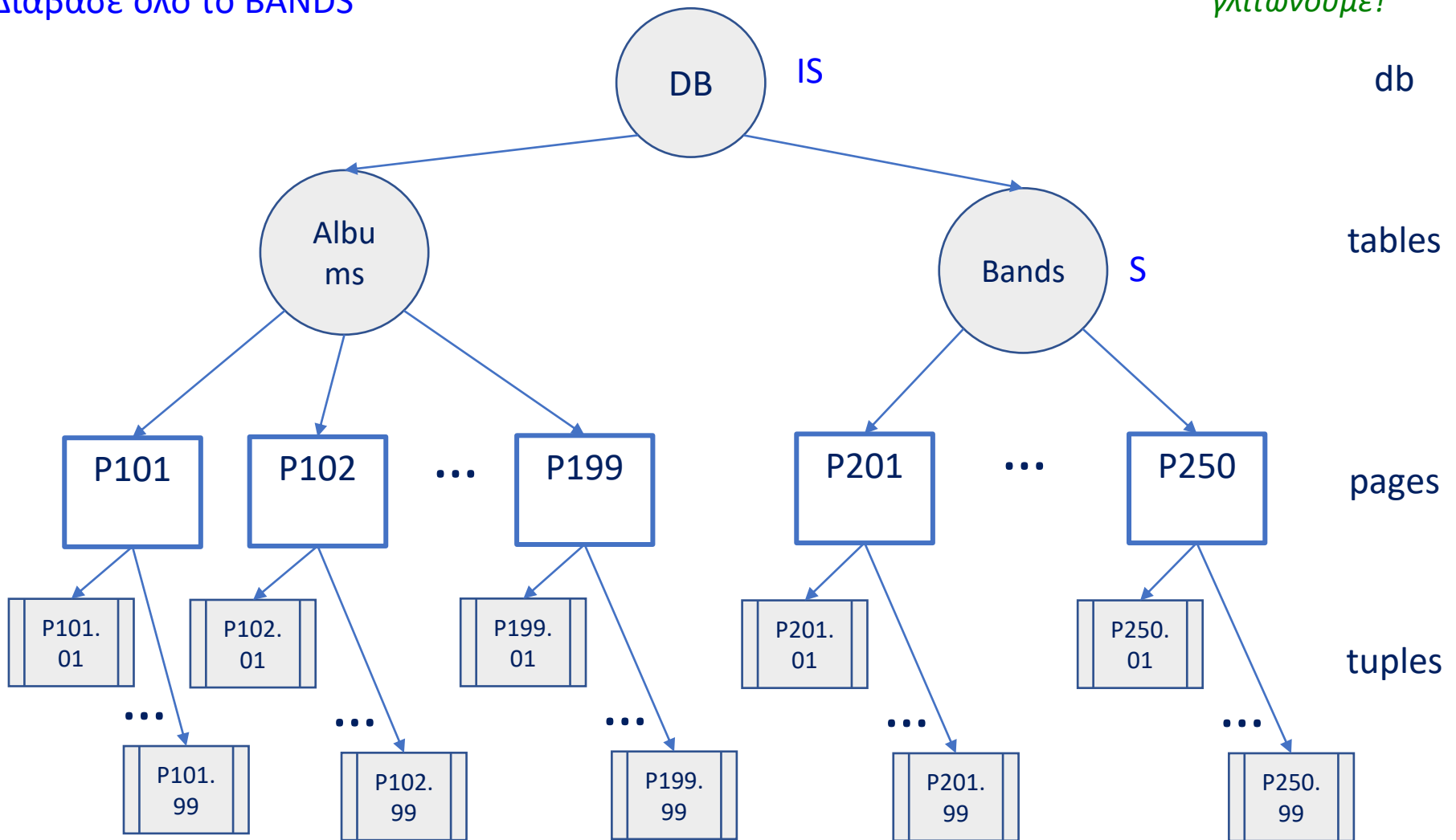


Αλγόριθμος Κλειδωμάτων

- Ξεκινάς στην κορυφή της ιεραρχίας
- Για να πάρω ένα κλείδωμα S- (ή IS-) σε ένα αντικείμενο, πρέπει να έχω IS- (ή IX-) στον πρόγονό του [αλλιώς, περιμένω]
- Για να πάρω ένα κλείδωμα X- (ή IX- ή SIX) σε ένα αντικείμενο, πρέπει να έχω IX- (ή SIX-) στον πρόγονό του [αλλιώς, περιμένω]
- Ξεκλειδώνω με την αντίστροφη σειρά (bottom-up)

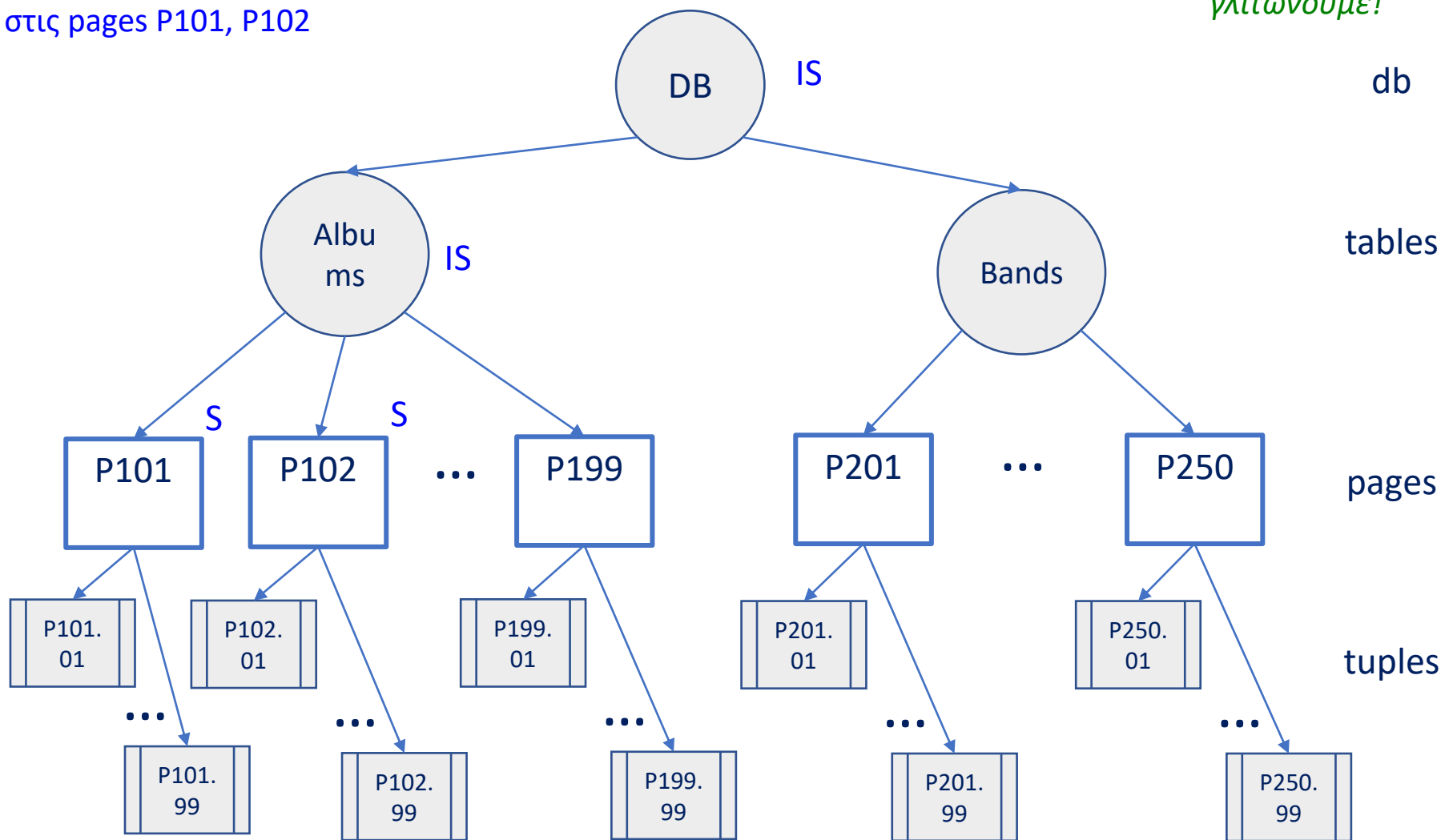
Διάβασε όλο το BANDS

Δείτε πόσα locks
γλιτώνουμε!



Διάβασε όλα όσα υπάρχουν
στις pages P101, P102

Δείτε πόσα locks
γλιτώνουμε!

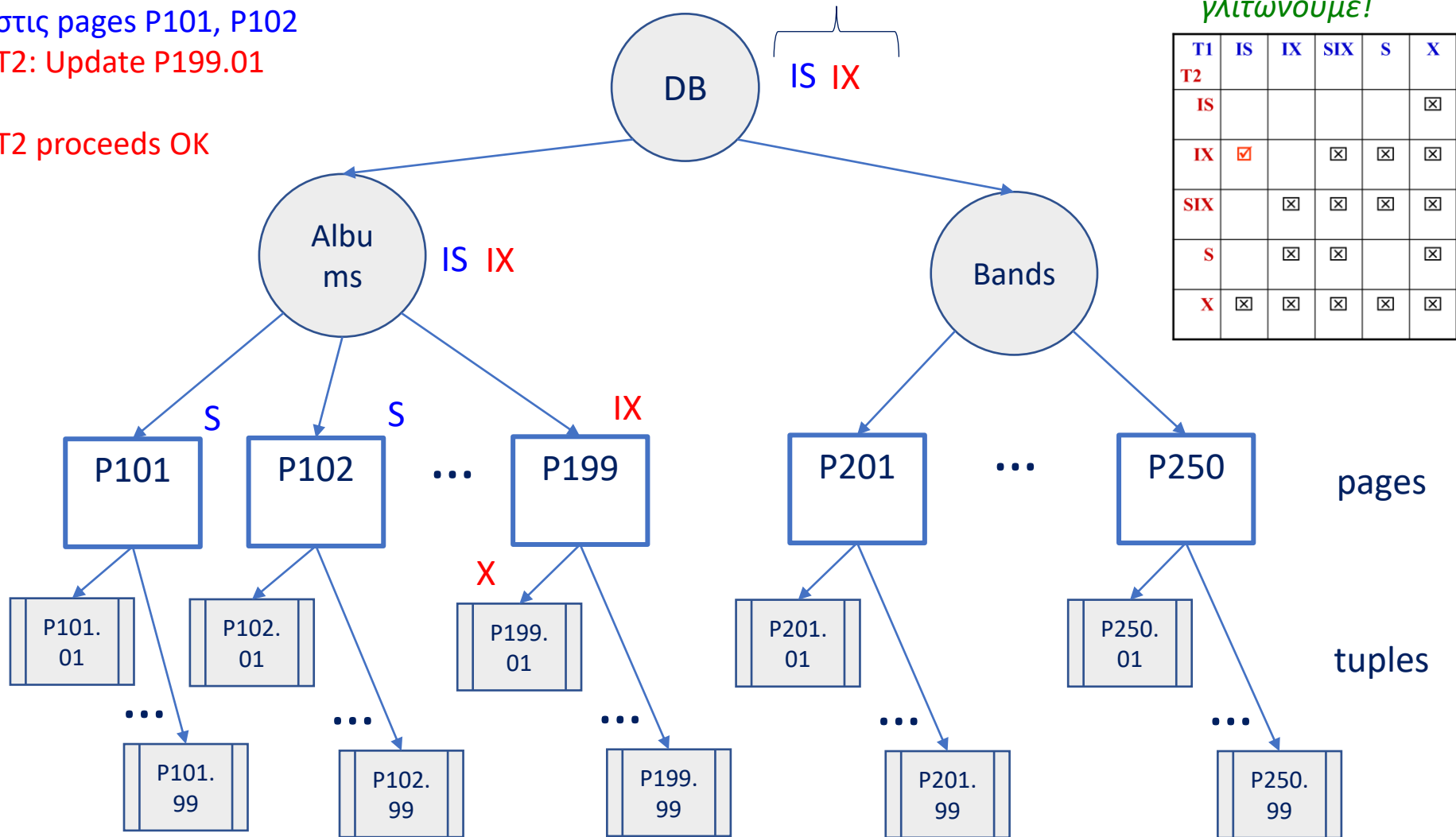


T1: Διάβασε όλα όσα υπάρχουν
στις pages P101, P102

T2: Update P199.01

T2 proceeds OK

IS, IX have no conflict!

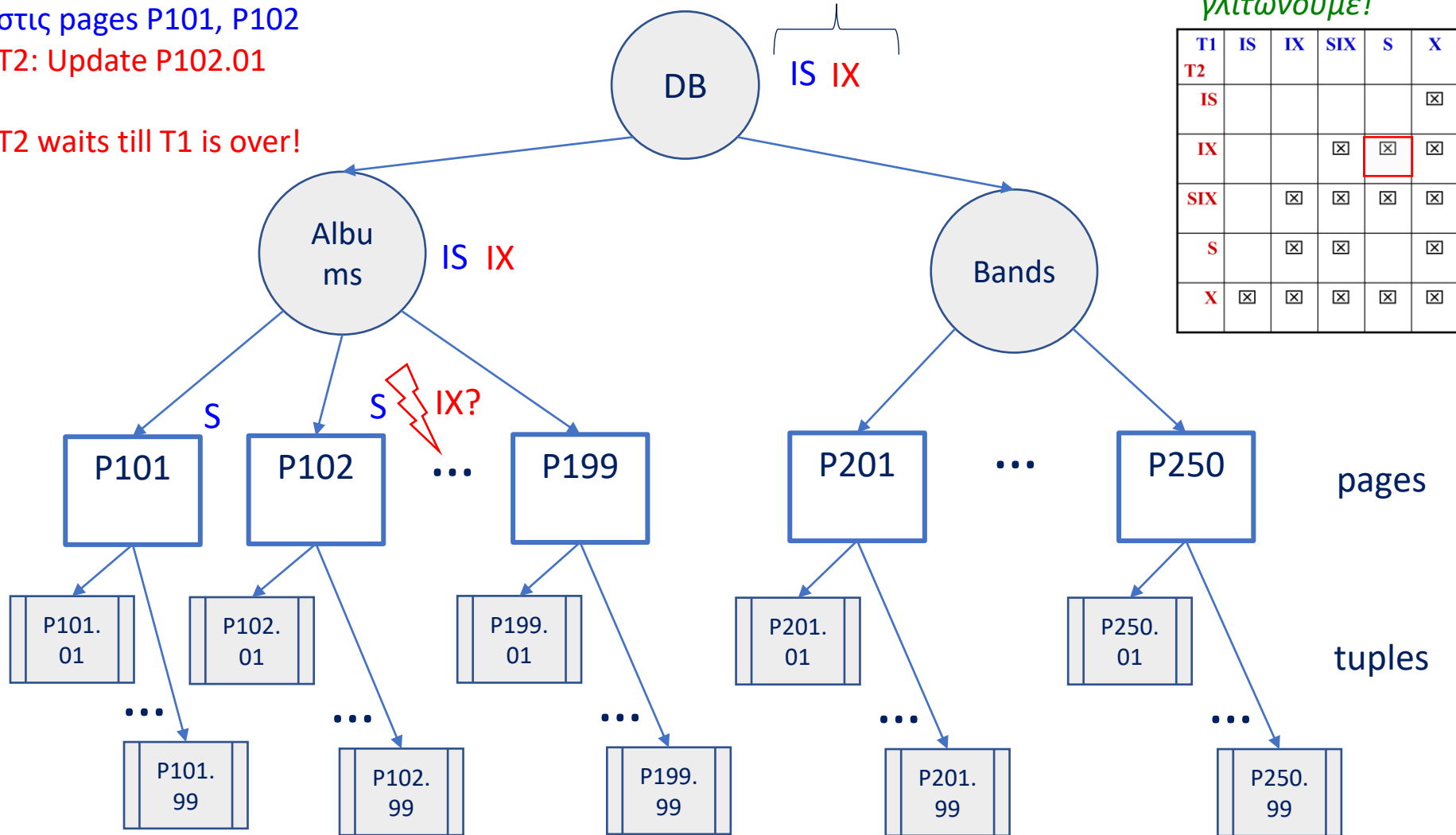


T1: Διάβασε όλα όσα υπάρχουν
στις pages P101, P102

T2: Update P102.01

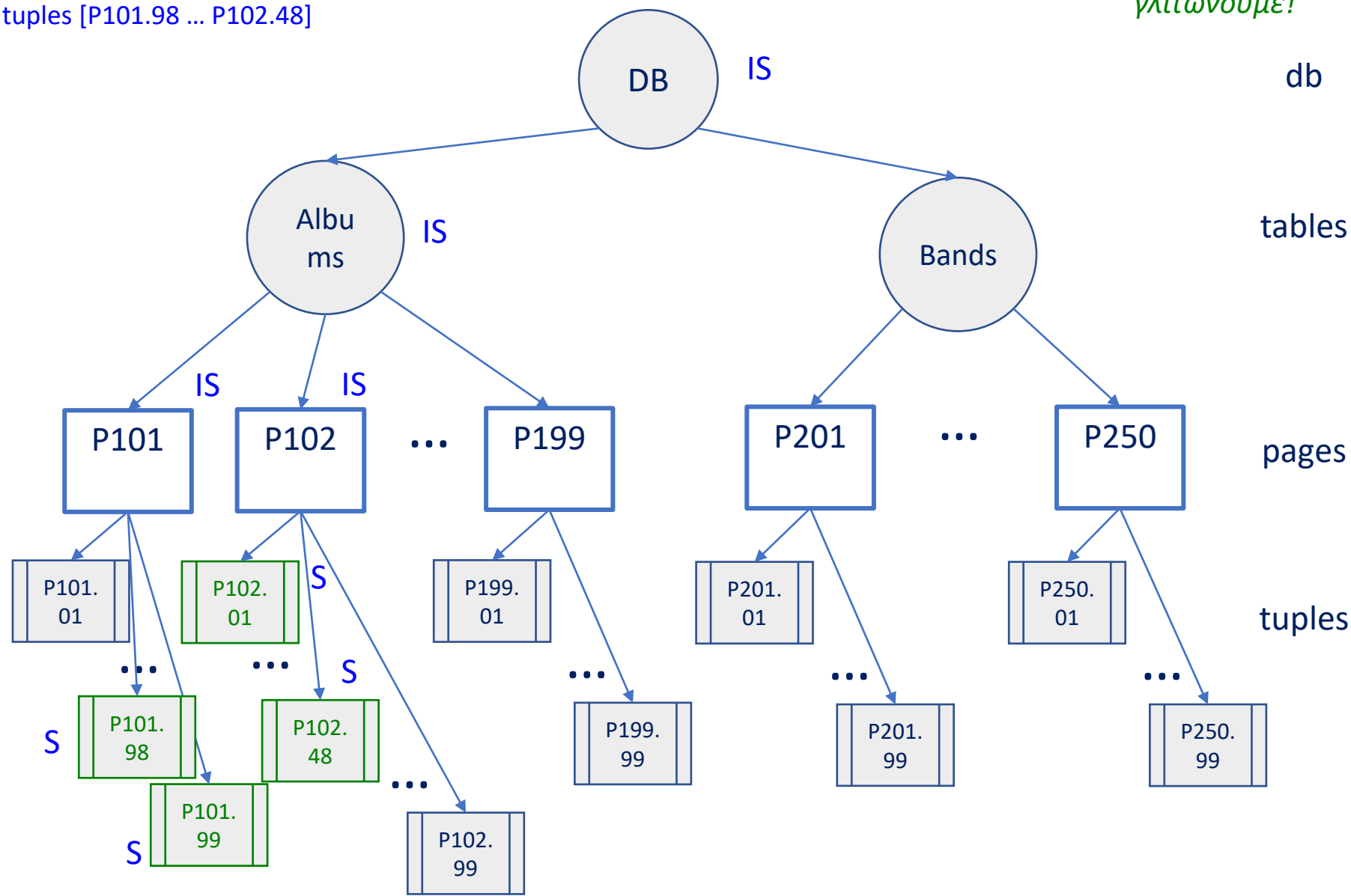
T2 waits till T1 is over!

IS, IX have no conflict



Διάβασε από το ALBUMS
tuples [P101.98 ... P102.48]

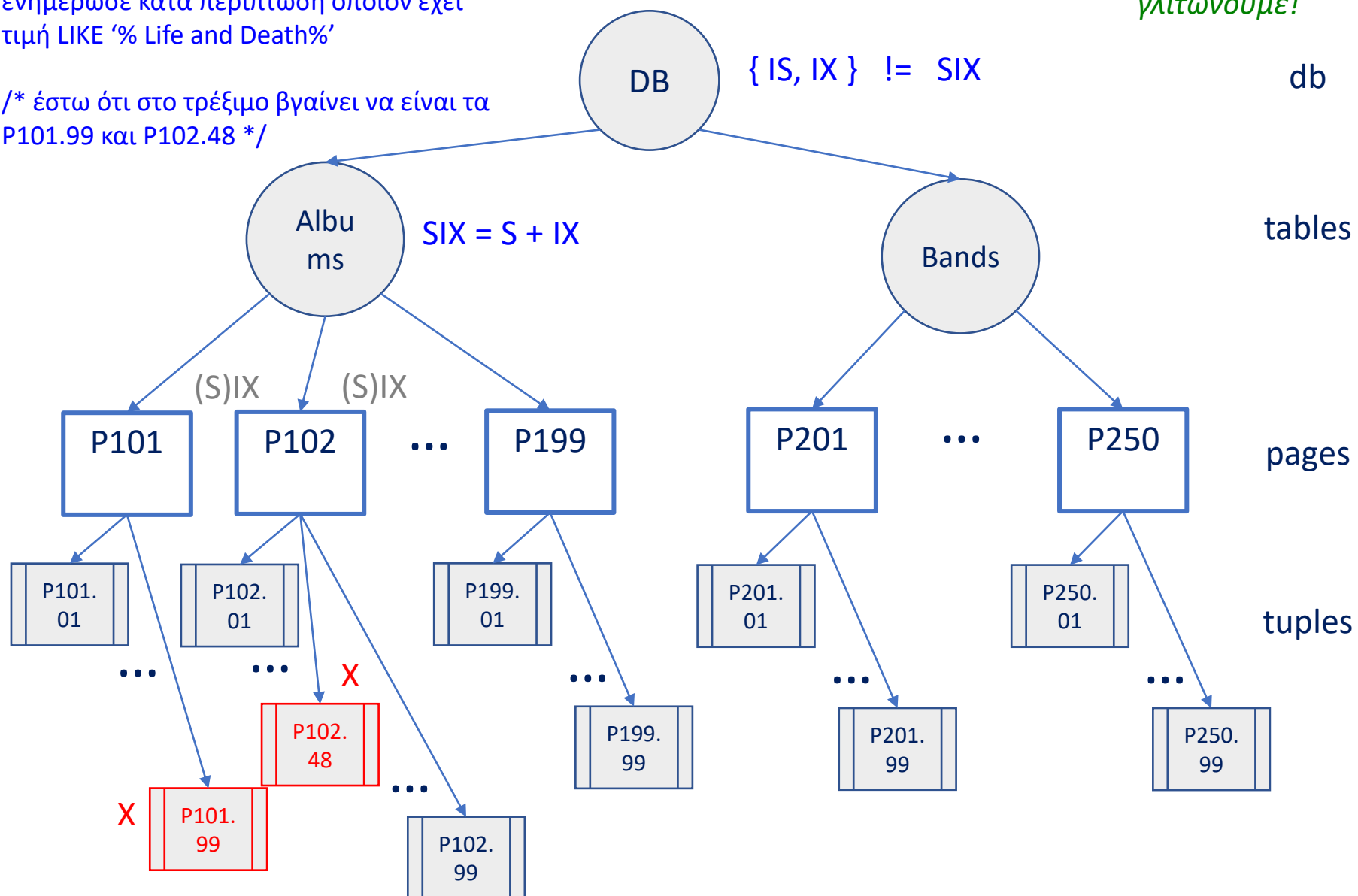
Δείτε πόσα locks
γλιτώνουμε!



Διάβασε από το ALBUMS όλα τα tuples και
ενημέρωσε κατά περίπτωση όποιον έχει
τιμή LIKE '% Life and Death%'

/* έστω ότι στο τρέξιμο βγαίνει να είναι τα
P101.99 και P102.48 */

Δείτε πόσα locks
γλιτώνουμε!



Κλιμάκωση κλειδωμάτων

- Όταν μια συναλλαγή προσπαθήσει να πάρει κλειδώματα π.χ., για έναν ολόκληρο πίνακα, πέφτουμε στην περίπτωση του προβλήματος χώρου & χρόνου στη διαχείριση των κλειδωμάτων
- Κλιμάκωση Κλειδωμάτων (Lock Escalation):
Αποφασίζουμε ότι πάνω από κάποιο threshold, αντί να κλειδώνω μία-μία σελίδα (με S- ή X-lock), κλειδώνω μόνο τον πίνακα (με S- ή X-lock) και τίποτε άλλο.
- **ΠΡΟΣΟΧΗ:** Αδιέξοδα!!! (αν π.χ., ο ένας είχε SIX και ο άλλος IS στον πίνακα πριν την κλιμάκωση)

Θεματολόγιο

Κλείδωμα σε διαφορετικά επίπεδα διακριτότητας

Φαντάσματα

Κλείδωμα δέντρων

Αρχική παρατήρηση

- Μέχρι στιγμής, κάναμε δύο μη προφανείς υποθέσεις:
 - Η ΒΔ δεν εμπλουτίζεται με νέες εγγραφές κατά τη διάρκεια των συναλλαγών (ήτοι, υποθέταμε ότι write = UPDATE και **όχι INSERT**)
 - Τα αντικείμενα της ΒΔ είναι ανεξάρτητα μεταξύ τους (το οποίο καταρρέει αν υποθέσουμε π.χ., ένα **B+ tree** σε κάποιο πεδίο ενός πίνακα)
- Τι θα γίνει αν αναιρέσουμε τις υποθέσεις αυτές?

Παράδειγμα: Sailors

SID	SNAME	RATING	AGE
1	Popay1	1	71
2	Popay2	1	43
3	Popay3	2	80
4	Popay4	2	63

T1:
SELECT RATING,
MAX(AGE)
FROM SAILORS
GROUP BY RATING

T2:
INSERT INTO SAILORS (5,'X',1,96);
DELETE FROM SAILORS WHERE
RATING = 2 AND
AGE IN (SELECT MAX(AGE) FROM
SAILORS WHERE RATING =2)

Πιθανή Εκτέλεση

SID	SNAME	RATING	AGE
1	Popay1	1	71
2	Popay2	1	43
3	Popay3	2	80
4	Popay4	2	63

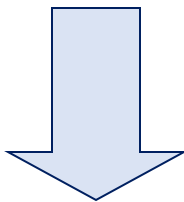
T1:
SELECT RATING, MAX(AGE)
FROM SAILORS
GROUP BY RATING

S1

S1

○

○



RATING	AGE
1	71

○

T2:

INSERT INTO SAILORS (5,'X',1,96);
DELETE FROM SAILORS WHERE
RATING = 2 AND
AGE IN (SELECT MAX(AGE) FROM
SAILORS WHERE RATING =2)

Πρώτα, οι
RATING=1

Πιθανή Εκτέλεση

T1:
SELECT RATING,
MAX(AGE)
FROM SAILORS
GROUP BY RATING

RATING	AGE
1	71

SID	SNAME	RATING	AGE
1	Popay1	1	71
2	Popay2	1	43
3	Popay3	2	80
4	Popay4	2	63
5	X	1	96

S1

S1

X2

T2:

INSERT INTO SAILORS (5,'X',1,96);

DELETE FROM SAILORS WHERE
RATING = 2 AND

AGE IN (SELECT MAX(AGE) FROM
SAILORS WHERE RATING =2)

To INS παίρνει
X-lock

Πιθανή Εκτέλεση

T1:
SELECT RATING,
MAX(AGE)
FROM SAILORS
GROUP BY RATING

SID	SNAME	RATING	AGE	
1	Popay1	1	71	S1
2	Popay2	1	43	S1
3	Popay3	2	80	X2
4	Popay4	2	63	X2
5	X	1	96	X2

T2:

INSERT INTO SAILORS (5,'X',1,96);
DELETE FROM SAILORS WHERE
RATING = 2 AND
AGE IN (SELECT MAX(AGE) FROM
SAILORS WHERE RATING =2)

RATING	AGE
1	71

To DEL
παίρνει X-lock

Πιθανή Εκτέλεση

SID	SNAME	RATING	AGE
1	Popay1	1	71
2	Popay2	1	43
4	Popay4	2	63
5	X	1	96

S1

S1

T1:
SELECT RATING,
MAX(AGE)
FROM SAILORS
GROUP BY RATING

RATING	AGE
1	71

T2:

INSERT INTO SAILORS (5,'X',1,96);
DELETE FROM SAILORS WHERE
RATING = 2 AND
AGE IN (SELECT MAX(AGE) FROM
SAILORS WHERE RATING =2)

T2
COMMITTS!!

Πιθανή Εκτέλεση

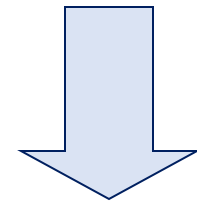
SID	SNAME	RATING	AGE
1	Popay1	1	71
2	Popay2	1	43
4	Popay4	2	63
5	X	1	96

T2:

INSERT INTO SAILORS (5,'X',1,96);
DELETE FROM SAILORS WHERE
RATING = 2 AND
AGE IN (SELECT MAX(AGE) FROM
SAILORS WHERE RATING =2)

T1:

SELECT RATING,
MAX(AGE)
FROM SAILORS
GROUP BY RATING



S1

RATING	AGE
1	71
2	63

Μετά, όσοι έχουν
RATING=2

Πιθανές Εκτελέσεις...

SID	SNAME	RATING	AGE
1	Popay1	1	71
2	Popay2	1	43
3	Popay3	2	80
4	Popay4	2	63
5	X	1	96

T1 || T2

RATING	AGE
1	71
2	63

T1 ; T2

RATING	AGE
1	71
2	80

T2 ; T1

RATING	AGE
1	96
2	63

Φάντασμα

- Το φαινόμενο κατά το οποίο μια συναλλαγή ξεκινά με ένα σύνολο εγγραφών στην αρχή της, και βρίσκεται με ένα διαφορετικό σύνολο εγγραφών στο τέλος της, χωρίς να έχει κάνει αυτή τις αλλαγές.
- Ο 2PL **ΔΕΝ** μας προστατεύει από φαντάσματα!

Αν μπορούσαμε άραγε ...

SID	SNAME	RATING	AGE
1	Popay1	1	71
2	Popay2	1	43
3	Popay3	2	80
4	Popay4	2	63
5	X	1	96



...να κλειδώνουμε στην **ίδια** συναλλαγή όλες τις εγγραφές που πληρούν **τη συνθήκη RATING=1...** //predicate locking

Κλείδωμα κατηγορήματος

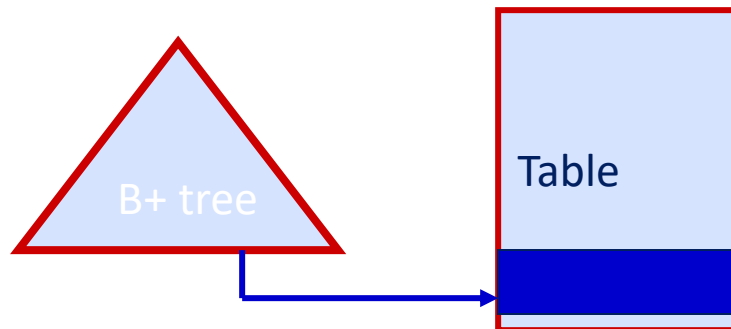
- Το γεγονός ότι κλειδώνω όλες τις εγγραφές που πληρούν μια συνθήκη (όπως π.χ., `RATING = 1`)
- Η πιο απλοϊκή λύση, είναι να κλειδώσω όλον τον πίνακα
- Καμιά πιο έξυπνη ιδέα?

Θεματολόγιο

- Κλείδωμα σε διαφορετικά επίπεδα διακριτότητας
- Φαντάσματα
- Κλείδωμα δέντρων

Κλείδωμα ευρετηρίων

- Αν είχαμε ένα index (π.χ., B+ tree) πάνω στο πεδίο rating, θα μπορούσαμε να κλειδώνουμε γρήγορα όλες τις εγγραφές με RATING=1.
 - Ακόμα κι αν δεν υπάρχουν τέτοιες εγγραφές, κλειδώνοντας τον index, μπορούμε να απαγορεύσουμε να δημιουργηθούν από άλλους κατά τη διάρκεια της συναλλαγής!
 - Ειδική περίπτωση του κλειδώματος κατηγορήματος...



Πρώτη λύση

- Ας υποθέσουμε ότι θέλουμε να εισάγουμε μια εγγραφή με RATING=1 στη διάρκεια της T1
- Κατεβαίνοντας από τη ρίζα προς τα φύλλα του B+ δέντρου, μπορούμε να κλειδώνουμε κάθε κόμβο με X-lock [του φύλλου συμπεριλαμβανομένου]

Τραγική απόδοση: ήδη από το πρώτο βήμα έχω κλειδώσει τη ρίζα, ήτοι, ΟΛΟ το δέντρο.

Παρατήρηση

- Στα B+ δέντρα, οι ενδιάμεσοι κόμβοι χρησιμεύουν ΜΟΝΟ ως μονοπάτια για τα φύλλα [θυμάστε τη διαφορά με τα B δέντρα?]
- Αν κλείδωνα με S-lock τους ενδιάμεσους κόμβους και με X-lock τα φύλλα?

Bug: τι θα γίνει αν η εισαγωγή διασπάσει το παιδί ?

Απλός αλγόριθμος κλειδώματος δέντρων

- **SELECT:**

- Ξεκινώντας από τη ρίζα κλειδώνουμε με S-lock κάθε κόμβο.
- Μετά, ξεκλειδώνουμε τον γονέα του.

- **INS/DEL:**

- Ξεκινώντας από τη ρίζα κλειδώνουμε με X-locks κατά περίπτωση.
- Μετά ελέγχουμε αν ο κλειδωθείς κόμβος είναι **ασφαλής**:
 - Αν ναι, ξεκλειδώνουμε τους προγόνους του.

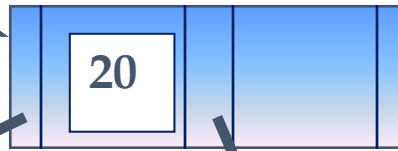
- **Ασφαλής κόμβος:** οι όποιες αλλαγές δεν θα διαδοθούν προς τα πάνω από τον κόμβο αυτό

- INS: ο κόμβος δεν είναι πλήρης.
- DEL: ο κόμβος δεν είναι άδειος κατά το ήμισυ.

Απλός αλγόριθμος κλειδώματος δέντρων

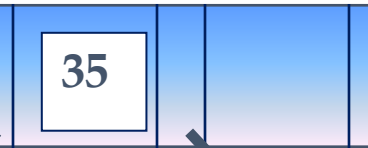
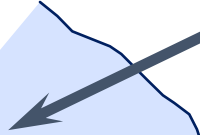
- *A' τρόπος για το «κατά περίπτωση»*
 - X-locks για όλους τους κόμβους
- *B' τρόπος για το «κατά περίπτωση»*
 - S-locks για τους ενδιάμεσους κόμβους
 - X-locks για τα φύλλα
 - Μετατροπή του S-lock σε X-lock αν υπάρχει διάσπαση

ROOT



A

X



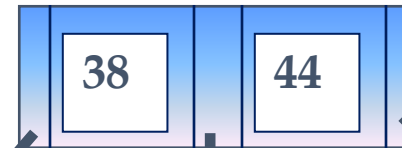
B

DEL 38*

Με Α' τρόπο ...



F



C

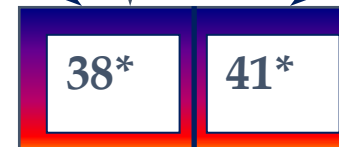
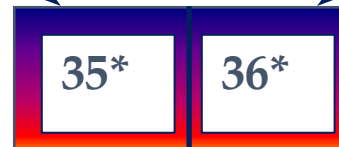
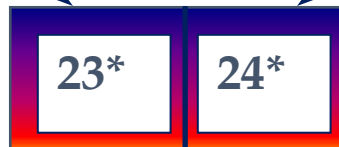
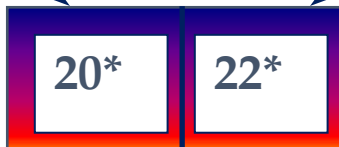
G

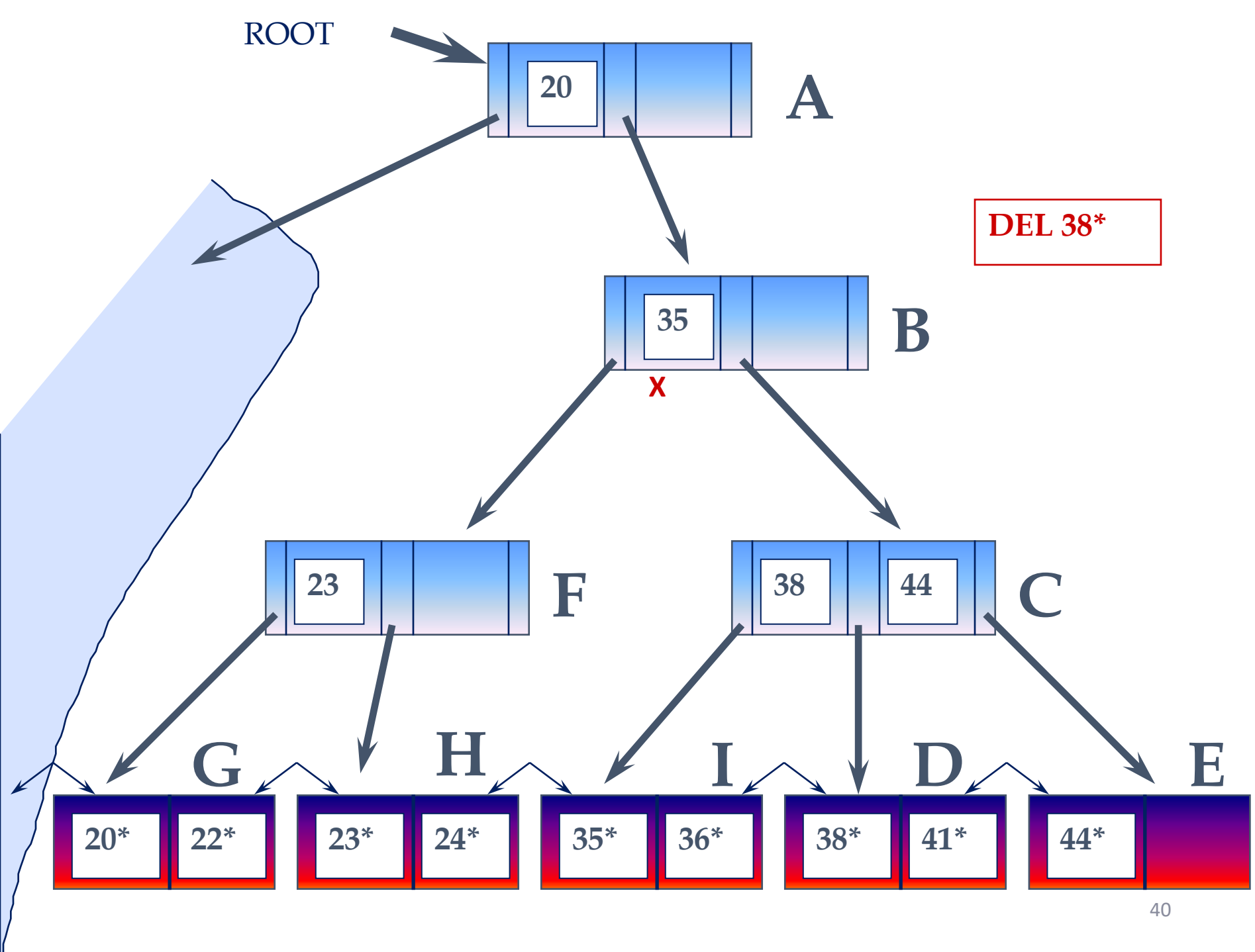
H

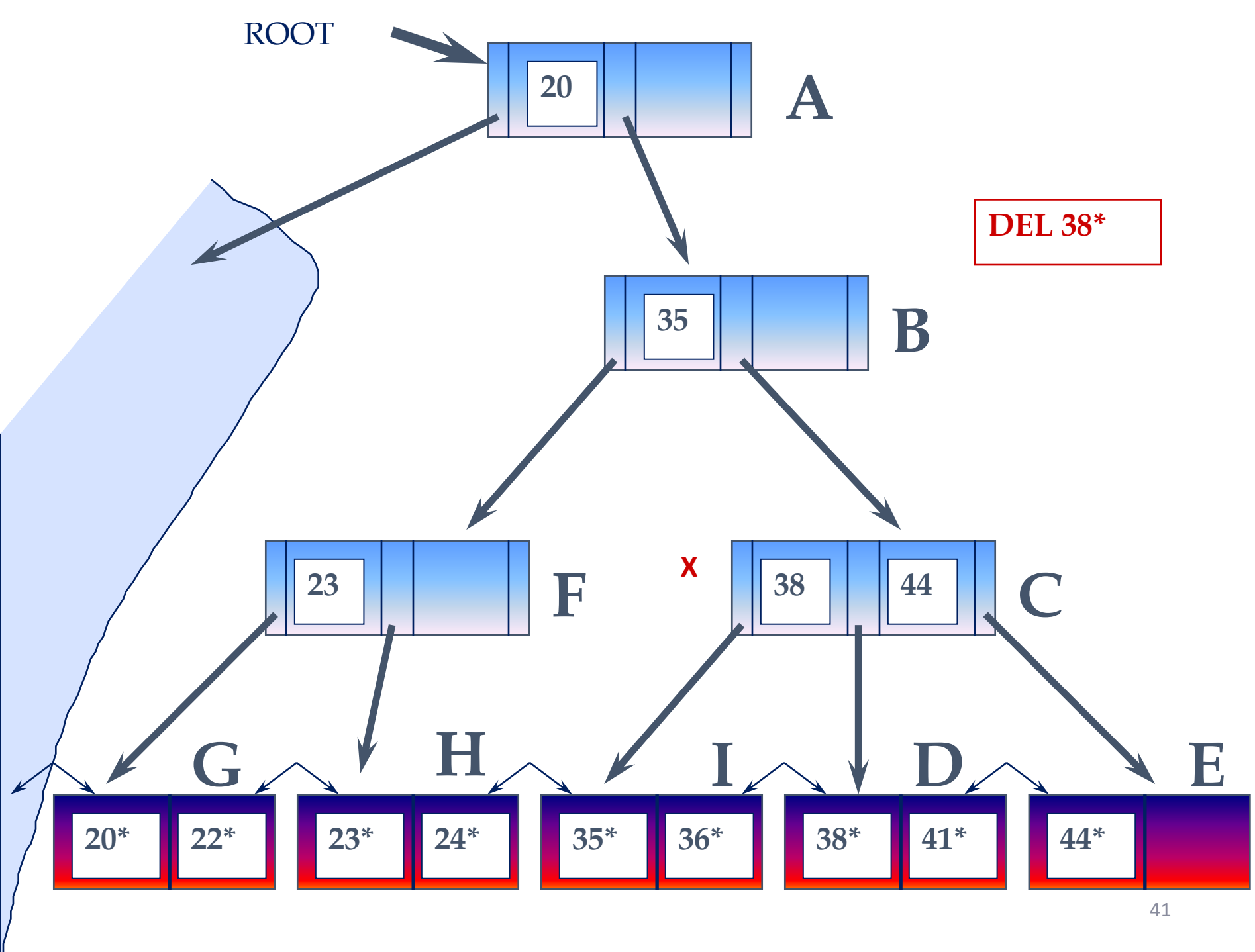
I

D

E



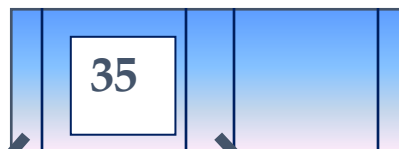
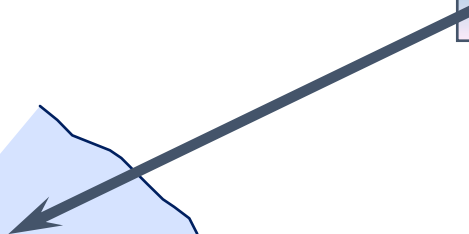
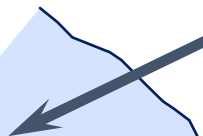




ROOT

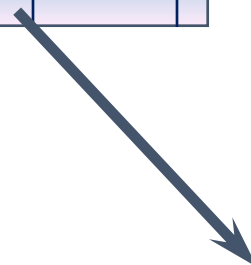
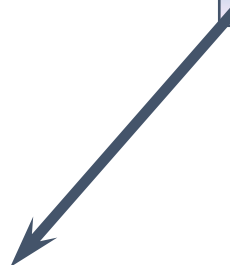


A



B

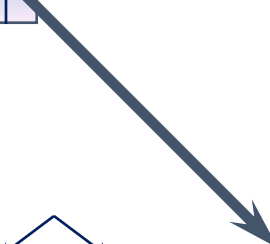
DEL 38*



F



C



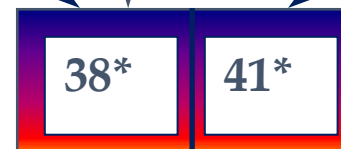
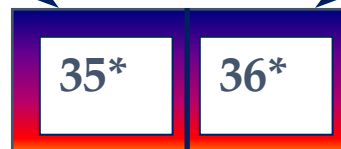
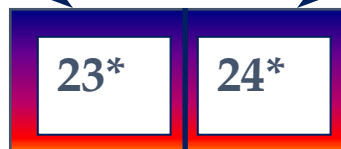
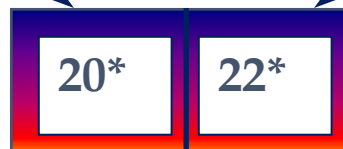
G

H

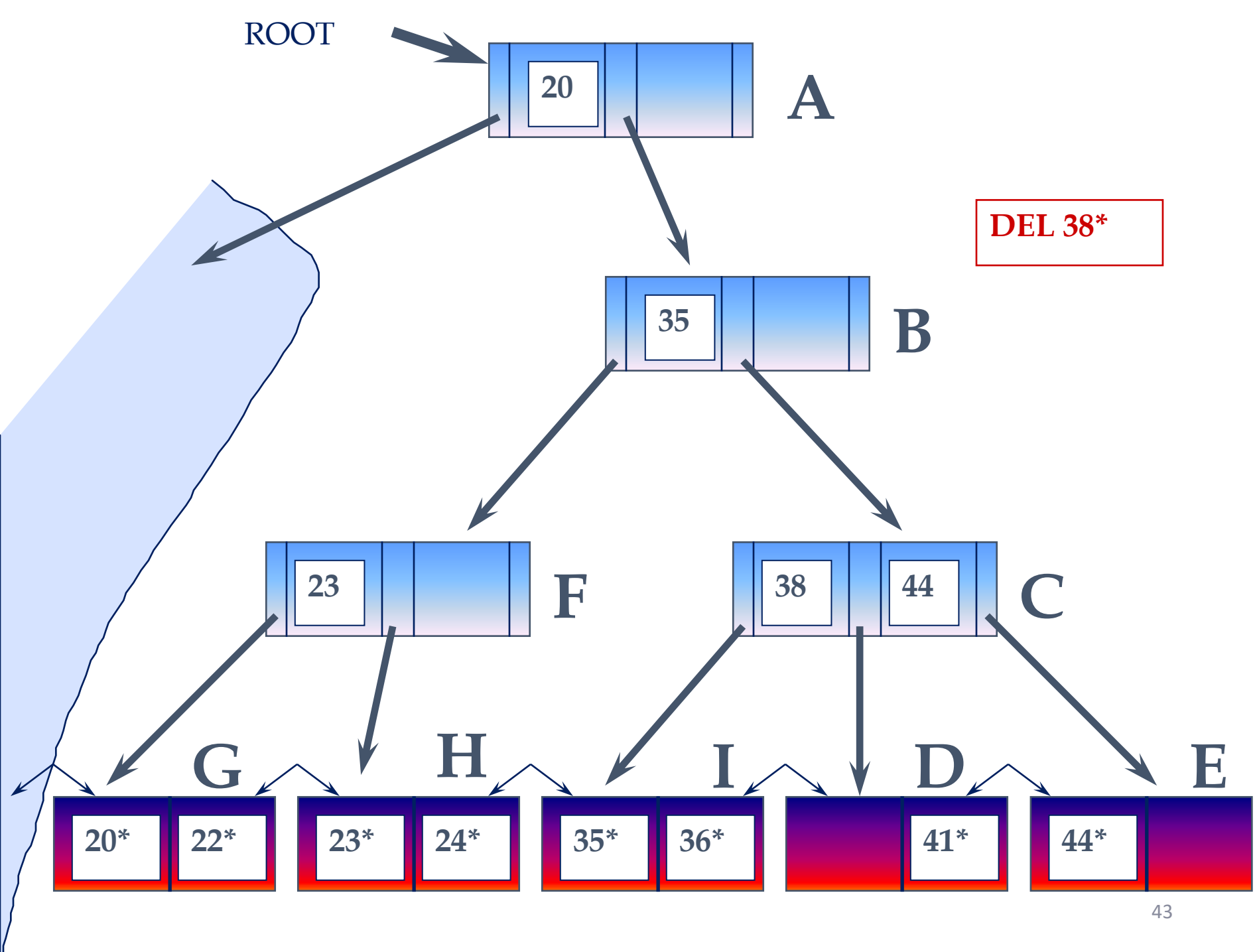
I

D

E



X



ROOT



S

A



B

INS 45*

Με Β' τρόπο ...



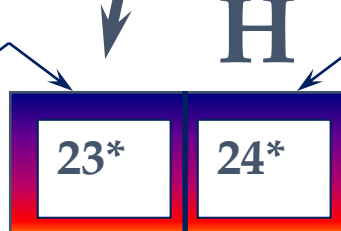
F



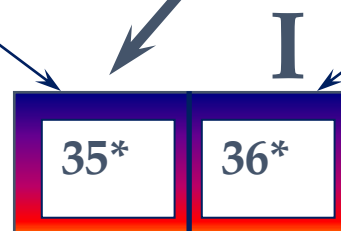
C



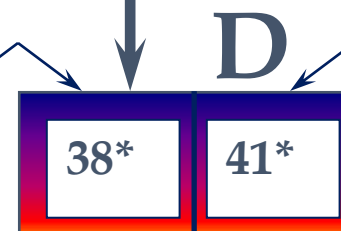
G



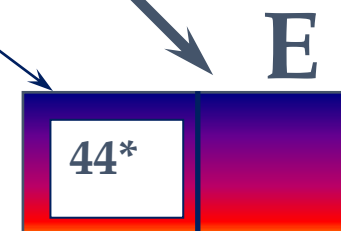
H



I



D



E

20*

22*

23*

24*

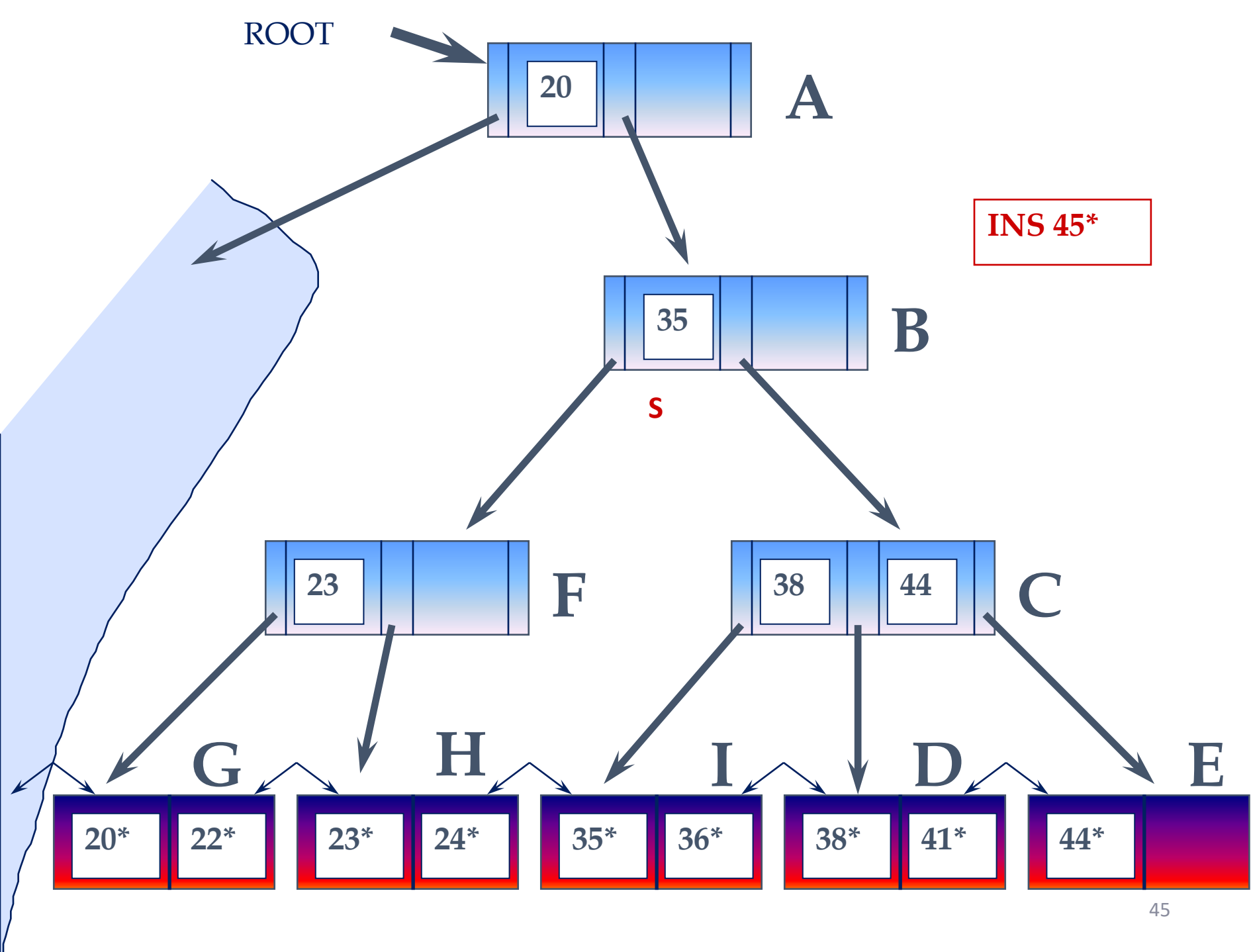
35*

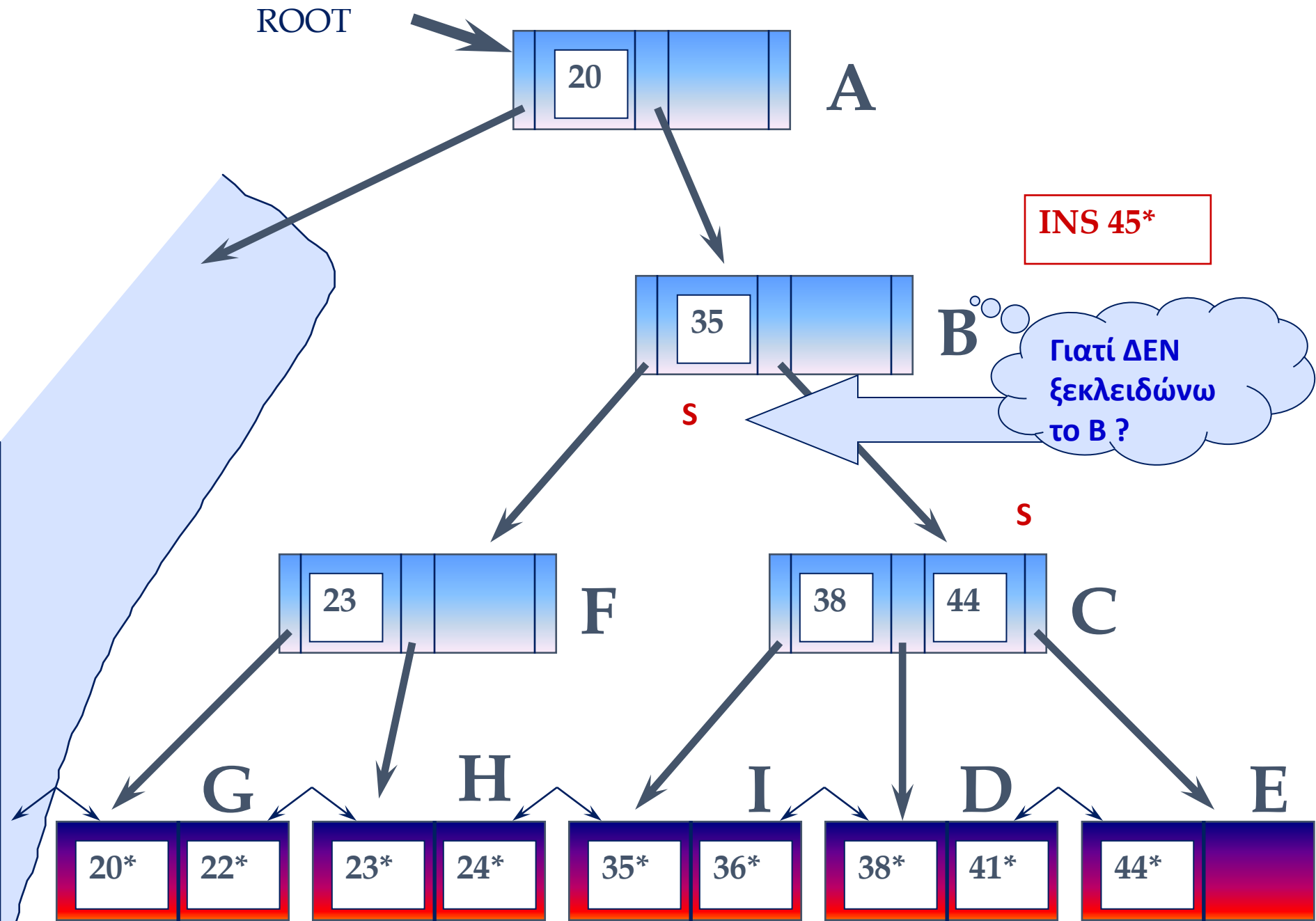
36*

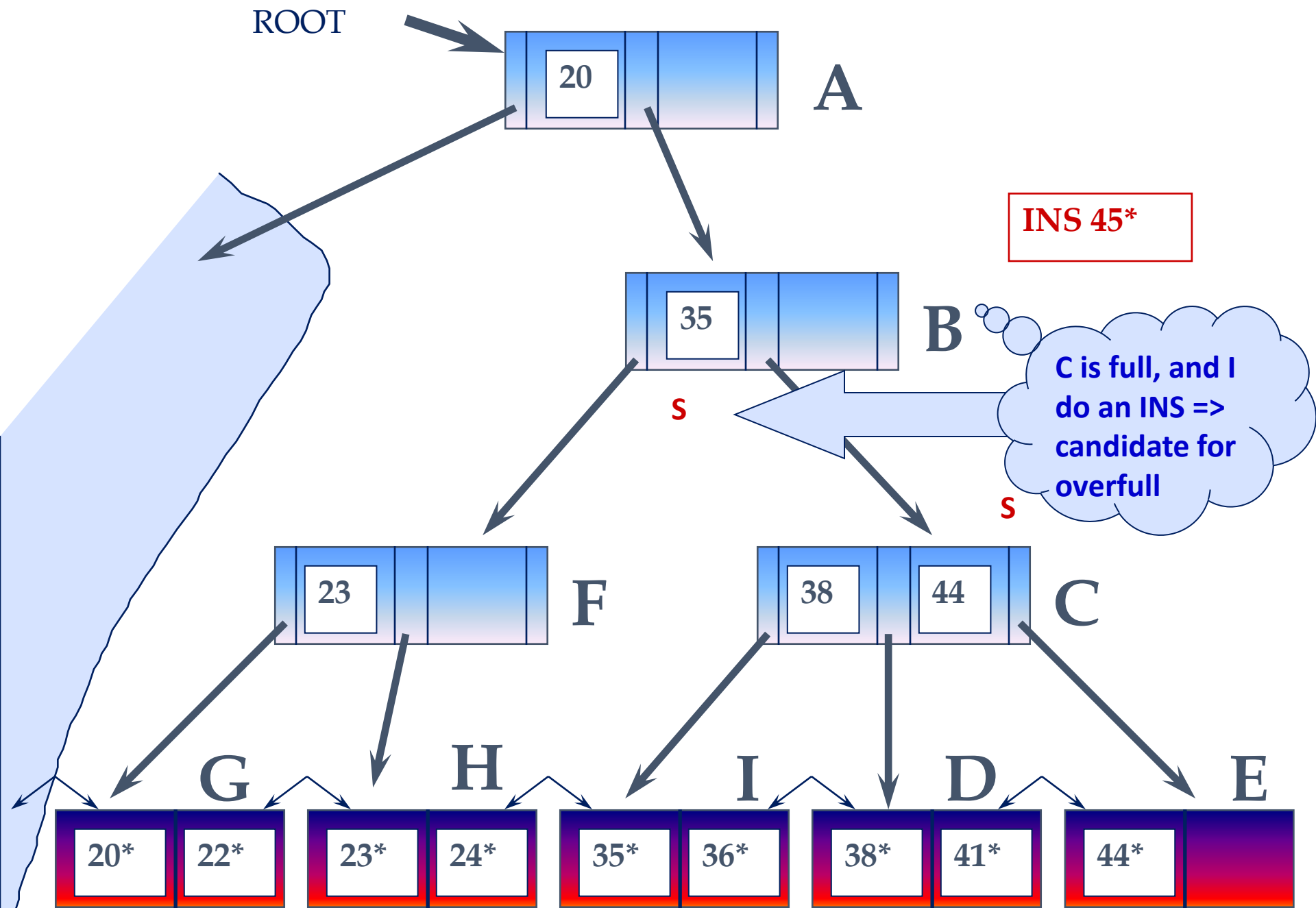
38*

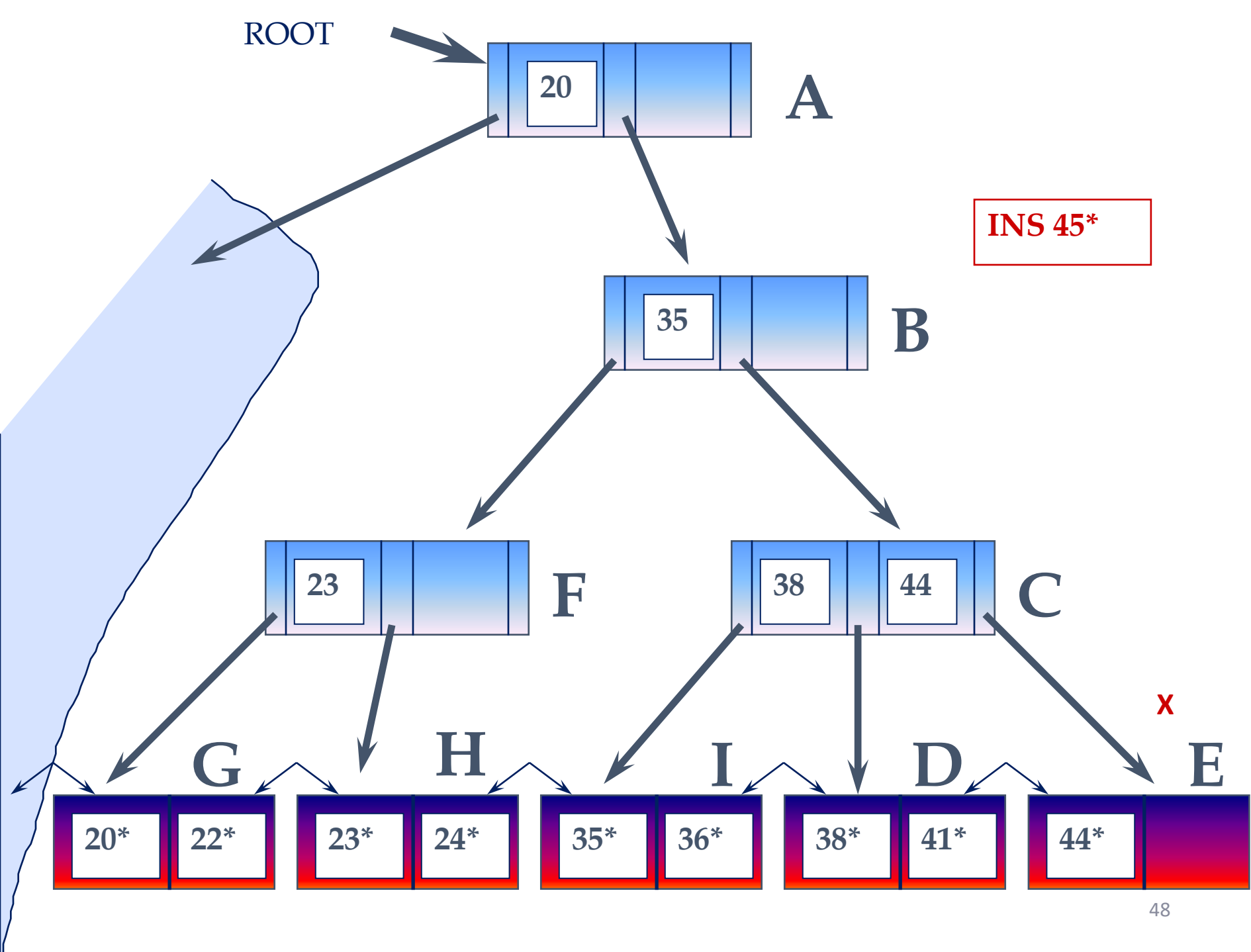
41*

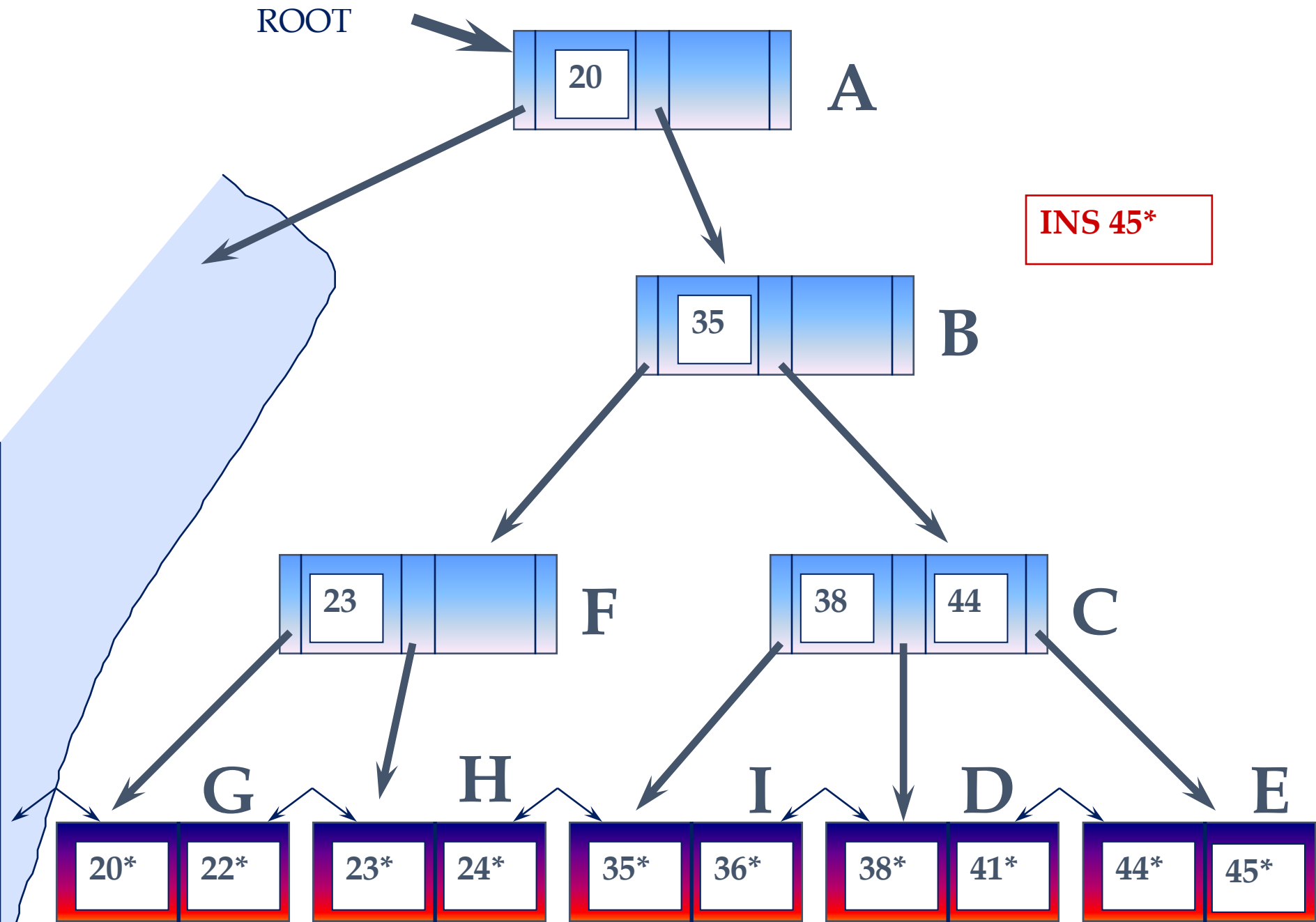
44*











Πιο δύσκολα...

- Πώς θα έτρεχε το **DEL 38*** με τον Β' τρόπο ?
- Τι θα γίνει αν πάω να κάνω **INS 25*** στο αρχικό δέντρο?
- Για το σπίτι: είναι 2PL ο αλγόριθμος ?