Ο Αλγόριθμος FP-Growth

Με λίγα λόγια:

Ο αλγόριθμος χρησιμοποιεί μια *συμπιεσμένη αναπαράσταση της βάσης* των συναλλαγών με τη μορφή ενός FP-δέντρου

- Το δέντρο μοιάζει με προθεματικό δέντρο - prefix tree (trie)
- Ο αλγόριθμος κατασκευής διαβάζει μια συναλλαγή τη φορά, απεικονίζει τη συναλλαγή σε ένα μονοπάτι του FP-δέντρου
- Μερικά μονοπάτια μπορεί να επικαλύπτονται: όσο περισσότερα μονοπάτια επικαλύπτονται, τόσο καλύτερη συμπίεση

Μόλις κατασκευαστεί το FP-δέντρο, ο αλγόριθμος χρησιμοποιεί μια αναδρομική διαίρει-και-βασίλευε (divide-and-conquer) προσέγγιση για την εξόρυξη των συχνών στοιχειοσυνόλων

Κατασκευή FP-δέντρου

TID	Items
1	{A,B}
2	{B,C,D}
3	{A,C,D,E}
4	{A,D,E}
5	{A,B,C}
6	{A,B,C,D}
7	{B,C}
8	{A,B,C}
9	{A,B,D}
10	{B,C,E}

Το FP-δέντρο είναι ένα προθεματικό δέντρο

Επειδή έχουμε σύνολα, κάπως πρέπει να τα διατάξουμε ώστε να βρίσκουμε προθέματα

Δηλαδή δε μπορεί το ένα σύνολο να είναι {A, B} και το άλλο {B, C, A} γιατί χάνουμε το κοινό πρόθεμα AB (ή BA)

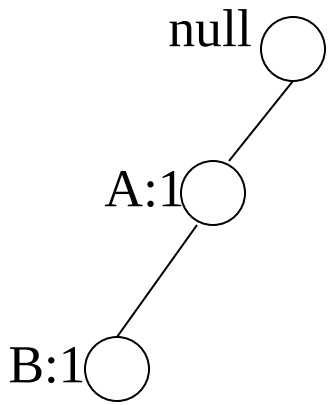
Άρα τα στοιχεία σε κάθε σύνολο πρέπει να ακολουθούν κάποια **διάταξη**, έστω τη *λεξικογραφική* (θα δούμε αργότερα αν κάτι άλλο συμφέρει καλύτερα)

Αρχικά, το δέντρο κενό

TID	Items
1	{A,B}
2	{B,C,D}
3	{A,C,D,E}
4	{A,D,E}
5	{A,B,C}
6	{A,B,C,D}
7	{B,C}
8	{A,B,C}
9	{A,B,D}
10	{B,C,E}

Κατασκευή FP-δέντρου

Διάβασμα TID=1:



Κάθε κόμβος έχει μια ετικέτα: ποιο στοιχείο και τη συχνότητα εμφάνισης (υποστήριξη) – πόσες δοσοληψίες φτάνουν σε αυτόν

Ετικέτα κόμβου <**ΣΤΟΙΧΕΙΟ: ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗ**>

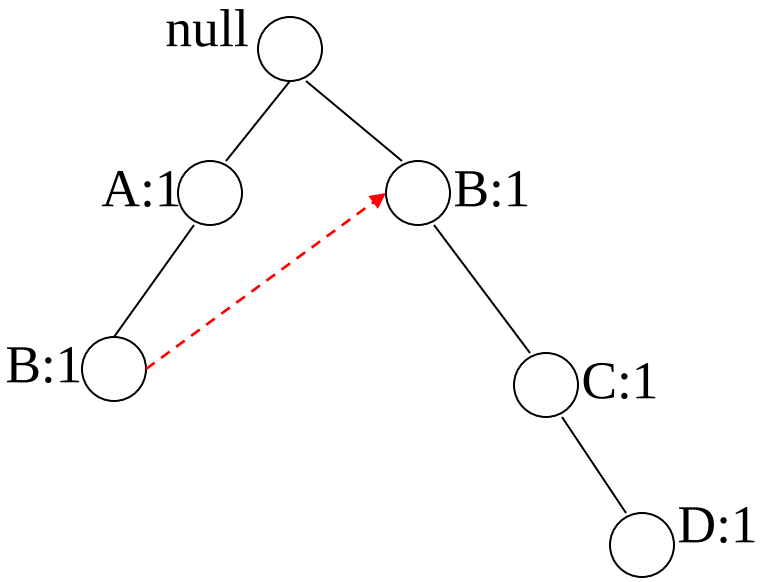
Αλγόριθμος FP-Growth

Κατασκευή FP-δέντρου

TID	Items
1	{A,B}
2	{B,C,D}
3	{A,C,D,E}
4	{A,D,E}
5	{A,B,C}
6	{A,B,C,D}
7	{B,C}
8	{A,B,C}
9	{A,B,D}
10	{B,C,E}

Διάβασμα TID=1:

Διάβασμα TID=2:



Κάθε κόμβος ετικέτα, ποιο στοιχείο και τη συχνότητα εμφάνισης (υποστήριξη) – πόσες συναλλαγές φτάνουν σε αυτόν

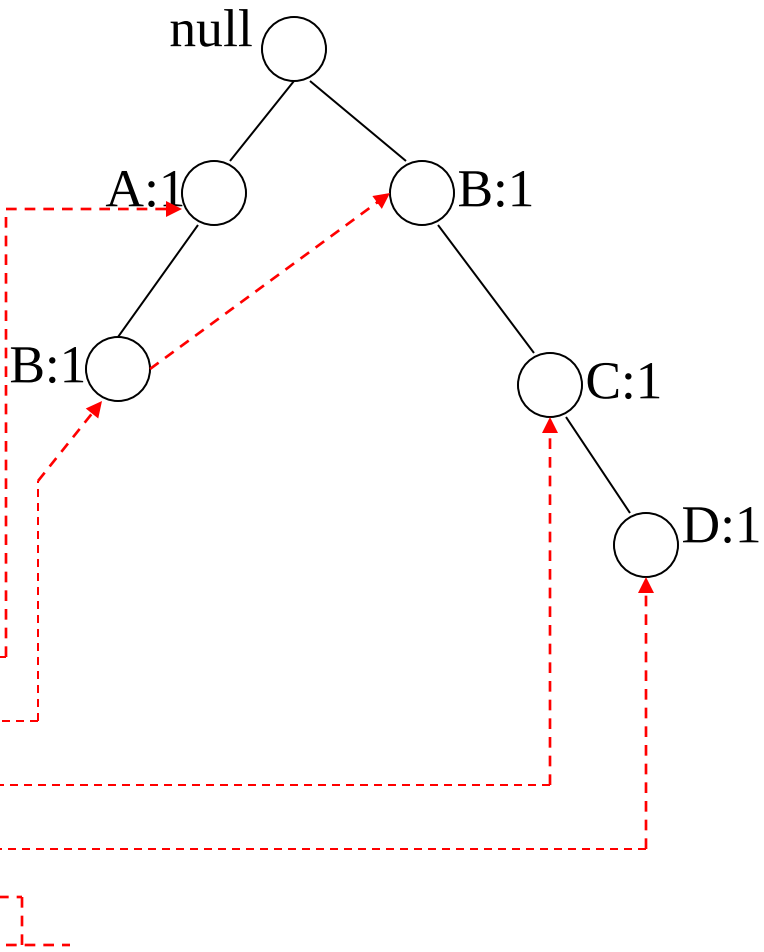
Επίσης, δείκτες μεταξύ των κόμβων που αναφέρονται στο ίδιο στοιχείο

Αλγόριθμος FP-Growth

TID	Items
1	{A,B}
2	{B,C,D}
3	{A,C,D,E}
4	{A,D,E}
5	{A,B,C}
6	{A,B,C,D}
7	{B,C}
8	{A,B,C}
9	{A,B,D}
10	{B,C,E}

Κατασκευή FP-δέντρου

Διάβασμα TID=1, 2:



Πίνακας Δεικτών

Item	Pointer
A	
B	
C	
D	
E	

Επίσης, κρατάμε πίνακα δεικτών για να βοηθήσουν στον υπολογισμό των συχνών στοιχειοσυνόλων

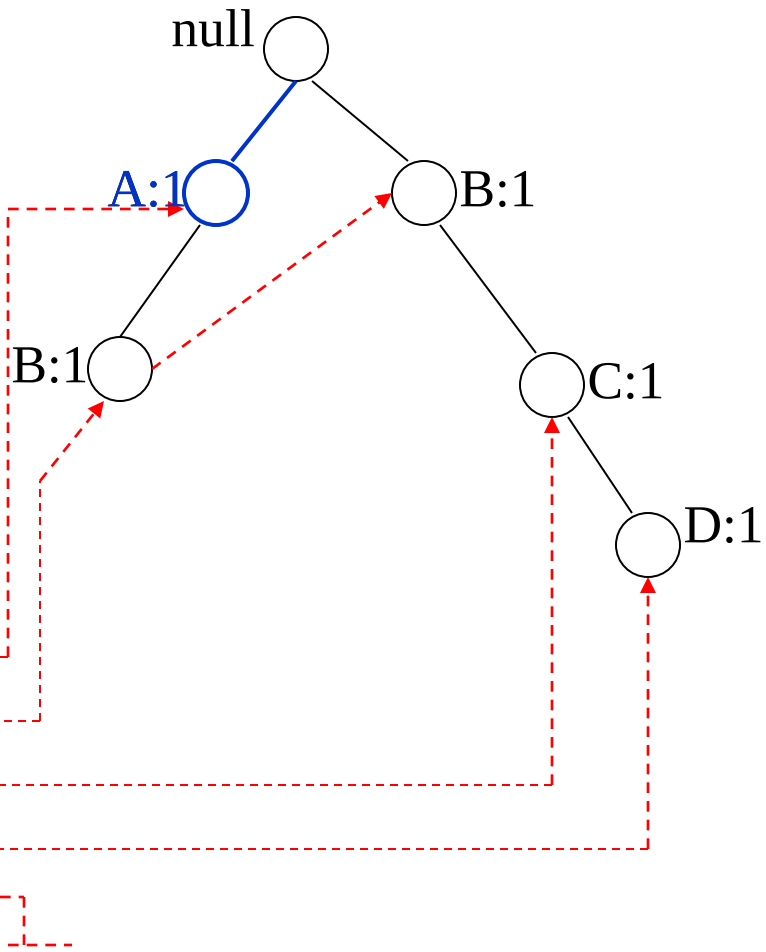
Αλγόριθμος FP-Growth

TID	Items
1	{A,B}
2	{B,C,D}
3	{A,C,D,E}
4	{A,D,E}
5	{A,B,C}
6	{A,B,C,D}
7	{B,C}
8	{A,B,C}
9	{A,B,D}
10	{B,C,E}

Κατασκευή FP-δέντρου

Διάβασμα TID=1, 2:

Διάβασμα TID=3



Πίνακας Δεικτών

Item	Pointer
A	
B	
C	
D	
E	

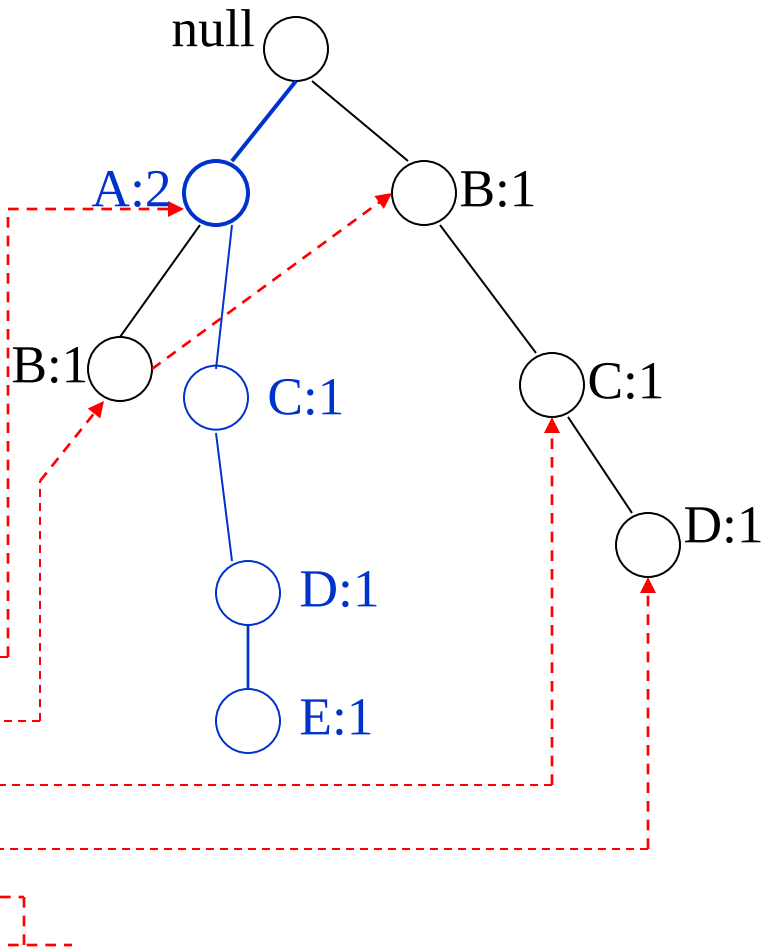
Αλγόριθμος FP-Growth

TID	Items
1	{A,B}
2	{B,C,D}
3	{A,C,D,E}
4	{A,D,E}
5	{A,B,C}
6	{A,B,C,D}
7	{B,C}
8	{A,B,C}
9	{A,B,D}
10	{B,C,E}

Κατασκευή FP-δέντρου

Διάβασμα TID=1, 2:

Διάβασμα TID=3



Πίνακας Δεικτών

Item	Pointer
A	
B	
C	
D	
E	

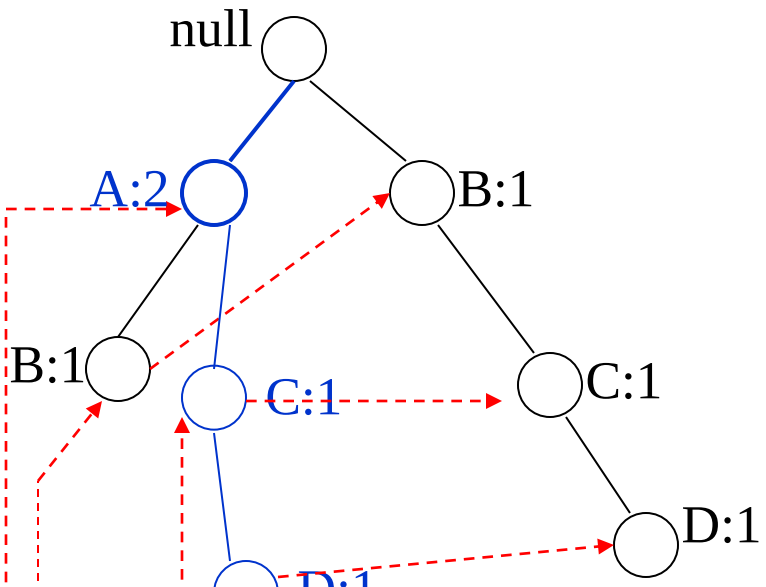
Αλγόριθμος FP-Growth

TID	Items
1	{A,B}
2	{B,C,D}
3	{A,C,D,E}
4	{A,D,E}
5	{A,B,C}
6	{A,B,C,D}
7	{B,C}
8	{A,B,C}
9	{A,B,D}
10	{B,C,E}

Κατασκευή FP-δέντρου

Διάβασμα TID=1, 2:

Διάβασμα TID=3



Πίνακας Δεικτών

Item	Pointer
A	
B	
C	
D	
E	

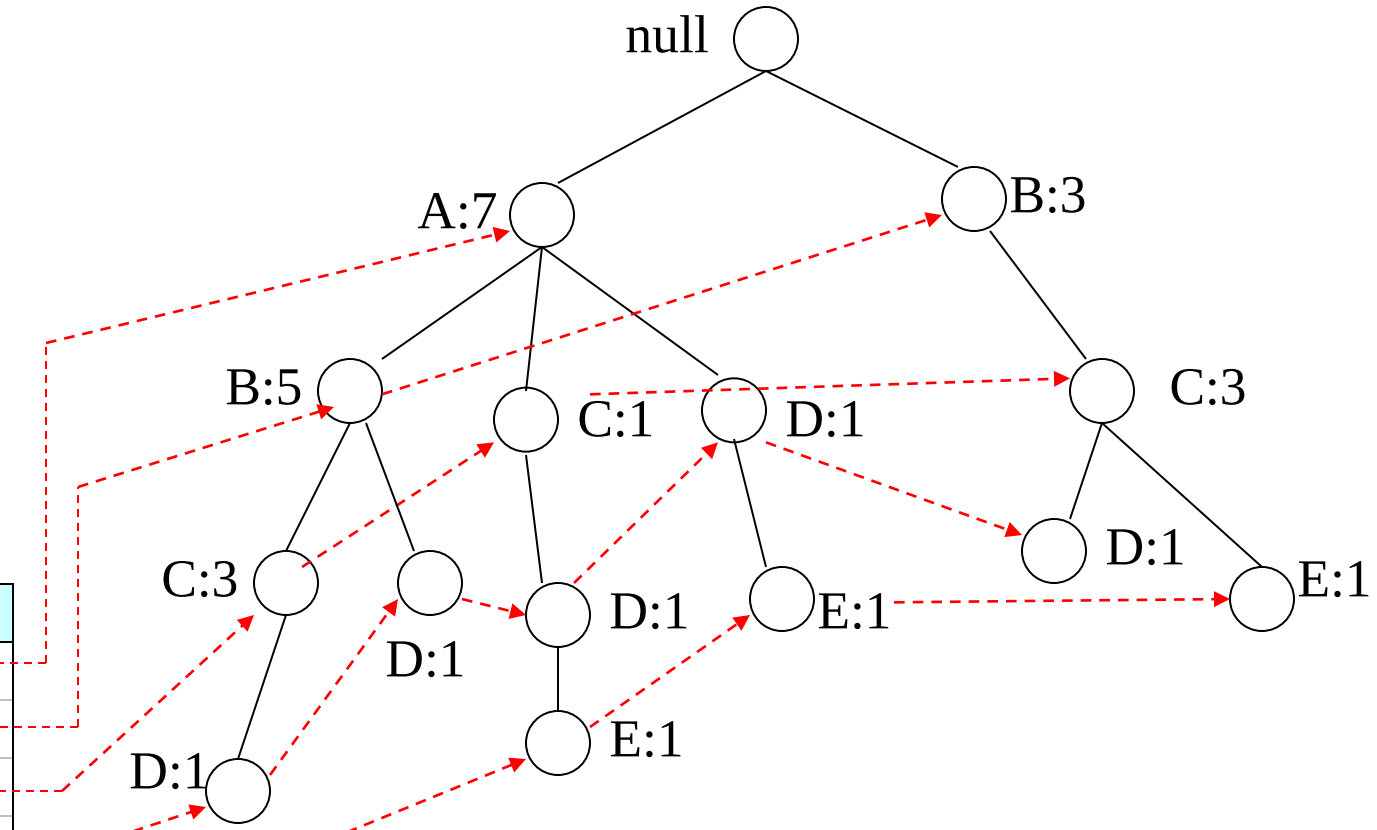
Αλγόριθμος FP-Growth

Κατασκευή FP-δέντρου

TID	Items
1	{A,B}
2	{B,C,D}
3	{A,C,D,E}
4	{A,D,E}
5	{A,B,C}
6	{A,B,C,D}
7	{B,C}
8	{A,B,C}
9	{A,B,D}
10	{B,C,E}

Πίνακας Δεικτών

Item	Pointer
A	
B	
C	
D	
E	



Μέγεθος FP-δέντρου

- Κάθε *συναλλαγή* αντιστοιχεί σε *ένα μονοπάτι* από τη ρίζα

- Το μέγεθος του δέντρου συνήθως μικρότερο των δεδομένων, αν υπάρχουν κοινά προθέματα
  - Αν όλες οι συναλλαγές τα ίδια στοιχεία, μόνο ένα κλαδί
  - Αν όλες διαφορετικές, ο χώρος μεγαλύτερος (γιατί αποθηκεύεται περισσότερη πληροφορία, όπως δείκτες μεταξύ των κόμβων αλλά και συχνότητες εμφάνισης)

Αλγόριθμος FP-Growth

Κατασκευή FP-δέντρου

TID	Items
1	{A,B}
2	{B,C,D}
3	{A,C,D,E}
4	{A,D,E}
5	{A,B,C}
6	{A,B,C,D}
7	{B,C}
8	{A,B,C}
9	{A,B,D}
10	{B,C,E}

Το τελικό δέντρο, εξαρτάται από τη **διάταξη**: άλλη διάταξη -> άλλα προθέματα

(Συνήθως) μικρότερο δέντρο, αν όχι λεξικογραφικά, αλλά με βάση τη συχνότητα εμφάνισης -> Αρχικά, διαβάζουμε όλα τα δεδομένα μια φορά ώστε να υπολογιστεί ο μετρητής υποστήριξης κάθε στοιχείου, και διατάσουμε τα στοιχεία με βάση αυτό

- **Επίσης, αγνοούμε όσα στοιχεία είναι μη συχνά**

Για το παράδειγμα,
σ(A)=7, σ(B)=8,
σ(C)=7, σ(D)=5,
σ(E)=3

Άρα, διάταξη
B,A,C,D,E

TID	Items
1	{B,A}
2	{B,C,D}
3	{A,C,D,E}
4	{A,D,E}
5	{B,A,C}
6	{B,A,C,D}
7	{B,C}
8	{B,A,C}
9	{B,A,D}
10	{B,C,E}

Αλγόριθμος FP-Growth

Αλγόριθμος εύρεσης συχνών στοιχειοσυνόλων

Είσοδος: FP-δέντρο

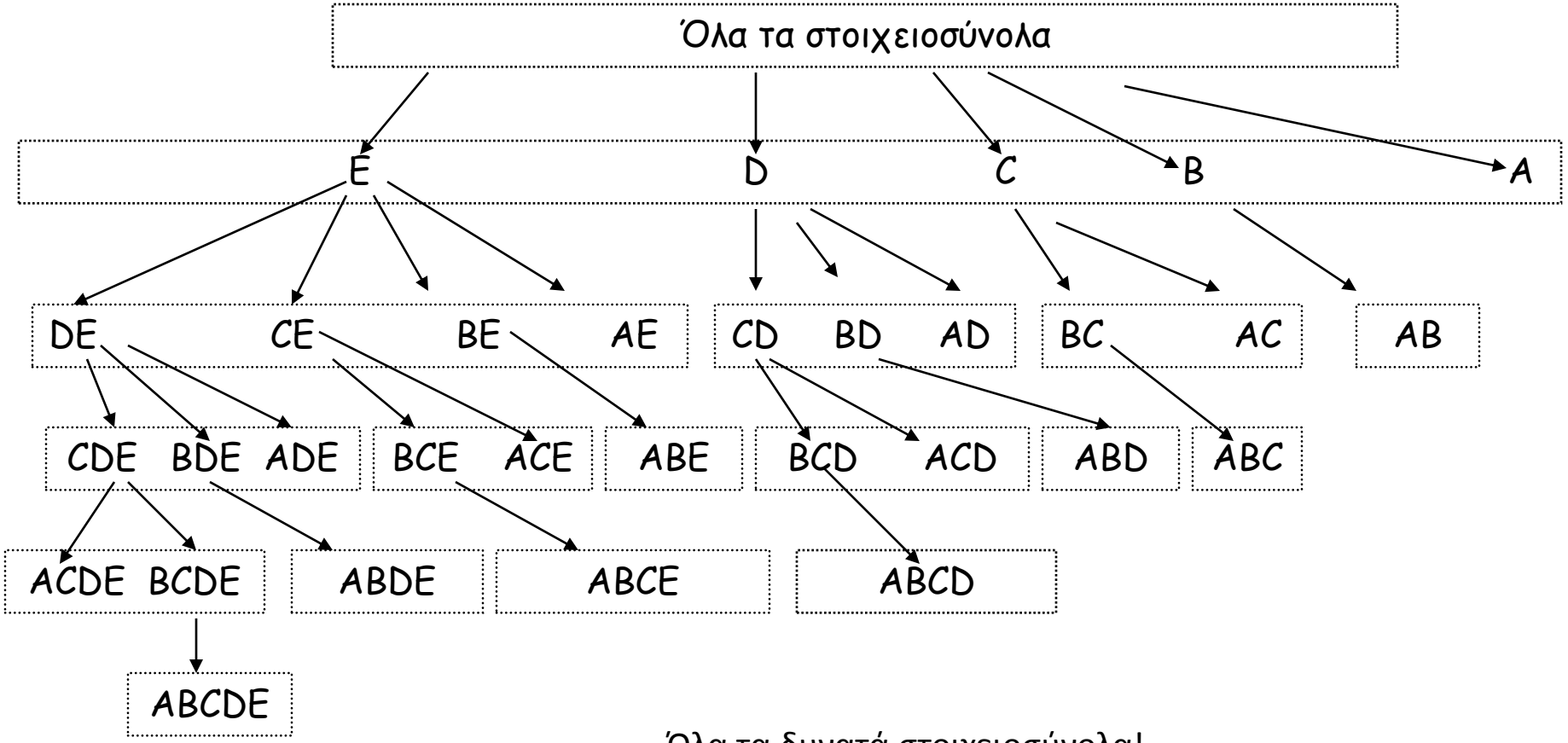
Έξοδος: Συχνά στοιχειοσύνολα και η υποστήριξη τους

Μέθοδος:

- Διαίρει-και-Βασίλευε
  - Χωρίζουμε τα στοιχειοσύνολα σε αυτά που τελειώνουν σε E, D, C, B, A
    - Μετά αυτά που τελειώνουν σε E σε αυτά σε DE, CE, BE, AE κοκ

Αλγόριθμος FP-Growth

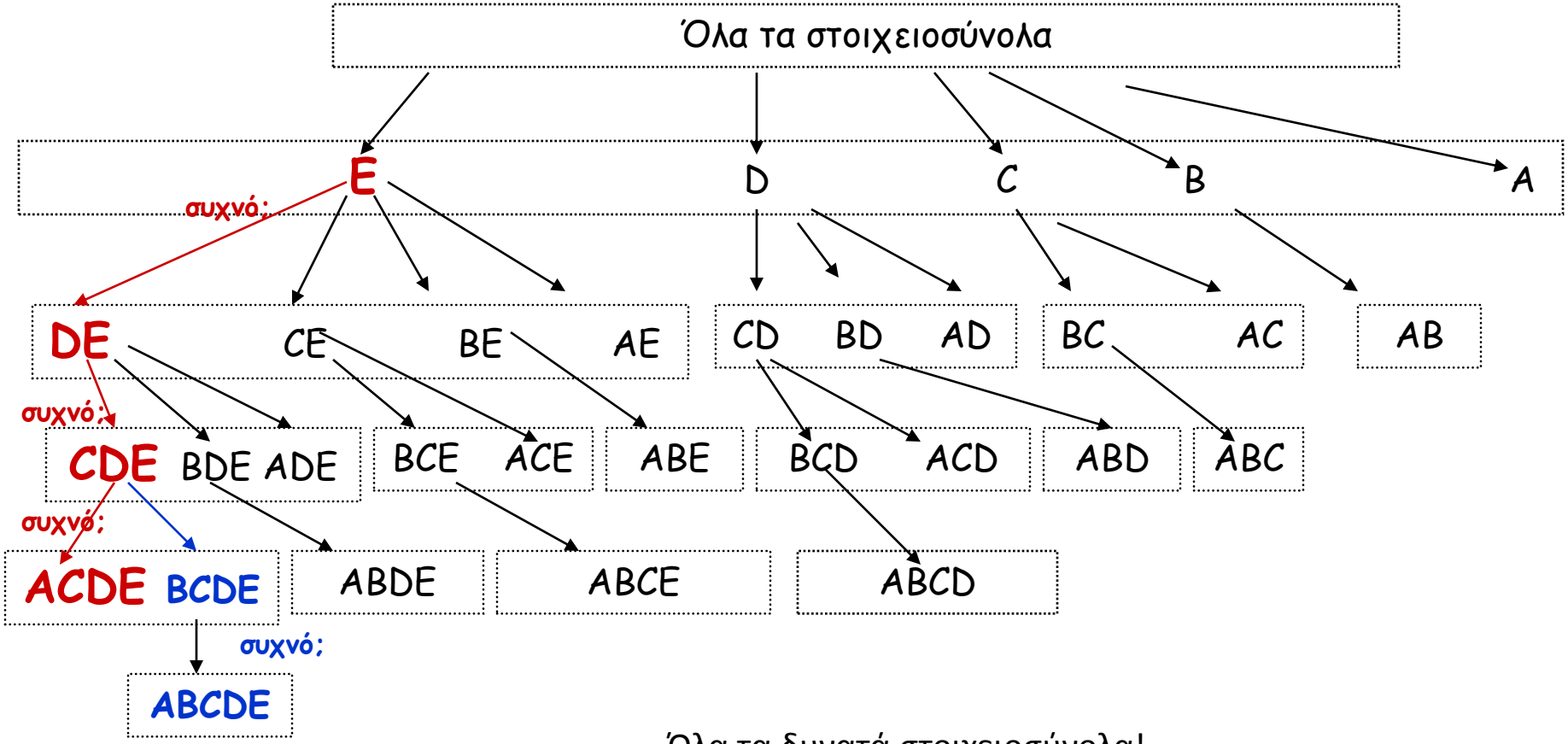
Αλγόριθμος εύρεσης συχνών στοιχειοσυνόλων



Όλα τα δυνατά στοιχειοσύνολα!

Αλγόριθμος FP-Growth

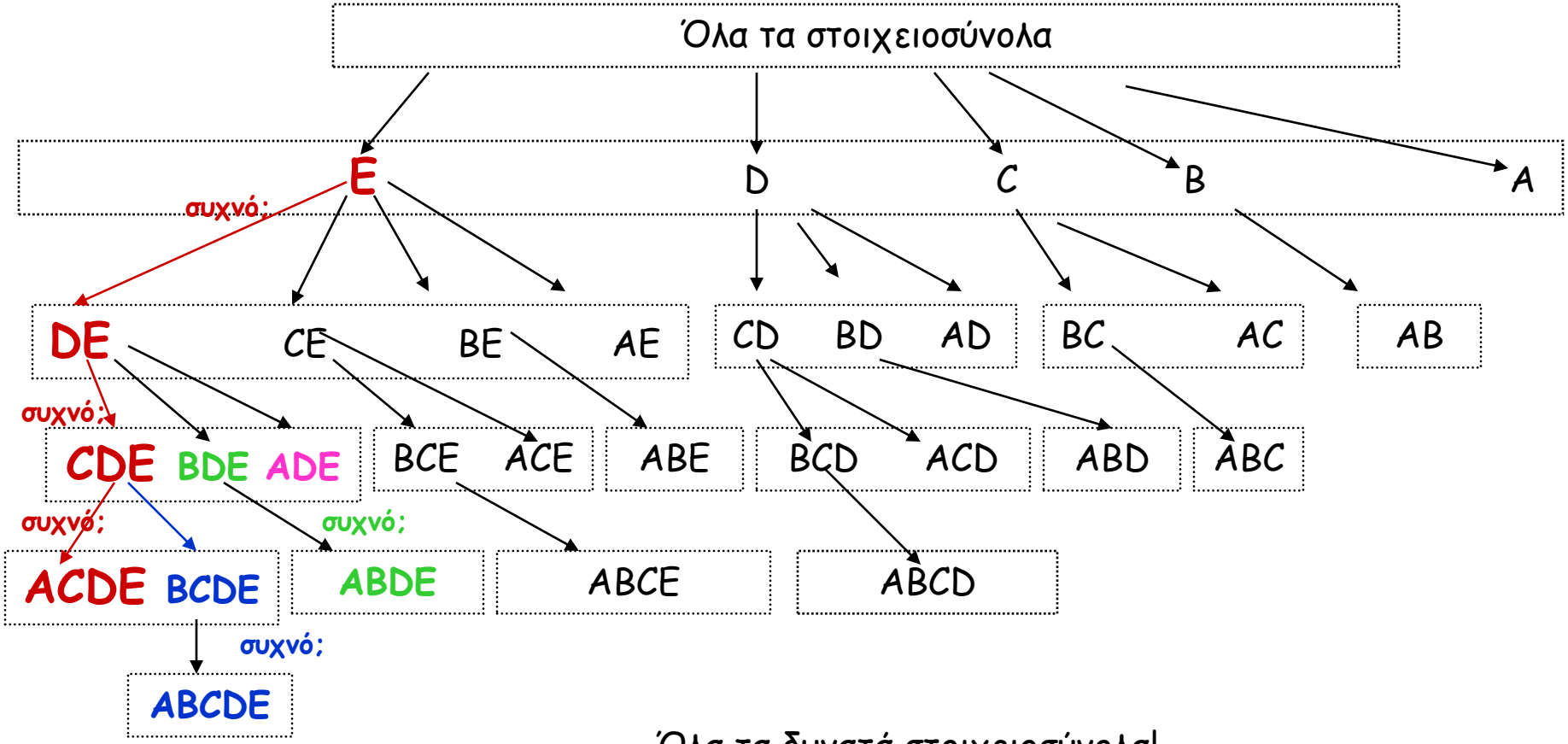
Αλγόριθμος εύρεσης συχνών στοιχειοσυνόλων



Όλα τα δυνατά στοιχειοσύνολα!

Αλγόριθμος FP-Growth

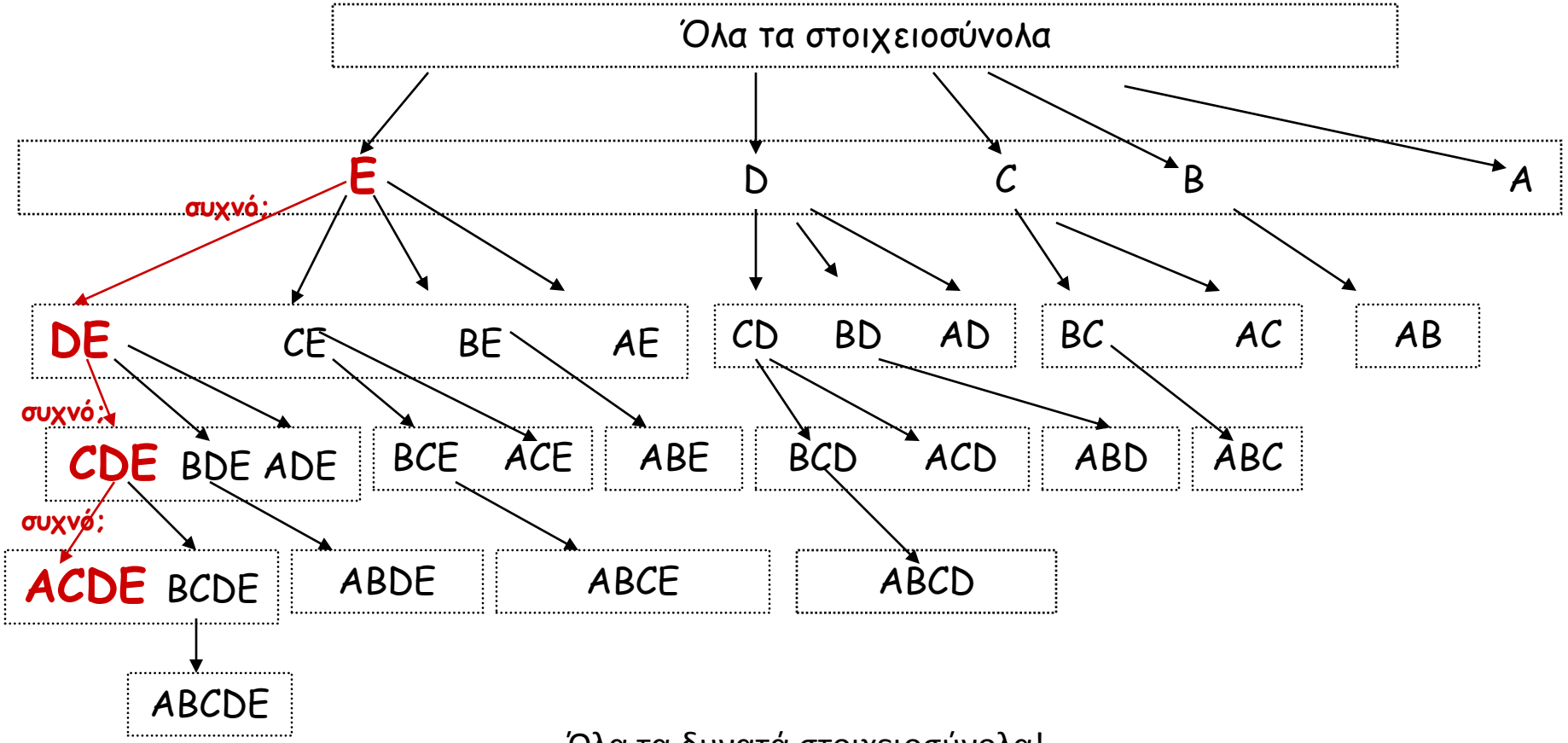
Αλγόριθμος εύρεσης συχνών στοιχειοσυνόλων



Όλα τα δυνατά στοιχειοσύνολα!

Αλγόριθμος FP-Growth

Αλγόριθμος εύρεσης συχνών στοιχειοσυνόλων



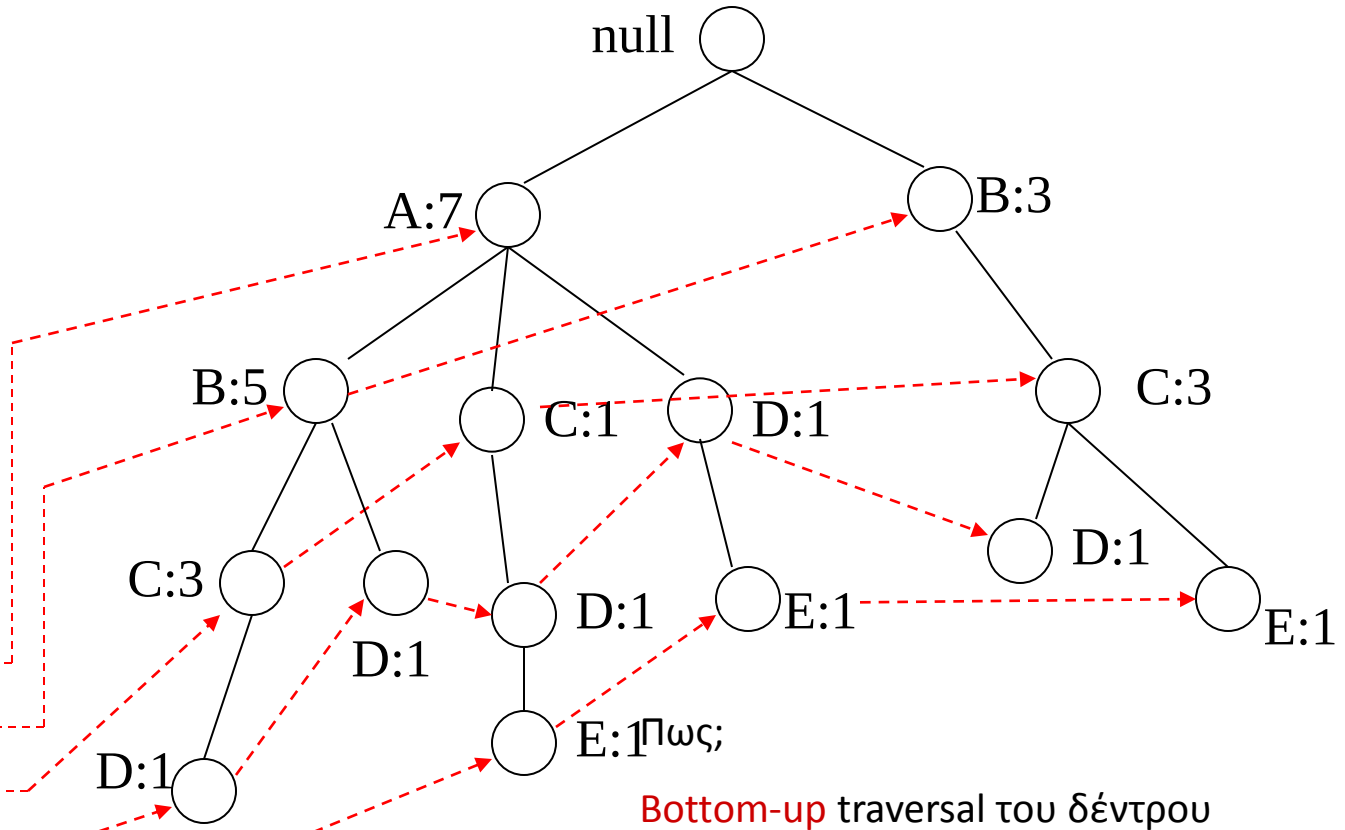
Όλα τα δυνατά στοιχειοσύνολα!

Στο δέντρο μπορεί να υπάρχουν λιγότερα!

Αλγόριθμος FP-Growth

TID	Items
1	{A,B}
2	{B,C,D}
3	{A,C,D,E}
4	{A,D,E}
5	{A,B,C}
6	{A,B,C,D}
7	{B,C}
8	{A,B,C}
9	{A,B,D}
10	{B,C,E}

Χρήση FP-δέντρου για εύρεση συχνών στοιχειοσυνόλων



Header table

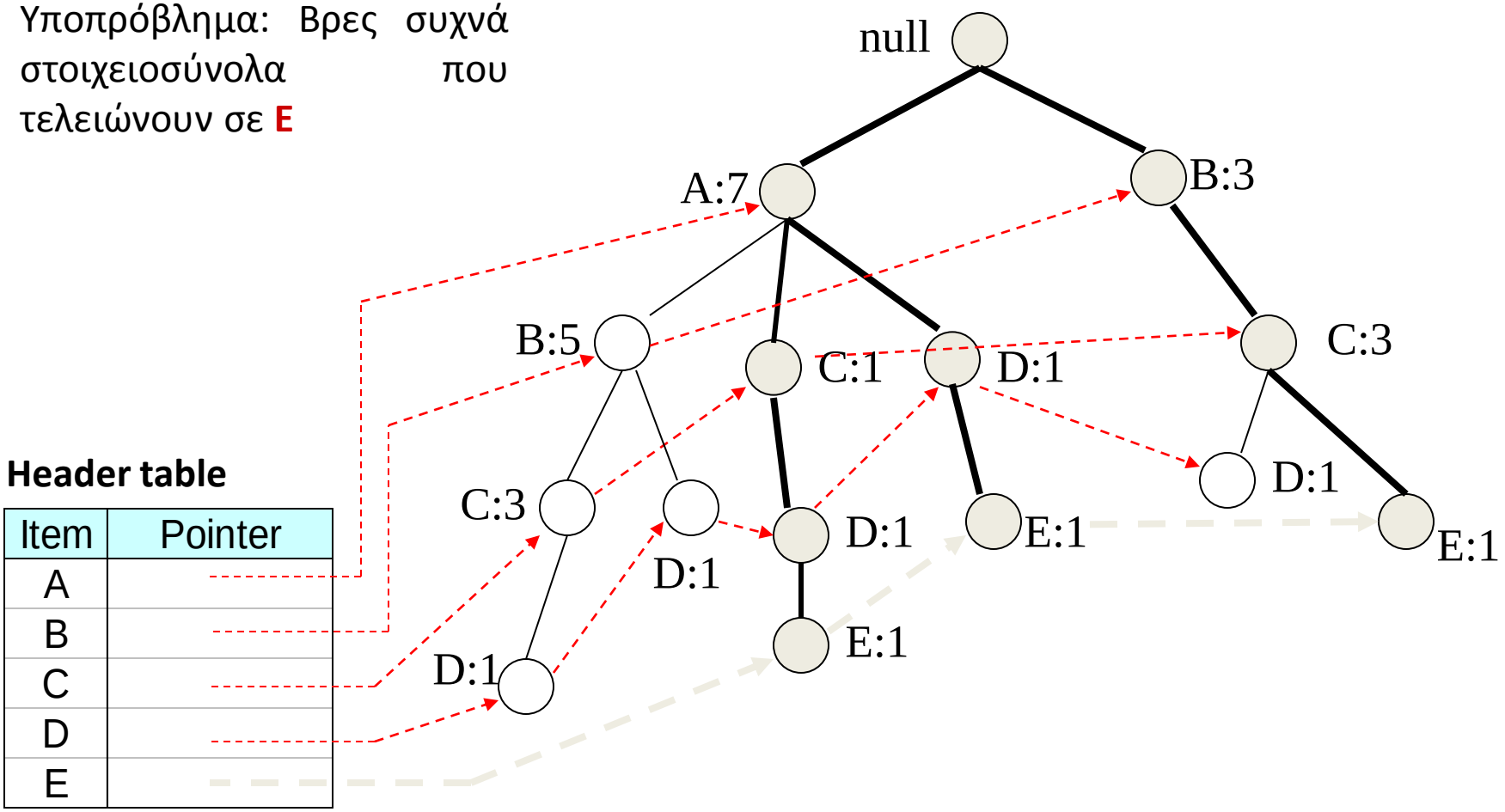
Item	Pointer
A	
B	
C	
D	
E	

Bottom-up traversal του δέντρου

Αυτά που τελειώνουν σε E, μετά αυτά που τελειώνουν σε D, C, B και τέλος A – suffix-based classes (επίθεμα – κατάληξη)

Αλγόριθμος FP-Growth

Υποπρόβλημα: Βρες συχνά στοιχειοσύνολα που τελειώνουν σε **E**



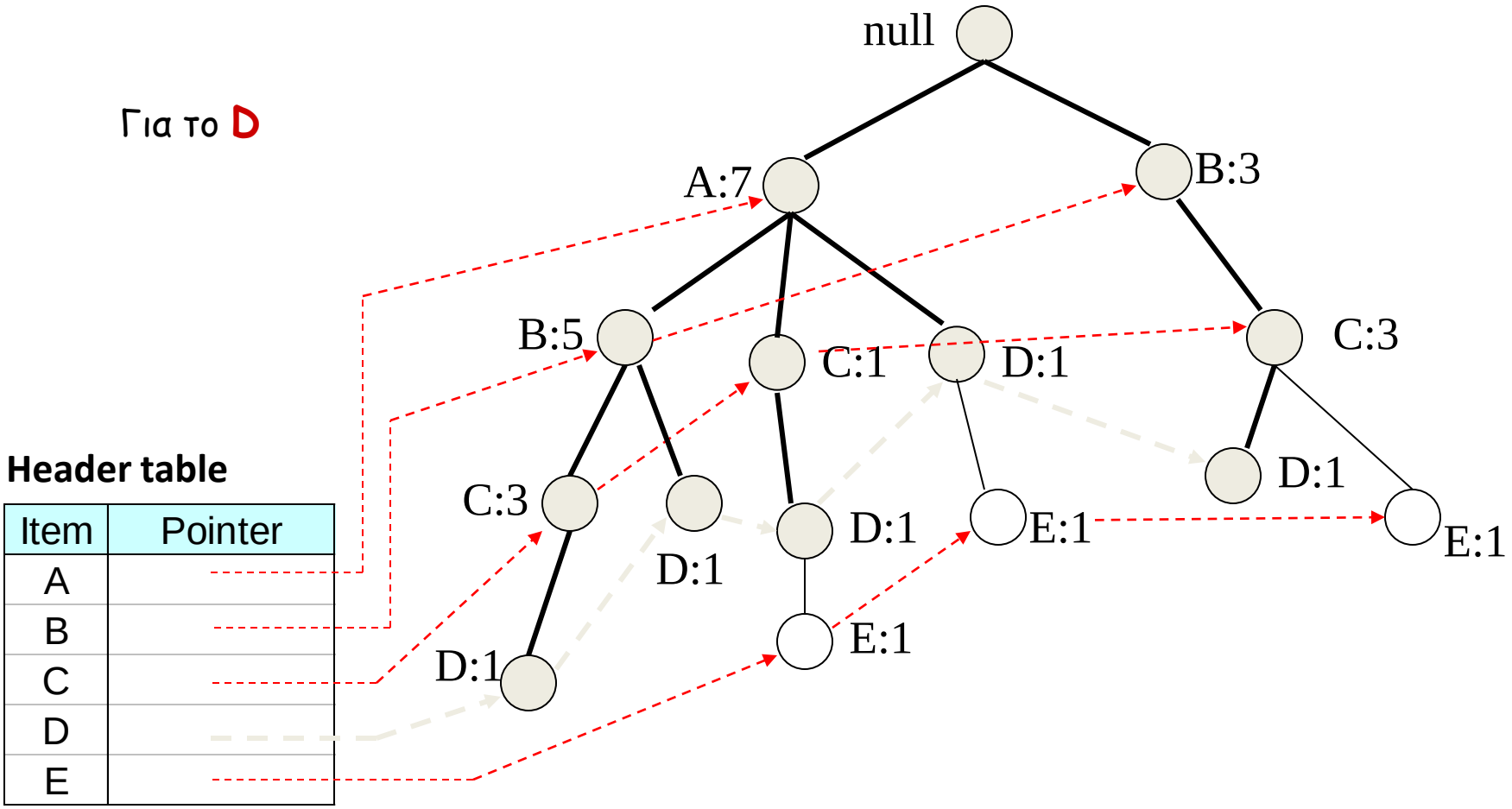
Header table

Item	Pointer
A	
B	
C	
D	
E	

- Θα δούμε στη συνέχεια πως υπολογίζεται η *υποστήριξη* για τα πιθανά στοιχειοσύνολα

Αλγόριθμος FP-Growth

Για το **D**

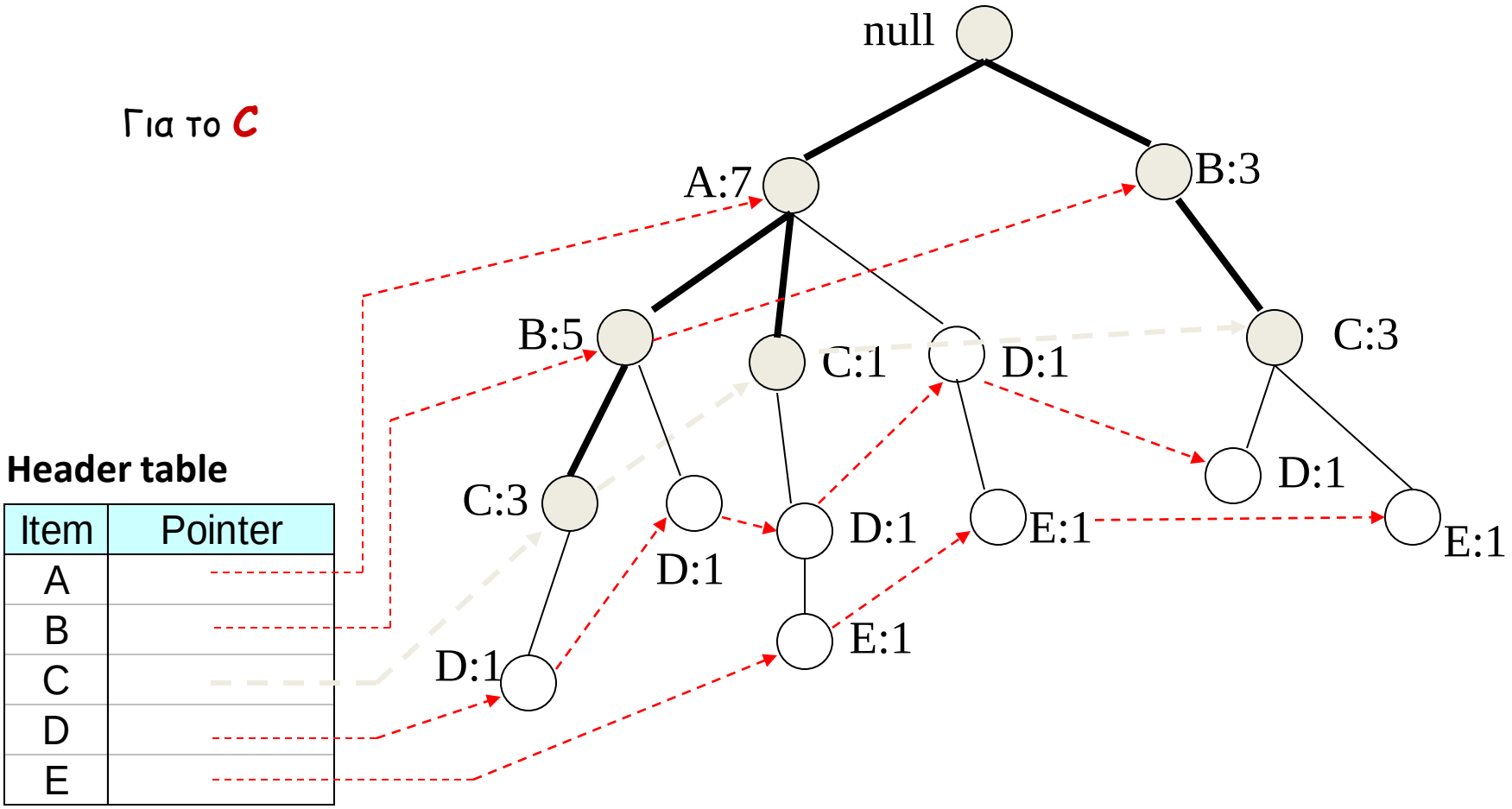


Header table

Item	Pointer
A	
B	
C	
D	
E	

Αλγόριθμος FP-Growth

Για το **C**

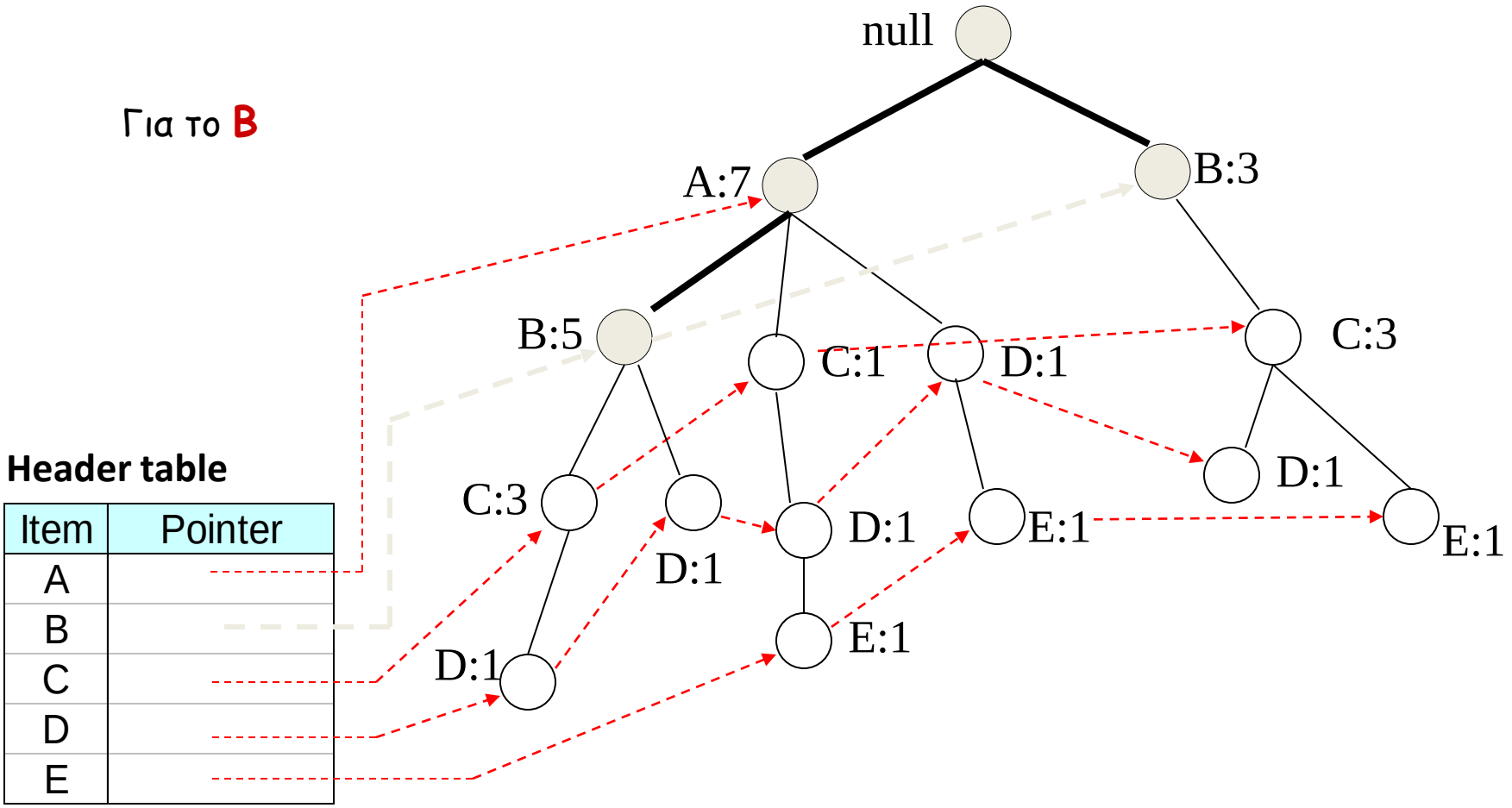


Header table

Item	Pointer
A	
B	
C	
D	
E	

Αλγόριθμος FP-Growth

Για το **B**

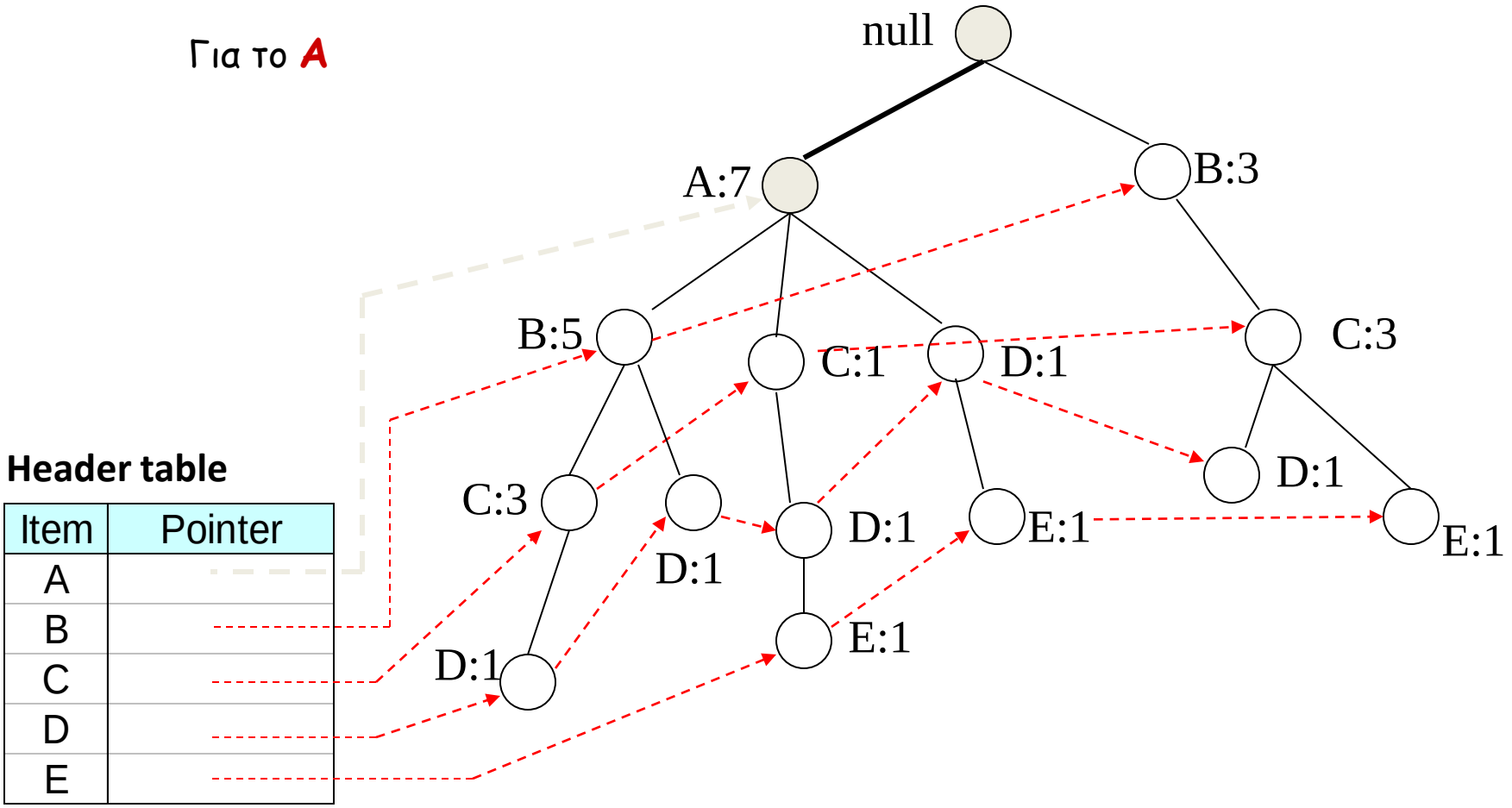


Header table

Item	Pointer
A	
B	
C	
D	
E	

Αλγόριθμος FP-Growth

Για το **A**



Header table

Item	Pointer
A	
B	
C	
D	
E	

Συνοπτικά

Σε κάθε βήμα, για το suffix (επίθεμα) X

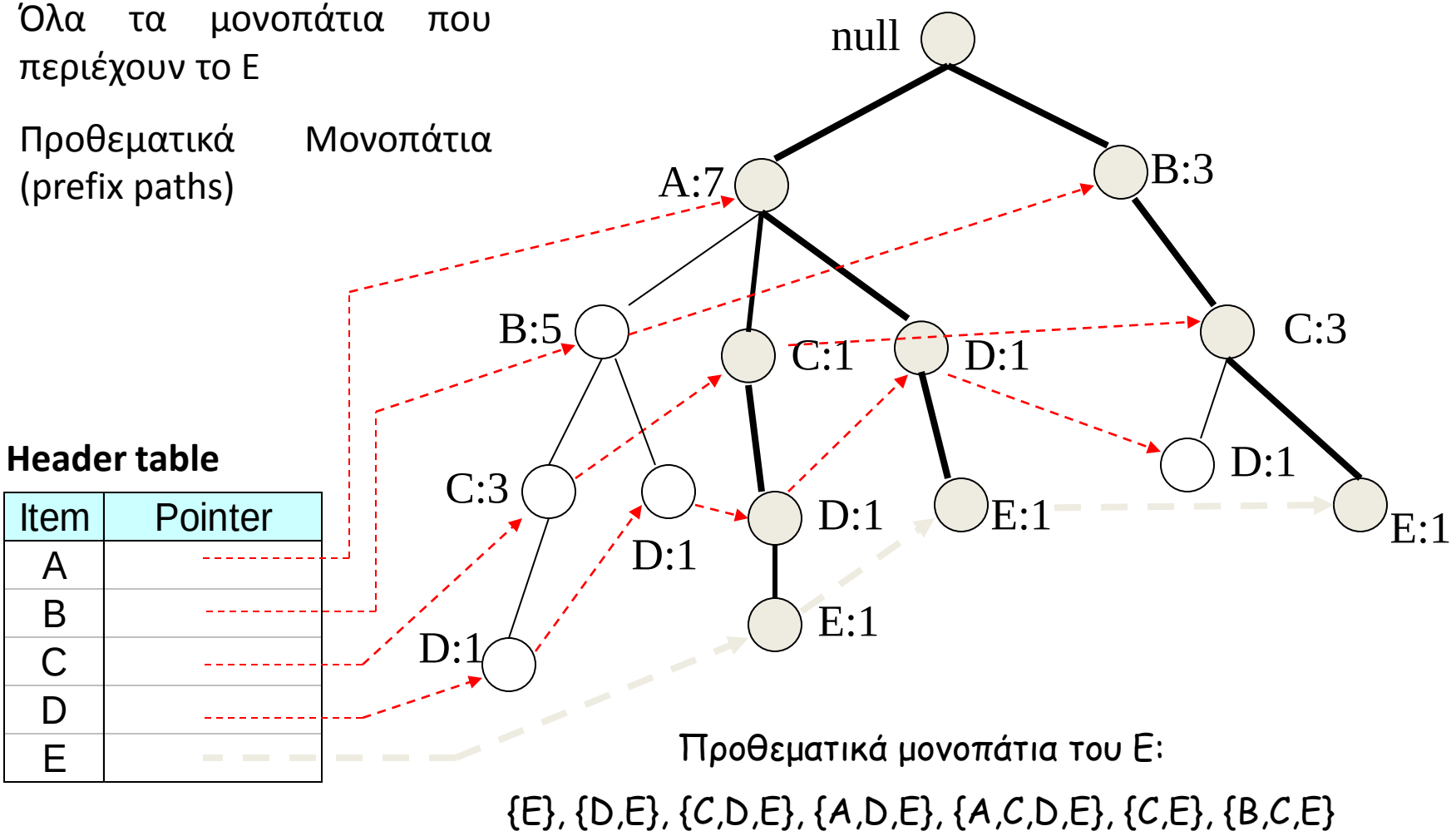
- Φάση 1
  - Κατασκευάζουμε το προθεματικό δέντρο για το X και υπολογίζουμε την υποστήριξη χρησιμοποιώντας τον πίνακα

- Φάση 2
  - Αν είναι συχνό, κατασκευάζουμε το υπο-συνθήκη δέντρο για το X, σε βήματα
    - επανα-υπολογισμός υποστήριξης
    - περικοπή κόμβων με μικρή υποστήριξη
    - περικοπή φύλλων

Φάση 1 – κατασκευή προθεματικού δέντρου

Όλα τα μονοπάτια που περιέχουν το E

Προθεματικά Μονοπάτια (prefix paths)



Header table

Item	Pointer
A	
B	
C	
D	
E	

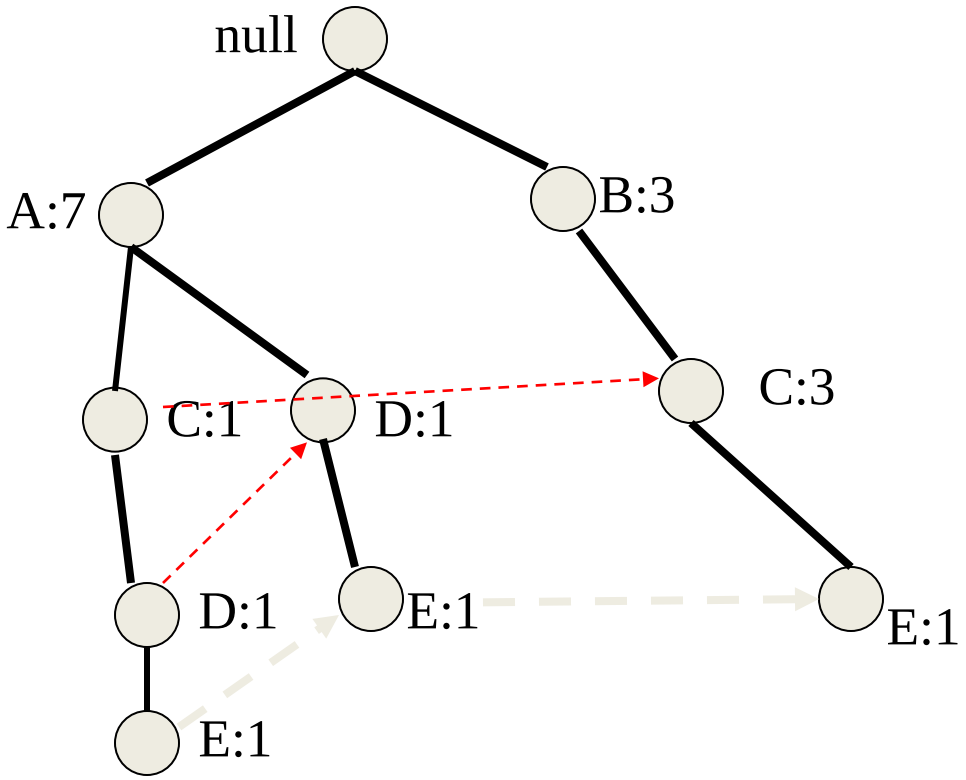
Προθεματικά μονοπάτια του E:

{E}, {D,E}, {C,D,E}, {A,D,E}, {A,C,D,E}, {C,E}, {B,C,E}

Φάση 1

Όλα τα μονοπάτια που περιέχουν το E

Προθεματικά Μονοπάτια (prefix paths)



Προθεματικά μονοπάτια του E:

{E}, {D,E}, {C,D,E}, {A,D,E}, {A,C,D,E}, {C,E}, {B,C,E}

Αλγόριθμος FP-Growth

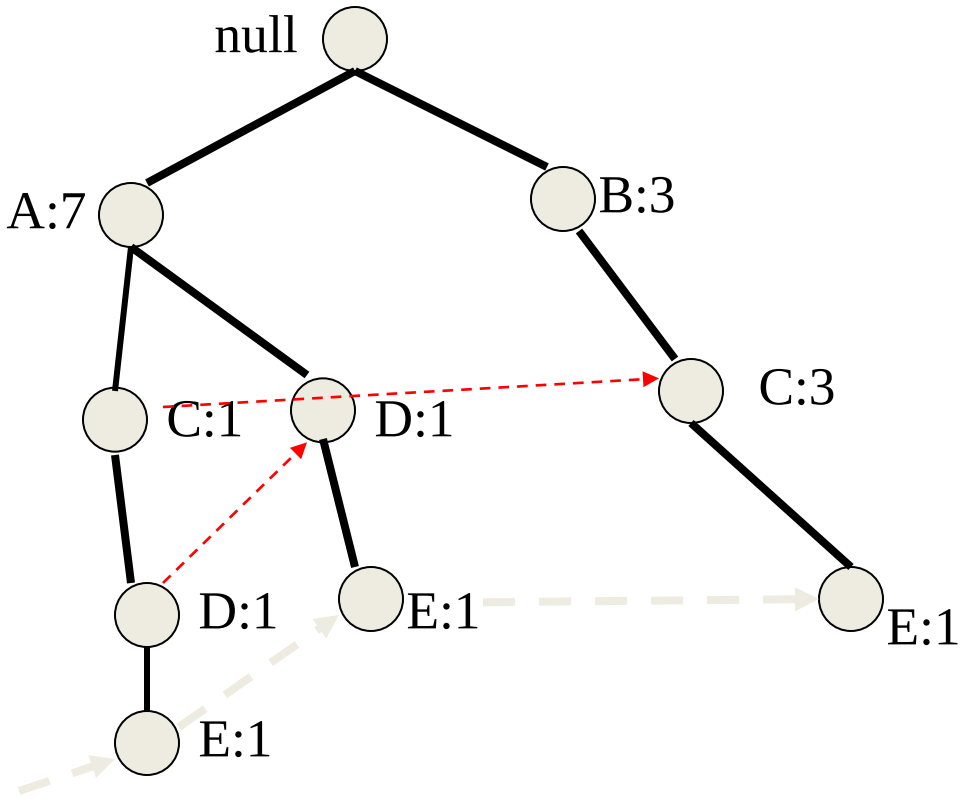
Έστω minsup = 2

Βρες την υποστήριξη του {E}

Πως;

Ακολούθησε τους συνδέσμους αθροίζοντας 1+1+1=3>2

Οπότε {E} συχνό



{E} συχνό άρα προχωράμε για DE, CE, BE, AE

{E} συχνό άρα προχωράμε για DE, CE, BE, AE

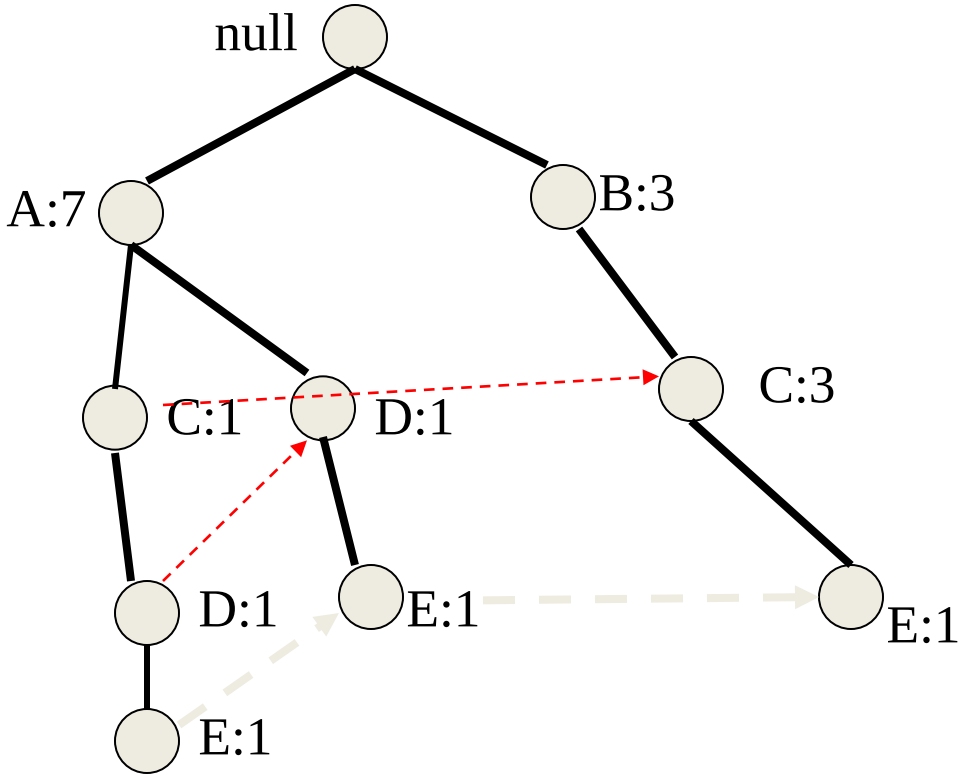
Φάση 2

Μετατροπή των προθεματικών δέντρων σε FP-δέντρο υπό συνθήκες (conditional FP-tree)

Δύο αλλαγές

(1) Αλλαγή των μετρητών

(2) Περικοπή

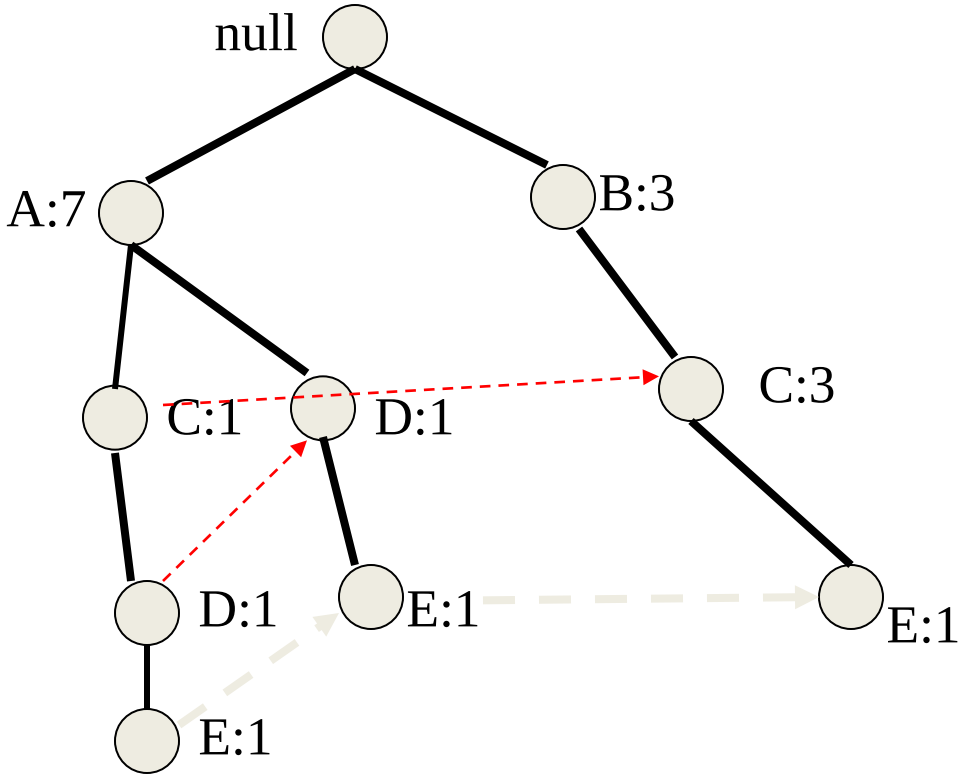


Αλγόριθμος FP-Growth

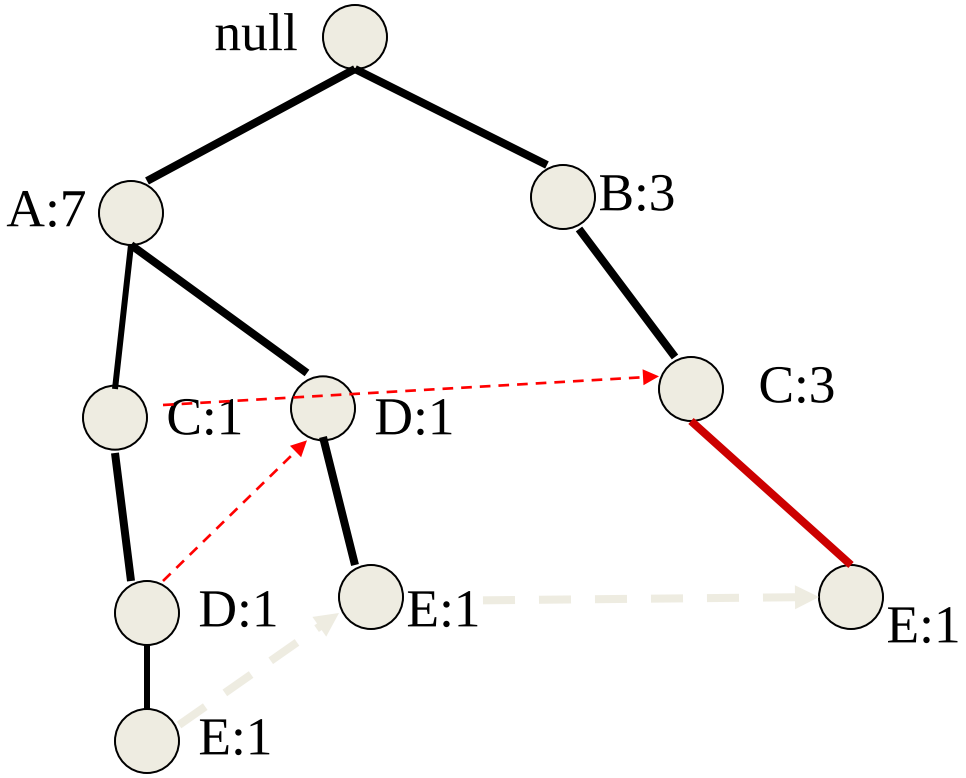
Αλλαγή μετρητών

Οι μετρητές σε κάποιους κόμβους περιλαμβάνουν συναλλαγές που δεν έχουν το E

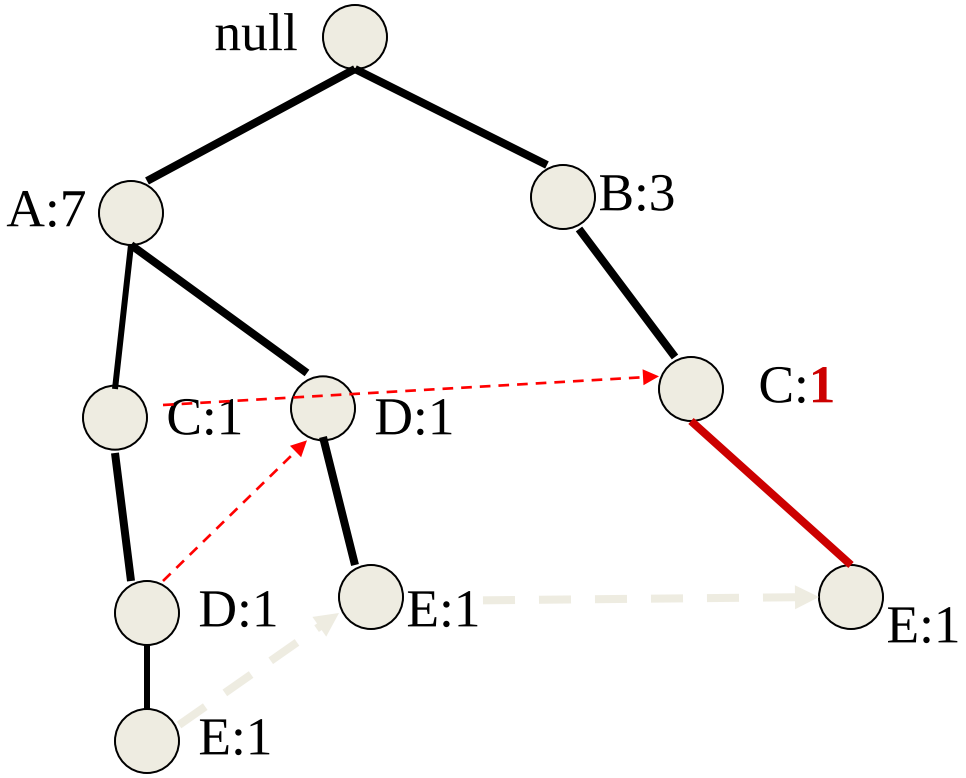
Πχ στο null->B->C->E μετράμε και την {B, C}



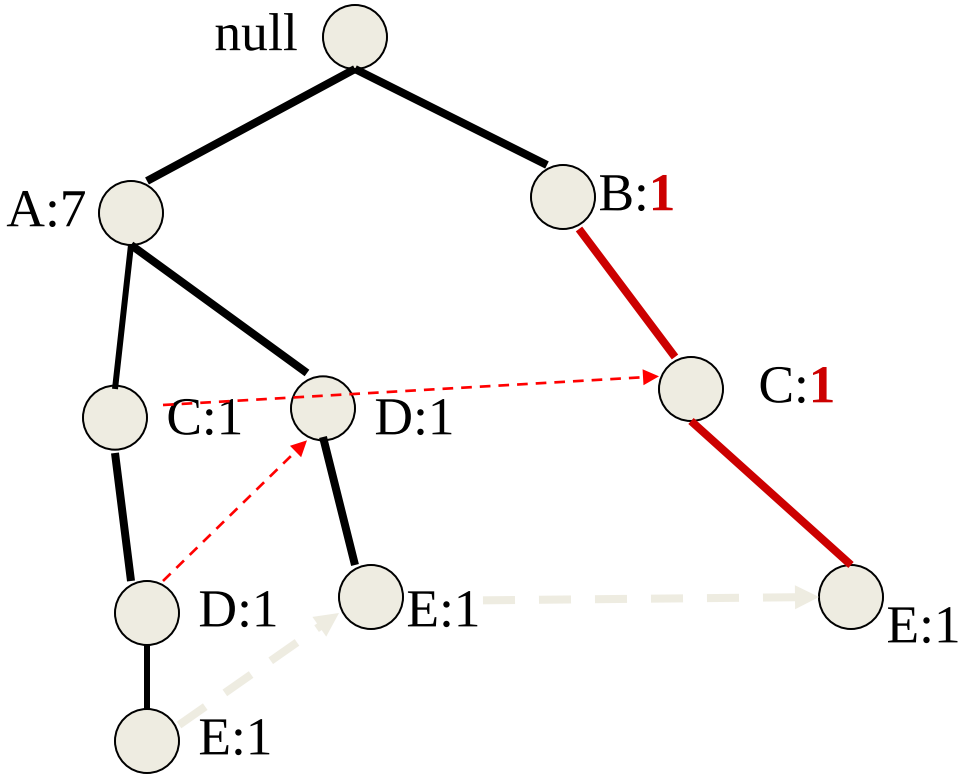
Αλγόριθμος FP-Growth



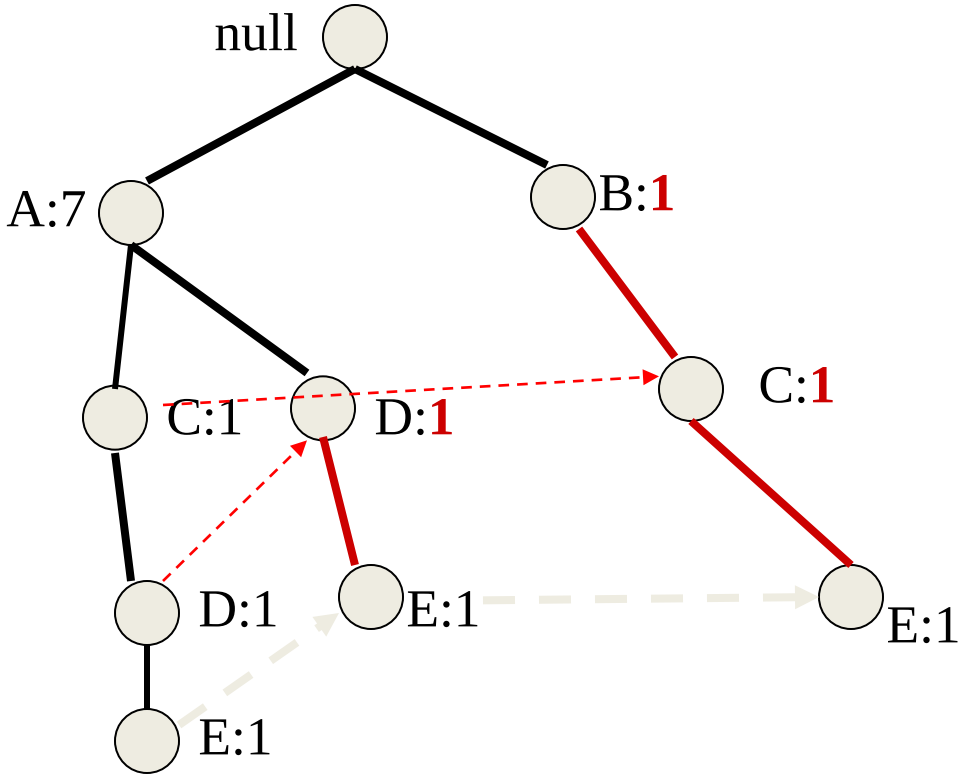
Αλγόριθμος FP-Growth



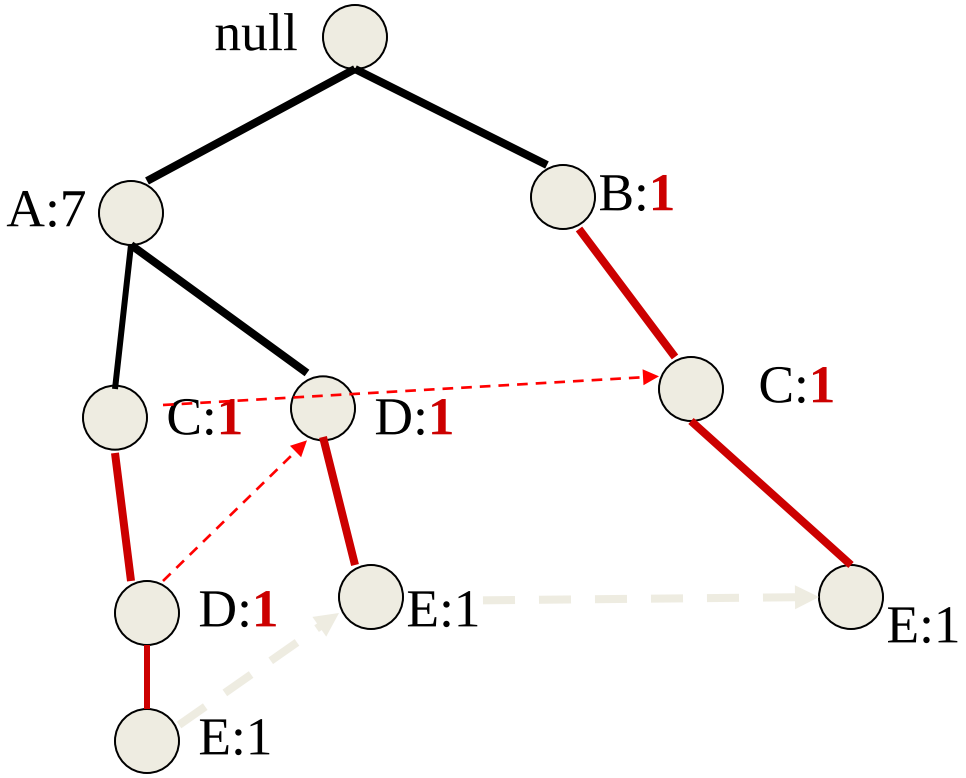
Αλγόριθμος FP-Growth



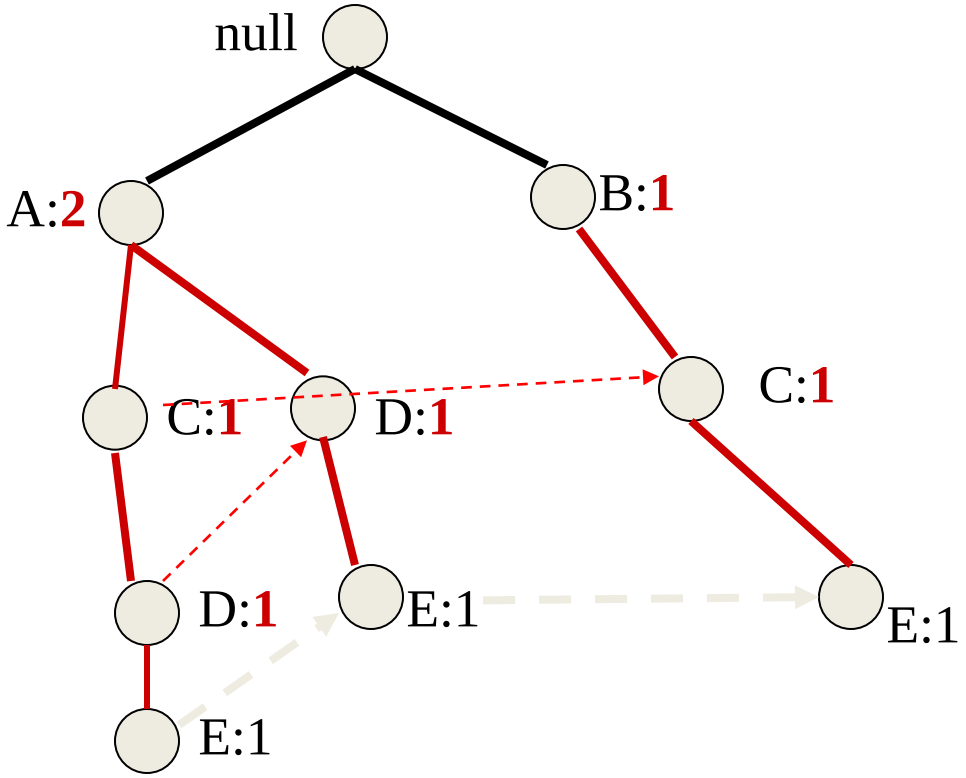
Αλγόριθμος FP-Growth



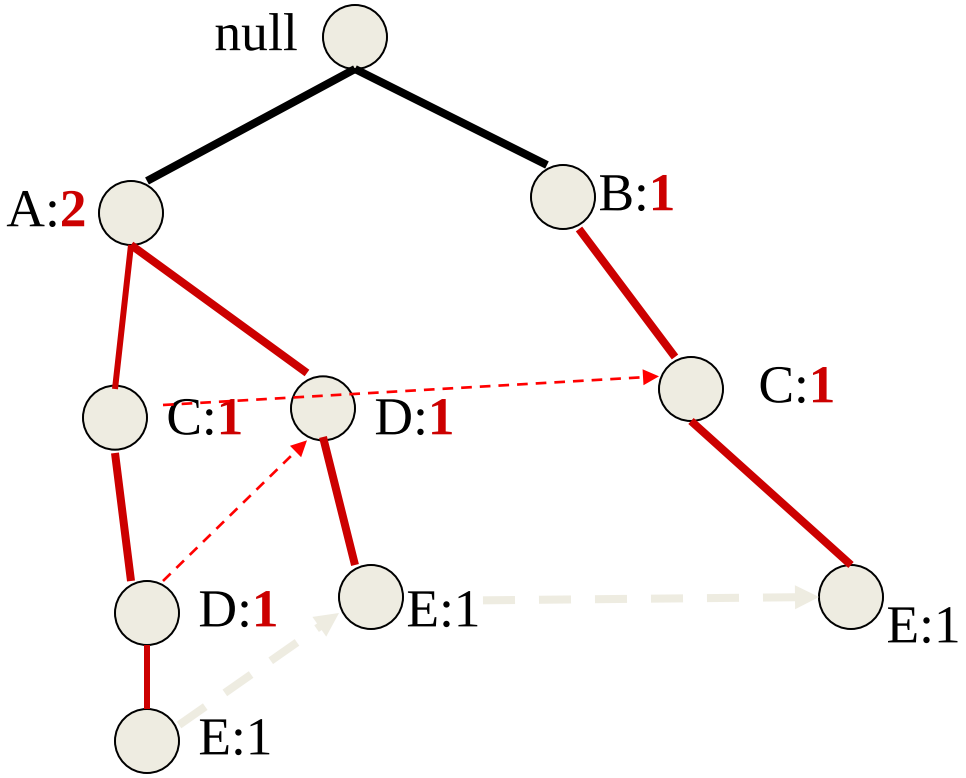
Αλγόριθμος FP-Growth



Αλγόριθμος FP-Growth



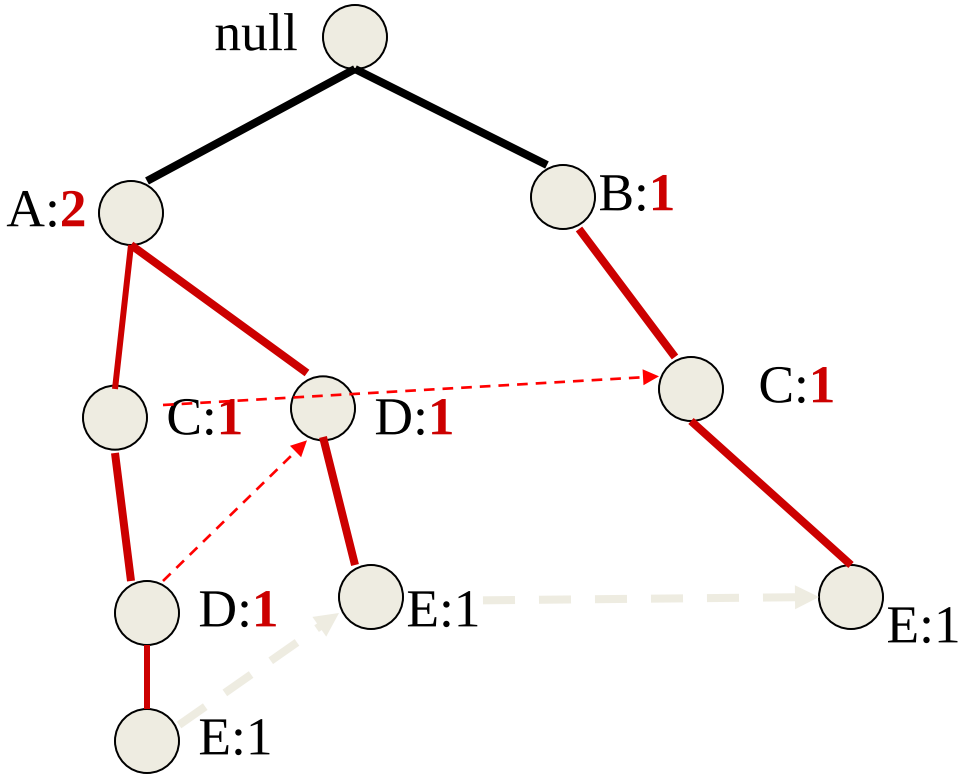
Αλγόριθμος FP-Growth



Αλγόριθμος FP-Growth

Περικοπή (truncate)

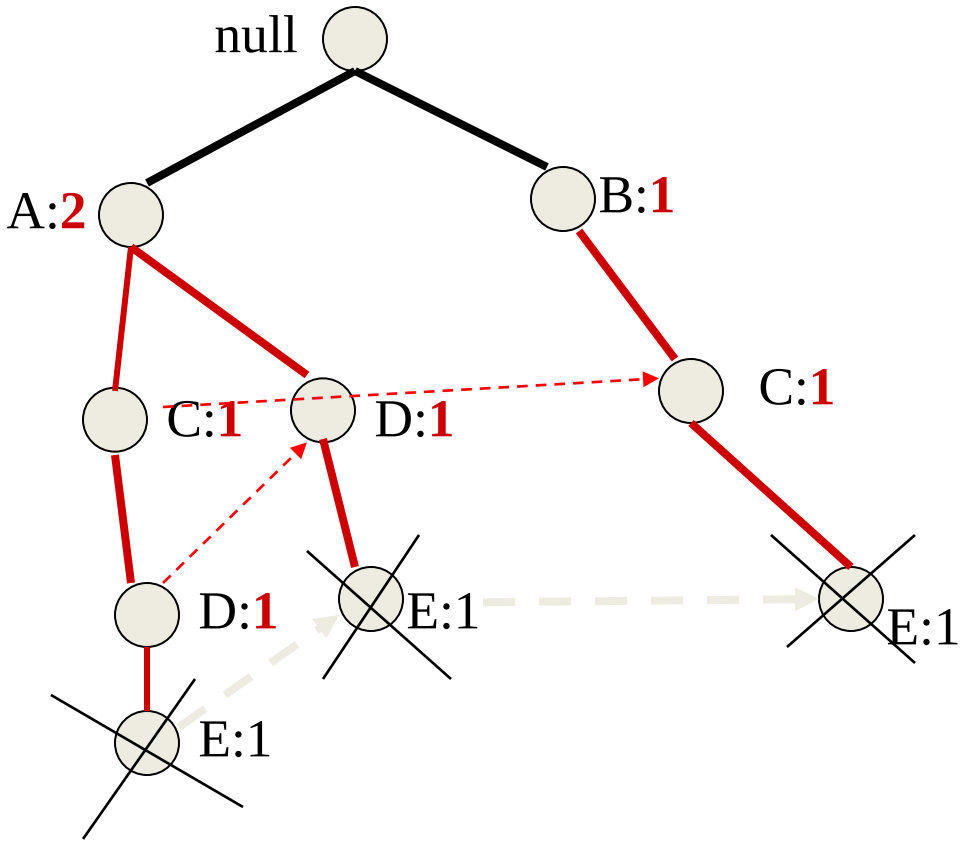
Σβήσε τους κόμβους του E



Αλγόριθμος FP-Growth

Περικοπή (truncate)

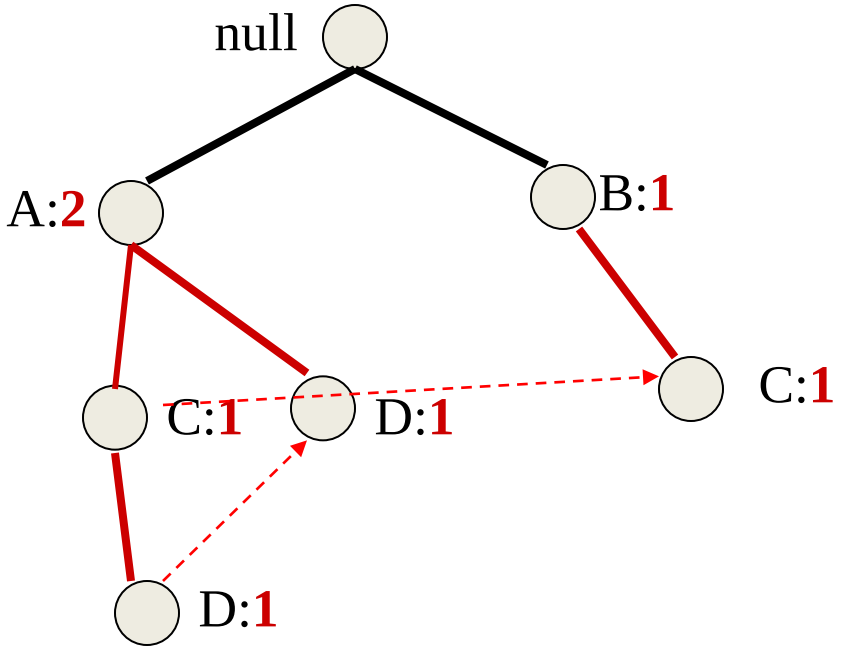
Σβήσε τους κόμβους του E



Αλγόριθμος FP-Growth

Περικοπή (truncate)

Σβήσε τους κόμβους του E



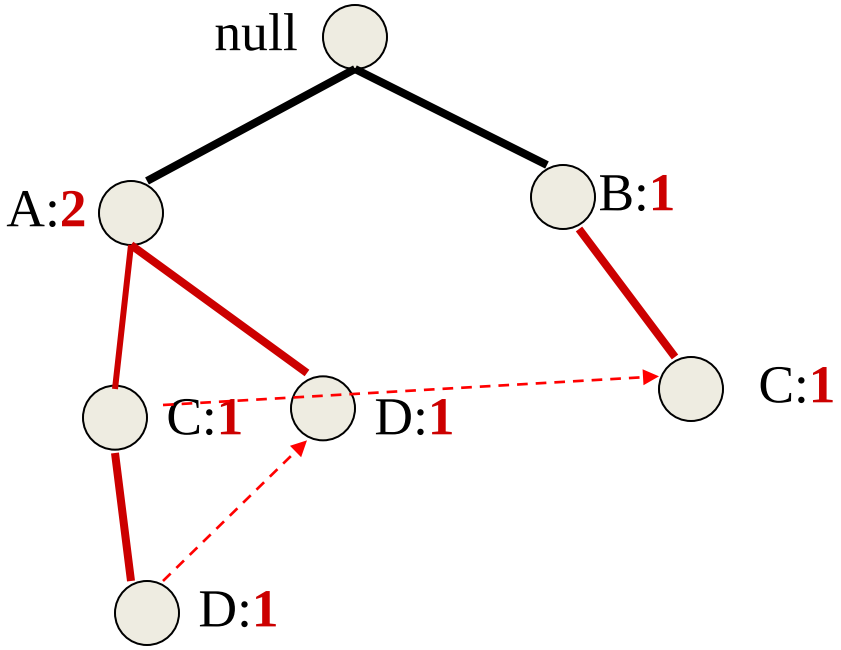
Αλγόριθμος FP-Growth

Πιθανή περαιτέρω περικοπή

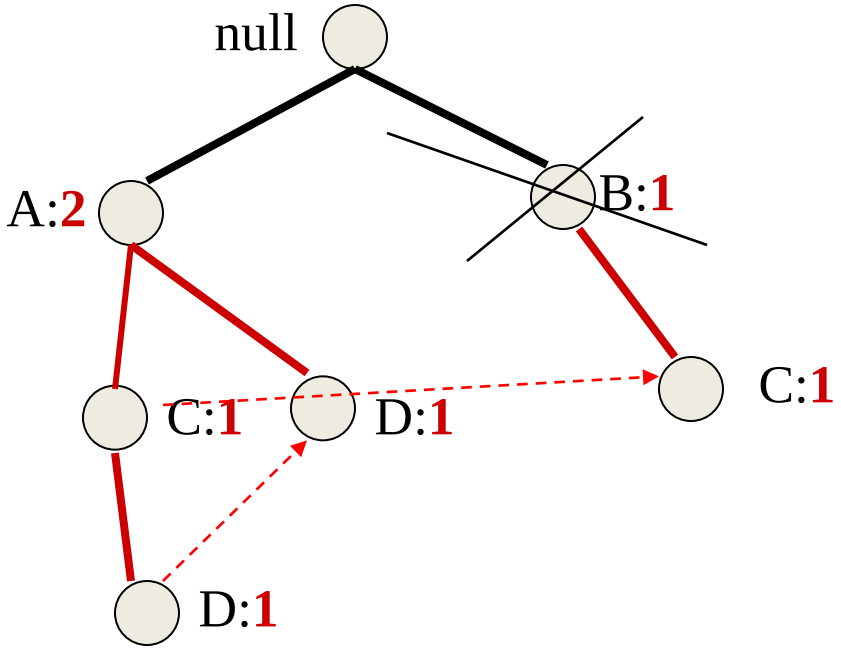
Κάποια στοιχεία μπορεί να έχουν υποστήριξη μικρότερη της ελάχιστης

Πχ το B -> περικοπή

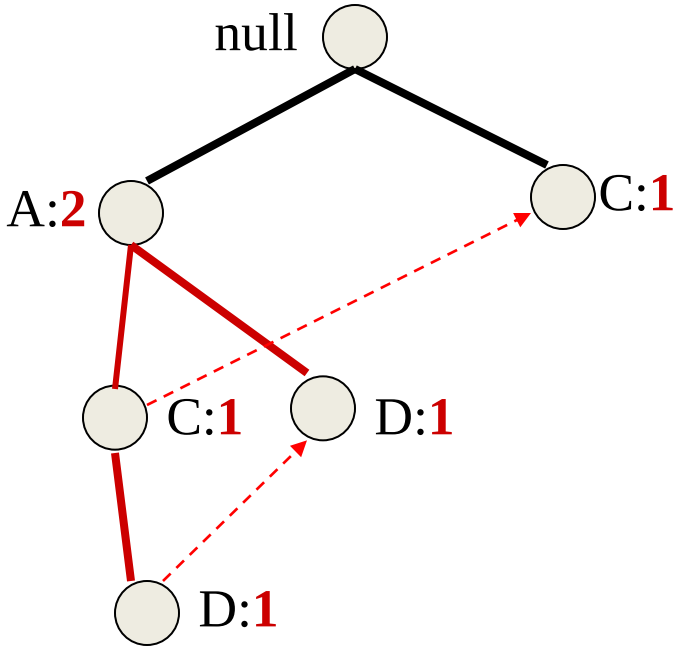
Αυτό σημαίνει ότι το B εμφανίζεται μαζί με το E λιγότερο από minsup φορές



Αλγόριθμος FP-Growth



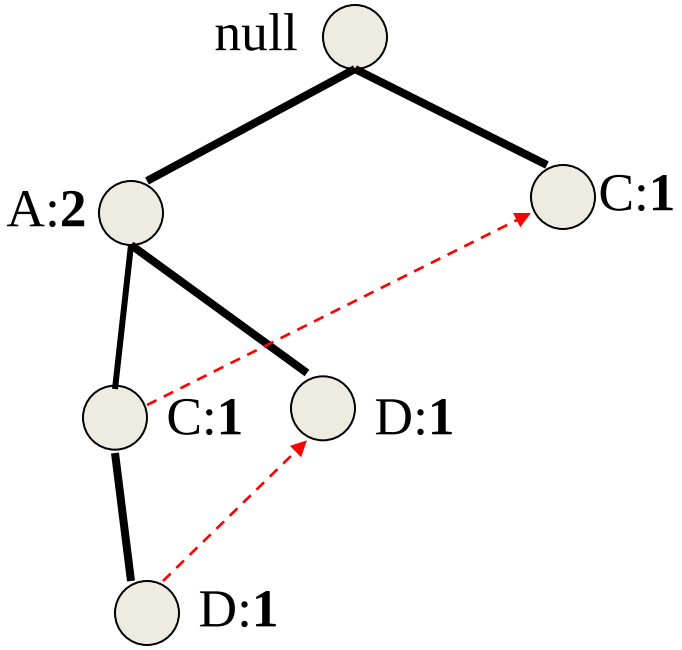
Αλγόριθμος FP-Growth



Αλγόριθμος FP-Growth

Υπο-συνθήκη FP-δέντρο για το E

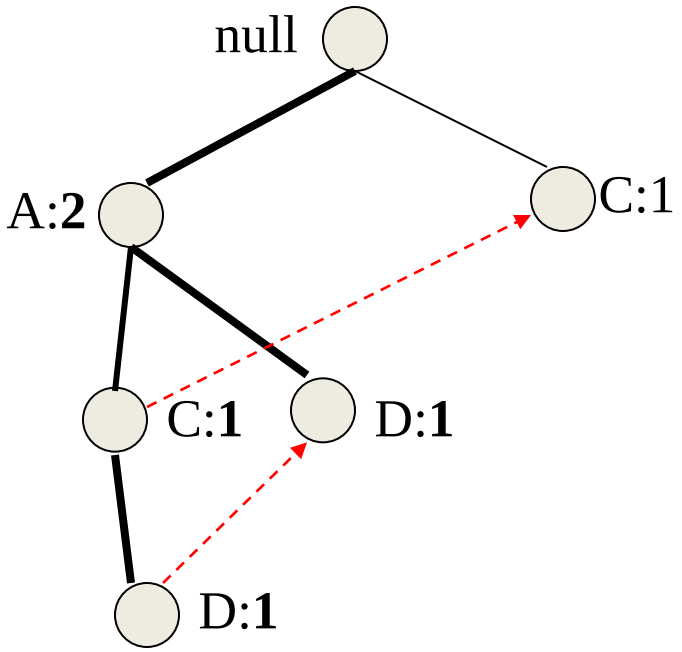
Ο αλγόριθμος επαναλαμβάνεται για το {D, E}, {C, E}, {A, E}



Φάση 1

Όλα τα μονοπάτια που περιέχουν το D (DE)

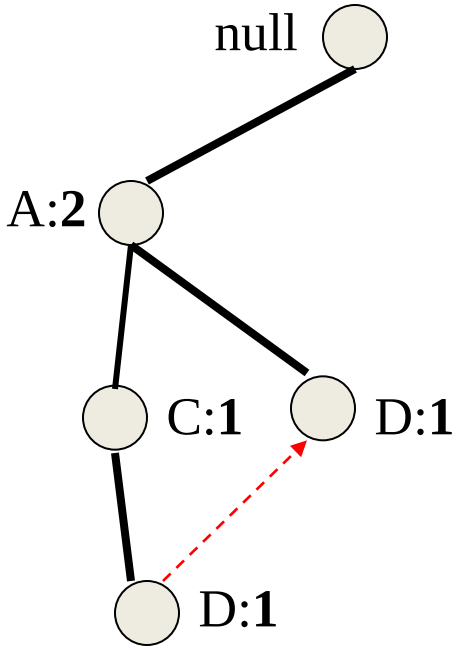
Προθεματικά Μονοπάτια (prefix paths)



Φάση 1

Όλα τα μονοπάτια που περιέχουν το D (DE)

Προθεματικά Μονοπάτια (prefix paths)



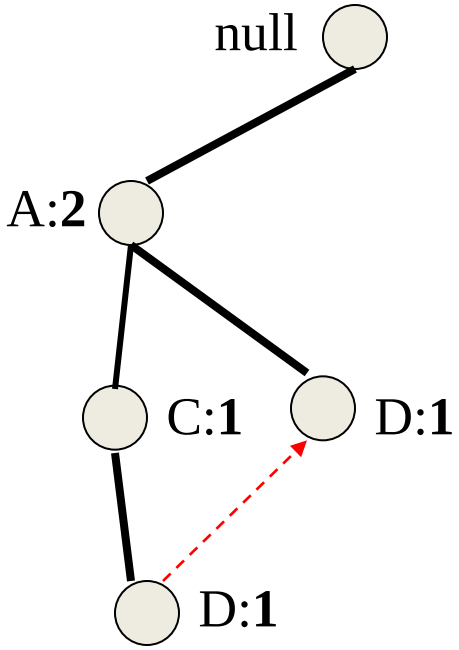
Αλγόριθμος FP-Growth

Βρες την υποστήριξη του {D, E}

Πως;

Ακολούθησε τους συνδέσμους αθροίζοντας 1+1=2≥2

Οπότε {D, E} συχνό



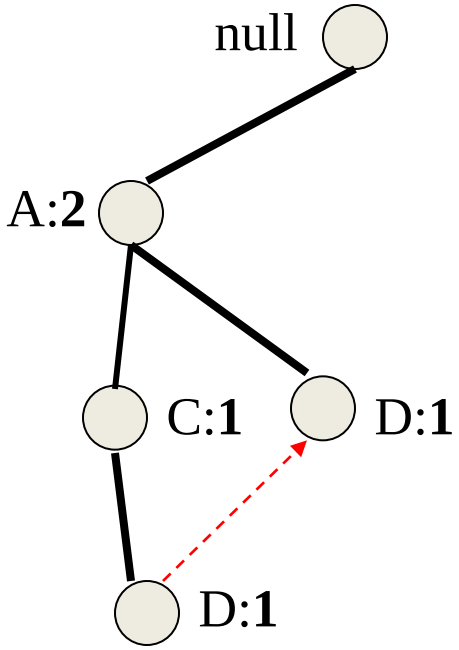
Αλγόριθμος FP-Growth

Φάση 2

Κατασκεύασε το υπο-συνθήκη FP-δέντρο για το {D, E}

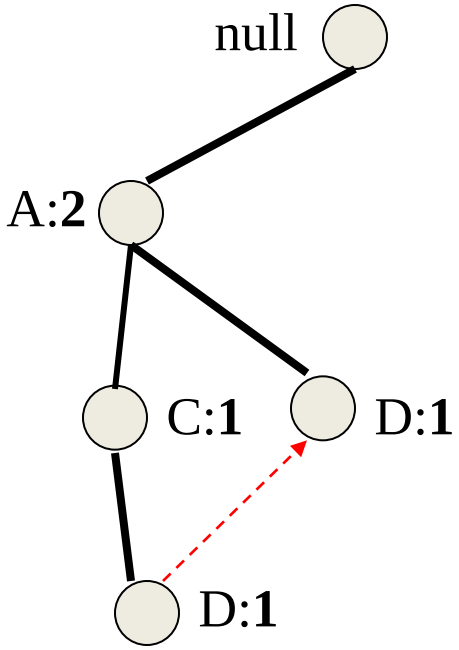
1. Αλλαγή υποστήριξης

2. Περικοπές κόμβων



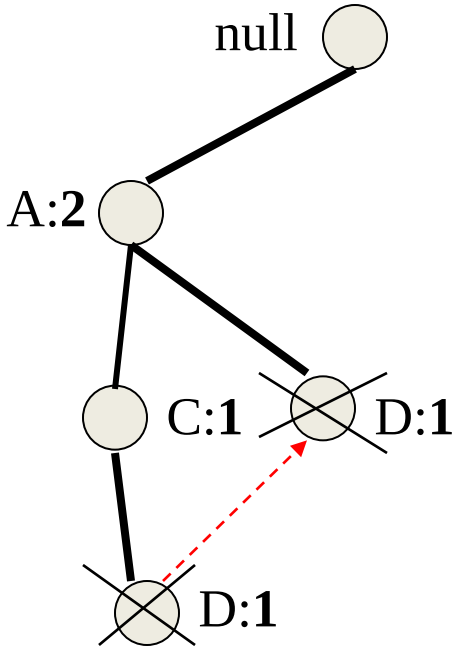
Αλγόριθμος FP-Growth

1. Αλλαγή υποστήριξης



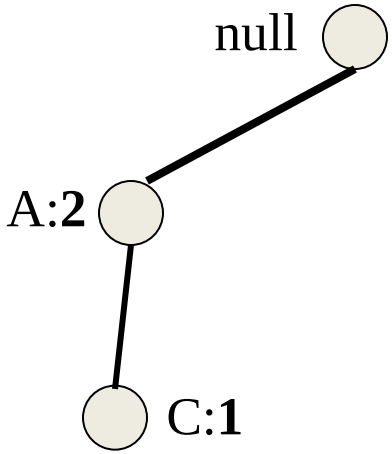
Αλγόριθμος FP-Growth

2. Περικοπές κόμβων



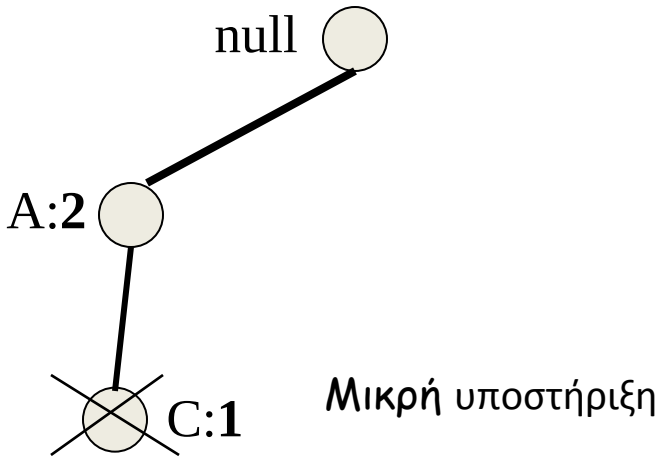
Αλγόριθμος FP-Growth

2. Περικοπές κόμβων



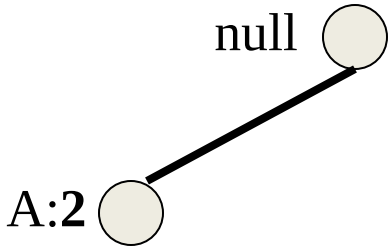
Αλγόριθμος FP-Growth

2. Περικοπές κόμβων



Αλγόριθμος FP-Growth

Τελικό υπο-συνθήκη FP-δέντρο για το {D, E}



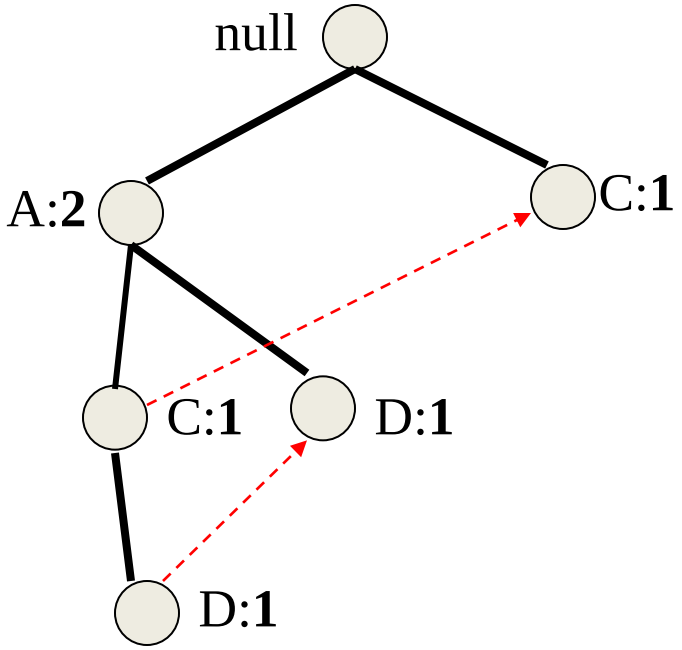
Υποστήριξη του A είναι ≥ minsup -> {A, D, E} συχνό

Αφού μόνο έναν κόμβο, επιστροφή στο επόμενο υποπρόβλημα

Αλγόριθμος FP-Growth

Υπο-συνθήκη FP-δέντρο για το E

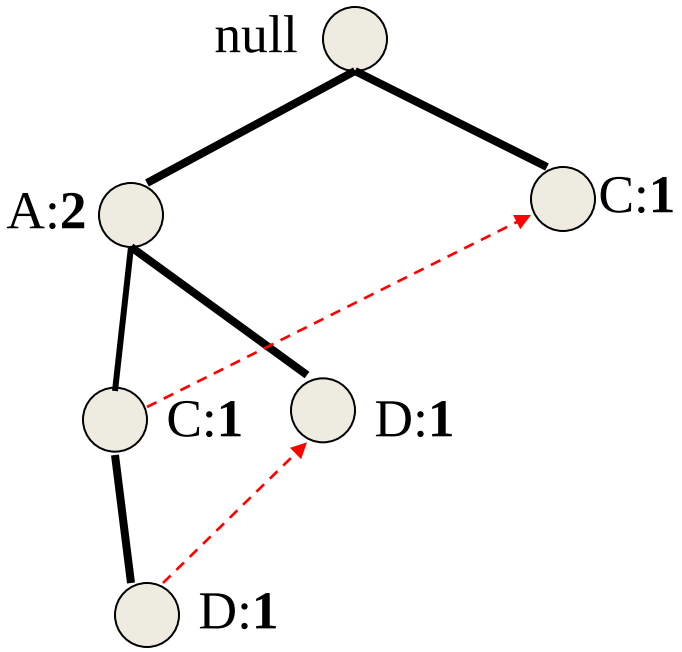
Ο αλγόριθμος επαναλαμβάνεται για το ~~{D, E}~~, **{C, E},** {A, E}



Φάση 1

Όλα τα μονοπάτια που περιέχουν το C (CE)

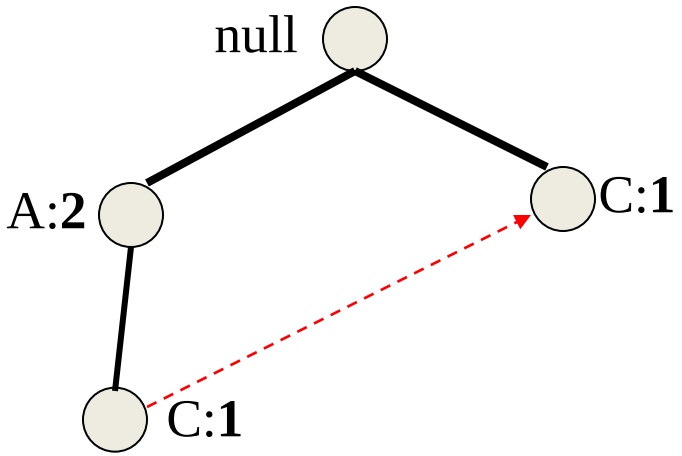
Προθεματικά Μονοπάτια (prefix paths)



Φάση 1

Όλα τα μονοπάτια που περιέχουν το C (CE)

Προθεματικά Μονοπάτια (prefix paths)



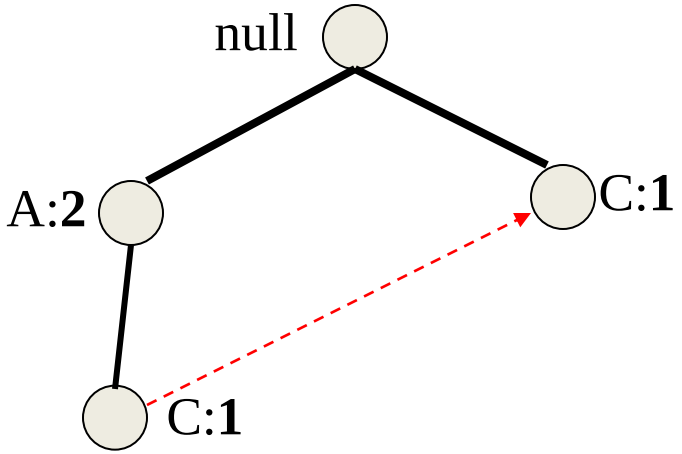
Αλγόριθμος FP-Growth

Βρες την υποστήριξη του {C, E}

Πως;

Ακολούθησε τους συνδέσμους αθροίζοντας 1+1=2≥2

Οπότε {C, E} συχνό

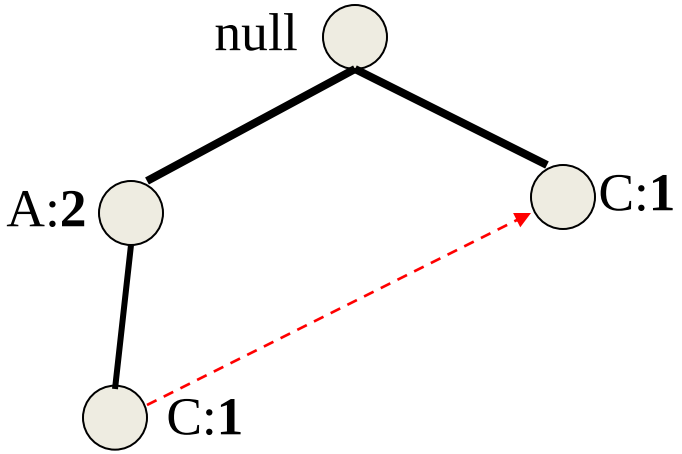


Αλγόριθμος FP-Growth

Κατασκεύασε το υπο-συνθήκη FP-δέντρο για το {C, E}

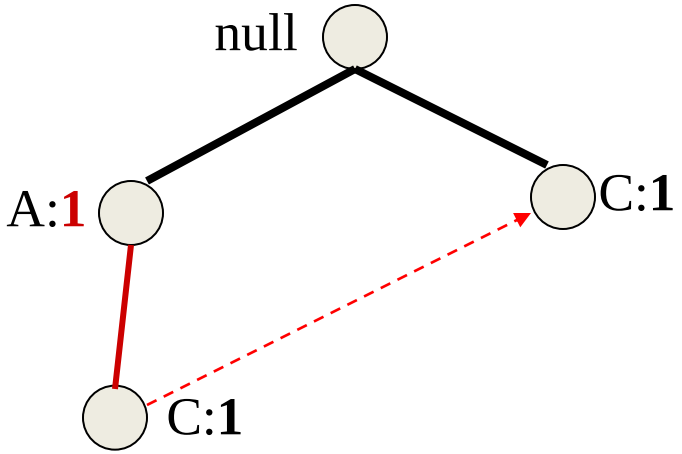
1. Αλλαγή υποστήριξης

2. Περικοπές κόμβων



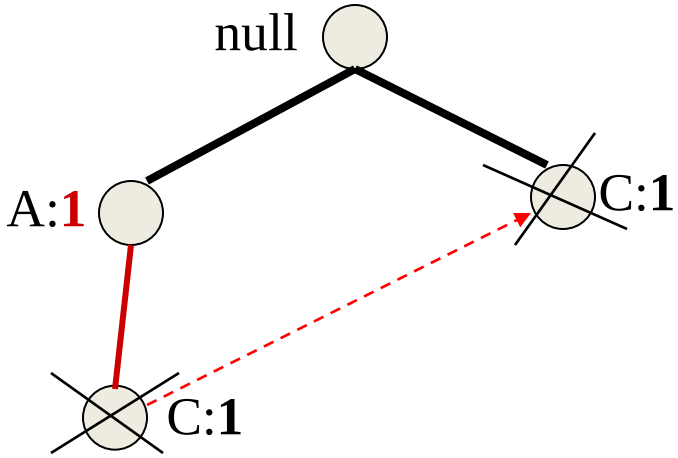
Αλγόριθμος FP-Growth

1. Αλλαγή υποστήριξης



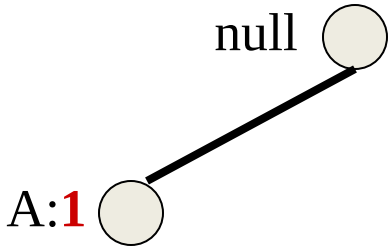
Αλγόριθμος FP-Growth

2. Περικοπή Κόμβων



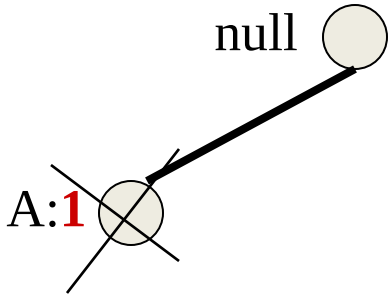
Αλγόριθμος FP-Growth

2. Περικοπή Κόμβων



Αλγόριθμος FP-Growth

2. Περικοπή Κόμβων



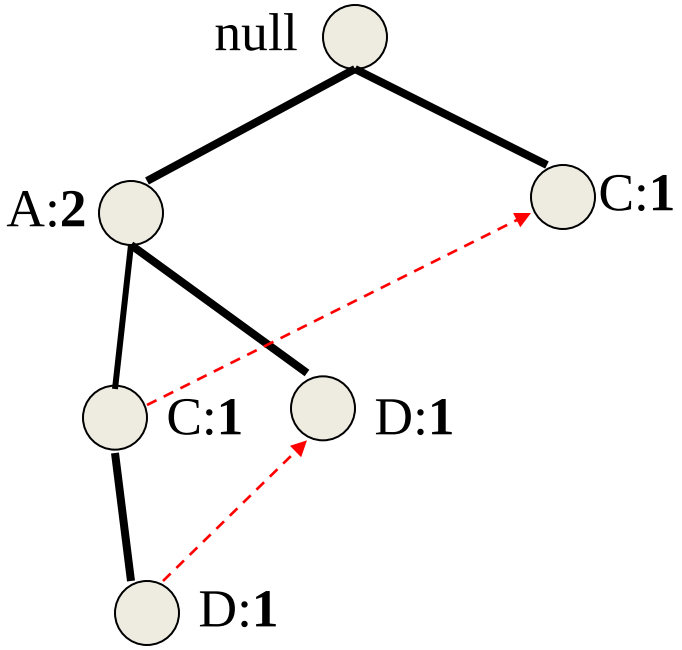
2. Περικοπή Κόμβων

Άρα, επιστροφή στο επόμενο υποπρόβλημα

Αλγόριθμος FP-Growth

Υπο-συνθήκη FP-δέντρο για το E

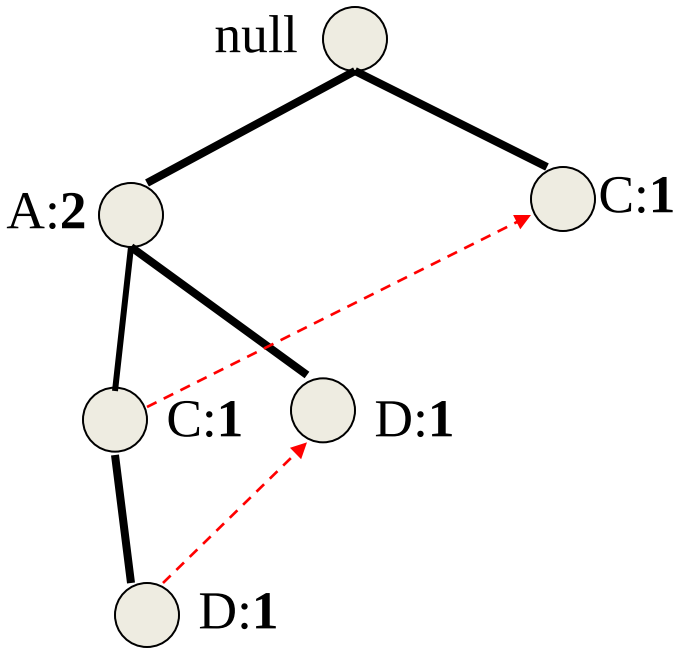
Ο αλγόριθμος επαναλαμβάνεται για το ~~{D, E}~~, ~~{C, E}~~, **{A, E}**



Φάση 1

Όλα τα μονοπάτια που περιέχουν το A (AE)

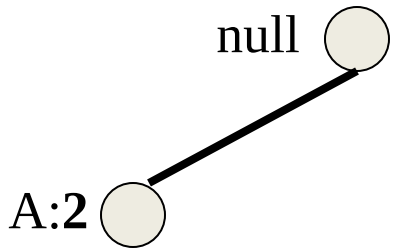
Προθεματικά Μονοπάτια (prefix paths)



Φάση 1

Όλα τα μονοπάτια που περιέχουν το A (AE)

Προθεματικά Μονοπάτια (prefix paths)

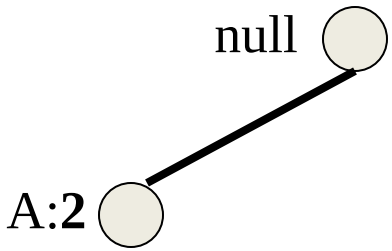


Αλγόριθμος FP-Growth

Βρες την υποστήριξη του {A, E}

Οπότε {A, E} συχνό

Δε χρειάζεται να φτιάξουμε υπο-συνθήκη FP-δέντρο για το {A, E}



Άρα για το E

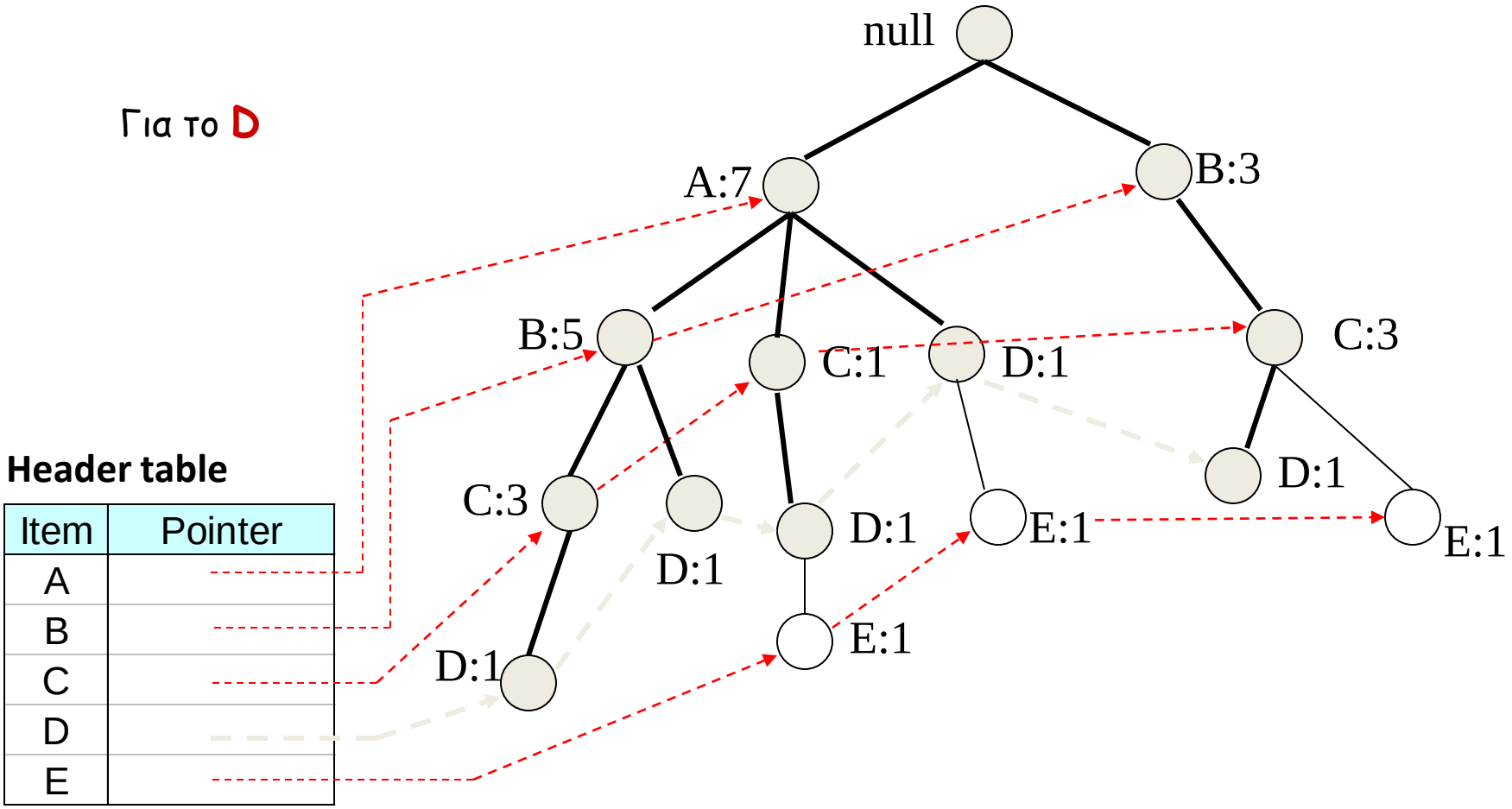
Έχουμε τα εξής συχνά στοιχειοσύνολα

{E} {D, E} {A, D, E} {C, E} {A, E}

Συνεχίζουμε για το D

Αλγόριθμος FP-Growth

Για το **D**



Header table

Item	Pointer
A	
B	
C	
D	
E	

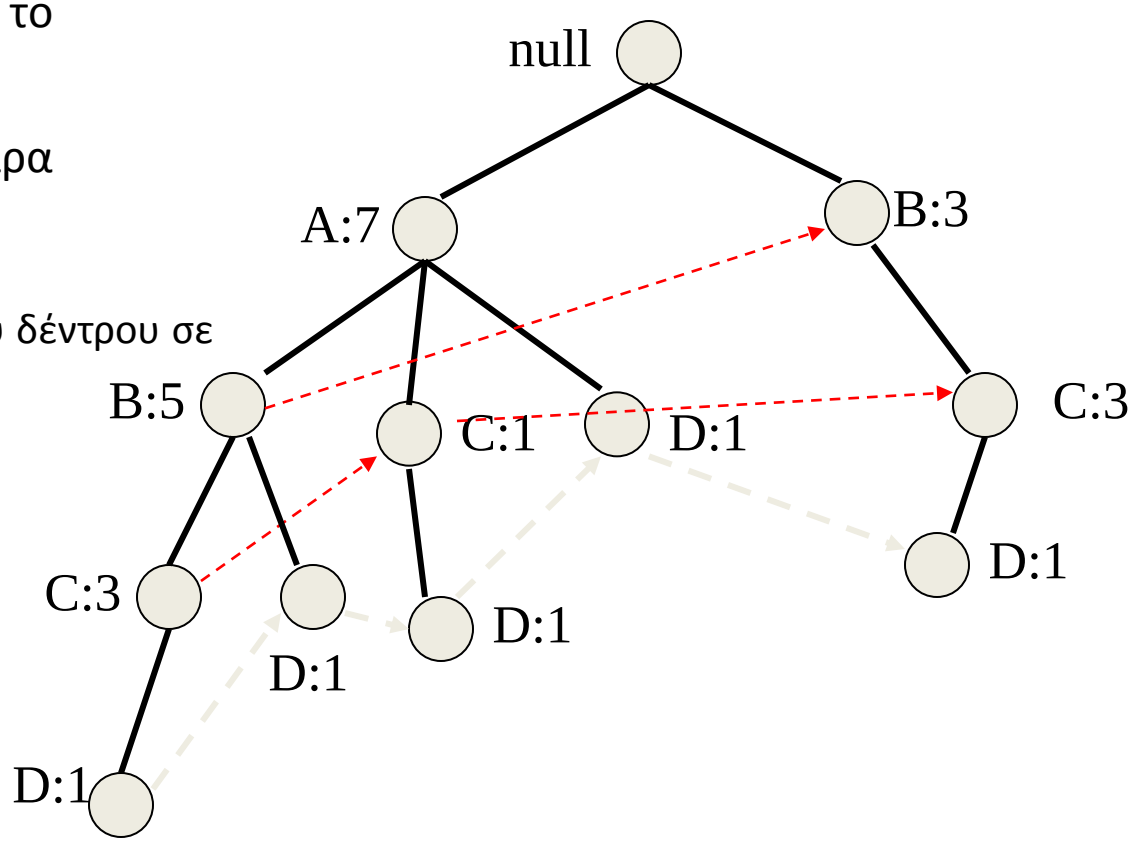
Αλγόριθμος FP-Growth

Φάση 1

Όλα τα προθεματικά μονοπάτια που περιέχουν το D

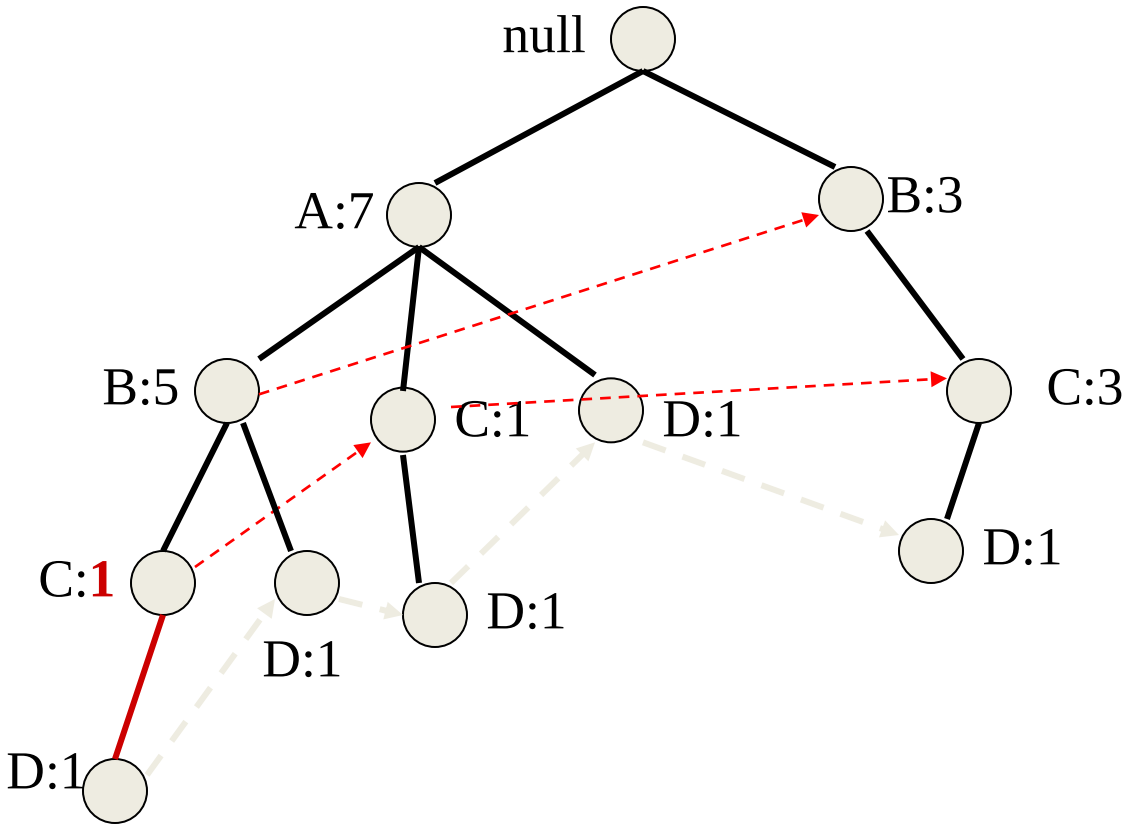
Υποστήριξη 5>2 -> άρα συχνό

Μετατροπή του προθεματικού δέντρου σε FP-δέντρο υπό συνθήκη



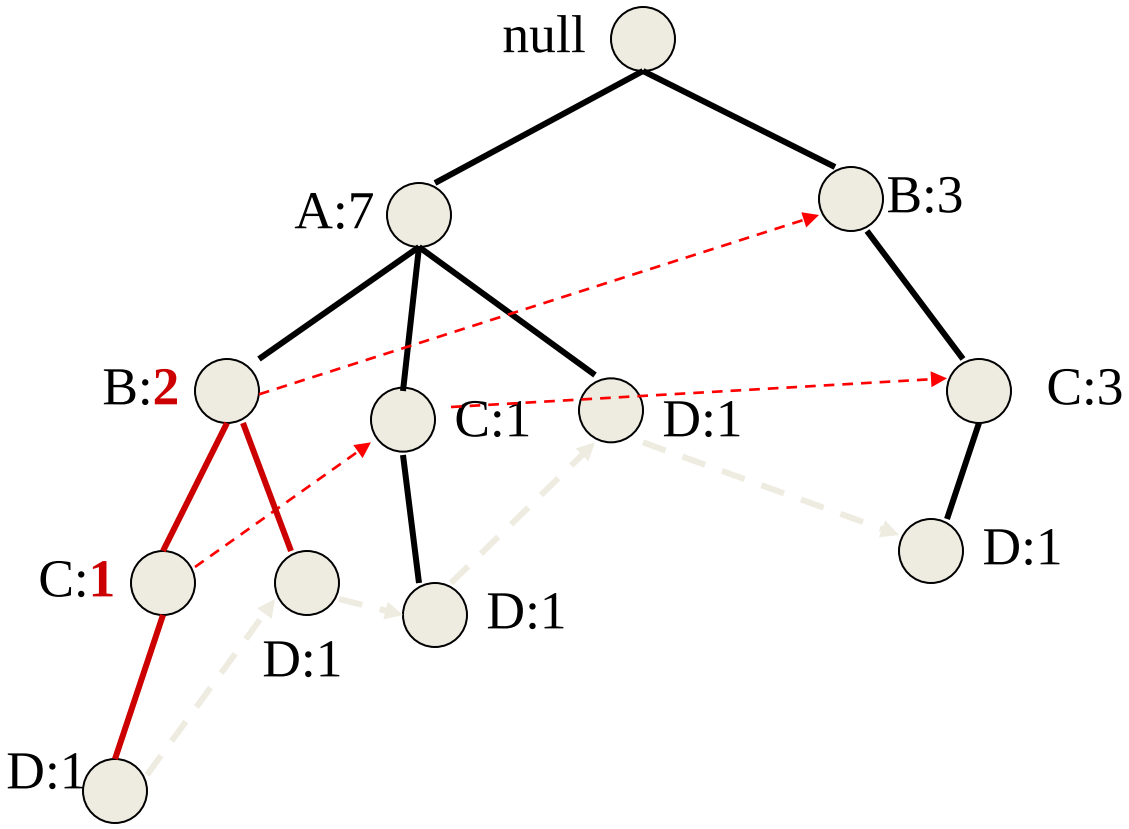
Αλγόριθμος FP-Growth

1. Αλλαγή υποστήριξης



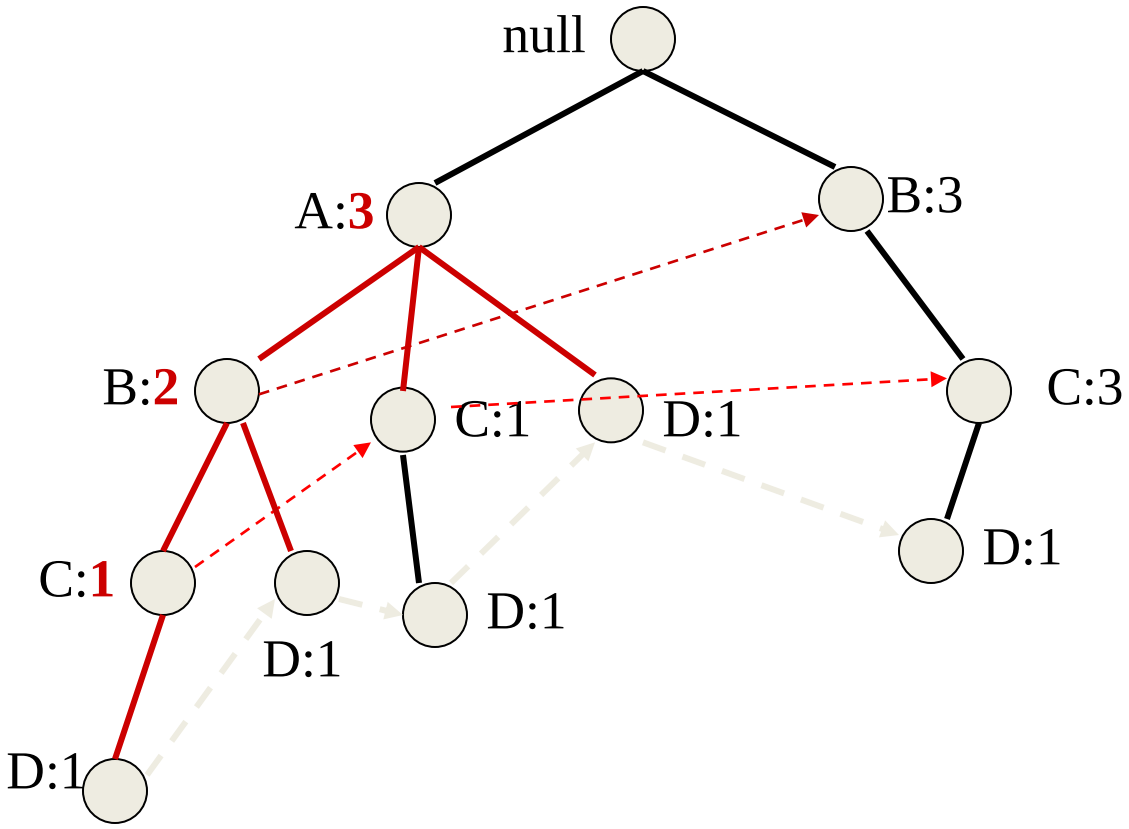
Αλγόριθμος FP-Growth

1. Αλλαγή υποστήριξης



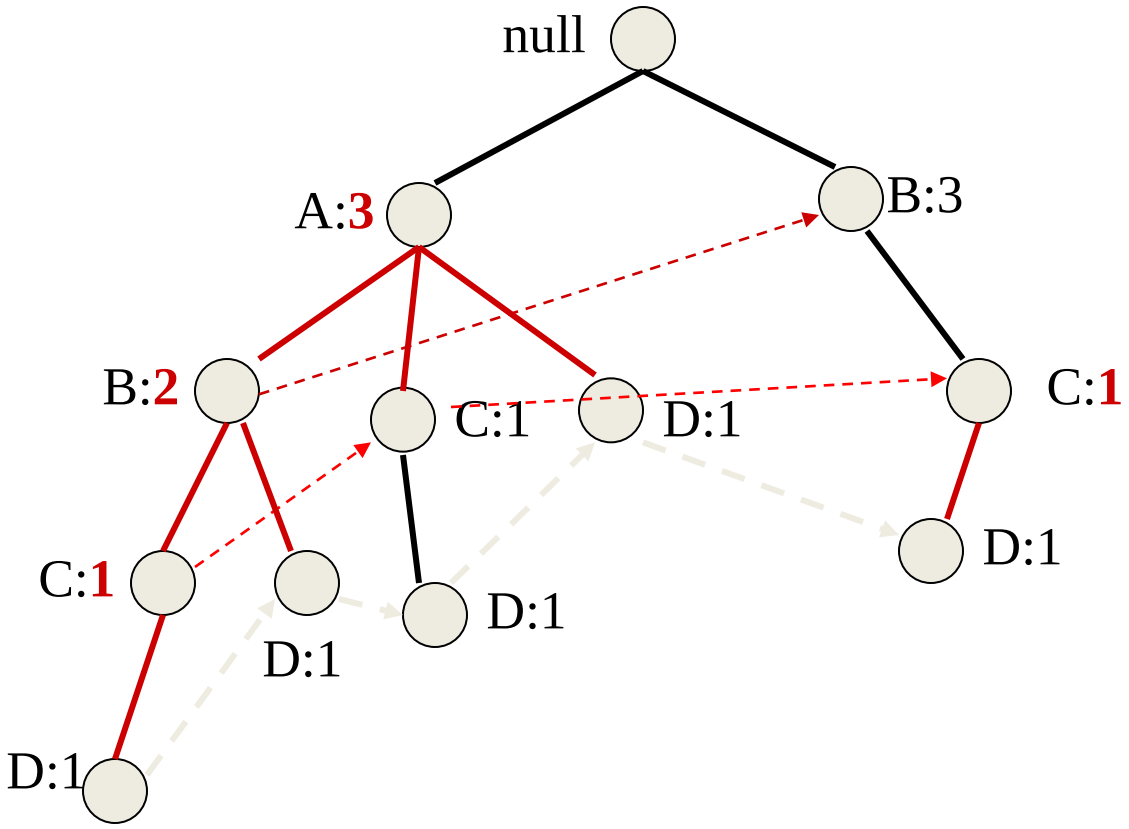
Αλγόριθμος FP-Growth

1. Αλλαγή υποστήριξης



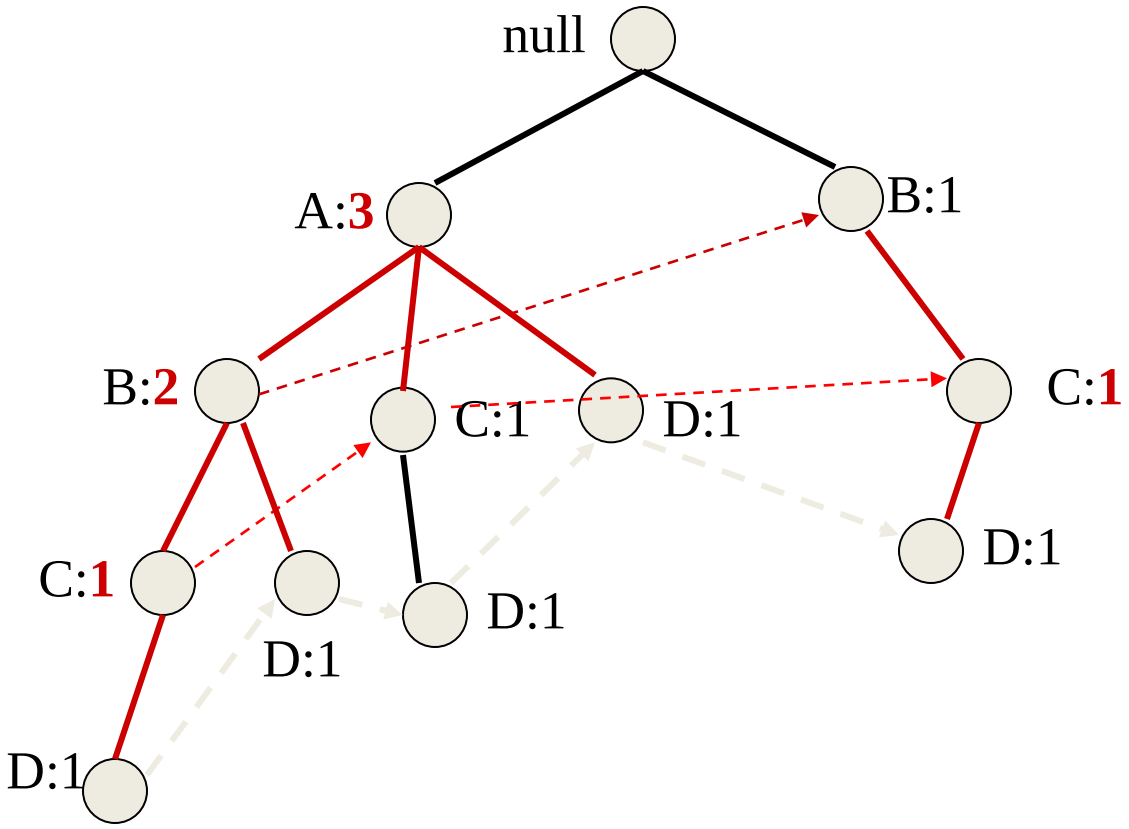
Αλγόριθμος FP-Growth

1. Αλλαγή υποστήριξης



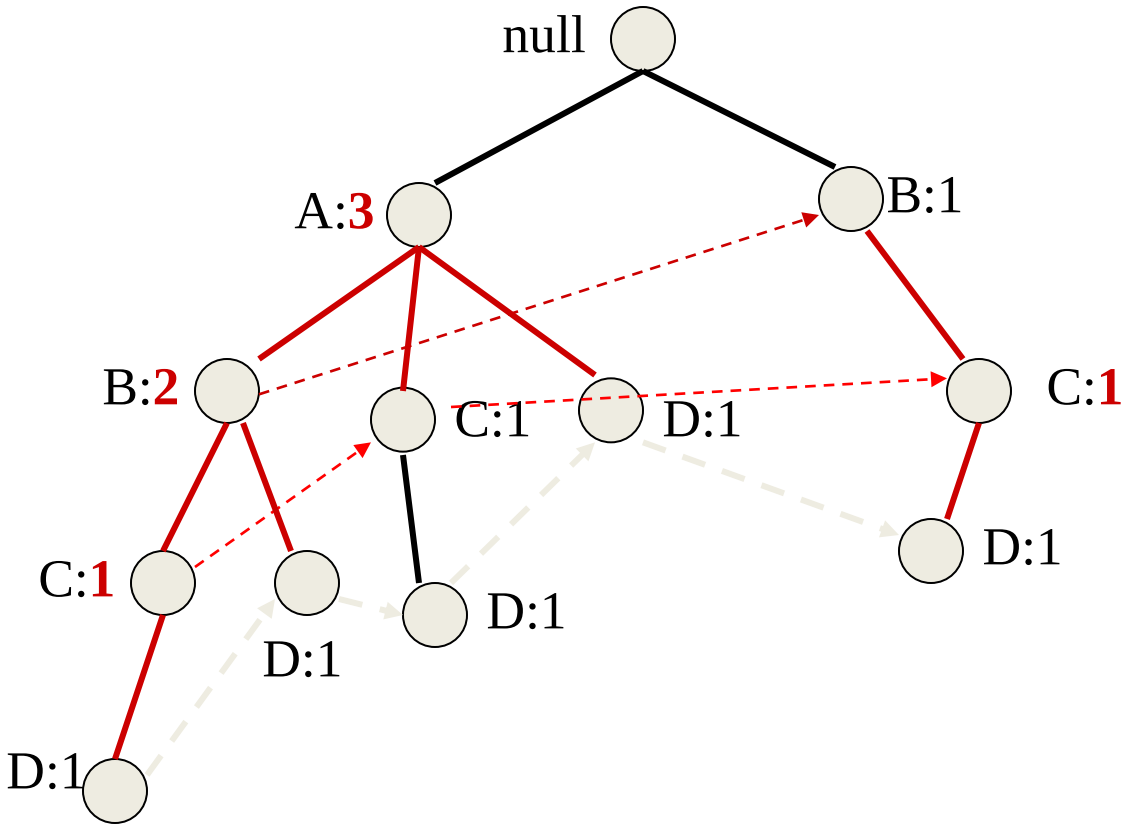
Αλγόριθμος FP-Growth

1. Αλλαγή υποστήριξης

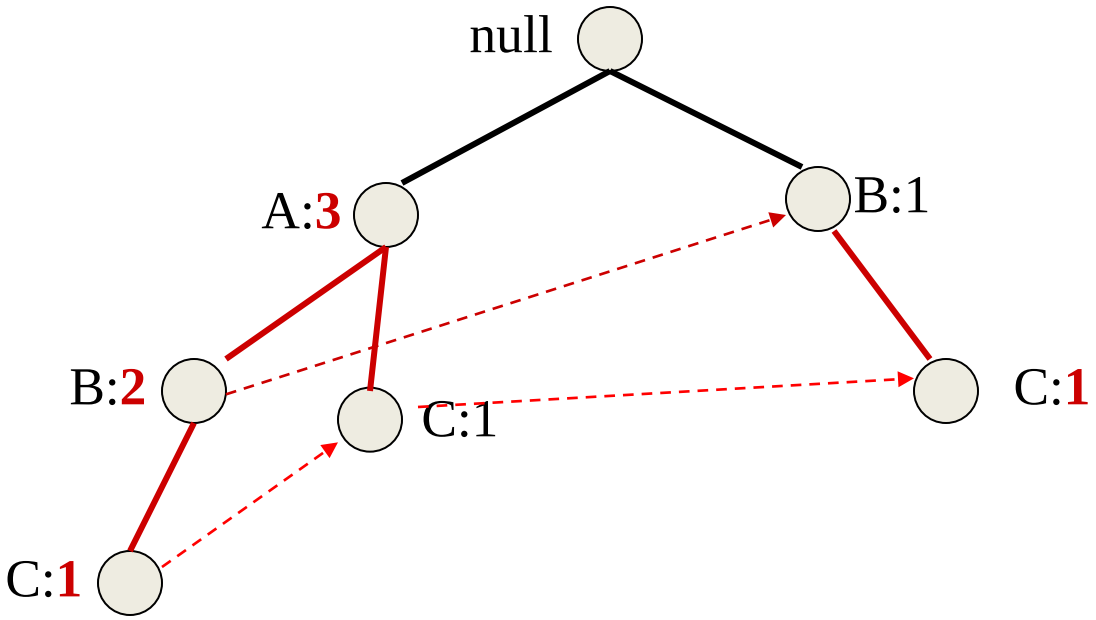


Αλγόριθμος FP-Growth

2. Περικοπή Κόμβων



2. Περικοπή Κόμβων

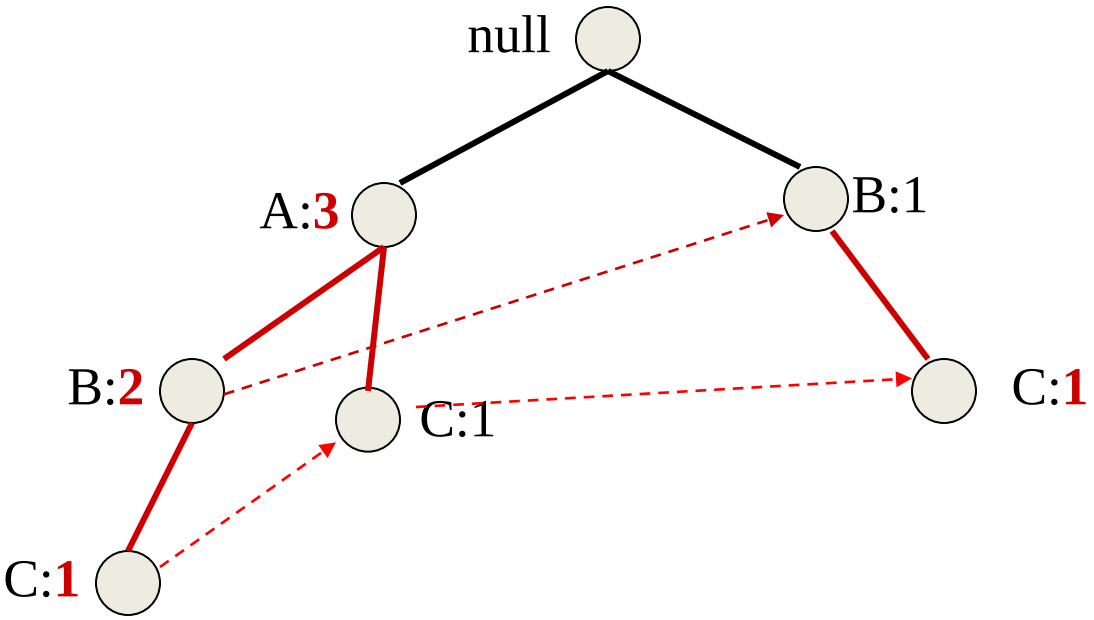


Αλγόριθμος FP-Growth

Προθεματικά δέντρα και υποσυνθήκη δέντρα

Για τα AD, BD και CD

κοκ



Παρατηρήσεις

- Παράδειγμα τεχνικής διαίρει-και-βασίλευε

Σε κάθε αναδρομικό βήμα, λύνεται και ένα υπο-πρόβλημα:

- Κατασκευάζεται το προθεματικό δέντρο
- Υπολογίζεται η νέα υποστήριξη για τους κόμβους του
- Περικόβονται οι κόμβοι με μικρή υποστήριξη

Επειδή τα υποπροβλήματα είναι ξένα μεταξύ τους, δεν δημιουργούνται τα ίδια συχνά στοιχειοσύνολα δυο φορές

- Ο υπολογισμός της υποστήριξης είναι αποδοτικός – γίνεται ταυτόχρονα με τη δημιουργία των συχνών στοιχειοσυνόλων

Παρατηρήσεις

Η απόδοση του FP-Growth εξαρτάται από τον παράγοντα συμπίεσης του συνόλου των δεδομένων (compaction factor)

Αν τα τελικά δέντρα είναι «θαμνώδη» (bushy) τότε δε δουλεύει καλά, αυξάνεται ο αριθμός των υποπροβλημάτων (οι αναδρομικές κλήσεις)