



CANTHO UNIVERSITY

## CHƯƠNG 4

# CẤU TRÚC DỮ LIỆU VÀ THUẬT TOÁN LƯU TRỮ NGOÀI

Bộ môn CÔNG NGHỆ PHẦN MỀM  
Khoa Công nghệ thông tin và Truyền thông  
Đại học Cần Thơ

*Võ Huỳnh Trâm*



## NỘI DUNG

- Mô hình và đánh giá các xử lý ngoài.
- *Sắp xếp ngoài.*
- Lưu trữ thông tin trong tập tin:
  - Tập tin tuần tự
  - Tập tin bảng băm
  - Tập tin chỉ mục
  - **Tập tin B-cây**



## Tại sao phải xử lý ngoài ?

- Trong các thuật toán đề cập trước đây, ta đã giả sử rằng số lượng dữ liệu đầu vào khá nhỏ có thể chứa hết ở *bộ nhớ trong* (main memory).
- **Vấn đề:** Đối với bài toán có số lượng dữ liệu vượt quá khả năng lưu trữ của bộ nhớ trong. Chẳng hạn: xử lý *phiếu điều tra dân số toàn quốc* hay *thông tin về quản lý đất đai cả nước* ?  $\Rightarrow$  Dùng **bộ nhớ ngoài** để lưu trữ và xử lý.
- Các thiết bị lưu trữ ngoài như *băng từ, đĩa từ* đều có khả năng lưu trữ lớn nhưng đặc điểm truy nhập hoàn toàn khác với bộ nhớ trong  
 $\rightarrow$  Cần tìm **cấu trúc dữ liệu** và **thuật toán** thích hợp xử lý dữ liệu lưu trữ trên *bộ nhớ ngoài* ?



# BỘ NHỚ NGOÀI



**Đĩa mềm**



**SDD**



**Ổ cứng**



**USB**

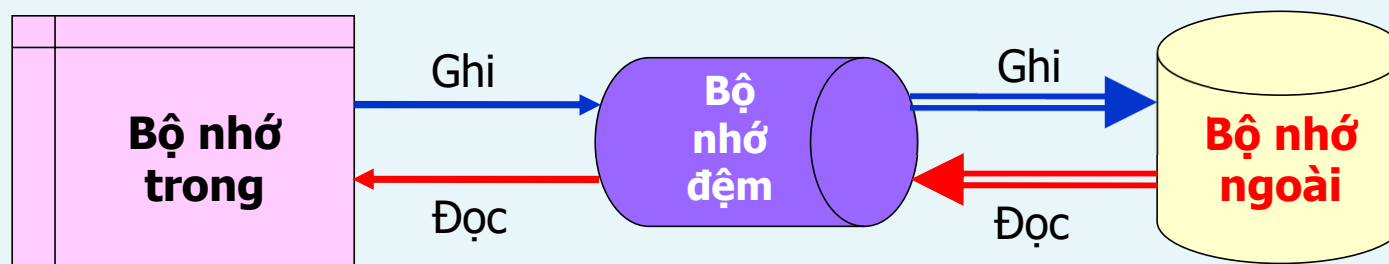


**CD**



## Mô hình xử lý ngoài

- Hệ điều hành chia *bộ nhớ ngoài* thành các **khối (block)** có kích thước bằng nhau, kích thước này thay đổi tùy thuộc vào hệ điều hành (khoảng từ 512 bytes đến 4096 bytes.)
- Có thể xem một *tập tin* bao gồm nhiều *mẫu tin* được lưu trong các **khối**.
- Mỗi khối lưu một số nguyên vẹn các *mẫu tin*.
- **Kiểu dữ liệu tập tin** thích hợp nhất cho việc biểu diễn dữ liệu lưu trong bộ nhớ ngoài.



Mỗi lần truy xuất **1 mẫu tin**

Mỗi lần truy xuất **1 khối**



## Đánh giá các thuật toán xử lý ngoài

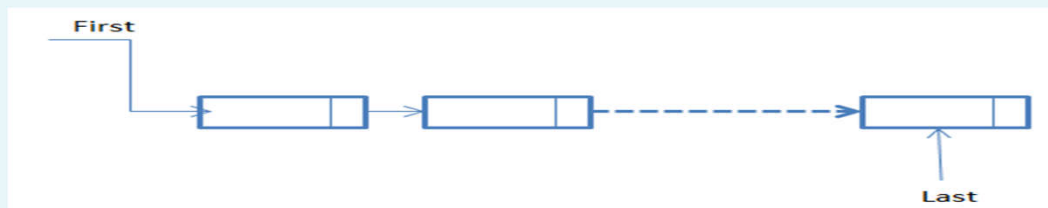
- Đối với bộ nhớ ngoài, thời gian tìm đọc khối vào bộ nhớ trong là **rất lớn** so với thời gian thao tác trên dữ liệu trong khối đó → Chúng ta tập trung vào việc xét *số lần đọc khối* vào bộ nhớ trong và *số lần ghi khối* ra bộ nhớ ngoài, hay phép **truy xuất khối** (block access).
- Nếu số lần truy xuất khối ít thì thuật toán có hiệu quả.
- Để cải tiến thuật toán, không thể tìm cách tăng kích thước khối (vì kích thước các khối là cố định) mà phải tìm cách giảm số lần truy xuất khối.



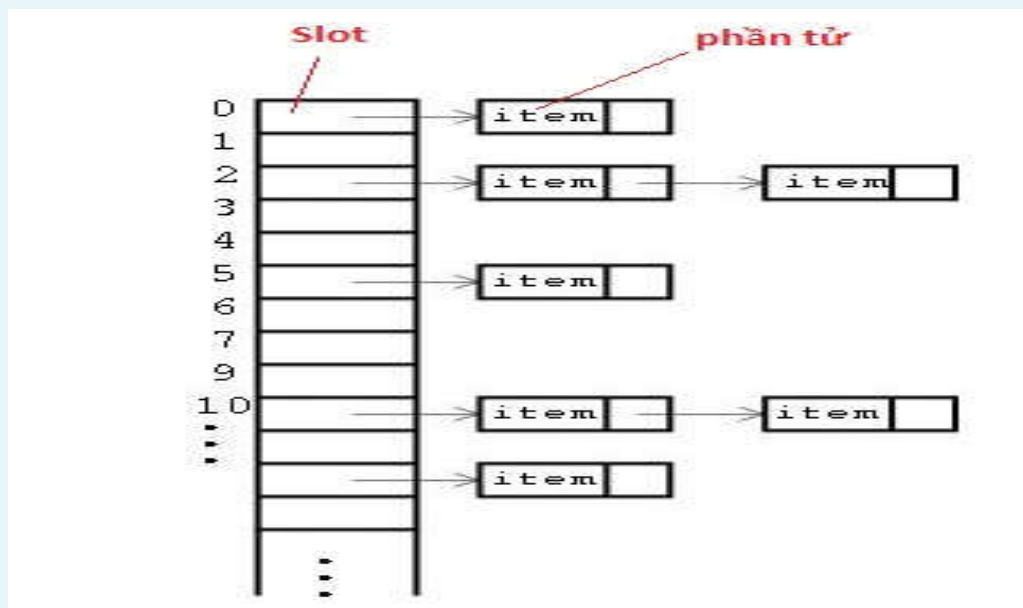
CANTHO UNIVERSITY

# CÁC HÌNH THỨC TỔ CHỨC TẬP TIN

– Tập tin **tuần tự**  
(*Sequential File*)



– Tập tin **bảng băm**  
(*Hash File*)

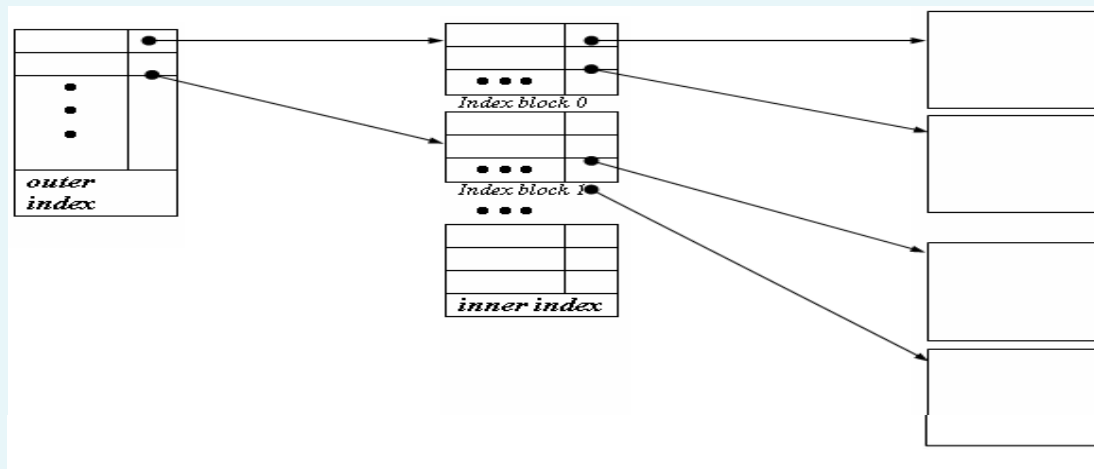




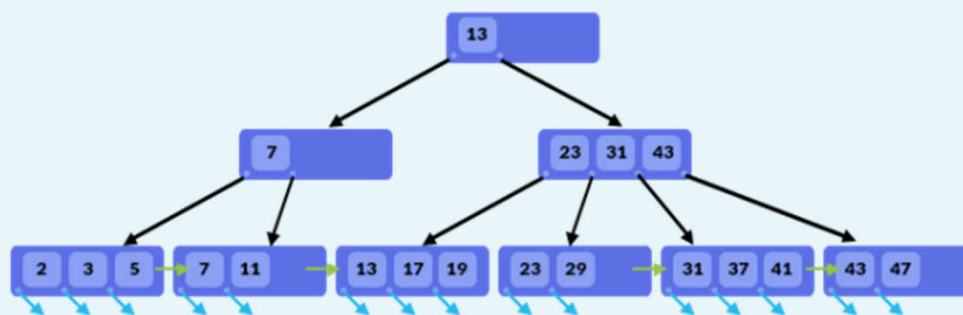
CANTHO UNIVERSITY

# CÁC HÌNH THỨC TỔ CHỨC TẬP TIN

– Tập tin **chỉ mục**  
(*Index File*)



– Tập tin **B-cây**  
(*B-tree*)







## Cây tìm kiếm m-phân (M-ary tree): Tổ chức

- Cây tìm kiếm m-phân (m-ary tree) / Cây tìm kiếm đa phân là sự tổng quát hoá của *cây tìm kiếm nhị phân* trong đó mỗi nút có thể có m nút con.
- Giả sử  $n_1$  và  $n_2$  là hai con của một nút nào đó,  $n_1$  **bên trái**  $n_2$  thì tất cả các *con của  $n_1$*  có giá trị  $<$  giá trị của các nút con của  $n_2$ .



CANTHO UNIVERSITY

## B – TREE : KHÁI NIỆM

Cây nhị phân



Cây tìm kiếm  
nhị phân



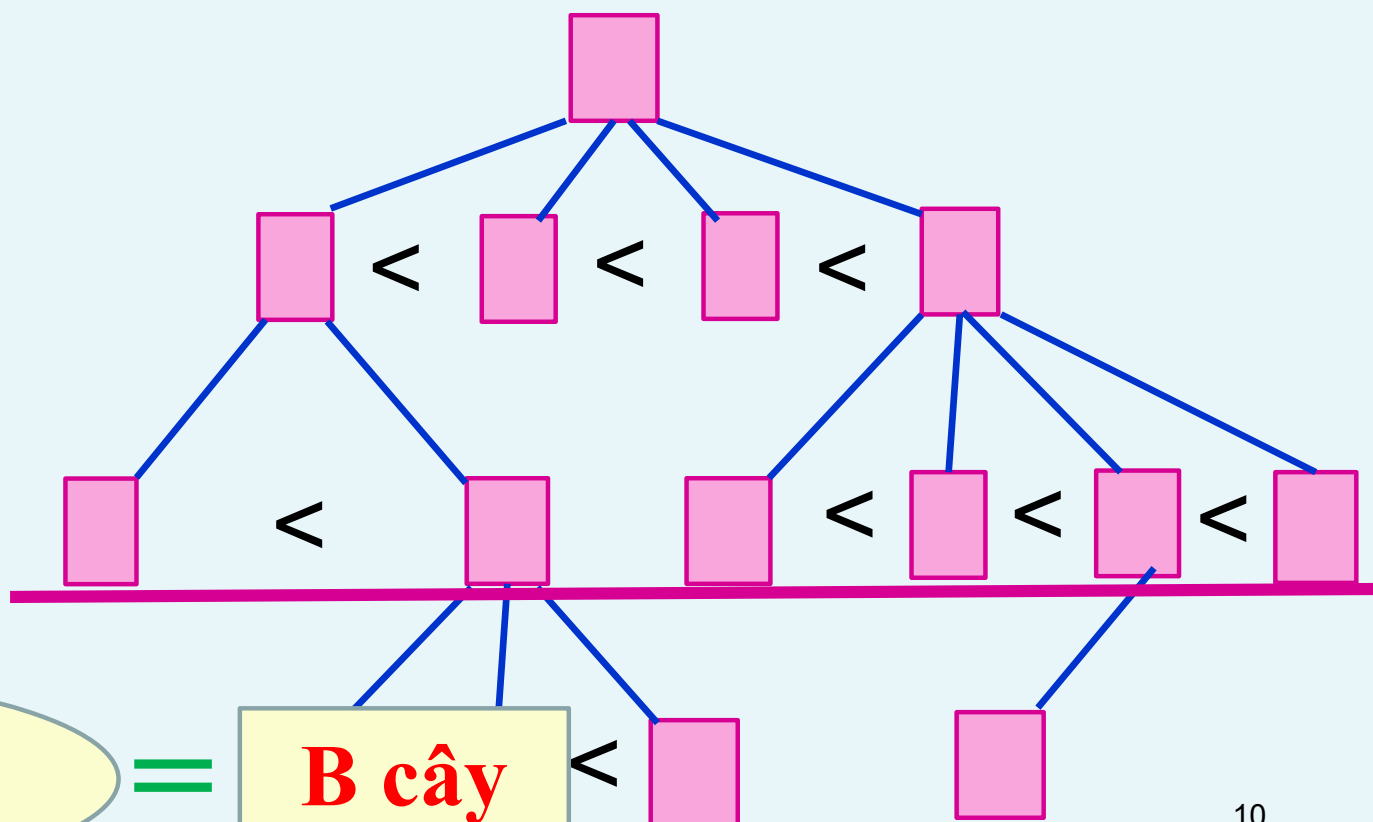
Cây tìm kiếm  
đa phân



Cây tìm kiếm  
đa phân cân bằng

=

**B cây**





## B – cây (B – trees): ĐỊNH NGHĨA

- **B-cây bậc m** là **Cây tìm kiếm m-phân cân bằng** có các tính chất sau:
  - ✓ (1) Nút gốc hoặc là *lá* hoặc có ít nhất 2 *nút con*
  - ✓ (2) Mỗi nút, trừ nút gốc và nút lá, có từ  $\lceil m/2 \rceil$  đến m *nút con*
  - ✓ (3) Các đường đi từ gốc tới lá có cùng độ dài
  - ✓ (4) Các khóa và cây con sắp xếp theo cây tìm kiếm

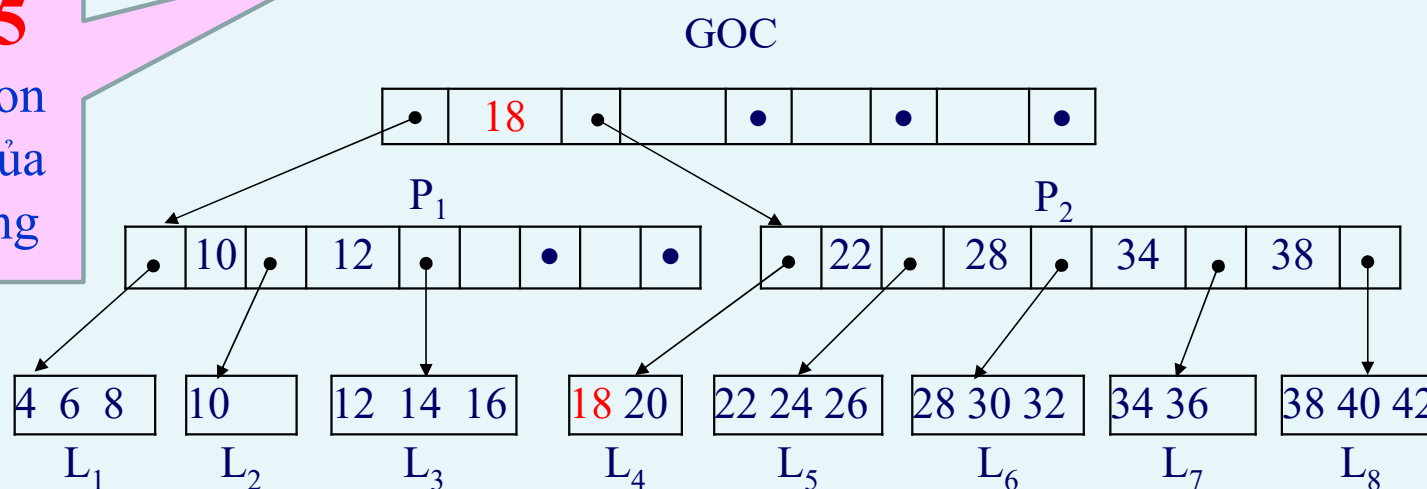


## Tập tin B – cây: Ví dụ

Ví dụ: Tập tin 20 mẫu tin với giá trị khóa là số nguyên được tổ chức thành **B-cây bậc 5**, nút lá chứa được nhiều nhất **3 mẫu tin**.

**m = 5**

m: số con  
tối đa của  
nút trong



**b = 3**

b: số mẫu  
tin tối đa  
trong nút lá

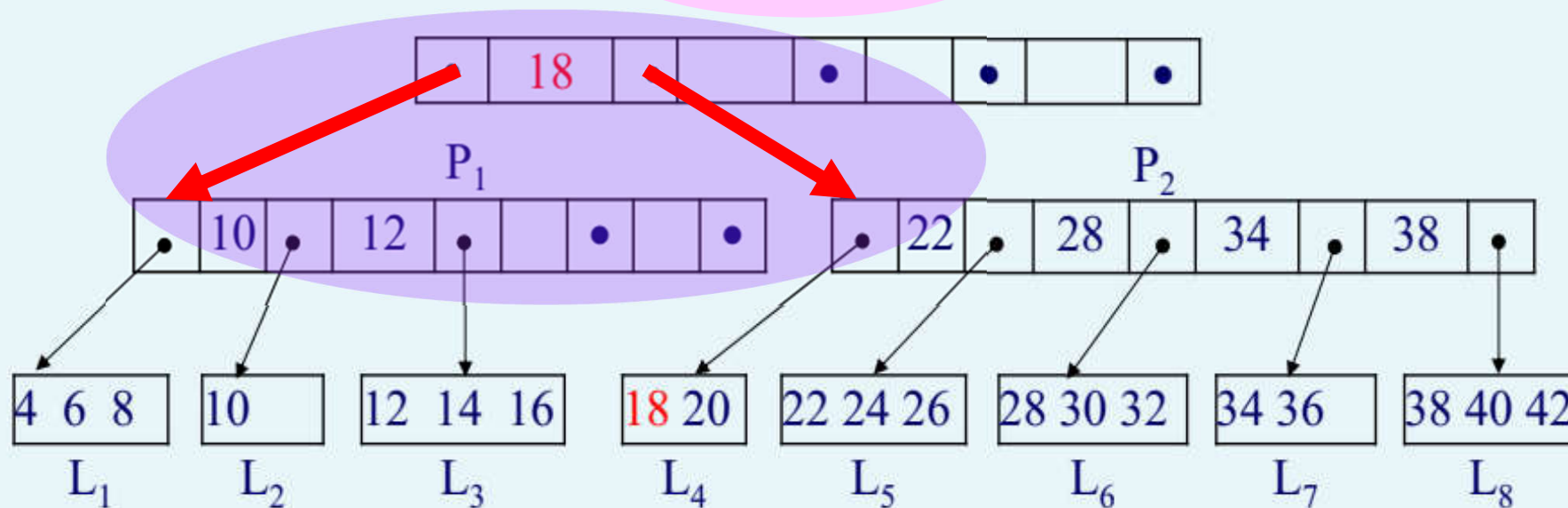


## Tập tin B – cây: Tính chất

(1) Nút gốc hoặc là *lá* hoặc có ít nhất 2 *nút con*

Nút gốc

$m = 5, b = 3$



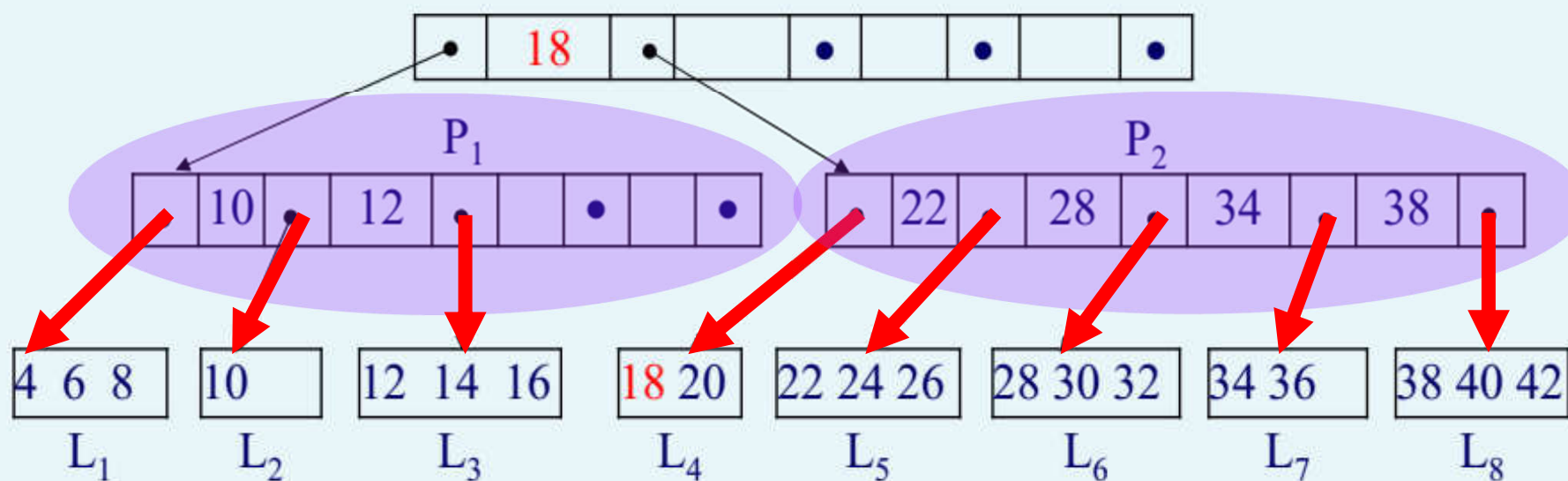


## Tập tin B – cây: Tính chất

(2) Mỗi **nút**, trừ nút gốc và nút lá, có  $\lceil m/2 \rceil \rightarrow m$  nút con

Nút trong

GOC  $m = 5 \Rightarrow \lceil m/2 \rceil = \lceil 5/2 \rceil = 3 \rightarrow 5$  con





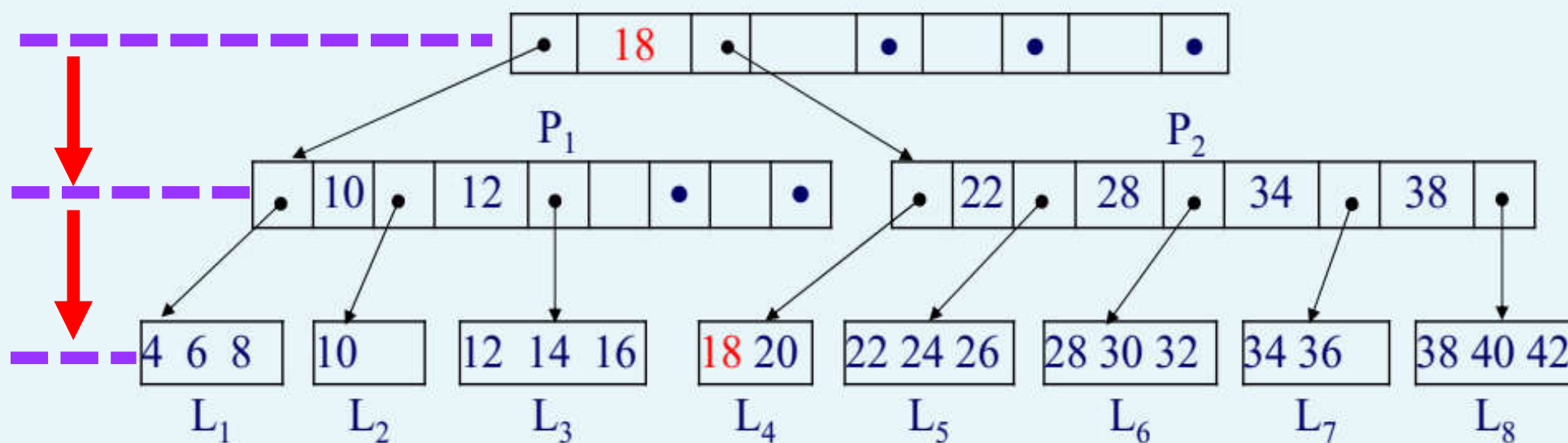
## Tập tin B – cây: Tính chất

(3) Các đường đi từ gốc tới lá có **cùng độ dài**.

⇒ Độ dài / Chiều cao = **2**

GOC

$m = 5, b = 3$



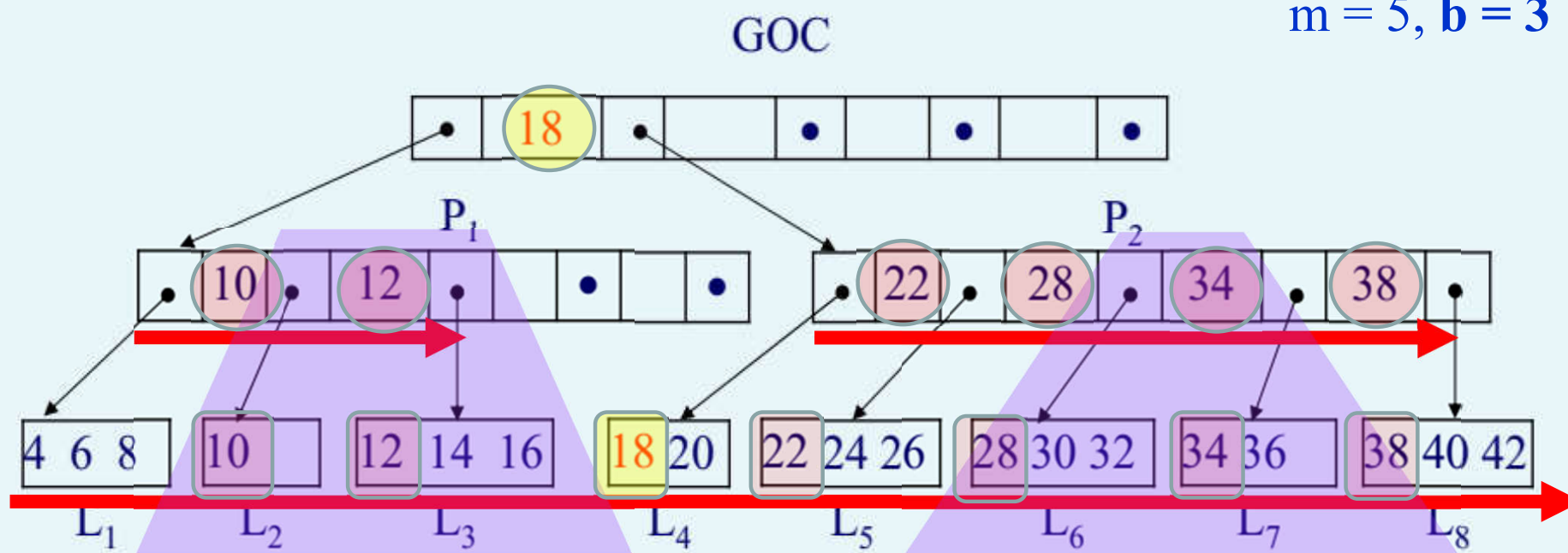




## Tập tin B – cây: Tính chất

### (4) Các khóa và cây con sắp xếp theo cây tìm kiếm

$m = 5, b = 3$





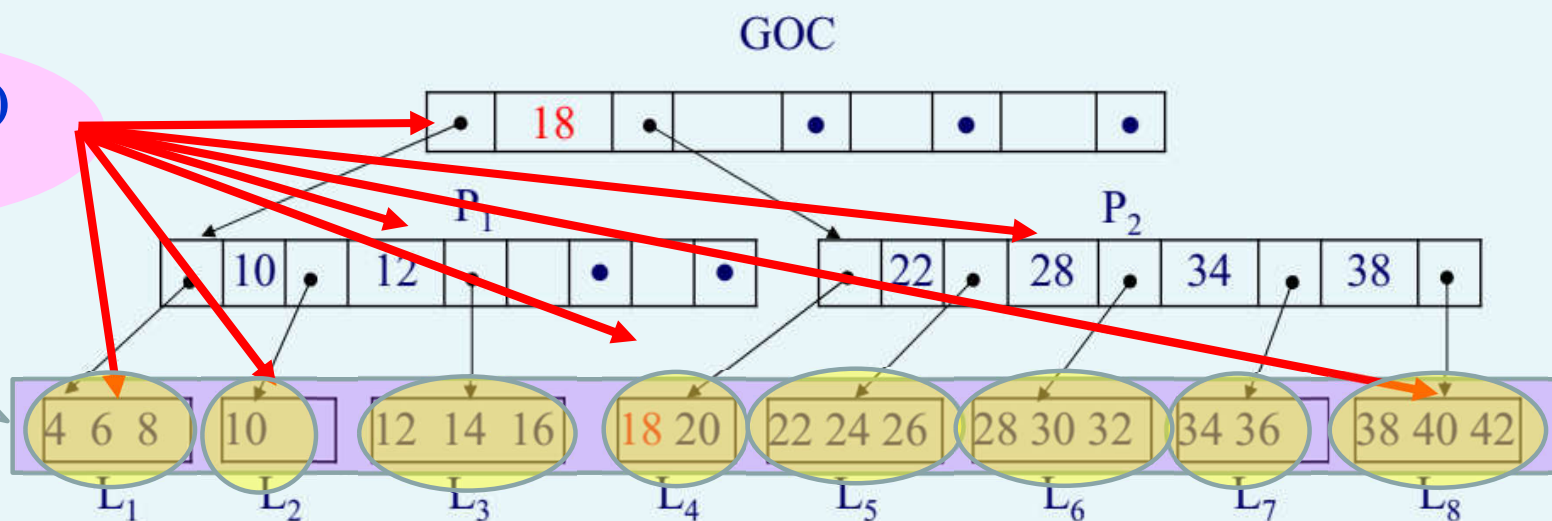


## Tập tin B – cây: Tổ chức

- Mỗi **nút** trên cây là một **khối** trên đĩa, các mẫu tin của tập tin được lưu trữ trong các nút lá trên B-cây theo thứ tự của khoá.
- Nút lá lưu trữ được nhiều nhất **b mẫu tin**.  $m = 5, b = 3$

1 khối (block)  
trên đĩa

Tập tin F có  
 $n = 20$  mẫu tin  
chứa trong 8 lá





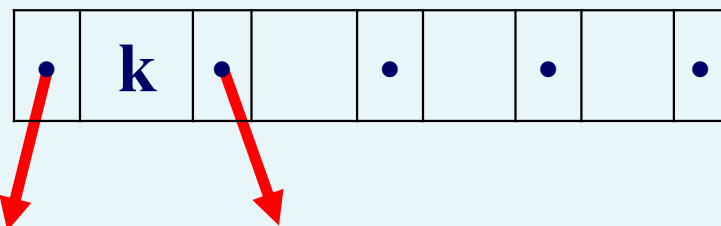
CANTHO UNIVERSITY

## Tập tin B – cây: Tổ chức

Giả sử **B-cây bậc 5** với các nút lá chứa được nhiều nhất 3 **mẫu tin**

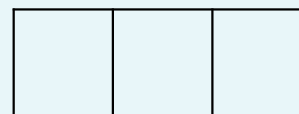
$$m = 5$$

Nút gốc



$$b = 3$$

Nút lá

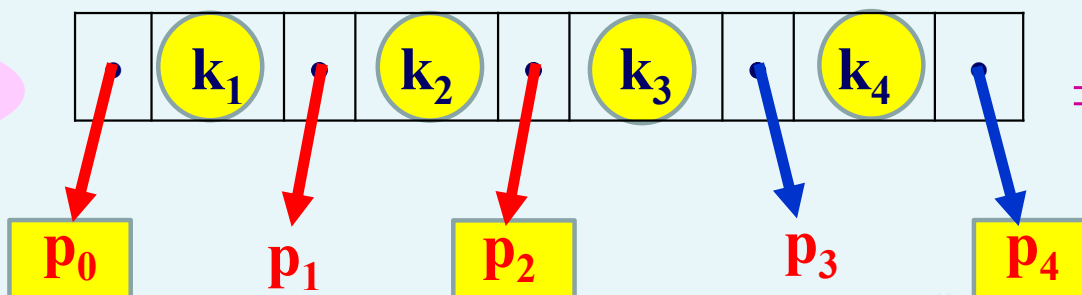




## Tập tin B – cây: Tổ chức

- Mỗi nút không phải là nút lá có dạng  $(p_0, k_1, p_1, k_2, p_2, \dots, k_n, p_n)$ , với  $p_i$  ( $0 \leq i \leq n$ ) là con trỏ, trỏ tới nút con thứ  $i$  và  $k_i$  là giá trị khóa. Các khóa trong một nút được sắp thứ tự:  $k_1 < k_2 < \dots < k_n$ 
  - Tất cả các khóa trong cây con được trỏ bởi  $p_0$  đều  $< k_1$
  - Tất cả các khóa trong cây con được trỏ bởi  $p_i$  ( $0 < i < n$ ) đều  $\geq k_i$  và  $< k_{i+1}$
  - Tất cả các khóa trong cây con được trỏ bởi  $p_n$  đều  $\geq k_n$

Nút trong



$$\begin{aligned} m &= 5, b = 3 \\ \Rightarrow \lceil m/2 \rceil &\rightarrow m \text{ con} \\ \Rightarrow 3 &\rightarrow 5 \text{ con} \end{aligned}$$



## Tập tin B - cây : TÌM MẪU TIN

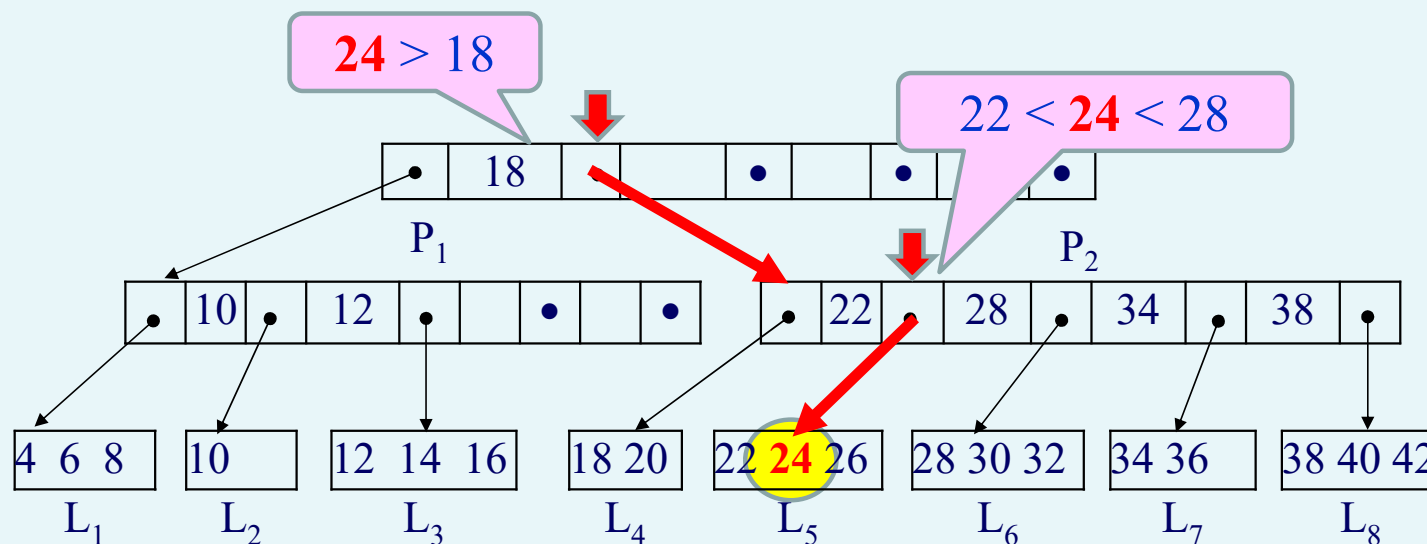
**Tìm mẫu tin:** Bắt đầu từ nút gốc đến nút lá chứa  $r$  (nếu  $r$  tồn tại trong tập tin).

- Tại mỗi bước, đưa nút trong  $(p_0, k_1, p_1, k_2, p_2, \dots, k_n, p_n)$  vào bộ nhớ trong và xác định mối quan hệ giữa  $x$  với các giá trị khóa  $k_i$ .
  - Nếu  $k_i \leq x < k_{i+1}$  ( $0 < i < n$ ) : xét tiếp nút được trả bởi  $p_i$ .
  - Nếu  $x < k_1$  : xét tiếp nút được trả bởi  $p_0$ .
  - Nếu  $x \geq k_n$  : xét tiếp nút được trả bởi  $p_n$ .
- Quá trình trên sẽ dẫn đến việc xét nút lá. Tại nút lá này, tìm mẫu tin  $r$  với khóa  $x$  bằng *tìm kiếm tuần tự* hoặc *tìm kiếm nhị phân*.



## Ví dụ tìm mẫu tin

Ví dụ: Tìm mẫu tin  $r$  với khóa  $x = 24$  trong tập tin được biểu diễn trong hình sau:





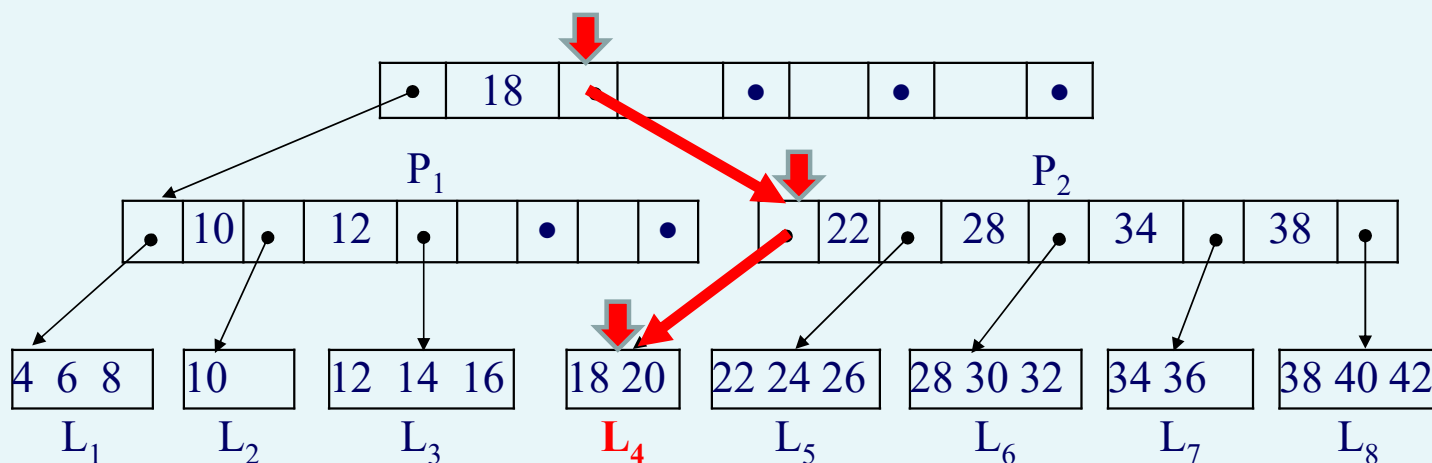
## Tập tin B - cây : XEN MẪU TIN

- Xen mẫu tin:** Tìm r. Việc tìm kiếm sẽ dẫn đến nút lá L.
- Nếu tìm thấy, thông báo “Mẫu tin đã tồn tại”,
  - Ngược lại thì L là nút lá có thể xen r vào trong đó.
- (1) Nếu L còn chỗ: thêm r vào đúng thứ tự và kết thúc.
- (2) Nếu L không còn chỗ: cấp phát khối mới L', dời  $\lceil b/2 \rceil$  mẫu tin cuối L sang L', *xen r vào L hoặc L' sao cho đảm bảo thứ tự các khoá trong khối.*



## Ví dụ xen mẫu tin mới (1)

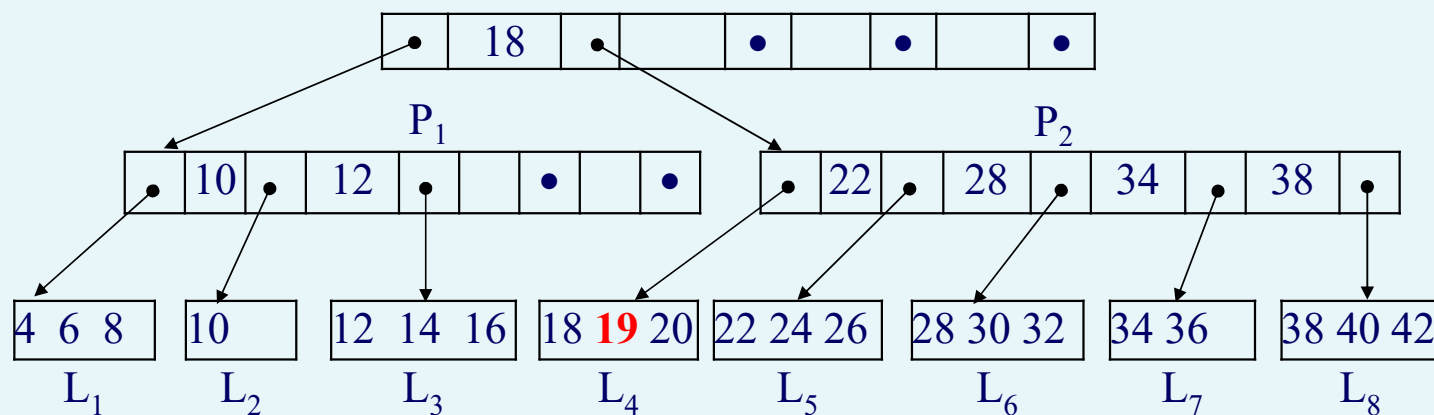
Ví dụ : Thêm mẫu tin r với khóa x = **19** vào tập tin được biểu diễn trong hình sau:





## Ví dụ xen mẫu tin mới (1)

Kết quả: Mẫu tin r với khóa x = **19** đã được thêm vào :







## Tập tin B - cây : XEN MẪU TIN

**Xen mẫu tin:** (2) Nếu L không còn chỗ:

- Cấp phát khối lá mới L'
- Chuyển  $\lceil b/2 \rceil$  mẫu tin cuối của L sang L'
- *Xen r vào L hoặc L' sao cho đảm bảo thứ tự các khoá trong khối*
- Xen **đệ quy** cặp khóa - con trở của L' vào nút cha P của nó

Trường hợp P đã có đủ m con:

- Cấp phát thêm khối mới P'
- Chuyển  $\lceil m/2 \rceil$  con cuối của P sang P'
- Xen L' vào P hoặc P'
- Xen **đệ quy** cặp khóa - con trở của P' vào nút cha của nó...

Quá trình này có thể dẫn tới nút gốc và chia cắt nút gốc, tạo nút gốc mới mà 2 con của nó là 2 nửa nút gốc cũ. Khi đó chiều cao của B-cây sẽ **tăng lên 1**

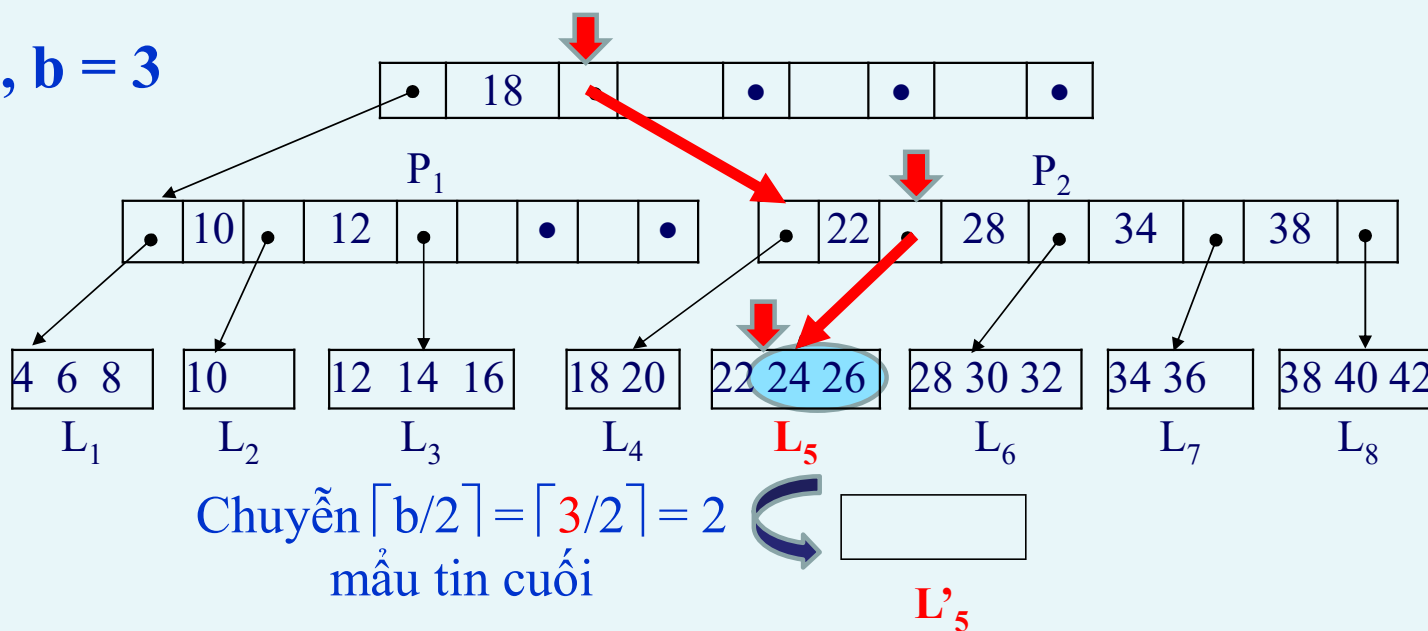


## Ví dụ xen mẫu tin mới (2)

- Cấp lá mới  $L'$
- Chuyển  $\lceil b/2 \rceil$  sang  $L'$
- Xen  $r$  vào  $L$  hoặc  $L'$
- Xen  $L'$  vào cha  $P$

**Ví dụ** : Xen mẫu tin  $r$  với khóa  $x = 23$  vào tập tin được biểu diễn trong hình sau:

$m = 5, b = 3$



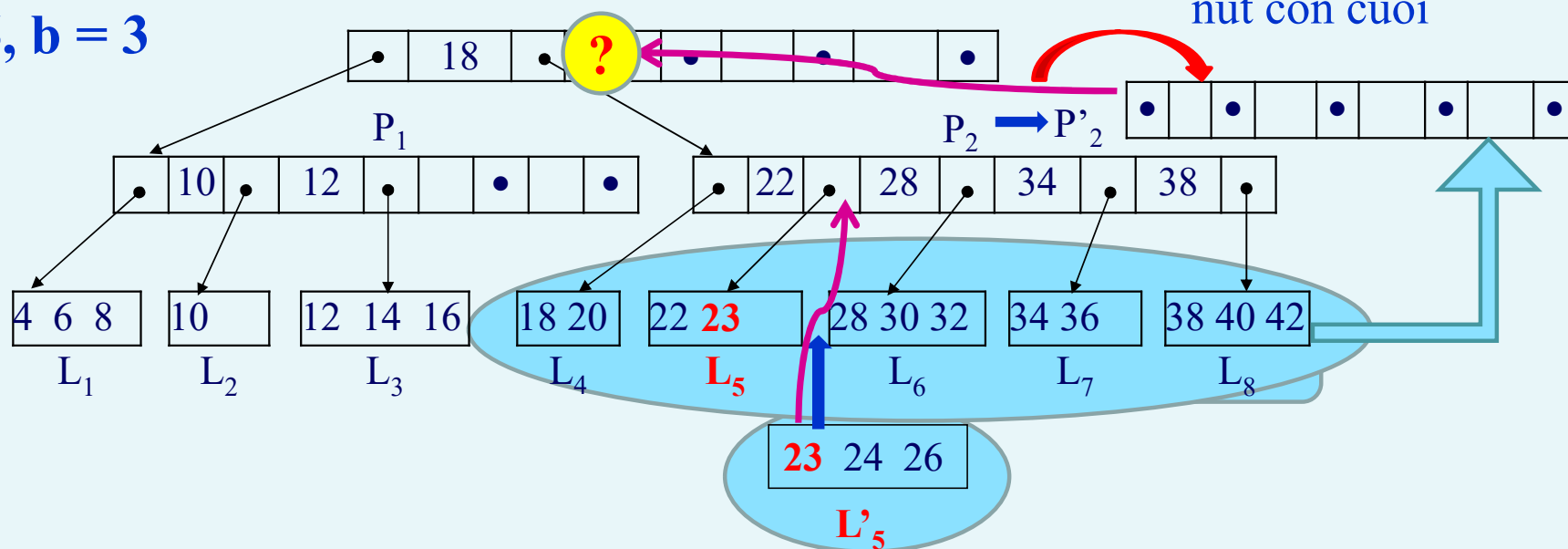


## Ví dụ xen mẫu tin mới (2)

- Cấp lá mới  $L'$
- Chuyển  $\lceil b/2 \rceil$  sang  $L'$
- Xen  $r$  vào  $L$  hoặc  $L'$
- Xen  $L'$  vào cha  $P$

Ví dụ : Xen mẫu tin  $r$  với khóa  $x = 23$  vào tập tin được biểu diễn trong hình sau:

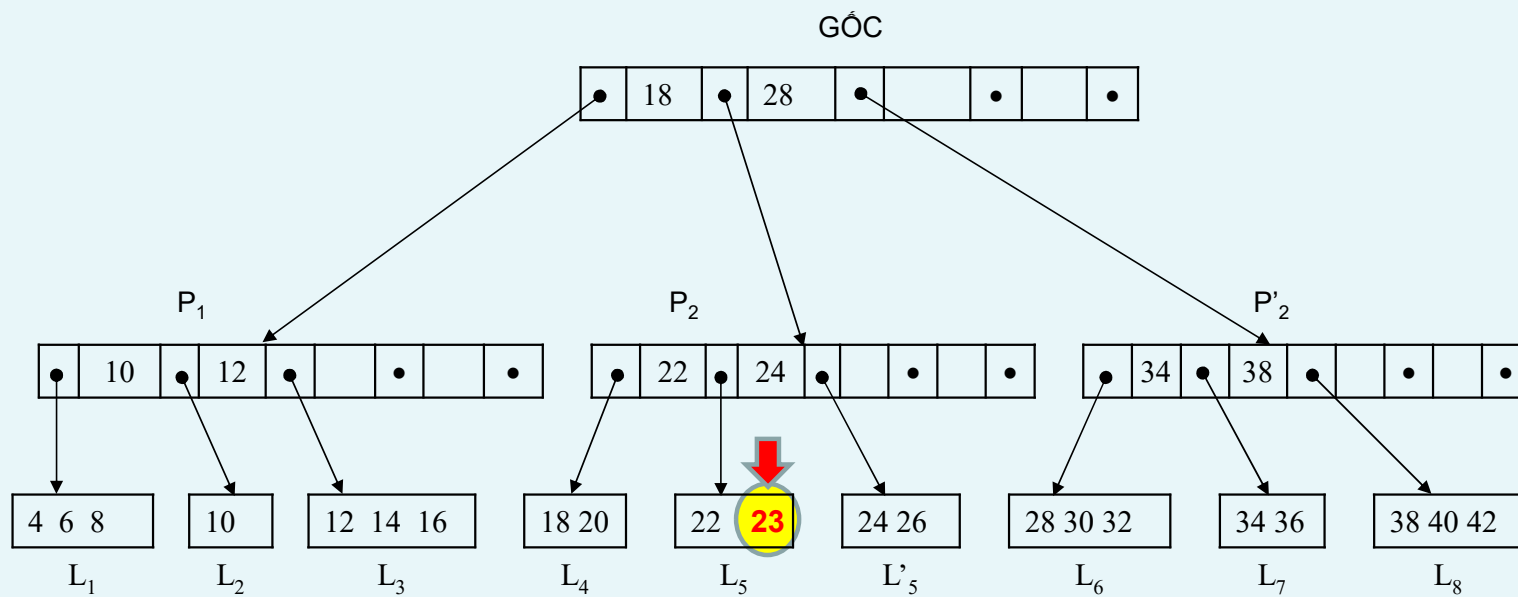
$m = 5, b = 3$





## Ví dụ xen mẫu tin mới (2)

Kết quả : Mẫu tin r với khóa x = **23** đã được thêm vào:

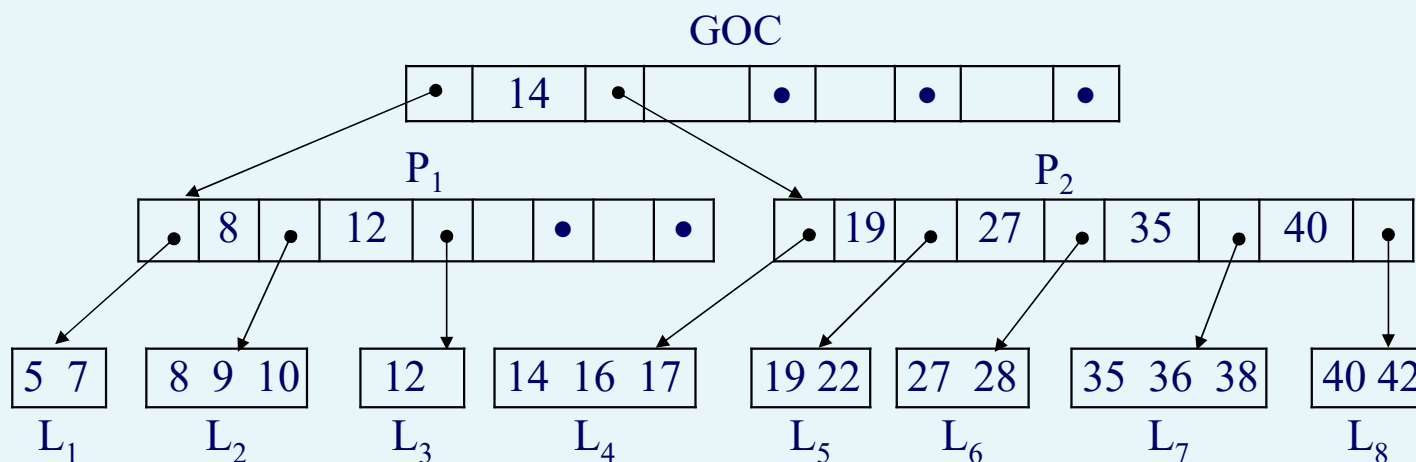




## Tập tin B – cây: Bài tập

**Bài tập:** Cho tập tin bao gồm các mẫu tin với giá trị khóa là các số nguyên được tổ chức thành **B-cây bậc 5** với các nút lá chứa được nhiều nhất **3 mẫu tin** như sau:

**1. a)** : Thêm mẫu tin r với khóa  $x = 37$  :





## Tập tin B – cây: Bài giải 1a

1. **a)**: Thêm mẫu tin  $r$  với khóa  $x = 37$  :

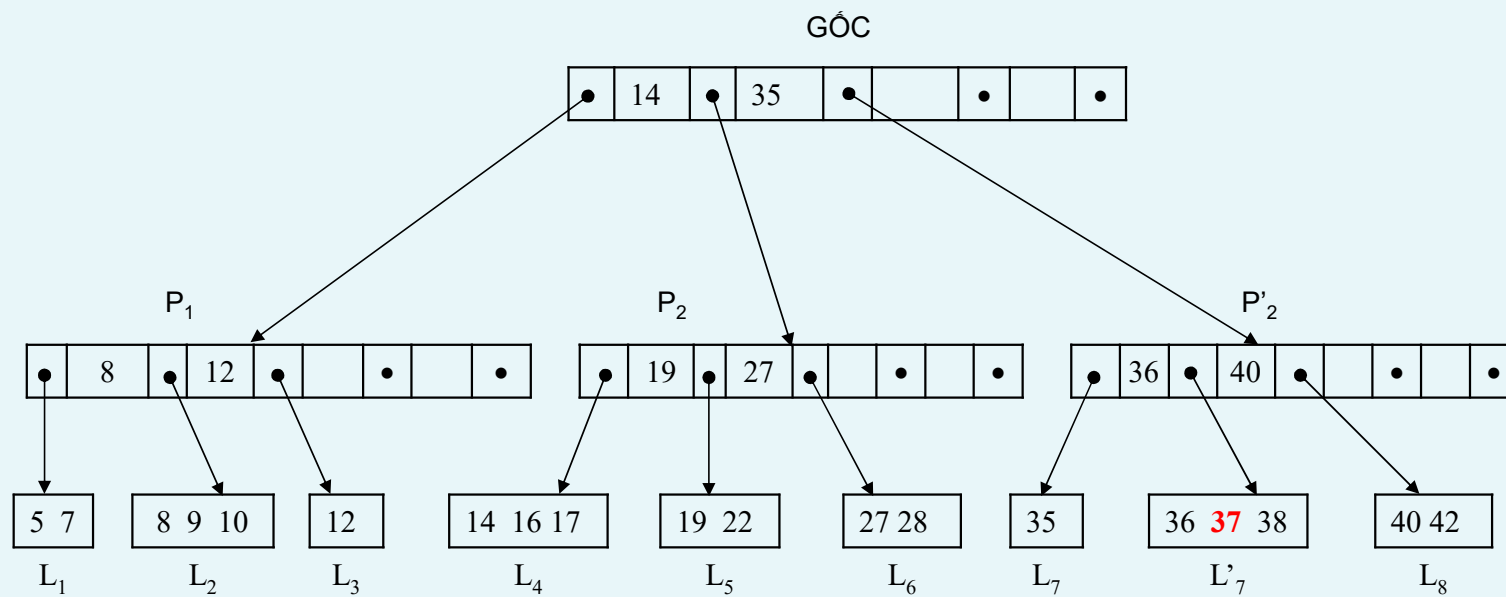
- Quá trình tìm kiếm đi từ nút GỐC, xuống  $P_2$ , tới lá  $L_7$ .
- **Xen  $r$  vào  $L_7$** : Vì  $L_7$  đã đủ 3 mẫu tin, nên yêu cầu cấp phát nút lá mới  $L'_7$ , chuyển  $\lceil b/2 \rceil = 2$  mẫu tin cuối (khóa 36, 38) sang  $L'_7$ , sau đó xen  $r$  ( $x=37$ ) vào  $L'_7$ .
- **Xen  $L'_7$  vào  $P_2$** : Vì  $P_2$  đã có đủ 5 con, nên yêu cầu cấp phát nút trong mới  $P'_2$ , chuyển  $\lceil m/2 \rceil = 3$  nút lá cuối ( $L_7$ ,  $L'_7$  và  $L_8$ ) sang  $P'_2$  và xen  $L'_7$  vào  $P'_2$ .
- **Xen  $P'_2$  vào GỐC**: Vì nút gốc còn chỗ nên xen khóa đầu  $L_7$  (khóa 35) và con trở của  $P'_2$  vào.

Cập nhật lại các khóa, ta được B-cây như sau:



## Tập tin B – cây: Bài giải 1a

Kết quả : Mẫu tin r với khóa x = **37** đã được thêm vào:





## Tập tin B - cây : XÓA MẪU TIN

**Xóa mẫu tin:** Tìm  $r$ . Việc tìm kiếm này sẽ dẫn đến nút lá  $L$ .

- Nếu không tìm thấy, thông báo “Mẫu tin không tồn tại”,
- Ngược lại thì  $L$  là nút lá có thể xóa  $r$  trong đó.

Có 3 trường hợp cần xét :

**(1) Nếu  $r$  là mẫu tin đầu tiên của  $L$ :** sau khi xóa, *đặt lại giá trị khóa* của  $L$  trong  $P$  (là giá trị khóa của mẫu tin mới đầu tiên của  $L$ ).

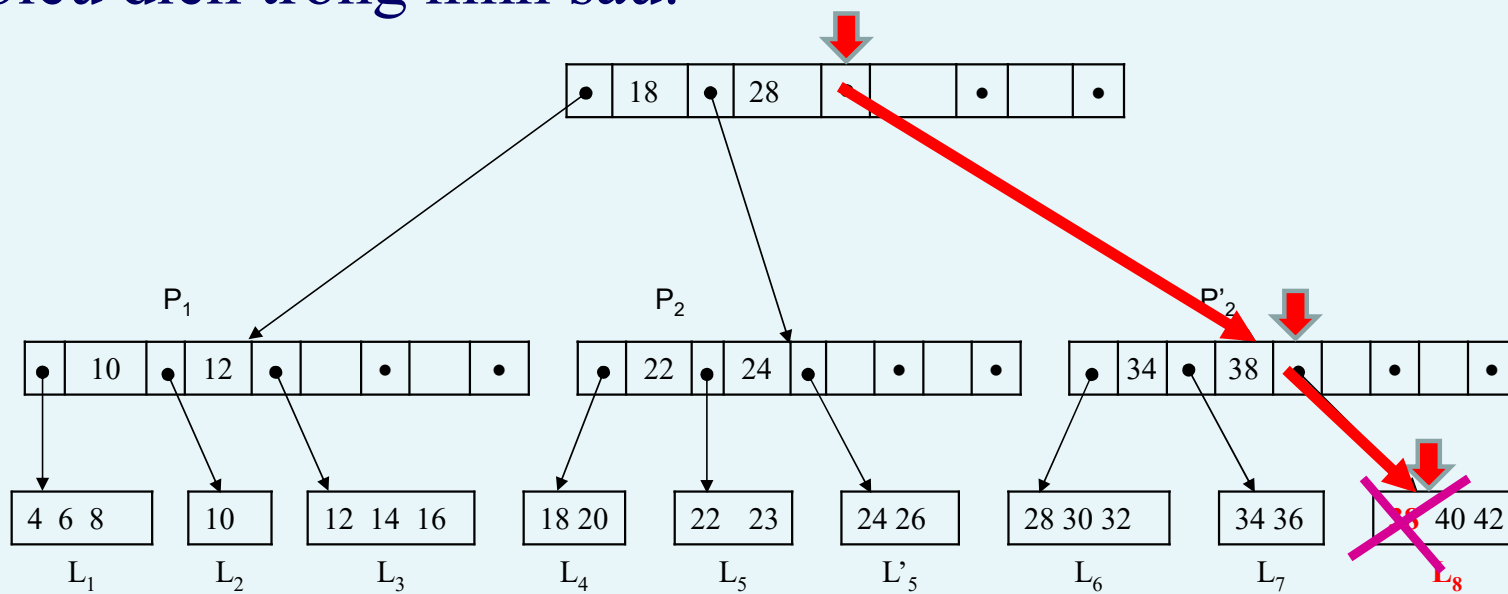
- $L$  là *lá trong*: đặt lại giá trị khóa của  $L$  trong nút cha  $P$  của nó
- $L$  là *lá bìa* (*lá con đầu tiên của  $P$* ): đặt lại giá trị khóa của  $L$  trong tổ tiên của  $P$ .





## Ví dụ xóa mẫu tin (1)

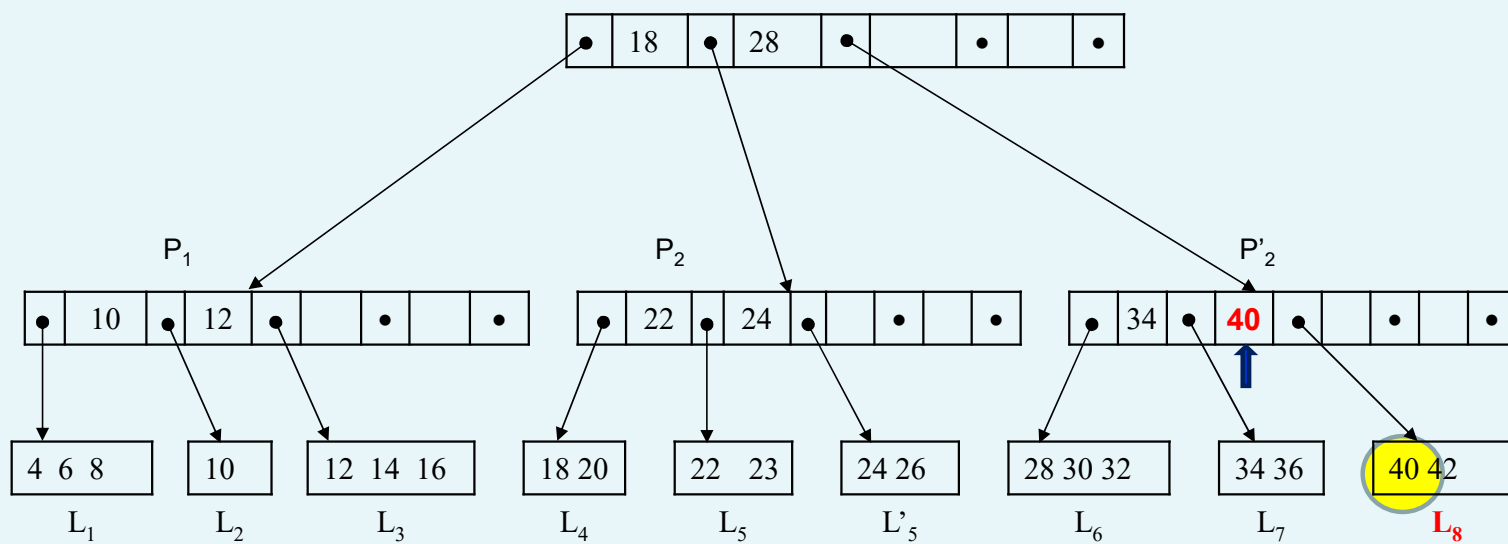
**Ví dụ 1:** Xóa mẫu tin  $r$  với khóa  $x = 38$  trong tập tin được biểu diễn trong hình sau:





## Ví dụ xóa mẫu tin (1)

Kết quả : Mẫu tin r với khóa x = **38** đã được xóa ra khỏi  $L_8$  :





## Tập tin B - cây : XÓA MẪU TIN

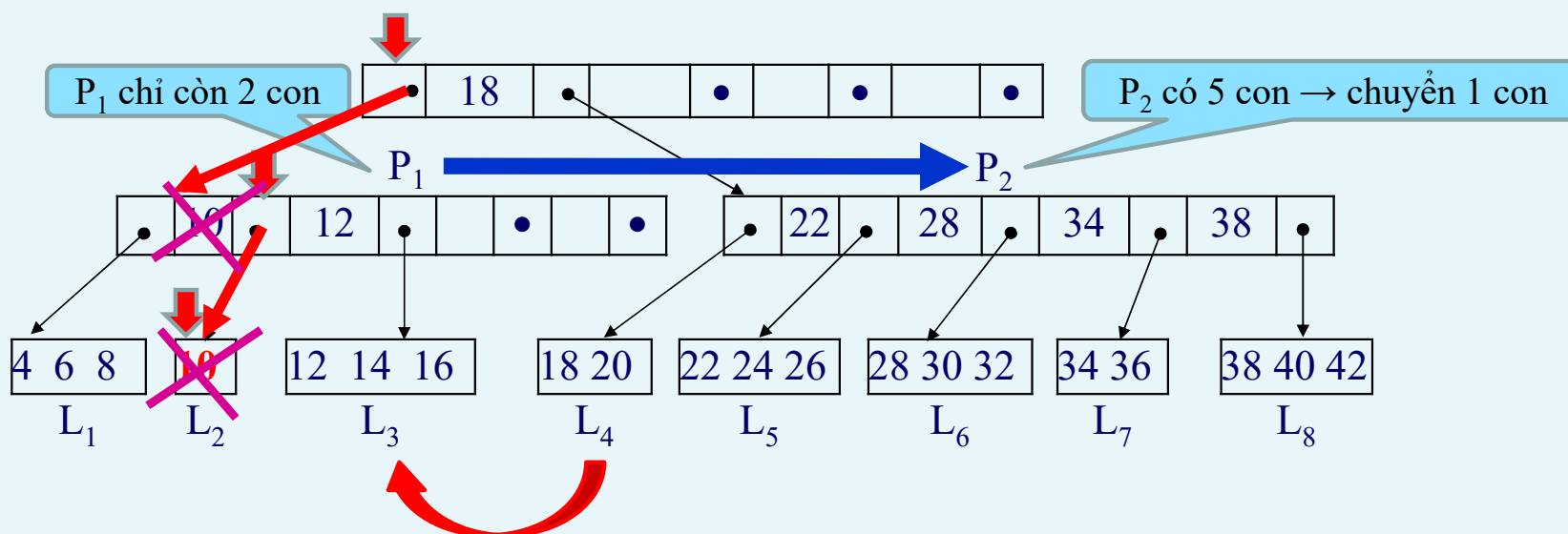
**Xóa mẫu tin: (2)** Nếu sau khi xóa mẫu tin  $r$  mà  $L$  rỗng:

- Giải phóng  $L$  (xóa  $L$ ).
- Xoá cặp khoá - con trỏ của  $L$  trong nút cha  $P$  của nó. *Nếu số con còn lại của  $P < \lceil m/2 \rceil$  thì xét nút  $P'$  bên trái (hoặc bên phải) cùng mức với  $P$ . Nếu  $P'$  có ít nhất  $\lceil m/2 \rceil + 1$  con (có dư): chuyển một con của  $P'$  sang  $P$ . Lúc này  $P$  và  $P'$  đều có ít nhất  $\lceil m/2 \rceil$  con.*
- Cập nhật lại giá trị khoá của  $P$  hoặc  $P'$  trong nút cha hoặc nút tổ tiên của chúng.



## Ví dụ xóa mẫu tin (2)

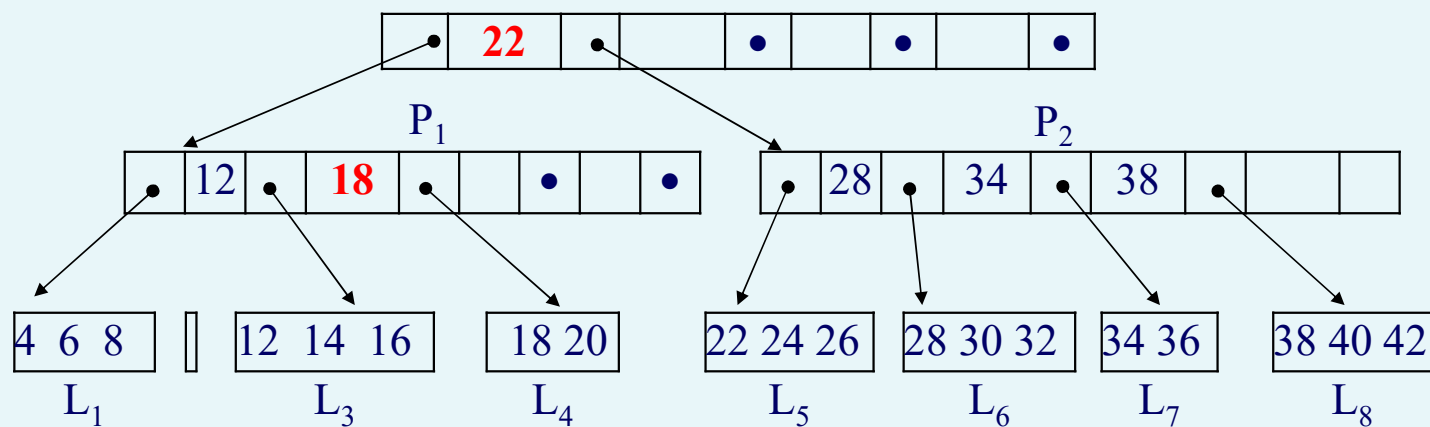
**Ví dụ 2 :** Xóa mẫu tin  $r$  với khóa  $x = 10$  trong tập tin được biểu diễn trong hình sau:





## Ví dụ xóa mẫu tin (2)

Kết quả : Mẫu tin r với khóa x = **10** đã được xóa:





## Tập tin B - cây : XÓA MẪU TIN

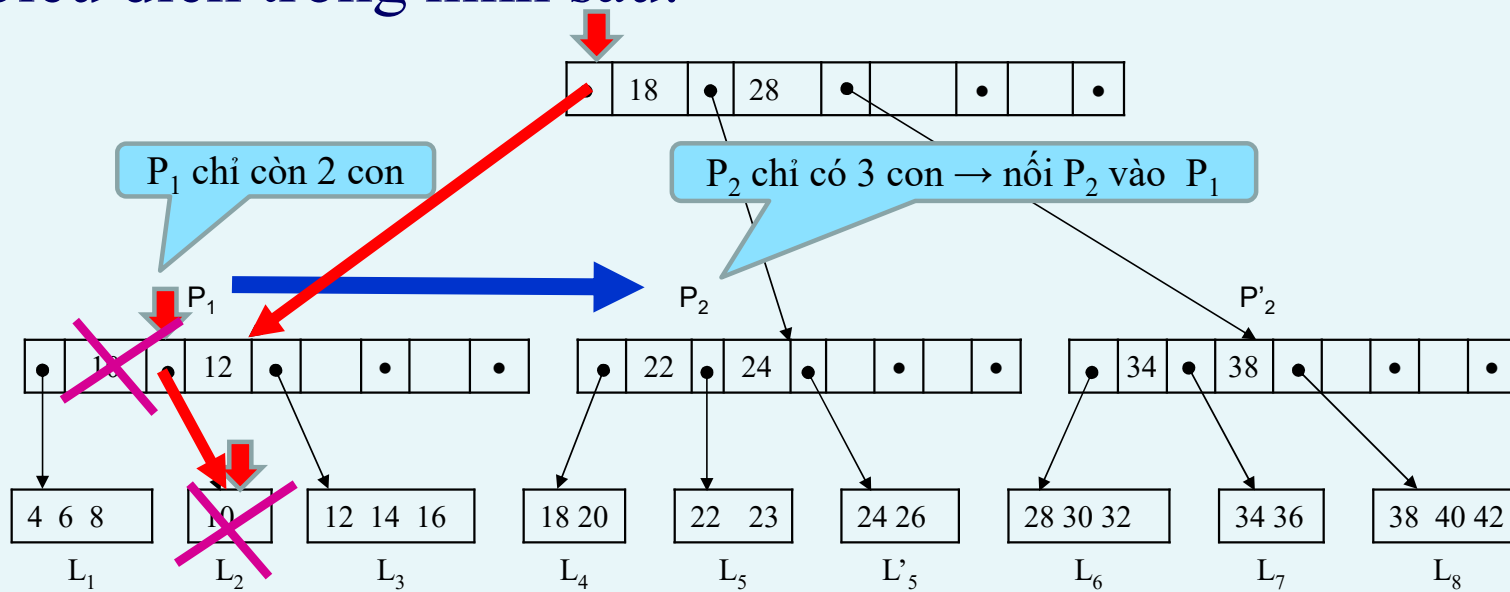
**Xóa mẫu tin: (3)** Nếu sau khi xóa mẫu tin  $r$  mà  $L$  rỗng:

- Giải phóng  $L$  (xóa  $L$ ).
- Xoá cặp khóa - con trỏ của  $L$  trong nút cha  $P$  của nó. *Nếu số con còn lại của  $P < \lceil m/2 \rceil$  thì xét nút  $P'$  bên trái (hoặc bên phải) cùng mức với  $P$ . Nếu  $P'$  có đúng  $\lceil m/2 \rceil$  con (không có dư): nối hai nút  $P'$  và  $P$  thành một nút có  $m$  con.*
- Xoá đệ quy khóa và con trỏ  $P'$  trong cha của  $P'$ . Kết quả có thể dẫn tới việc nối 2 con của nút gốc tạo nên một gốc mới và giải phóng nút gốc cũ, độ cao của cây khi đó sẽ giảm 1.



## Ví dụ xóa mẫu tin (3)

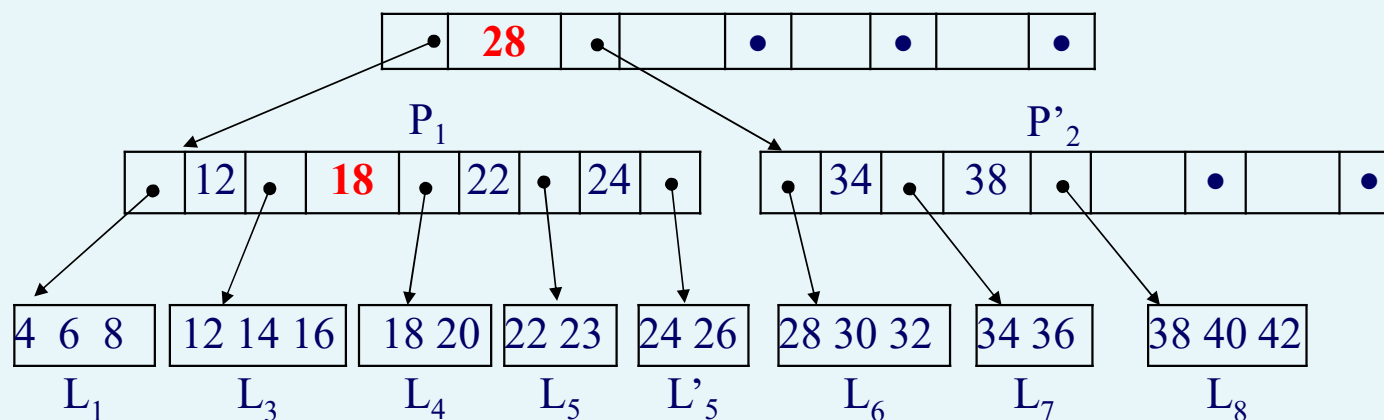
**Ví dụ 3 :** Xóa mẫu tin  $r$  với khóa  $x = 10$  trong tập tin được biểu diễn trong hình sau:





## Ví dụ xóa mẫu tin (3)

Kết quả : Mẫu tin r với khóa x = **10** đã được xóa:



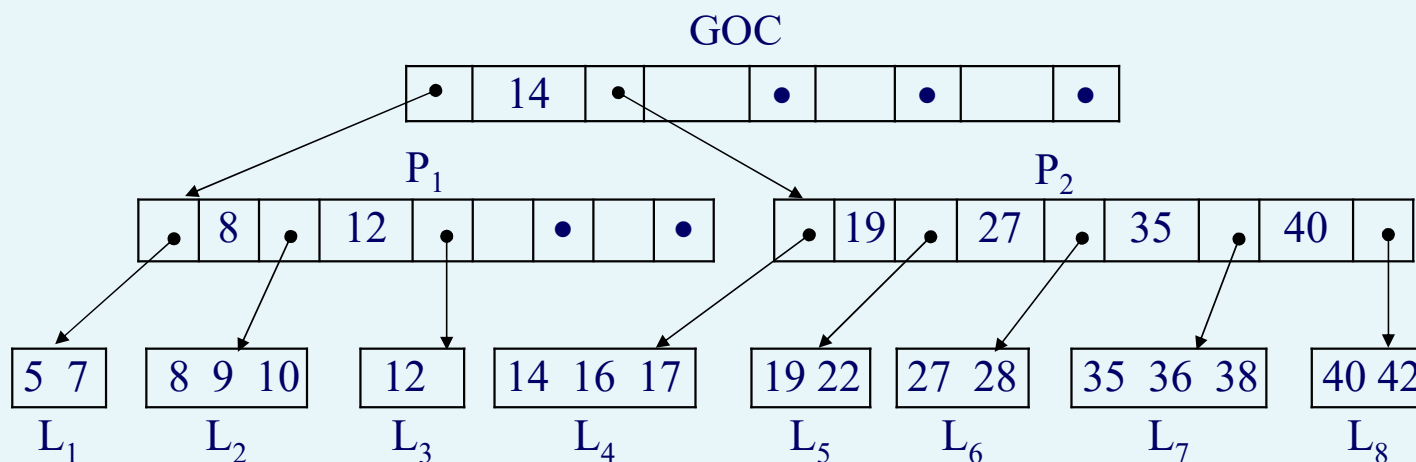




## Tập tin B – cây: Bài tập 1b

**Bài tập:** Cho tập tin bao gồm các mẫu tin với giá trị khóa là các số nguyên được tổ chức thành **B-cây bậc 5** với các nút lá chứa được nhiều nhất **3 mẫu tin** như sau:

**1. b) :** Xóa mẫu tin r với khóa  $x = 12$  :





## Tập tin B – cây: Bài giải 1b

1. b): Xóa mẫu tin  $r$  với khóa  $x = 12$  :

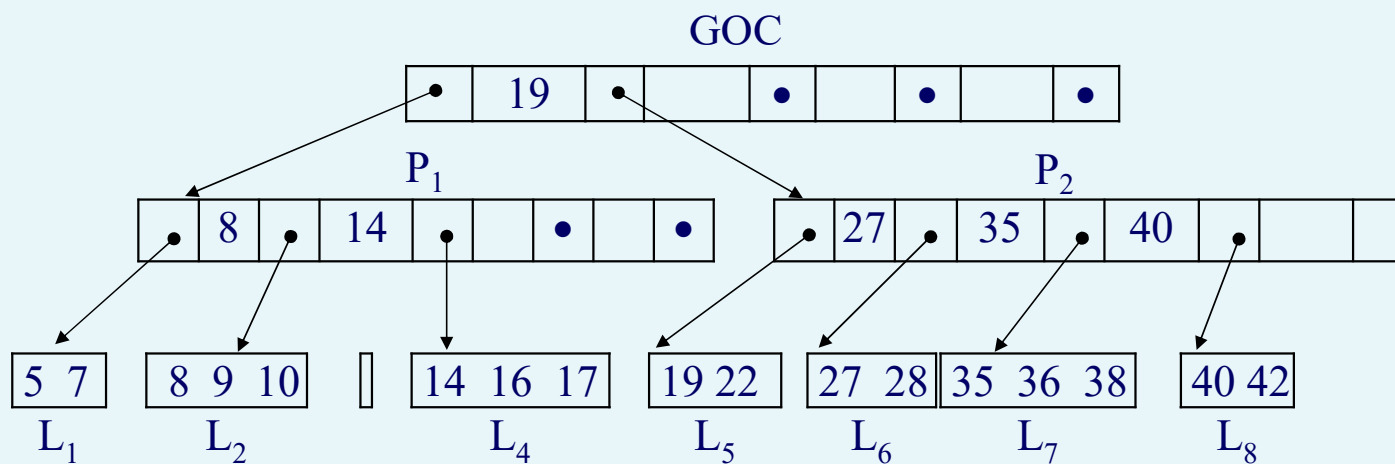
- Quá trình tìm kiếm đi từ GỐC, xuống  $P_1$  và tới lá  $L_3$ .
- **Xóa mẫu tin  $r$  (khóa 12) khỏi  $L_3$ .**  $L_3$  rỗng, giải phóng  $L_3$ .
- **Xóa khóa 12 và con trỏ của  $L_3$  trong  $P_1$ .** Lúc này,  $P_1$  chỉ còn 2 con ( $< \lceil m/2 \rceil = 3$ ).
- Xét  $P_2$ , bên phải cùng mức với  $P_1$ ,  $P_2$  có 5 con ( $> \lceil m/2 \rceil = 3$ ) nên ta chuyển một con trái nhất (lá  $L_4$ ) từ  $P_2$  sang  $P_1$ ,

Cập nhật lại khoá của  $P_2$  trong nút GỐC, ta được B-cây như sau:



## Tập tin B – cây: Bài giải 1b

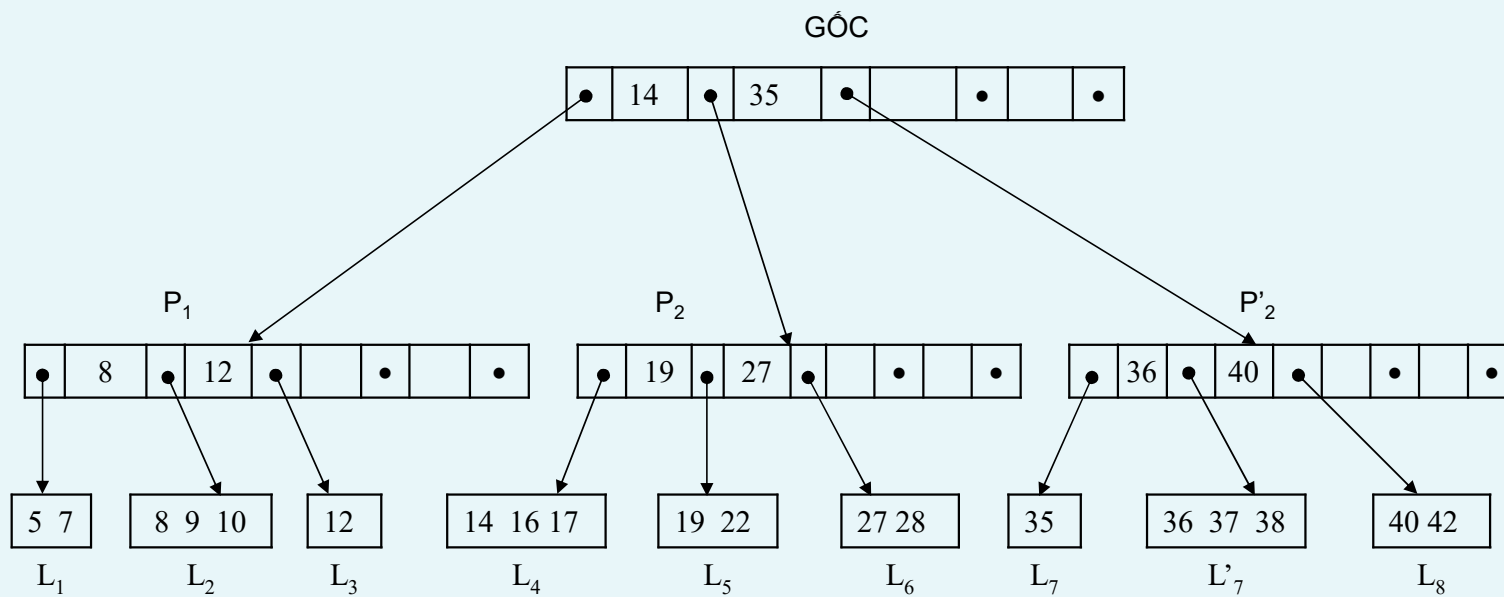
1. b) : Xóa mẫu tin r với khóa x = **12** :





## Tập tin B – cây: Bài tập 1c

1. c) : Xóa mẫu tin r với khóa  $x = 12$  của tập tin kết quả câu a :





## Tập tin B – cây: Bài giải 1c

1. c: Xóa mẫu tin  $r$  với khóa  $x = 12$  :

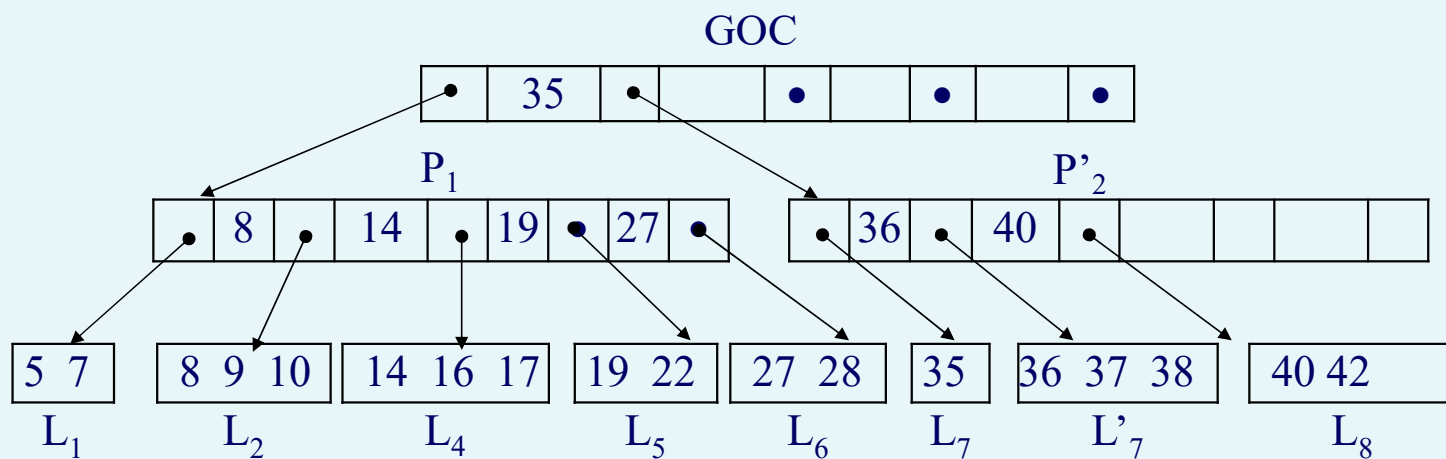
- Quá trình tìm kiếm đi từ GỐC, xuống  $P_1$  và tới lá  $L_3$ .
- **Xóa mẫu tin  $r$  (khóa 12) khỏi  $L_3$ .**  $L_3$  rỗng, giải phóng  $L_3$ .
- **Xóa khóa 12 và con trỏ của  $L_3$  trong  $P_1$ .** Lúc này,  $P_1$  chỉ còn 2 con ( $< \lceil m/2 \rceil = 3$ ).
- Xét  $P_2$ , bên phải cùng mức với  $P_1$ , vì  $P_2$  có đúng  $\lceil m/2 \rceil = 3$  con nên ta nối  $P_2$  vào  $P_1$ , giải phóng  $P_2$  bằng cách xóa khóa và con trỏ của  $P_2$  trong nút GỐC,

Cập nhật lại khóa, ta được B-cây như sau:



## Tập tin B – cây: Bài giải 1c

1. c): Xóa mẫu tin r với khóa  $x = 12$  của tập tin kết quả câu a:

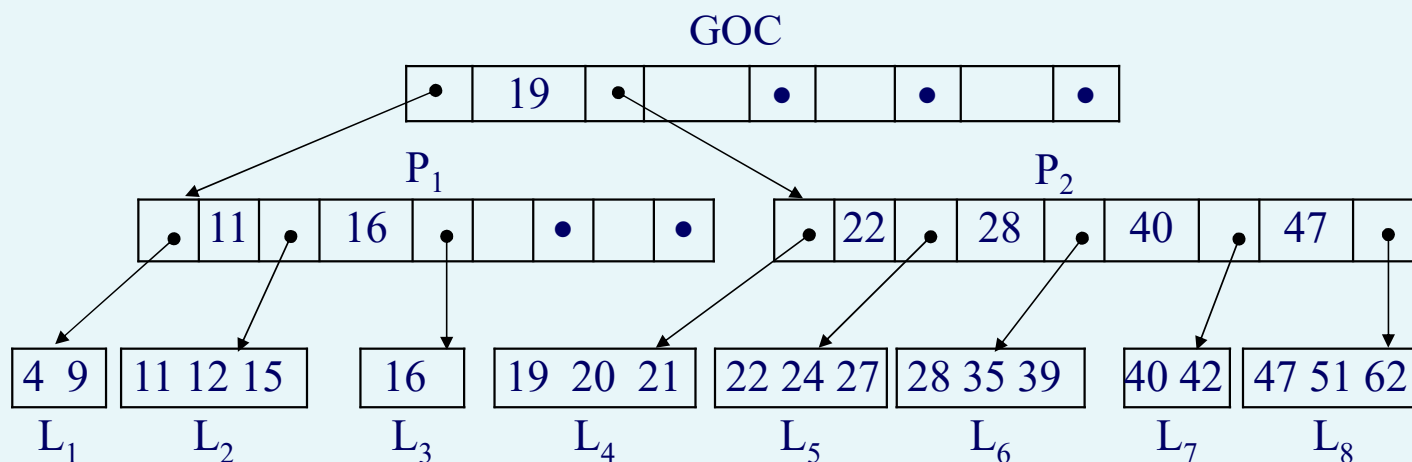




## Tập tin B – cây: Bài tập

**Bài tập:** Cho tập tin gồm các mẫu tin giá trị khóa là các số nguyên được tổ chức thành **B-cây bậc 5** với nút lá chứa nhiều nhất **3 mẫu tin** như sau:

- Thêm mẫu tin với khóa **29**
- Xóa mẫu tin khóa **16** của B-cây kết quả câu a





## Bài giải

**a)** : Thêm mẫu tin r với khóa x = **29** :

- Quá trình tìm kiếm đi từ nút GỐC, xuống  $P_2$ , tới lá  $L_6$ .
- **Xen r vào  $L_6$** : Vì  $L_6$  đã đủ 3 mẫu tin, nên yêu cầu cấp phát nút lá mới  $L'_6$ , chuyển  $\lceil b/2 \rceil = 2$  mẫu tin cuối (khóa 35, 39) sang  $L'_6$ , sau đó xen r (x=29) vào  $L_6$ .
- **Xen  $L_6$  vào  $P_2$** : Vì  $P_2$  đã có đủ 5 con, nên yêu cầu cấp phát nút trong mới  $P'_2$ , chuyển  $\lceil m/2 \rceil = 3$  nút lá cuối ( $L_6$ ,  $L_7$  và  $L_8$ ) sang  $P'_2$  và xen  $L'_6$  vào  $P'_2$ .
- **Xen  $P'_2$  vào GỐC**: Vì nút gốc còn chỗ nên xen khóa đầu  $L'_6$  (khóa 28) và con trở của  $P'_2$  vào.

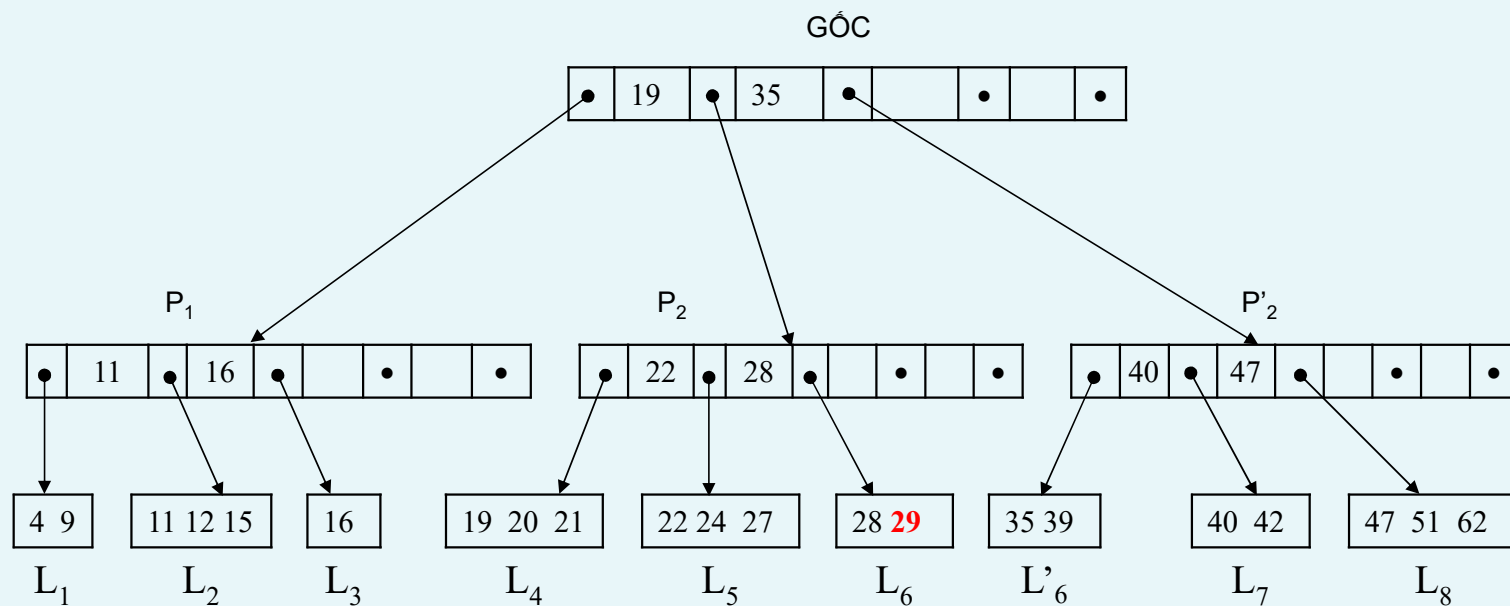
Cập nhật lại các khóa, ta được B-cây như sau:





## Bài giải

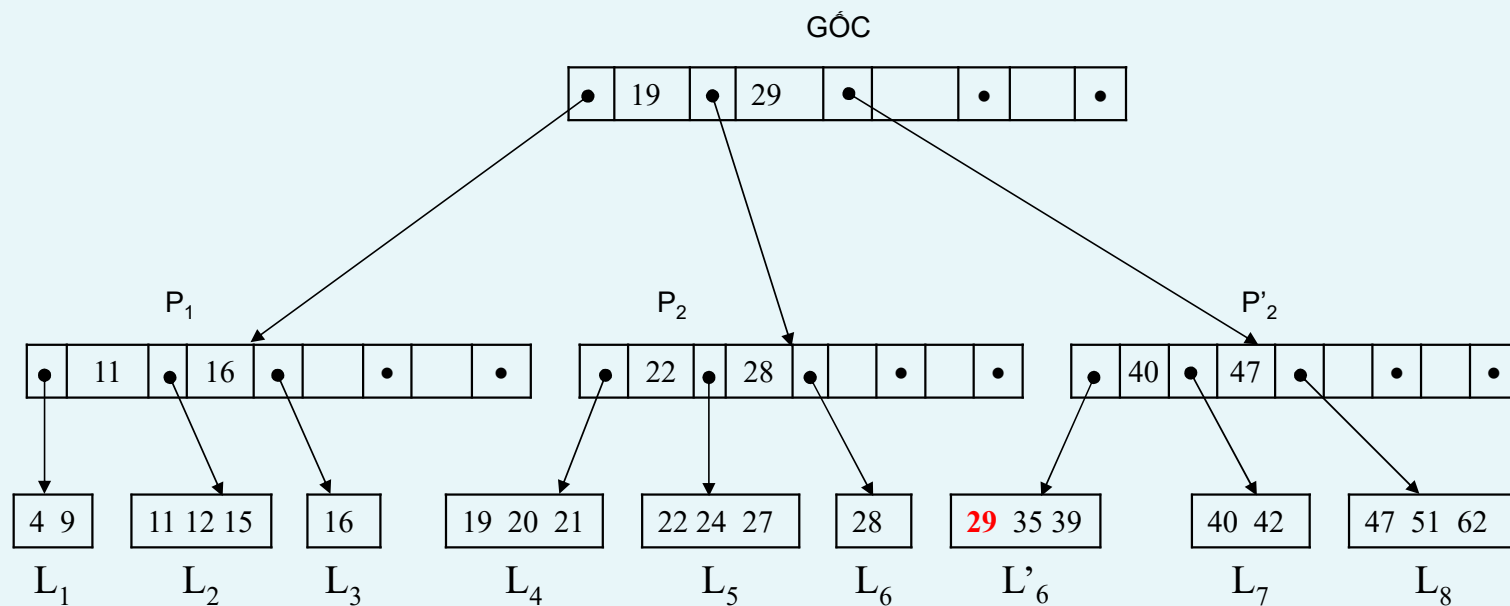
**Kết quả** : Mẫu tin r với khóa x = **29** đã được thêm vào (1):





## Bài giải

**Kết quả** : Mẫu tin r với khóa x = **29** đã được thêm vào (2):





## Bài giải

**b)** : Xóa mẫu tin  $r$  với khóa  $x = \mathbf{16}$  :

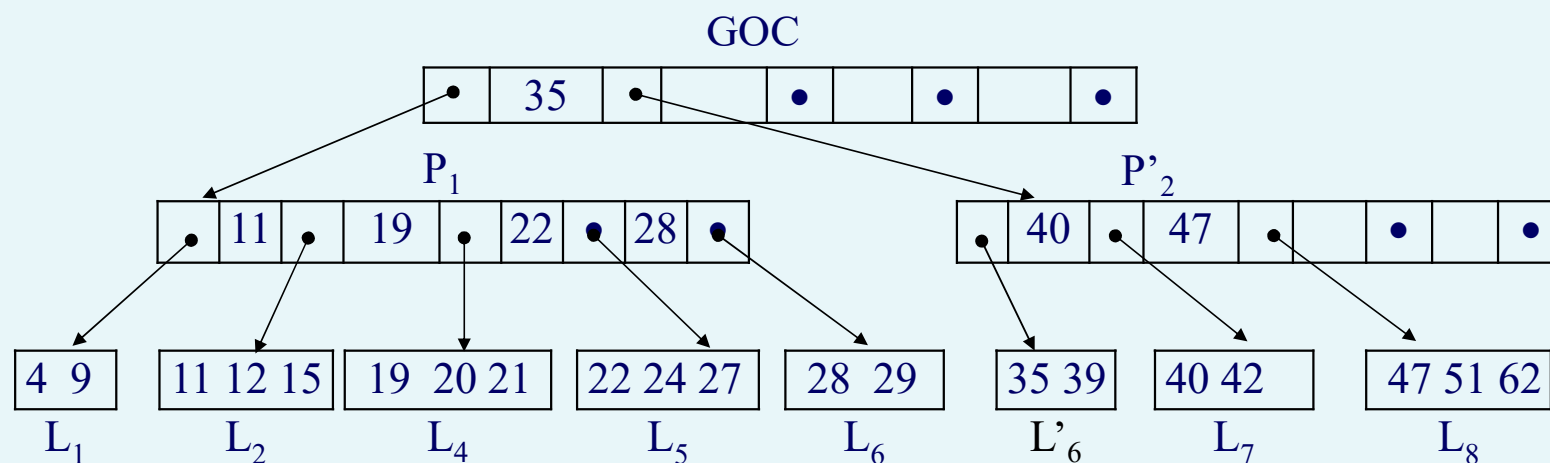
- Quá trình tìm kiếm đi từ GỐC, xuống  $P_1$  và tới lá  $L_3$ .
- **Xóa mẫu tin  $r$  (khóa 16) khỏi  $L_3$ .**  $L_3$  rỗng, giải phóng  $L_3$ .
- **Xóa khóa 16 và con trỏ của  $L_3$  trong  $P_1$ .** Lúc này,  $P_1$  chỉ còn 2 con ( $< \lceil m/2 \rceil = 3$ ).
- Xét  $P_2$ , bên phải cùng mức với  $P_1$ , vì  $P_2$  có đúng  $\lceil m/2 \rceil = 3$  con nên ta nối  $P_2$  vào  $P_1$ , giải phóng  $P_2$  bằng cách xóa khóa và con trỏ của  $P_2$  trong nút GỐC,

Cập nhật lại khóa, ta được B-cây như sau:



## Bài giải

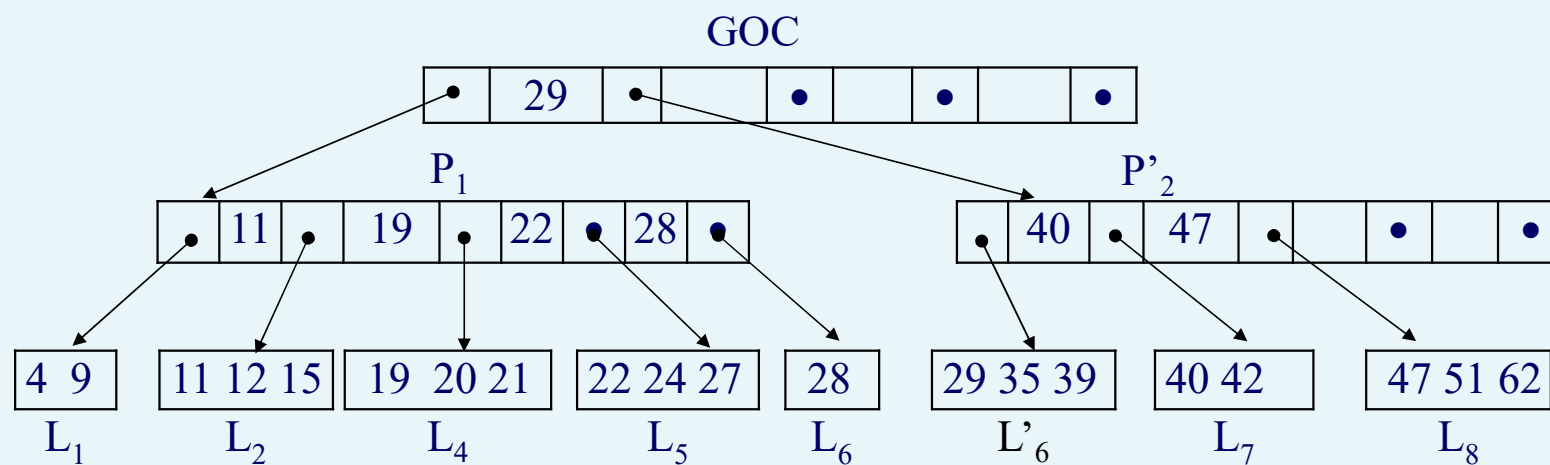
**Kết quả:** Xóa khóa  $x = 16$  của tập tin kết quả câu a (1):





## Bài giải

**Kết quả:** Xóa khóa  $x = 16$  của tập tin kết quả câu a (2):





## Tập tin B – cây: Bài tập 2

**Bài tập:** Cho **B-cây bậc 3** với các nút lá chứa được nhiều nhất **2 mẫu tin** để tổ chức tập tin. Khởi đầu tập tin rỗng, hãy mô tả quá trình hình thành tập tin B-cây (bằng hình vẽ, sau mỗi thao tác vẽ một hình) khi thực hiện tuần tự các thao tác sau:

- |                                     |                                    |
|-------------------------------------|------------------------------------|
| (1) Xen mẫu tin R có khóa <b>8</b>  | (8) Xóa mẫu tin R có khóa <b>8</b> |
| (2) Xen mẫu tin R có khóa <b>2</b>  | (9) Xóa mẫu tin R có khóa <b>1</b> |
| (3) Xen mẫu tin R có khóa <b>10</b> |                                    |
| (4) Xen mẫu tin R có khóa <b>1</b>  |                                    |
| (5) Xen mẫu tin R có khóa <b>12</b> |                                    |
| (6) Xen mẫu tin R có khóa <b>3</b>  |                                    |
| (7) Xen mẫu tin R có khóa <b>5</b>  |                                    |