

Универзитет у Новом Саду, Факултет техничких наука

ОАС Софтверско инжењерство и информационе технологије

Организација података

# Индексна организација датотеке с *B*-стаблом

# Садржај

- **Увод**
- В-стабло
- Процедуре
- Одлике и примена
- Додатне варијације
- Ресурси

- Индексне датотеке с *B*-стаблима (Mogin, 2008)
  - две зоне
    - примарна зона
      - серијски организована зона
      - садржани кориснички подаци
    - зона индекса
      - *B*-стабло
        - динамички индекс
        - посебна врста стабла тражења која подржава аутоматску реконфигурацију при ажурирању
      - намењена побољшању перформанси тражења слога

# Садржај

- Увод
- **В-стабло**
- Процедуре
- Одлике и примена
- Додатне варијације
- Ресурси

# B-стабло

- B-стабло <sup>(Mogin, 2008)</sup>
  - пуно стабло које има висину  $h$  и ред  $n = 2r + 1$ , где је  $r$  ранг стабла, и поседује одређене особине
    - сваки чвор поседује низ елемената
      - број елемената у чвору може варирати од чвора до чвора
      - ранг стабла одређује распон броја елемената у чвору
        - најмањи дозвољени број елемената у чвору
          - у случају коренског чвора је 1
          - у случају чвора који није корен је  $r$
        - највећи дозвољени број елемената у чвору је  $2r$
    - сваки чвор који није лист има  $m + 1$  директно подређених чворова, где је  $m$  број елемената у посматраном чвору
    - сви лисни чворови су на истој удаљености од коренског чвора

# B-стабло

- B-стабло – елемент чвора <sup>(Mogin, 2008)</sup>
  - општа структура елемента чвора
    - тројка  $(k_e, A_e, P_e)$ 
      - $e = 1, \dots, m$  представља ознаку чвора
      - $k_e$  представља вредност кључа слога  $S_i$  ( $i = 1, \dots, N$ )
      - $A_e$  представља придружени податак
        - обично адреса слога  $S_i$  у примарној зони
        - може бити и конкретизација некључних обележја слога  $S_i$
      - $P_e$  представља показивач према чвору у којем су заступљене вредности кључа веће од  $k_e$

# B-стабло

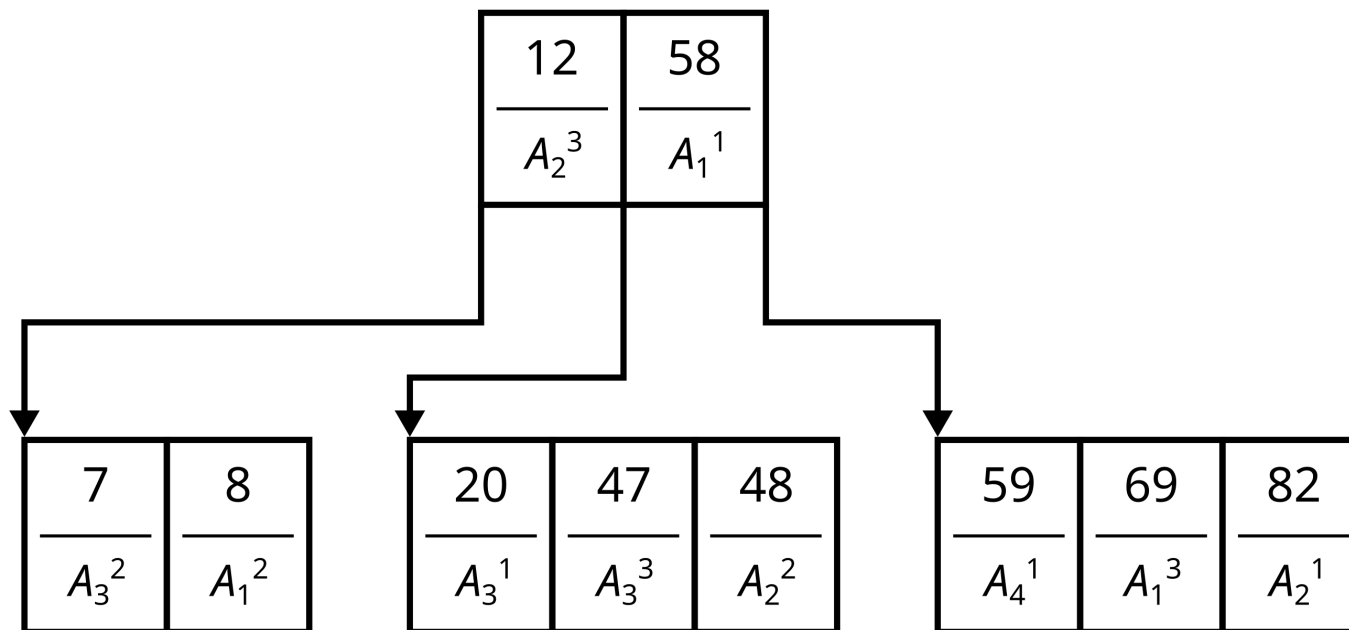
- B-стабло – чвор <sup>(Mogin, 2008)</sup>
  - општа структура чвора
    - чвор садржи  $m$  елемената и помоћни показивач  $P_0, (k_1, A_1, P_1), (k_2, A_2, P_2), \dots, (k_m, A_m, P_m)$
    - правила распоређивања вредности кључа у стаблу
      - распоређивање унутар чвора
        - елементи унутар чвора су сортирани у растућем поретку вредности кључа
      - распоређивање по подстаблима
$$(\forall k \in K(P_0))(k < k_1)$$
$$(\forall k \in K(P_i))(k_i < k < k_{i+1}), i = 1, 2, \dots, m-1$$
$$(\forall k \in K(P_m))(k_m < k)$$
        - $K(P_e)$  представља скуп вредности кључа које су заступљене у подстаблу одређеном показивачем  $P_e$  ( $e = 0, 1, \dots, m$ )

# B-стабло

- B-стабло – пример

## B-СТАБЛО

ранг стабла  $r = 2$   
фактор блокирања у примарној зони  $f = 3$

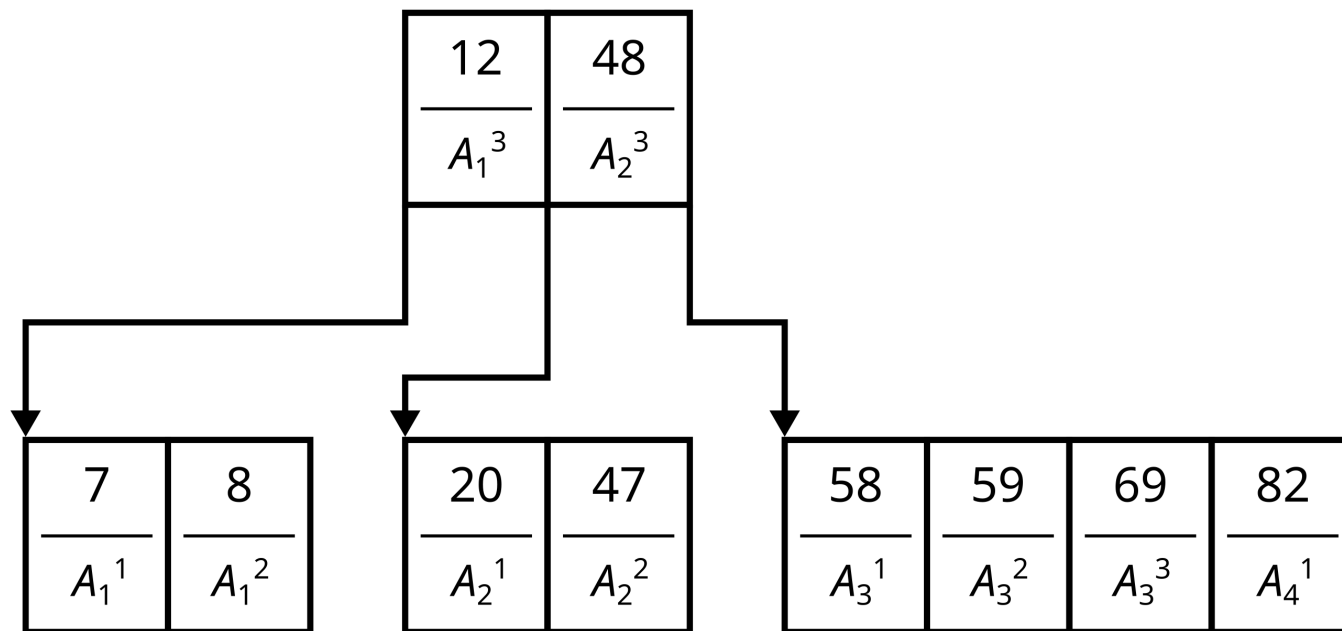


# B-стабло

- B-стабло – пример 2

## B-СТАБЛО

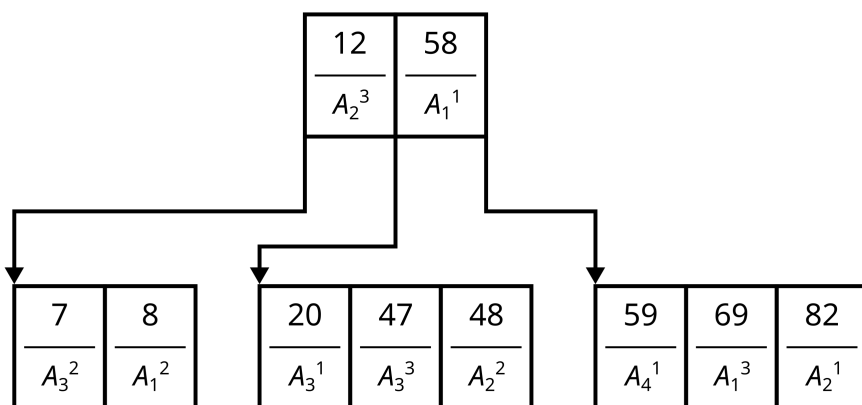
ранг стабла  $r = 2$   
фактор блокирања у примарној зони  $f = 3$



# B-стабло

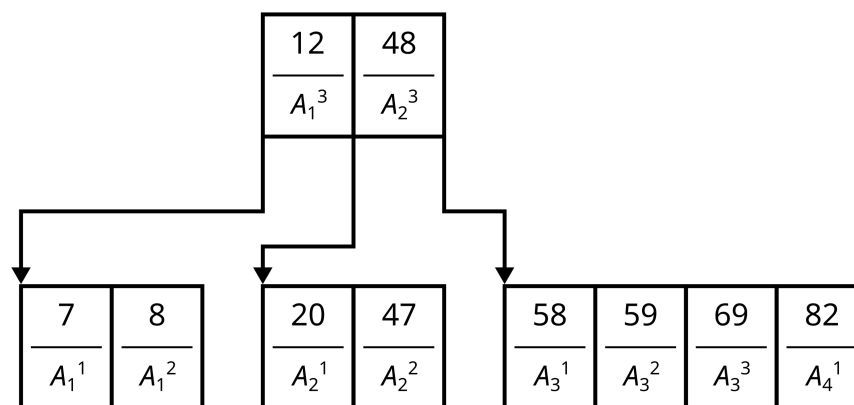
- B-стабло – поређење примера

B-СТАБЛО



редослед уписа елемената  
дат путем вредностима кључа:  
58, 8, 69, 82, 48, 12, 20, 7, 47, 59

B-СТАБЛО



редослед уписа елемената  
дат путем вредностима кључа:  
7, 8, 12, 20, 47, 48, 58, 59, 69, 82

# B-стабло

- B-стабло (Mogin, 2008)
  - варијабилност карактеристика стабла
    - два стабла се могу разликовати по броју чворова и висини чак и ако им је исти број садржаних вредности кључа (број слогова) и исти ранг  $r$
    - попуњавање чворова зависи од редоследа уписа елемената у стабло, односно слогова у датотеку

# B-стабло

- **B-стабло** (Mogin, 2008)
  - варијабилност карактеристика стабла
    - два екстремна случаја
      - **полупразно стабло**
        - сви чворови су на минимуму броја елемената
          - коренски чвор има један елемент а остали чворови по  $r$  елемената
        - искоришћеност простора стабла за дату количину података је најмања
      - **комплетно стабло**
        - сви чворови су на максимуму броја елемената
          - сваки чвор има по  $2r$  елемената
        - искоришћеност простора стабла за дату количину података је највећа

# Садржај

- Увод
- *B*-стабло
- **Процедуре**
- Одлике и примена
- Додатне варијације
- Ресурси

# Процедуре

- **Формирање** (Mogin, 2008)
  - формирање на основу улазне серијске датотеке
    - слогови улазне датотеке бивају редом читани и даље коришћени за упис у нову датотеку
      - прочитани слог бива уписан у примарну зону ако је његово тражење претходно било неуспешно
        - упис у примарну зону се одвија по узору на упис за серијску датотеку
        - тражење се одвија у *B*-стаблу
      - за сваки слог који је уписан у примарну зону бива у *B*-стабло уписан одговарајући елемент
      - читавањем првог слога из улазне датотеке креће формирање првог блока примарне зоне и првог чвора *B*-стабла

# Процедуре

- **Формирање** (Mogin, 2008)
  - **формирање *B*-стабла**
    - на почетку бива формиран један чвор, који представља корен али и једини лист у стаблу
    - за упис новог елемента потребно је пронаћи циљни лист у стаблу
      - циљни лист је онај у којем је неуспешно завршено тражење вредности кључа из новог елемента
        - тражење вредности кључа креће од корена и одвија се према правилима за распоређивање вредности кључа

# Процедуре

- **Формирање** (Mogin, 2008)
  - **формирање *B*-стабла**
    - **упис новог елемента у циљни лист**
      - **два карактеристична случаја**
        - **случај листа где постоји слободно место ( $m < 2r$ )**
          - простор циљног листа бива искоришћен за смештање новог елемента
        - **случај листа где не постоји слободно место ( $m = 2r$ )**
          - наступа дељење чвора који је циљни лист
            - настаје додатни лист и у стаблу долази до размештања новог елемента и постојећих елемената циљног листа

# Процедуре

- **Формирање** (Mogin, 2008)
  - **формирање *B*-стабла**
    - **упис новог елемента у циљни лист**
      - **случај листа где постоји слободно место ( $m < 2r$ )**
        - **нови елемент бива уписан на одговарајућу позицију у листу тако да остане очуван поредак елемената**
          - **може бити померења одређених елемената**

# Процедуре

- **Формирање** (Mogin, 2008)
  - **формирање  $B$ -стабла**
    - **упис новог елемента у циљни лист**
      - случај листа где не постоји слободно место ( $m = 2r$ )
        - бива формирана помоћна секвенца од почетног показивача ( $P_0$ ) и сортираног низа елемената у којем су постојећи елементи циљног листа и нови елемент ( $e_1, \dots, e_{2r+1}$ )  
 $P_0, e_1, \dots, e_{r+1}, \dots, e_{2r+1}$
        - почетни део помоћне секвенце бива чуван у постојећем (циљном) листу, чија је адреса  $P'$ 
          - почетни део чине показивач  $P_0$  и првих  $r$  елемената
        - крајњи део помоћне секвенце бива чуван у новом (додатном) листу, чија је адреса  $P''$ 
          - крајњи део чине показивач елемента  $e_{r+1}$  и последњих  $r$  елемената

# Процедуре

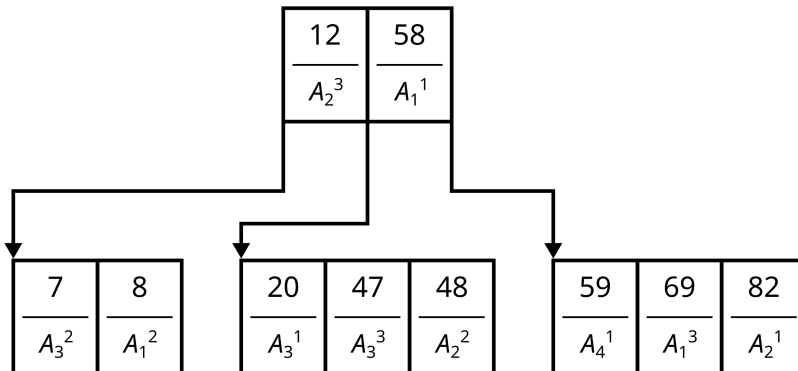
- **Формирање** (Mogin, 2008)
  - **формирање  $B$ -стабла**
    - **упис новог елемента у циљни лист**
      - **случај листа где не постоји слободно место ( $m = 2r$ )**
        - **бива формиран нови елемент  $e^* = (k_{r+1}, A_{r+1}, P'')$  за чување у чвору који је директно надређен циљном листу**
          - **ако надређени чвор постоји, нови елемент  $e^*$  бива уписан у тај чвор аналогно начину за упис елемента у циљни лист**
            - **може наступити и ланчано дељење чворова**
          - **ако надређени чвор не постоји, онда он бива формиран са садржином  $P'$ ,  $e^*$**

# Процедуре

- Формирање
  - формирање *B*-стабла
    - упис елемента – пример
      - упис елемента с вредношћу кључа  $k = 30$

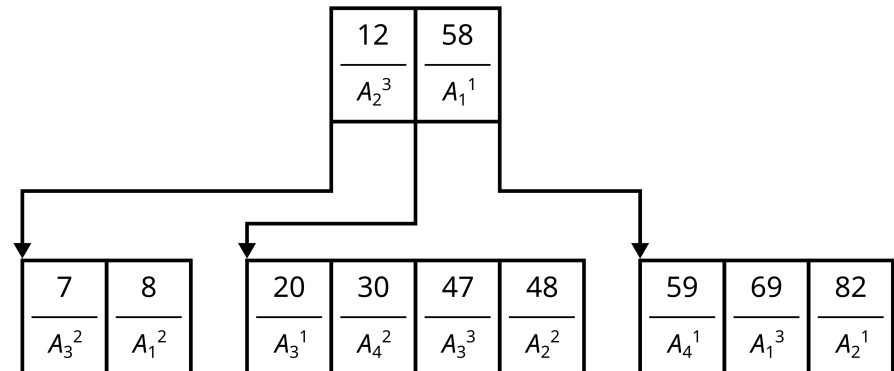
ПРЕ УПИСА

*B*-СТАБЛО



ПОСЛЕ УПИСА

*B*-СТАБЛО



ранг стабла  $r = 2$

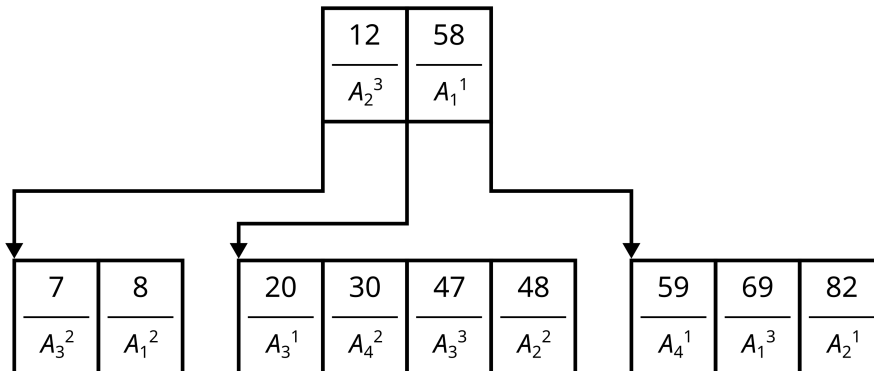
фактор блокирања у примарној зони  $f = 3$

# Процедуре

- Формирање
  - формирање *B*-стабла
    - упис елемента – пример 2
      - упис елемента с вредношћу кључа  $k = 22$

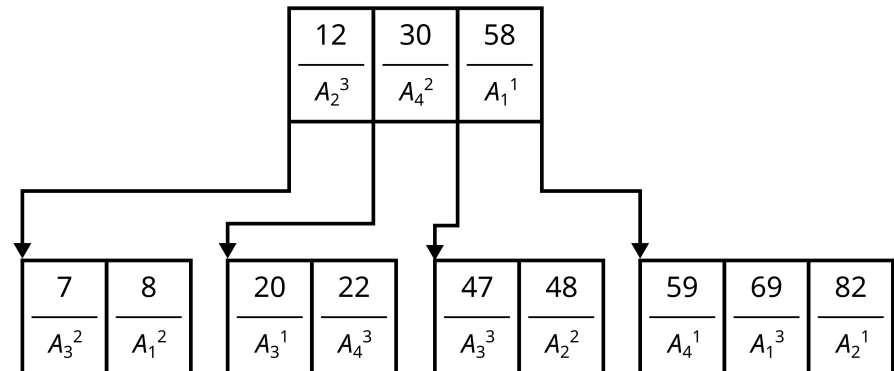
ПРЕ УПИСА

*B*-СТАБЛО



ПОСЛЕ УПИСА

*B*-СТАБЛО



ранг стабла  $r = 2$

фактор блокирања у примарној зони  $f = 3$

# Процедуре

- Тражење (Mogin, 2008)
  - тражење случајно одабраног слога
    - пролажење кроз *B*-стабло ради проналажења одговарајуће адресе блока примарне зоне
      - поређење аргумента тражења *a* с вредностима кључа у стаблу
    - у случају успешног тражења, потребно је приступити и садржају блока примарне зоне којем одговара пронађена адреса
      - може се десити да је садржај већ доступан у баферу

# Процедуре

- Тражење <sup>(Mogin, 2008)</sup>
  - тражење случајно одабраног слога – пролажење у *B*-стаблу
    - почетак је у корену стабла
      - почетни текући чвор је корен
    - приступање чворовима стабла је у смеру од корена према листу
      - текући чвор бива обрађиван
        - долази до тражења међу елементима текућег чвора
          - тражење по елементима може бити по методи линеарног тражења (евентуално по методи бинарног тражења)
        - случај наиласка на елемент  $e$  за који важи  $a < k_e$ 
          - текући чвор за нову обраду постаје онај на који показује показивач претходног елемента (показивач  $P_{e-1}$ )
        - случај наиласка на последњи елемент  $m$  када  $k_m < a$ 
          - текући чвор за нову обраду постаје онај на који показује показивач последњег елемента (показивач  $P_m$ )

# Процедуре

- Тражење <sup>(Mogin, 2008)</sup>
  - тражење случајно одабраног слога – пролажење у *B*-стаблу
    - завршетак тражења
      - успешно тражење
        - наилазак на елемент чија вредност кључа одговара аргументу тражења
          - адреса из елемента је адреса блока примарне зоне којем треба приступити
      - неуспешно тражење
        - случај када не постоји нови текући чвор за обраду
          - неуспешно тражење бива окончано у листу

# Процедуре

- Тражење (Mogin, 2008)
  - тражење логички наредног слога
    - пролажење кроз *B*-стабло ради проналажења одговарајуће адресе блока примарне зоне
      - поређење аргумента тражења *a* с вредностима кључа у стаблу
    - у случају успешног тражења, потребно је приступити и садржају блока примарне зоне којем одговара пронађена адреса
      - може се десити да је садржај већ доступан у баферу

# Процедуре

- Тражење <sup>(Mogin, 2008)</sup>
  - тражење логички наредног слога – пролажење у *B*-стаблу
    - почетак је у текућем елементу
      - при првом тражењу логички наредног слога, текући елемент је први елемент у крајњем левом листу стабла
    - приступање чворовима стабла одвија се по елементима у редоследу који одговара растућем поретку вредности кључа
      - истом чвору може бити и више пута приступано при једном тражењу логички наредног слога

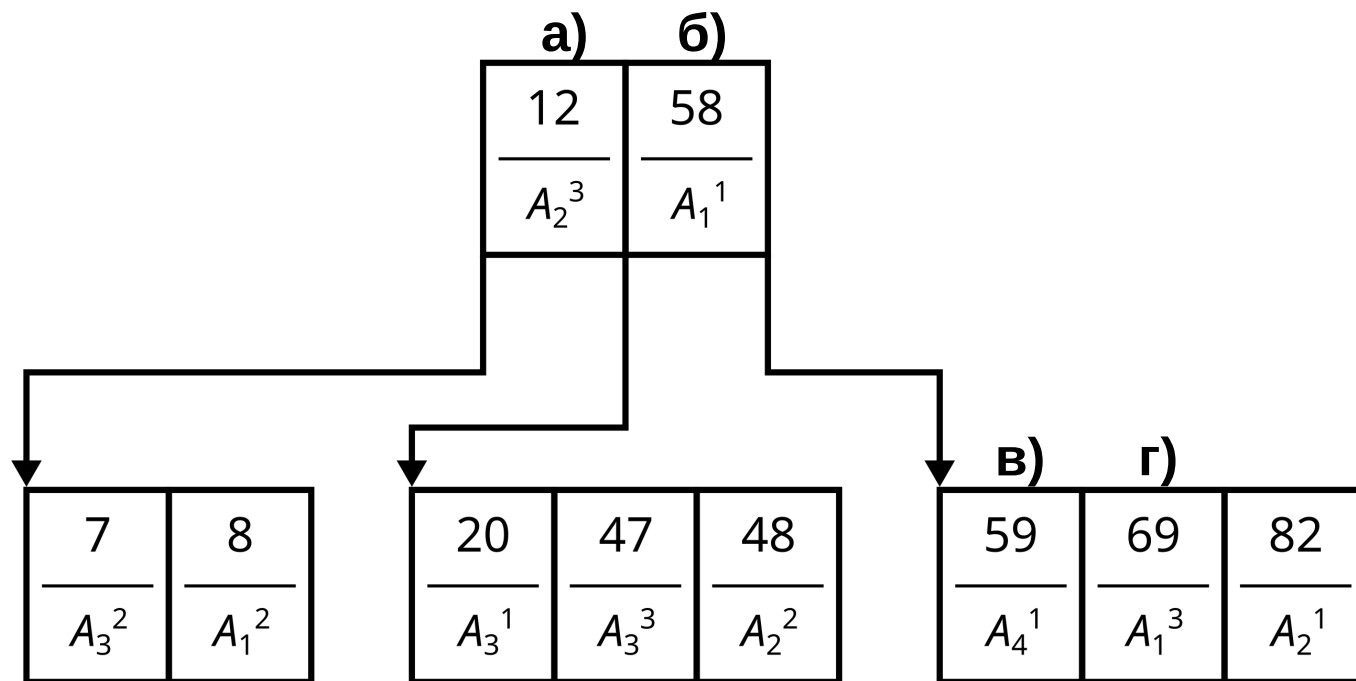
# Процедуре

- Тражење <sup>(Mogin, 2008)</sup>
  - тражење логички наредног слога – пролажење у *B*-стаблу
    - завршетак тражења
      - успешно тражење
        - наилазак на елемент чија вредност кључа одговара аргументу тражења
          - адреса из елемента је адреса блока примарне зоне којем треба приступити
      - неуспешно тражење
        - наилазак на елемент чија вредност кључа је већа од аргумента тражења или наилазак на крај крајњег десног листа

# Процедуре

- Тражење – пример
  - тражење случајно одабраног слога за вредност кључа  $k = 69$

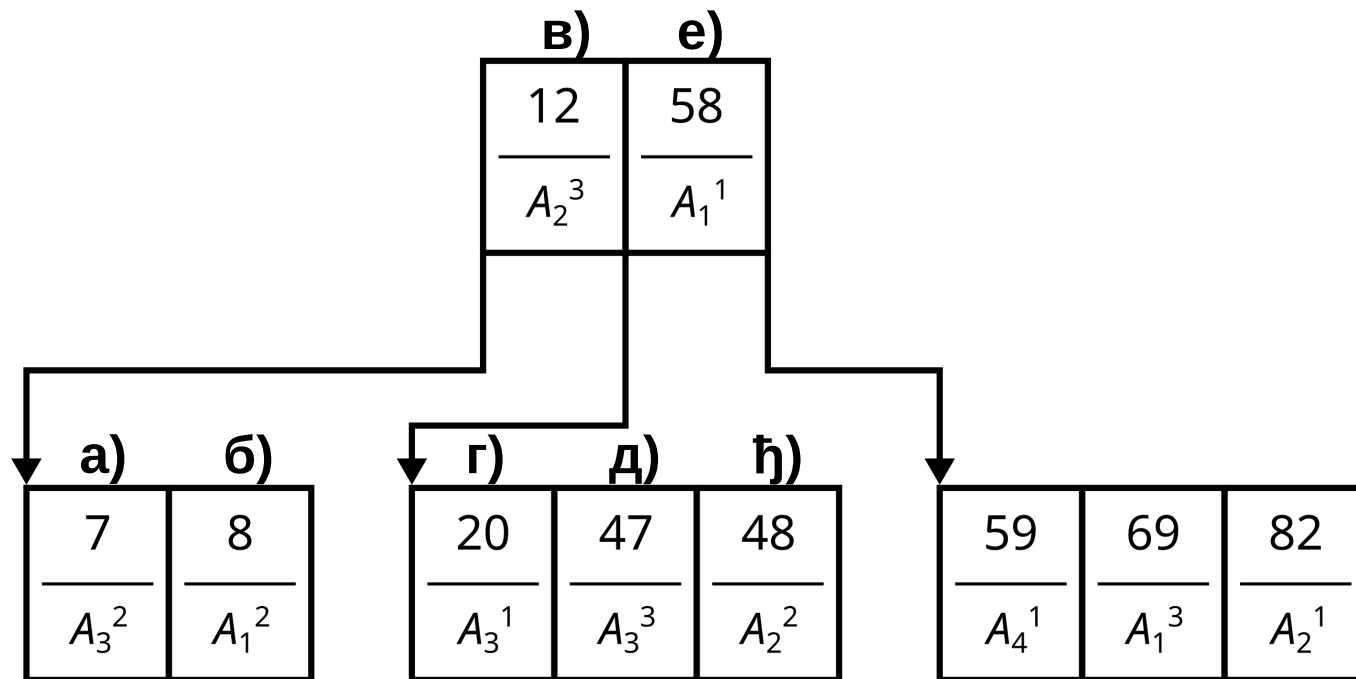
## B-СТАБЛО



# Процедуре

- Тражење – пример
  - тражење логички наредног слога за вредност кључа  $k = 58$

## B-СТАБЛО



текући елемент је елемент с вредношћу кључа  $k^* = 7$

# Процедуре

- Обрада (Mogin, 2008)
  - индексна датотека с *B*-стаблом у улози водеће датотеке
    - може бити водећа у режиму директне обраде
    - може бити водећа у режиму редоследне обраде
  - индексна датотека с *B*-стаблом у улози обрађиване датотеке
    - може бити обрађивана у режиму директне обраде
      - погодан вид обраде јер су релативно добре перформансе за приступ случајно одабраном слогу
    - може бити обрађивана у режиму редоследне обраде

# Процедуре

- Ажурирање (Mogin, 2008)
  - ажурирање се изводи у режиму директне обраде

# Процедуре

- Ажурирање (Mogin, 2008)
  - упис
    - упис слога у примарну зону подразумева и упис одговарајућег елемента у *B*-стабло
      - тражење новог слога треба да буде неуспешно
    - упис слога се одвија као при формирању датотеке

# Процедуре

- Ажурирање (Mogin, 2008)
  - модификација
    - као у случају модификације за серијску организацију, али уз ослањање на тражење које се користи у индексним датотекама с *B*-стаблом

# Процедуре

- Ажурирање (Mogin, 2008)
  - брисање
    - брисање слога из примарне зоне подразумева и брисање одговарајућег елемента из *B*-стабла
      - тражење слога за брисање треба да буде успешно
    - брисање слога из примарне зоне је логичко
    - брисање елемента из *B*-стабла је физичко
      - тражење елемента у *B*-стаблу треба да буде успешно

# Процедуре

- Ажурирање (Mogin, 2008)
  - брисање – брисање елемента из *B*-стабла
    - елемент за брисање *b* је пронађен у чвору *C*
    - три карактеристична случаја брисања слога у зависности од места чвора *C* у стаблу и броја елемената у том чвору
      - **1) просто брисање**
      - **2) сложено брисање из листа**
      - **3) сложено брисање из унутрашњег чвора**
        - унутрашњи чвор је чвор који није лист

# Процедуре

- Ажурирање (Mogin, 2008)
  - брисање – брисање елемента из *B*-стабла
    - 1) просто брисање
      - применљиво у две ситуације
        - када је чвор *C* једини чвор у стаблу (корен и лист истовремено)
        - када је чвор *C* лист у стаблу где није једини чвор и број елемената у чвору *C* није на минимуму ( $m_C > r$ )
      - поступак брисања
        - елемент за брисање *b* бива физички уклоњен из низа елемената чвора *C*
          - након брисања елемента *b*, низ елемената чвора *C* је и даље сортиран у растућем поретку вредности кључа а број елемената у том низу је за један мањи него пре брисања

# Процедуре

- Ажурирање (Mogin, 2008)
  - брисање – брисање елемента из *B*-стабла
    - 2) сложено брисање из листа
      - применљиво у једној ситуацији
        - када је чвор *C* лист у стаблу где није једини чвор и број елемената у чвору *C* је на минимуму ( $m_C = r$ )
      - поступак брисања
        - број елемената у чвору не сме ићи испод минимума
        - потребно је испитати суседство чвора *C* и искористити елементе из других чворова

# Процедуре

- Ажурирање (Mogin, 2008)
  - брисање – брисање елемента из  $B$ -стабла
    - 2) сложено брисање из листа
      - поступак брисања – појам суседних чворова
        - два чвора  $X$  и  $Y$  су суседни чворови ако имају заједнички директно надређени чвор  $Z$  и уз то важи посебан услов  $(\exists! k \in K(Z))(k_{m_x}^X < k < k_1^Y)$ 
          - $K(Z)$  је скуп вредности кључа из чвора  $Z$
          - $k_{m_x}^X$  је највећа вредност кључа из чвора  $X$
          - $k_1^Y$  је најмања вредност кључа из чвора  $Y$
        - међуелемент за суседне чворове  $X$  и  $Y$  је онај елемент из чвора  $Z$  који садржи вредност кључа  $k$

# Процедуре

- Ажурирање (Mogin, 2008)
  - брисање – брисање елемента из *B*-стабла
    - 2) сложено брисање из листа
      - поступак брисања – две могућности
        - **радња позајмљивања**
          - када суседство чвора *C* обухвата чвор који није на минимуму броја елемената
        - **радња спајања**
          - када је суседство чвора *C* на минимуму броја елемената

# Процедуре

- Ажурирање (Mogin, 2008)
  - брисање – брисање елемента из *B*-стабла
    - 2) сложено брисање из листа
      - поступак брисања – радња позајмљивања
        - за чвор *C* бива одређен суседни чвор *S* који није на минимуму броја елемената
          - чвор *E* је заједнички директно надређени чвор за суседне чворове *C* и *S*
        - бива формиран помоћни низ елемената
          - низ је сортиран у растућем поретку вредности кључа
          - садржани елементи
            - сви елементи чвора *C* осим елемента за брисање *b*
            - међуелемент за суседне чворове *C* и *S* из чвора *E*
            - сви елементи чвора *S*
          - број садржаних елемената је  $(r - 1) + 1 + m_s$

# Процедуре

- Ажурирање (Mogin, 2008)
  - брисање – брисање елемента из *B*-стабла
    - 2) сложено брисање из листа
      - поступак брисања – радња позајмљивања
        - елементи помоћног низа бивају размештени у чворове *C*, *S* и *E*
          - елементи чија је позиција *f* бивају постављени у леви од суседних чворова уместо тамошњих елемената
            - $f = 1, \dots, \lfloor (r + m_S) / 2 \rfloor$
          - елемент чија је позиција *g* бива постављен у чвор *E* уместо међуелемента за суседне чворове
            - $g = \lfloor (r + m_S) / 2 \rfloor + 1$
          - елементи чија је позиција *h* бивају постављени у десни од суседних чворова уместо тамошњих елемената
            - $h = \lfloor (r + m_S) / 2 \rfloor + 2, \dots, r + m_S$

# Процедуре

- Ажурирање (Mogin, 2008)
  - брисање – брисање елемента из *B*-стабла
    - 2) сложено брисање из листа
      - поступак брисања – радња позајмљивања
        - елементи помоћног низа бивају размештени у чворове *C*, *S* и *E*
          - показивачи у размештеним елементима треба да буду такви да не буде промена веза између чворова у стаблу

# Процедуре

- Ажурирање (Mogin, 2008)
  - брисање – брисање елемента из *B*-стабла
    - 2) сложено брисање из листа
      - поступак брисања – радња спајања
        - за чвор *C* бива одређен суседни чвор *S* који је на минимуму броја елемената
          - чвор *E* је заједнички директно надређени чвор за суседне чворове *C* и *S*
        - бива формиран помоћни низ елемената
          - низ је сортиран у растућем поретку вредности кључа
          - садржани елементи
            - сви елементи чвора *C* осим елемента за брисање *b*
            - међуелемент за суседне чворове *C* и *S* из чвора *E*
            - сви елементи чвора *S*
          - број садржаних елемената је  $(r - 1) + 1 + r$

# Процедуре

- Ажурирање (Mogin, 2008)
  - брисање – брисање елемента из *B*-стабла
    - 2) сложено брисање из листа
      - поступак брисања – радња спајања
        - елементи помоћног низа бивају постављени у леви од суседних чворова уместо тамошњих елемената
          - показивачи у постављеним елементима треба да одговарају томе да буду део елемената који су у листу
        - десни од суседних чворова бива уклоњен из стабла
        - међуелемент за суседне чворове бива обрисан из чвора *E*
          - може доћи до позајмљивања или спајања у стаблу ако је чвор *E* претходно на минимуму броја елемената
          - ефекат брисања може се пренети кроз више нивое стабла, све до корена, а може бити и смањења висине стабла
          - стабло треба да остане уређено а чворови у складу с дозвољеним распонима броја елемената

# Процедуре

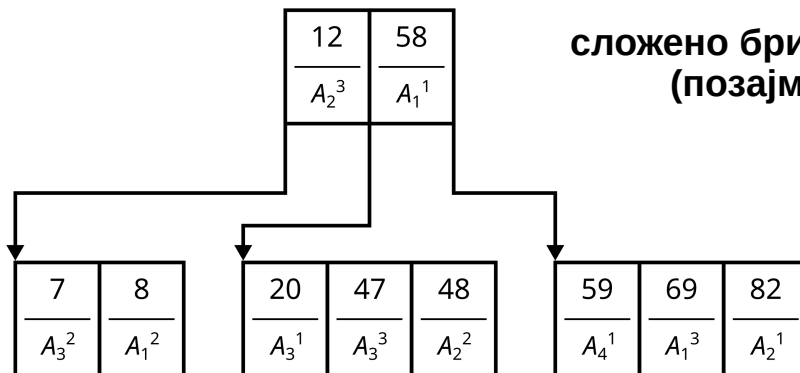
- Ажурирање (Mogin, 2008)
  - брисање – брисање елемента из *B*-стабла
    - 3) сложено брисање из унутрашњег чвора
      - применљиво у једној ситуацији
        - када чвор *C* није лист (чвор *C* је унутрашњи чвор)
      - поступак брисања
        - на место елемента за брисање *b* бива постављен одговарајући заменски елемент, при чему не долази до промене показивача
          - заменски елемент је онај елемент у стаблу који садржи прву већу вредност кључа у односу на ону из елемента *b*
            - први елемент крајњег левог листа у подстаблу које је одређено показивачем из елемента
        - заменски елемент бива обрисан из матичног чвора
          - долази до извршења простог брисања или сложеног брисања из листа

# Процедуре

- Ажурирање
  - брисање
    - брисање слога – пример
      - брисање слога с вредношћу кључа  $k = 8$

ПРЕ БРИСАЊА

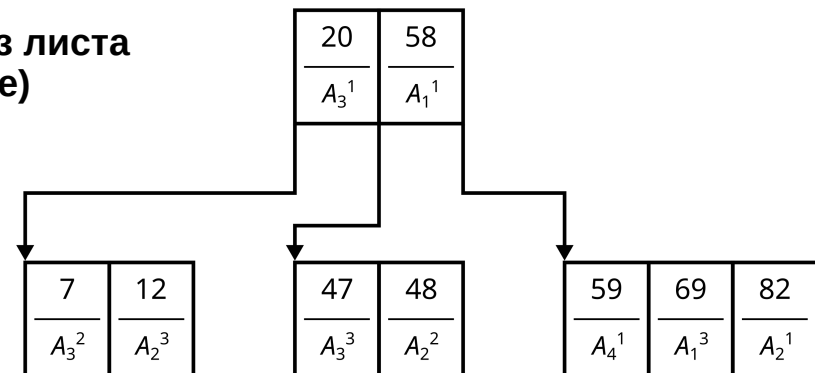
B-СТАБЛО



сложено брисање из листа  
(позајмљивање)

ПОСЛЕ БРИСАЊА

B-СТАБЛО



ранг стабла  $r = 2$

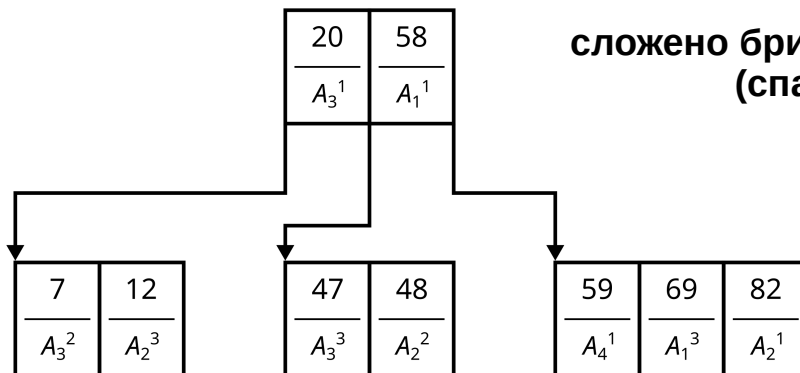
фактор блокирања у примарној зони  $f = 3$

# Процедуре

- Ажурирање
  - брисање
    - брисање слога – пример 2
      - брисање слога с вредношћу кључа  $k = 7$

ПРЕ БРИСАЊА

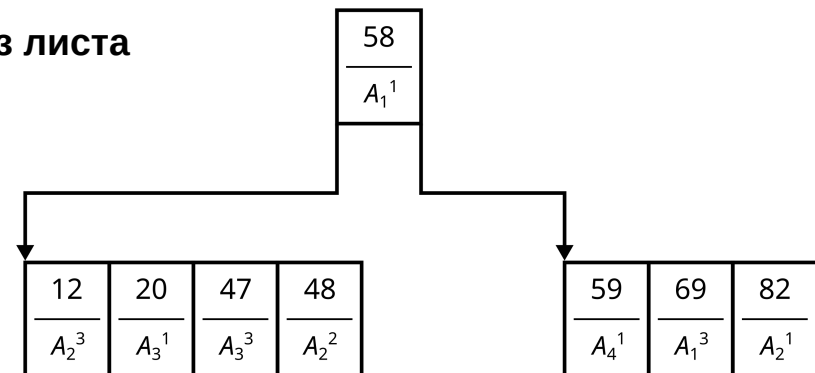
B-СТАБЛО



сложено брисање из листа  
(спајање)

ПОСЛЕ БРИСАЊА

B-СТАБЛО



ранг стабла  $r = 2$

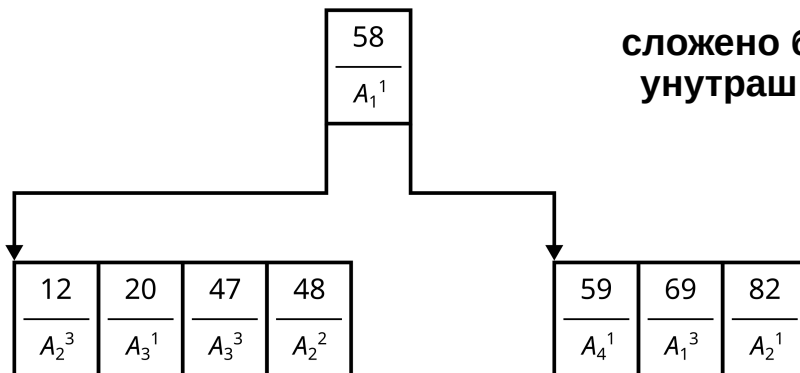
фактор блокирања у примарној зони  $f = 3$

# Процедуре

- Ажурирање
  - брисање
    - брисање слога – пример 3
      - брисање слога с вредношћу кључа  $k = 58$

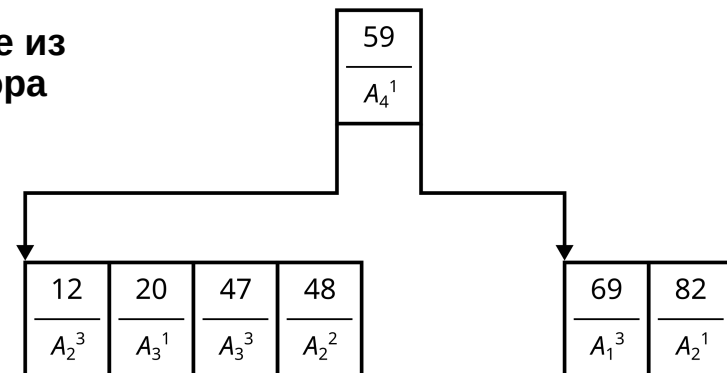
ПРЕ БРИСАЊА

B-СТАБЛО



ПОСЛЕ БРИСАЊА

B-СТАБЛО



ранг стабла  $r = 2$

фактор блокирања у примарној зони  $f = 3$

# Садржај

- Увод
- *B*-стабло
- Процедуре
- **Одлике и примена**
- Додатне варијације
- Ресурси

# Одлике и примена

- Одлике и примена (Mogin, 2008)

- предности

- погодности у односу на статичку индекс-секвенцијалну организацију

- нема потребе за постојањем зоне прекорачења и нема слогова прекорачилаца
      - највећи број приступа при тражењу случајно одабраног слога одговара висини  $B$ -стабла увећаној за један

- организација која је погодна за директну обраду

- мане

- организација која није погодна за редоследну обраду

- поступак дељења чвора  $B$ -стабла приликом додавања елемената фаворизује изградњу полупразног стабла

# Одлике и примена

- Одлике и примена (Mogin, 2008)
  - примена
    - у оперативним системима рачунара опште намене
      - постојање метода приступа за изградњу, коришћење и одржавање индексних датотека с В-стаблом
        - могућа примена у изградњи датотека с више кључева
    - у релационим базама података

# Садржај

- Увод
- *B*-стабло
- Процедуре
- Одлике и примена
- **Додатне варијације**
- Ресурси

# Додатне варијације

- Примери варијација  $B$ -стабла (Mogin, 2008)
  - $B^*$ -стабло
  - $B^\#$ -стабло
  - $B^+$ -стабло

# Додатне варијације

- $B^*$ -стабло (Mogin, 2008)
  - варијанта основног  $B$ -стабла
    - примена радње преливања ради ублажавања проблема полупразног стабла
    - радња преливања
      - када у циљном чвору за упис новог елемента нема слободног места а у суседном чвору има
      - ако оба суседна чвора имају слободно место, бира се десни сусед
      - нови елемент, постојећи елементи циљног чвора, постојећи елементи суседног чвора и међуелемент за циљни чвор и суседни чвор бивају распоређени по циљном чвору, суседном чвору и њима директно надређеном чвору и по потреби прилагођени
      - фаворизација попуњености чворова од 75%
    - када су и циљни чвор и суседни чворови без слободног места примењује се дељење

# Додатне варијације

- $B^\#$ -стабло (Mogin, 2008)
  - варијанта основног  $B$ -стабла и  $B^*$ -стабла
    - примена радње дистрибуираног дељења ради унапређења перформанси
      - гарантована попуњеност чворова од 66% за све нивое у стаблу осим за почетна два
    - радња дистрибуираног дељења
      - када су при упису новог елемента без слободног места и циљни чвор и суседни чворови
      - слично радњи преливања али уз увођење новог чвора који ће уз циљни чвор, суседни чвор и њима директно надређени чвор послужити при распоређивању новог и одређених постојећих елемената
    - преливање и обично дељење су такође заступљени али се примењују само у одређеним ситуацијама

# Додатне варијације

- $B^+$ -стабло (Mogin, 2008)
  - модификација основног  $B$ -стабла
    - погодност за тражење логички наредног слога
  - промене у односу на основно  $B$ -стабло
    - вредности кључа за све слогево распоређене су у листовима
    - листови су спрегнути ради чувања информације о логичким везама између слогова у логичкој структури података датотеке
    - најмање вредности кључа из свих листова осим крајњег левог бивају заступљене и у чворовима на вишим нивоима (унутрашњим чворовима)
    - вредности кључа из унутрашњих чворова се не понављају у надређеним чворовима
    - унутрашњи чворови у погледу структуре одговарају чворовима основног  $B$ -стабла

# Додатне варијације

- Индекс-секвенцијална датотека с  $B$ -стаблом (Mogin, 2008)
  - модификовано  $B^+$ -стабло као основа
    - листови модификованог  $B^+$ -стабла уместо парова кључ – придружени податак садрже целокупне слоге
      - листови модификованог  $B^+$ -стабла су блокови примарне зоне
      - стабло тражења има структуру и особине основног  $B$ -стабла или неке од његових варијанти
        - садржане су само најмање вредности кључа из свих блокова примарне зоне осим из логички првог блока
  - погодност и за директну и за редоследну обраду

# Садржај

- Увод
- *B*-стабло
- Процедуре
- Одлике и примена
- Додатне варијације
- **Ресурси**

# Ресурси

- Извори и литература
  - Pavle Mogin. Strukture podataka i organizacija datoteka. 3. izdanje. Računarski fakultet (Beograd, Srbija), CET (Beograd, Srbija). 2008.
    - Glava 13. Indeksne datoteke sa B - stablima