

# Piros-fekete fák

**Bemutató**

Készítette: Amatits István

# Diplomamunkára kiírt feladat

- ▶ Megfelelő szakirodalom megismerése
- ▶ Piros-fekete fák tárolása
- ▶ Fák adatainak karbantartása, forgatások
- ▶ Windows alkalmazás készítése a megismert algoritmusok szemléltetésére
- ▶ Súgórendszer készítése

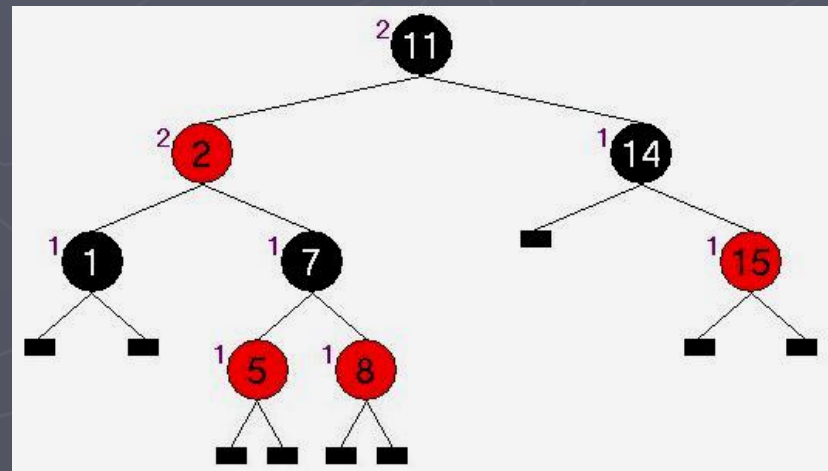
# Piros-fekete fák tulajdonságai

- ▶ A bináris keresőfák egyik fajtája
- ▶ Minden csúcs egy extra bit információt tartalmaz, ez a csúcs színe, amely PIROS vagy FEKETE
- ▶ A csúcsok színezésének korlátozásával biztosítható, hogy piros-fekete fában bármely, a gyökértől levélig vezető út hossza nem lehet nagyobb, mint a legrövidebb ilyen út hosszának a kétszerese → az ilyen fák megközelítőleg kiegyensúlyozottak.

# Piros-fekete fák tulajdonságai

Piros-fekete tulajdonság:

- ▶ Minden csúcs színe vagy PIROS, vagy FEKETE
- ▶ A gyökércsúcs színe FEKETE
- ▶ Minden levél színe FEKETE
- ▶ Minden PIROS csúcsnak mindkét gyereke FEKETE
- ▶ Bármely csúcsból bármely levélig vezető úton ugyanannyi fekete csúcs van



# A bemutató program funkciói

- ▶ Piros-fekete fa létrehozása
- ▶ Fájlműveletek (megnyitás, mentés)
- ▶ Új elemek felvétele
- ▶ Elemek törlése
- ▶ Fekete-magasság számolása
- ▶ Algoritmusok szemléltetése
- ▶ Nyomkövetés

# Piros-fekete fa létrehozása

- ▶ Fa megadása: a csúcsok kulcsaival
- ▶ Új piros-fekete fa: felhasználó adja meg a kulcsokat
- ▶ Véletlen generálás: véletlen számú és értékű kulcsok

Kulcsok száma: max 30

Értékük: 0-99

Új piros-fekete fa készítése

Piros-fekete fa készítése

Új piros-fekete fa

Véletlen generálás

Új kulcs

Hozzáadás

Törlés

A PF fa kulcsai

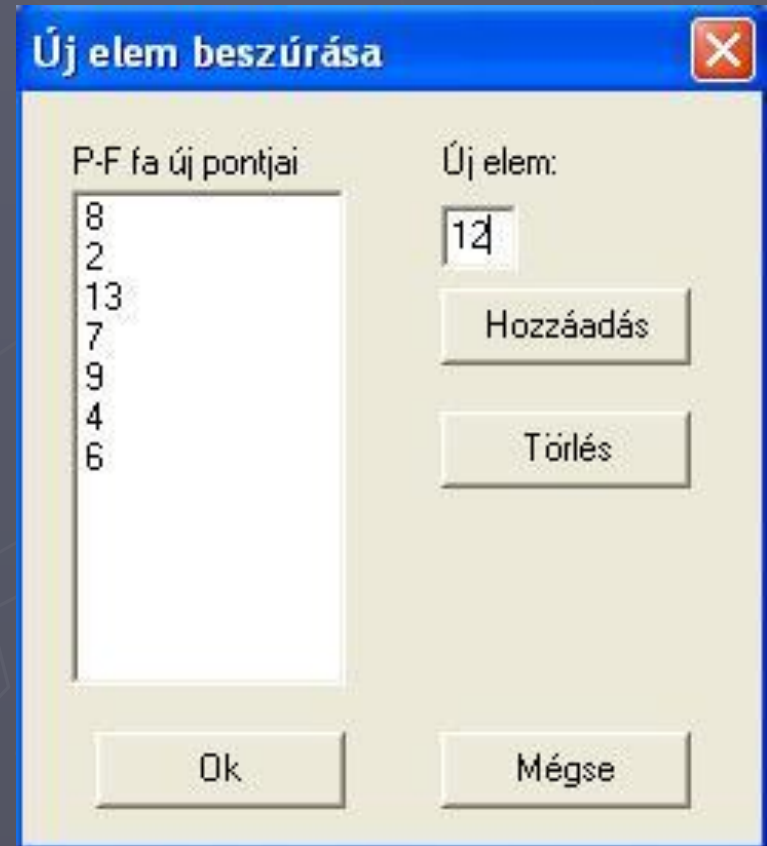
32  
1  
46  
84  
6  
42  
48  
49  
17  
82  
71

Ok

Mégse

# Új csúcsok beszúrása

- ▶ A lista a fa új kulcsait tartalmazza
- ▶ Beszúrás végrehajtása történhet:
  - Lépésenként
  - Folyamatos kirajzolással
  - Azonnali (egy lépésben) kirajzolással
- ▶ Indítás: eszköztár nyomógombjai segítségével



# Beszúrás folyamata

Piros-fekete fákát bemutató program - [F:\Szakdolgozat - CD-re\Bemutató program\Mentés\VPFFa\_9.sav]

Fájl Szerkesztés Súgó

Új csúcs: 4

```
Pszéudó-kód
PF-FÁBA-BESZÚR(T,z)
y=nil(T)
x=gyökér(T)
while x<>nil(T)
  do y=x
  if kulcs[z]<kulcs[x]
    then x=bal[x]
  else x=jobb[x]
szülő(z)=y
if y=nil(T)
  then gyökér(T)=z
else if kulcs[z]<kulcs[y]
  then bal[y]=z
  else jobb[y]=z
bal[z]=nil(T)
jobb[z]=nil(T)
szín[z]=piros
PF-FÁBA-BESZÚR-JAVÍT(T,z)
```

Változó	Érték (Kulcs,Szín,Szülő,Bal,Jobb)
Gyökér	(11, Fekete, nil(T), 2, 14)
z	(8, Piros, 7, nil(T), nil(T))
x	nil(T)
y	(7, Fekete, 2, 5, 8)

Csomópontok száma: 8 Fekete magasság: 2 Minimális kulcs: 1 Maximális kulcs: 15

Piros-fekete fákát bemutató program - [F:\Szakdolgozat - CD-re\Bemutató program\Mentés\VPFFa\_9.sav]

Fájl Szerkesztés Súgó

```
Pszéudó-kód
PF-FÁBA-BESZÚR(T,z)
y=nil(T)
x=gyökér(T)
while x<>nil(T)
  do y=x
  if kulcs[z]<kulcs[x]
    then x=bal[x]
  else x=jobb[x]
szülő(z)=y
if y=nil(T)
  then gyökér(T)=z
else if kulcs[z]<kulcs[y]
  then bal[y]=z
  else jobb[y]=z
bal[z]=nil(T)
jobb[z]=nil(T)
szín[z]=piros
PF-FÁBA-BESZÚR-JAVÍT(T,z)
```

Változó	Érték (Kulcs,Szín,Szülő,Bal,Jobb)
Gyökér	(7, Fekete, nil(T), 2, 11)
z	(2, Piros, 7, 1, 5)
y	(14, Fekete, 11, nil(T), 15)

Csomópontok száma: 9 Fekete magasság: 2 Minimális kulcs: 1 Maximális kulcs: 15

- 4-es kulcsú csúcs beszúrása
- PF-FÁBA-BESZÚR és PF-FÁBA-BESZÚR-JAVÍT algoritmusok futtatása
- Az algoritmusok a piros-fekete tulajdonság teljesülését átszínezésekkel és forgatásokkal biztosítják



# Csúcsok törlése

- ▶ Bal oldali lista: a fa csúcsai
- ▶ Jobb oldali lista: a törlésre kijelölt pontok
- ▶ Listák közötti mozgatás: nyomógombokkal vagy egér segítségével
- ▶ Törlés indítása: eszköztáron elhelyezett nyomógombok segítségével



# Törlés folyamata

Piros-fekete fákat bemutató program - [F:\Szakdolgozat - CD-re\Bemutató program\Mentés\PFfa\_9.sav]

Törendő csúcs: 7  
Fában következő: 8

```
Pszéudó-kód
PF-FÁBÓL-TÖRÖL(T,z)
if bal(z)=nil(T) or jobb(z)=nil(T)
  then y=z
  else y=Fakövetkező(z)
if szülő(y)=nil(T)
  then x=bal(y)
  else x=jobb(y)
szülő(x)=szülő(y)
if szülő(y)=nil(T)
  then gyökér(T)=x
  else if y=bal[szülő(y)]
    then bal[szülő(y)]=x
    else jobb[szülő(y)]=x
if y<z
  then kulcs[z]=kulcs[y]
if szín(y)=FEKETE
  then PFFabolTörölJavit(T,x)
return y
```

Watch ablak

Változó	Érték (Kulcs,Szín,Szülő,Bal,Jobb)
Gyökér	(7, Fekete, nil(T), 2, 11)
x	nil(T)
y	(8, Fekete, 11, nil(T), nil(T))
z	(7, Fekete, nil(T), 2, 11)

Csomópontok száma: 9 Fekete magasság: 2 Minimális kulcs: 1 Maximális kulcs: 15 Módosult

Piros-fekete fákat bemutató program - [F:\Szakdolgozat - CD-re\Bemutató program\Mentés\PFfa\_9.sav]

```
Pszéudó-kód
PF-FÁBÓL-TÖRÖL(T,z)
if bal(z)=nil(T) or jobb(z)=nil(T)
  then y=z
  else y=Fakövetkező(z)
if bal(y)<nil(T)
  then x=bal(y)
  else x=jobb(y)
szülő(x)=szülő(y)
if szülő(y)=nil(T)
  then gyökér(T)=x
  else if y=bal[szülő(y)]
    then bal[szülő(y)]=x
    else jobb[szülő(y)]=x
if y<z
  then kulcs[z]=kulcs[y]
if szín(y)=FEKETE
  then PFFabolTörölJavit(T,x)
return y
```

Watch ablak

Változó	Érték (Kulcs,Szín,Szülő,Bal,Jobb)
Gyökér	(8, Fekete, nil(T), 2, 14)
x	(8, Fekete, nil(T), 2, 14)
y	(8, Fekete, 11, nil(T), nil(T))
z	nil(T)

Csomópontok száma: 8 Fekete magasság: 2 Minimális kulcs: 1 Maximális kulcs: 15 Módosult

- 7-es kulcsú elem törlése
- PF-FÁBÓL-TÖRÖL és PF-FÁBÓL-TÖRÖL-JAVÍT algoritmusok futtatása
- Piros-fekete tulajdonság helyreállítása átszínezésekkel és forgatásokkal

# Fekete-magasság számolása

The screenshot shows a program window titled "Piros-fekete fákát bemutató program - [Névtelen]". The main area displays a binary tree with nodes containing values and their black-heights. The root node is 35 (black, height 3). Its left child is 25 (black, height 2), and its right child is 71 (black, height 2). Node 25 has children 19 (black, height 1) and 32 (black, height 1). Node 19 has children 7 (red, height 1) and 21 (red, height 1). Node 32 has a right child 50 (black, height 1). Node 71 has children 61 (red, height 2) and 93 (black, height 1). Node 61 has children 50 (black, height 1) and 68 (black, height 1). Node 68 has children 65 (red, height 1) and 70 (red, height 1). Node 93 has a right child 91 (red, height 1). A menu is open over the tree, with "Fekete-magasság" checked. A "Watch ablak" (Watch window) at the bottom left shows variables: `Y`álkozó (35, Fekete, nil(T), 25, 71), Gyökér (7, Piros, 19, nil(T), nil(T)), and `y` (nil(T)). A "Pseudó-kód" (Pseudocode) window on the right shows the algorithm for calculating black-heights. The status bar at the bottom indicates: "Csomópontok száma: 14", "Fekete magasság: 3", "Minimális kulcs: 7", "Maximális kulcs: 93".

csúcsok fekete-magassága

fa fekete-magassága

```
Pseudó-kód
PF-FÁBA-BESZÜRIT(z)
y=nil(T)
x=gyökér(T)
while x<>nil(T)
  do y=x
  if kulcs[z]<kulcs[x]
    then x=bal[x]
    else x=jobb[x]
szülő(z)=y
if y=nil(T)
  then gyökér(T)=z
  else if kulcs[z]<kulcs[y]
    then bal[y]=z
    else jobb[y]=z
bal[z]=nil(T)
jobb[z]=nil(T)
szín[z]=piros
PF-FÁBA-BESZÜR-JAVÍT(T,z)
```

Watch ablak	Érték (Kulcs,Szín,Szülo,Bal,Jobb)
Yálkozó	(35, Fekete, nil(T), 25, 71)
Gyökér	(7, Piros, 19, nil(T), nil(T))
z	(7, Piros, 19, nil(T), nil(T))
y	nil(T)

Csomópontok száma: 14 Fekete magasság: 3 Minimális kulcs: 7 Maximális kulcs: 93

Fekete-magasság :  $x$  csúcsból induló, levélig vezető úton található,  $x$ -et nem tartalmazó fekete csúcsok száma . A gyökér fekete-magassága megegyezik a fa fekete-magasságával

# Nyomkövetés – Pszeudókód követése

```
Pszeudó-kód  
PF-FÁBA-BESZÚR(T,z)  
y=nil[T]  
x=gyökér[T]  
while x<>nil[T]  
  do y=x  
    if kulcs[z]<kulcs[x]  
      then x=bal[x]  
      else x=jobb[x]  
szülő[z]=y  
if y==nil[T]  
  then gyökér[T]=z  
  else if kulcs[z]<kulcs[y]  
    then bal[y]=z  
    else jobb[y]=z  
bal[z]=nil[T]  
jobb[z]=nil[T]  
szín[z]=piros  
PF-FÁBA-BESZÚR-JAVÍT(T,z)
```

- ▶ Célja az algoritmusok futásának megfigyelése
- ▶ Az aktuálisan futó algoritmus pszeudókódját mutatja
- ▶ A kijelölés a végrehajtandó utasításon áll

# Nyomkövetés – Watch ablak

- ▶ Feladata a változók értékeinek figyelése
  - Első oszlop: változók neve
  - Második oszlop: változók értékei (kulcs, szín, szülő, bal gyerek, jobb gyerek)

Watch ablak	
Változó	Érték (Kulcs,Szín,Szülő,Bal,Jobb)
Gyökér	(30, Fekete, nil[T], 16, 70)
z	(36, Piros, 70, 32, 44)
y	(32, Fekete, 36, nil[T], nil[T])

# Továbbfejlesztési lehetőségek

- ▶ Bináris keresőfák más fajtáinak megjelenítése
- ▶ Fák karbantartása egér segítségével
- ▶ Nyomkövetés továbbfejlesztése (pl. töréspontok beszúrásával)

VÉGE

