



❖ تعریف مسئله

هدف از این پروژه، آشنایی با پیاده‌سازی و کار با ساختار داده درخت سیاه-قرمز است. در این پروژه، دانشجویان باید درخت سیاه-قرمز را پیاده‌سازی کرده و عملیات اصلی شامل درج، حذف، جستجو و چرخش‌ها را انجام دهند. این پروژه به درک عمیق‌تر الگوریتم‌های متوازن‌سازی درخت‌ها کمک خواهد کرد.

❖ نیازمندی‌های پروژه

۱. ساختار گره (Node):

- یک گره در درخت باید شامل اطلاعات زیر باشد:
 - مقدار کلید (مثل یک عدد یا رشته).
 - رنگ گره (قرمز یا سیاه).
 - اشاره‌گر به گره والد (Parent)، گره چپ (Left)، و گره راست (Right).

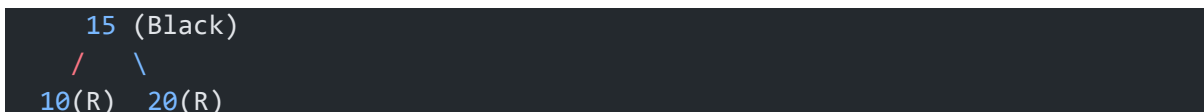
۲. درج (Insertion):

- گره جدید را مانند یک درخت جستجوی دودویی (BST) اضافه کنید.

- رنگ گره جدید را **قرمز** قرار دهید.
- بررسی کنید که آیا قوانین درخت سیاه-قرمز نقض شده‌اند:
 - اگر دو گره **قرمز** متوالی وجود دارند یا تعادل به هم خورده، با تغییر رنگ یا چرخش Left Rotation یا Right Rotation مشکل را برطرف کنید.

مثال ۱: درج گره‌ها و رعایت قوانین درخت سیاه-قرمز

- ورودی: اعداد به ترتیب ۱۰، ۲۰، ۱۵.
- مراحل:
 ۱. اضافه کردن ۱۰: چون اولین گره است، ریشه می‌شود و رنگ آن سیاه خواهد بود.
 ۲. اضافه کردن ۲۰: گره **قرمز** به عنوان فرزند راست ۱۰ اضافه می‌شود.
 ۳. اضافه کردن ۱۵: گره **قرمز** به عنوان فرزند چپ ۲۰ اضافه می‌شود.
 - نقض قانون: دو گره **قرمز** متوالی (۲۰ و ۱۵).
 - راه‌حل: چرخش به راست روی ۲۰ و تغییر رنگ‌ها.
- نتیجه نهایی:

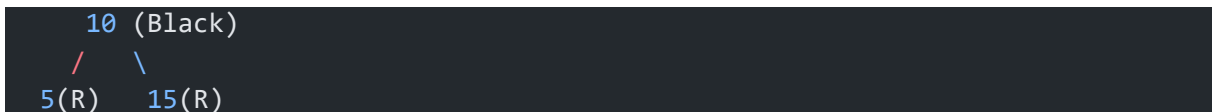


مثال ۲: درج با چرخش چپ

- ورودی: ۵، ۱۰، ۱۵.
- مراحل:
 ۱. اضافه کردن ۵: ریشه سیاه.

- ۲. اضافه کردن ۱۰: گره **قرمز** به عنوان فرزند راست ۵.
- ۳. اضافه کردن ۱۵: گره **قرمز** به عنوان فرزند راست ۱۰.
- نقض قانون: دو گره **قرمز** متوالی (۱۰ و ۱۵).
- راه حل: چرخش به چپ روی ۵ و تغییر رنگ‌ها.

• نتیجه نهایی:

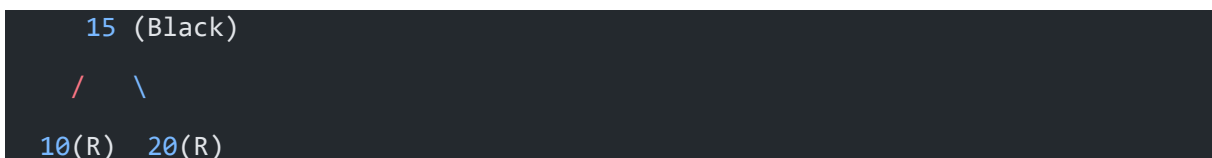


۳. جستجو (Search):

- مقدار ورودی را از ریشه شروع کرده و مانند درخت جستجوی دودویی بررسی کنید:
 - اگر مقدار مورد نظر بزرگ‌تر از گره فعلی است، به سمت راست بروید.
 - اگر کوچک‌تر است، به سمت چپ بروید.
 - اگر مقدار یافت شد، پیام "Not Found" برگردانید.

مثال ۱: جستجوی موفق

• درخت:



- ورودی: جستجوی ۱۰.
- مراحل:
 ۱. شروع از ریشه (۱۵): چون ۱۰ کوچک‌تر است، به سمت چپ می‌رویم.
 ۲. رسیدن به گره ۱۰.

- خروجی: " Found "

مثال ۲: جستجوی ناموفق

- درخت:

```
15 (Black)
 /  \
10(R) 20(R)
```

- ورودی: جستجوی ۲۵.

- مراحل:

۱. شروع از ریشه (۱۵): چون ۲۵ بزرگتر است، به سمت راست می‌رویم.

۲. بررسی گره ۲۰: چون ۲۵ بزرگتر است، به سمت راست می‌رویم و به برگ می‌رسیم.

۳. مقدار ۲۵ پیدا نشد.

- خروجی: " Not Found "

۴. حذف (Deletion):

- گره مورد نظر را پیدا کنید و حذف را مشابه درخت جستجوی دودویی انجام دهید.

- اگر حذف باعث نقض قوانین درخت سیاه-قرمز شد، مشکل را برطرف کنید.

مثال ۱: حذف یک برگ ساده

- ورودی: ابتدا اعداد ۱۰، ۲۰، ۱۵ را درج کنید.

- حذف ۱۵:

○ چون ۱۵ یک برگ است و حذف آن قوانین را نقض نمی‌کند، به راحتی حذف می‌شود.

- نتیجه نهایی:

```
10 (Black)
 \
 20 (Red)
```

مثال ۲: حذف گره‌ای با یک فرزند

- ورودی: ۱۰، ۵، ۱۵.

- حذف ۵:

○ گره ۵ سیاه است و فقط یک فرزند دارد (برگ).

○ راه حل: گره ۱۵ به جای ۵ قرار می‌گیرد و رنگ آن تغییر می‌کند.

- نتیجه نهایی:

```
10 (Black)
 \
 15 (Black)
```

مثال ۳: حذف گره‌ای با دو فرزند

- ورودی: ۲۰، ۱۰، ۳۰، ۲۵.

- حذف ۲۰:

○ گره ۲۰ دو فرزند دارد. جانشین آن (۲۵) جایگزین می‌شود.

○ سپس قوانین بازسازی و رنگ‌بندی بررسی می‌شوند.

```
25 (Black)
 /  \
10(R) 30(R)
```

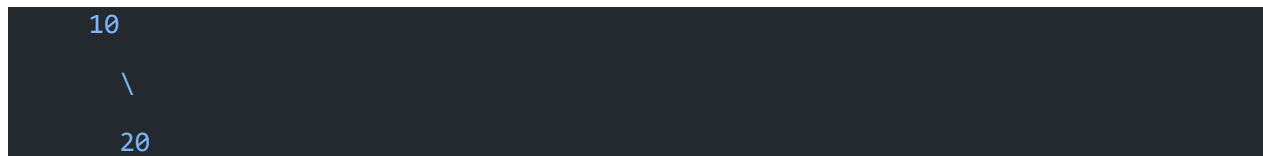
۵. چرخش‌ها (Rotations):

- درخت سیاه-قرمز برای حفظ تعادل از دو نوع چرخش استفاده می‌کند:

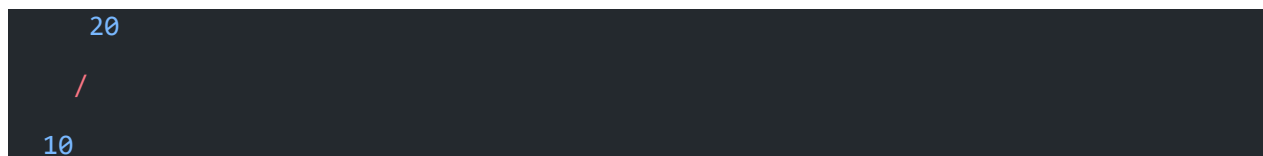
- چرخش به چپ (Left Rotation): برای انتقال عدم تعادل به زیر درخت راست.
- چرخش به راست (Right Rotation): برای انتقال عدم تعادل به زیر درخت چپ.
- چرخش‌ها بخشی از عملیات درج و حذف هستند و هنگام بازسازی درخت استفاده می‌شوند.

مثال ۱: چرخش به چپ

- قبل از چرخش:

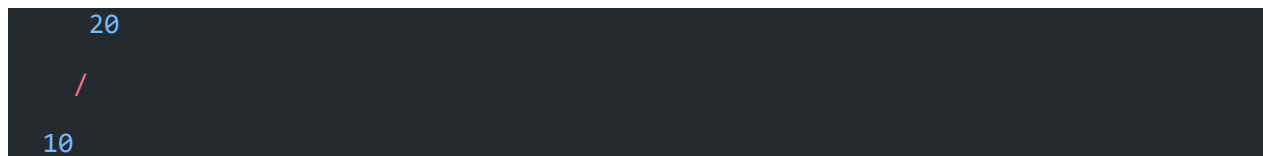


چرخش به چپ روی ۱۰:

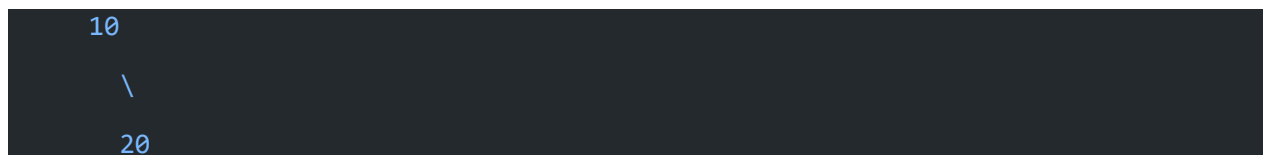


مثال ۲: چرخش به راست

- قبل از چرخش:



چرخش به راست روی ۲۰:



❖ پیاده سازی و ارزیابی

فاز اول پروژه پیاده سازی درخت سیاه-قرمز

- پیاده سازی عملیات درج (Insertion)
 - پیاده سازی عملیات حذف بازسازی درخت در صورت نقض قوانین (Deletion)
 - پیاده سازی عملیات جستجو برای یافتن یک گره در درخت (Search)
 - پیاده سازی چرخش ها برای متوازن سازی درخت (Rotations)
 - نمایش ساده درخت قبل و بعد از هر عملیات مانند مثال های ارائه شده
 - در صورت پیاده سازی گرافیکی نمره امتیازی در نظر گرفته خواهد شد.
 - توجه شود که هدف از انجام این پروژه درک مفاهیم مربوط به درس می باشد، لذا از هرگونه کپی برداری پرهیز شود.
 - استفاده از زبان های برنامه نویسی C/C++، جاوا و پایتون مجاز است.
- فایل های مربوط به پیاده سازی خود را در قالب فایل زیپ شده در سامانه VC قرار دهید.
- حضور و تسلط کامل در زمان ارائه الزامی می باشد.

🔔 مهلت ارسال در سامانه VC برای فاز اول پروژه:

جمعه - ۷ دی - ۱۴۰۳

😊 موفق و سلامت باشید.