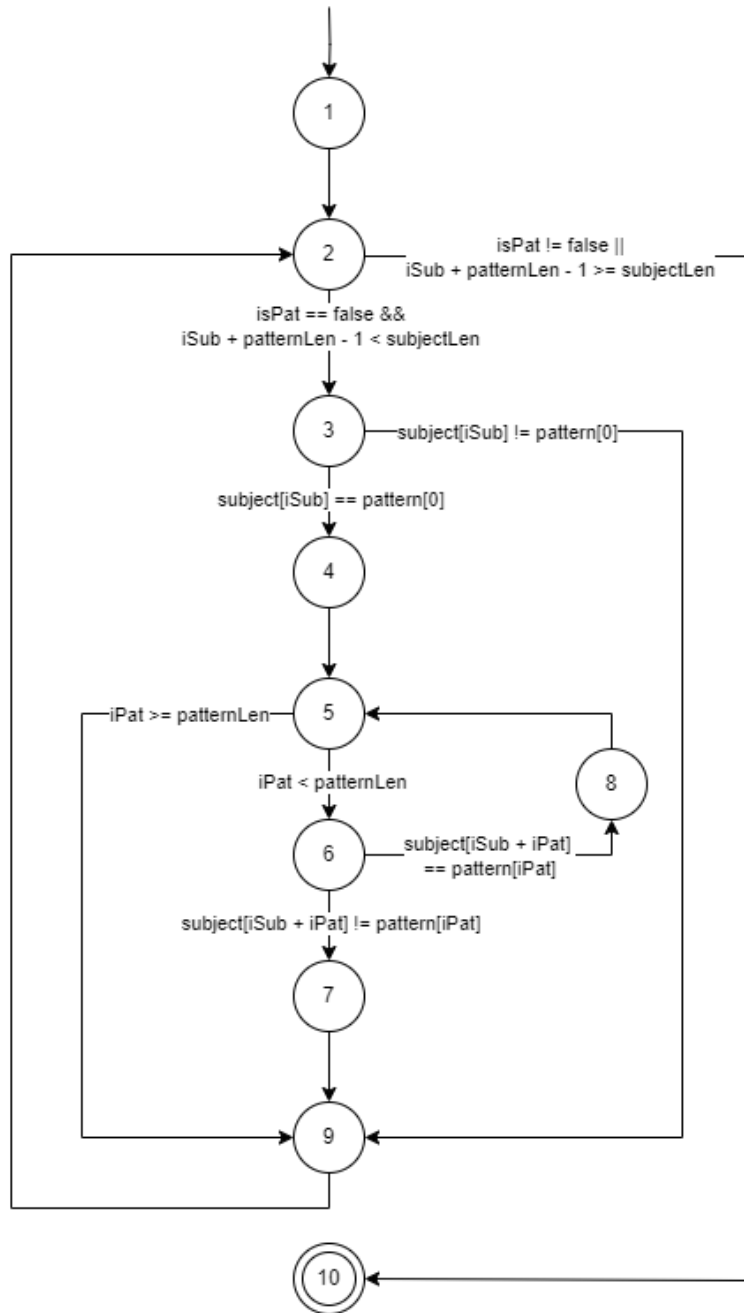


باسمه تعالی

سوال (۱)

الف) گراف کنترل جریان تابع pat:



(ب)

تغییرات تابع pat به شرح زیر است.

```

public int pat(char[] subject, char[] pattern) {
// Post: if pattern is not a substring of subject, return -1
//       else return (zero-based) index where the pattern (first)
//       starts in subject

    final int NOTFOUND = -1;
    int iSub = 0, rtnIndex = NOTFOUND;
    boolean isPat = false;
    int subjectLen = subject.length;
    int patternLen = pattern.length;
    System.out.print(1 + "->");

    System.out.print(2 + "->");
    while (isPat == false && iSub + patternLen - 1 < subjectLen) {
        System.out.print(3 + "->");
        if (subject[iSub] == pattern[0]) {
            System.out.print(4 + "->");
            rtnIndex = iSub; // Starting at zero
            isPat = true;
            System.out.print(5 + "->");
            for (int iPat = 1; iPat < patternLen; iPat++) {
                System.out.print(6 + "->");
                if (subject[iSub + iPat] != pattern[iPat]) {
                    System.out.print(7 + "->");
                    rtnIndex = NOTFOUND;
                    isPat = false;
                    break; // out of for loop
                }
                System.out.print(8 + "->");
                System.out.print(5 + "->");
            }
            System.out.print(9 + "->");
            iSub++;
            System.out.print(2 + "->");
        }
        System.out.println(10);
        return (rtnIndex);
    }
}

```

خروجی مورد آزمون ۱:

1->2->3->9->2->3->9->2->3->9->2->3->9->2->3->9->2->3->9->2->3->4->5->6->8->5->9->2->10

Pattern string begins at the character 7

خروجی مورد آزمون ۲:

1->2->3->9->2->3->9->2->3->9->2->3->9->2->3->9->2->3->9->2->10

Pattern string is not a substring of the subject string

(ج)

DU Pairs:

- [1, (2, 3)]
- [1, (2, 10)]
- [4, (2, 3)]
- [4, (2, 10)]
- [7, (2, 3)]
- [7, (2, 10)]

DU Paths:

- [1,2,3]
- [1,2,10]
- [4,5,9,2,3]
- [4,5,9,2,10]
- [7,9,2,3]
- [7,9,2,10]

مورد آزمون ۱:

1->2->3->9->2->3->9->2->3->9->2->3->9->2->3->9->2->3->9->2->3->4->5->6->8->5->9->2->10

DU Pairs: {[1, (2, 3)], [4, (2, 10)]}

DU Paths: {[1,2,3], [4,5,9,2,10]}

مورد آزمون ۲:

1->2->3->9->2->3->9->2->3->9->2->3->9->2->3->9->2->10

DU Pairs: {[1, (2, 3)], [1, (2, 10)]}

DU Paths: {[1,2,3], [1,2,10]}

در هر دو مورد آزمون Sidetrip نیز در نظر گرفته شده است.

سوال (۲)

چگونگی کارکرد برنامه:

این برنامه به زبان جاوا پیاده سازی شده است.

الگوریتم پیدا کردن مسیرهای اصلی در این برنامه به این صورت است که ابتدا به ازای هر راس یک مسیر در نظر گرفته می شود. سپس برنامه به یک تابع بازگشتی می رود که در هر مرحله سعی می کند مسیرهای در نظر گرفته شده را در صورتی که مسیر اصلی هستند به لیست مسیرهای اصلی منتقل کند و در صورتی که قابل گسترش هستند، گسترش دهد و در غیر این صورت حذف کند. به ازای هر یک از مسیرهایی که قابل گسترش هستند، هر یک از راس هایی که از آخرین راس مسیر به آن ها یال وجود دارد در نظر گرفته می شوند و اگر مسیر شامل راس جدید نبود یا تنها اولین راس با راس جدید برابر بود؛ یک مسیر جدید به لیست مسیرهای در نظر گرفته شده اضافه می شود. در انتها در صورتی که مسیرهای جدیدی برای بررسی در نظر گرفته شده باشند، تابع مجدد بر روی آن ها فراخوانی می شود تا مسیرهای اصلی را بدست آورد و در صورتی که هیچ مسیر جدیدی برای بررسی وجود نداشته باشد؛ تمامی مسیرهای اصلی پیدا شده اند و برنامه به انتها رسیده است.

یک مسیر در صورتی قابل گسترش است که مسیر اصلی نباشد و بتوانیم به انتهای آن راس جدیدی را اضافه کنیم که هم از آخرین راس به راس جدید یال وجود داشته باشد و هم راس جدید با هیچ یک از راس های مسیر بجز راس اول مسیر برابر نباشد.

مسیرهای تولید شده در صورتی که طول آن ها بیشتر یا برابر یک باشند و راس مبدا و مقصد آن ها با هم برابر باشند، مسیر اصلی هستند زیرا دیگر قابل گسترش نیستند. همچنین مسیرهایی که از مبدا و مقصد قابل گسترش نباشند، مسیر اصلی هستند.

در صورتی که راس مبدا یا مقصد یالی در لیست راس ها موجود نباشد؛ گراف داده شده نادرست است و برنامه با خطای "A number of edges are wrong" مواجه می شود.

در صورتی که یک مسیر اصلی وجود داشته باشد که از هیچ یک از راس های اولیه به آن مسیر اصلی دسترسی وجود نداشته باشد؛ گراف داده شده نادرست است و برنامه با خطای "A number of nodes are not connected to initial nodes" مواجه می شود.

در صورتی که یک مسیر اصلی وجود داشته باشد که به هیچ یک از راس‌های پایانی دسترسی نداشته باشد؛
 گراف داده شده نادرست است و برنامه با خطای "A number of nodes are not connected to final nodes" مواجه می‌شود.

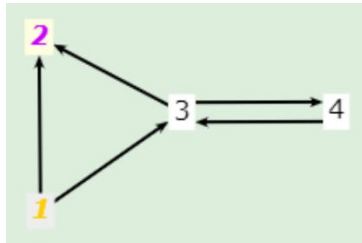
ورودی‌های برنامه:

- دریافت راس‌ها:
 تعداد راس‌های گراف را دریافت می‌کند. سپس نام تمامی راس‌های گراف را دریافت می‌کند.
- دریافت یال‌ها:
 تعداد یال‌های گراف را دریافت می‌کند. سپس به ازای هر یال، راس‌های مبدا و مقصد یال را دریافت می‌کند.
- دریافت راس‌های اولیه:
 تعداد راس‌های اولیه را دریافت می‌کند. سپس نام تمامی راس‌های اولیه را دریافت می‌کند.
- دریافت راس‌های پایانی:
 تعداد راس‌های پایانی را دریافت می‌کند. نام تمامی راس‌های پایانی را دریافت می‌کند.

خروجی برنامه:

در خروجی برنامه، تمامی مسیرهای اصلی گراف چاپ می‌شوند.

نمونه ورودی و خروجی ۱:



```

Please enter the number of nodes: 4
Please enter the name of node 1: 1
Please enter the name of node 2: 2
Please enter the name of node 3: 3
Please enter the name of node 4: 4
Please enter the number of edges: 5
Please enter the name of the source node of edge 1: 1
Please enter the name of the target node of edge 1: 2
Please enter the name of the source node of edge 2: 1
Please enter the name of the target node of edge 2: 3
Please enter the name of the source node of edge 3: 3
Please enter the name of the target node of edge 3: 2
Please enter the name of the source node of edge 4: 3
Please enter the name of the target node of edge 4: 4
Please enter the name of the source node of edge 5: 4
Please enter the name of the target node of edge 5: 3
Please enter the number of initial nodes: 1
Please enter the name of initial node 1: 1
Please enter the number of final nodes: 1
Please enter the name of final node 1: 2
  
```

```

Prime path 1: [1, 2]
Prime path 2: [1, 3, 2]
Prime path 3: [1, 3, 4]
Prime path 4: [3, 4, 3]
Prime path 5: [4, 3, 2]
Prime path 6: [4, 3, 4]
  
```

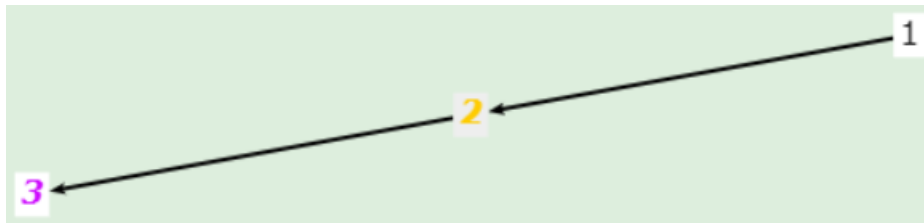
نمونه ورودی و خروجی ۲:

```

Please enter the number of nodes: 1
Please enter the name of node 1: 1
Please enter the number of edges: 1
Please enter the name of the source node of edge 1: 1
Please enter the name of the target node of edge 1: 2
Please enter the number of initial nodes: 1
Please enter the name of initial node 1: 1
Please enter the number of final nodes: 1
Please enter the name of final node 1: 1
Exception in thread "main" java.lang.RuntimeException Create breakpoint : A number of edges are wrong
    at edu.sharif.Validator.validate(Validator.java:18)
    at edu.sharif.Main.readGraph(Main.java:67)
    at edu.sharif.Main.main(Main.java:11)

```

نمونه ورودی و خروجی ۳:

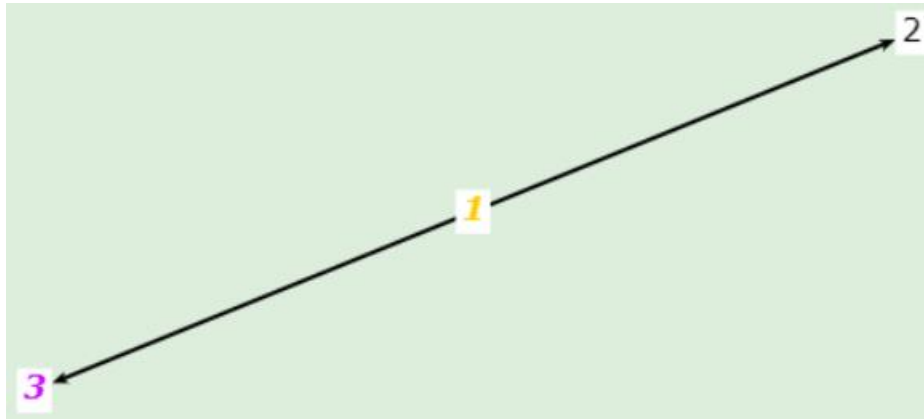


```

Please enter the number of nodes: 3
Please enter the name of node 1: 1
Please enter the name of node 2: 2
Please enter the name of node 3: 3
Please enter the number of edges: 2
Please enter the name of the source node of edge 1: 1
Please enter the name of the target node of edge 1: 2
Please enter the name of the source node of edge 2: 2
Please enter the name of the target node of edge 2: 3
Please enter the number of initial nodes: 1
Please enter the name of initial node 1: 2
Please enter the number of final nodes: 1
Please enter the name of final node 1: 3
Exception in thread "main" java.lang.RuntimeException Create breakpoint : A number of nodes are not connected to initial nodes
    at edu.sharif.Validator.validate(Validator.java:24)
    at edu.sharif.Main.readGraph(Main.java:67)
    at edu.sharif.Main.main(Main.java:11)

```


نمونه ورودی و خروجی ۴:



```

Please enter the number of nodes: 3
Please enter the name of node 1: 1
Please enter the name of node 2: 2
Please enter the name of node 3: 3
Please enter the number of edges: 2
Please enter the name of the source node of edge 1: 1
Please enter the name of the target node of edge 1: 2
Please enter the name of the source node of edge 2: 1
Please enter the name of the target node of edge 2: 3
Please enter the number of initial nodes: 1
Please enter the name of initial node 1: 1
Please enter the number of final nodes: 1
Please enter the name of final node 1: 3
Exception in thread "main" java.lang.RuntimeException: Create breakpoint : A number of nodes are not connected to final nodes
    at edu.sharif.Validator.validate(Validator.java:28)
    at edu.sharif.Main.readGraph(Main.java:67)
    at edu.sharif.Main.main(Main.java:11)
  
```