

คุณสมบัติและความสามารถของโปรแกรม

โปรแกรมที่ได้สร้างขึ้นมีคุณสมบัติดังนี้

1. การแสดงเส้นแต่ละครั้งโดยวิธีการของ Dijkstra's Algorithm
2. มีการระบุแยกออกเป็นสีที่ชัดเจน
3. มีการแสดงคำตอบรูปแบบของ text
4. ลักษณะการมีให้คำตอบอย่างรวดเร็ว

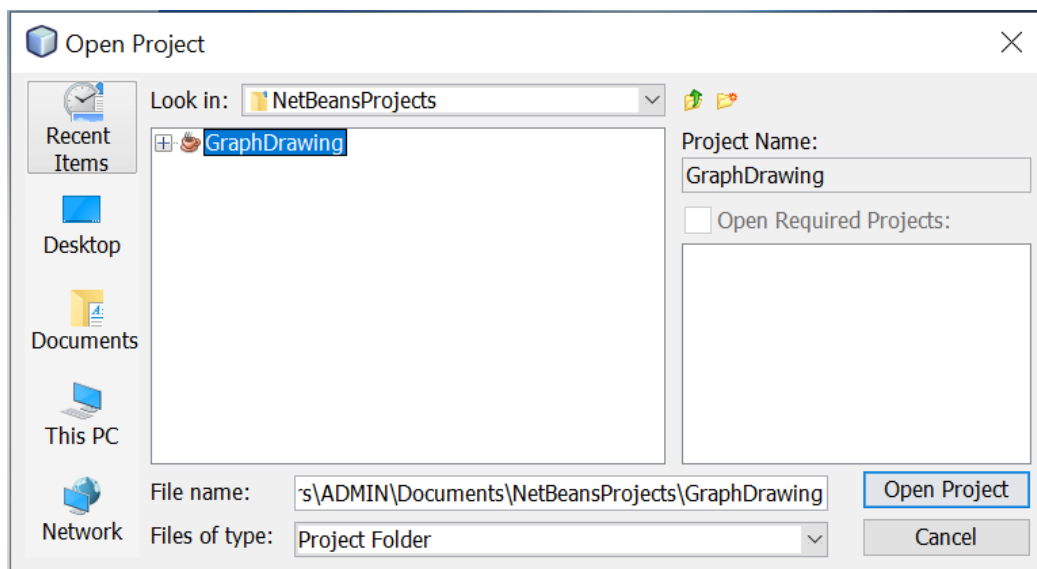
ความสามารถของโปรแกรม

1. สามารถแสดงวาดและแสดงในรูปแบบกราฟได้
2. สามารถหาเส้นทางที่สั้นที่สุดโดยกำหนดจุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุดได้
3. สามารถเลื่อนดูการแสดงผลได้
4. สามารถเปลี่ยนโหมดการแสดงผลได้
5. สามารถแสดงขั้นตอนการค้นหาเส้นทางที่สั้นที่สุดได้
6. สามารถแสดงเส้นทางที่สั้นที่สุดของแต่ละจุดได้

ไลบรารีที่เรียกใช้ และขั้นตอนการติดตั้ง

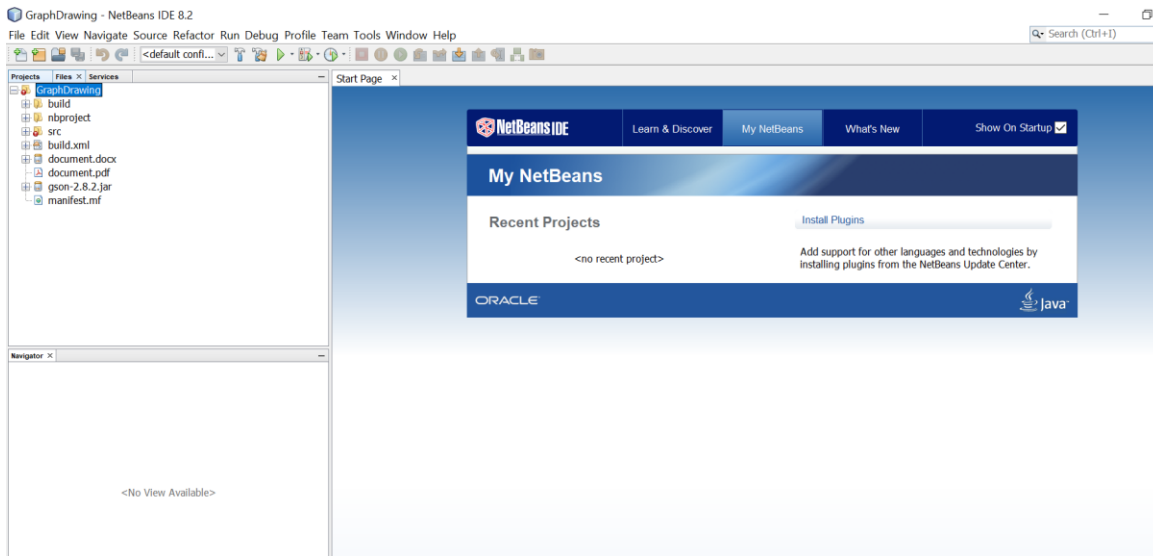
ขั้นตอนการติดตั้ง Package GraphDrawing

1. เข้าไปที่เว็บ <http://github.com/PTaati/GraphDrawing> เพื่อดาวโหลดไฟล์
2. แยกไฟล์ที่ดาวโหลดมา
3. compile โปรแกรมภาษา java ผ่านโปรแกรม IDE Netbean8.2 โดย open Project ชื่อ GraphDrawing ซึ่งภายในมี source code อยู่ใน Folder src



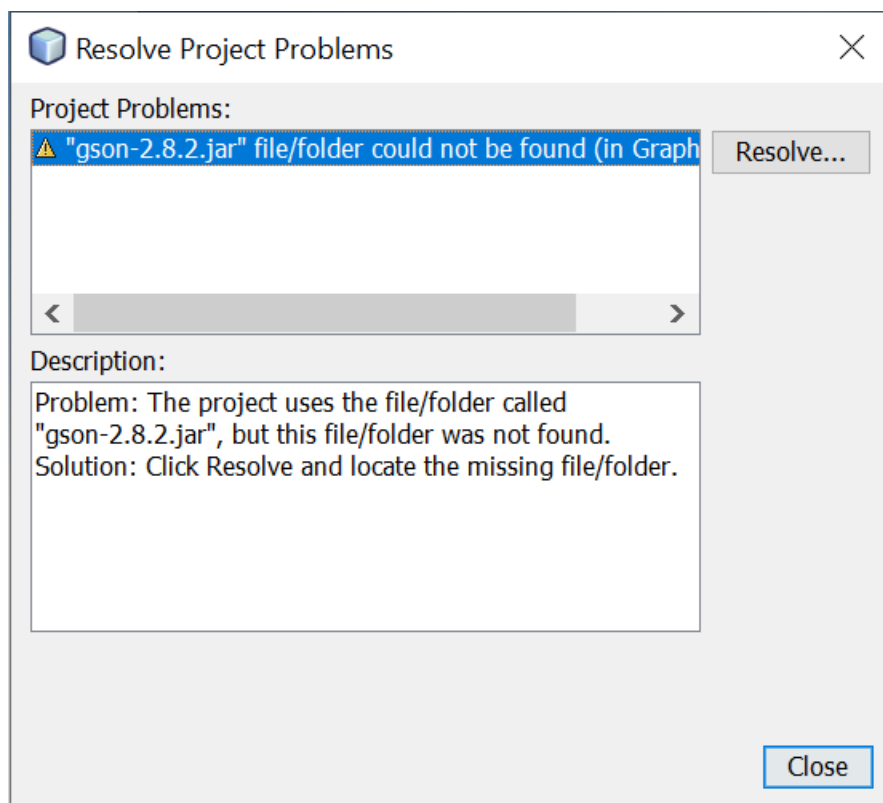
รูปที่ 1 แสดงการ open Project

4. กดคลิกขวาที่ชื่อโปรเจกต์ที่เปิด แล้วจากนั้นกด Resolve Project Problems... เพื่อเพิ่ม GSON เข้ามาในโปรเจกต์



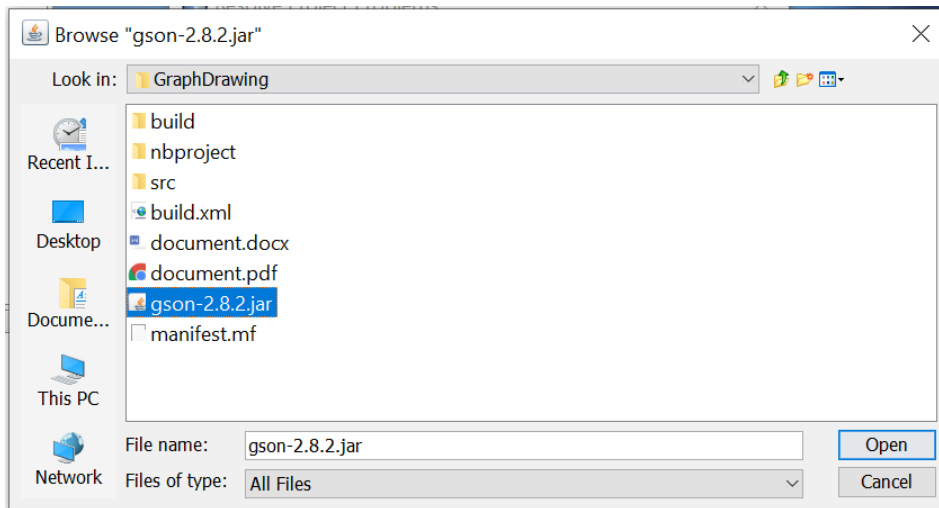
รูปที่ 2 แสดงการเพิ่ม GSON เข้ามาในโปรเจค

5. กด Resolve



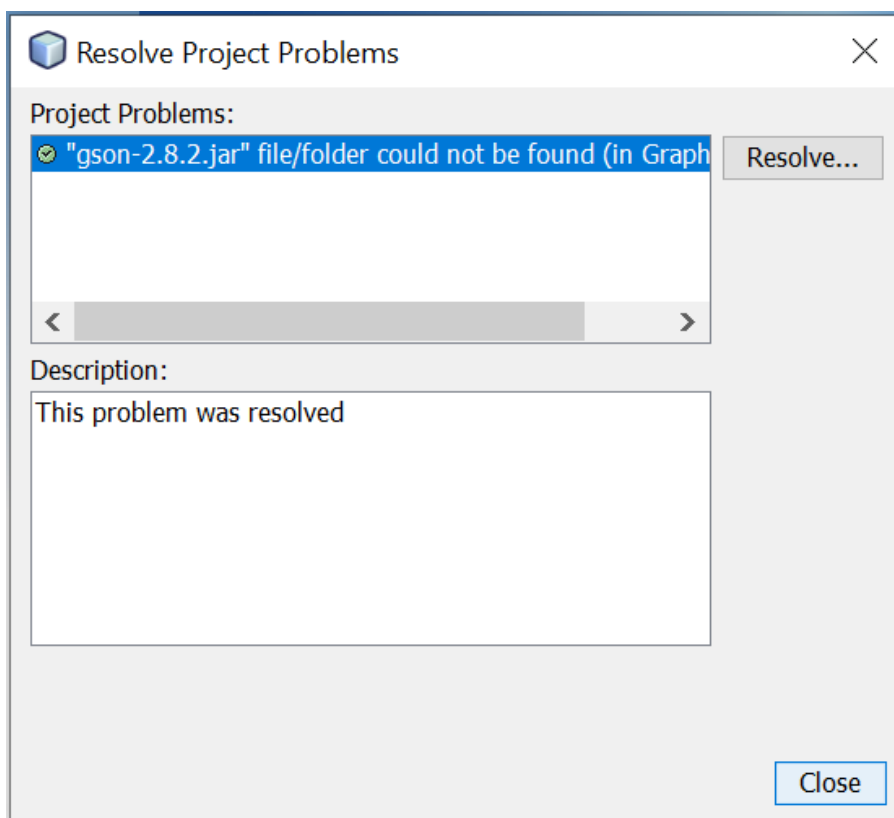
รูปที่ 3 แสดงหน้าต่าง Resolve

6. เข้าไปสู่ Directory ของ Project >> กดเลือกไฟล์ gson-2.8.2.jar >> กด open



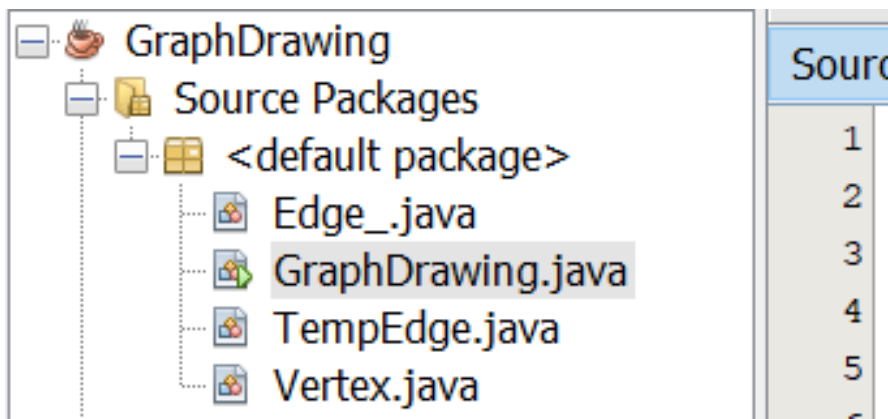
รูปที่ 4 แสดงการเปิดไฟล์ gson-2.8.2.jar

7. กด close



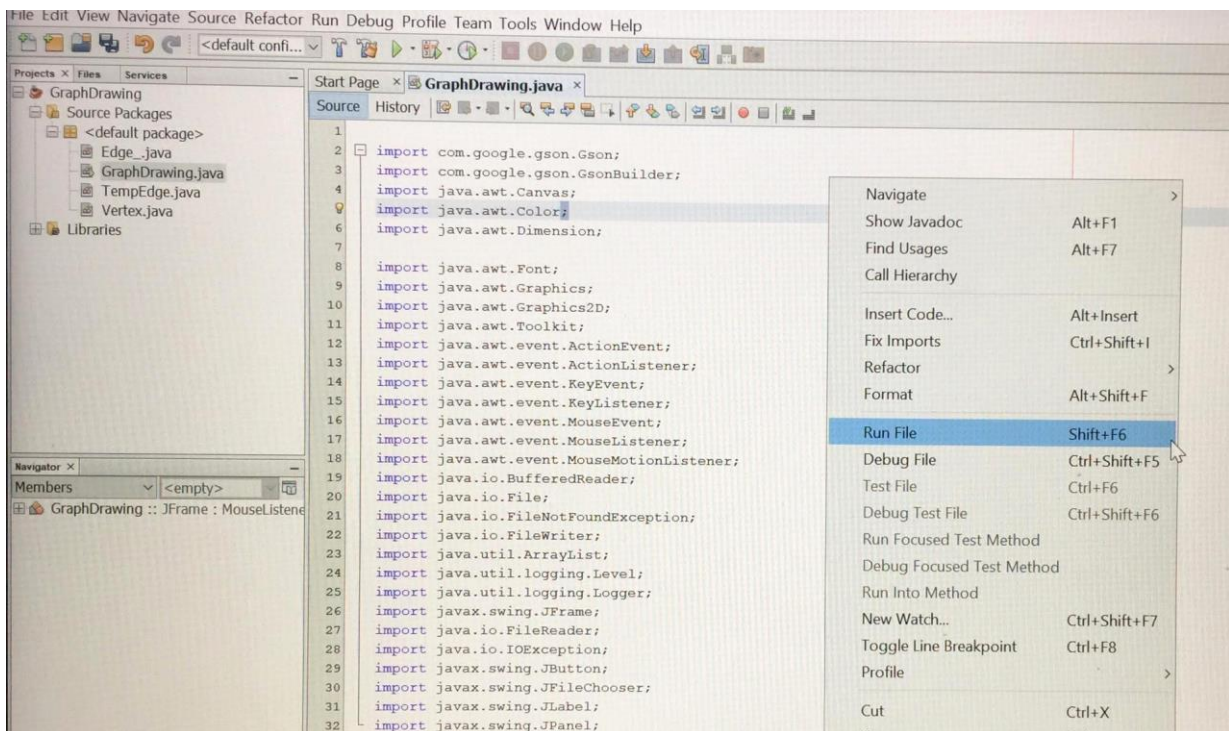
รูปที่ 5 แสดงหน้าต่างหลังจากเพิ่ม GSON

8. เข้าสู่ Project GraphDrawing กดเข้าไปสู่ java ไฟล์ ดังนี้ GraphDreawing >> Source Packages >> <default Packages> >> GraphDrawing.java



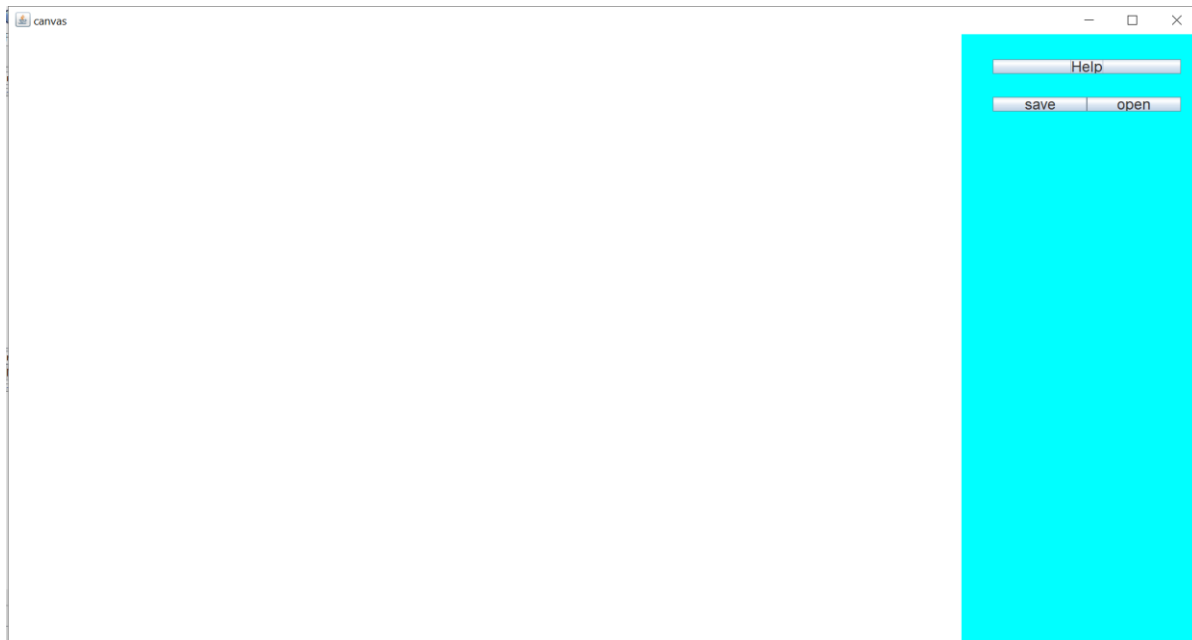
รูปที่ 6 แสดงการเปิดไฟล์ GraphDrawing.java

9. คลิกขวาที่ส่วนของโค้ดแล้วกด Run File (Shift + F6)



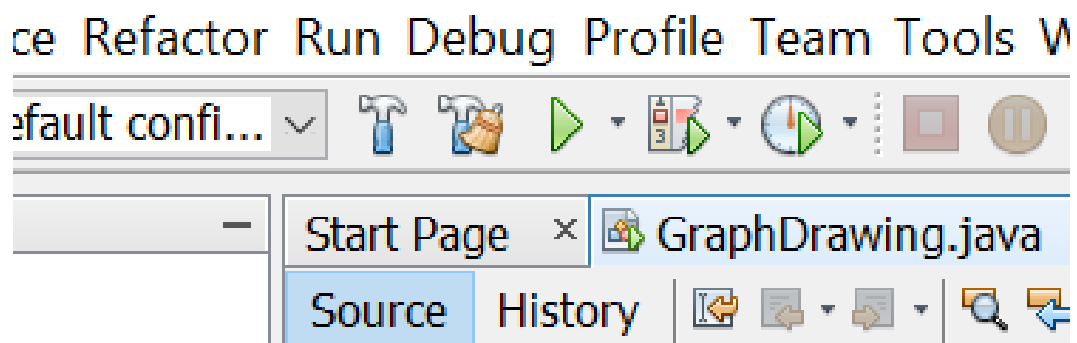
รูปที่ 7 แสดงวิธีการกดรัน

10. โปรแกรมรันหน้า GUI ขึ้นมาดังนี้



รูปที่ 8 แสดงตัวอย่างหน้า GUI

11. หากต้องการสร้างไฟล์ .jar ให้กด  Clean and Build Project (Shift + F11)



รูปที่ 9 แสดงวิธีการสร้างไฟล์ .jar

12. แสดงสถานะการ Build Project

```

Output - GraphDrawing (clean.jar) x
ant -f C:\Users\ADMIN\Documents\NetBeansProjects\GraphDrawing -Dnb.internal.action.name=rebuild clean jar
init:
deps-clean:
Updating property file: C:\Users\ADMIN\Documents\NetBeansProjects\GraphDrawing\build\build-clean.properties
Deleting directory C:\Users\ADMIN\Documents\NetBeansProjects\GraphDrawing\build
clean:
init:
deps-jar:
Created dir: C:\Users\ADMIN\Documents\NetBeansProjects\GraphDrawing\build
Updating property file: C:\Users\ADMIN\Documents\NetBeansProjects\GraphDrawing\build\build-jar.properties
Created dir: C:\Users\ADMIN\Documents\NetBeansProjects\GraphDrawing\build\classes
Created dir: C:\Users\ADMIN\Documents\NetBeansProjects\GraphDrawing\build\empty
Created dir: C:\Users\ADMIN\Documents\NetBeansProjects\GraphDrawing\build\generated-sources\ap-source-output
Compiling 4 source files to C:\Users\ADMIN\Documents\NetBeansProjects\GraphDrawing\build\classes
Note: C:\Users\ADMIN\Documents\NetBeansProjects\GraphDrawing\src\GraphDrawing.java uses or overrides a deprecated API.
Note: Recompile with -Xlint:deprecation for details.
compile:
Created dir: C:\Users\ADMIN\Documents\NetBeansProjects\GraphDrawing\dist
Copying 1 file to C:\Users\ADMIN\Documents\NetBeansProjects\GraphDrawing\build
Copy libraries to C:\Users\ADMIN\Documents\NetBeansProjects\GraphDrawing\dist\lib.
Building jar: C:\Users\ADMIN\Documents\NetBeansProjects\GraphDrawing\dist\GraphDrawing.jar
To run this application from the command line without Ant, try:
java -jar "C:\Users\ADMIN\Documents\NetBeansProjects\GraphDrawing\dist\GraphDrawing.jar"
jar:
BUILD SUCCESSFUL (total time: 3 seconds)

```

รูปที่ 10 แสดงสถานะการสร้าง

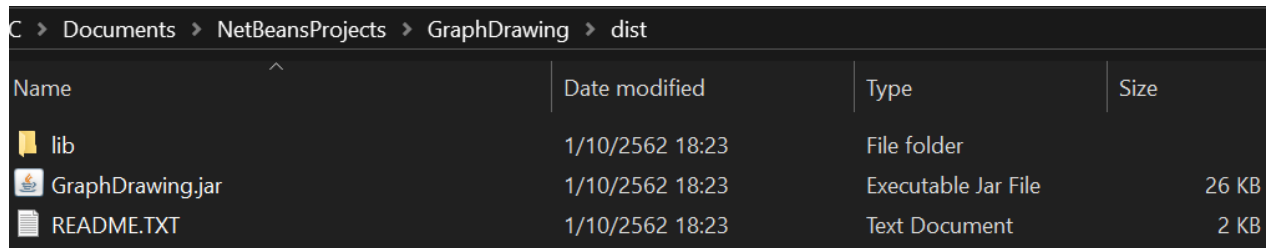
13. หลังจากขั้นตอนที่ 10 จะมีโฟลเดอร์ dist ปรากฏขึ้นมา

C > Documents > NetBeansProjects > GraphDrawing

Name	Date modified	Type	Size
build	1/10/2562 18:23	File folder	
dist	1/10/2562 18:23	File folder	
nbproject	30/9/2562 20:47	File folder	
src	30/9/2562 20:47	File folder	
build.xml	30/9/2562 20:47	XML Document	4 KB
document.docx	30/9/2562 20:47	Microsoft Word Doc...	1,549 KB
document.pdf	30/9/2562 20:47	Chrome HTML Docu...	1,415 KB
gson-2.8.2.jar	30/9/2562 20:47	Executable Jar File	228 KB
manifest.mf	30/9/2562 20:47	MF File	1 KB

รูปที่ 11 แสดงโฟลเดอร์เมื่อสร้างสำเร็จ

14. เมื่อเข้าไปในโฟลเดอร์ dist ก็จะมีโปรแกรม GraphDrawing.jar และ โฟลเดอร์ lib ที่เก็บ library GSON สำหรับใช้ save และ open ภายในโปรแกรม



C > Documents > NetBeansProjects > GraphDrawing > dist			
Name	Date modified	Type	Size
lib	1/10/2562 18:23	File folder	
GraphDrawing.jar	1/10/2562 18:23	Executable Jar File	26 KB
README.TXT	1/10/2562 18:23	Text Document	2 KB

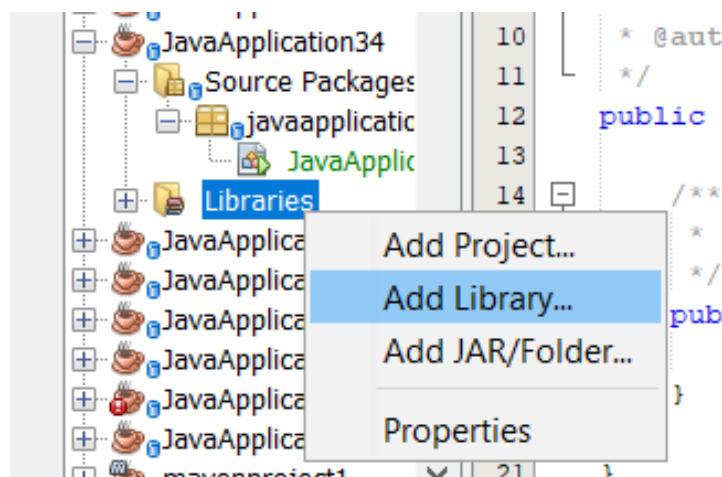
รูปที่ 12 แสดงส่วนประกอบที่ถูกสร้างในโฟลเดอร์

ขั้นตอนการติดตั้งไลบรารี ของ Processing

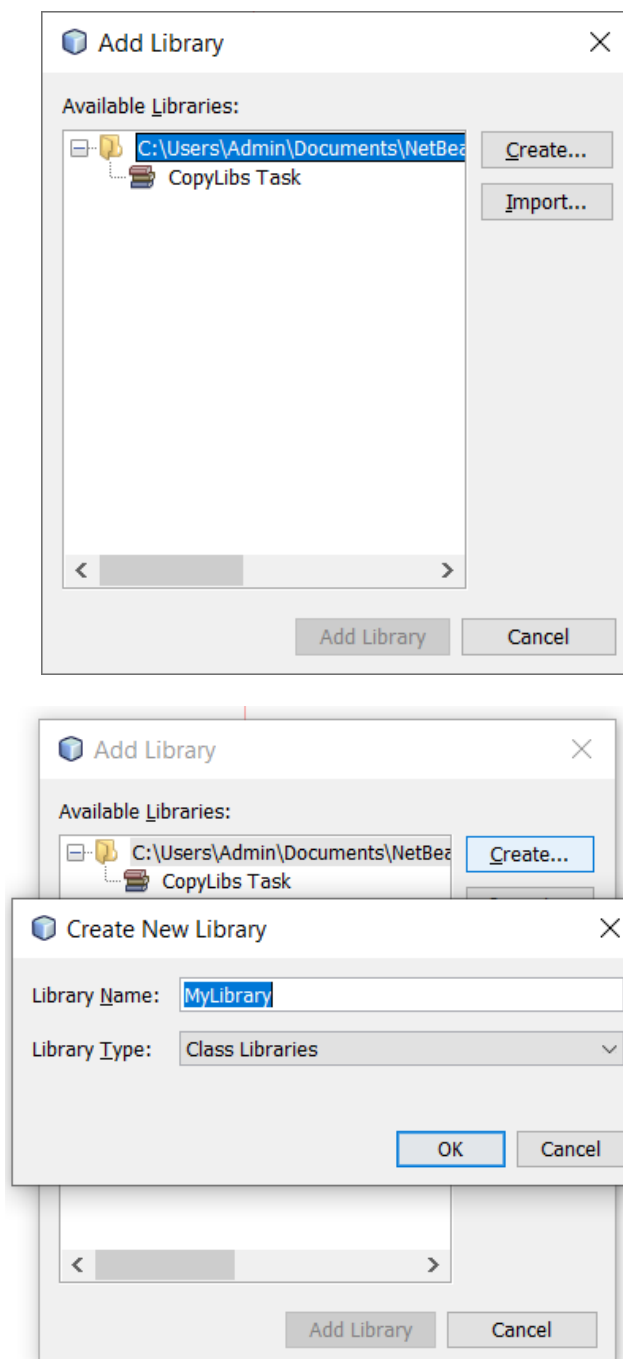
1).เข้าไปที่เว็บ <https://processing.org/download/> เพื่อดาวน์โหลดไฟล์



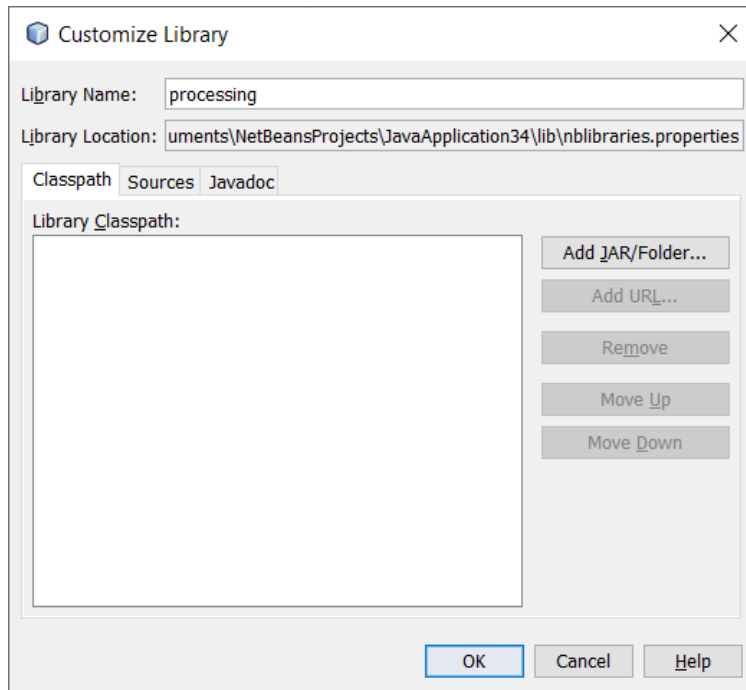
2).เปิด Netbeans 8.2 แล้วคลิกขวาที่โปรเจกต์ Java ตรงไลบรารีและเลือก Add library



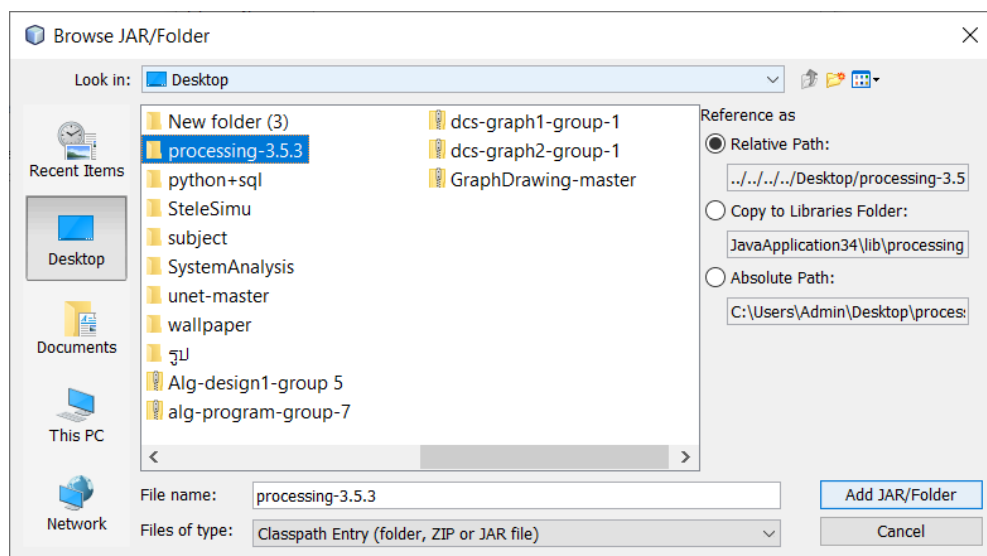
3).สร้างที่เก็บไลบรารีโดย กด Create...

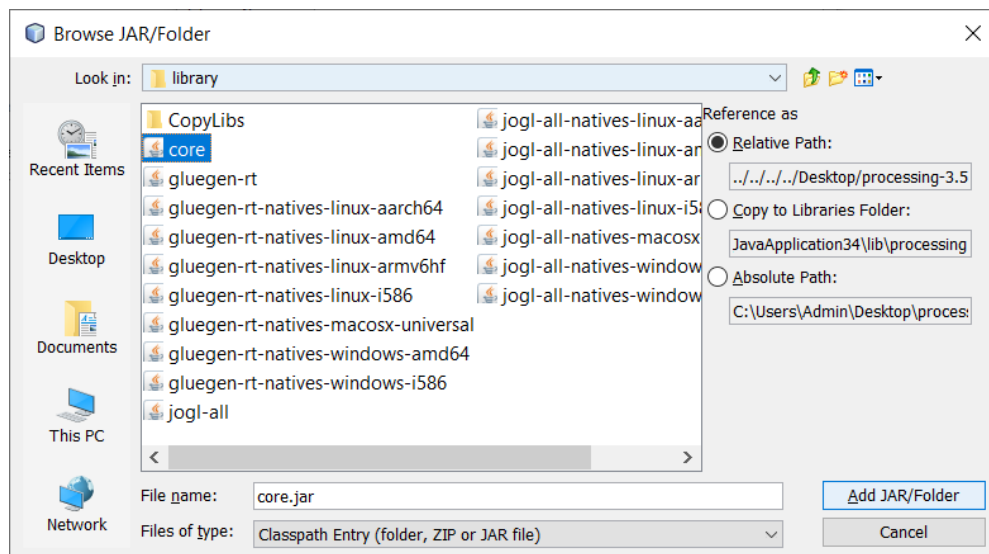
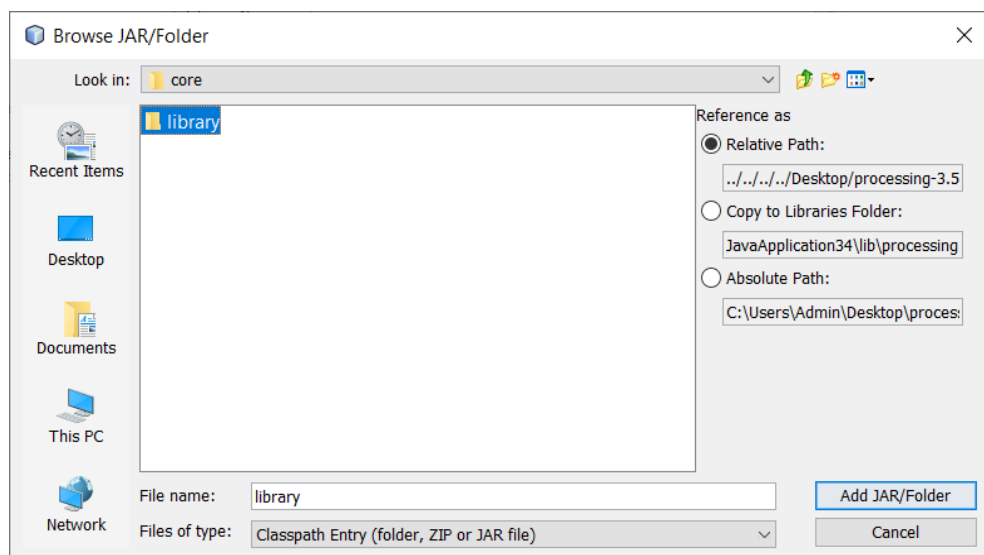
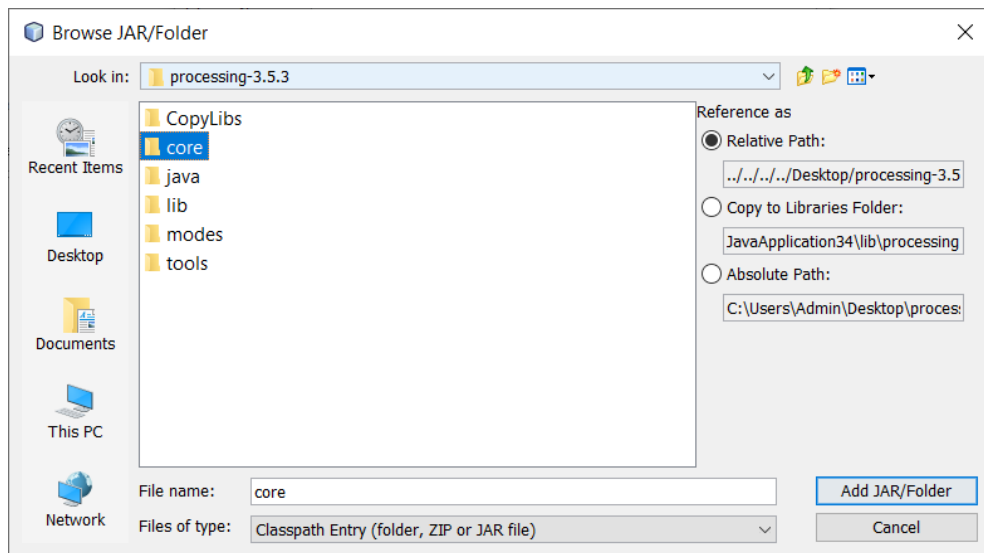


4).กด Add JAR/Folder...

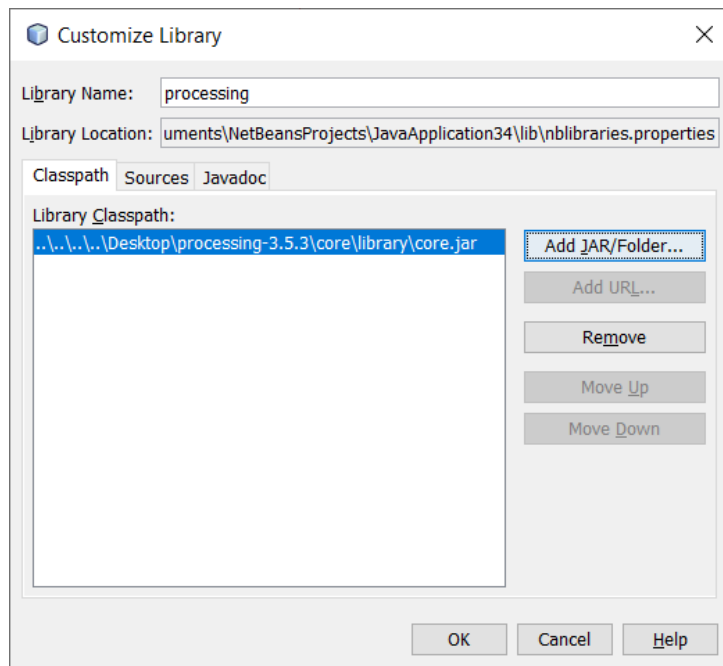


5).เปิดไปที่โฟลเดอร์ของ processing ที่เราแตกไฟล์มา และเข้าไปในไฟล์ตามรูป

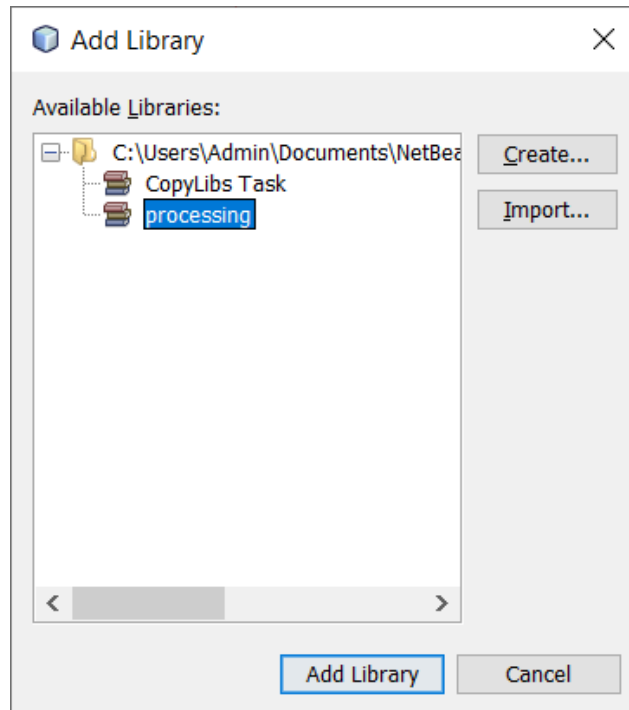




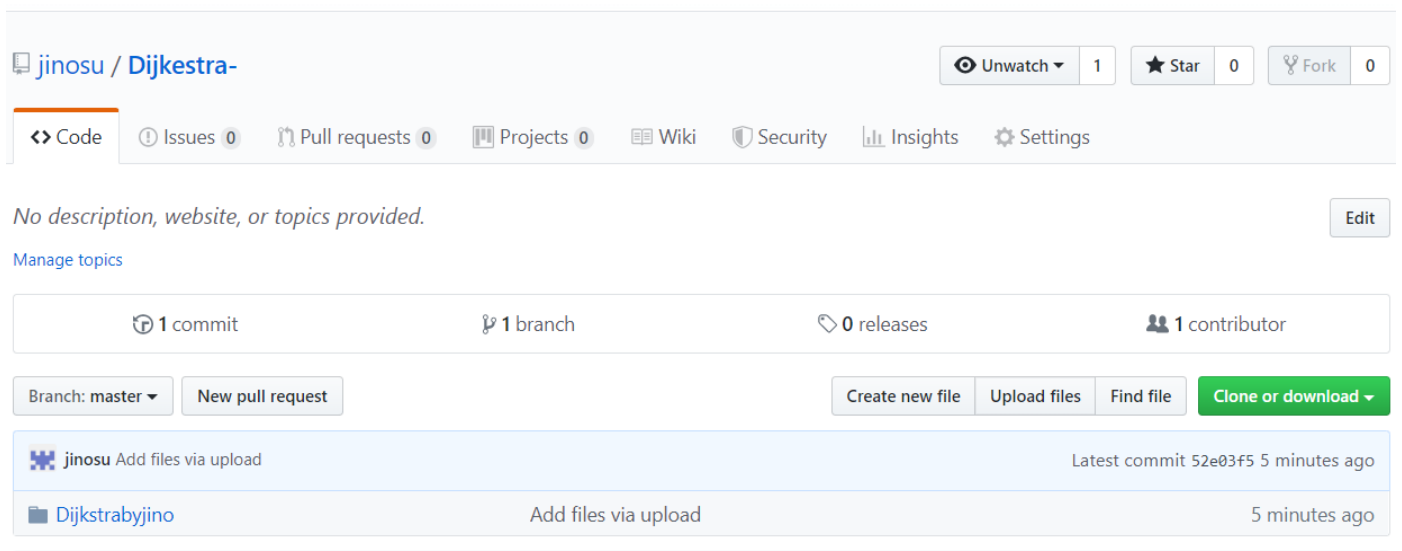
6).และหลังจากที่เลือกไฟล์ที่ชื่อว่า core ให้กด OK



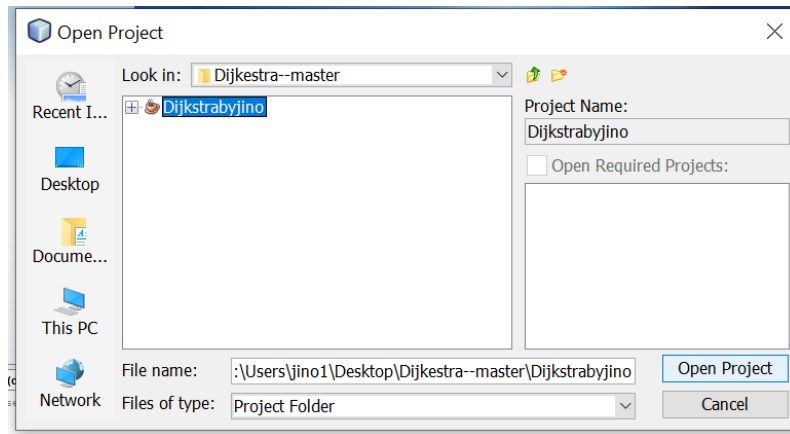
7).คลิกปุ่มเพิ่มไลบรารีและเลือก AddLibrary ที่เหมาะสม



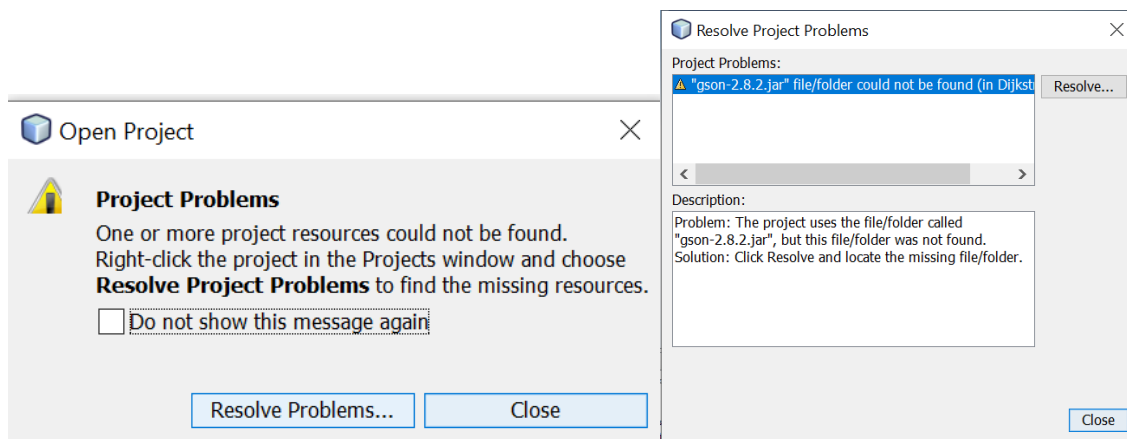
8). หากยังไม่ได้ให้เข้าไปที่ <https://github.com/jinosu/Dijkstra-> เพื่อทำการ clone หรือ download ไฟล์



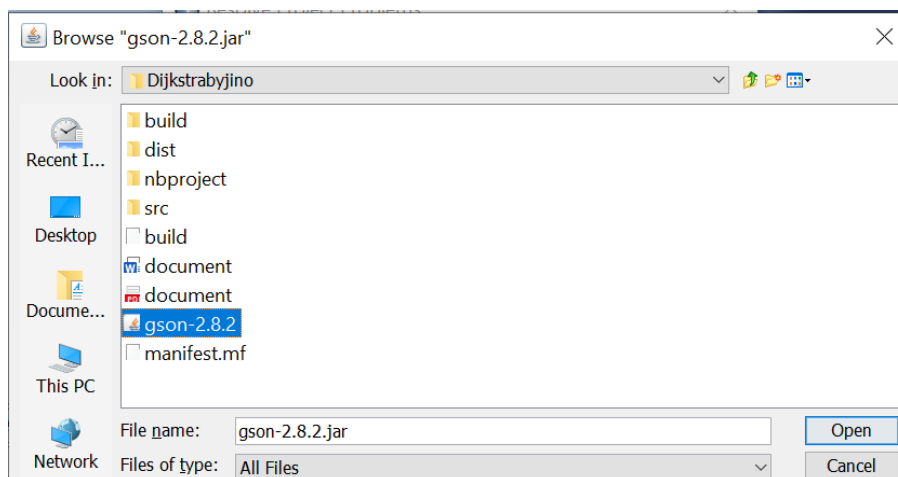
9). เปิดไฟล์โปรเจก File >> Open Project >> Dijkstra--master >> Dijkstrabyjino



10). กด Resolve Project Problems... เพื่อเพิ่ม GSON เข้ามาในโปรเจค



11). เข้าไปสู่ Directory ของ Project >> กดเลือกไฟล์ gson-2.8.2.jar >> กด open



12). ใส่ไลบรารีตามวิธีการข้อ 1 ถึง 7

Dijkstra's Algorithm

อัลกอริทึมนี้ใช้แก้ไขปัญหาเรื่อง shortest path

หรือการหาระยะทางที่สั้นที่สุดของกราฟที่มีค่าน้ำหนักของเส้นเชื่อมเป็นบวก

จากจุดยอดต้นทางไปยังจุดยอดปลายทาง

ตัวแปรและสมการที่ใช้ในการคำนวณของ Dijkstra's Algorithm

T คือ เซตของจุดยอดที่จะนำมาหาเส้นทาง

$\text{dist}(v)$ คือ ค่าน้ำหนักจากจุดยอดหนึ่งไปยังจุดยอดใดๆที่ประชิดกัน

$\text{weight}(v,u)$ คือ น้ำหนักของเส้นเชื่อม vu

$\text{prev}(v)$ คือ จุดยอดก่อนหน้าที่จะเชื่อมมา

สมการที่ใช้คำนวณ คือ $\text{dist}(v) + \text{weight}(v,u) = \text{dist}(u)$

การเก็บกราฟ สร้างตารางและการอธิบายโปรแกรมเบื้องต้น

ส่วนที่ 1 Code ของโปรแกรม ทำการสร้างเมธอดอาเรย์มาใช้ในการเก็บ ตำแหน่งจุดยอด เส้นเชื่อม และค่าระหว่างจุดยอดแต่ละจุด จากนั้นทำการส่งค่าไปยังเมธอด GraphDrawing เพื่อวาดกราฟ พร้อมทั้งส่งค่าไปเมธอด Processing เพื่อคำนวณหา shortest path ตามรูปแบบของ Dijkstra's Algorithm และนำค่าที่ได้ไปแสดงในรูปแบบตารางภายในโปรแกรม

ส่วนที่ 2 การใช้งานโปรแกรม

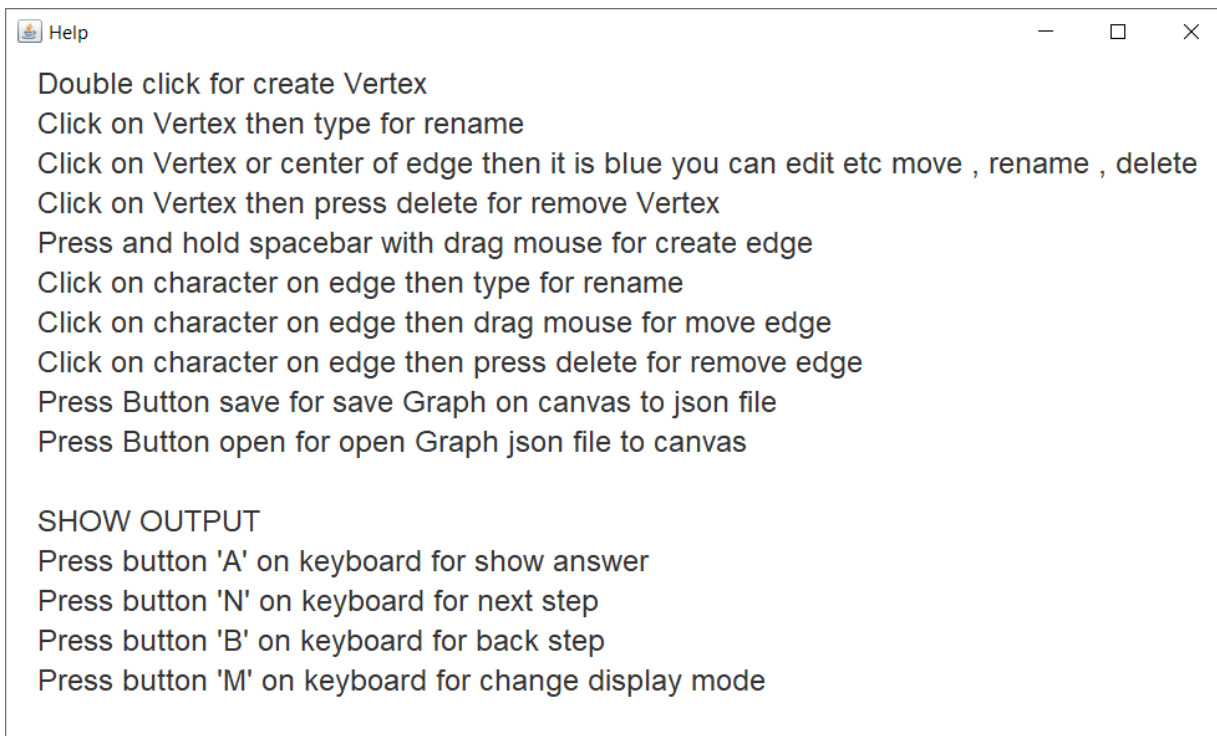
ผู้ใช้งานสามารถอินพุตข้อมูลจากไฟล์เข้ามาโปรแกรมจะวาดกราฟให้ หรือจะวาดกราฟเองก็ได้ และผู้ใช้งานใส่จุดยอดเริ่มต้นและจุดยอดสิ้นสุด ที่ต้องการหาเส้นทางที่สั้นที่สุด เมื่อกดรันโปรแกรม โปรแกรมจะแสดงขั้นตอนการหาเส้นทางที่สั้นที่สุดในรูปแบบของตาราง

โปรแกรมมีโหมดการทำงานทั้งหมด 3 โหมด คือ

- 1). โหมดแสดงเส้นทางที่มีการคำนวณหาเส้นทางที่สั้นที่สุดที่ละจุด (เส้นเชื่อมสีแดง)
- 2). โหมดแสดงเส้นทางที่สั้นที่สุดของแต่ละ level (เส้นเชื่อมสีเขียว)
- 3). โหมดแสดงคำตอบทั้งหมด (จุดยอดมีไฟกระพริบ และเส้นเชื่อมสีแดง)

ตัวอย่าง GUI Help

มีการเขียนรายละเอียดการใช้โปรแกรมเพิ่มเติมจากของนายไพรัตน์ อติชาติ ดังนี้

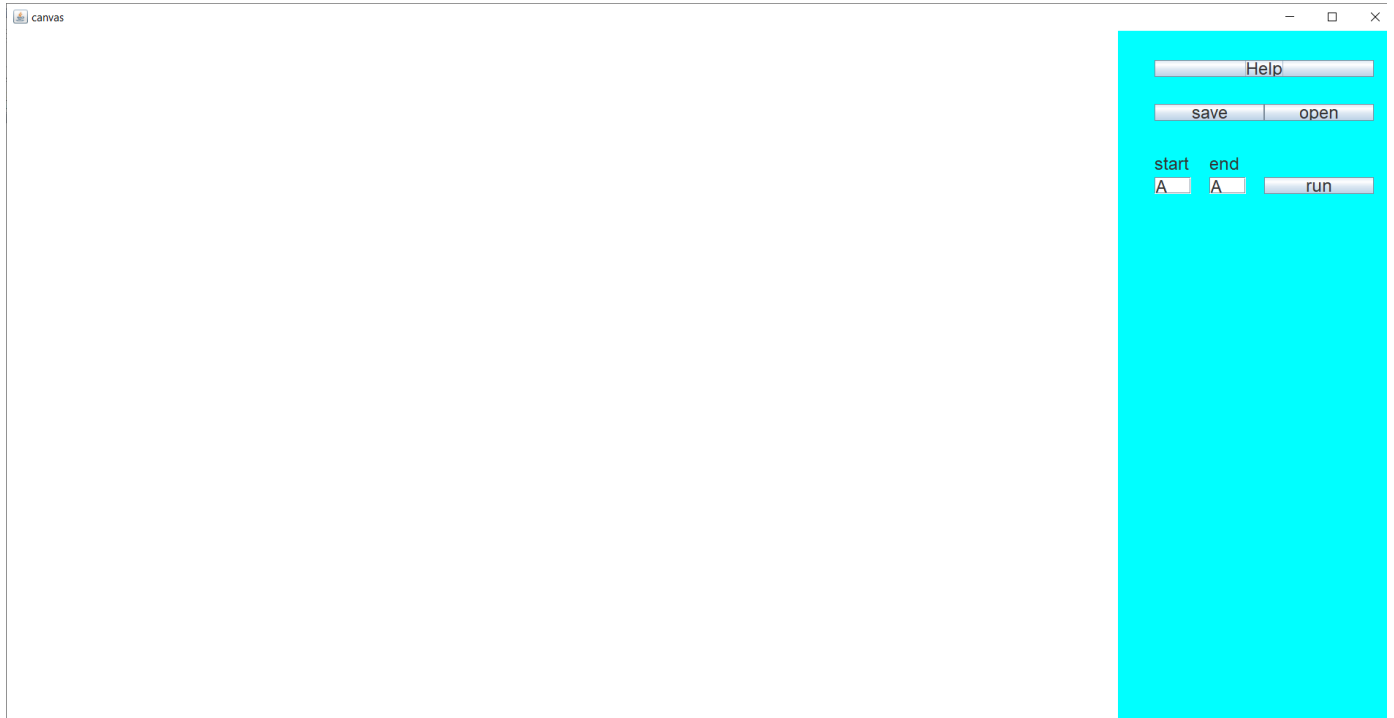


การแสดงผลลัพธ์

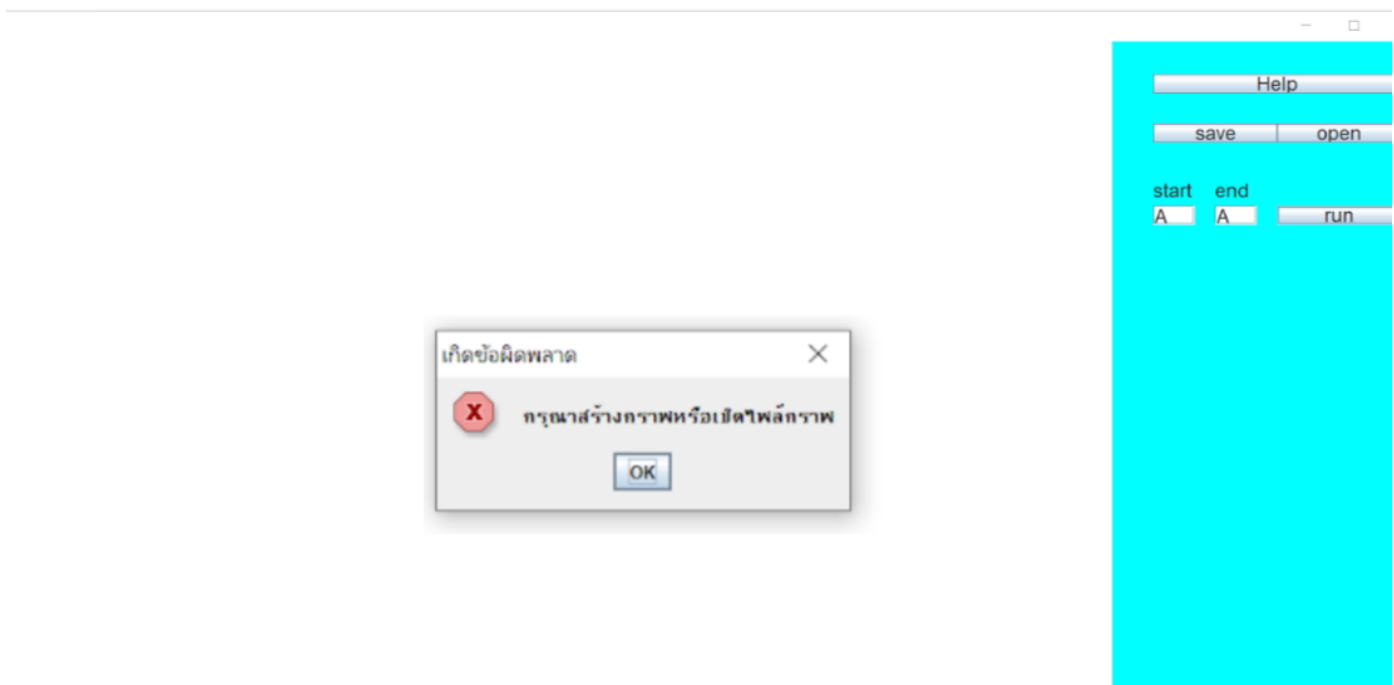
1. กดปุ่ม A บนแป้นพิมพ์ จะเป็นโหมดการแสดงผลคำตอบสุดท้ายทันที
2. กดปุ่ม N บนแป้นพิมพ์ จะแสดงขั้นตอนการทำงานถัดไป
3. กดปุ่ม B บนแป้นพิมพ์ จะแสดงขั้นตอนการทำงานก่อนหน้า
4. กดปุ่ม M บนแป้นพิมพ์ จะเปลี่ยนโหมดการแสดงผล

การแสดงผลโปรแกรมในรูปแบบของกราฟ

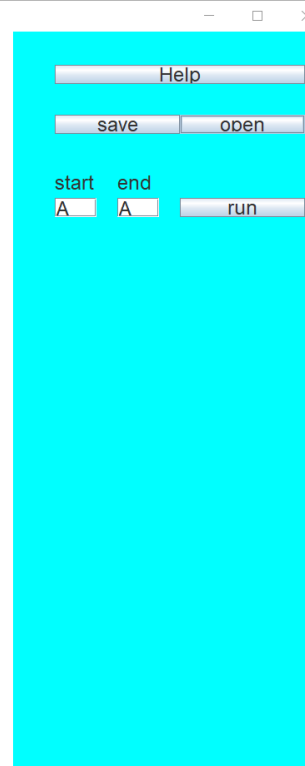
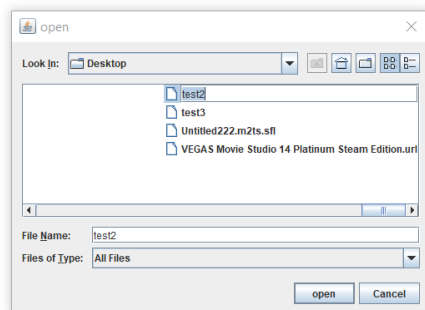
1. เมื่อกดรันโปรแกรมจะขึ้นหน้าต่างในการวาดกราฟเอง หรือจะ input เป็นไฟล์ข้อมูลการวาดกราฟก็ได้



2. ถ้ากด run โดยที่ยังไม่ได้วาดกราฟ หรือ input ข้อมูลกราฟ โปรแกรมจะขึ้นแจ้งเตือนว่า “กรุณาสั่งสร้างกราฟหรือเปิดไฟล์กราฟ”



3.ถ้าจะ input ข้อมูลเป็นไฟล์ข้อมูลการวาดกราฟ กด open แล้วเลือกไฟล์ที่ต้องการ

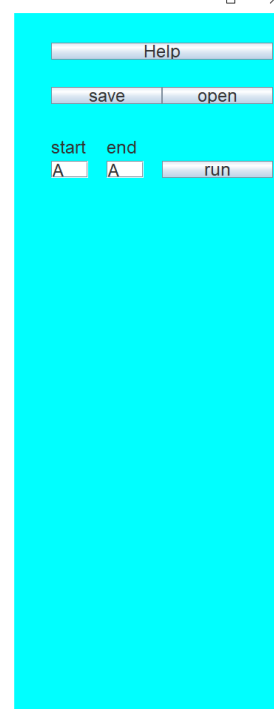
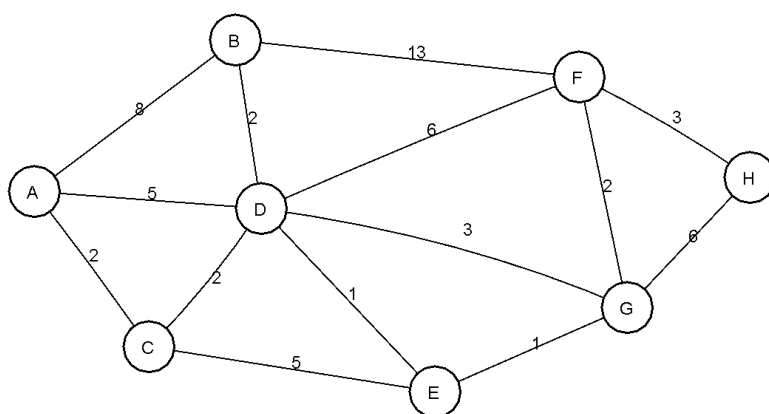


4.โปรแกรมแสดงกราฟออกมา ตามไฟล์ข้อมูลการวาดกราฟ เมื่อโปรแกรมวาดกราฟเสร็จ

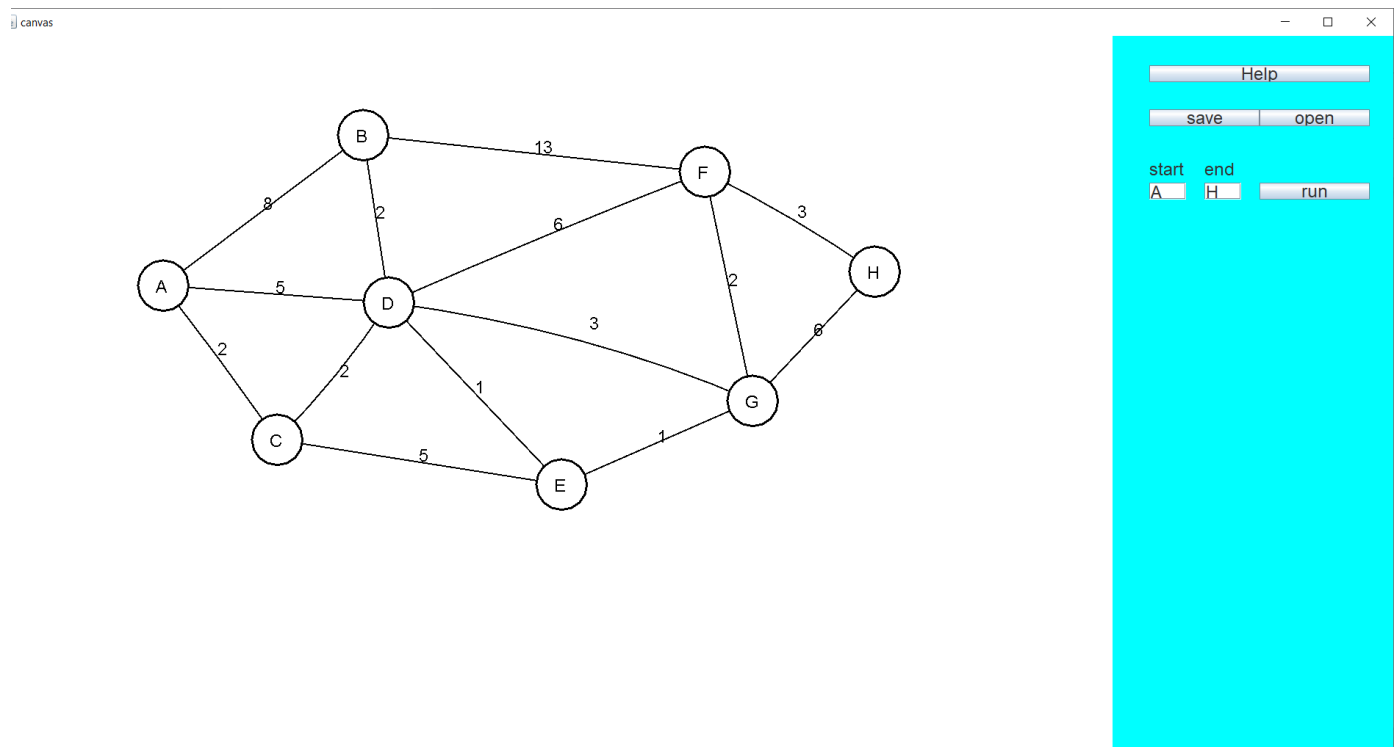
ถ้าเกิดข้อผิดพลาด เราสามารถแก้ไขค่าของ vertex และ edge ได้

โดยทำการแก้ไขผ่านทางหน้าจอของโปรแกรมได้ทันที

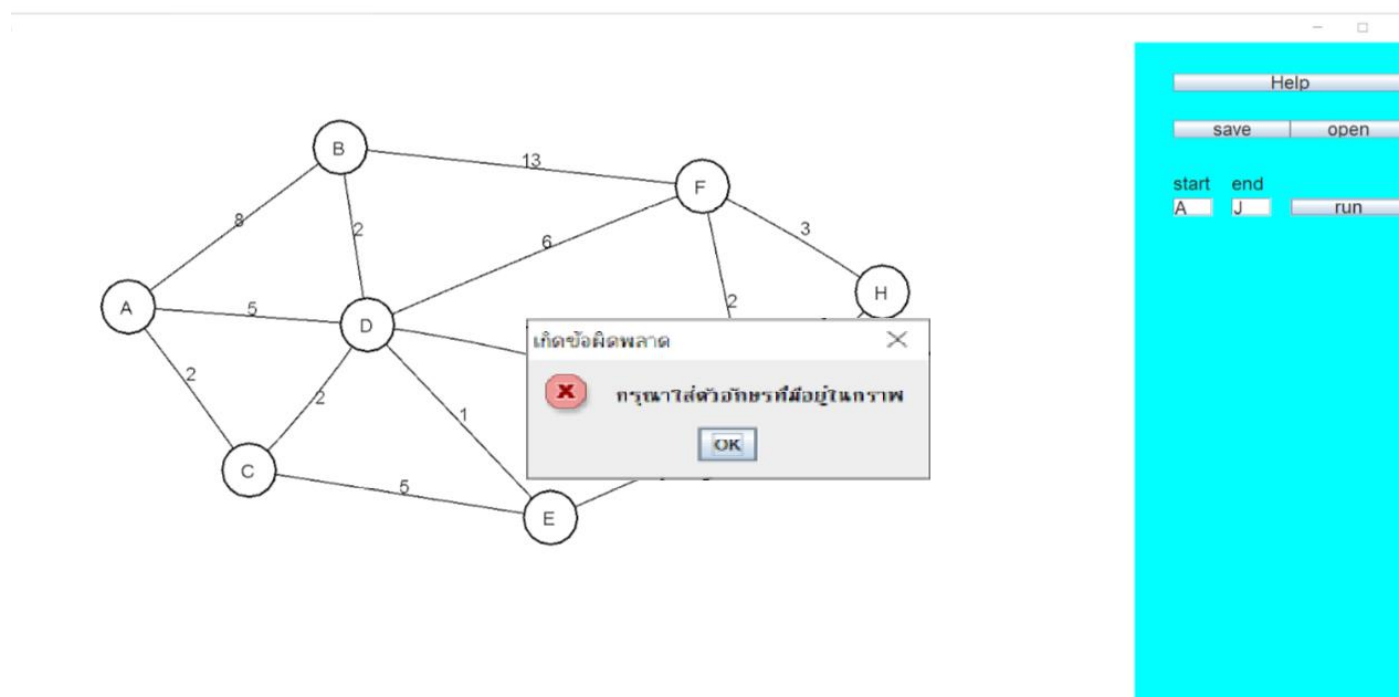
canvas



5.กรอกจุดเริ่มต้น (start) และจุดสิ้นสุด (end) เป็นตัวอักษรตามที่มีอยู่ในกราฟ แล้วกดปุ่ม Run เพื่อค้นหาเส้นทางที่สั้นที่สุด จากจุดเริ่มต้นไปยังจุดสิ้นสุด



6.ถ้าใส่จุดยอดที่ไม่มีในกราฟลงในช่อง start และ end จะขึ้นแจ้งเตือนว่า “กรุณาใส่ตัวอักษรที่มีอยู่ในกราฟ”

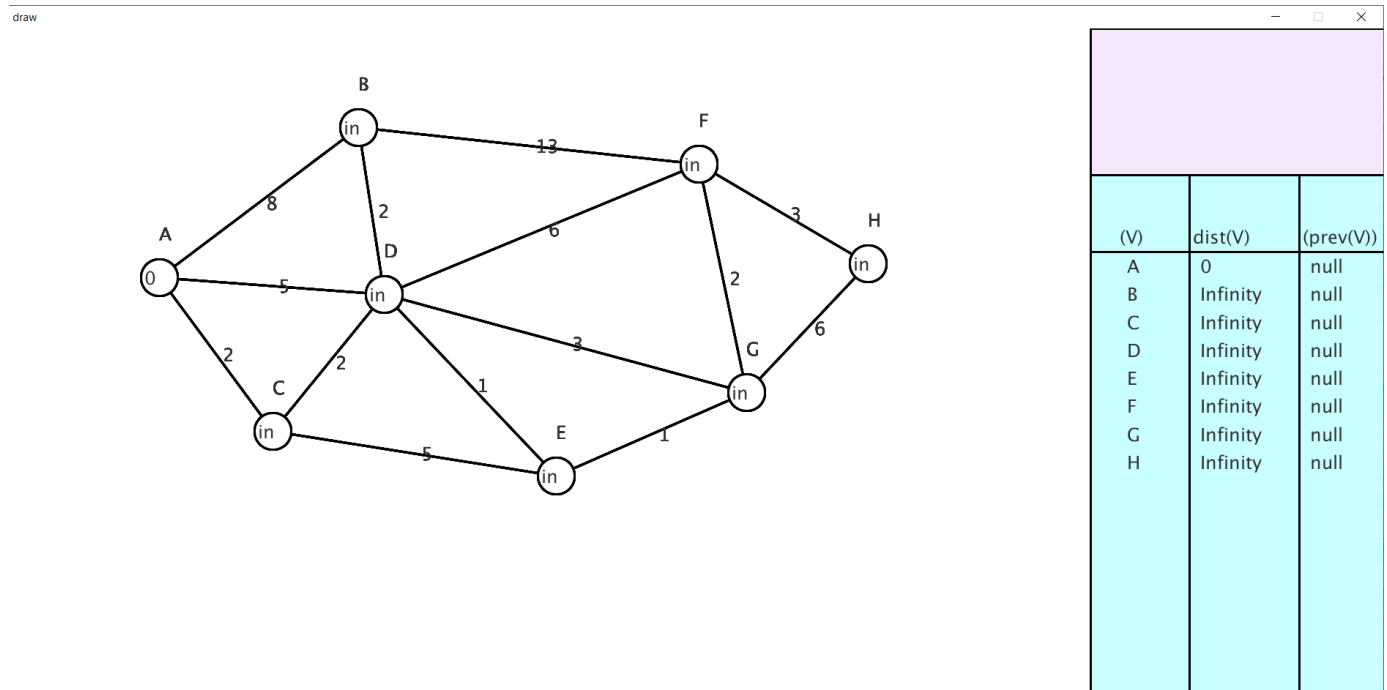


7.เมื่อเสร็จกระบวนการในข้อ 5 จะแสดงตารางข้อมูลในแต่ละจุดขึ้นมา โดยตารางจะประกอบไปด้วย

V คือ แสดงจุดยอดแต่ละจุด dist(V)

คือผลรวมค่าทั้งหมดของเส้นทางตั้งแต่จุดยอดที่เลือกจุดแรกจนกระทั่งถึงจุดยอดใดๆ และ prev(V)

คือ จุดยอดก่อนหน้า

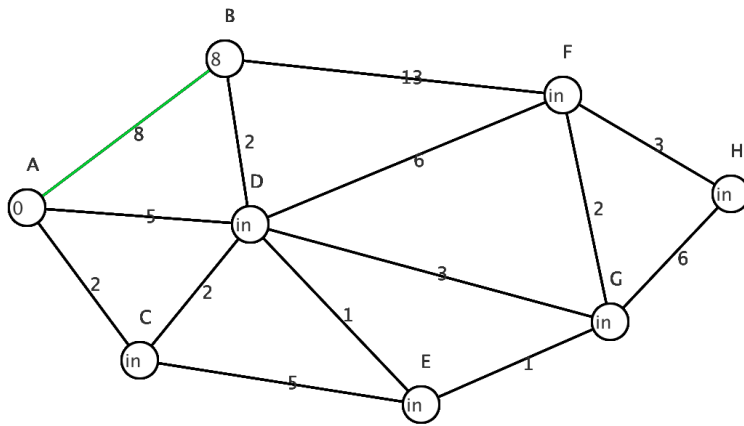


8.เมื่อผู้ใช้กดปุ่ม N บนแป้นพิมพ์

โปรแกรมจะแสดงเส้นทางถัดไปในการคำนวณหาเส้นทางในแต่ละครั้งของการคำนวณ ถ้าผู้ใช้กดปุ่ม B

บนแป้นพิมพ์ โปรแกรมจะย้อนกลับไปแสดงเส้นทางก่อนหน้า

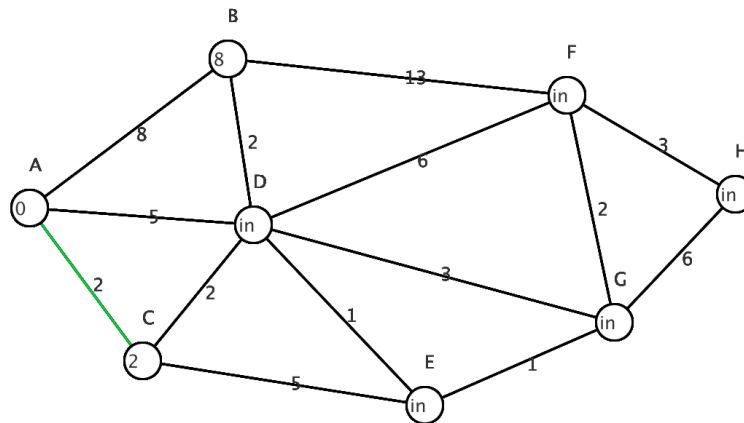
draw



Step of Search

(V)	dist(V)	(prev(V))
A	0	null
B	8	A
C	2	A
D	5	A
E	Infinity	null
F	Infinity	null
G	Infinity	null
H	Infinity	null

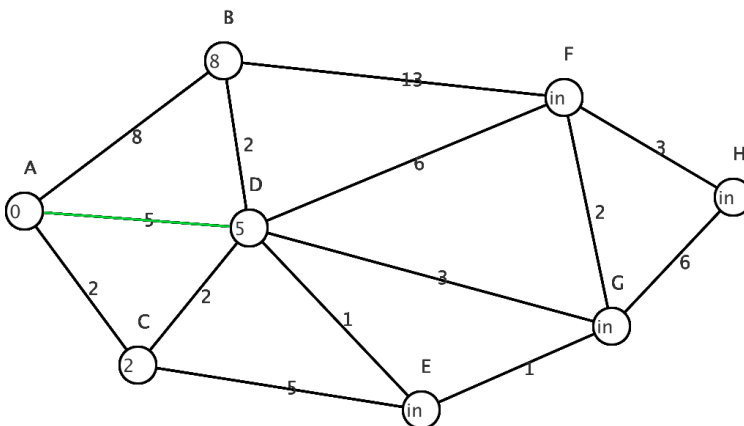
draw



Step of Search

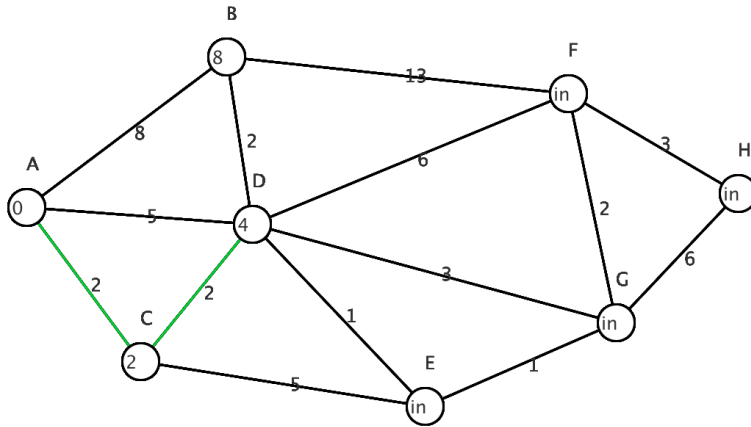
(V)	dist(V)	(prev(V))
A	0	null
B	8	A
C	2	A
D	5	A
E	Infinity	null
F	Infinity	null
G	Infinity	null
H	Infinity	null

draw



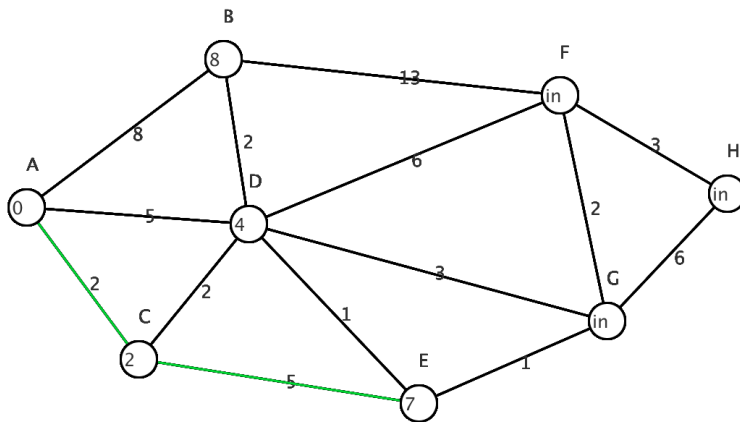
Step of Search

(V)	dist(V)	(prev(V))
A	0	null
B	8	A
C	2	A
D	5	A
E	Infinity	null
F	Infinity	null
G	Infinity	null
H	Infinity	null



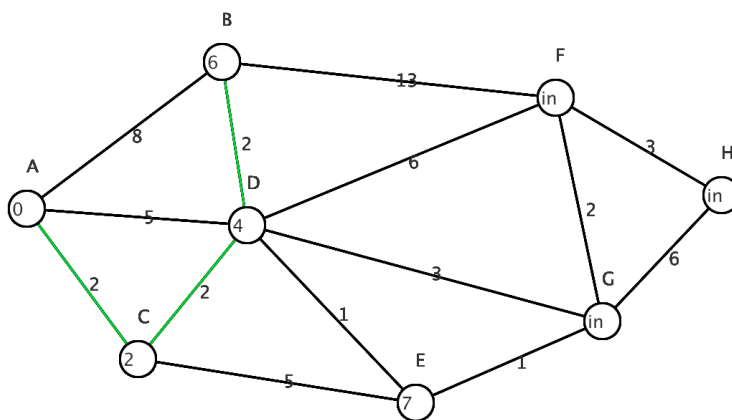
Step of Search

(V)	dist(V)	(prev(V))
A	0	null
B	8	A
C	2	A
D	4	C
E	7	C
F	Infinity	null
G	Infinity	null
H	Infinity	null



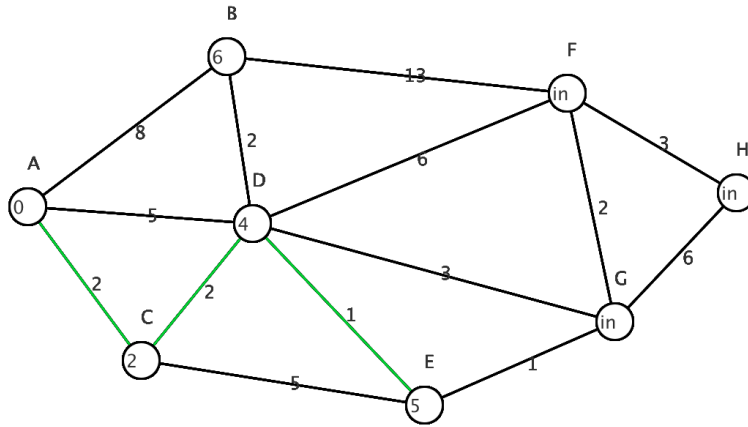
Step of Search

(V)	dist(V)	(prev(V))
A	0	null
B	8	A
C	2	A
D	4	C
E	7	C
F	Infinity	null
G	Infinity	null
H	Infinity	null



Step of Search

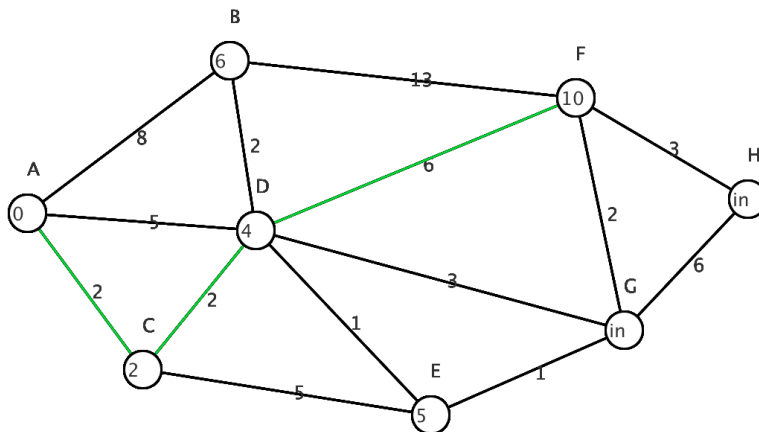
(V)	dist(V)	(prev(V))
A	0	null
B	6	D
C	2	A
D	4	C
E	5	D
F	10	D
G	7	D
H	Infinity	null



Step of Search

(V)	dist(V)	(prev(V))
A	0	null
B	6	D
C	2	A
D	4	C
E	5	D
F	10	D
G	7	D
H	Infinity	null

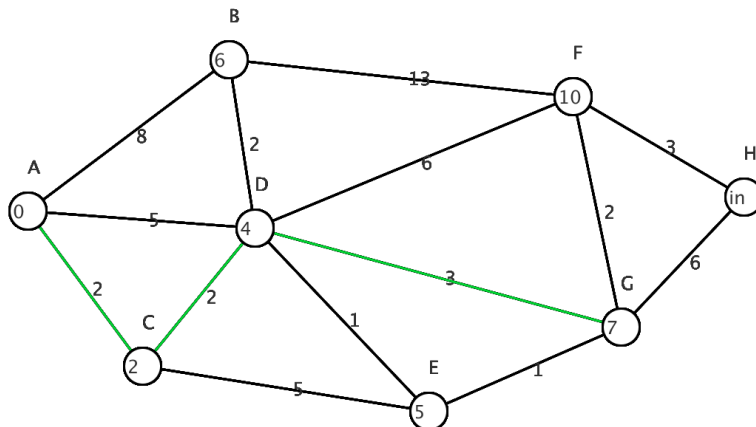
draw



Step of Search

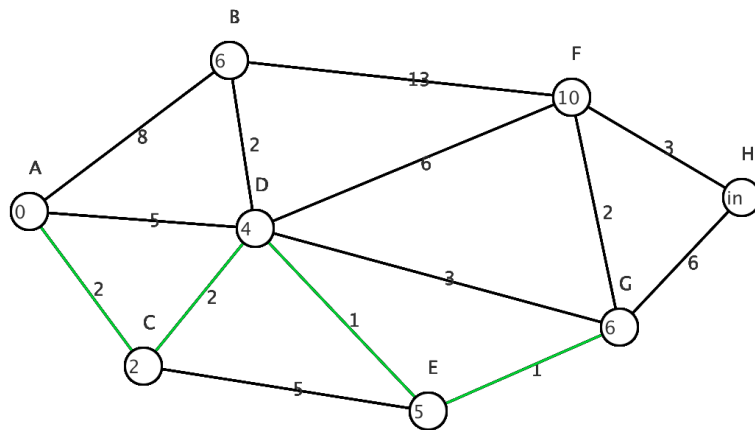
(V)	dist(V)	(prev(V))
A	0	null
B	6	D
C	2	A
D	4	C
E	5	D
F	10	D
G	7	D
H	Infinity	null

draw



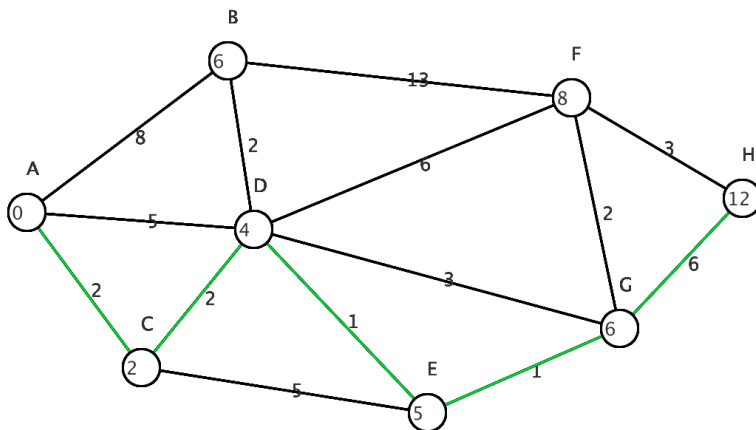
Step of Search

(V)	dist(V)	(prev(V))
A	0	null
B	6	D
C	2	A
D	4	C
E	5	D
F	10	D
G	7	D
H	Infinity	null



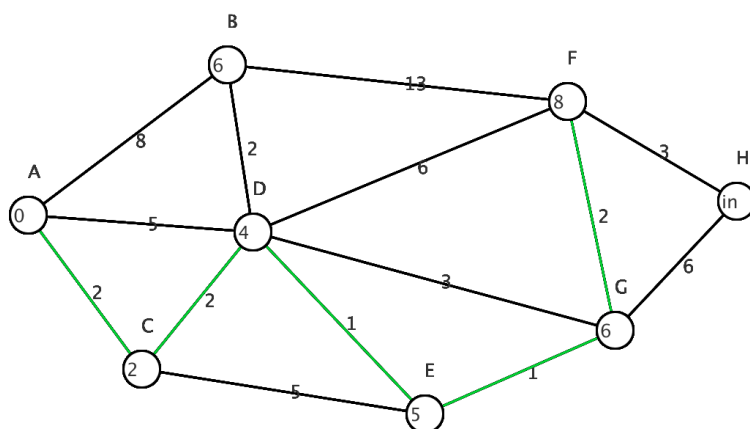
Step of Search

(V)	dist(V)	(prev(V))
A	0	null
B	6	D
C	2	A
D	4	C
E	5	D
F	10	D
G	6	E
H	Infinity	null



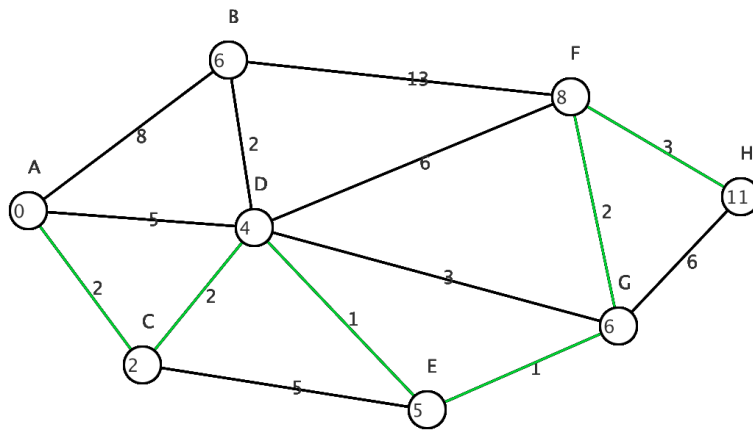
Step of Search

(V)	dist(V)	(prev(V))
A	0	null
B	6	D
C	2	A
D	4	C
E	5	D
F	8	G
G	6	E
H	12	G



Step of Search

(V)	dist(V)	(prev(V))
A	0	null
B	6	D
C	2	A
D	4	C
E	5	D
F	8	G
G	6	E
H	12	G



Step of Search

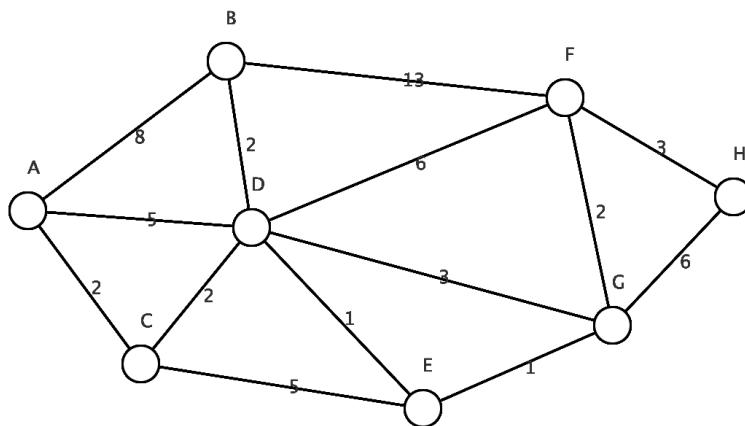
(V)	dist(V)	(prev(V))
A	0	null
B	6	D
C	2	A
D	4	C
E	5	D
F	8	G
G	6	E
H	11	F

9. ผู้ใช้สามารถกดปุ่ม M บนแป้นพิมพ์เพื่อเปลี่ยนโหมดไปเป็นโหมด ShortestPart

คือโหมดที่แสดงเส้นทางในแต่ละ Level ได้ และสามารถกดปุ่ม N บนแป้นพิมพ์เพื่อแสดงเส้นทางใน

Level ถัดไป ในโหมดนี้ตารางด้านขวาจะถูกเปลี่ยนเป็น การแสดง part

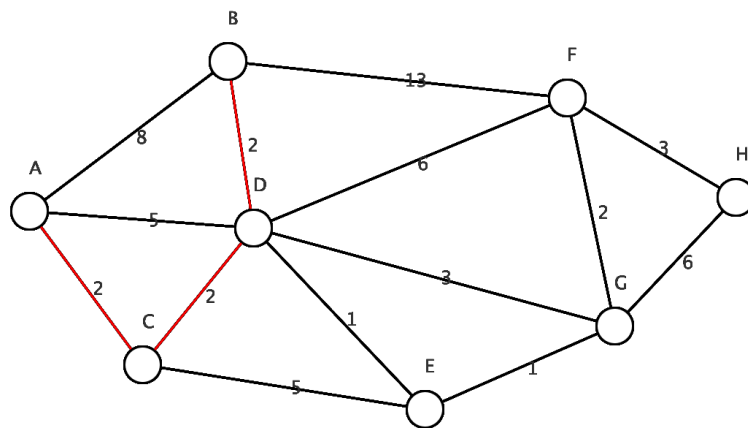
ในแต่ละครั้งพร้อมทั้งผลรวมของค่าน้ำหนักในแต่ละเส้นทาง



ShortestPath

path : A
weight : 0

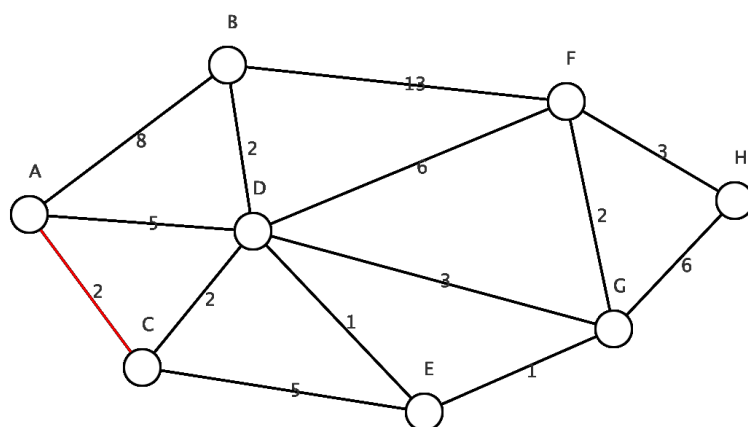
draw



ShortestPath

path : A,C,D,B
weight : 6

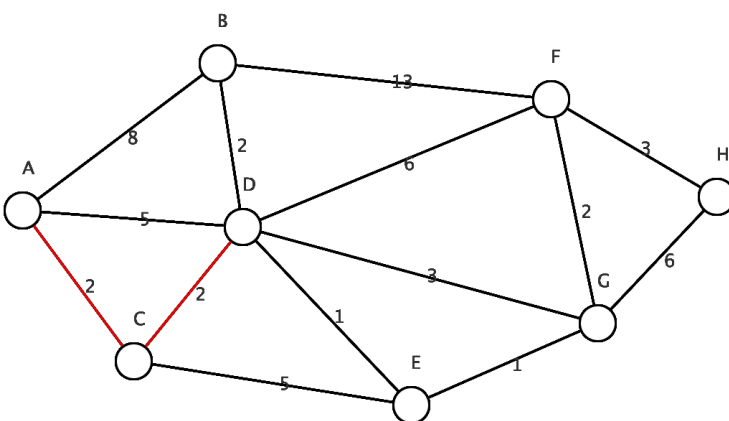
draw



ShortestPath

path : A,C
weight : 2

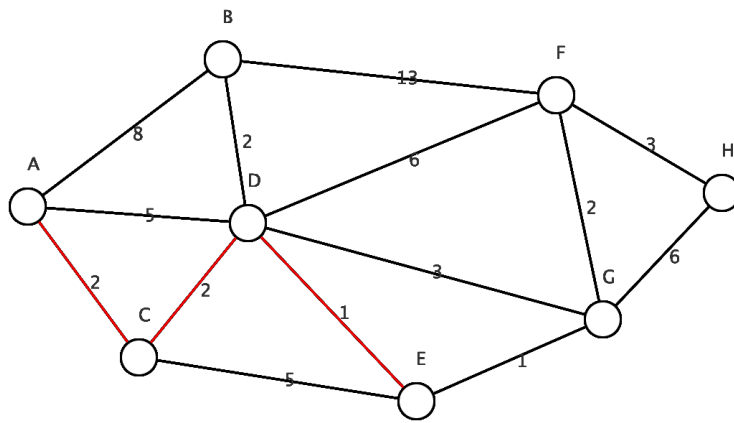
draw



ShortestPath

path : A,C,D
weight : 4

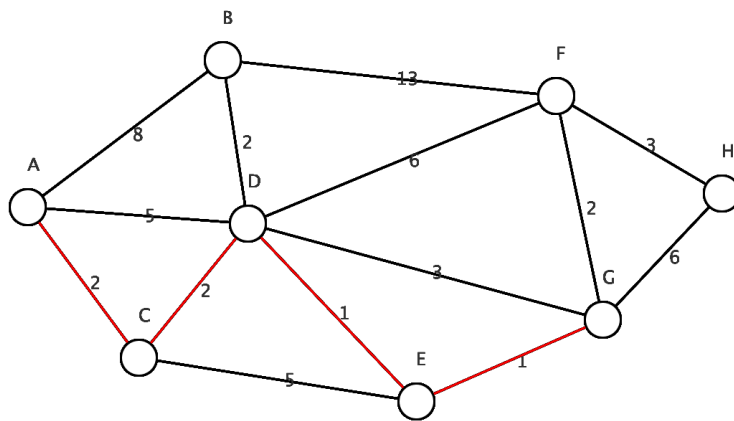
draw



ShortestPath

path : A,C,D,E
weight : 5

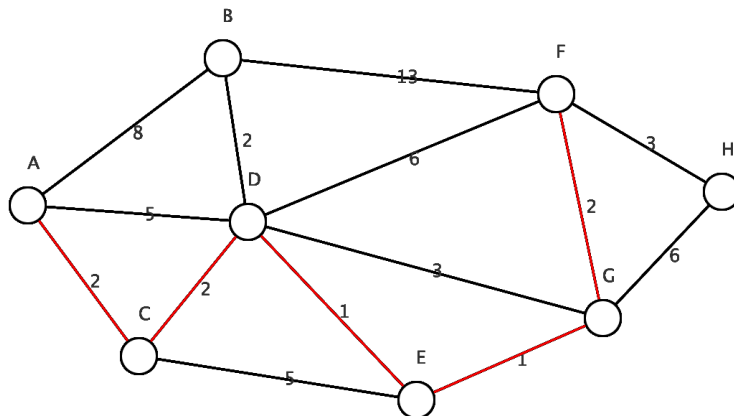
draw



ShortestPath

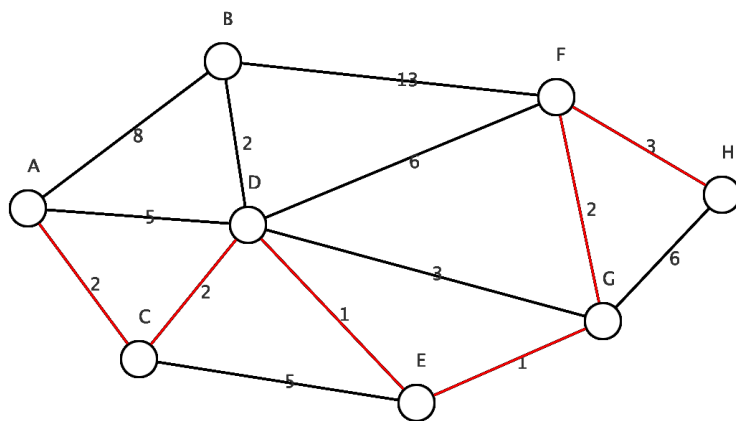
path : A,C,D,E,G
weight : 6

draw



ShortestPath

path : A,C,D,E,G,F
weight : 8

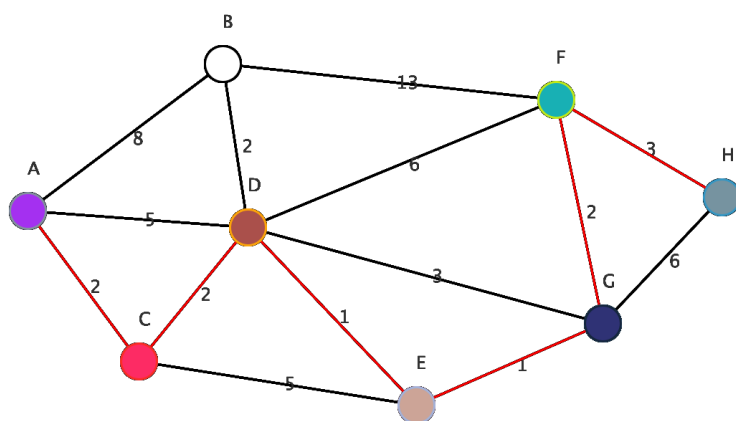


ShortestPath

path : A,C,D,E,G,F,H
weight : 11

10. เมื่อผู้ใช้กดปุ่ม M บนแป้นพิมพ์อีกครั้งจะเข้าสู่โหมด ANSWER

คือโหมดแสดงคำตอบเส้นทางที่สั้นที่สุด และผลรวมของค่าในคำตอบทันที

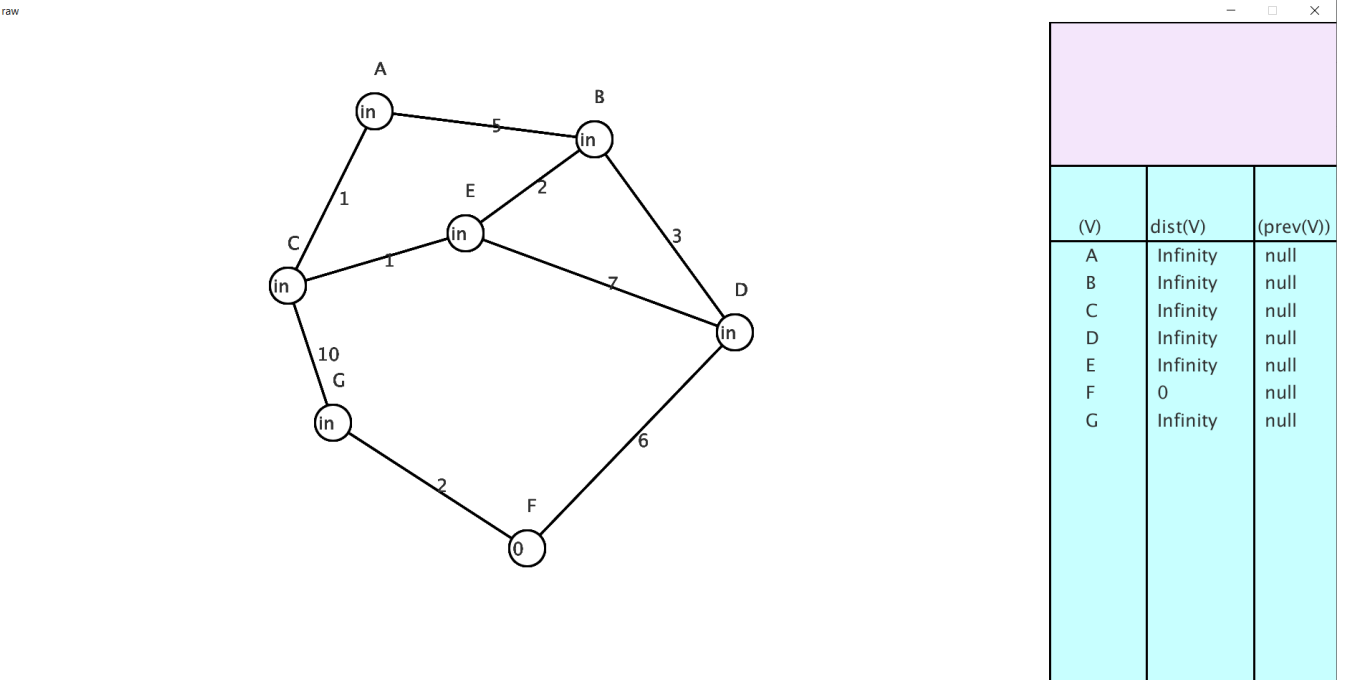
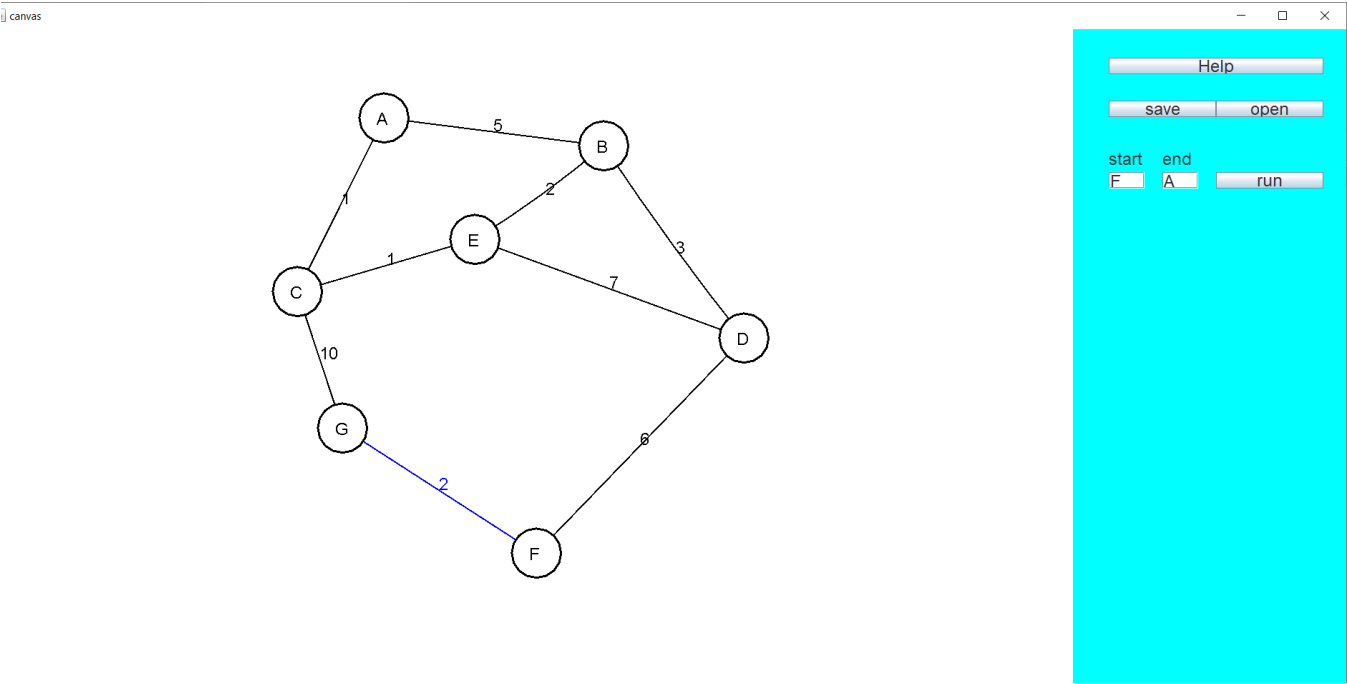


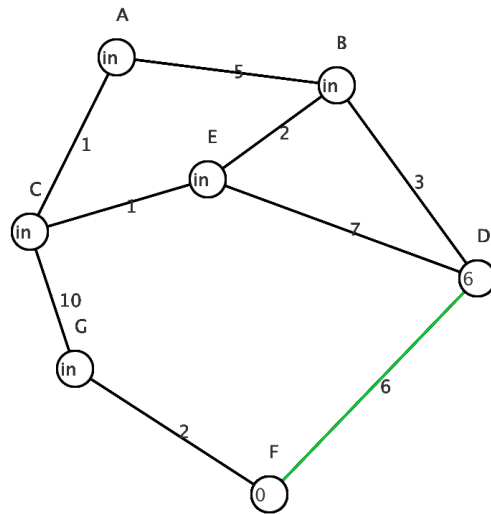
ANSWER

path : A,C,D,E,G,F,H
weight : 11

ตัวอย่างข้อมูลทดสอบ

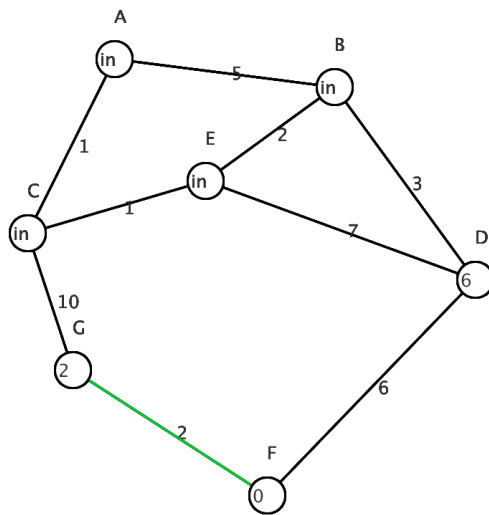
ตัวอย่างที่ 1





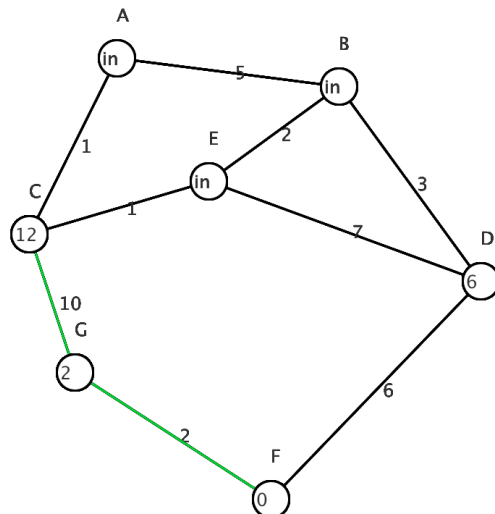
Step of Search

(V)	dist(V)	(prev(V))
A	Infinity	null
B	Infinity	null
C	Infinity	null
D	6	F
E	Infinity	null
F	0	null
G	2	F



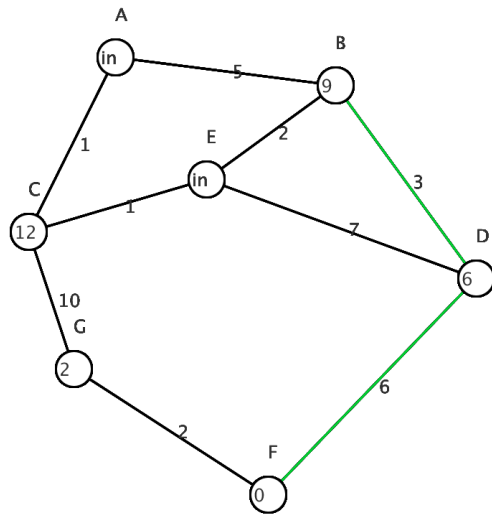
Step of Search

(V)	dist(V)	(prev(V))
A	Infinity	null
B	Infinity	null
C	Infinity	null
D	6	F
E	Infinity	null
F	0	null
G	2	F



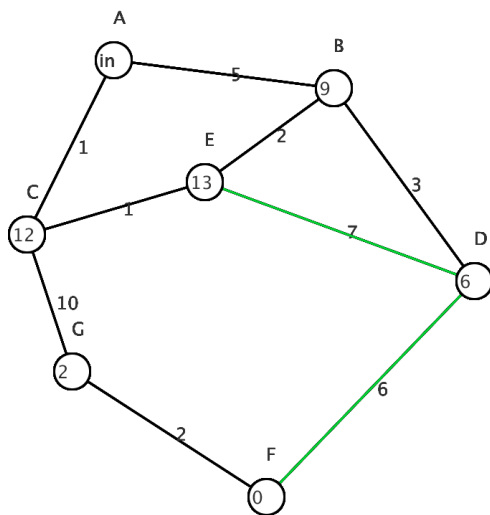
Step of Search

(V)	dist(V)	(prev(V))
A	Infinity	null
B	Infinity	null
C	12	G
D	6	F
E	Infinity	null
F	0	null
G	2	F



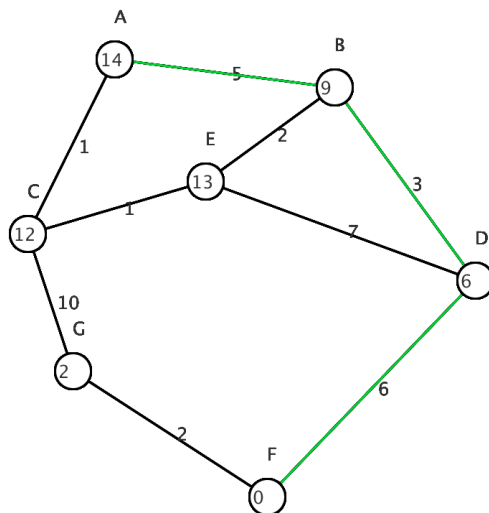
Step of Search

(V)	dist(V)	(prev(V))
A	Infinity	null
B	9	D
C	12	G
D	6	F
E	13	D
F	0	null
G	2	F



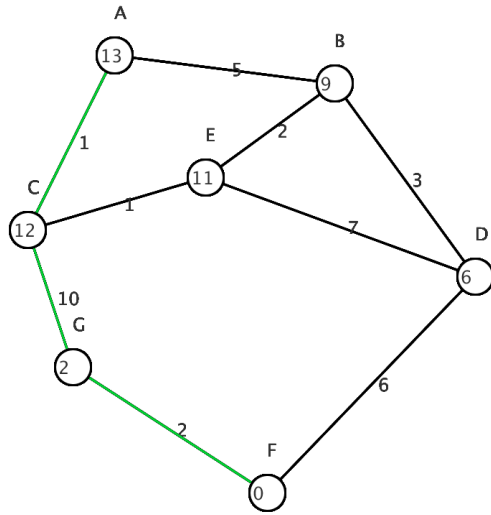
Step of Search

(V)	dist(V)	(prev(V))
A	Infinity	null
B	9	D
C	12	G
D	6	F
E	13	D
F	0	null
G	2	F



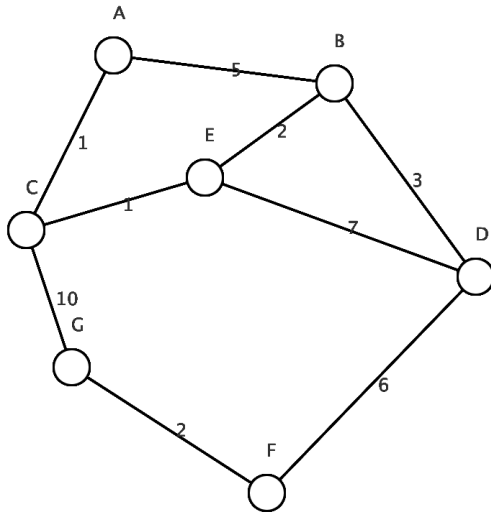
Step of Search

(V)	dist(V)	(prev(V))
A	14	B
B	9	D
C	12	G
D	6	F
E	11	B
F	0	null
G	2	F



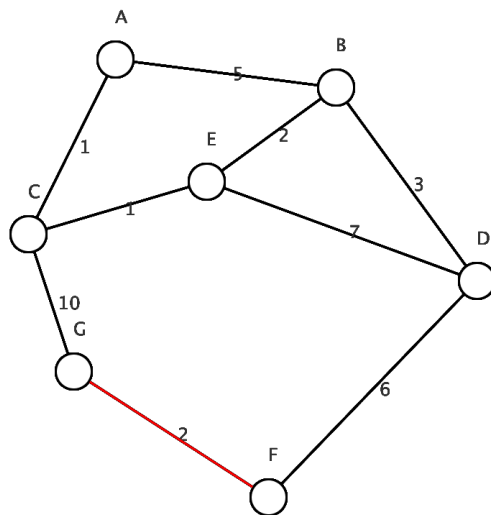
Step of Search

(V)	dist(V)	(prev(V))
A	13	C
B	9	D
C	12	G
D	6	F
E	11	B
F	0	null
G	2	F



ShortestPath

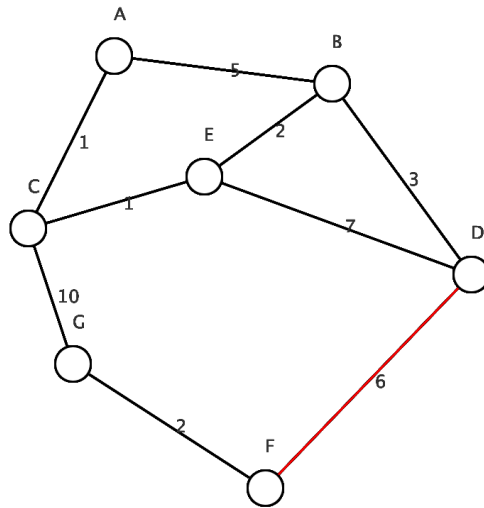
path : F
weight : 0



ShortestPath

path : F,G
weight : 2

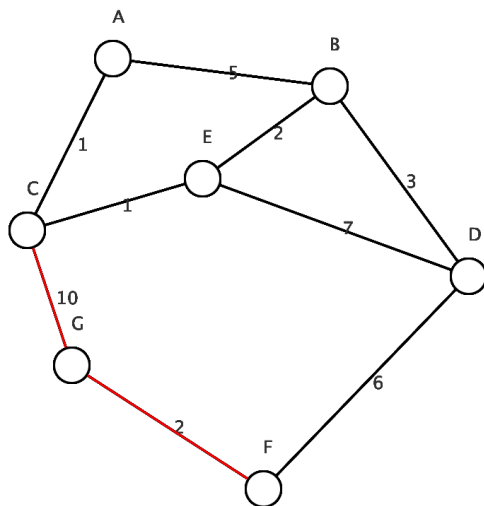
N



ShortestPath

path : F,D
weight : 6

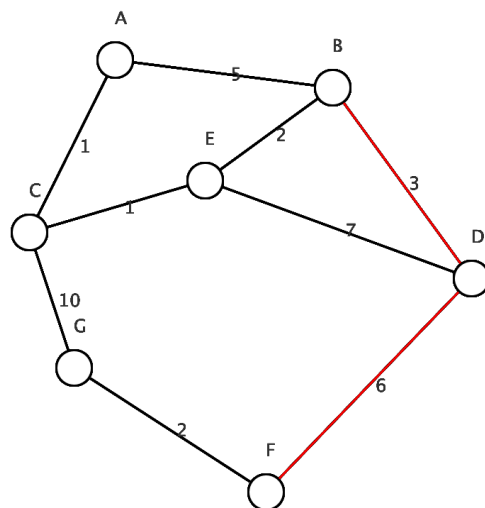
N



ShortestPath

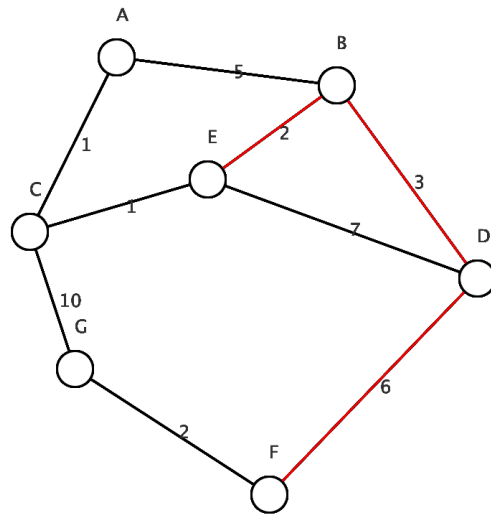
path : F,G,C
weight : 12

SW



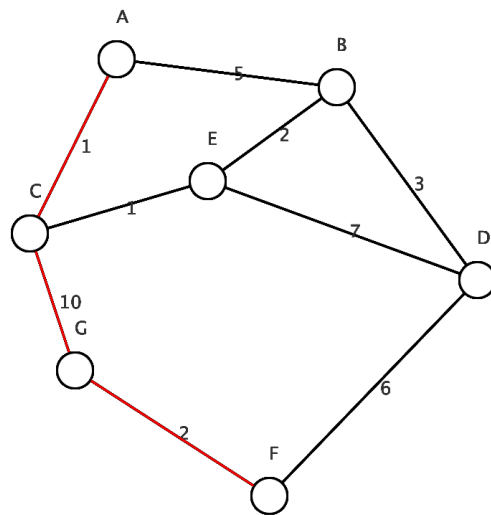
ShortestPath

path : F,D,B
weight : 9



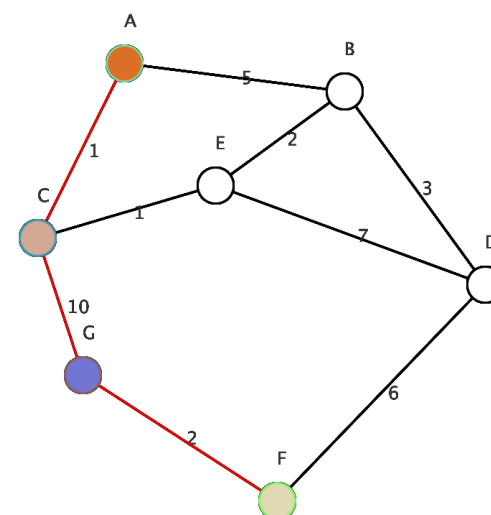
ShortestPath

path : F,D,B,E
weight : 11



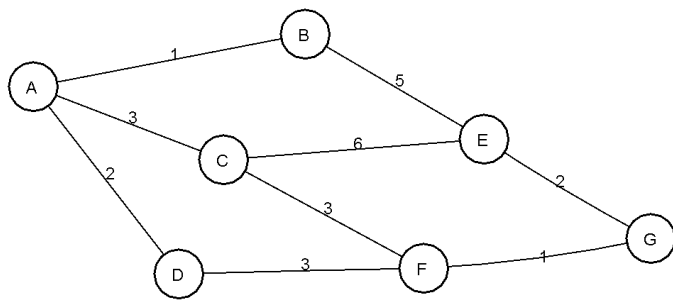
ShortestPath

path : F,G,C,A
weight : 13



ANSWER

path : F,G,C,A
weight : 13



Help

save

open

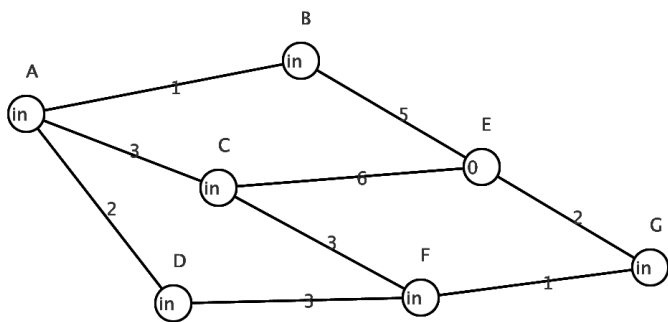
start

end

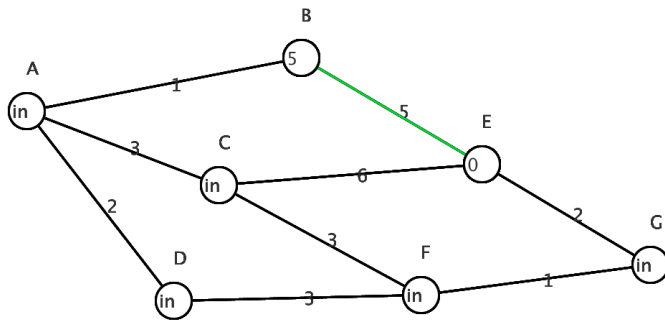
E

A

run

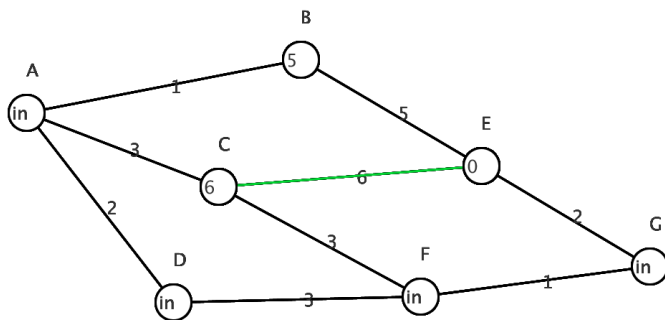


(V)	dist(V)	(prev(V))
A	Infinity	null
B	Infinity	null
C	Infinity	null
D	Infinity	null
E	0	null
F	Infinity	null
G	Infinity	null



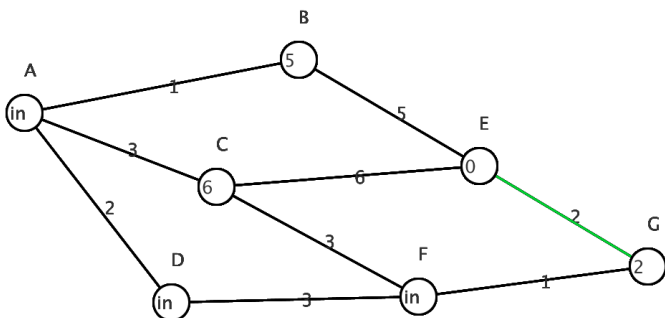
Step of Search

(V)	dist(V)	(prev(V))
A	Infinity	null
B	5	E
C	6	E
D	Infinity	null
E	0	null
F	Infinity	null
G	2	E



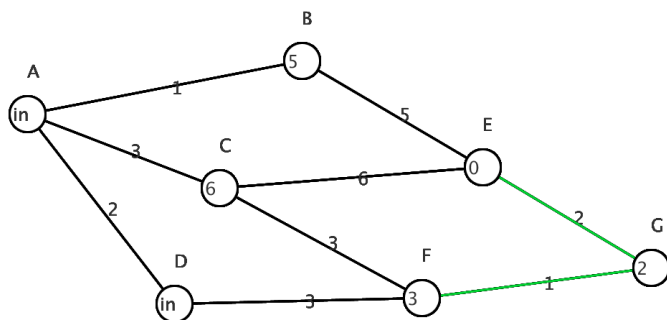
Step of Search

(V)	dist(V)	(prev(V))
A	Infinity	null
B	5	E
C	6	E
D	Infinity	null
E	0	null
F	Infinity	null
G	2	E



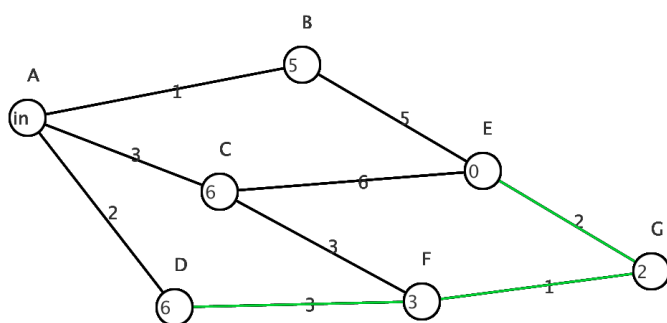
Step of Search

(V)	dist(V)	(prev(V))
A	Infinity	null
B	5	E
C	6	E
D	Infinity	null
E	0	null
F	Infinity	null
G	2	E



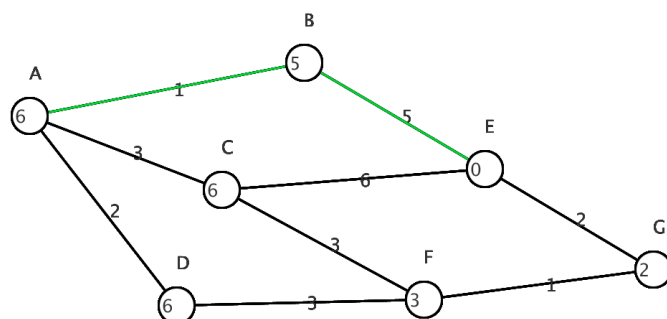
Step of Search

(V)	dist(V)	(prev(V))
A	Infinity	null
B	5	E
C	6	E
D	Infinity	null
E	0	null
F	3	G
G	2	E



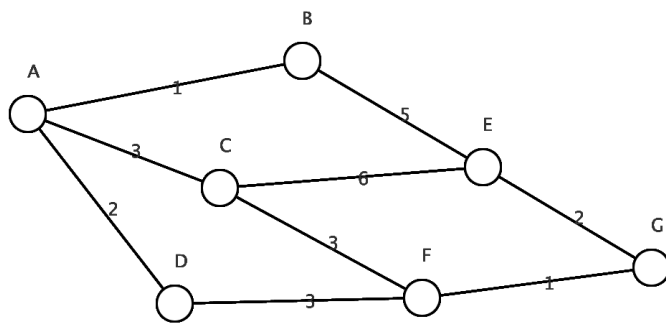
Step of Search

(V)	dist(V)	(prev(V))
A	Infinity	null
B	5	E
C	6	E
D	6	F
E	0	null
F	3	G
G	2	E



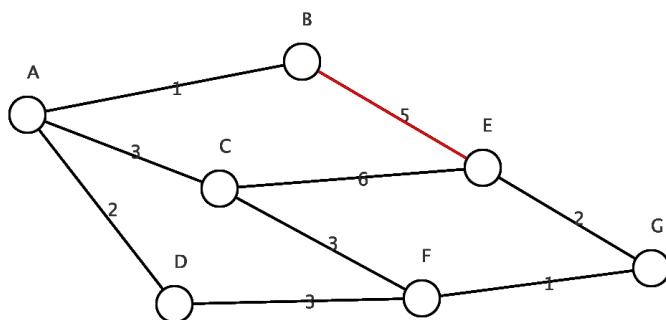
Step of Search

(V)	dist(V)	(prev(V))
A	6	B
B	5	E
C	6	E
D	6	F
E	0	null
F	3	G
G	2	E



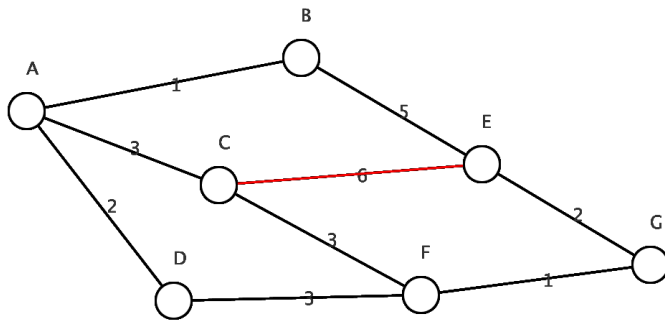
ShortestPath

path : E
weight : 0



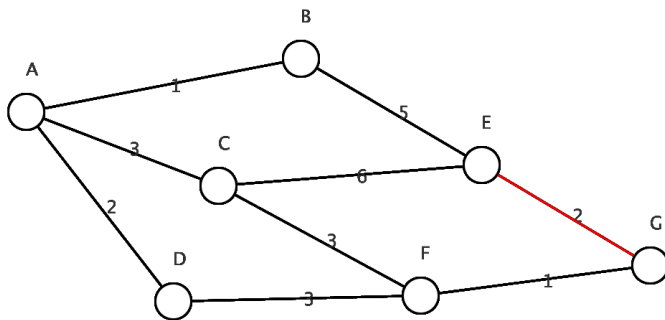
ShortestPath

path : E,B
weight : 5



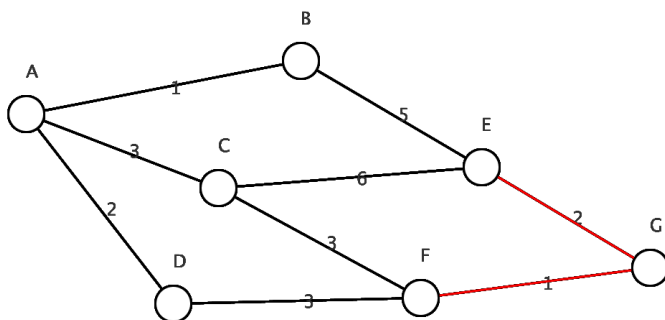
ShortestPath

path : E,C
weight : 6



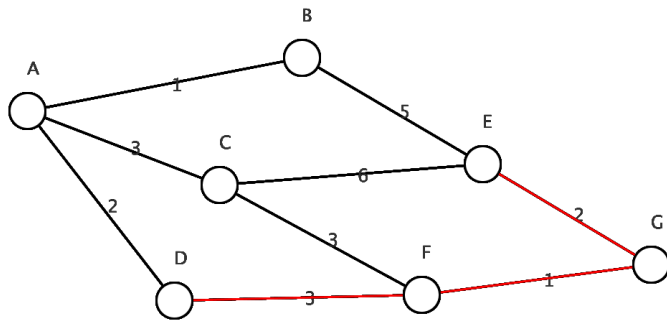
ShortestPath

path : E,G
weight : 2



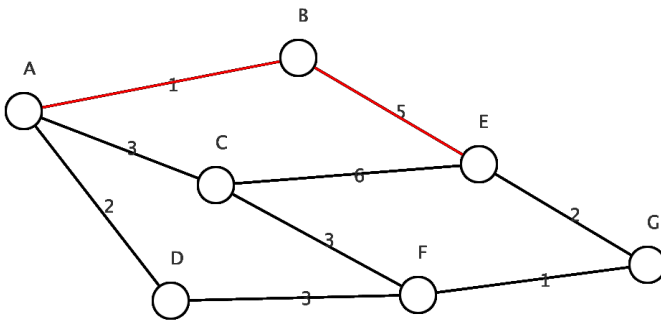
ShortestPath

path : E,G,F
weight : 3



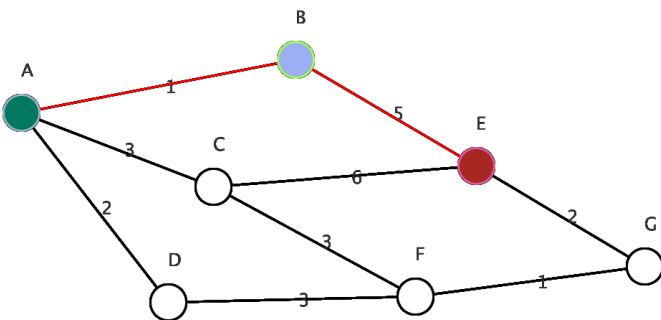
ShortestPath

path : E,G,F,D
weight : 6



ShortestPath

path : E,B,A
weight : 6



ANSWER

path : E,B,A
weight : 6

บรรณานุกรม

1. <https://www.geeksforgeeks.org/java-program-for-dijkstras-shortest-path-algorithm-greedy-algo-7/>
2. <https://processing.org/reference/>
3. นายไพรัตน์ อติชาติ. เอกสารประกอบโปรแกรมวาดกราฟ
4. <http://github.com/PTaati/GraphDrawing>