

## Bellman-Ford Algorithm 탐구

Bellman-Ford algorithm 은 Negative Cycle 이 없는 Weighted Directed Graph  $G(V, E)$ 와 시작 정점  $r$  이 주어질 때,  $r$  에서 출발하여 모든 정점들로 가는 최단경로를 계산하는 알고리즘 이다. (이 문제에선 시작 정점  $r$  을 1 번 정점으로 하여 풀이를 진행한다.)

BellmanFord( $G, r$ )

```
{  
    for each  $u \in V$   
         $d_u \leftarrow \infty$ ;  
     $d_r \leftarrow 0$ ;  
    for  $i \leftarrow 1$  to  $|V|-1$   
        for each  $(u, v) \in E$  ----- ❶  
            if  $(d_u + w_{u,v} < d_v)$  then  $d_v \leftarrow d_u + w_{u,v}$  ;  
}
```

여기서 ❶ 부분에서 매번 모든 edge 에 대해서 relaxation 가능 여부를 위해 시간을 쓰는 것은 좀 낭비적일 수 있다. 이 부분의 잠재적 비효율성을 개선하는 프로그램을 작성하라.

버전 1. 먼저 주어진 버전의 Bellman-Ford 알고리즘을 구현하라.

버전 2. 위의 지시대로 개선한 버전의 Bellman-Ford 알고리즘을 구현하라.

수행 시간 비교를 위해 컴파일 시에 optimization option 은 사용하지 않는다. 위 개선 버전(버전 2)의 수행 시간은 최대한 단축시켜야 한다. 이 부분은 상대평가가 된다.

### [제약사항]

정점의 개수  $1 \leq N \leq 1000$ , 간선의 개수  $1 \leq E \leq 100,000$

\* 채점을 위한 컴파일 시에 optimization option 은 사용하지 않는다.

### [입력]

입력 파일에는 10 개의 테스트 케이스가 주어진다. 각 케이스는 2 줄로 이루어진다. 첫 줄에 는 정점의 개수  $N$  이 주어지고 공백을 두고 간선의 개수  $E$  가 주어진다. 다음 줄에는  $E$  개의 간 선 정보가 공백을 두고 주어지는데, 각각의 간선 정보는 각각 출발 정점, 도착 정점, 가중치로 이루어진 3 개의 값이 공백을 두고 주어진다.

이 때, 정점의 번호는 1 부터  $N$  까지로 매긴다. 간선의 가중치는  $-1000$  부터  $+1000$  까지 주어진다. 입력파일의 이름은 "input1.txt"이다.

### [출력]

각 테스트 케이스에 대해서, 케이스의 번호를 "#x" 의 형식으로 출력한 후(여기서 x 는 테스트 케이스 번호), 줄을 바꾼 다음 위 버전 1 을 수행한 결과를 통해 얻은 각 정점들과의 최단 경로 길이를 1 억으로 나눈 나머지 각각을 공백을 두고 출력하고, 줄을 바꾸어 수행 시간을 기록한다. 줄을 바꾸어 위 버전 2 에서도 버전 1 과 동일한 형식으로 최단 경로 길이를 1 억으로 나눈 나머지와 수행 시간을 출력한다. 출력 결과물을 "output1.txt"로 저장한다.

[예제]

입력 (input1.txt)

|                        |           |
|------------------------|-----------|
| 2 2                    | ← 1 번 케이스 |
| 1 2 100 2 1 -50        |           |
| 3 3                    | ← 2 번 케이스 |
| 1 2 100 2 3 -50 3 1 30 |           |
| ...                    |           |

출력 (output1.txt)

|          |                    |
|----------|--------------------|
| #1       |                    |
| 0 100    | ← 버전 1 로부터 구한 최단경로 |
| 0.0      | ← 버전 1 로부터 구한 시간   |
| 0 100    | ← 버전 2 로부터 구한 최단경로 |
| 0.0      | ← 버전 2 로부터 구한 시간   |
| #2       |                    |
| 0 100 50 |                    |
| 0.0      |                    |
| 0 100 50 |                    |
| 0.0      |                    |
| ...      |                    |