

TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA HÀ NỘI  
**VIỆN ĐIỆN TỬ - VIỄN THÔNG**



**BÁO CÁO BÀI TẬP LỚN**  
**QUY HOẠCH VÀ QUẢN LÝ MẠNG**  
**VIỄN THÔNG**  
**ĐỀ TÀI SỐ 10**

*Giảng viên hướng dẫn: TS. Trần Thị Ngọc Lan*

Nhóm sinh viên thực hiện:

Họ và tên	MSSV
Nông Thị Oanh	20182717
Trần Đức Trung	20182838
Nguyễn Hoàng Long	20182663
Nguyễn Hồng Quang	20182738
Hoàng Văn Nghĩa	20182706

Hà Nội, 5-2022

## Đề 10

Cho mạng gồm 90 nút. Các nút được đặt một cách ngẫu nhiên trên mặt phẳng kích thước 1200x1200. Giá của mỗi liên kết được tính bằng round ( $0.5 \times$  khoảng cách đề các).

1. Sử dụng giải thuật MENTOR để tìm nút backbone và các nút truy nhập tương ứng với nút Backbone. Biết  $W=2$ ,  $R=0,3$ , dung lượng liên kết  $C=10$ . Biết lưu lượng giữa nút  $i$  và  $i+3$  là 1, Lưu lượng giữa nút  $i$  và  $i+55$  là 2 và lưu lượng giữa  $i$  và  $i+86$  là 3, lưu lượng giữa nút 7 và 28 là 5, lưu lượng giữa 12 và 46 là 16, lưu lượng giữa 60 và 68 là 18.
2. Hãy tính lưu lượng thực tế giữa các nút Backbone (ghi ra file) biết
3. Sử dụng giải thuật Mentor 2 (ISP) để thiết kế topology backbone biết  $u_{min} = 80\%$ ,  $\alpha=0.2$ . Đưa ra kết quả ra file số đường sử dụng trên từng liên kết và độ sử dụng trên liên kết đó và giá thay đổi trên liên kết trực tiếp sau khi dùng Mentor 2.
4. Mạng backbone và giá của mạng backbone sẽ thay đổi như thế nào khi thay đổi giá trị  $u_{min}$ .

# MỤC LỤC

DANH MỤC HÌNH VẼ .....	i
DANH MỤC BẢNG BIỂU .....	ii
CHƯƠNG 1. CƠ SỞ LÝ THUYẾT .....	1
1.1. Giải thuật Mentor .....	1
1.1.1. Xác định nút backbone và nút trung tâm .....	1
1.1.2. Xây dựng topology cho mạng .....	3
1.1.3. Thêm liên kết cho mạng .....	4
1.2. Thuật toán Mentor II .....	5
1.2.1. Đặt vấn đề .....	5
1.2.2. ISP (Incremental Shortest Path) .....	5
CHƯƠNG 2. QUÁ TRÌNH MÔ PHỎNG .....	7
CHƯƠNG 3. KẾT QUẢ MÔ PHỎNG .....	8
KẾT LUẬN .....	32
PHÂN CÔNG CÔNG VIỆC .....	33
TÀI LIỆU THAM KHẢO .....	34

# DANH MỤC HÌNH VẼ

Hình 1: Lưu đồ thuật toán xác định node backbone.....	1
Hình 2: Xác định nút home.....	4
Hình 3: Lưu đồ thuật toán ISP.....	6
Hình 4: Xây dựng cây Prim – Dijkstra.....	8
Hình 5: Topology Mentor 2, $u_{min} = 0.8$ .....	11
Hình 6: Topology Mentor 2, $u_{min} = 0.85$ .....	13
Hình 7: Topology Mentor 2, $u_{min} = 0.9$ .....	14
Hình 8: Topology Mentor 2, $u_{min} = 0.95$ .....	16
Hình 9: Topology Mentor 2, $u_{min} = 0.7$ .....	17
Hình 10: Topology Mentor 2, $u_{min} = 0.65$ .....	19
Hình 11: Topology Mentor 2, $u_{min} = 0.56$ .....	20
Hình 12: Topology Mentor 2, $u_{min} = 0.5$ .....	22
Hình 13: Topology Mentor 2, $u_{min} = 0.4$ .....	24
Hình 14: Topology Mentor 2, $u_{min} = 0.2$ .....	26
Hình 15: Topology Mentor 2, $u_{min} = 0.1$ .....	28
Hình 16: Topology Mentor 2, $u_{min} = 0.09$ .....	30

## DANH MỤC BẢNG BIỂU

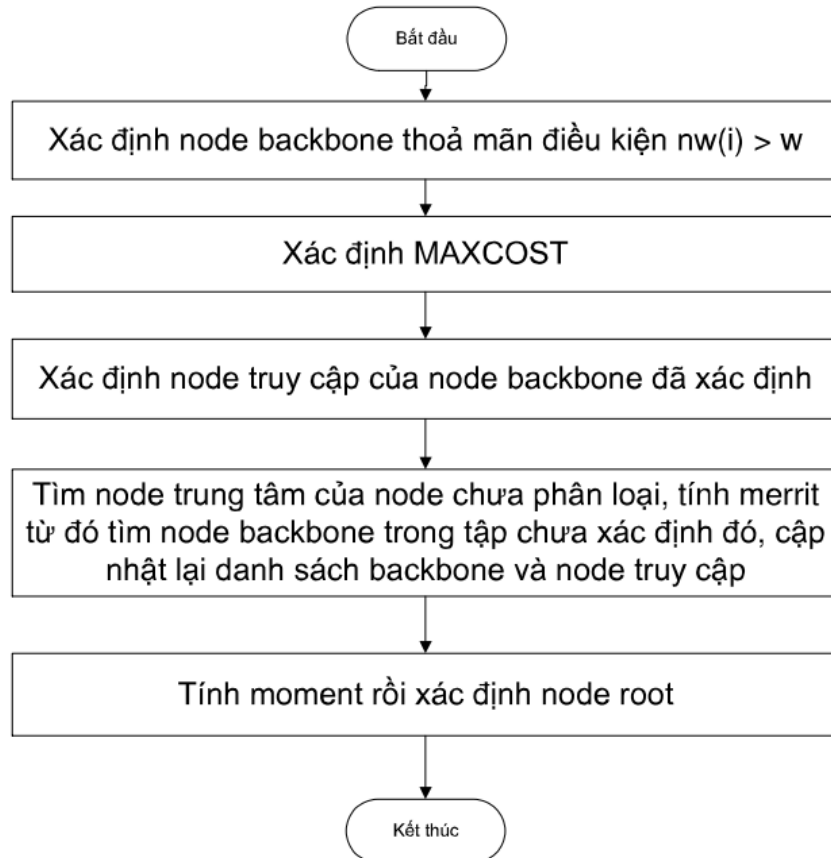
Bảng 1: Danh sách các nút backbone .....	9
Bảng 2: Lưu lượng giữa các nút backbone .....	10
Bảng 3: Số đường sử dụng trên từng liên kết, độ sử dụng trên từng liên kết và giá của mỗi liên kết tại $u_{min} = 0.8$ .....	12
Bảng 4: Danh sách liên kết trực tiếp được thêm tại $u_{min} = 0.8$ .....	12
Bảng 5: Số đường sử dụng trên từng liên kết, độ sử dụng trên từng liên kết và giá của mỗi liên kết tại $u_{min} = 0.85$ .....	14
Bảng 6: Danh sách liên kết trực tiếp được thêm tại $u_{min} = 0.85$ .....	14
Bảng 7: Số đường sử dụng trên từng liên kết, độ sử dụng trên từng liên kết và giá của mỗi liên kết tại $u_{min} = 0.9$ .....	15
Bảng 8: Danh sách liên kết trực tiếp được thêm tại $u_{min} = 0.9$ .....	15
Bảng 9: Số đường sử dụng trên từng liên kết, độ sử dụng trên từng liên kết và giá của mỗi liên kết tại $u_{min} = 0.95$ .....	16
Bảng 10: Danh sách liên kết trực tiếp được thêm tại $u_{min} = 0.95$ .....	17
Bảng 11: Số đường sử dụng trên từng liên kết, độ sử dụng trên từng liên kết và giá của mỗi liên kết tại $u_{min} = 0.7$ .....	18
Bảng 12: Danh sách liên kết trực tiếp được thêm tại $u_{min} = 0.7$ .....	18
Bảng 13: Số đường sử dụng trên từng liên kết, độ sử dụng trên từng liên kết và giá của mỗi liên kết tại $u_{min} = 0.65$ .....	19
Bảng 14: Danh sách liên kết trực tiếp được thêm tại $u_{min} = 0.65$ .....	20
Bảng 15: Số đường sử dụng trên từng liên kết, độ sử dụng trên từng liên kết và giá của mỗi liên kết tại $u_{min} = 0.56$ .....	21
Bảng 16: Danh sách liên kết trực tiếp được thêm tại $u_{min} = 0.56$ .....	21
Bảng 17: Số đường sử dụng trên từng liên kết, độ sử dụng trên từng liên kết và giá của mỗi liên kết tại $u_{min} = 0.5$ .....	23
Bảng 18: Danh sách liên kết trực tiếp được thêm tại $u_{min} = 0.5$ .....	23

<b>Bảng 19: Số đường sử dụng trên từng liên kết, độ sử dụng trên từng liên kết và giá của mỗi liên kết tại <math>u_{min} = 0.4</math> .....</b>	<b>25</b>
<b>Bảng 20: Danh sách liên kết trực tiếp được thêm tại <math>u_{min} = 0.4</math> .....</b>	<b>25</b>
<b>Bảng 21: Số đường sử dụng trên từng liên kết, độ sử dụng trên từng liên kết và giá của mỗi liên kết tại <math>u_{min} = 0.2</math> .....</b>	<b>27</b>
<b>Bảng 22: Danh sách liên kết trực tiếp được thêm tại <math>u_{min} = 0.2</math> .....</b>	<b>27</b>
<b>Bảng 23: Số đường sử dụng trên từng liên kết, độ sử dụng trên từng liên kết và giá của mỗi liên kết tại <math>u_{min} = 0.1</math> .....</b>	<b>29</b>
<b>Bảng 24: Danh sách liên kết trực tiếp được thêm tại <math>u_{min} = 0.1</math> .....</b>	<b>29</b>
<b>Bảng 25: Số đường sử dụng trên từng liên kết, độ sử dụng trên từng liên kết và giá của mỗi liên kết tại <math>u_{min} = 0.09</math> .....</b>	<b>31</b>
<b>Bảng 26: Danh sách liên kết trực tiếp được thêm tại <math>u_{min} = 0.09</math> .....</b>	<b>31</b>

# CHƯƠNG 1. CƠ SỞ LÝ THUYẾT

## 1.1. Giải thuật Mentor

### 1.1.1. Xác định nút backbone và nút trung tâm



**Hình 1: Lưu đồ thuật toán xác định node backbone**

Giả sử ban đầu chỉ có một loại liên kết có dung lượng  $C$ , trọng số ngưỡng  $W$ , bán kính  $R$  cho trước.

Để chia các nút thành nút xương sống (nút Backbone) và nút đầu cuối, ta áp dụng phương pháp hợp lại theo ngưỡng (Threshold Clustering):

- Trọng số của một nút ( $W(i)$ ): là tổng tất cả các lưu lượng vào và ra của nút
- Trọng số chuẩn hóa của nút  $i$  là:

$$NW(i) = \frac{W(i)}{C}$$

- Nếu  $NW(i) > W \rightarrow$  nút  $i$  được chọn làm nút Backbone.
- Nếu  $NW(i) < W$  và nằm gần nút xương sống (“gần” được định nghĩa là khi giá liên kết từ nút đầu cuối  $i$  đến nút xương sống nhỏ hơn một phần của giá liên kết lớn nhất) sẽ được chọn làm nút truy nhập ứng với nút xương sống đó.

• Quá trình chọn nút truy nhập ứng với một nút xương sống, được thực hiện như sau:

- Bước 1: Tính MAXCOST

$$MAXCOST = \max(cost(N_i, N_j))$$

Với  $cost(N_i, N_j)$  là giá của mỗi liên kết giữa hai nút  $N_i$  và  $N_j$  (tỉ lệ thuận với khoảng cách giữa hai nút  $N_i$  và  $N_j$  trên hệ tọa độ Decac).

- Bước 2: Phân loại nút

+ Nếu  $cost(e, N_i) < R \times MAXCOST \rightarrow$  Nút đầu cuối  $e$  thuộc nút Backbone  $N_i$  (hay khi lấy một nút Backbone  $N_i$  bất kỳ làm tâm, quay một vòng tròn bán kính  $Radius = R \times MAXCOST$  thì tất cả các nút nằm trong vòng tròn mà không phải nút Backbone thì sẽ là nút truy nhập của nút Backbone này)

Đối với các nút còn lại: sau phương pháp hợp lại theo ngưỡng kể trên vẫn còn một số nút chưa được phân loại là nút backbone hay nút đầu cuối, khi đó ta phải tiếp tục phân loại tiếp. Quá trình phân loại tiếp được thực hiện bằng cách tính các giá trị thưởng “Merit” cho mỗi nút.

Phương pháp tính giá trị thưởng “Merit” cho mỗi nút được thực hiện như sau:

- Ấn định tọa độ cho mỗi nút  $(x_i, y_i)$
- Tính trung tâm của trọng lực (Center of Gravity - CG) theo công thức:

$$\begin{cases} x_{center\ of\ gravity} = \frac{\sum_{i=1}^N x_i \times W(i)}{\sum_{i=1}^N W(i)} \\ y_{center\ of\ gravity} = \frac{\sum_{i=1}^N y_i \times W(i)}{\sum_{i=1}^N W(i)} \end{cases}$$

Với  $W(i)$  là trọng số của nút  $i$ ,  $N$  là số lượng nút còn lại chưa xét. Giá trị nút trung tâm



có thể không trùng với bất kỳ nút nào thực tế.

- Tính hàm khoảng cách  $CG$ :

$$Distance_i = \sqrt{(x_i - x_{centerofGravity})^2 + (y_i - y_{centerofGravity})^2}$$

$$\Rightarrow Max\ Distance = \max(Distance) \ (\forall i)$$

$$\Rightarrow Max\ Weight = \max(W_i) \ (\forall i)$$

- Tính giá trị thưởng (merit): merit đưa ra giá trị cân bằng giữa vị trí gần trung tâm và trọng số của nó:

$$Merit_{(i)} = \frac{1}{2} \frac{(MaxDistance - Distance_i)}{MaxDistance} + \frac{1}{2} \frac{W(i)}{maxWeight}$$

- Sau khi tính xong giá trị thưởng (merit), việc phân loại các nút còn lại dựa trên:
  - Nút có giá trị thưởng lớn nhất sẽ được chọn làm nút backbone. Nút gần nó sẽ thành nút đầu cuối.
  - Quá trình tiếp tục cho đến khi tất cả các nút được phân loại.

### 1.1.2. Xây dựng topology cho mạng

Sau khi đã phân loại tất cả các nút, ta chọn một nút làm nút xương sống trung tâm. Nút xương sống trung tâm là nút có giá trị moment nhỏ nhất, với moment được tính như sau:

$$Moment(n) = \sum cost(n, n^*) W_{n^*}$$

với  $n^*$  là các nút Backbone khác  $n$ .

Tiếp theo chúng ta xây dựng cây Prim-Dijkstra. Sau khi xác định được nút backbone trung tâm, ta sử dụng cây Prim-Dijkstra với tham số  $\alpha$  để xây dựng cây kết nối giữa các nút backbone với nhau. Lý thuyết xây dựng cây Prim-Dijkstra dựa trên hai định nghĩa sau đây:

- Cây MST-Minimum Spanning Tree: cây bắc cầu tối thiểu, đại diện là thuật toán Prim, với tiêu chí tổng giá là nhỏ nhất.

$$Nhãn\ prim = \min_{neighbor} [cost(node, neighbor)]$$

- Cây SPT – Shorted Path Tree: cây theo đường ngắn nhất, đại diện là thuật toán

Dijkstra với tiêu chí số lượng đường đi đến các nút còn lại là nhỏ nhất.

$$\text{Nhãn Dijkstra} = \min_{\text{neighbor}} [\text{cost}(s, \text{neighbor}) + \text{cost}(\text{neighbor}, \text{node})]$$

- Từ đó, ta xây dựng cây Prim-Dijkstra với nhãn dưới đây:

$$\text{Label} = \min_{\text{neighbor}} [\alpha \times \text{cost}(s, \text{neighbor}) + \text{cost}(\text{neighbor}, \text{node})]$$

Với  $\alpha \in [0,1]$  ( $\alpha = 0 \Rightarrow$  Prim,  $\alpha = 1 \Rightarrow$  Dijkstra), s là nút gốc, node là nút đang xét.

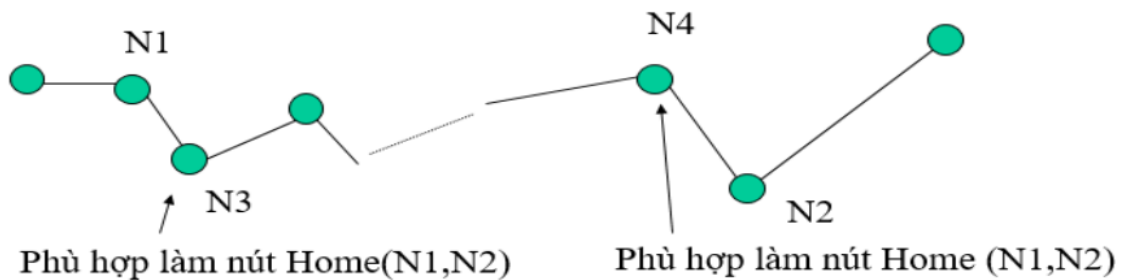
Ví dụ: Với đỉnh của nút hàng xóm là u và đỉnh đang xét là v, đỉnh gốc là s, ta có nhãn như sau:

$$L(v) = \min_{\text{neighbor}} [\alpha \times \text{cost}(s, u) + \text{cost}(u, v)]$$

### 1.1.3. Thêm liên kết cho mạng

Ở bước này chúng ta sẽ đưa ra các khái niệm mới như dãy (Sequence) và nút Home (Homing) để thêm liên kết nhằm tối ưu thiết kế. Bằng cách sử dụng cây Prim – Dijkstra ở trên, chúng ta có thể xác định dãy các nút thỏa mãn những tiêu chí sau [1]:

- Các dãy được sắp xếp theo thứ tự từ ngoài vào trong. Đường dài nhất sẽ được xếp trước
- Không xếp cặp nút (N1, N2) cho đến khi tất cả các cặp nút (N1\*, N2\*). đã được xếp; trong đó N1, N2 nằm trên liên kết giữa N1\* và N2\*.
- Những liên kết dài nhất sẽ được xếp đầu tiên.
- Với mỗi cặp nút N1, N2 không liền kề nhau, ta chọn nút Home là nút trung gian.



**Hình 2: Xác định nút home**

Trong trường hợp có nhiều nút có thể chọn làm nút Home, ví dụ như giữa N1 và N2 có hai nút trung gian N3 và N4 thì ta sẽ chọn nút Home là N3 nếu:

$$cost(N1, N3) + cost(N3, N2) < cost(N1, N4) + cost(N4, N2)$$

Và ngược lại chúng ta sẽ chọn nút Home là N4. Xét từng cặp nút (N1, N2) một lần duy nhất, ta triển khai giải thuật sau:

1. Từ tham số dung lượng liên kết  $C$  mà đề bài đã cho, tính:

$$n = \text{ceil} \left( \frac{Traffic_{N1, N2}}{C} \right)$$

Với hàm  $\text{ceil}()$  là làm tròn lên,  $Traffic_{N1, N2}$  là lưu lượng giữa hai điểm  $N1$  và  $N2$

2. Tính độ sử dụng (Utilization) của liên kết:

$$U = \frac{Traffic_{N1, N2}}{n \times C}$$

Thêm liên kết ( $N1, N2$ ) nếu  $U > U_{min}$ , còn không thì di chuyển lưu lượng thông qua mạng (ví dụ như thêm lưu lượng  $Traffic_{N1, N2}$  cho cả  $Traffic_{N1, Home}$  và  $Traffic_{Home, N2}$ , làm tương tự với  $Traffic_{N2, N1}$ ). Sẽ xảy ra trường hợp liên kết ( $N1, N2$ ) thuộc cây Prim – Dijkstra ban đầu, khi đó ta chỉ việc thêm liên kết trực tiếp [1].

## 1.2. Thuật toán Mentor II

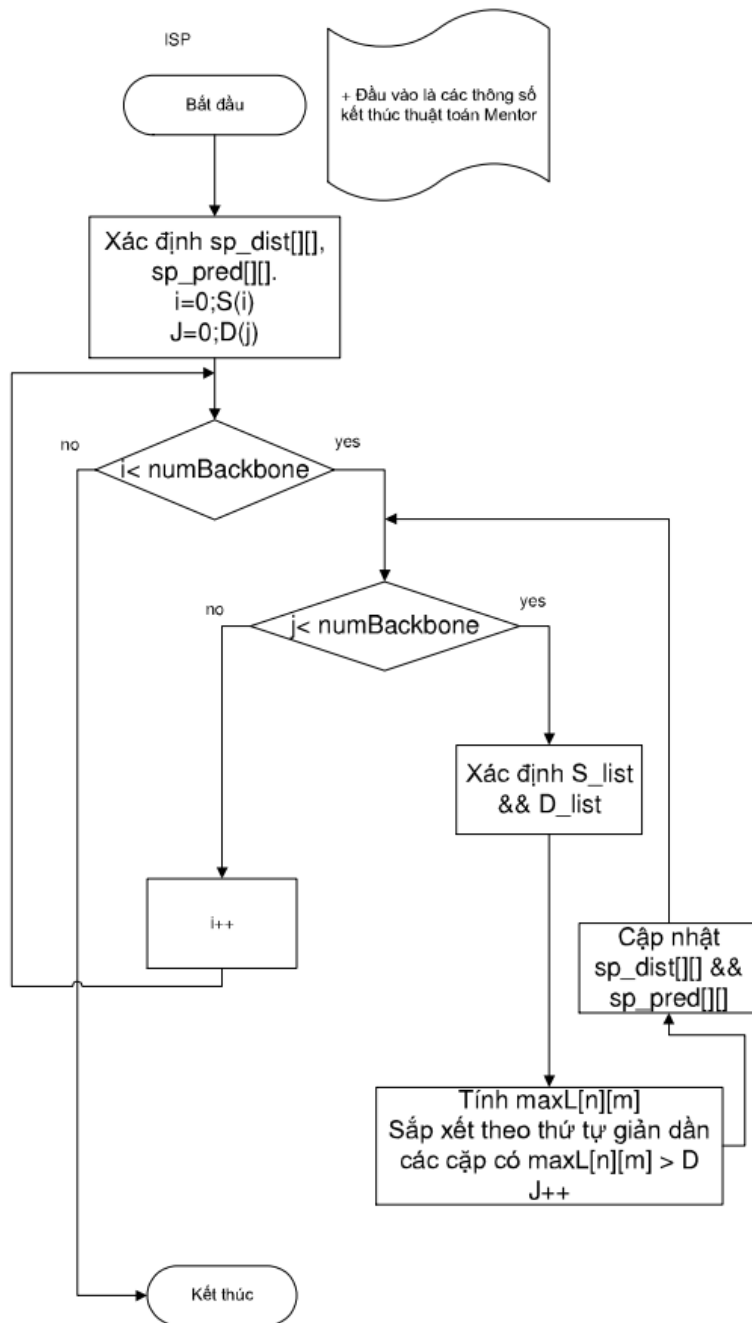
### 1.2.1. Đặt vấn đề

Sau khi chúng ta thiết kế xong mạng, chúng ta xem xét lưu lượng sẽ đi qua đâu. Đưa ra một vấn đề mà trung tâm chính là chất lượng hoạt động của thuật toán định tuyến.

Nếu chỉ sử dụng thuật toán Prim – Dijkstra, số lượng liên kết là ít nhất mà vẫn đảm bảo có một và chỉ một đường đi duy nhất giữa 2 node bất kì. Tuy nhiên với thiết kế như thế, sẽ tồn tại những liên kết mà lưu lượng đi qua nó rất lớn, điều đó đồng nghĩa với việc không đảm bảo tính ổn định cho mạng

### 1.2.2. ISP (Incremental Shortest Path)

Đây là bước cải thiện để đáp ứng phần nào vấn đề đã trình bày ở trên. Mục đích của thuật toán ISP là xác định tất cả những cặp có thể sử dụng liên kết trực tiếp thay cho đường hiện thời



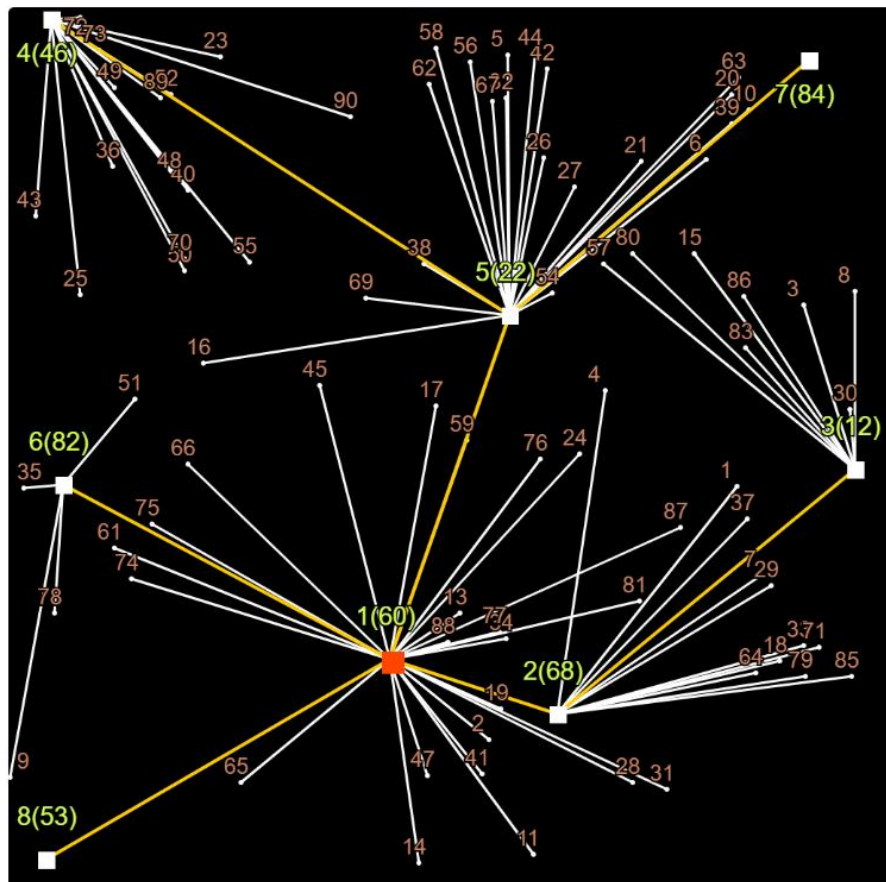
**Hình 3: Lưu đồ thuật toán ISP**

## CHƯƠNG 2. QUÁ TRÌNH MÔ PHỎNG

- Giải thuật MENTOR được nhóm 10 triển khai thực hiện trên ngôn ngữ HTML, CSS, JS
- Quá trình thực hiện bài tập lớn:
  - Tạo ra 90 nút mạng ở các vị trí ngẫu nhiên nằm trong mặt phẳng 1200\*1200.
  - Khai báo lưu lượng giữa các nút, W, R, C, Umin,  $\alpha$ .
  - Tính giá cho mỗi liên kết
  - Tính trọng số cho từng nút -> tính trọng số chuẩn hoá cho từng nút
  - Sử dụng giải thuật Mentor được trình bày ở chương 1, phần 1.1 để phân loại nút Backbone, nút truy nhập
  - Xây dựng cây Prim-Dijkstra
  - Sử dụng giải thuật Mentor 2 được trình bày ở chương 1, phần 1.2 để chuyển lưu lượng, thêm liên kết trực tiếp, tính toán độ sử dụng, số lượng liên kết, giá của mạng.
- Cách thức chạy project:
  - Bật file index.html lên, màn hình sẽ nhảy đến trang web hiển thị giao diện cho người dùng với kết quả và các thông số như đã trình bày ở trên

## CHƯƠNG 3. KẾT QUẢ MÔ PHỎNG

- Sử dụng giải thuật MENTOR để tìm nút backbone và các nút truy nhập tương ứng với nút Backbone. Biết  $W=2$ ,  $R=0,3$ , dung lượng liên kết  $C=10$ . Biết lưu lượng giữa nút  $i$  và  $i+3$  là 1, Lưu lượng giữa nút  $i$  và  $i+55$  là 2 và lưu lượng giữa  $i$  và  $i+86$  là 3, lưu lượng giữa nút 7 và 28 là 5, lưu lượng giữa 12 và 46 là 16, lưu lượng giữa 60 và 68 là 18.



Hình 4: Xây dựng cây Prim – Dijkstra

Các nút được biểu diễn bởi 90 chấm đen, các nút Backbone sẽ được hiển thị thêm số thứ tự trên hình. Chương trình sẽ xây dựng cây Prim – Dijkstra để kết nối các nút Backbone với nhau. Cây Prim-Dijkstra được biểu diễn bởi các đường màu vàng.

Danh sách nút Backbone:

Nút backbone	Nút ban đầu
1 (nút trung tâm)	60
2	68
3	12
4	46
5	22
6	82
7	84
8	53

**Bảng 1: Danh sách các nút backbone**

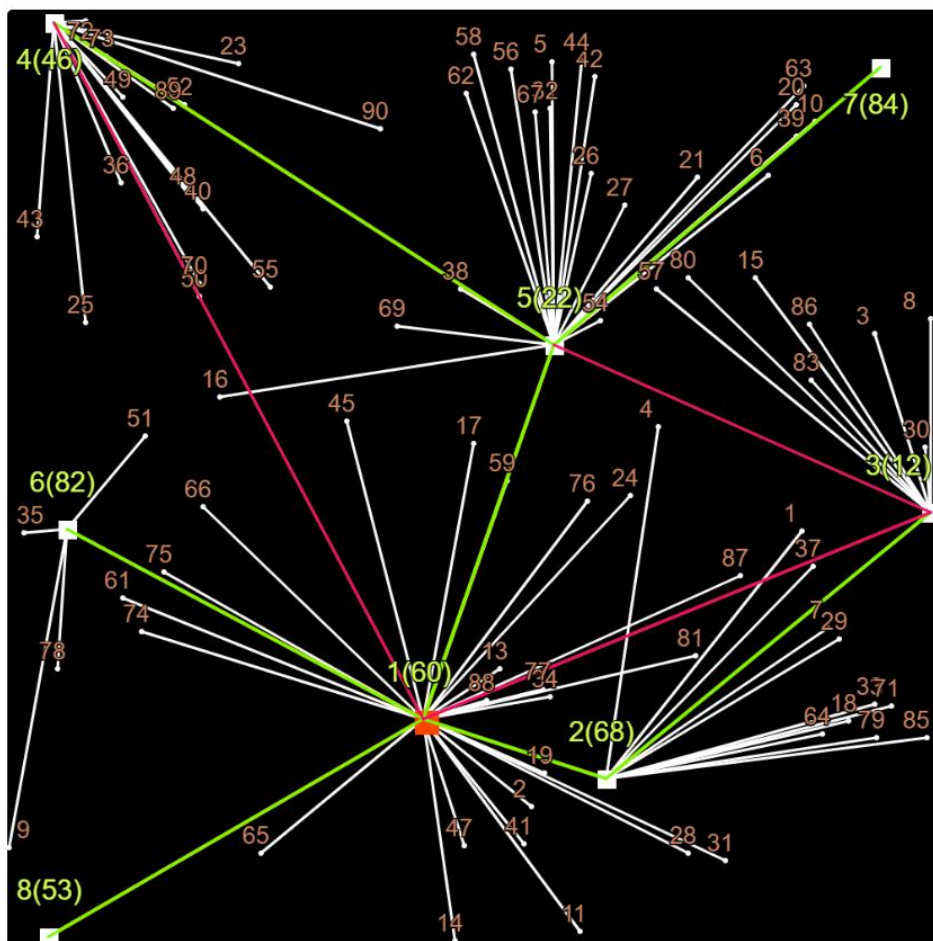
- Hãy tính lưu lượng thực tế giữa các nút Backbone (ghi ra file)

<b>T<sub>b</sub></b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>
<b>1</b>	0	40	9	10	37	2	2	0
<b>2</b>	40	0	4	7	11	4	2	0
<b>3</b>	9	4	0	24	10	1	0	0
<b>4</b>	10	7	24	0	7	5	0	1
<b>5</b>	37	11	10	7	0	6	0	1
<b>6</b>	2	4	1	5	6	0	0	0
<b>7</b>	2	2	0	0	0	0	0	0
<b>8</b>	0	0	0	1	1	0	0	0

**Bảng 2: Lưu lượng giữa các nút backbone**

- Sử dụng giải thuật Mentor 2 (ISP) để thiết kế topology backbone biết  $u_{min} = 80\%$ ,  $\alpha = 0.2$ . Đưa ra kết quả ra file số đường sử dụng trên từng liên kết và độ sử dụng trên liên kết đó và giá thay đổi trên liên kết trực tiếp sau khi dùng Mentor 2.





Hình 5: Topology Mentor 2,  $u_{min} = 0.8$

Nút đầu	Nút cuối	Lưu lượng	Số đường	Độ sử dụng	Khoảng cách	Giá
1	2	64	7	0.91	102.62	718.32
1	3	10	1	1.00	328.23	328.23
1	4	18	2	0.90	531.83	1063.66
1	5	64	7	0.91	212.84	1489.88
1	6	18	2	0.90	216.77	433.53
1	8	2	1	0.20	233.00	233.00
2	3	4	1	0.40	225.61	225.61
3	5	34	4	0.85	541.07	2164.26

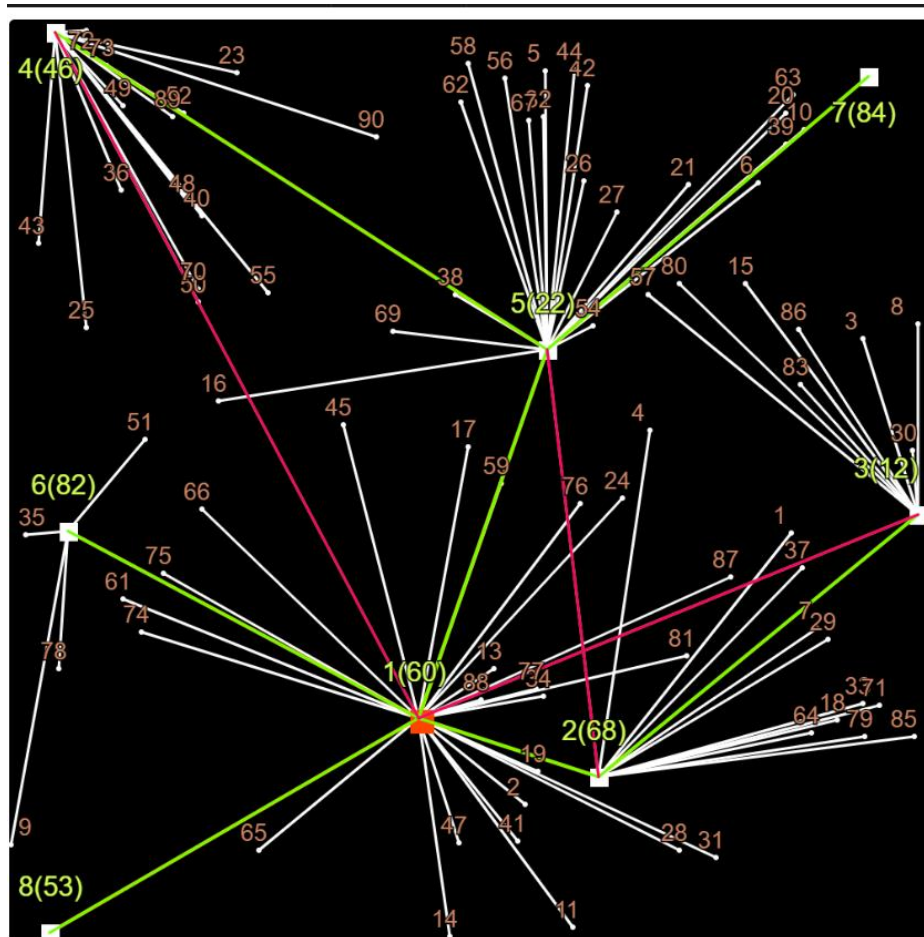
4	5	36	4	0.90	318.99	1275.95
5	7	4	1	0.40	229.46	229.46
Tổng giá						4080.95

**Bảng 3: Số đường sử dụng trên từng liên kết, độ sử dụng trên từng liên kết và giá của mỗi liên kết tại  $u_{\min} = 0.8$**

Nút đầu	Nút cuối	Khoảng cách	Chiều dài cũ theo cây	Độ dài liên kết trực tiếp	Số đường	Giá	Nút đầu
3	5	221.14	541.07	541.07	4	2164.26	3
1	4	423.18	531.83	531.83	2	1063.66	1
1	3	293.78	328.23	328.23	1	328.23	1

**Bảng 4: Danh sách liên kết trực tiếp được thêm tại  $u_{\min} = 0.8$**

- **Mạng backbone và giá của mạng backbone sẽ thay đổi như thế nào khi thay đổi giá trị  $u_{\min}$** 
  - Khi tăng giá trị  $U_{\min}$  từ 0.8 -> 0.84 mạng backbone và giá của mạng backbone không thay đổi 4080.95
  - Khi tăng giá trị  $U_{\min}$  từ 0.85 -> 0.89 giá của mạng backbone rơi vào khoảng 3968.15



Hình 6: Topology Mentor 2,  $u_{min} = 0.85$

Nút đầu	Nút cuối	Lưu lượng	Số đường	Độ sử dụng	Khoảng cách	Giá
1	2	51	6	0.85	102.62	615.70
1	3	10	1	1.00	328.23	328.23
1	4	18	2	0.90	531.83	1063.66
1	5	51	6	0.85	212.84	1277.04
1	6	18	2	0.90	216.77	433.53
1	8	2	1	0.20	233.00	233.00
2	3	38	4	0.95	225.61	902.43
2	5	47	5	0.94	315.46	1577.29
4	5	36	4	0.90	318.99	1275.95

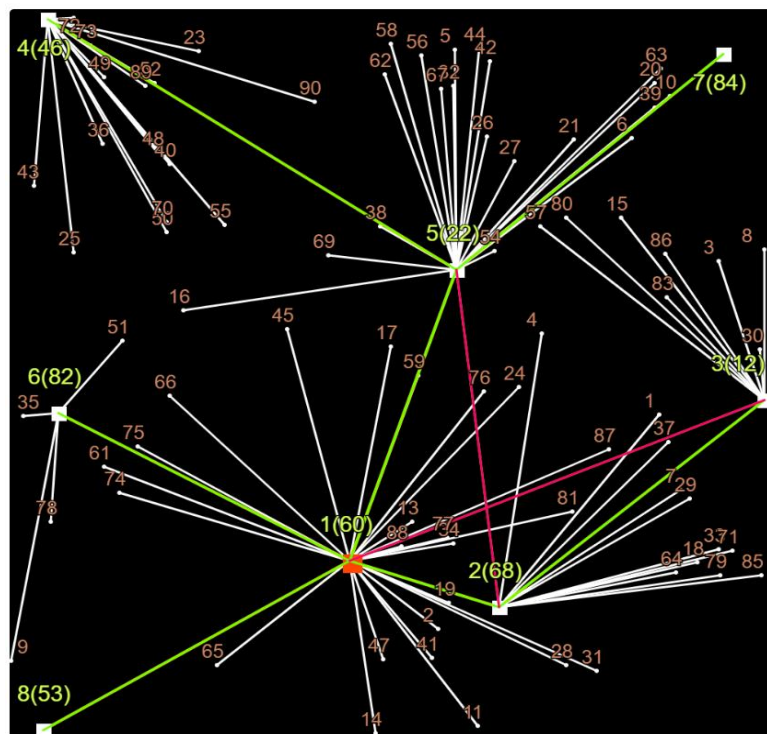
5	7	4	1	0.40	229.46	229.46
Tổng giá						3968.15

**Bảng 5: Số đường sử dụng trên từng liên kết, độ sử dụng trên từng liên kết và giá của mỗi liên kết tại  $u_{\min} = 0.85$**

Nút đầu	Nút cuối	Khoảng cách	Chiều dài cũ theo cây	Độ dài liên kết trực tiếp	Số đường	Giá
1	4	423.18	531.83	531.83	2	1063.66
1	3	293.78	328.23	328.23	1	328.23
2	5	234.62	315.46	315.46	5	1577.29

**Bảng 6: Danh sách liên kết trực tiếp được thêm tại  $u_{\min} = 0.85$**

- Khi tăng giá trị  $U_{\min}$  từ 0.89 -> 0.94 giá của mạng backbone rơi vào khoảng 3861.73,



**Hình 7: Topology Mentor 2,  $u_{\min} = 0.9$**

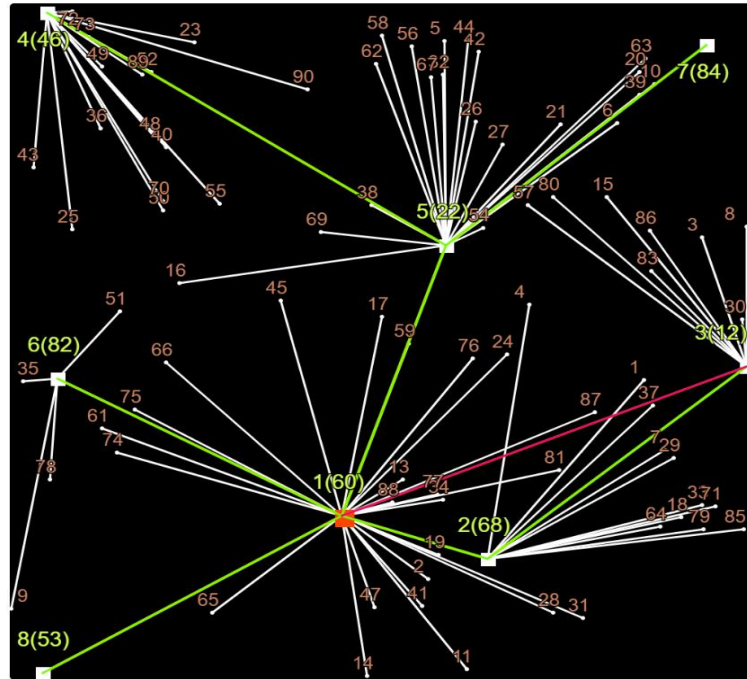
Nút đầu	Nút cuối	Lưu lượng	Số đường	Độ sử dụng	Khoảng cách	Giá
1	2	51	6	0.85	102.62	615.70
1	3	10	1	1.00	328.23	328.23
1	5	69	7	0.99	212.84	1489.88
1	6	18	2	0.90	216.77	433.53
1	8	2	1	0.20	233.00	233.00
2	3	38	4	0.95	225.61	902.43
2	5	47	5	0.94	315.46	1577.29
4	5	54	6	0.90	318.99	1913.92
5	7	4	1	0.40	229.46	229.46
Tổng giá						3861.73

**Bảng 7: Số đường sử dụng trên từng liên kết, độ sử dụng trên từng liên kết và giá của mỗi liên kết tại  $u_{\min} = 0.9$**

Nút đầu	Nút cuối	Khoảng cách	Chiều dài cũ theo cây	Độ dài liên kết trực tiếp	Số đường	Giá
1	3	293.78	328.23	328.23	1	328.23
2	5	234.62	315.46	315.46	5	1577.29

**Bảng 8: Danh sách liên kết trực tiếp được thêm tại  $u_{\min} = 0.9$**

- Khi tăng giá trị  $U_{min}$  từ 0.95-> 0.99 giá của mạng backbone rơi vào khoảng 3861.73



Hình 8: Topology Mentor 2,  $u_{min} = 0.95$

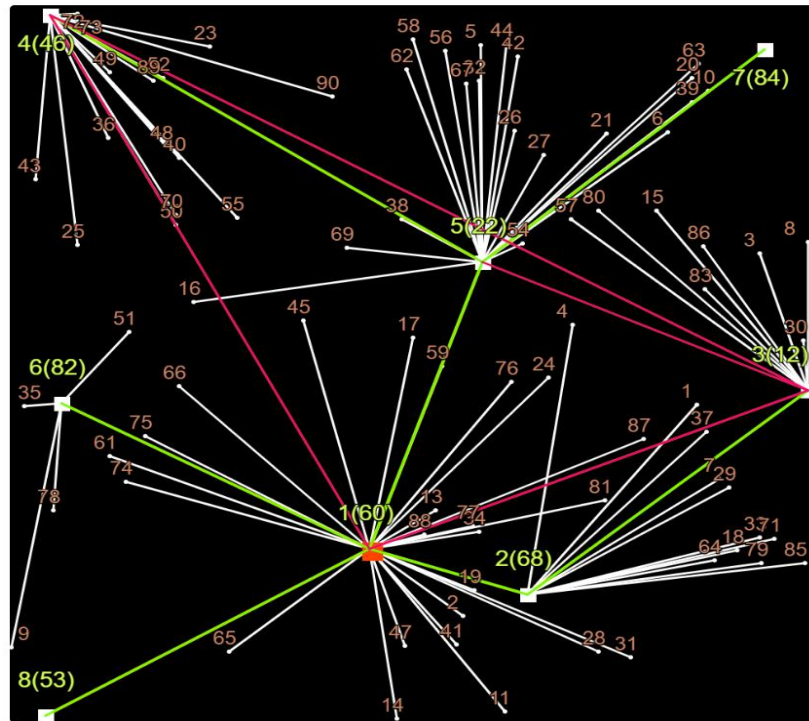
Nút đầu	Nút cuối	Lưu lượng	Số đường	Độ sử dụng	Khoảng cách	Giá
1	2	98	10	0.98	102.62	1026.17
1	3	10	1	1.00	328.23	328.23
1	5	116	12	0.97	212.84	2554.08
1	6	18	2	0.90	216.77	433.53
1	8	2	1	0.20	233.00	233.00
2	3	38	4	0.95	225.61	902.43
4	5	54	6	0.90	318.99	1913.92
5	7	4	1	0.40	229.46	229.46
Tổng giá						3810.42

Bảng 9: Số đường sử dụng trên từng liên kết, độ sử dụng trên từng liên kết và giá của mỗi liên kết tại  $u_{min} = 0.95$

Nút đầu	Nút cuối	Khoảng cách	Chiều dài cũ theo cây	Độ dài liên kết trực tiếp	Số đường	Giá
1	3	293.78	328.23	328.23	1	328.23

**Bảng 10: Danh sách liên kết trực tiếp được thêm tại  $u_{min} = 0.95$**

- Khi tăng giá trị  $U_{min}$  đến 1, tất cả các liên kết trực tiếp đều biến mất.
- Khi giảm giá trị  $U_{min}$  từ 0.7  $\rightarrow$  0.79 giá của mạng backbone rơi vào khoảng 3758.23, có thêm liên kết trực tiếp giữa nút 3-4.



**Hình 9: Topology Mentor 2,  $u_{min} = 0.7$**

Nút đầu	Nút cuối	Lưu lượng	Số đường	Độ sử dụng	Khoảng cách	Giá
1	2	64	7	0.91	102.62	718.32
1	3	10	1	1.00	328.23	328.23
1	4	18	2	0.90	531.83	1063.66
1	5	64	7	0.91	212.84	1489.88

1	6	18	2	0.90	216.77	433.53
1	8	2	1	0.20	233.00	233.00
2	3	4	1	0.40	225.61	225.61
3	4	24	3	0.80	538.58	1615.74
3	5	10	1	1.00	541.07	541.07
4	5	12	2	0.60	318.99	637.97
5	7	4	1	0.40	229.46	229.46
Tổng giá						3758.23

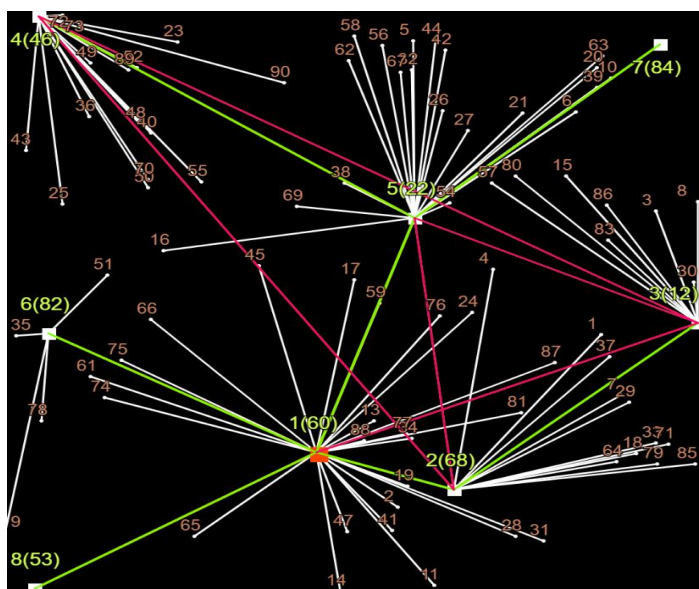
**Bảng 11: Số đường sử dụng trên từng liên kết, độ sử dụng trên từng liên kết và giá của mỗi liên kết tại  $u_{\min} = 0.7$**

Nút đầu	Nút cuối	Khoảng cách	Chiều dài cũ theo cây	Độ dài liên kết trực tiếp	Số đường	Giá
3	4	538.58	860.05	538.58	3	1615.74
3	5	221.14	541.07	541.07	1	541.07
1	4	423.18	531.83	531.83	2	1063.66
1	3	293.78	328.23	328.23	1	328.23

**Bảng 12: Danh sách liên kết trực tiếp được thêm tại  $u_{\min} = 0.7$**

- Khi giảm giá trị  $U_{\min}$  từ 0.65 -> 0.69 giá của mạng backbone rơi vào khoảng 3849.82





Hình 10: Topology Mentor 2,  $u_{min} = 0.65$

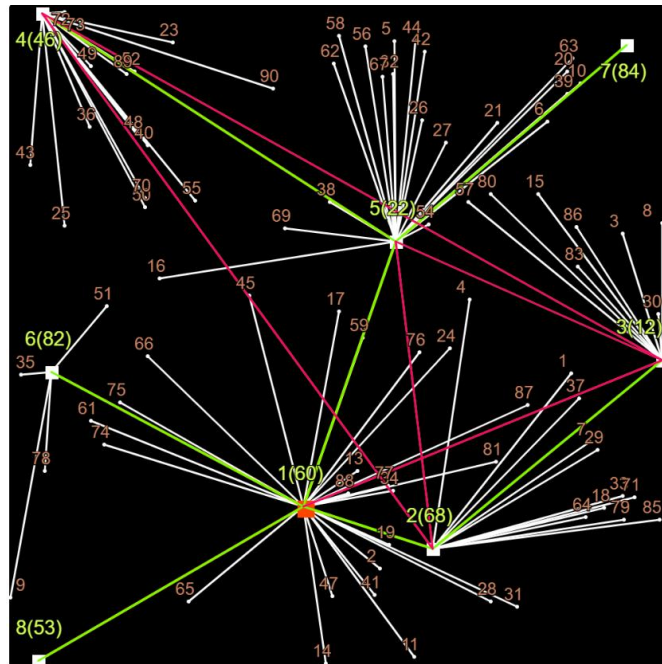
Nút đầu	Nút cuối	Lưu lượng	Số đường	Độ sử dụng	Khoảng cách	Giá
1	2	57	6	0.95	102.62	615.70
1	3	10	1	1.00	328.23	328.23
1	5	75	8	0.94	212.84	1702.72
1	6	18	2	0.90	216.77	433.53
1	8	2	1	0.20	233.00	233.00
2	3	4	1	0.40	225.61	225.61
2	4	7	1	0.70	502.15	502.15
3	4	24	3	0.80	538.58	1615.74
3	5	10	1	1.00	541.07	541.07
4	5	23	3	0.77	318.99	956.96
5	7	4	1	0.40	229.46	229.46
Tổng giá						3692.09

Bảng 13: Số đường sử dụng trên từng liên kết, độ sử dụng trên từng liên kết và giá của mỗi liên kết tại  $u_{min} = 0.65$

Nút đầu	Nút cuối	Khoảng cách	Chiều dài cũ theo cây	Độ dài liên kết trực tiếp	Số đường	Giá
3	4	538.58	860.05	538.58	3	1615.74
2	4	502.15	634.44	502.15	1	502.15
3	5	221.14	541.07	541.07	1	541.07
1	3	293.78	328.23	328.23	1	328.23

**Bảng 14: Danh sách liên kết trực tiếp được thêm tại  $u_{\min} = 0.65$**

- Khi giảm giá trị  $U_{\min}$  từ 0.56  $\rightarrow$  0.64 giá của mạng backbone rơi vào khoảng 3849.82



**Hình 11: Topology Mentor 2,  $u_{\min} = 0.56$**

Nút đầu	Nút cuối	Lưu lượng	Số đường	Độ sử dụng	Khoảng cách	Giá
1	2	44	5	0.88	102.62	513.09
1	3	10	1	1.00	328.23	328.23
1	5	62	7	0.89	212.84	1489.88
1	6	18	2	0.90	216.77	433.53
1	8	2	1	0.20	233.00	233.00

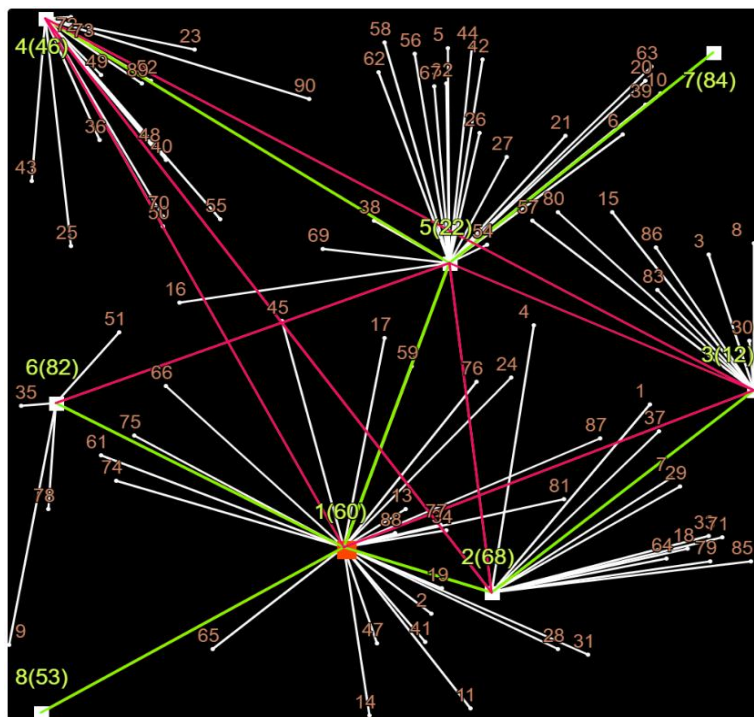
2	3	4	1	0.40	225.61	225.61
2	4	7	1	0.70	502.15	502.15
2	5	13	2	0.65	315.46	630.91
3	4	24	3	0.80	538.58	1615.74
3	5	10	1	1.00	541.07	541.07
4	5	23	3	0.77	318.99	956.96
5	7	4	1	0.40	229.46	229.4
Tổng giá						3849.82

**Bảng 15: Số đường sử dụng trên từng liên kết, độ sử dụng trên từng liên kết và giá của mỗi liên kết tại  $u_{\min} = 0.56$**

Nút đầu	Nút cuối	Khoảng cách	Chiều dài cũ theo cây	Độ dài liên kết trực tiếp	Số đường	Giá
3	4	538.58	860.05	538.58	3	1615.74
2	4	502.15	634.44	502.15	1	502.15
3	5	221.14	541.07	541.07	1	541.07
1	3	293.78	328.23	328.23	1	328.23
2	5	234.62	315.46	315.46	2	630.91

**Bảng 16: Danh sách liên kết trực tiếp được thêm tại  $u_{\min} = 0.56$**

- Khi giảm giá trị  $U_{min}$  từ 0.5  $\rightarrow$  0.55 giá của mạng backbone rơi vào khoảng 4224.11



Hình 12: Topology Mentor 2,  $u_{min} = 0.5$

Nút đầu	Nút cuối	Lưu lượng	Số đường	Độ sử dụng	Khoảng cách	Giá
1	2	44	5	0.88	102.62	513.09
1	3	10	1	1.00	328.23	328.23
1	4	11	2	0.55	531.83	1063.66
1	5	40	4	1.00	212.84	851.36
1	6	7	1	0.70	216.77	216.77
1	8	2	1	0.20	233.00	233.00
2	3	4	1	0.40	225.61	225.61
2	4	7	1	0.70	502.15	502.15
2	5	13	2	0.65	315.46	630.91
3	4	24	3	0.80	538.58	1615.74

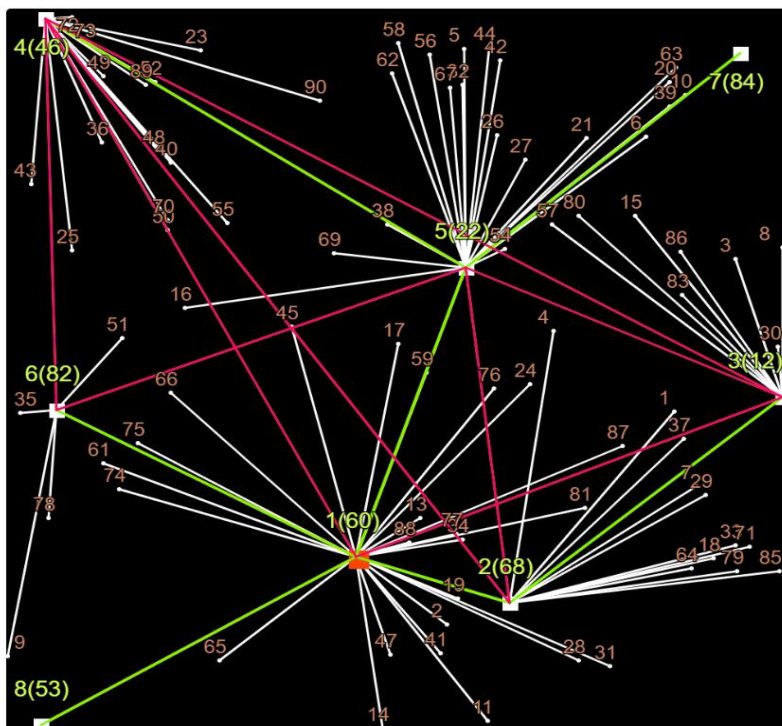
3	5	10	1	1.00	541.07	541.07
4	5	12	2	0.60	318.99	637.97
5	6	11	2	0.55	429.61	859.21
5	7	4	1	0.40	229.46	229.46
Tổng giá						4224.11

**Bảng 17: Số đường sử dụng trên từng liên kết, độ sử dụng trên từng liên kết và giá của mỗi liên kết tại  $u_{\min} = 0.5$**

Nút đầu	Nút cuối	Khoảng cách	Chiều dài cũ theo cây	Độ dài liên kết trực tiếp	Số đường	Giá
3	4	538.58	860.05	538.58	3	1615.74
2	4	502.15	634.44	502.15	1	502.15
3	5	221.14	541.07	541.07	1	541.07
1	4	423.18	531.83	531.83	2	1063.66
5	6	278.97	429.61	429.61	2	859.21
1	3	293.78	328.23	328.23	1	328.23
2	5	234.62	315.46	315.46	2	630.91

**Bảng 18: Danh sách liên kết trực tiếp được thêm tại  $u_{\min} = 0.5$**

- Khi giảm giá trị  $U_{min}$  từ 0.4  $\rightarrow$  0.5 giá của mạng backbone rơi vào khoảng 4093.91



Hình 13: Topology Mentor 2,  $u_{min} = 0.4$

Nút đầu	Nút cuối	Lưu lượng	Số đường	Độ sử dụng	Khoảng cách	Giá
1	2	44	5	0.88	102.62	513.09
1	3	10	1	1.00	328.23	328.23
1	4	11	2	0.55	531.83	1063.66
1	5	40	4	1.00	212.84	851.36
1	6	7	1	0.70	216.77	216.77
1	8	2	1	0.20	233.00	233.00
2	3	4	1	0.40	225.61	225.61
2	4	7	1	0.70	502.15	502.15
2	5	13	2	0.65	315.46	630.91
3	4	24	3	0.80	538.58	1615.74

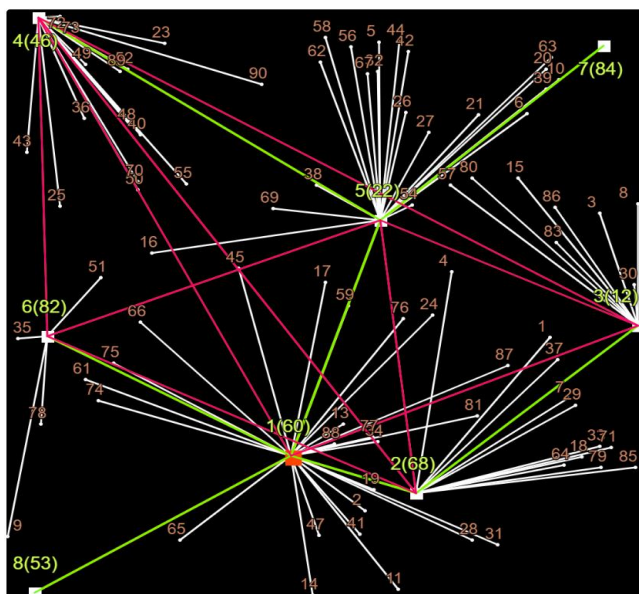
3	5	10	1	1.00	541.07	541.07
4	5	7	1	0.70	318.99	318.99
4	6	5	1	0.50	488.19	488.19
5	6	6	1	0.60	429.61	429.61
5	7	4	1	0.40	229.46	229.46
Tổng giá						4093.91

**Bảng 19: Số đường sử dụng trên từng liên kết, độ sử dụng trên từng liên kết và giá của mỗi liên kết tại  $u_{\min} = 0.4$**

Nút đầu	Nút cuối	Khoảng cách	Chiều dài cũ theo cây	Độ dài liên kết trực tiếp	Số đường	Giá
3	4	538.58	860.05	538.58	3	1615.74
4	6	271.59	748.59	463.75	1	463.75
2	4	502.15	634.44	502.15	1	502.15
3	5	221.14	541.07	541.07	1	541.07
1	4	423.18	531.83	531.83	2	1063.66
5	6	278.97	429.61	429.61	1	429.61
1	3	293.78	328.23	328.23	1	328.23
2	5	234.62	315.46	315.46	2	630.91

**Bảng 20: Danh sách liên kết trực tiếp được thêm tại  $u_{\min} = 0.4$**

- Khi giảm giá trị  $U_{min}$  từ 0.2 -> 0.39 giá của mạng backbone rơi vào khoảng 4195.74



Hình 14: Topology Mentor 2,  $u_{min} = 0.2$

Nút đầu	Nút cuối	Lưu lượng	Số đường	Độ sử dụng	Khoảng cách	Giá
1	2	40	4	1.00	102.62	410.47
1	3	10	1	1.00	328.23	328.23
1	4	11	2	0.55	531.83	1063.66
1	5	40	4	1.00	212.84	851.36
1	6	3	1	0.30	216.77	216.77
1	8	2	1	0.20	233.00	233.00
2	3	4	1	0.40	225.61	225.61
2	4	7	1	0.70	502.15	502.15
2	5	13	2	0.65	315.46	630.91
2	6	4	1	0.40	319.38	319.38
3	4	24	3	0.80	538.58	1615.74
3	5	10	1	1.00	541.07	541.07
4	5	7	1	0.70	318.99	318.99



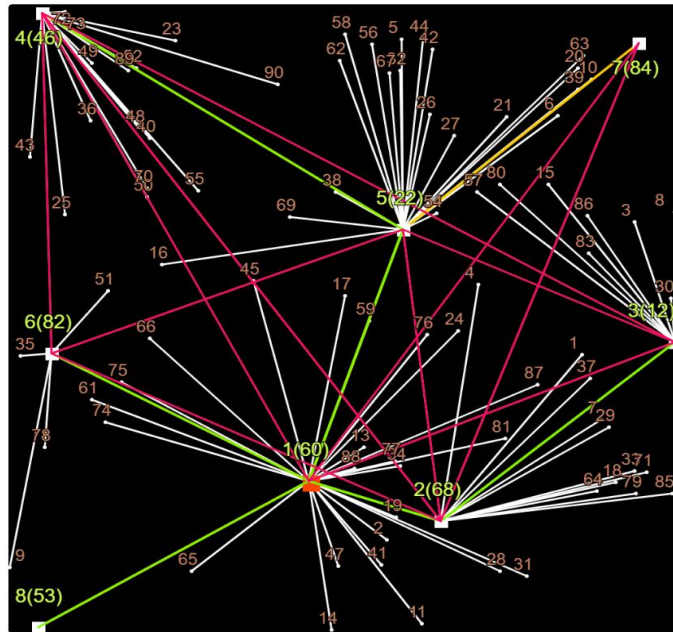
4	6	5	1	0.50	475.08	475.08
5	6	6	1	0.60	429.61	429.61
5	7	4	1	0.40	229.46	229.46
Tổng giá						4195.74

**Bảng 21: Số đường sử dụng trên từng liên kết, độ sử dụng trên từng liên kết và giá của mỗi liên kết tại  $u_{\min} = 0.2$**

Nút đầu	Nút cuối	Khoảng cách	Chiều dài cũ theo cây	Độ dài liên kết trực tiếp	Số đường	Giá
3	4	538.58	860.05	538.58	3	1615.74
4	6	271.59	748.59	655.04	1	655.04
2	4	502.15	634.44	502.15	1	502.15
3	5	221.14	541.07	541.07	1	541.07
1	4	423.18	531.83	531.83	2	1063.66
5	6	278.97	429.61	429.61	1	429.61
1	3	293.78	328.23	328.23	1	328.23
2	6	318.31	319.38	319.38	1	319.38
2	5	234.62	315.46	315.46	2	630.91

**Bảng 22: Danh sách liên kết trực tiếp được thêm tại  $u_{\min} = 0.2$**

- Khi giảm giá trị  $U_{min}$  từ 0.1 -> 0.19 giá của mạng backbone rơi vào khoảng 4702.08



Hình 15: Topology Mentor 2,  $u_{min} = 0.1$

Nút đầu	Nút cuối	Lưu lượng	Số đường	Độ sử dụng	Khoảng cách	Giá
1	2	40	4	1.00	102.62	410.47
1	3	10	1	1.00	328.23	328.23
1	4	11	2	0.55	531.83	1063.66
1	5	38	4	0.95	212.84	851.36
1	6	3	1	0.30	216.77	216.77
1	7	2	1	0.20	442.30	442.30
1	8	2	1	0.20	233.00	233.00
2	3	4	1	0.40	225.61	225.61
2	4	7	1	0.70	502.15	502.15
2	5	11	2	0.55	315.46	630.91
2	6	4	1	0.40	319.38	319.38
2	7	2	1	0.20	544.92	544.92

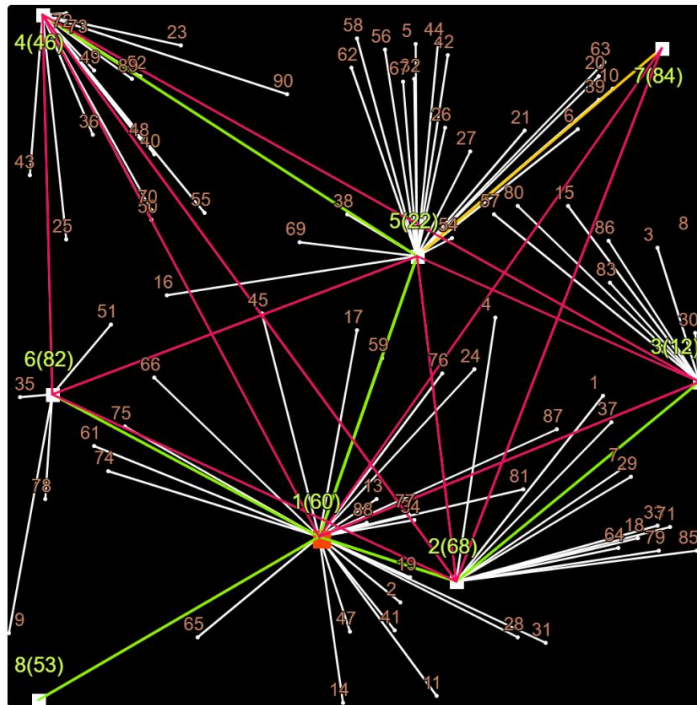
3	4	24	3	0.80	538.58	1615.74
3	5	10	1	1.00	541.07	541.07
4	5	7	1	0.70	318.99	318.99
4	6	5	1	0.50	730.01	730.01
5	6	6	1	0.60	429.61	429.61
Tổng giá						4702.08

**Bảng 23: Số đường sử dụng trên từng liên kết, độ sử dụng trên từng liên kết và giá của mỗi liên kết tại  $u_{\min} = 0.1$**

Nút đầu	Nút cuối	Khoảng cách	Chiều dài cũ theo cây	Độ dài liên kết trực tiếp	Số đường	Giá
3	4	538.58	860.05	538.58	3	1615.74
4	6	271.59	748.59	422.13	1	422.13
2	4	502.15	634.44	502.15	1	502.15
2	7	409.31	544.92	544.92	1	544.92
3	5	221.14	541.07	541.07	1	541.07
1	4	423.18	531.83	531.83	2	1063.66
1	7	426.94	442.3	442.3	1	442.3
5	6	278.97	429.61	429.61	1	429.61
1	3	293.78	328.23	328.23	1	328.23
2	6	318.31	319.38	319.38	1	319.38
2	5	234.62	315.46	315.46	2	630.91

**Bảng 24: Danh sách liên kết trực tiếp được thêm tại  $u_{\min} = 0.1$**

- Khi giảm giá trị  $U_{min}$  từ 0  $\rightarrow$  0.09 giá của mạng backbone rơi vào khoảng 4896.45



Hình 16: Topology Mentor 2,  $u_{min} = 0.09$

Nút đầu	Nút cuối	Lưu lượng	Số đường	Độ sử dụng	Khoảng cách	Giá
1	2	40	4	1.00	102.62	410.47
1	3	9	1	0.90	328.23	328.23
1	4	10	1	1.00	423.18	423.18
1	5	37	4	0.93	212.84	851.36
1	6	2	1	0.20	216.77	216.77
1	7	2	1	0.20	442.30	442.30
2	3	4	1	0.40	225.61	225.61
2	4	7	1	0.70	502.15	502.15
2	5	11	2	0.55	315.46	630.91
2	6	4	1	0.40	318.31	318.31
2	7	2	1	0.20	544.92	544.92

3	4	24	3	0.80	538.58	1615.74
3	5	10	1	1.00	541.07	541.07
3	6	1	1	0.10	463.08	463.08
4	5	7	1	0.70	318.99	318.99
4	6	5	1	0.50	593.37	593.37
4	8	1	1	0.10	491.01	491.01
5	6	6	1	0.60	429.61	429.61
5	8	1	1	0.10	445.85	445.85
Tổng giá						4896.45

**Bảng 25: Số đường sử dụng trên từng liên kết, độ sử dụng trên từng liên kết và giá của mỗi liên kết tại  $u_{\min} = 0.09$**

Nút đầu	Nút cuối	Khoảng cách	Chiều dài cũ theo cây	Độ dài liên kết trực tiếp	Số đường	Giá
3	4	538.58	860.05	538.58	3	1615.74
4	6	271.59	748.59	422.13	1	422.13
2	4	502.15	634.44	502.15	1	502.15
2	7	409.31	544.92	544.92	1	544.92
3	5	221.14	541.07	541.07	1	541.07
1	4	423.18	531.83	531.83	2	1063.66
1	7	426.94	442.3	442.3	1	442.3
5	6	278.97	429.61	429.61	1	429.61
1	3	293.78	328.23	328.23	1	328.23
2	6	318.31	319.38	319.38	1	319.38
2	5	234.62	315.46	315.46	2	630.91

**Bảng 26: Danh sách liên kết trực tiếp được thêm tại  $u_{\min} = 0.09$**

## KẾT LUẬN

Bài tập lớn Quy hoạch và quản lý mạng viễn thông này đã giúp chúng em hiểu rõ hơn về thuật toán MENTOR, MENTOR 2 và cách hình thành cây theo thuật toán MENTOR cũng như xây dựng cây Prim-Dijkstra. Chúng em rèn luyện được kỹ năng làm việc nhóm và độc lập cho mỗi cá nhân.

Do thời gian có hạn, nên quá trình thực hiện không tránh khỏi sai sót hoặc chưa được như mong muốn, chúng em mong nhận được sự đóng góp từ cô và các bạn.

Chúng em xin chân thành cảm ơn cô Trần Thị Ngọc Lan đã giúp đỡ chúng em trong suốt quá trình thực hiện bài tập lớn này.

## PHÂN CÔNG CÔNG VIỆC

Sinh viên thực hiện	Công việc
Nông Thị Oanh	Tìm hiểu giải thuật Mentor, Mentor I Viết báo cáo
Trần Đức Trung	Lập trình giải thuật Mentor, Mentor I Viết báo cáo
Nguyễn Hồng Quang	Lập trình giải thuật Mentor, Mentor II Viết báo cáo
Hoàng Văn Nghĩa	Viết báo cáo
Nguyễn Hoàng Long	Tìm hiểu phương pháp xây dựng cây Prim-Dijkstra, giải thuật Mentor I

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] M. Botha, G. J. Zuurmond and A. E. Krzesinski, “An Implementation of the MENTOR Algorithm for Random Network Generation”, *Department of Computer Science*, University of Stellenbosch, 7600 Stellenbosch, South Africa.
- [2] Robert S. Cahn, “Wide Area Network Design: Concepts and Tools for Optimization”, Morgan Kaufmann Publishers Inc. San Francisco, CA, USA  
©1998, ISBN:1-55860-458-8
- [3] Slide bài giảng môn Quy hoạch và quản lý mạng viễn thông của cô Trần Thị Ngọc Lan