**Technologie Sieciowe Lista 2**

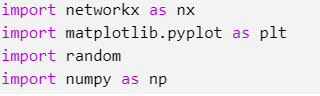
Piotr Szymański

**Treść zadania**  
Rozważmy model sieci S = <G,H>. Przez N=[n(i,j)] będziemy oznaczać macierz natężeń strumienia pakietów, gdzie element n(i,j) jest liczbą pakietów przesyłanych (wprowadzanych do sieci) w ciągu sekundy od źródła v(i) do ujścia v(j).

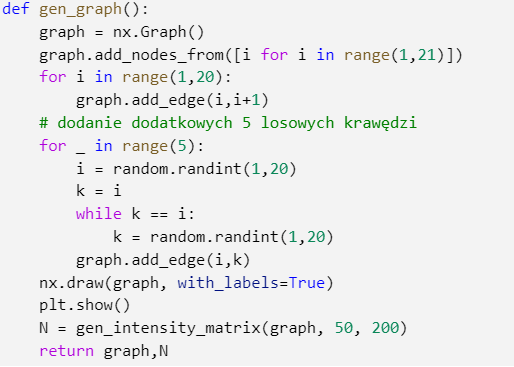
* Zaproponuj topologię grafu G ale tak aby żaden wierzchołek nie był izolowany oraz aby: |V|=20, |E|<30. Zaproponuj N oraz następujące funkcje krawędzi ze zbioru H: funkcję przepustowości 'c' (rozumianą jako maksymalną liczbę bitów, którą można wprowadzić do kanału komunikacyjnego w ciągu sekundy), oraz funkcję przepływu 'a' (rozumianą jako faktyczną liczbę pakietów, które wprowadza się do kanału komunikacyjnego w ciągu sekundy). Pamiętaj aby funkcja przepływu realizowała macierz N oraz aby dla każdego kanału 'e' zachodziło: c(e) > a(e).
* Niech miarą niezawodności sieci jest prawdopodobieństwo tego, że w dowolnym przedziale czasowym, nierozspójniona sieć zachowuje T < T\_max, gdzie: T = 1/G \* SUM\_e( a(e)/(c(e)/m - a(e)) ), jest średnim opóźnieniem pakietu w sieci, SUM\_e oznacza sumowanie po wszystkich krawędziach 'e' ze zbioru E, 'G' jest sumą wszystkich elementów macierzy natężeń, a 'm' jest średnią wielkością pakietu w bitach. Napisz program szacujący niezawodność takiej sieci przyjmując, że prawdopodobieństwo nie uszkodzenia każdej krawędzi w dowolnym interwale jest równe 'p'. Uwaga: 'N', 'p', 'T\_max' oraz topologia wyjściowa sieci są parametrami.
* Przy ustalonej strukturze topologicznej sieci i dobranych przepustowościach stopniowo zwiększaj wartości w macierzy natężeń. Jak będzie zmieniać się niezawodność zdefiniowana tak jak punkcie poprzednim (Pr[T < T\_max]).
* Przy ustalonej macierzy natężeń i strukturze topologicznej stopniowo zwiększaj przepustowości. Jak będzie zmieniać się niezawodność zdefiniowana tak jak punkcie poprzednim (Pr[T < T\_max]).
* Przy ustalonej macierzy natężeń i pewnej początkowej strukturze topologicznej, stopniowo zmieniaj topologię poprzez dodawanie nowych krawędzi o przepustowościach będących wartościami średnimi dla sieci początkowej. Jak będzie zmieniać się niezawodność zdefiniowana tak jak punkcie poprzednim (Pr[T < T\_max]).

**Opis rozwiązania**

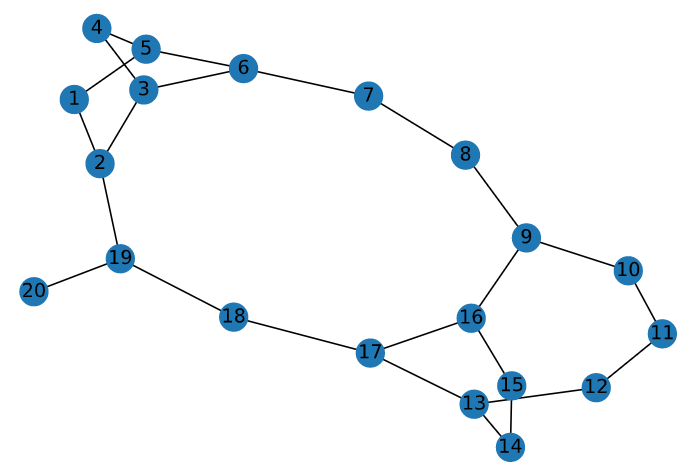
Zadanie zostało rozwiązane przy pomocy języka Python. Do operowania na grafach używam biblioteki *networkx*, a do rysowania wykresów biblioteki *matplotlib.* Dodatkowo w celu operacji na liczbach używam biblioteki *random* oraz *numpy.*



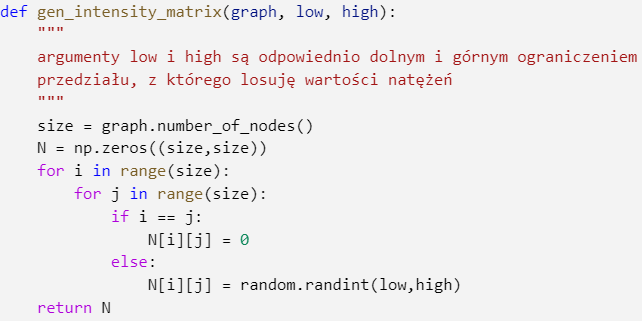
1. Na początku tworzę graf o 20 wierzchołkach i 24 krawędziach, poniższym kodem.



Topologia grafu jest następująca:



Następnie generuję macierz N natężeń strumienia pakietów. Do tego posłużyła mi poniższa funkcja:



Wartość macierzy N jest następująca:

[[ 0. 107. 66. 137. 120. 58. 72. 53. 103. 101. 98. 139. 166. 141. 165. 169. 123. 158. 81. 64.]

[128. 0. 192. 169. 93. 50. 114. 93. 192. 165. 145. 143. 155. 138. 151. 186. 107. 199. 197. 68.]

[ 63. 67. 0. 87. 109. 59. 90. 65. 189. 84. 112. 159. 72. 91. 108. 107. 104. 153. 92. 73.]

[100. 155. 70. 0. 74. 93. 126. 182. 53. 90. 64. 85. 68. 169. 156. 128. 159. 108. 139. 180.]

[174. 110. 63. 116. 0. 180. 77. 125. 139. 200. 74. 180. 101. 91. 112. 176. 88. 189. 56. 167.]

[ 98. 72. 141. 84. 146. 0. 111. 160. 184. 133. 74. 146. 129. 199. 90. 98. 92. 92. 186. 162.]

[136. 175. 182. 189. 158. 173. 0. 133. 185. 127. 77. 184. 187. 51. 80. 111. 194. 161. 137. 69.]

[ 83. 118. 127. 132. 167. 154. 175. 0. 167. 122. 136. 136. 124. 65. 155. 72. 98. 137. 73. 118.]

[175. 95. 151. 61. 96. 180. 77. 62. 0. 145. 105. 134. 178. 196. 76. 65. 195. 115. 195. 69.]

[182. 141. 189. 195. 149. 136. 137. 171. 113. 0. 93. 165. 54. 112. 96. 139. 90. 187. 60. 153.]

[195. 80. 132. 181. 196. 136. 126. 131. 126. 165. 0. 149. 94. 132. 127. 180. 199. 75. 77. 124.]

[149. 73. 135. 187. 63. 163. 134. 114. 54. 95. 74. 0. 80. 108. 106. 166. 150. 78. 95. 195.]

[135. 131. 128. 90. 69. 137. 194. 144. 100. 70. 177. 178. 0. 195. 90. 172. 139. 180. 116. 65.]

[173. 56. 199. 152. 97. 163. 120. 143. 60. 110. 147. 151. 58. 0. 148. 180. 52. 137. 67. 181.]

[ 93. 76. 156. 60. 160. 185. 86. 141. 101. 126. 103. 176. 59. 156. 0. 182. 142. 176. 127. 167.]

[ 82. 50. 162. 63. 130. 135. 198. 56. 74. 189. 191. 87. 63. 124. 165. 0. 66. 130. 188. 128.]

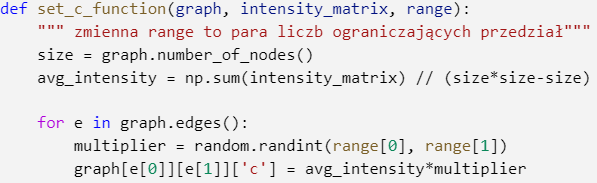
[163. 86. 72. 112. 162. 108. 119. 172. 98. 121. 57. 159. 76. 150. 132. 76. 0. 109. 99. 72.]

[ 83. 132. 76. 135. 167. 185. 99. 96. 59. 133. 121. 53. 138. 163. 104. 163. 137. 0. 181. 200.]

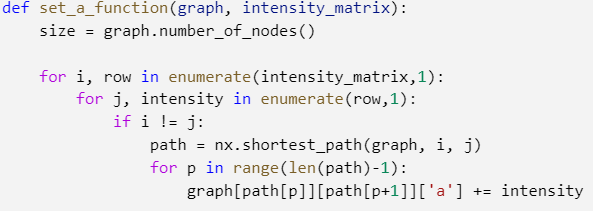
[ 83. 126. 57. 164. 92. 124. 133. 171. 139. 98. 133. 173. 175. 63. 116. 65. 77. 92. 0. 129.]

[ 94. 50. 180. 70. 144. 88. 161. 181. 123. 92. 160. 123. 71. 52. 175. 51. 162. 73. 137. 0.]]

Za funkcję przepustowości **c** przyjąłem średnią wartość natężeń tablicy N pomnożoną przez wylosowaną stałą z konkretnego zakresu. Posłużył mi do tego poniższy kod:

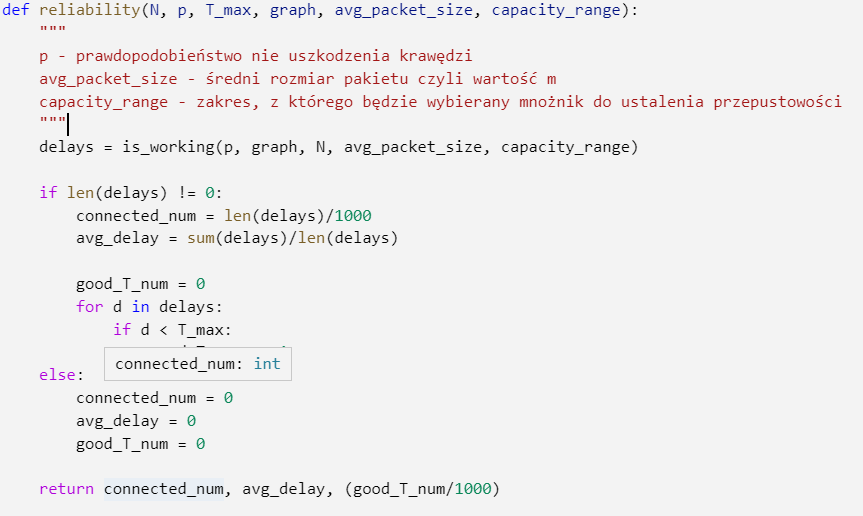


Przyjąłem, że pakiety będą przesyłane najkrótszą ścieżką łączącą dwa wiechołki. Wtedy każda krawędź zawarta w takiej ścieżce zostanie obciążona natężeniem tego przesyłu danych. Niech więc funkcja przepływu **a(e)** będzie równa sumie natężeń wszystkich przesyłów danych, które będzie musiała obsłużyć. Poniższy kod przedstawia jej implementację:

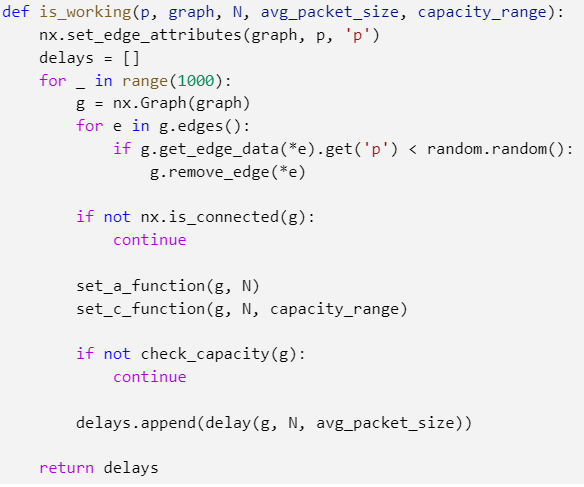


2. Następnym elementem zadania jest oszacowanie niezawodności sieci.

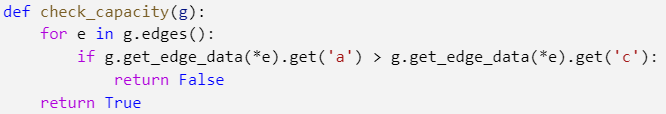
Do wykonania tego zadania napisałem poniższą funkcję:



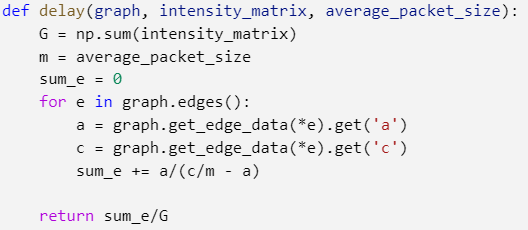
Na początku za pomocą funkcji *is\_working* sprawdzam czy graf jest spójny.



W funkcji tej jest wykonanych 1000 testów sprawdzających czy sieć nie zostanie uszkodzona oraz czy pomimo pewnych uszkodzeń nadal nadaje się do użytku (czyli graf nadal jest spójny, a poziom przepływu nie przekracza poziomu przepustowości).



Funkcja zwracająca wartość False, gdy a(e) > c(e) dla, którejś z krawędzi oraz True, taka sytuacja nie zachodzi

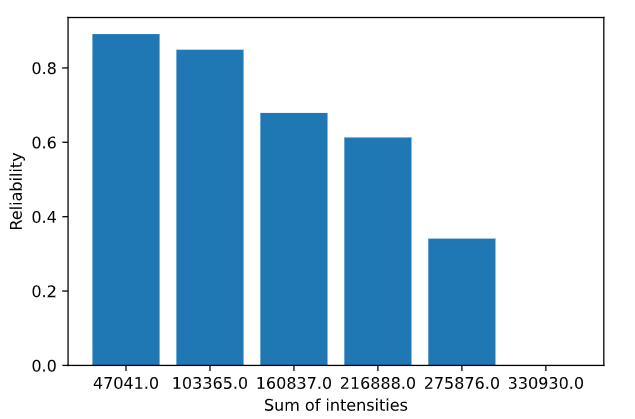


Funkcja licząca średnie opóźnienie

Dla grafu pokazanego na samym początku, przy parametrach *p*  = 0,95, *T\_max* = 0.0001, capacity\_range = (400,600) i avg\_packet\_size = 1 wyniki są następujące:



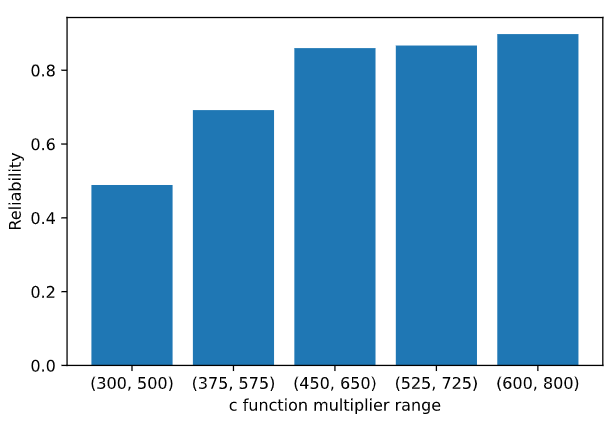
3. Następnym zadaniem było sprawdzenie jak będzie się zmieniać niezawodność sieci przy zwiększaniu wartości w macierzy natężeń N.



Wykres przedstawiający niezawodność grafu od wzrastającej sumy natężeń macierzy N

Badania zostały przeprowadzone dla stałych c = 131072, T\_max = 0,00005, p = 0,95 m = 1.  
Widzimy tutaj jak wzrastająca wartość natężeń co raz skuteczniej ‘*zapycha*’ sieć co powoduje spadek jej niezawodności.

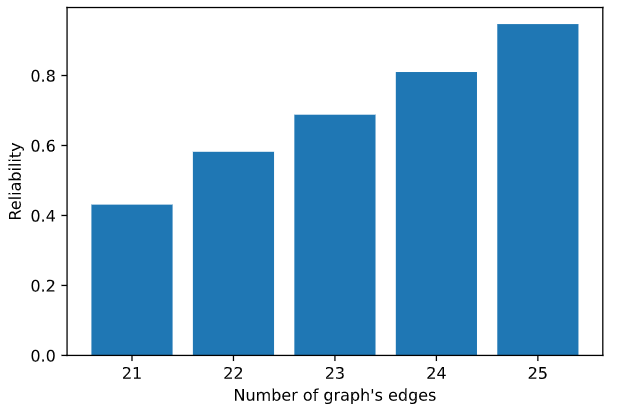
4. Kolejnym zadaniem było sprawdzenie jak będzie się zmieniać niezawodność sieci przy zwiększaniu przepustowości sieci.



Wykres przedstawiający niezawodność grafu od wzrastającej przepustowości

Badania zostały przeprowadzone dla stałych p = 0,95, T\_max = 0,0001, m = 1.  
Z wykresu możemy wywnioskować, że zwiększająca się przepustowość zwiększa nam również niezawodność sieci. Dzieje się tak dlatego, że dzięki możliwości przesłanie większej ilości danych w jednej sekundzie, maleje średnie opóźnienie.

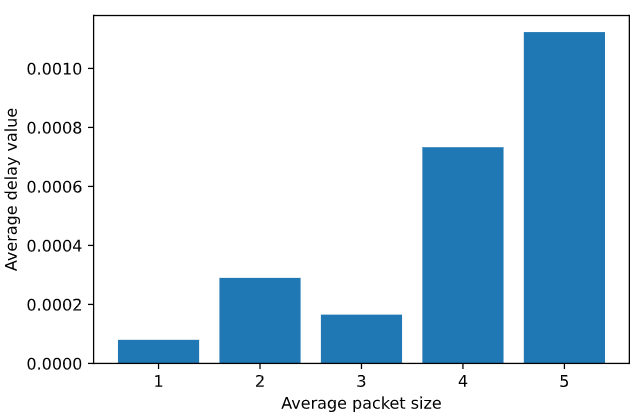
5. W następnym podpunkcie polecenie polega na zbadaniu niezawodności sieci przy jednoczesnym dodawaniu kolejnych krawędzi do grafu.



Wykres przedstawia wartość niezawodności do wzrastającej liczby krawędzi grafu sieci

Badania zostały przeprowadzone dla stałych: p = 0,95, T\_max = 0,0001, m = 1 oraz c\_range = (400, 600). Wykres bardzo dobrze nam obrazuje jak niewielki przyrost liczby krawędzi powoduje znaczny wzrost niezawodności sieci. Tutaj dodanie 4 krawędzi spowodowało około dwukrotny wzrost wartości niezawodności tej sieci.

6. Wpływ średniej wielkości pakietu na średnie opóźnienie



Wartość średniego opóźnienia do wzrastającej średniej wielkości pakietu

Badania przeprowadzone dla stałych: p = 0,95, T\_max = 0,0002, c\_range = (400, 600).  
Wykres bardzo dobrze obrazuje ogromny wpływ średniego rozmiaru pakietu na średnie opóźnienie. Widzimy, że wzrost średniego rozmiaru pakietu z wartości 1b na wartość 5b spowodował dziesięciokrotny przyrost średniego opóźnienia.

7. Wnioski

Przeprowadzone badania oraz napisane programy pozwalają bardziej zrozumieć architekturę sieci oraz jej możliwe słabe punkty. Dobra sieć, odporna na wszelkie uszkodzenia powinna posiadać dużą ilość krawędzi oraz jak najmniej wierzchołków, do których prowadzi jedna ścieżka. Ważne jest też, aby ustalić przepustowość odpowiednią do potrzeb i zastosowania sieci oraz nie dopuścić do zbyt dużego natężenia strumienia pakietów, ponieważ może to znacznie wpłynąć na niezawodność naszej sieci.

Przedstawienie sieci za pomocą grafu bardzo ułatwia analizę, co przyczynia się do uniknięcia wielu istotnych błędów.