**Technologie Sieciowe**

**Lista 2**

Lazarenko Arina

257259

**Cel listy:**

Stworzyć model sieci :

* Zaproponować jej typologię przy *|V|=* 20, *|E|* < 30, nie ma izolowanych wierzchołków.
* Ustalić macierz natężenia strumienia pakietów.
* Określić funkcję przepustowości i przepływu dla jej krawędzi.

Stworzyć program szacujący niezawodność sieci, a następnie sprawdzić jak zmienia się przy:

* Ustalonej topologii i przepustowościach oraz rosnących wartościach w macierzy natężeń.
* Ustalonej macierzy natężeń i strukturze topologicznej oraz rosnących wartościach przepustowości.
* Ustalonej macierzy natężeń przy dodawaniu nowych krawędzi.

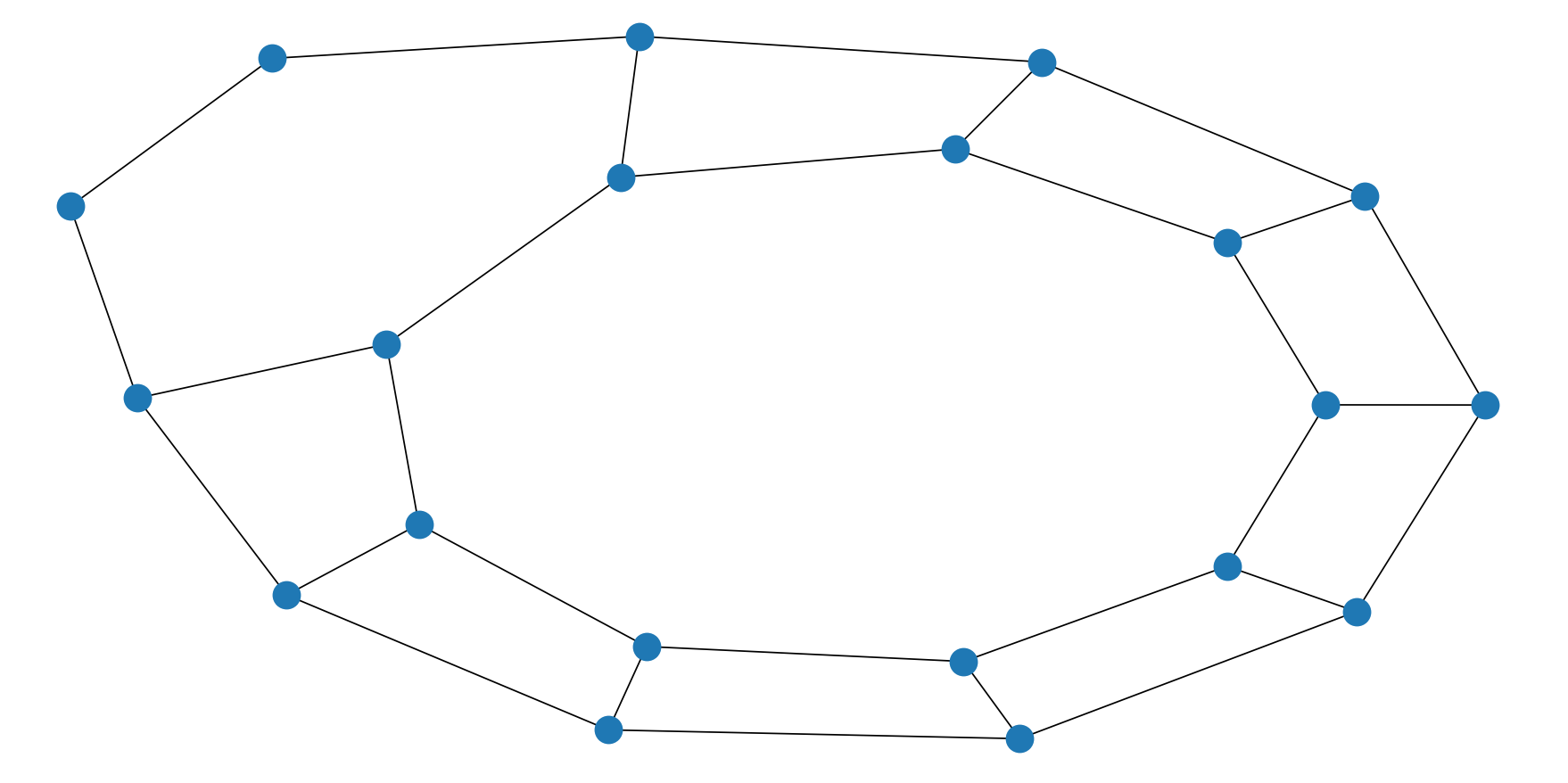
**Implementacja**

Programy napisane w *Python* z użyciem bibliotek *networkx* i *matplotlib****.*** Do testowania użyta też funkcja *linspace* z biblioteki *numpy****.***

**Model sieci**

**Topologia**

Proponowana przeze mnie topologia jest połączeniem dwóch grafów cyklicznych o 9 i 11 węzłach w sposób pokazany na rysunku 1. Jest prosta w stworzeniu i nie ma węzłów izolowanych.



Rysunek 1: Zaproponowana topologia

**Macierz natężeń**

Macierz natężeń , gdzie jest liczbą wysyłanych z węzła do w ciągu sekundy generujemy losowo, dbając o to żeby oraz dla .

Зображення, що містить текст

Автоматично згенерований опис

Rysunek 2: Kod generujący losową macierz

*0 2 3 2 9 2 1 6 9 6 3 4 5 7 3 5 2 9 6 9*

*1 0 9 2 8 8 4 5 2 6 6 5 5 2 7 3 8 6 4 3*

*8 1 0 8 5 5 4 1 4 6 2 5 4 7 4 2 9 4 3 3*

*8 5 7 0 4 9 9 2 4 7 3 2 3 7 8 8 9 5 9 7*

*9 1 1 7 0 6 6 9 1 4 1 7 4 5 9 5 8 5 3 5*

*4 4 6 1 9 0 5 6 2 8 2 8 9 6 2 6 4 1 1 3*

*5 4 2 7 8 3 0 8 4 3 6 8 9 7 1 7 2 2 9 3*

*1 1 2 5 4 5 2 0 2 6 3 3 1 5 5 4 6 1 4 9*

*5 5 8 1 9 6 7 2 0 1 4 2 3 9 8 7 2 2 1 6*

*7 4 8 2 3 2 8 1 6 0 7 7 6 4 8 8 6 9 9 6*

*3 6 9 3 1 9 3 2 5 8 0 7 8 7 9 7 3 1 2 4*

*8 1 3 5 4 9 3 5 3 2 7 0 3 7 3 2 6 6 7 4*

*1 5 2 8 5 9 4 8 7 6 7 8 0 9 3 7 3 8 2 8*

*2 8 2 7 5 8 9 5 9 1 4 5 8 0 9 9 4 8 8 7*

*8 6 9 6 6 2 6 5 3 1 9 4 9 5 0 4 2 2 2 3*

*7 3 8 7 4 1 4 5 3 9 9 3 2 7 2 0 7 9 5 6*

*7 7 8 8 7 5 4 4 8 3 5 6 5 1 1 5 0 9 1 6*

*8 7 2 2 3 7 6 9 6 6 3 1 2 9 8 9 2 0 8 9*

*4 9 2 1 7 3 6 2 5 1 7 6 5 7 7 5 4 4 0 8*

*1 9 8 6 4 3 6 1 8 8 5 3 4 1 2 6 4 3 4 0*

Rysunek 3: Wygenerowana losowa macierz natężeń

**Funkcje krawędzi**

**Przepływ**

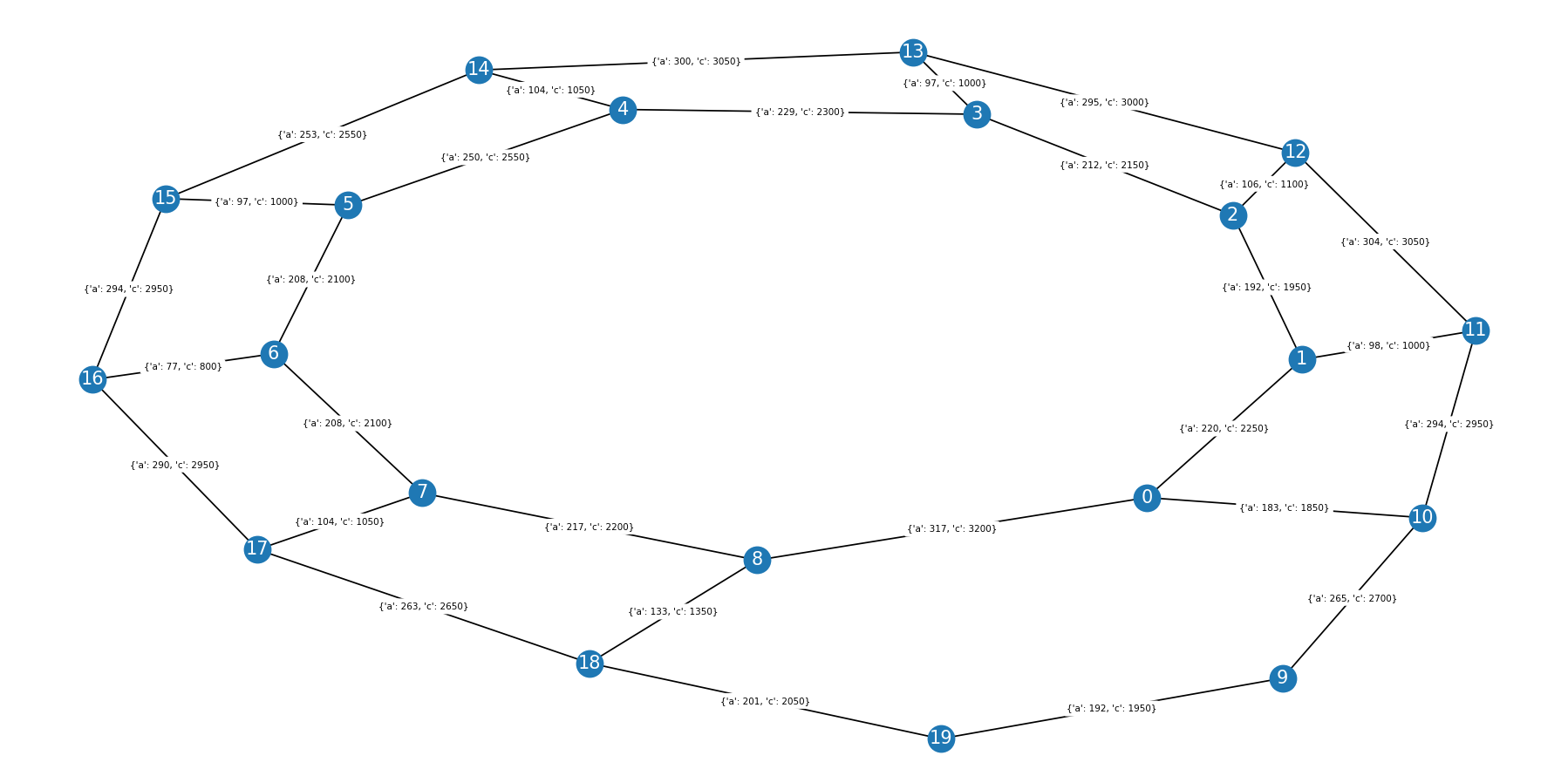
Funkcję przepływu, czyli liczbę danych przepływających przez daną krawędź realizujemy wzorem:

gdzie jest zbiorem krawędzi znajdujących się na najkrótszej ścieżce z do (może istnieć więcej niż jedna ścieżka, wybieramy zwracaną przez funkcję *shortest\_path*).

**Przepustowość**

Przyjmijmy, że pakiet ma rozmiar kilku kB – oznaczmy ten rozmiar jako S. Wówczas kabel o przepustowości 1 Mb/s w sekundę przepuszcza kilkadziesiąt takich pakietów – na przykład 50. Załóżmy też, że mamy do dyspozycji przewody o przepustowościach będących całkowitą wielokrotnością megabita na sekundę. Zależy nam na jak najtańszym skonstruowaniu naszej sieci, więc dla każdej krawędzi wybieramy kabel o najmniejszej odpowiedniej przepustowości mogącej obsłużyć przepływ dziesięciokrotnie większy niż obecny (przy rozmiarze pakietu S). Zgodnie z tymi założeniami, funkcję przepustowości definiujemy następująco:

gdzie c(e) = 50n oznacza rzeczywistą przepustowość łącza n Mb/s. Zgodnie z tą umową, kiedy podczas testów podamy średni rozmiar pakietu m = n, mamy na myśli, że w rzeczywistości ma on wartość n · S.

****

Rysunek 4: Topologia badanej sieci wraz z wartościami funkcji c i a umieszczonymi na krawędziach. Dane zgodne z macierzą natężeń

**Niezawodność**

Oprócz topologii sieci, macierzy natężeń oraz wartości funkcji a i c, niezawodność zależeć będzie również od następujących parametrów:

* – maksymalne opóżnienie pakietu w sieci
* − prawdopodobieństwo nie uszkodzenia krawędzi w dowolnym interwale
* średnia wartość pakietu w bitach

Za miarę niezawodności sieci przyjmujemy prawdopodobieństwo P(T < Tmax). T jest średnim opóźnieniem pakietu w sieci, wyrażanym wzorem:

gdzie .

Niezawodność będziemy więc szacować według następującej procedury:

1. W każdej iteracji rozpoczniemy z wejściową topologią sieci. Iteracja trwać będzie maksymalnie określoną liczbę interwałów.
2. Sprawdzimy, które krawędzie uszkodziły się w obecnym interwale. Jeśli graf został rozspójniony, próba kończy się niepowodzeniem.
3. Biorąc pod uwagę uszkodzenia krawędzi na nowo wyznaczymy wartości funkcji *a.*
4. Spróbujemy obliczyć wartość *T*. Jeśli dla dowolnego *e* otrzymamy, próba kończy się niepowodzeniem (oznacza to, że krawędź została przeciążona).
5. Jeśli uda nam się obliczyć *T* i otrzymamy uznamy probę za zaliczoną.
6. Wynikiem jednej iteracji będzie liczba udanych prób podzielona przez maksymalny czas jej trwania.
7. Za niezawodność sieci przyjmiemy średnią arytmetyczną wyników wszystkich iteracji.

Зображення, що містить текст

Автоматично згенерований опис

Rysunek 5: Kody do sprawdzania niezawodności

**Ogólne obserwacje**

Te obserwacje pokrywają się dla każdego z poniższych wyników:

* Niezawodność rośnie ze wzrostem
* Niezawodność rośnie ze wzrostem *p*
* Niezawodność maleje ze wzrostem *m*

W niektórych przypadkach zauważyć można odstępstwa od tych reguł, jednak dzieje się tak w większości przy skrajnych wartościach parametrów. Przed testami:

* od *T* bazowej sieci dla obecnego *m* do dziesięciokrotności tej wartości – poniżej wyniki byłyby bliskie zeru dla dowolnego *m*
* od 0.90 do 0.99 – jw.
* od 1 do 10 – nasza sieć nie jest przygotowana na większe rozmiary, zgodnie ze zdefiniowaną przepustowością.

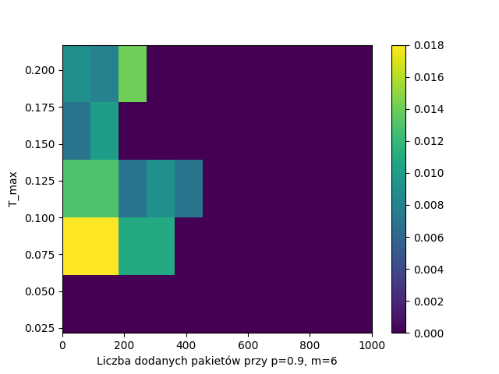
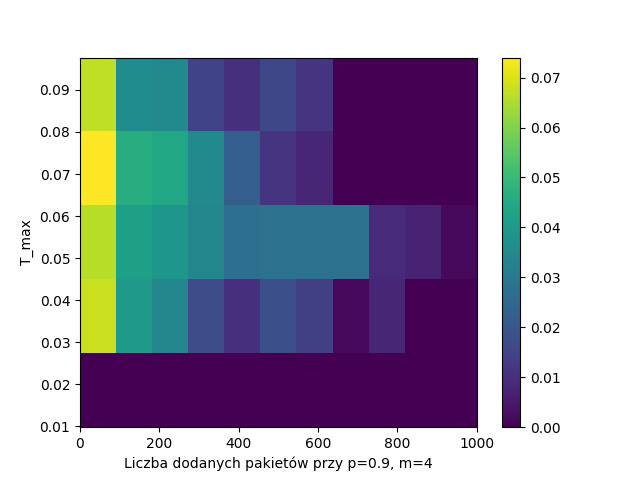
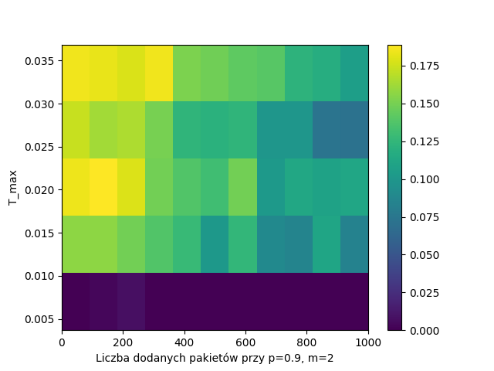
**Zwiększenie liczby pakietów a niezawodność**

W pierwszym teście sprawdzimy zachowanie niezawodności sieci przy ustalonej topologii i określonej funkcji przepustowości oraz zmieniającej się macierzy natężeń. W każdej iteracji zwiększymy o step losowy element macierzy N (nieleżący na przekątnej), wyznaczymy nowe wartości funkcji  *a* i oszacujemy niezawodność dla macierzy wygenerowanej wcześniej.

Dodawanie pakietów wydaje się że wpływa negatywnie.

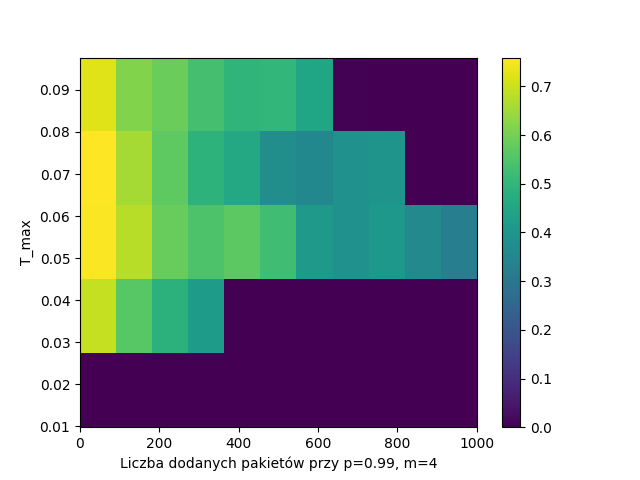
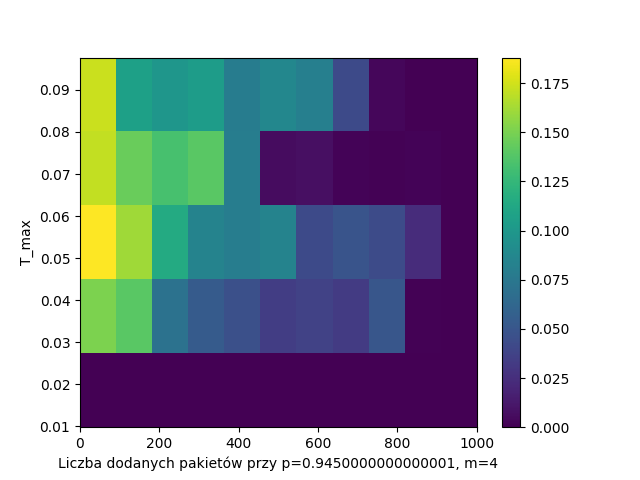
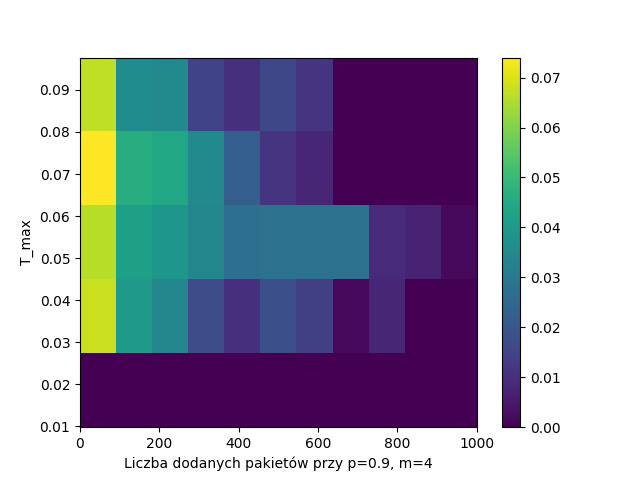
**Zmiana**

Wraz ze wzrostem obserwujemy większą tolerancję na dodawanie pakietów, co objawia się na wykresach jako jaśniejszy lewy górny róg.



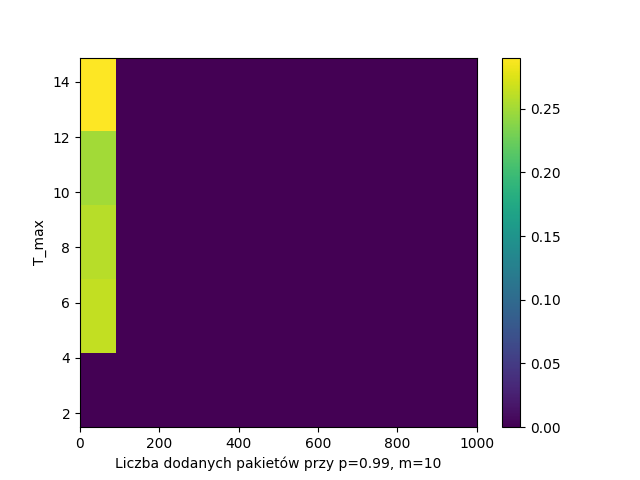
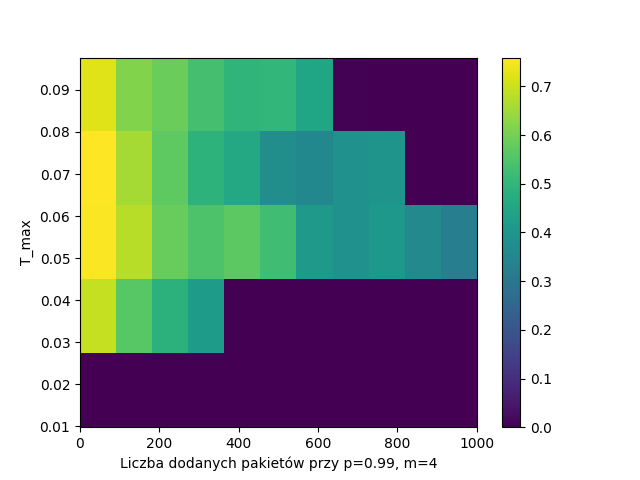
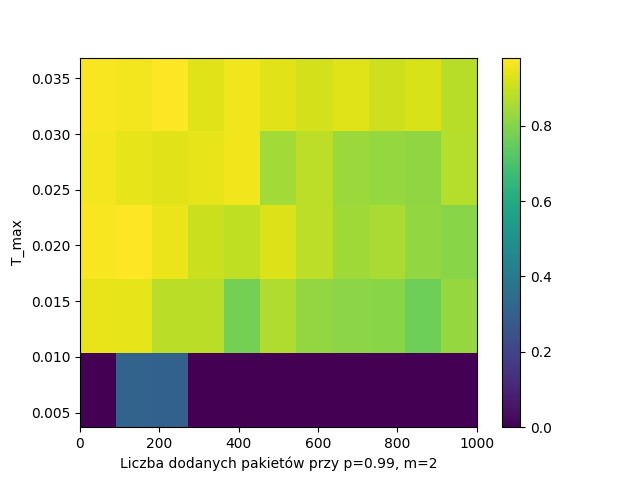
**Zmiana *p***

Dzięki zmianie parametru p możemy wyraźniej zauważyć tendencję wspomnianą wyżej.



**Zmiana *m***

Wzrost *m* zwiększa gwałtowność spadku niezawodności przy dodawaniu pakietów.



**Zwiększanie przepustowości a niezawodność**

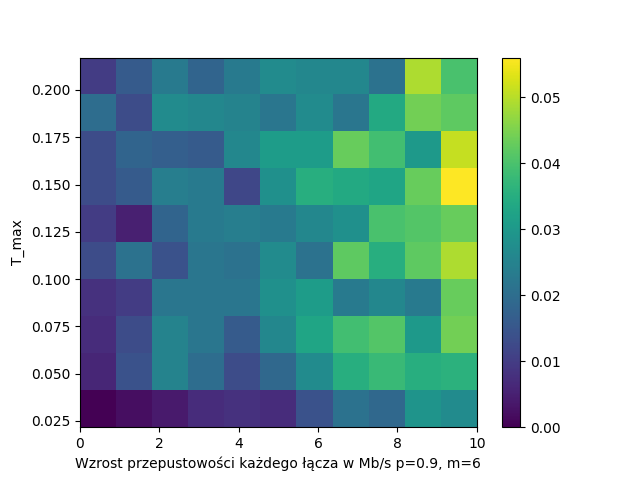
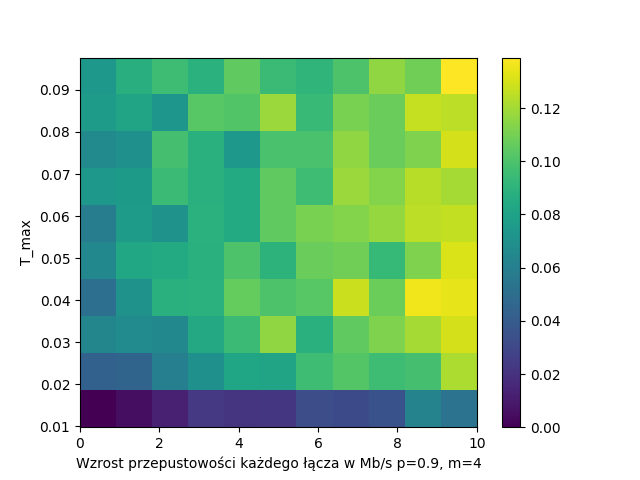
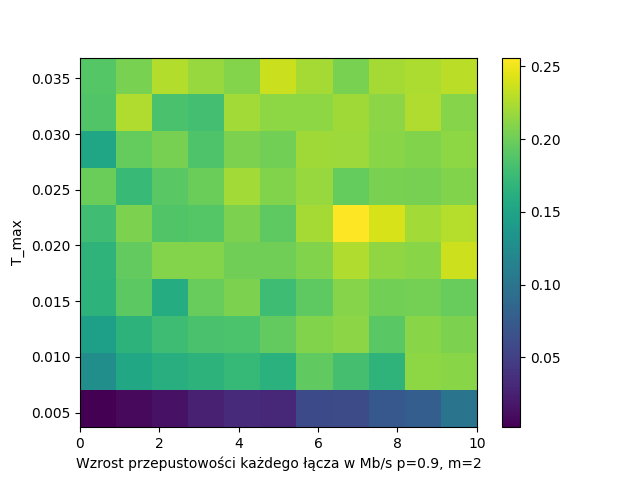
Sprawdzimy teraz, jaki wpływ na niezawodność ma wzrost przepustowości połączeń. Będziemy stopniowo zwiększać przepustowość każdego połączenia o 1 Mb/s, czyli wartości funkcji c zmieniać się będą według wzoru:

gdzie *i* to numer iteracji.

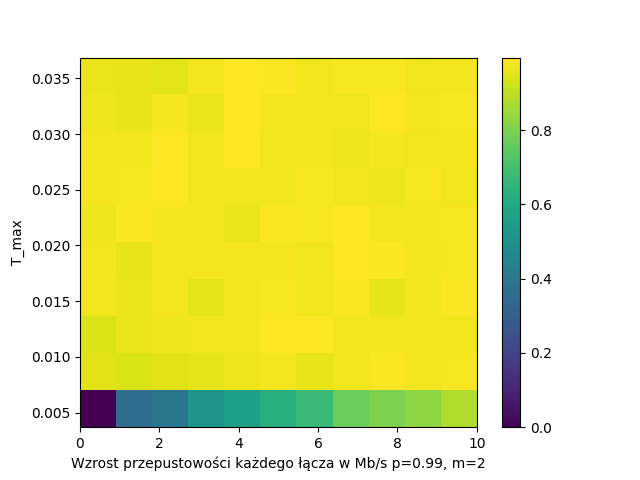
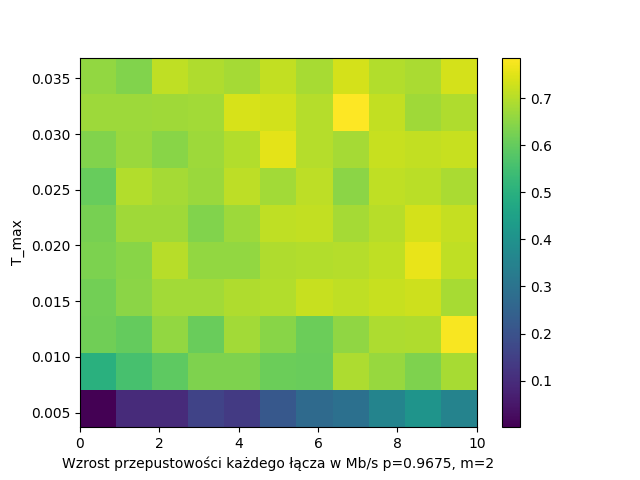
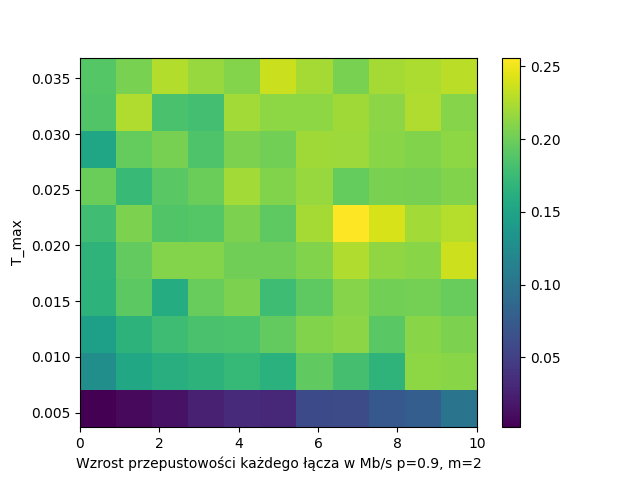
Zwiększenie przepustowośći prowadzi do wzrostu niezawodności.

**Zmiana**

Przy maksymalnie zwiększonej przepustowości, największe wartości niezawodność osiąga zazwyczaj w okolicy najwyższego

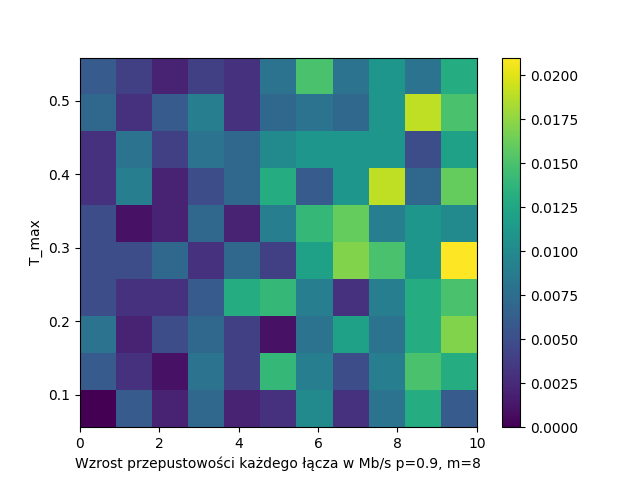
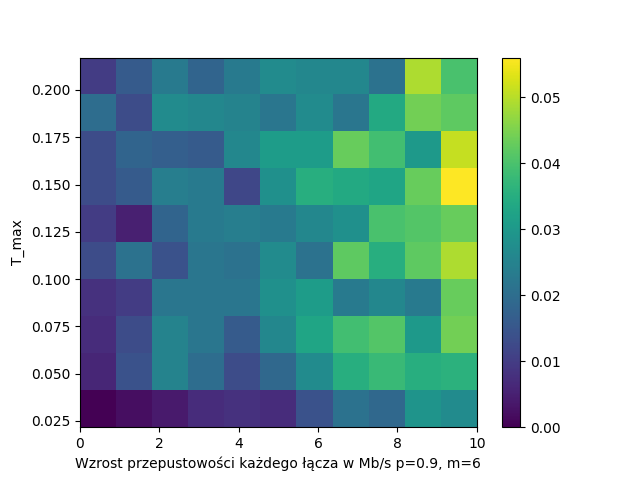
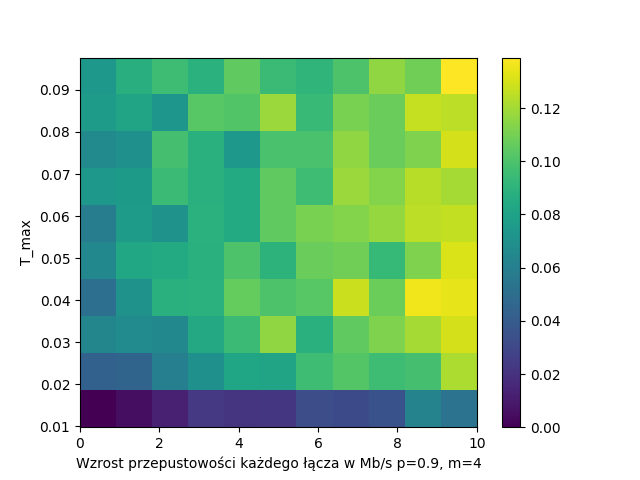


**Zmiana *p***

******

**Zmiana *m***

Zwiększanie m z reguły zmniejsza amplitudę wartości niezawodności, przez co trudniej jest zauważyć zaobserwowaną wcześniej tendencję.



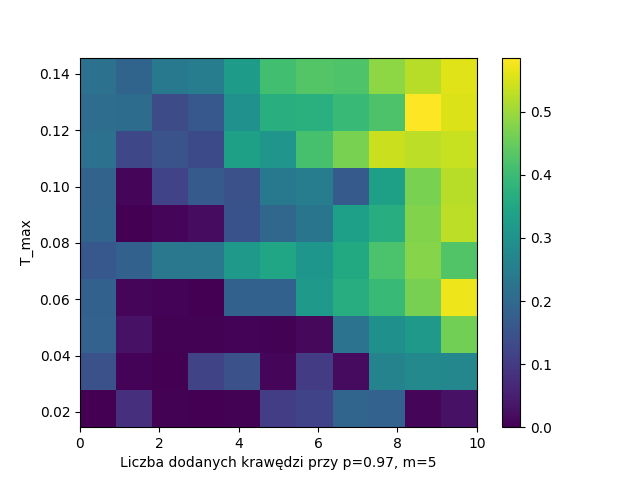
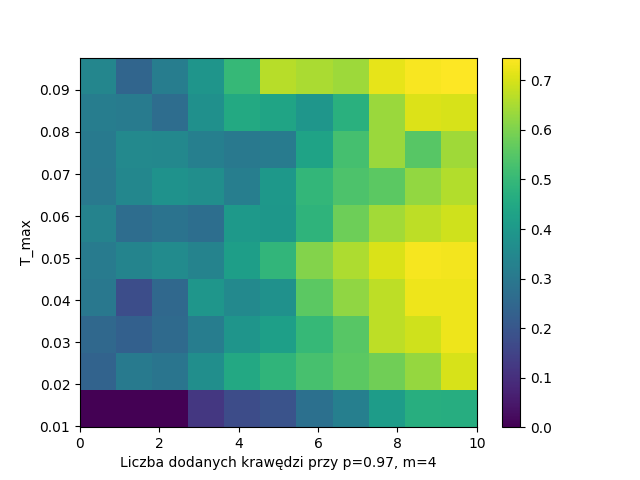
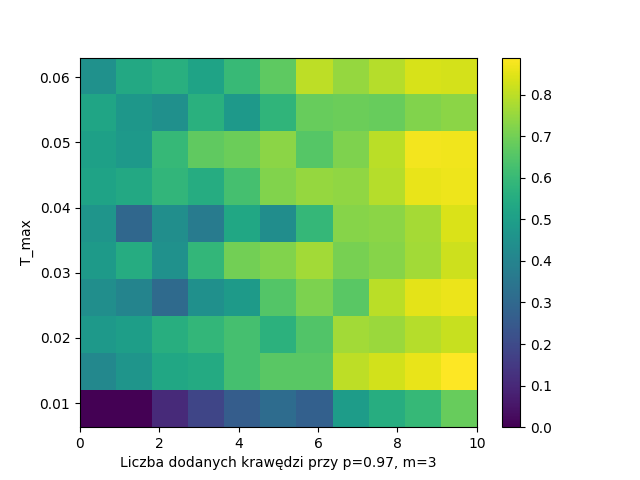
**Dodawanie krawędzi a niezawodność**

W ostatnim teście sprawdzimy, jak dodawanie krawędzi wpływa na niezawodność. Nowe połączenia będą miały przepustowość równą średniemu *c* dla sieci początkowej.

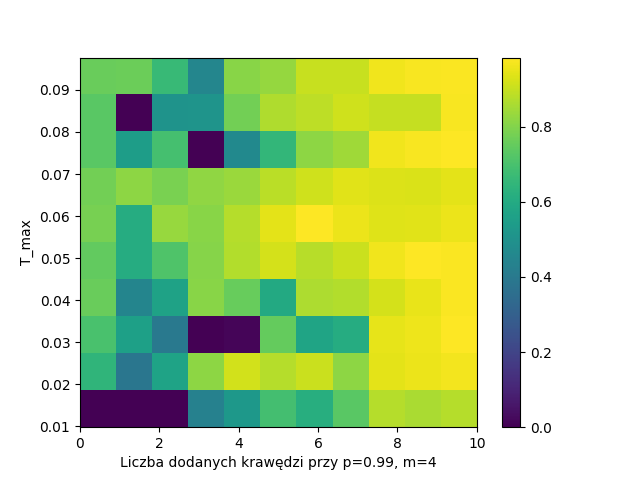
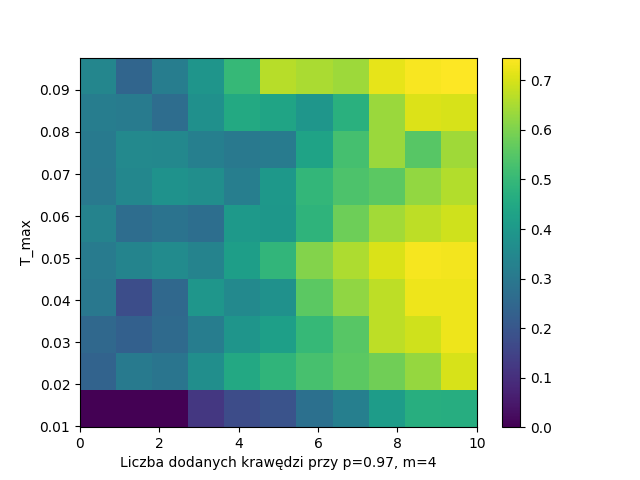
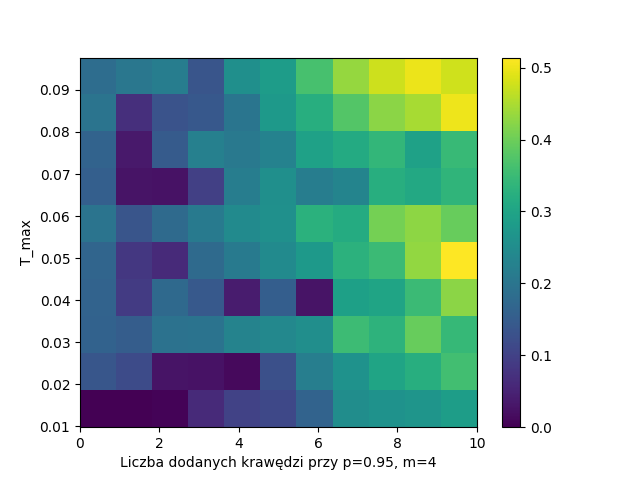
Dane pokazują że przy dodawaniu nowych krawędzi niezawodność rośnie. W wielu przypadkach dodanie 10 krawędzi o wiele poprawiało niezawodność.

**Zmiana**

Największe wartości osiągane są przy największym dodaniu największej liczby krawędzi. Niektóre wykresy (jak te pokazane) sugerują, że dodawanie krawędzi niesie za sobą szybszy wzrost niezawodności niż zwiększanie (jasny prawy dolny róg).

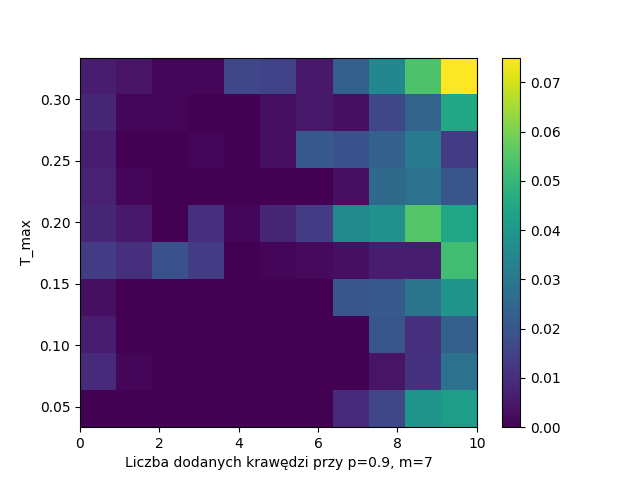
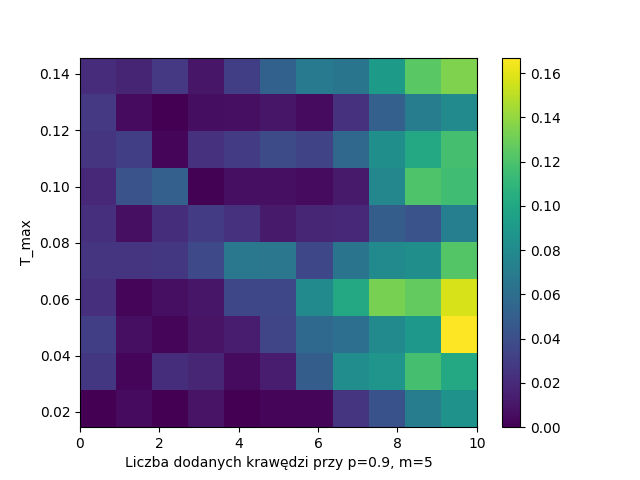
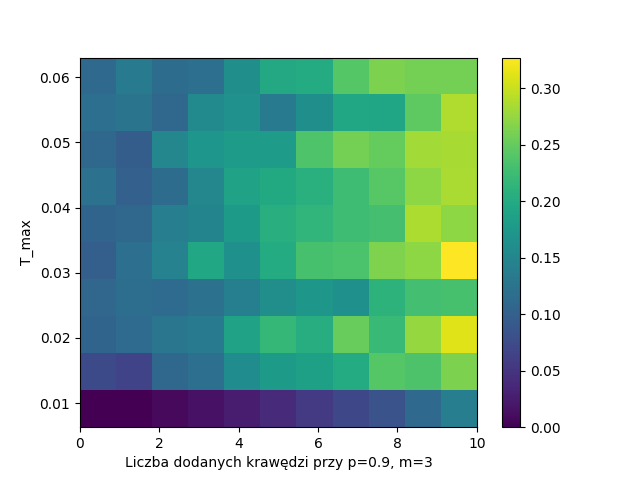
****

**Zmiana *p***

******

***Zmiana m***

Czym wyższe *m,* tym więcej krawędzi musimy dodać do uzyskania dobrych wyników.



**Wnioski**

* Przy przyjętych wielkościach kroków zwiększanie przepustowości skutkuje bardziej regularnym (chociaż niższym) wzrostem niezawodności niż dodawanie krawędzi.
* Prawdopodobieństwo awarii łącza ma tym większe znaczenie, im bliżej jesteśmy do maksymalnego wykorzystania przepustowości połączeń.
* Trudno stwierdzić, czy większy wpływ na niezawodność ma czy *p*. W przypadku niskich m różnice w testowanych wartościach są niewielkie, więc jego zwiększenie jest prawie niezauważalne przy zasadniczo lepszych wynikach. Przy większych rozmiarach pakietów zmniejszenie awaryjności kabli może się okazać mniej uciążliwe.