Politechnika Wrocławska
Katedra Informatyki Technicznej
Zakład Systemów Komputerowych i Dyskretnych

Niezadowność i diagnostyka układów cyfrowych
Sprawozdanie projektowe

Zadania FEC

Autorzy:
Radosław Lis, 241385
Kamil Turek, 241277
Maciej Białkowski, 241285

prowadzący - mgr inż. Piotr Semberecki

Wrocław, dn. 11 czerwca 2019

Spis treści

1 Zrealizowane założenia projektowe

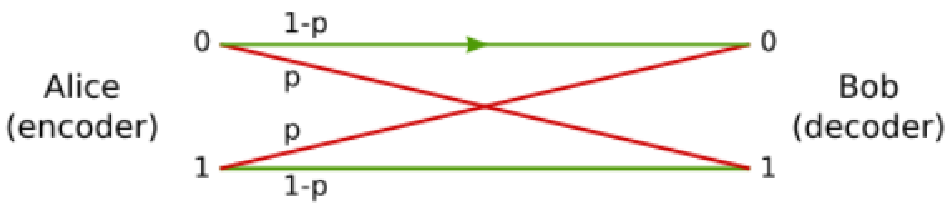
1.1 Konwersja obrazu na kod zero-jedynkowy

Za pomocą funkcji **imread** z biblioteki **OpenCV-Python** wyodrębniana jest wartość każdego piksela (od 0 do 255). Metoda zwraca nam wszystkie piksele obrazu zapisane w kolejnych komórkach listy. Dzięki przetwarzaniu obrazów czarno-białych charakteryzujących się kodowaniem każdego piksela trzema liczbami RGB o tych samych wartościach, w naszym programie możemy odczytywać jedną wartość zamiast trzech. Nasz program wyłuskuje każdą wartość liczbową koloru i zapisuje binarnie w 8 kolejnych komórkach tablicy, która jest następnie przetwarzana przez algorytmy kodowania, imitowanie przekłamań na podstawie prawdopodobieństwa i odkodowywania.

1.2 Modele kanałów dyskretnych

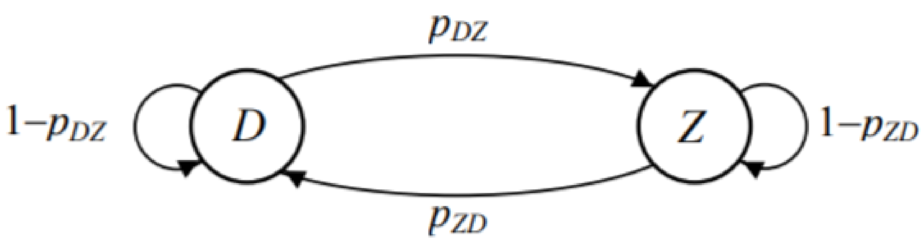
1.2.1 BSC - Binary Symetric Channel

Binarny kanał symetryczny (BSC) jest powszechnie stosowanym modelem kanału komunikacyjnego. Model przyjmuje bit o wartości zero lub jeden i z prawdopodobieństwem P przekazuje go wiernie, a z prawdopodobieństwem $\overline{P} = 1 - P$ przekazuje wartość przeciwną. Wykorzystanie tego modelu pozwala nam przetworzyć naszą zakodowaną tablice tworząc przekłamane bity. Dzięki temu możemy wykonać pomiary skuteczności korekcji błędów poszczególnych metod kodowania.



1.2.2 Model Gilberta-Elliotta

Model Gilberta-Elliotta jest przykładem przyczynowego modelu kanału binarnego. Klasyczny dwustanowy model zakłada możliwośc pozostania w jednym z dwóch stanów: w dobrym D lub złym Z. W stanie dobrym prawdopodobieństwo błędów wynosi $p_D \approx 0$, a w stanie złym występują błędy niezależne z prawdopodobieństwem $p_Z >> p_D$



1.3 Kody nadmiarowe

1.3.1 TMR - potrójna redundancja modularna

Potrójna redundancja modularna, wykorzystywana w elektronicznych układach cyfrowych, polega na trzykrotnym zwielokrotnieniu każdego elementu logicznego. W przypadku niezgodności sygnałów pochodzących z jednej trójki, wybierak (ang. voter) na podstawie większości decyduje o prawidłowej wartości sygnału. TMR jest więc w stanie wykryć i skorygować znaczną ilość błędów w zamian powodując spory narzut czasowy i pamięciowy. Jego użyteczność jest silnie uzależniona od rozmiaru danych, ponieważ przekształca on zbiór n bitów na zbiór 3n bitów, co trzykrotnie zwiększa czas przesłania. Zastosowanie TMR może okazać się szczególnie korzystne, jeżeli priorytetem jest niezawodność, a nie czas.

1.3.2 Kod Hamminga

Kod Hamminga polega na przemnożeniu kodowanego słowa przez specjalnie utworzoną macierz generacji, w celu utworzenia dłuższej zakodowanej wiadomości. Własność tego kodowania pozwala wygenerować słowo, które w fazie odkodowywania jest w stanie wykryć i skorygować jeden błędnie przesłany bit, ponieważ każde słowo kodowe jest otoczone przez dokładnie n (długość zakodowanego słowa) słów z jednym błędem. W tym celu używa się macierzy parzystości dla danego modelu. Przemnożenie zakodowanego słowa przez tę macierz zwraca syndrom, który wskazuje na przekłamany bit. Kodowanie Hamminga można rozszerzyć poprzez dodanie do słowa bitu parzystości, dzięki czemu jego zdolność detekcyjna wzrośnie do dwóch bitów. Wadą tego rozwiązania jest mało przejrzysta postać syndromu. Mimo to, dalej może posłużyć do przeprowadzenia korekcji w przypadku wystąpienia błędu na jednym bicie. Zaletą tego rozwiązania jest posiadanie informacji o niekorygowalności danych i możliwość wysłania zapytania o ponowne przesłanie informacji.

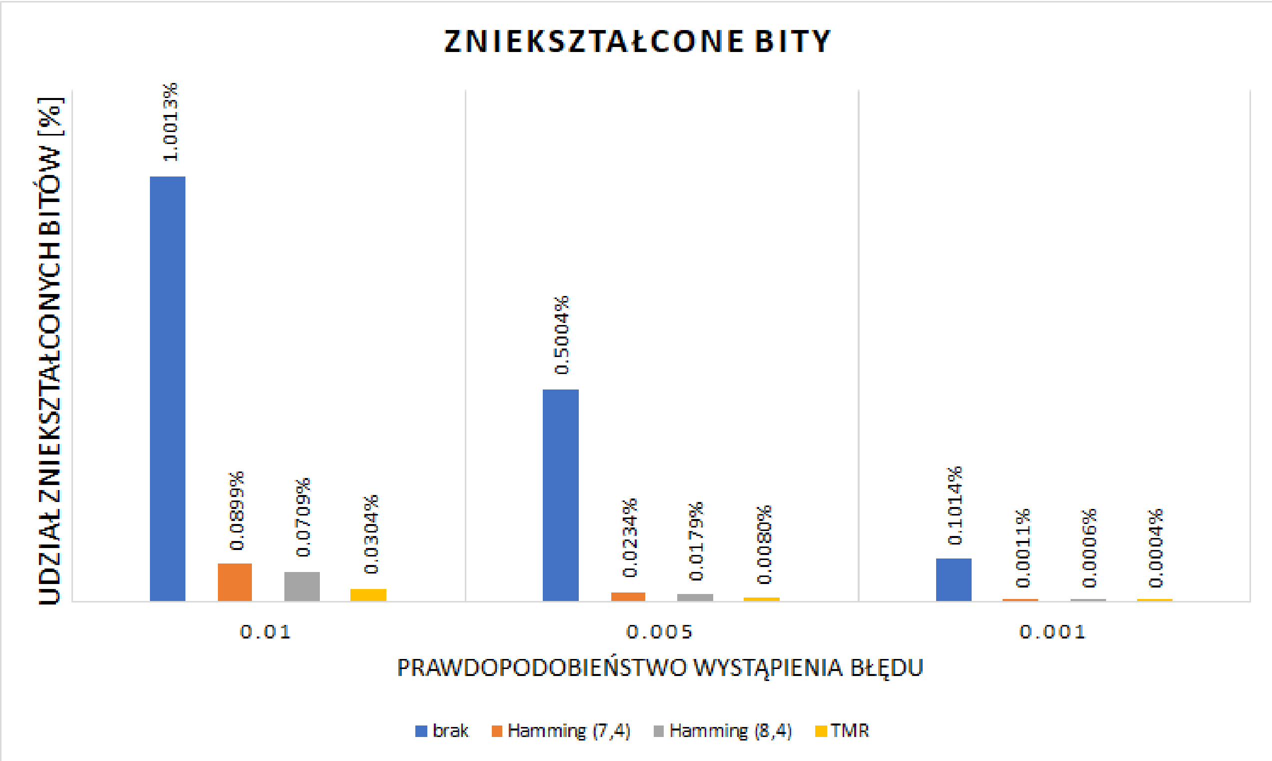
1.3.3 Narzut

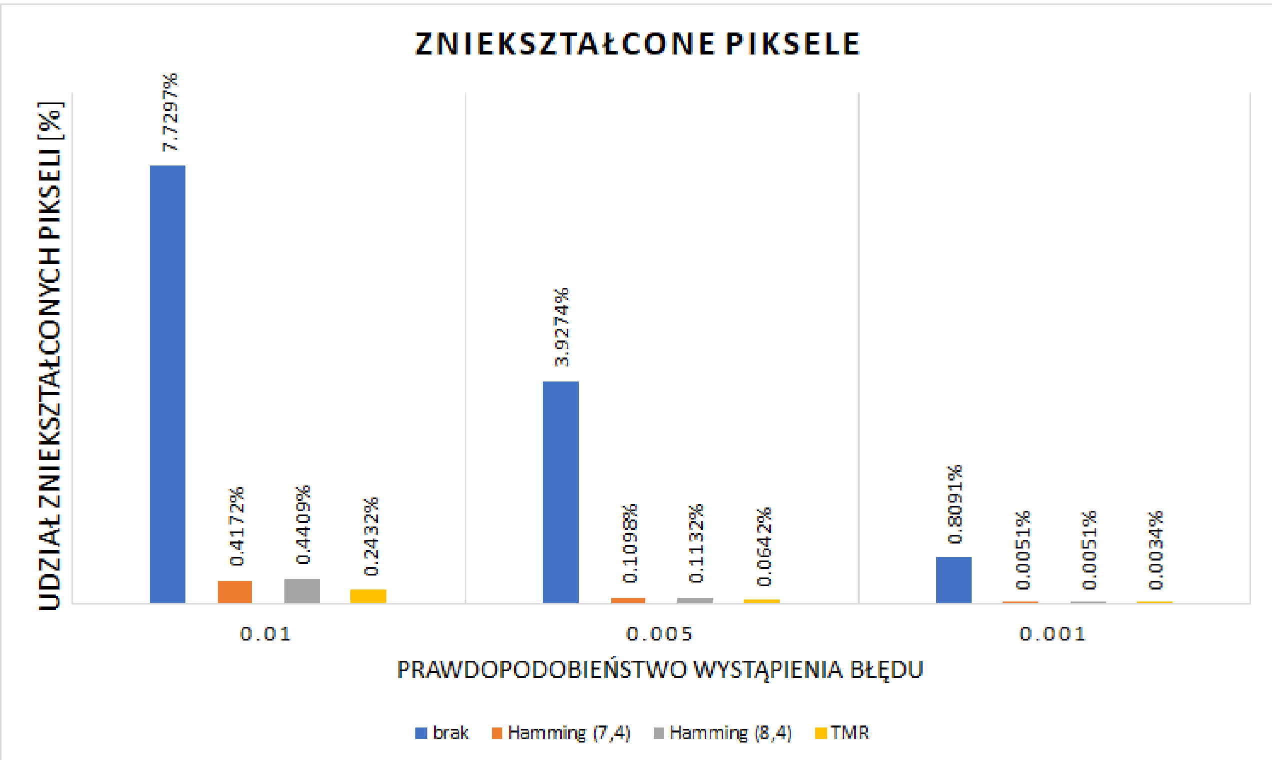
Zastosowanie kodu nadmiarowego wiąże się z narzutem czasowo-pamięciowym, który dla każdego z zaimplementowanych kodów prezentuje się następująco:

Kod	brak	Hamming (7,4)	Hamming (8,4)	TMR
Liczba bitów	n	$\frac{7}{4}n$	$2n$	$3n$

2 Badania modeli

2.1 BSC bez przeplotu

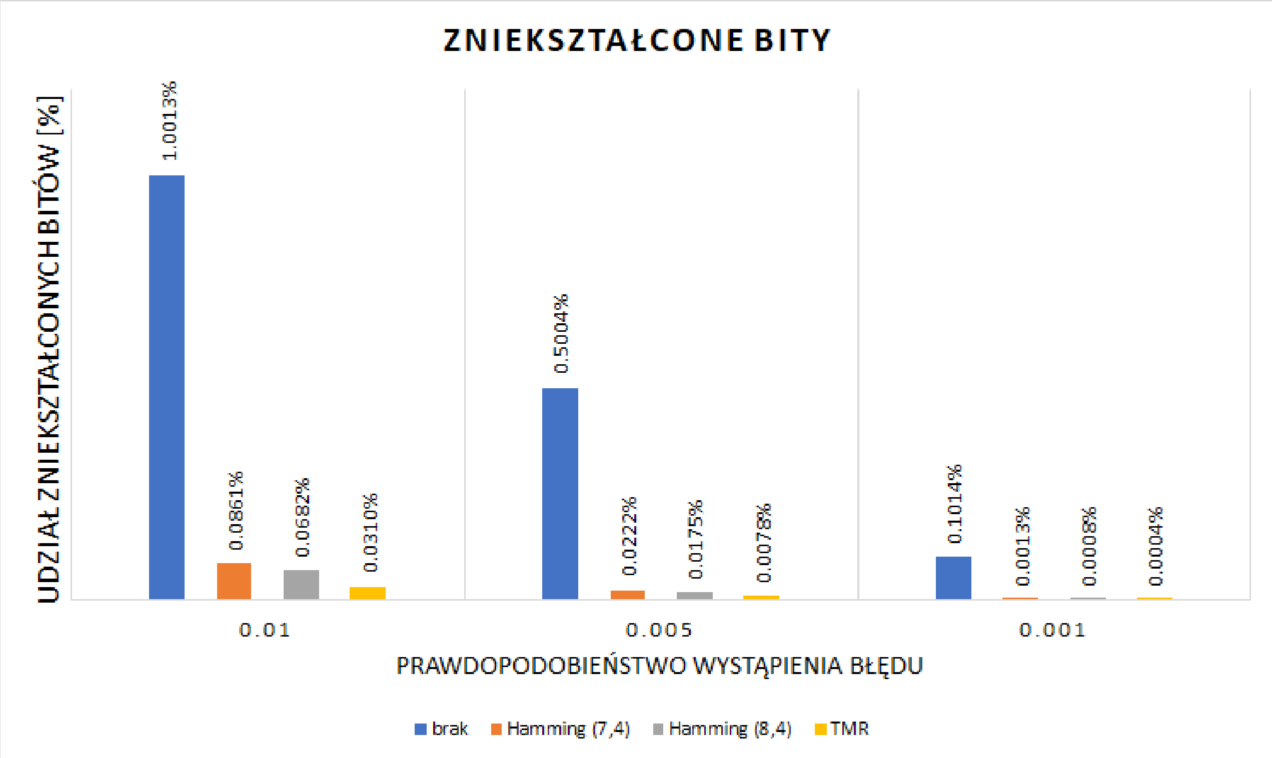


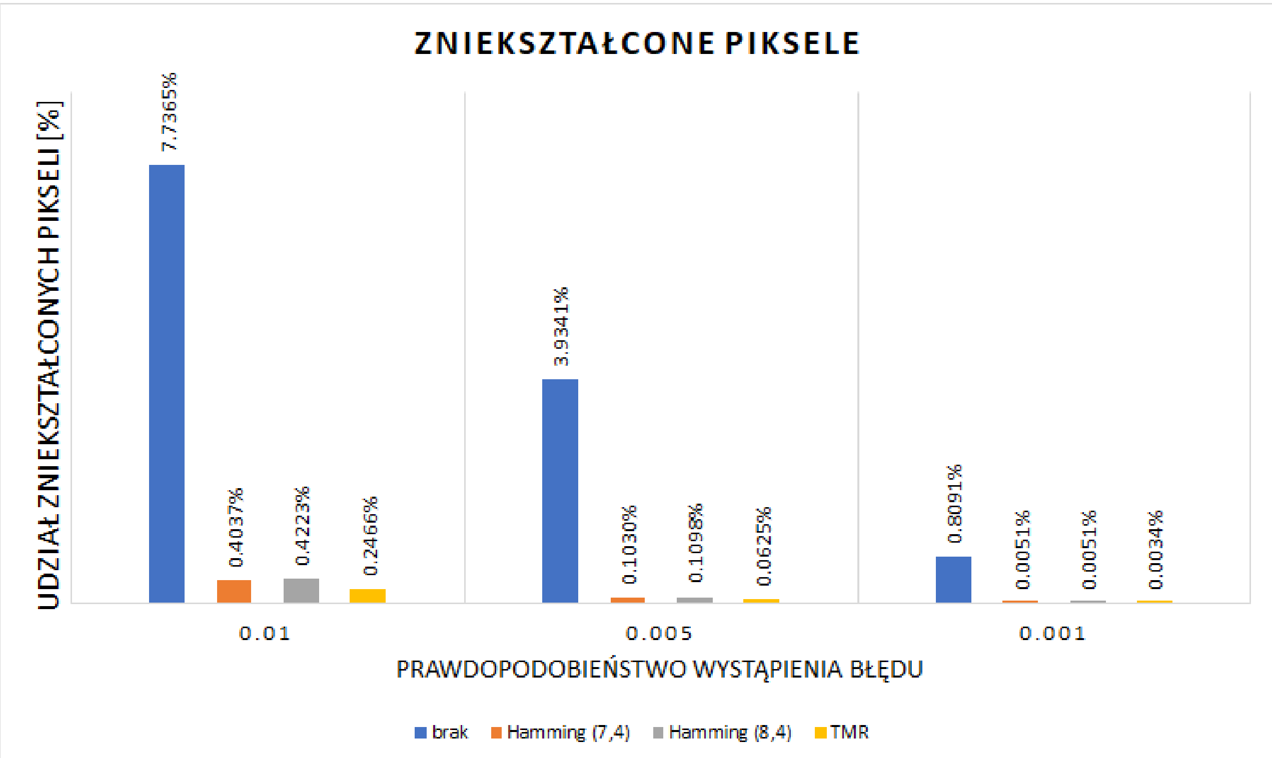


Przedstawione na wykresach metody kodowania pozwalają zmniejszyć ilość błędów prawie dziesięciokrotnie. Zdecydowanie w liczbie skorygowanych błędów dominuje metoda TMR, jednakże należy pamiętać iż, charakteryzuje się ona trzykrotnym zwiększeniem rozmiaru przesyłanych danych. Do poprawnego zdekodowania kod Hamminga (8,4) wymaga tylko $2n$ danych, a kod Hamminga (7,4) $\frac{7}{4}n$

danych. Błąd występujący na jednym bicie powoduje zniekształcenie wartości całego piksela, stąd też znacznie większy procentowy udział zniekształconych pikseli względem zniekształconych bitów.

2.2 BSC z przeplotem





Wykorzystanie przeplotu w niewielkim stopniu zmniejsza liczbę zniekształconych danych. Szczególnie można to zaobserwować w przypadkach z użyciem kodu Hamminga. Przesył bitów w odmiennej kolejności zmniejsza szansę wystąpienia wielokrotnych przekłamań w ramach jednego słowa. Udział błędów w przypadkach bez zastosowanej jakiejkolwiek metody korekcji pozostał niezmieniony.

2.3 Model Gilberta-Elliotta

Elementową stopę błędów w modelu Gilberta-Elliotta określa zależność:

$$p_e = P_D \cdot p_D + P_Z \cdot p_Z$$

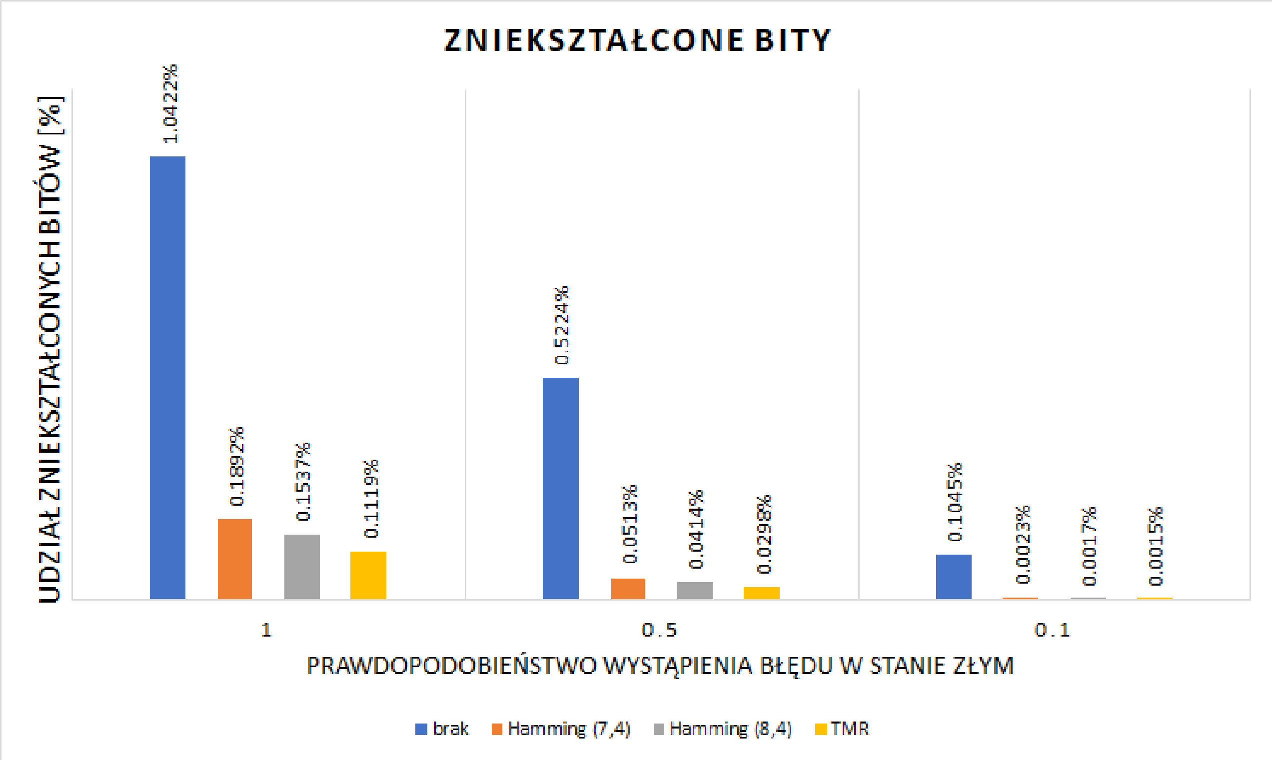
gdzie P_D i P_Z są prawdopodobieństwami granicznymi pozostawania kanału w stanach D i Z, które wynoszą:

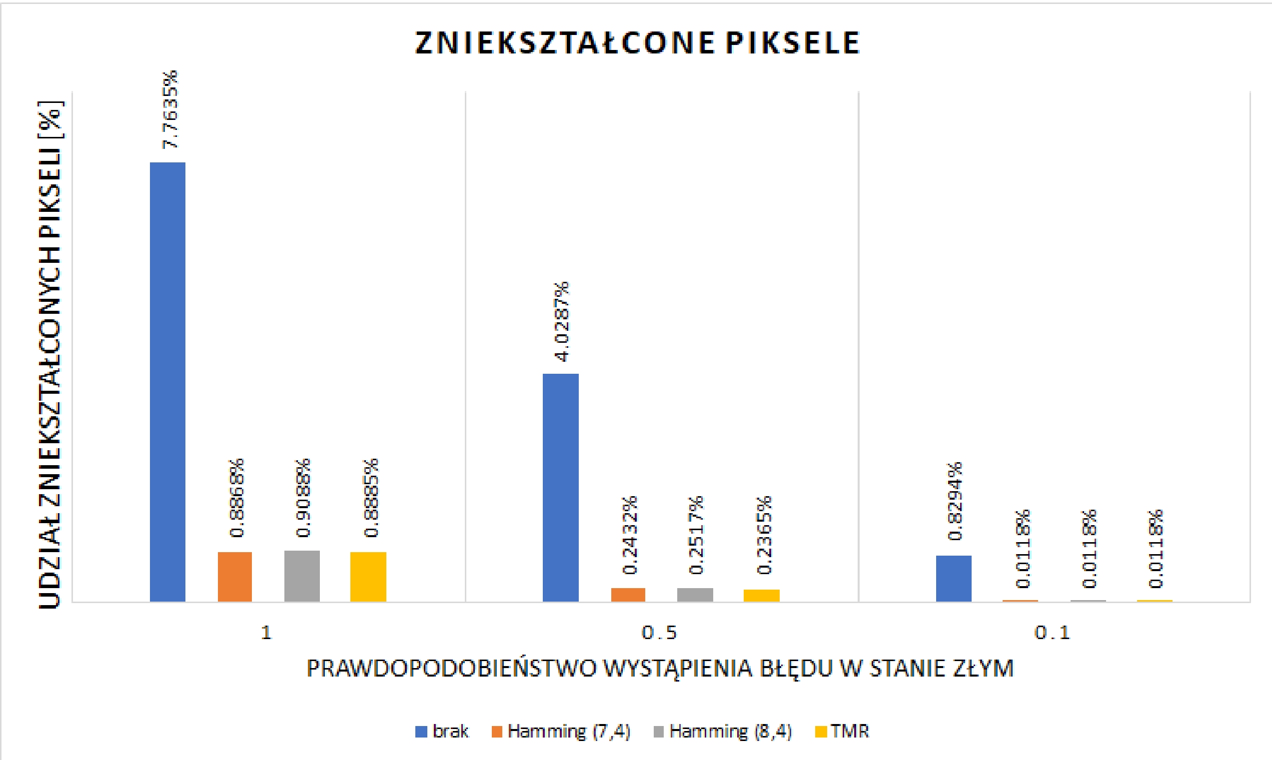
$$P_D = \frac{p_{DZ}}{p_{DZ} + p_{ZD}}$$

$$P_Z = \frac{p_{ZD}}{p_{DZ} + p_{ZD}}$$

Parametry przyjęte do badań:
$p_{DZ} = 0.01$
$p_{ZD} = 0.95$
$p_D = 0$
$p_{Z1} = 1, p_{Z2} = 0.5, p_{Z3} = 0.1$

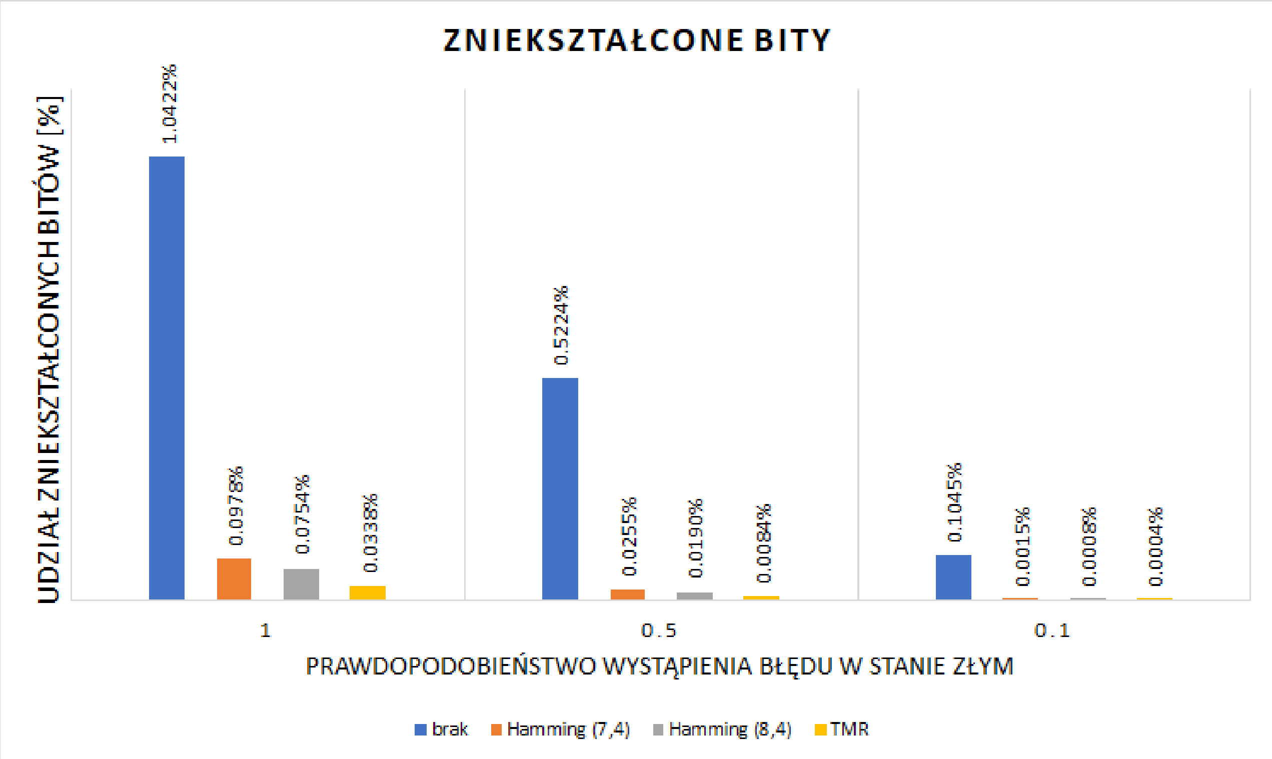
Obliczone stopy błędów dla każdego z przypadków:
$p_{e1} = 0.989583$ $p_{e2} = 0.4947915$ $p_{e3} = 0.0989583$

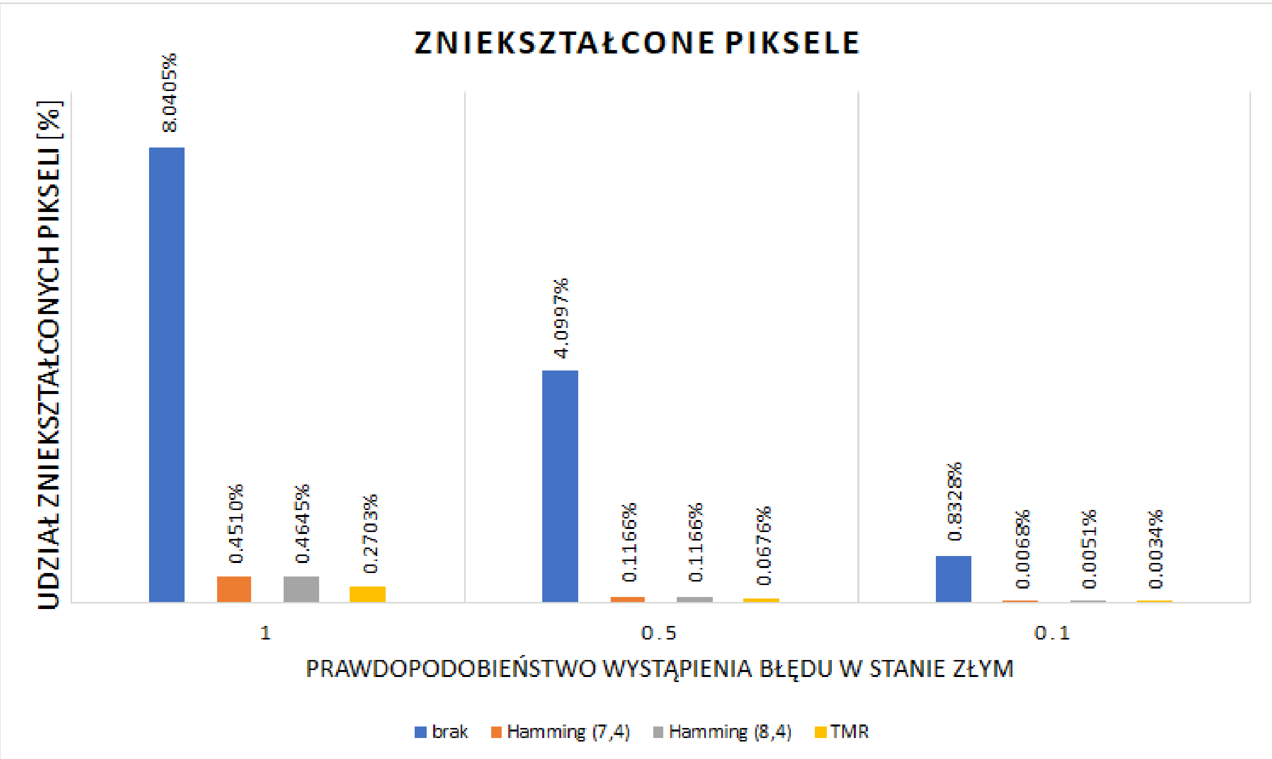




Kanał transmisyjny oparty o model Gilberta-Elliotta powoduje generowanie błędów seryjnych, które są trudniejsze w korekcji. Obrazy odtworzone po przesłaniu danych z użyciem wspomnianego kanału zawierają zniekształcenia układające się w poziome pasy. Z powyższych wykresów jednoznacznie wynika, że serie przekłamanych bitów nie mogą być w skuteczny sposób naprawione przez badane kody korekcyjne. TMR nie jest w stanie skorygować błędów, jeśli wystąpiły one na dwóch z trzech pozycji w zakresie jednego zmultiplikowanego bitu, a kod Hamminga, gdy wystąpiły dwa błędy w siedmio- lub ośmiobitowym słowie.

2.4 Model Gilberta-Elliotta z przeplotem





Zastosowanie przeplotu w kanale transmisyjnym Gilberta-Elliotta zmniejsza ilość nieskorygowanych błędów. Wykorzystanie przeplotu sprawiło, że liczba błędów dla niektórych przypadków zmniejszyła się dwukrotnie. Dzieje się tak ponieważ zakodowane wartości pikseli są interpretowane w kolejności uzyskanej po wykonaniu przeplotu przy wysyłaniu, dzięki czemu nie wystąpiły błędy seryjne względem kolejnych bitów obrazka, co pozwoliło zniwelować część błędów.

3 Podsumowanie

Badania przeprowadzone w trakcie realizacji projektu, pozwoliły zaobserwować cechy charakterystyczne i zdolności korekcyjne poszczególnych kodów korekcyjnych. Stworzone symulacje generujące błędy, zarówno seryjne jak i losowe, oraz interpretacja kolejności bitów, normalna oraz z przeplotem, pozwoliła przetestować zaimplementowane modele na wiele możliwych sposobów. Analiza wykresów doprowadza do wniosku, że to potrójna redundancja modularna (TMR) charakteryzuje się najlepszą skutecznością korekcji błędów, jednak wiąże się to ze znacznym narzutem czasowo-pamięciowym. Kod Hamminga (7,4), cechujący się korzystniejszą złożonością, nie jest w stanie poprawić części bitów jeśli w zakodowanym słowie wystąpi więcej niż jeden błąd. Optymalnym rozwiązaniem problemu może być kod Hamminga (8,4), który wykrywa większą liczbę błędów jego prostsza wersja (7,4) i mimo, że ciągle poprawia tylko jeden błąd, to pozwala na wykrycie błędów podwójnych i w razie potrzeby wystosowanie zapytania o ponowne przesłanie informacji. Podsumowując, podczas symulacji przesyłu danych należy zwrócić uwagę na liczbę potencjalnych przekłamań i zastosować najbardziej optymalną metodę konwersji, która maksymalnie zniweluje możliwe błędy podczas przesyłu, jednocześnie biorąc pod uwagę narzut z jakim wiąże się wykorzystanie konkretnego kodowania.