

# **Zadanie nr 1 - Klasyfikacja**

## Inteligentna analiza danych

Przemysław Zdrzałik, 224466      Karol Domański 224285

07 kwietnia 2020 roku

## 1 Cel zadania

Celem zadania było wykorzystanie wielowarstwowego perceptronu (MLP) w celu klasyfikacji obiektów.

## 2 Wstęp teoretyczny

W zadaniu wykorzystujemy sieć neuronową o jednej warstwie ukrytej, jednym do czterech wejść oraz trzech wyjściach.

Testujemy różne permutacje danych wejściowych.

Wszystkie warstwy posiadają sigmoidalne funkcje aktywacji.

Sieć uczylimy metodą najszybszego spadku korzystając z dwu różnych zbiorów treningowych, a naukę testowaliśmy na trzecim zbiorze testowym.

Jakość aproksymacji określaliśmy za pomocą błędu średniokwadratowego oraz poprzez procent poprawnie zaklasyfikowanych obiektów.

Obiekt uważamy za poprawnie zaklasyfikowany, jeżeli na odpowiadającym mu wyjściu sieć neuronowa wyprodukuje wartość największą, to znaczy wśród trzech wyjść sieci na wyjściu odpowiadającym obiektowi otrzymamy największą z trzech wartości.

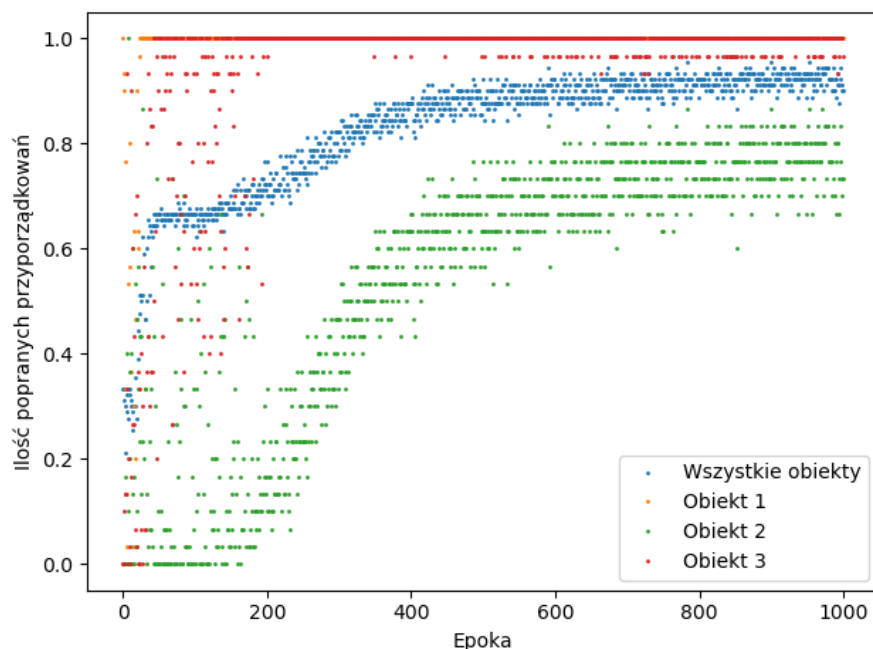
## 3 Eksperymenty i wyniki

Wszystkie eksperymenty wykonujemy ustawiając `numpy.random.seed()` na wartość 0.

### 3.1 Eksperyment 1

Zaczynamy eksperymenty od testu wpływu ilości neuronów na jakość dopasowania.

W tym celu będziemy korzystać z sieci neuronowej z czterema, czyli wszystkimi, wejściami. Rozpoczynamy od jednego neuronu.



Rysunek 1: Wykres Zmiany Jakości przyporządkowania dla 1000 epok

Jak widzimy z rysunku Rys. 1, 1 neuron poradził sobie z zadaniem klasyfikacji całkiem dobrze. Najlepiej, bo w 100% poradził sobie z przyporządkowaniem klasy obiektowi nr. 1. Gorzej bo w około 80% przypadków Sieć poradziła sobie z przyporządkowaniem klasy 2.

Tabela 1: Macierz Pomyłek dla 1 neuronu i 4 wejść

		Przyporządkowane Klasy		
		Klasa 1	Klasa 2	Klasa 3
Klasy Źródłowe	Klasa 1	31	0	0
	Klasa 2	2	25	4
	Klasa 3	0	0	31

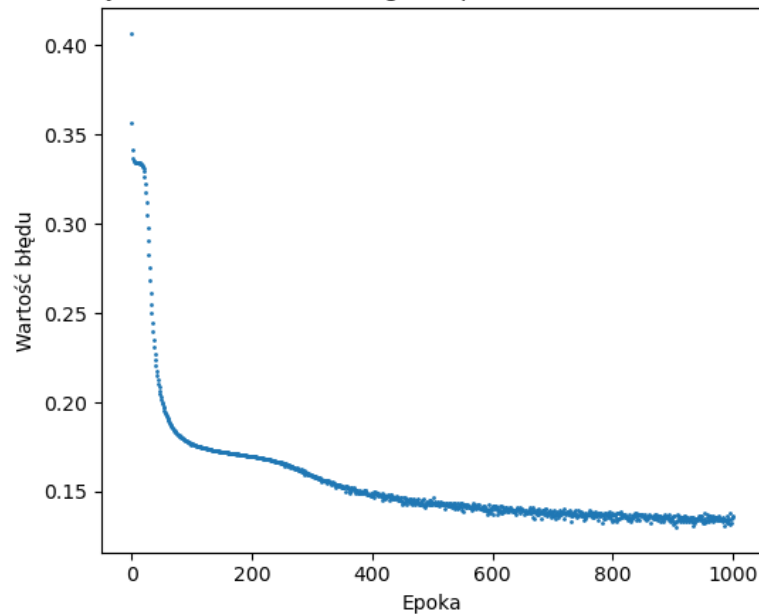
Widzimy tą zależność w 1 macierzy pomyłek, gdzie zauważamy że dla zbioru testowego Klasa 1 i 3 zostały przyporządkowane w 100% przypadków w odróżnieniu od klasy 2.

Klasa 1 - Precision =  $31 / 33$ , Recall =  $31/31$

Klasa 2 - Precision =  $25/25$  , Recall =  $25/31$

Klasa 3 - Precision =  $31 / 35$ , Recall =  $31 / 31$

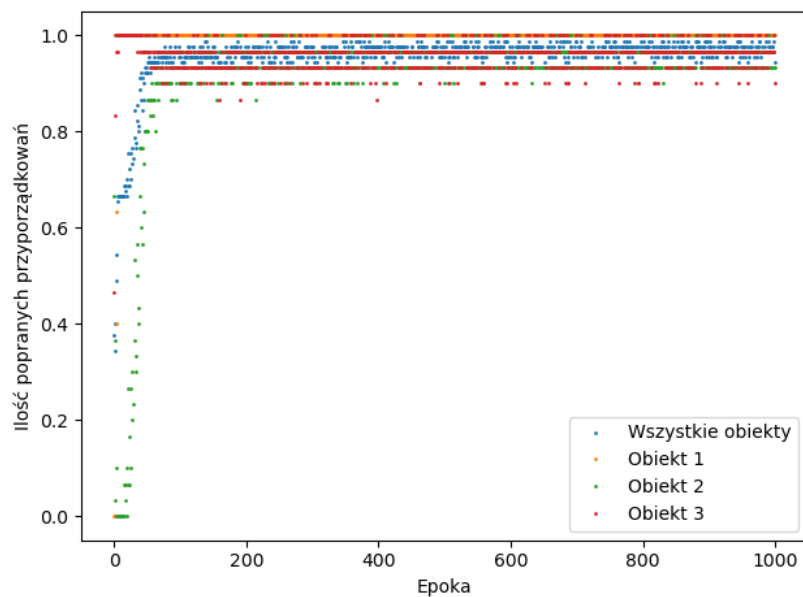
Zmiana Błędu Średniokwadratowego, wsp. uczenia = 0.05 momentum = 0.1



Rysunek 2: Wykres Zmiany Błędu Średniokwadratowego dla 1000 epok

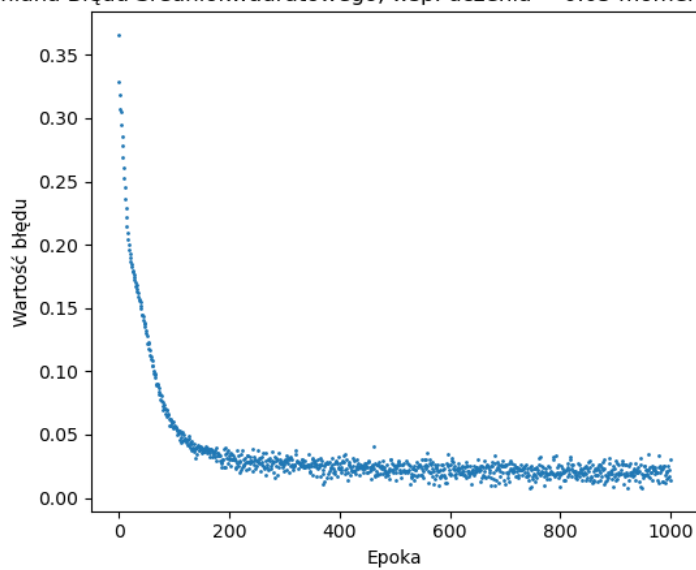
Jak mogliśmy się spodziewać błąd średniokwadratowy pozostaje wysoki ze względu na wpływ klasy 2.

Powtarzamy eksperyment dla 3 neuronów w warstwie ukrytej.



Rysunek 3: Wykres Zmiany Jakości przyporządkowania dla 1000 epok

Zmiana Błędu Średniokwadratowego, wsp. uczenia = 0.05 momentum = 0.1



Rysunek 4: Wykres Zmiany Błędu Średniokwadratowego dla 1000 epok

Od razu widzimy, że sieć poradziła sobie o wiele lepiej z klasyfikacją.

Tabela 2: Macierz Pomyłek dla 3 neuronów i 4 wejść

		Przyporządkowane Klasy		
		Klasa 1	Klasa 2	Klasa 3
Klasy Źródłowe	Klasa 1	31	0	0
	Klasa 2	0	28	3
	Klasa 3	0	0	31

Zauważamy, że mimo diametralnej poprawy w przyporządkowaniu klasy 2 dla zbioru treningowego sieć przyporządkowała jedynie 3 obiekty poprawnie dla klasy 2 więcej w zbiorze testowym. Dla tej próby Wszystkie obiekty klasy 1 zostały poprawnie rozpoznane, jednak błąd nadal pojawia się przy rozróżnianiu klasy 3 i klasy 2.

Dalsze zwiększanie ilości neuronów nie dawało zauważalnych różnic w klasyfikacji więc te pomiary pomijamy.

Klasa 1 - Precision = 31 / 31, Recall = 31/31

Klasa 2 - Precision = 28/28 , Recall = 28/31

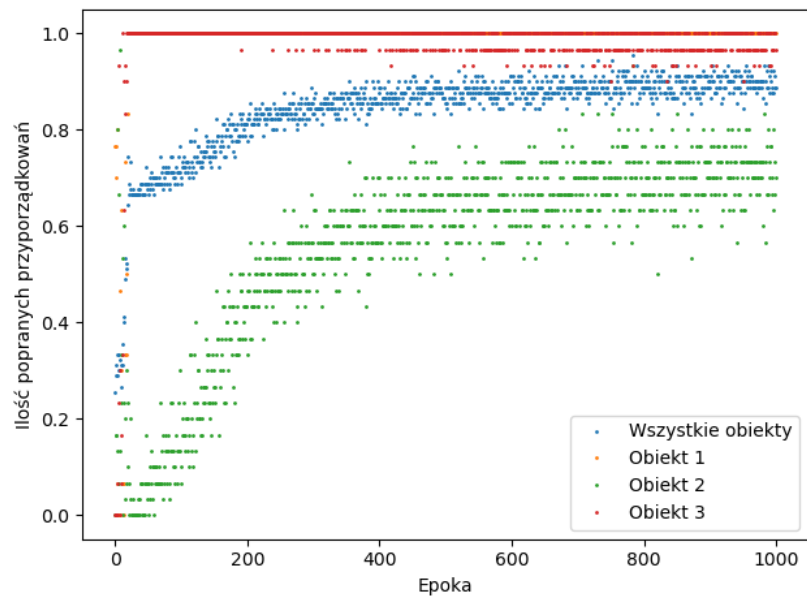
Klasa 3 - Precision = 31 / 34, Recall = 31 / 31

## 3.2 Eksperyment 2

Kontynuujemy eksperymenty na sieci neuronowej sprawdzając sieci z trzema wejściami.

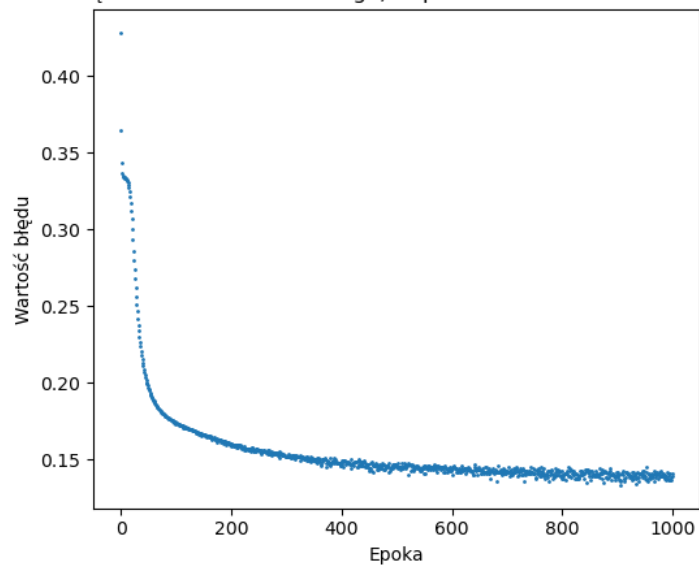
Zaczynamy sprawdzając klasyfikację korzystając z pierwszych 3 parametrów.

Zaczynamy ponownie od sprawdzenia jakości dla jednego neuronu.



Rysunek 5: Wykres Zmiany Jakości przyporządkowania dla 1000 epok

Zmiana Błędu Średniokwadratowego, wsp. uczenia = 0.05 momentum = 0.1



Rysunek 6: Wykres Zmiany Błędu Średniokwadratowego dla 1000 epok



Tabela 3: Macierz Pomyłek dla 1 neuronu i 3 wejść

		Przyporządkowane Klasy		
		Klasa 1	Klasa 2	Klasa 3
Klasy Źródłowe	Klasa 1	31	0	0
	Klasa 2	2	27	2
	Klasa 3	0	3	28

Nie zauważamy znacznych różnic w procesie nauki dla sieci.

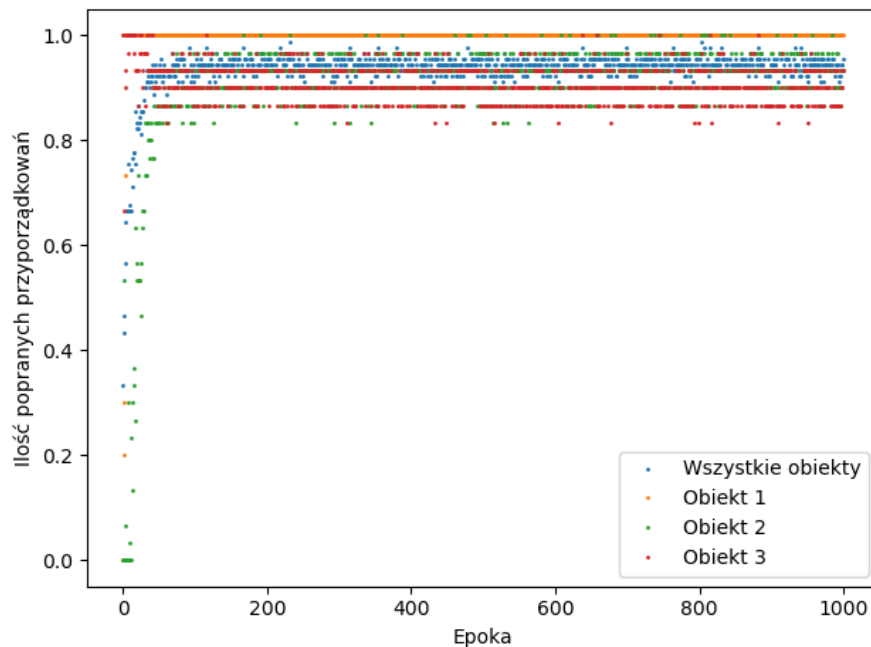
Różnicę jednak widać w przyporządkowaniu dla zbioru testowego, jak widać w macierzy pomyłek, tabela Tab. 3 obserwujemy że przyporządkowanie dla klasy 3 nie jest już 100 procentowe.

Pomiary powtórzyliśmy dla 5 neuronów.

Klasa 1 - Precision = 31 / 33, Recall = 31/31

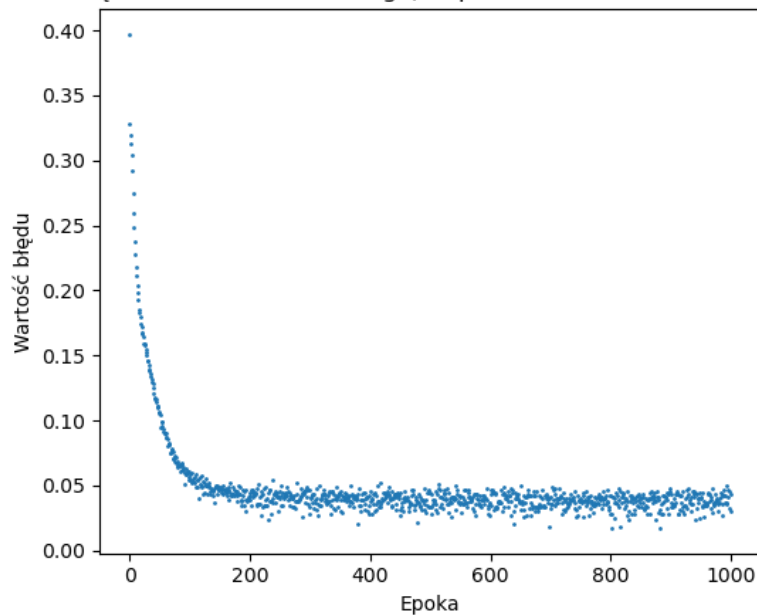
Klasa 2 - Precision = 27/30 , Recall = 27/31

Klasa 3 - Precision = 28/30, Recall = 28 / 31



Rysunek 7: Wykres Zmiany Jakości przyporządkowania dla 1000 epok

Zmiana Błędu Średniokwadratowego, wsp. uczenia = 0.05 momentum = 0.1



Rysunek 8: Wykres Zmiany Błędu Średniokwadratowego dla 1000 epok

Jak widzimy, proces nauki wygląda podobnie jak w poprzednim eksperymencie po zwiększeniu liczby neuronów.

Zauważamy jednak że w procesie nauki poziom przyporządkowania obiektu nr 3 nie jest już 100 procentowy.

Tabela 4: Macierz Pomyłek dla 5 neuronów i 3 wejść

		Przyporządkowane Klasy		
		Klasa 1	Klasa 2	Klasa 3
Klasy Źródłowe	Klasa 1	31	0	0
	Klasa 2	0	30	1
	Klasa 3	0	10	21

Nasze obawy zostają potwierdzone przez przetestowanie nauki na zbiorze testowym.

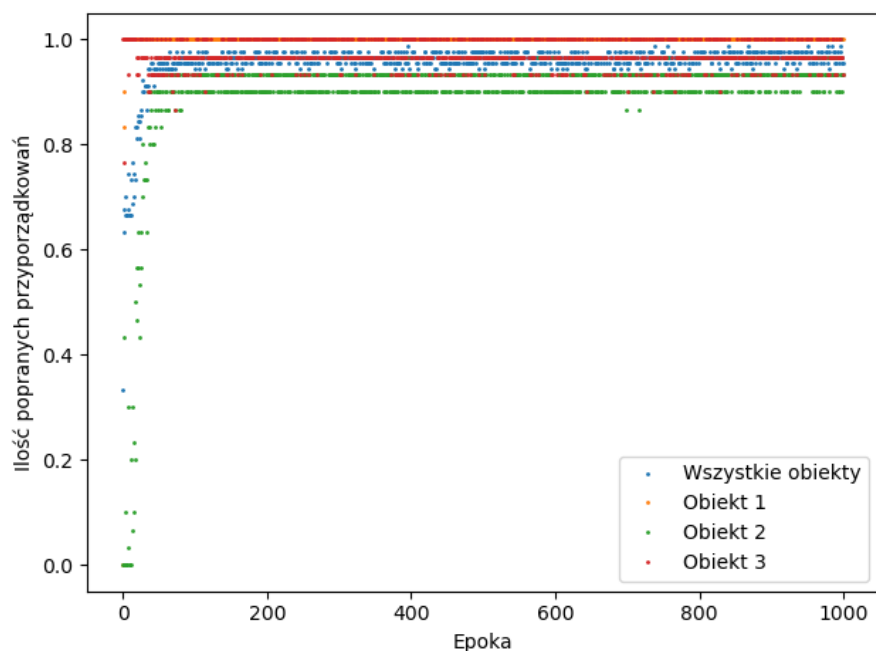
Sieć w aktualnym ustawieniu ma duże problemy z przyporządkowaniem Klasy 3.

Klasa 1 - Precision = 31 / 31, Recall = 31/31

Klasa 2 - Precision = 30/40 , Recall = 30/31

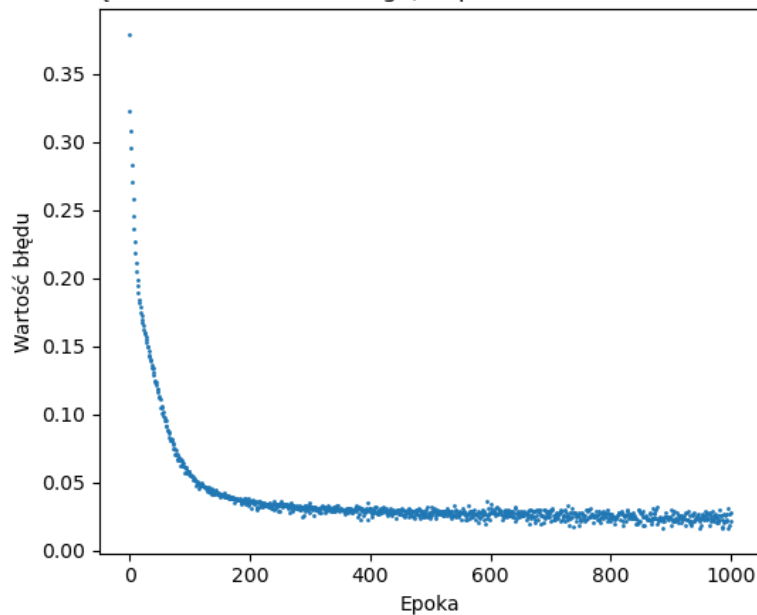
Klasa 3 - Precision = 21/22, Recall = 21 / 31

Ponawiamy eksperyment dla 5 neuronów lecz używamy teraz danych testowych w kolumnach 2, 3, 4.



Rysunek 9: Wykres Zmiany Jakości przyporządkowania dla 1000 epok

Zmiana Błędu Średniokwadratowego, wsp. uczenia = 0.05 momentum = 0.1



Rysunek 10: Wykres Zmiany Błędu Średniokwadratowego dla 1000 epok

Zauważamy, że dla tego zbioru treningowego przyporządkowanie klasy dla obiektów wydaje się przebiegać bardziej dokładnie. Błąd średniokwadratowy wydaje się być bardziej stały niż w poprzednim przypadku a wykres poprawnego przyporządkowania w kolejnych epokach wydaje się zbliżać bardziej do 100%, zwłaszcza dla obiektu z klasy 3.

Tabela 5: Macierz Pomyłek dla 5 neuronów i 3 wejść

		Przyporządkowane Klasy		
		Klasa 1	Klasa 2	Klasa 3
Klasy Źródłowe	Klasa 1	31	0	0
	Klasa 2	0	29	2
	Klasa 3	0	1	30

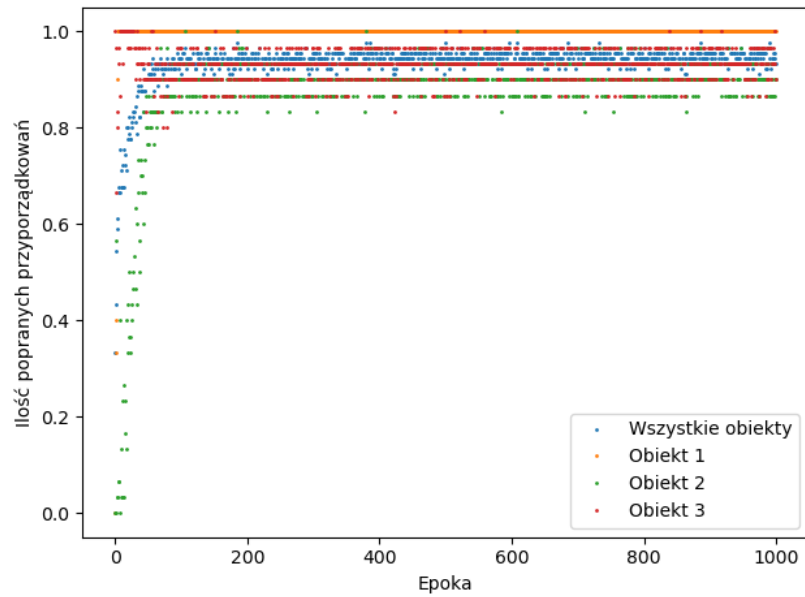
Potwierdza to sprawdzenie na zbiorze testowym. Klasa 3 wydaje się być w tym przypadku poprawnie przyporządkowywana.

Klasa 1 - Precision = 31/31, Recall = 31/31

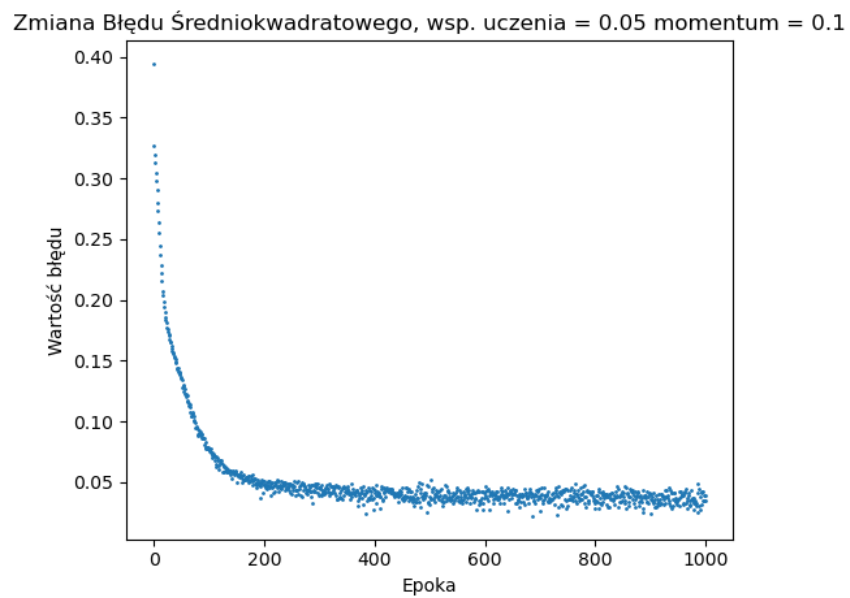
Klasa 2 - Precision = 29/30 , Recall = 29/31

Klasa 3 - Precision = 30/32, Recall = 30/ 31

W następnej części eksperymentu wykorzystujemy wszystkie kolumny danych poza 3cią.



Rysunek 11: Wykres Zmiany Jakości przyporządkowania dla 1000 epok



Rysunek 12: Wykres Zmiany Błędu Średniokwadratowego dla 1000 epok

Tabela 6: Macierz Pomyłek dla 5 neuronów i 3 wejść

		Przyporządkowane Klasy		
		Klasa 1	Klasa 2	Klasa 3
Klasy Źródłowe	Klasa 1	31	0	0
	Klasa 2	0	31	0
	Klasa 3	0	6	25

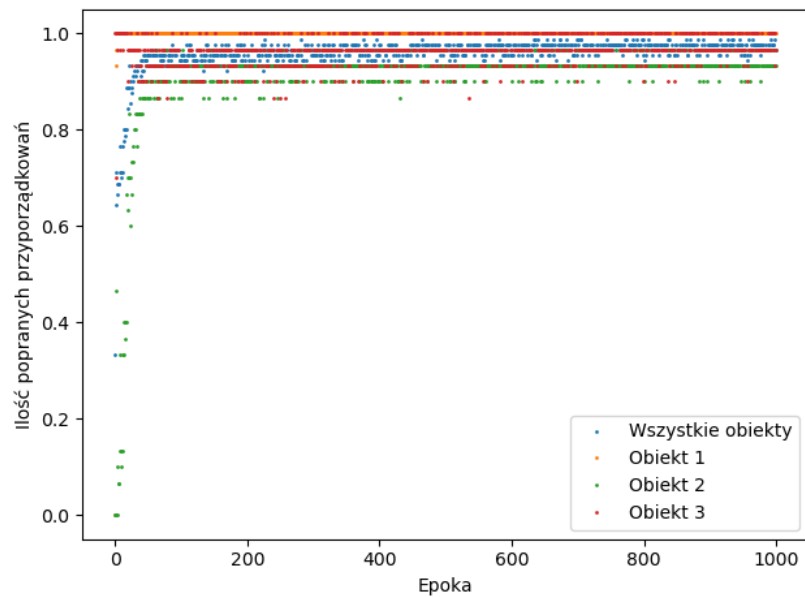
Dla tego zbioru testowego pierwszy raz udało się w 100% poprawnie zaklasyfikować obiekty z klasy 2, niestety zakwalifikowaliśmy do niej również obiekty nie należące do niej.

Klasa 1 - Precision = 31/31, Recall = 31/31

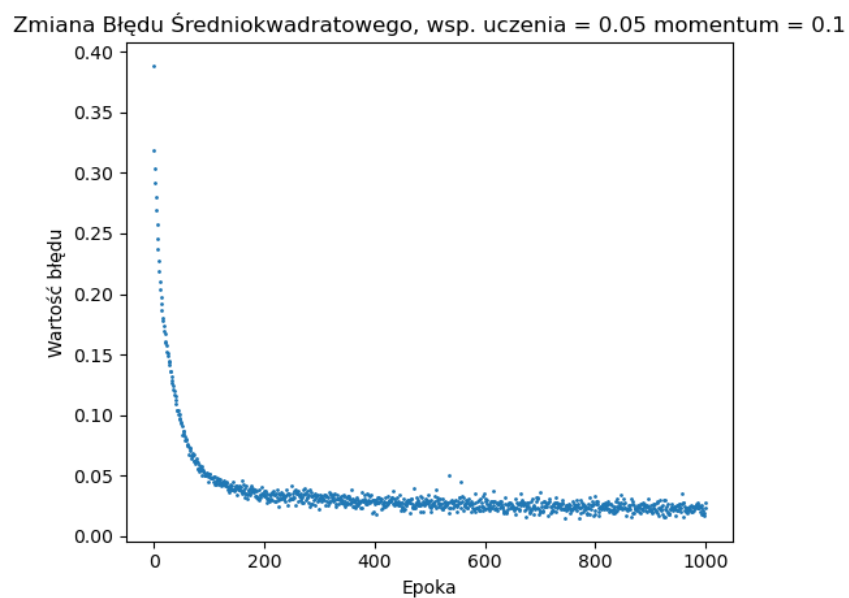
Klasa 2 - Precision = 31/37 , Recall = 31/31

Klasa 3 - Precision = 25/25, Recall = 25/ 31

W następnej części eksperymentu będziemy korzystać z pierwszej, trzeciej oraz ostatniej kolumny zbioru treningowego.



Rysunek 13: Wykres Zmiany Jakości przyporządkowania dla 1000 epok



Rysunek 14: Wykres Zmiany Błędu Średniokwadratowego dla 1000 epok



Tabela 7: Macierz Pomyłek dla 5 neuronów i 3 wejść

		Przyporządkowane Klasy		
		Klasa 1	Klasa 2	Klasa 3
Klasy Źródłowe	Klasa 1	31	0	0
	Klasa 2	0	28	3
	Klasa 3	0	0	31

Jak widzimy w tablicy, Tab. 7, oraz na rysunkach, Rys. 13 i Rys. 14 otrzymaliśmy bardzo zbliżone wyniki do tych otrzymanych dla 3 neuronów oraz 5 wejść. Możliwe, że druga kolumna zbioru treningowego nie ma wpływu na wynik klasyfikacji. Sprawdzimy to w następnym eksperymencie.

Klasa 1 - Precision = 31/31, Recall = 31/31

Klasa 2 - Precision = 28/28, Recall = 28/31

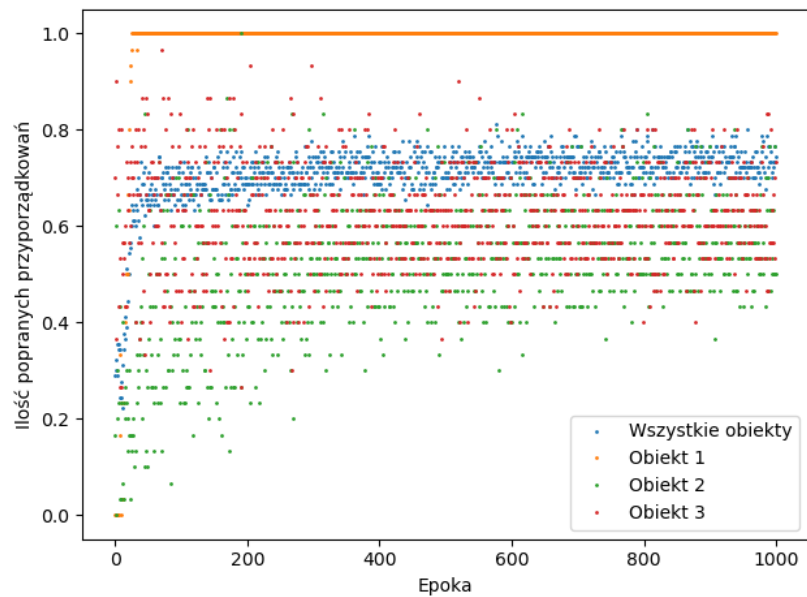
Klasa 3 - Precision = 31/34, Recall = 31/31

### 3.3 Eksperyment 3

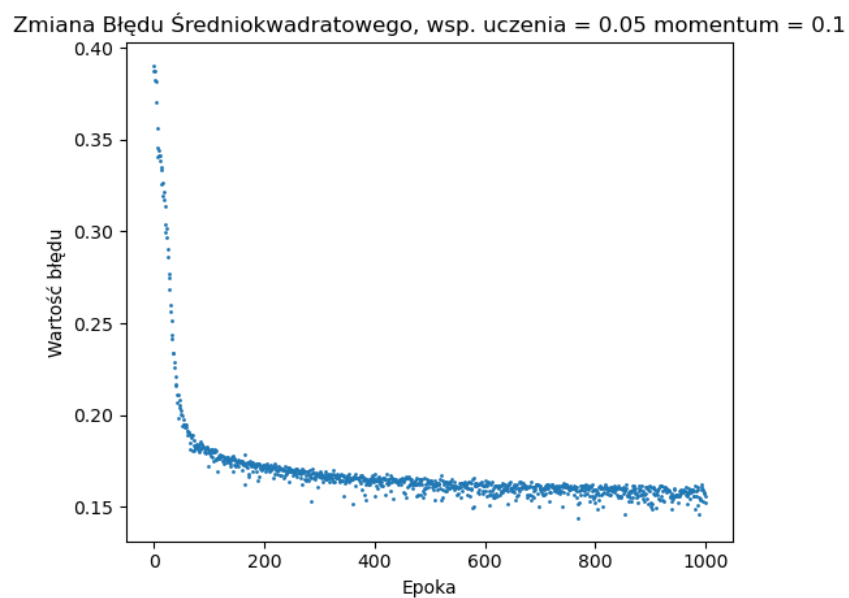
W tym eksperymencie zaczynamy od sprawdzenia wpływu kolumny 2 na klasyfikacje.

W tym celu najpierw przetestujemy sieć z dwoma wejściami, odpowiednio kolumna 1 i 2 a następnie z jednym wejściem, kolumną 1.

Tym razem postanowiliśmy przeprowadzić eksperyment dla 20 neuronów.



Rysunek 15: Wykres Zmiany Jakości przyporządkowania dla 1000 epok



Rysunek 16: Wykres Zmiany Błąd Średniokwadratowego dla 1000 epok

Tabela 8: Macierz Pomyłek dla 20 neuronów i 2 wejść

		Przyporządkowane Klasy		
		Klasa 1	Klasa 2	Klasa 3
Klasy Źródłowe	Klasa 1	30	1	0
	Klasa 2	0	24	7
	Klasa 3	0	10	21

Jak widzimy, klasyfikacja dla obiektu 1 w zbiorze testowym przebiega poprawnie w 100% przypadków, jednak klasyfikacja kolejnych klas pozostawia wiele do życzenia.

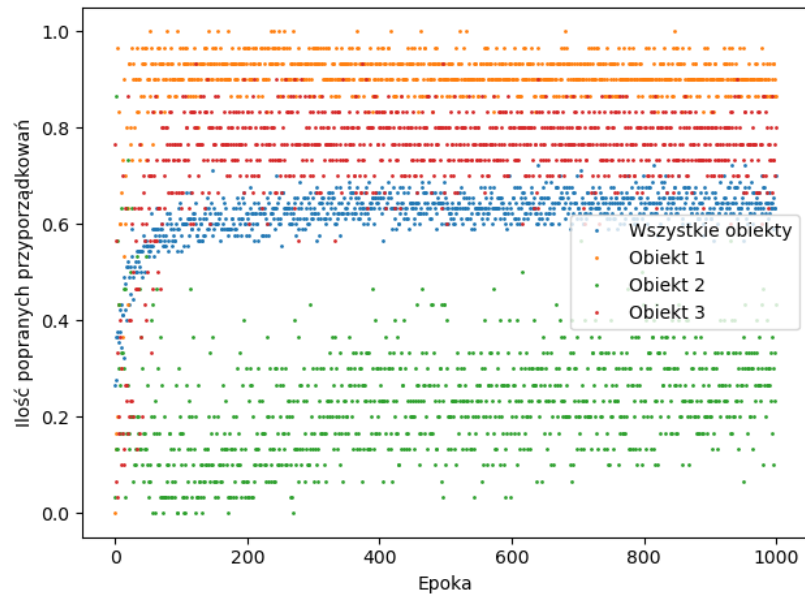
Jak widzimy z tabeli, Tab 8, jest to pierwszy przypadek w którym obiekty klasy 1 nie zostały perfekcyjnie zklasyfikowane, mimo że na zbiorze testowym wydawały się one być idealnie klasyfikowane. Klasyfikacja obiektów pozostałych klas pozostawia wiele do życzenia.

Klasa 1 - Precision = 30/30, Recall = 30/31

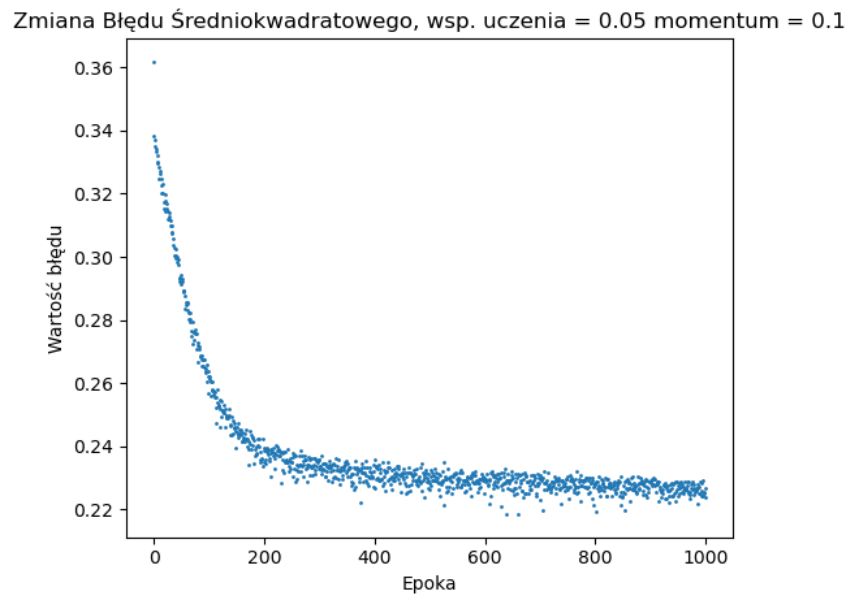
Klasa 2 - Precision = 24/35, Recall = 24/31

Klasa 3 - Precision = 21/28, Recall = 21/31

Powtarzamy próbę dla 1 wejścia.



Rysunek 17: Wykres Zmiany Jakości przyporządkowania dla 1000 epok



Rysunek 18: Wykres Zmiany Błędu Średniokwadratowego dla 1000 epok

Tabela 9: Macierz Pomyłek dla 20 neuronów i 1 wejścia

		Przyporządkowane Klasy		
		Klasa 1	Klasa 2	Klasa 3
Klasy Źródłowe	Klasa 1	31	0	0
	Klasa 2	7	13	11
	Klasa 3	0	5	26

Od razu możemy zauważyć, że klasyfikacja, poza obiektami klasy 1, nie przebiega sprawnie. Klasyfikacja obiektów z klasy 2 wogóle nie przebiega a także klasyfikacja obiektów z klasy 3 pozostawia wiele do życzenia. Można śmiało założyć, że pierwsza kolumna jest najbardziej charakterystyczna dla obiektów klasy 1, a do wykrycia obiektów klasy 2 prawdopodobnie można ją całkowicie pominąć.

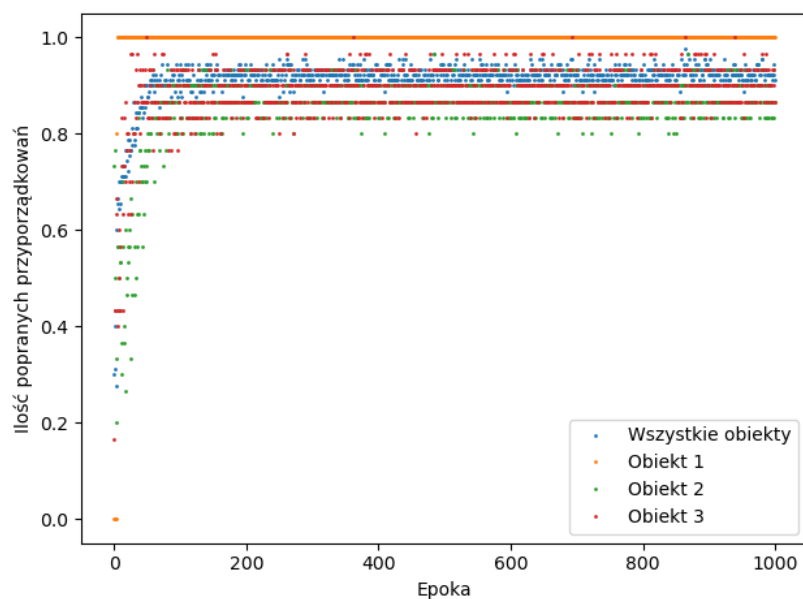
Klasa 1 - Precision =  $31/38$ , Recall =  $31/31$

Klasa 2 - Precision =  $13/18$ , Recall =  $13/31$

Klasa 3 - Precision =  $26/37$ , Recall =  $26/31$

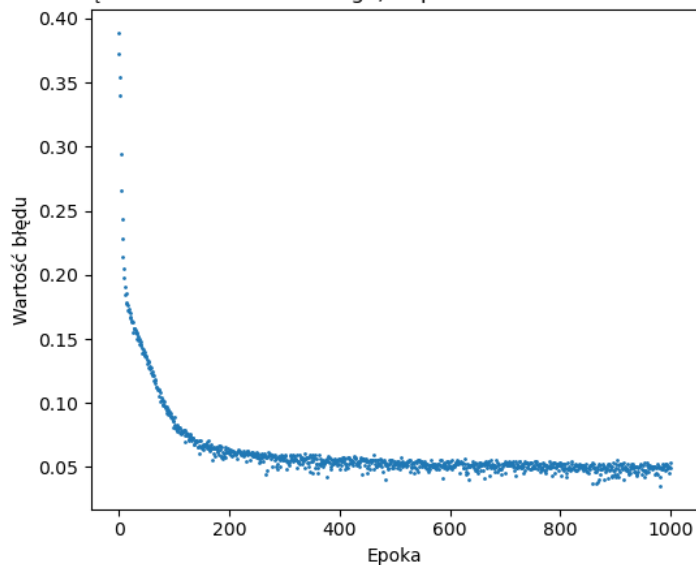
Jak widzimy z macierzy pomyłek dla zbioru testowego klasa 1 była rozpoznawana idealnie. Obiekty jednak klasy 2 były zupełnie nie możliwe dla rozpoznania dla sieci i zostały przypisane można powiedzieć że losowo, a klasyfikacja obiektów klasy 3 też nie była zbyt dobra.

Kontynuujemy eksperyment sprawdzając kolejne 2 kolumny danych w sieci z dwoma wejściami. Będą to kolumna druga i trzecia. Eksperyment przeprowadzamy dla 10 neuronów w warstwie ukrytej.



Rysunek 19: Wykres Zmiany Jakości przyporządkowania dla 1000 epok

Zmiana Błędu Średniokwadratowego, wsp. uczenia = 0.05 momentum = 0.1



Rysunek 20: Wykres Zmiany Błędu Średniokwadratowego dla 1000 epok

Jak możemy łatwo zobaczyć z wykresów na rysunkach, Rys. 19 i Rys. 20, jakość przyporządkowania klas w tym etapie treningowym jest o wiele większa niż dla poprzednio wybranych dwu kolumn danych. Błąd średniokwadratowy jest blisko 3 razy mniejszy i poziom klasyfikacji w zbiorze treningowym jest bardzo wysoki.



Tabela 10: Macierz Pomyłek dla 10 neuronów i 2 wejść

		Przyporządkowane Klasy		
		Klasa 1	Klasa 2	Klasa 3
Klasy Źródłowe	Klasa 1	31	0	0
	Klasa 2	0	26	5
	Klasa 3	0	1	30

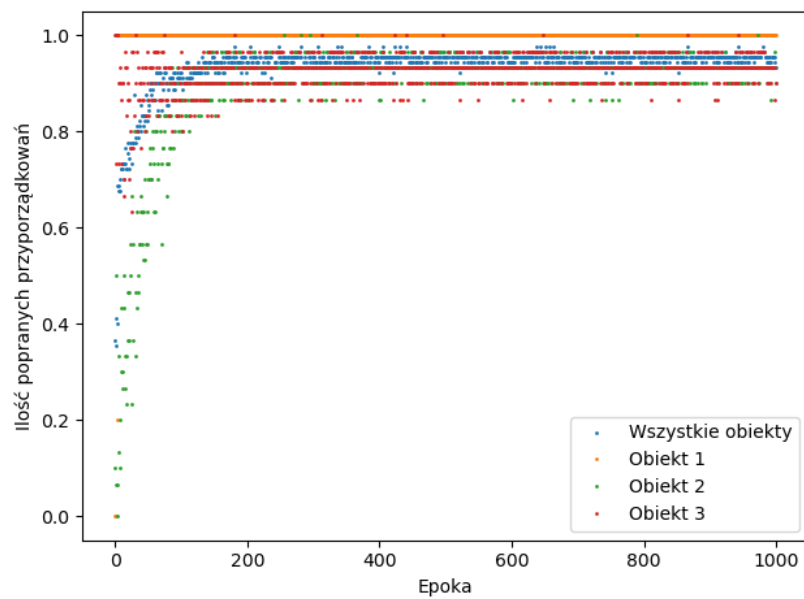
Wyniki klasyfikacji na zbiorze testowym okazują się bardzo przyzwoite. Wszystkie obiekty klasy 1 zostały poprawnie przyporządkowane, a i klasyfikacja dla obiektów klasy 2 i 3 można ocenić na 'dobrą'.

Klasa 1 - Precision = 31/31, Recall = 31/31

Klasa 2 - Precision = 26/27, Recall = 16/31

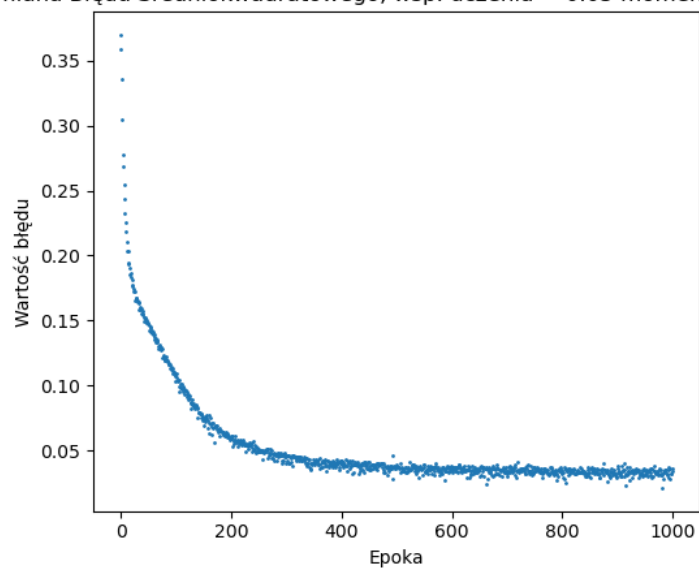
Klasa 3 - Precision = 30/35, Recall = 30/31

Kontynuujemy eksperyment dla 2 ostatnich kolumn danych. Pozostałe ustawienia identyczne jak w poprzednim eksperymencie.



Rysunek 21: Wykres Zmiany Jakości przyporządkowania dla 1000 epok

Zmiana Błędu Średniokwadratowego, wsp. uczenia = 0.05 momentum = 0.1



Rysunek 22: Wykres Zmiany Błędu Średniokwadratowego dla 1000 epok

Wyniki bardzo podobne jak przy poprzedniej części eksperymentu, pozostawiamy bez komentarza.

Tabela 11: Macierz Pomyłek dla 10 neuronów i 2 wejść

		Przyporządkowane Klasy		
		Klasa 1	Klasa 2	Klasa 3
Klasy Źródłowe	Klasa 1	31	0	0
	Klasa 2	0	28	3
	Klasa 3	0	3	28

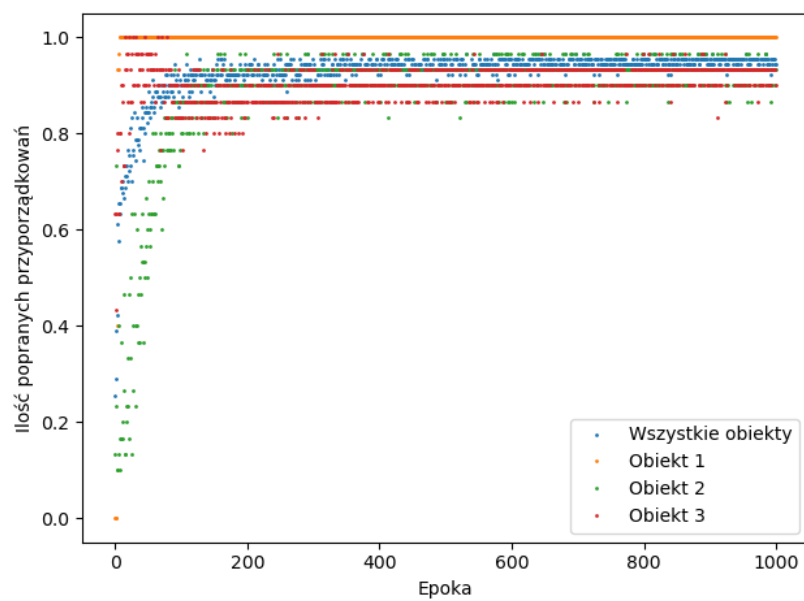
Również tutaj bardzo podobne wyniki pozostawiamy bez komentarza.

Klasa 1 - Precision = 31/31, Recall = 31/31

Klasa 2 - Precision = 28/31, Recall = 28/31

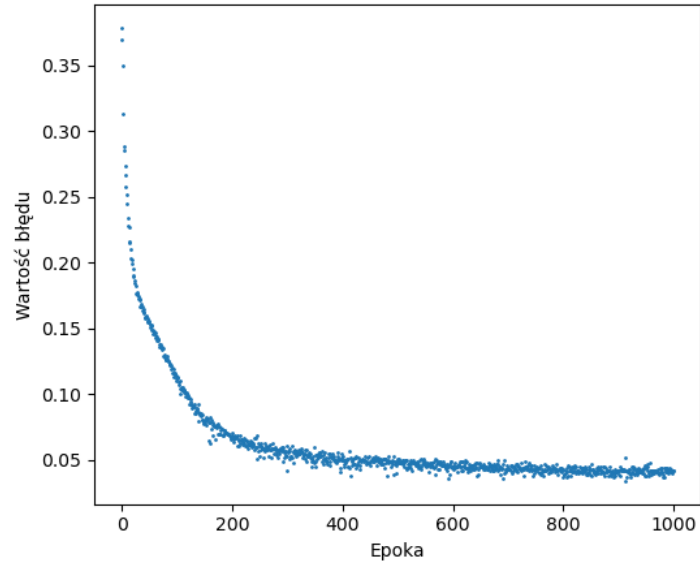
Klasa 3 - Precision = 28/31, Recall = 28/31

Kolejna część eksperymentu, tym razem pierwsza i czwarta kolumna danych.



Rysunek 23: Wykres Zmiany Jakości przyporządkowania dla 1000 epok

Zmiana Błędu Średniokwadratowego, wsp. uczenia = 0.05 momentum = 0.1



Rysunek 24: Wykres Zmiany Błędu Średniokwadratowego dla 1000 epok

Tabela 12: Macierz Pomyłek dla 10 neuronów i 2 wejść

		Przyporządkowane Klasy		
		Klasa 1	Klasa 2	Klasa 3
Klasy Źródłowe	Klasa 1	31	0	0
	Klasa 2	0	27	4
	Klasa 3	0	4	27

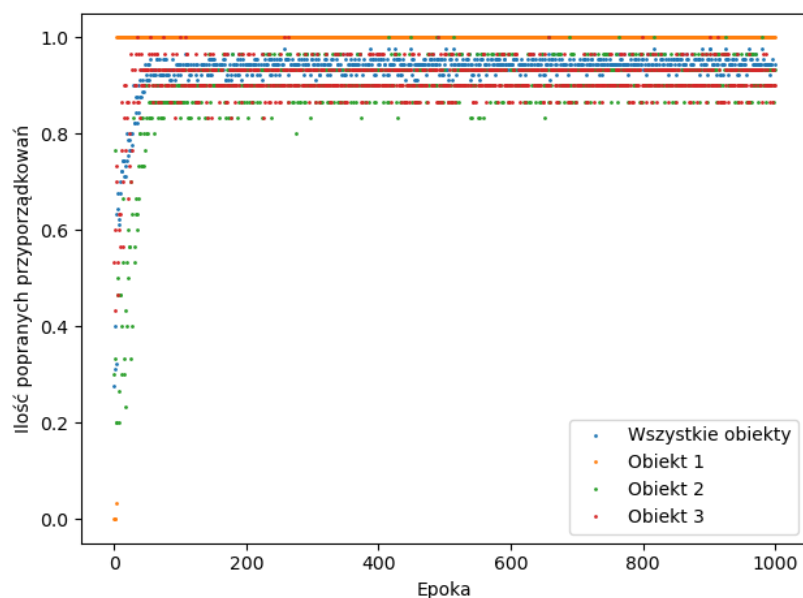
Wyniki prawie identyczne jak poprzednie, pozostawiamy bez komentarza.

Klasa 1 - Precision = 31/31, Recall = 31/31

Klasa 2 - Precision = 27/31, Recall = 27/31

Klasa 3 - Precision = 27/31, Recall = 27/31

Kolejna część eksperymentu, analizujemy kolumny nr 1 oraz 3

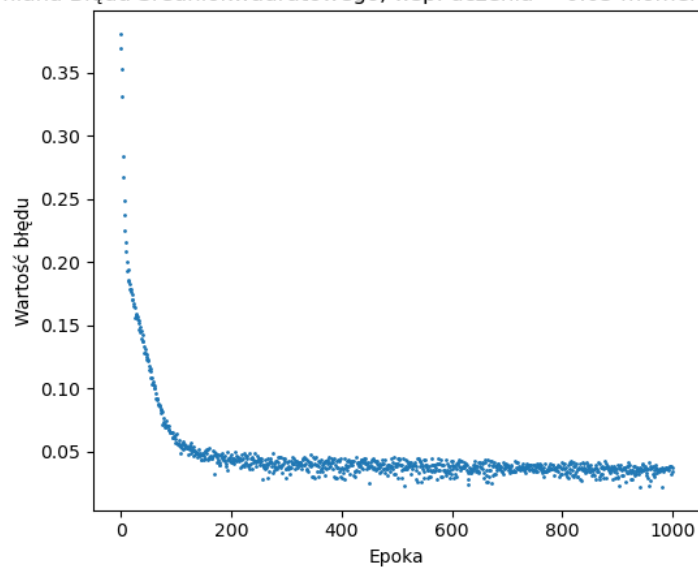


Rysunek 25: Wykres Zmiany Jakości przyporządkowania dla 1000 epok

Tabela 13: Macierz Pomyłek dla 10 neuronów i 2 wejść

		Przyporządkowane Klasy		
		Klasa 1	Klasa 2	Klasa 3
Klasy Źródłowe	Klasa 1	31	0	0
	Klasa 2	0	26	5
	Klasa 3	0	2	29

Zmiana Błędu Średniokwadratowego, wsp. uczenia = 0.05 momentum = 0.1



Rysunek 26: Wykres Zmiany Błędu Średniokwadratowego dla 1000 epok

Znowu, jak w kilku poprzednich próbach Klasa 1 dopasowana perfekcyjnie, a klasy 2 i 3 w bardzo wysokim stopniu. Łącznie 86 z 93 obiektów zostało odpowiednio przyporządkowanych.

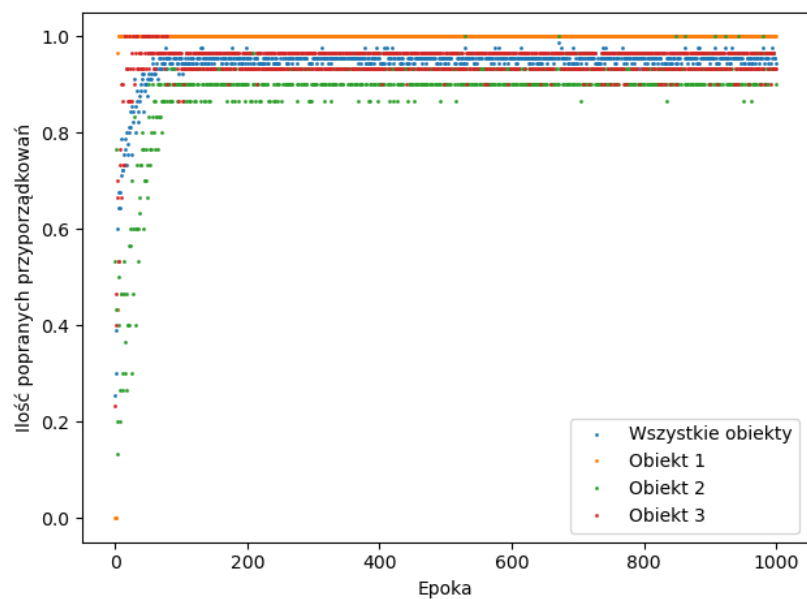
Klasa 1 - Precision = 31/31, Recall = 31/31

Klasa 2 - Precision = 26/28, Recall = 26/31

Klasa 3 - Precision = 29/35, Recall = 29/31



Ostatnia próba dla 2 kolumn danych, korzystamy z kolumn 2 i 4.

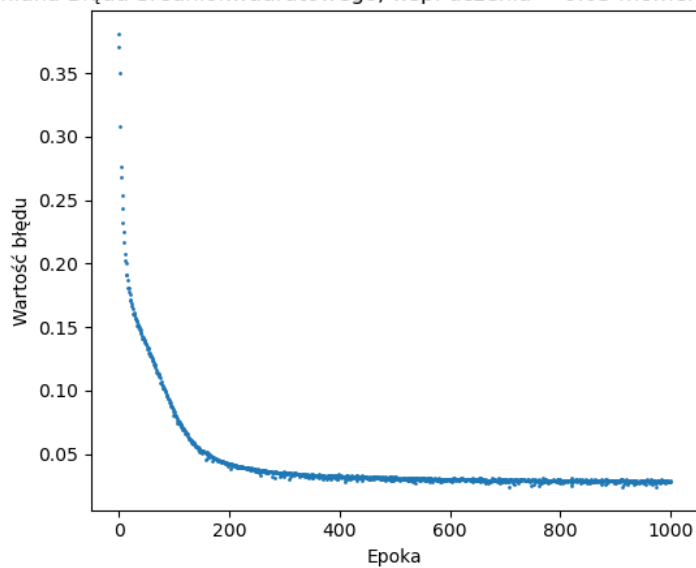


Rysunek 27: Wykres Zmiany Jakości przyporządkowania dla 1000 epok

Tabela 14: Macierz Pomyłek dla 20 neuronów i 2 wejść

		Przyporządkowane Klasy		
		Klasa 1	Klasa 2	Klasa 3
Klasy Źródłowe	Klasa 1	31	0	0
	Klasa 2	0	30	1
	Klasa 3	0	3	28

Zmiana Błędu Średniokwadratowego, wsp. uczenia = 0.05 momentum = 0.1



Rysunek 28: Wykres Zmiany Błędu Średniokwadratowego dla 1000 epok

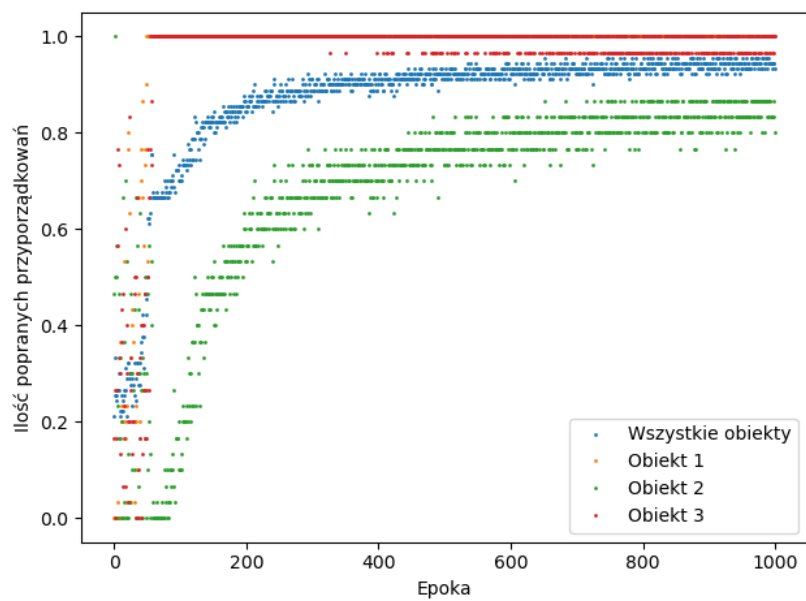
Zauważalnie lepsze przyporządkowanie klas niż w poprzednich próbach. Zarówno błąd średniokwadratowy na próbie treningowej jak i przyporządkowanie na próbie treningowej jak i testowej wypada 'lepiej' niż w żadnej innej próbie dla 2 kolumn danych.

Klasa 1 - Precision = 31/31, Recall = 31/31

Klasa 2 - Precision = 30/33, Recall = 30/31

Klasa 3 - Precision = 28/29, Recall = 28/31

Powtórzyliśmy próbę dla 1 neurona.

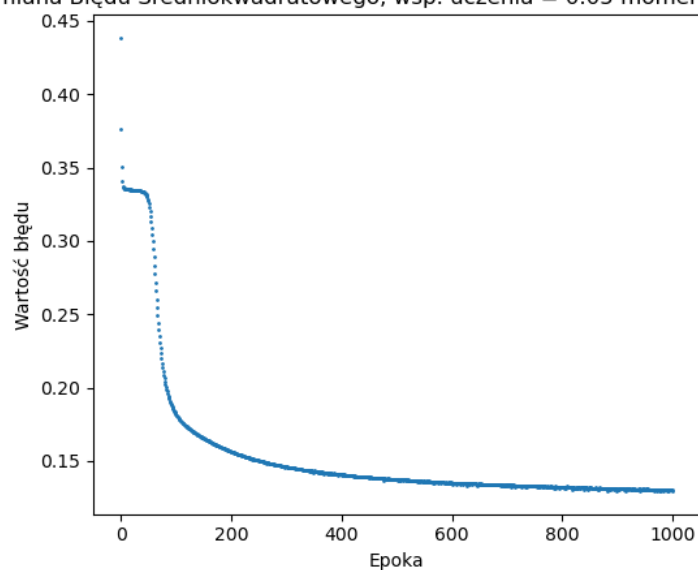


Rysunek 29: Wykres Zmiany Jakości przyporządkowania dla 1000 epok

Tabela 15: Macierz Pomyłek dla 1 neurona i 2 wejść

		Przyporządkowane Klasy		
		Klasa 1	Klasa 2	Klasa 3
Klasy Źródłowe	Klasa 1	31	0	0
	Klasa 2	0	27	4
	Klasa 3	0	3	28

Zmiana Błędu Średniokwadratowego, wsp. uczenia = 0.05 momentum = 0.1



Rysunek 30: Wykres Zmiany Błędu Średniokwadratowego dla 1000 epok

Wyniki okazały się bardzo dobre jak na użycie tylko 1 neurona. Błąd zarówno podczas treningu jak i ilość pomyłek na próbie testowej okazały się zadziwiająco niskie.

Klasa 1 - Precision = 31/31, Recall = 31/31

Klasa 2 - Precision = 27/30, Recall = 27/31

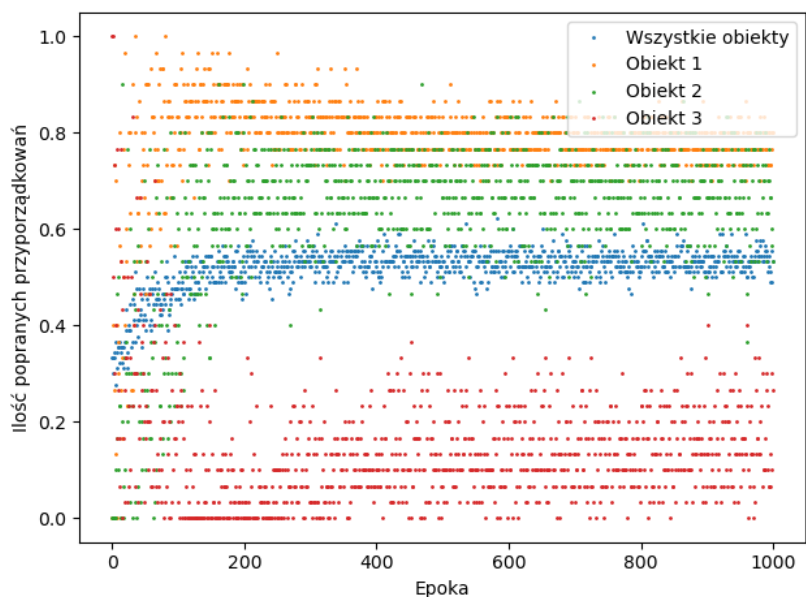
Klasa 3 - Precision = 28/32, Recall = 28/31

### 3.4 Eksperyment 4

W tym Segmencie sprawozdania testujemy sieć neuronową z jedynie jednym wejściem.

Zaczynamy od drugiej kolumny danych ponieważ pierwszą przetestowaliśmy już wcześniej w Eksperymentcie 3.

Eksperymenty przeprowadzamy dla 5 neuronów w warstwie ukrytej.

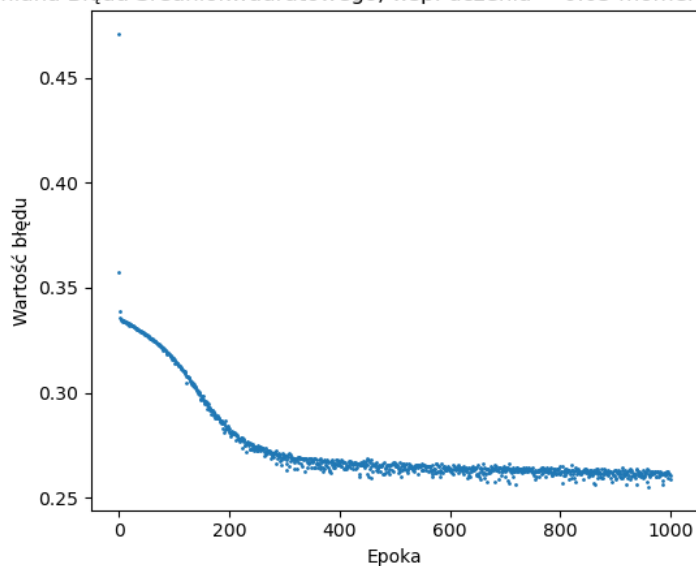


Rysunek 31: Wykres Zmiany Jakości przyporządkowania dla 1000 epok

Tabela 16: Macierz Pomyłek dla 5 neuronów i 1 wejścia

		Przyporządkowane Klasy		
		Klasa 1	Klasa 2	Klasa 3
Klasy Źródłowe	Klasa 1	20	4	7
	Klasa 2	1	28	2
	Klasa 3	5	19	7

Zmiana Błędu Średniokwadratowego, wsp. uczenia = 0.05 momentum = 0.1



Rysunek 32: Wykres Zmiany Błędu Średniokwadratowego dla 1000 epok

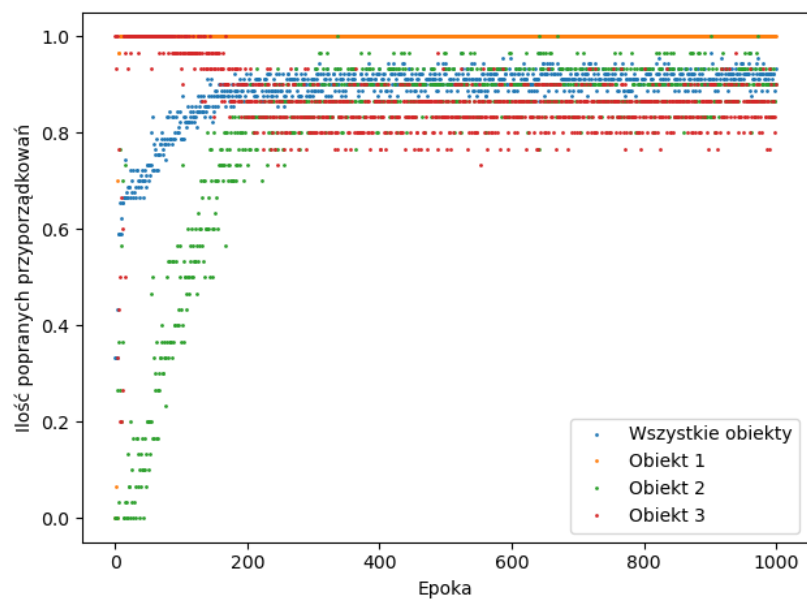
Zgodnie z naszymi oczekiwaniami nauka dla jednego wejścia postępuje 'najgorzej'. Na wykresie przyporządkowania w trakcie treningu widać 'chaos'. Sieć najlepiej nauczyła się rozpoznawać obiekty z klasy drugiej, gorzej klasy pierwszej, a obiekty klasy 3 nie nauczyła się klasyfikować wogóle. Błąd średniokwadratowy najwyższy z wszystkich prób dotychczas.

Klasa 1 - Precision = 20/31, Recall = 20/31

Klasa 2 - Precision = 28/51, Recall = 28/31

Klasa 3 - Precision = 07/16, Recall = 7/31

Powtarzamy eksperyment dla kolejnej kolumny danych (3)

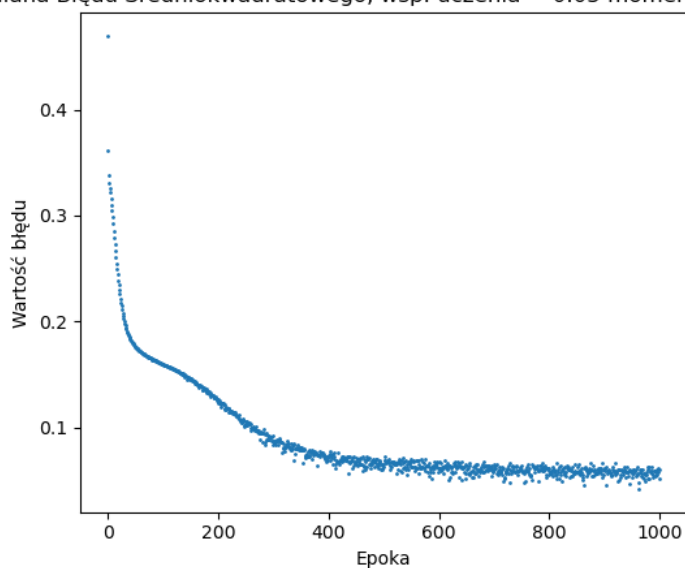


Rysunek 33: Wykres Zmiany Jakości przyporządkowania dla 1000 epok

Tabela 17: Macierz Pomyłek dla 5 neuronów i 1 wejścia

		Przyporządkowane Klasy		
		Klasa 1	Klasa 2	Klasa 3
Klasy Źródłowe	Klasa 1	31	0	0
	Klasa 2	0	28	3
	Klasa 3	0	2	29

Zmiana Błędu Średniokwadratowego, wsp. uczenia = 0.05 momentum = 0.1



Rysunek 34: Wykres Zmiany Błędu Średniokwadratowego dla 1000 epok

Zaskakujący, nie spodziewany, wynik dla trzeciej kolumny danych. Mimo tylko jednego wejścia klasyfikacja może być określona jako 'dobra'. Błąd średniokwadratowy na zbiorze treningowym osiągnął niską wartość około 0.05, a w zbiorze testowym poprawnie przyporządkowano 88 z 93 klas. Okazuje się, że przy dobrym doborze danych treningowych nawet z 1 wejściem da się w dobrym stopniu zklasyfikować klasy.

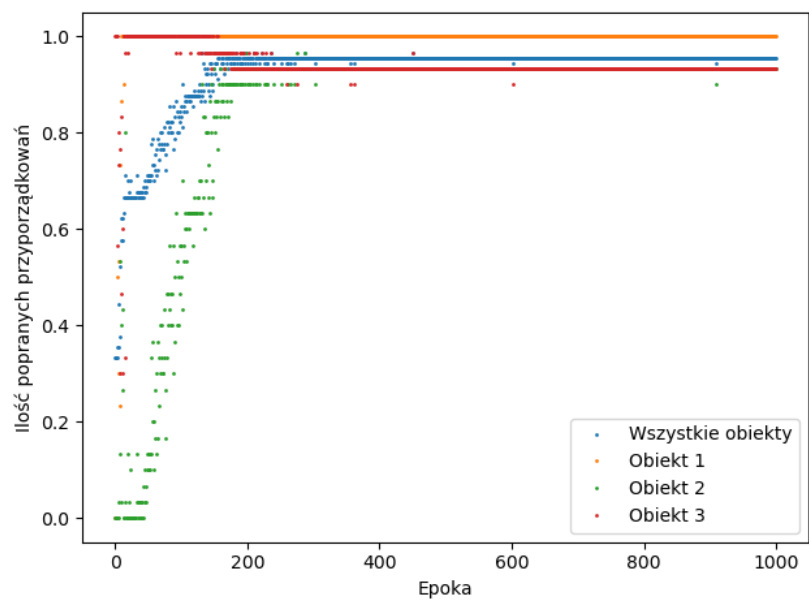
Klasa 1 - Precision = 31/31, Recall = 31/31

Klasa 2 - Precision = 28/30, Recall = 28/31

Klasa 3 - Precision = 29/32, Recall = 29/31



Powtarzamy eksperyment dla ostatniej kolumny danych

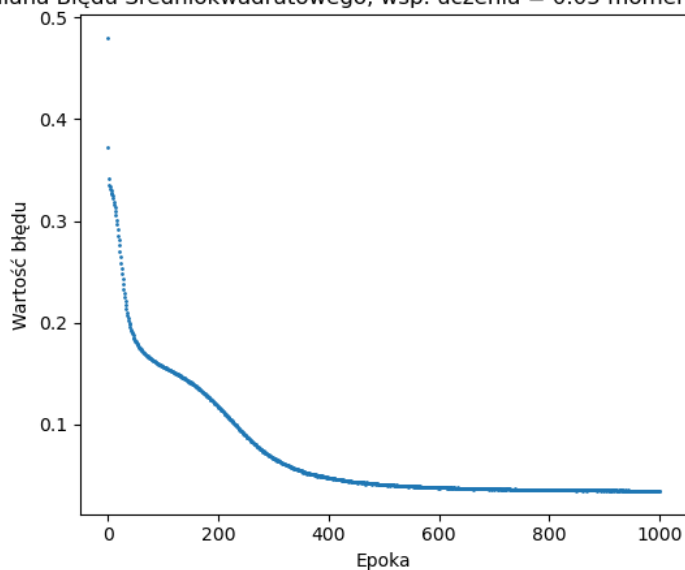


Rysunek 35: Wykres Zmiany Jakości przyporządkowania dla 1000 epok

Tabela 18: Macierz Pomyłek dla 5 neuronów i 1 wejścia

		Przyporządkowane Klasy		
		Klasa 1	Klasa 2	Klasa 3
Klasy Źródłowe	Klasa 1	31	0	0
	Klasa 2	0	28	3
	Klasa 3	0	2	29

Zmiana Błędu Średniokwadratowego, wsp. uczenia = 0.05 momentum = 0.1



Rysunek 36: Wykres Zmiany Błędu Średniokwadratowego dla 1000 epok

Ponownie zaskakująco dobry wynik klasyfikacji, jedynie 5 z 93 obiektów w zestawie testowym nie zostało dobrze przyporządkowane. Błąd średniokwadratowy na zbiorze treningowym osiągnął okolice 0.03, co czyni go jednym z najniższych w trakcie naszych eksperymentów.

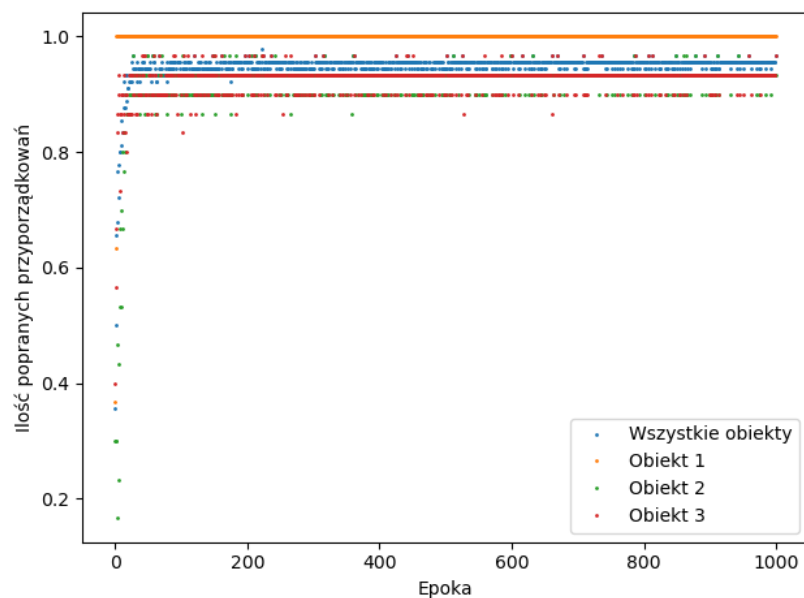
Klasa 1 - Precision = 31/31, Recall = 31/31

Klasa 2 - Precision = 28/30, Recall = 28/31

Klasa 3 - Precision = 29/32, Recall = 29/31

### 3.5 Eksperyment 5

Analizujemy wpływ momentum i współczynnika uczenia na naukę.  
Wzorujemy się na ustawieniach z końca poprzedniego eksperymentu, więc 1 wejście i 5 neuronów w warstwie ukrytej.

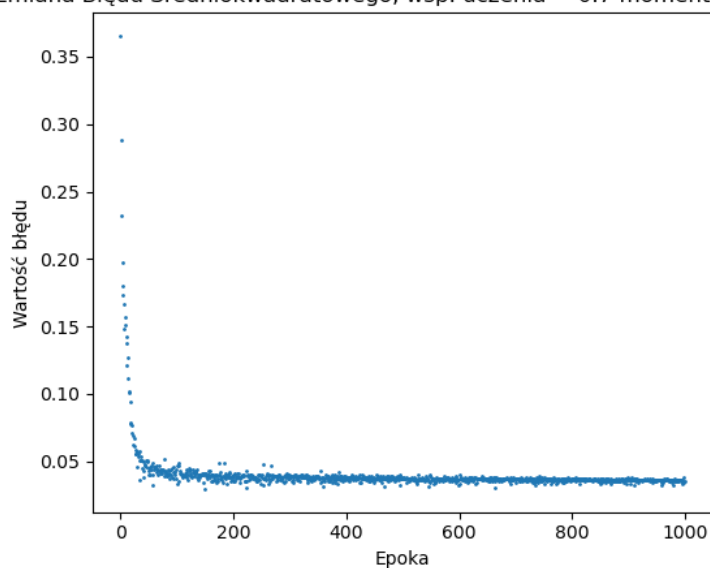


Rysunek 37: Wykres Zmiany Jakości przyporządkowania dla 1000 epok

Tabela 19: Macierz Pomyłek dla 5 neuronów i 1 wejścia

		Przyporządkowane Klasy		
		Klasa 1	Klasa 2	Klasa 3
Klasy Źródłowe	Klasa 1	31	0	0
	Klasa 2	0	29	2
	Klasa 3	0	4	27

Zmiana Błędu Średniokwadratowego, wsp. uczenia = 0.7 momentum = 0.1



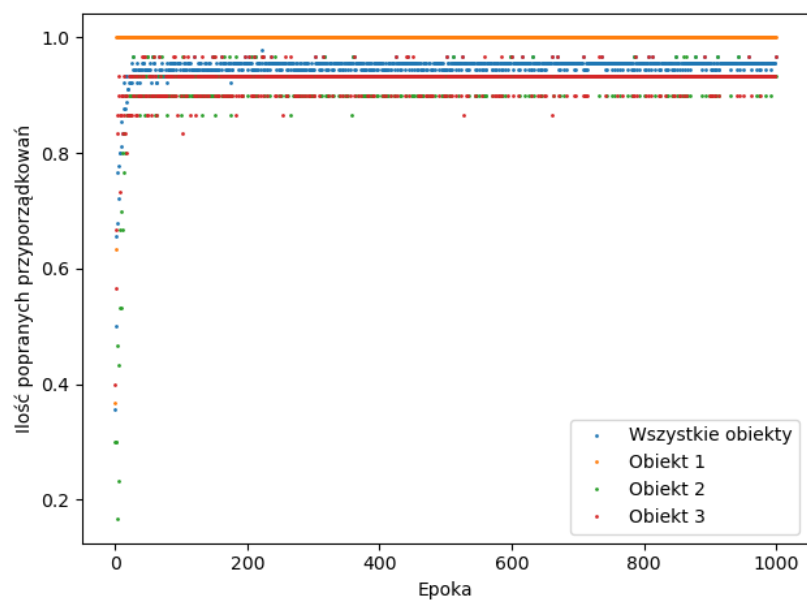
Rysunek 38: Wykres Zmiany Błędu Średniokwadratowego dla 1000 epok

Drastyczna zmiana współczynnika uczenia nie miała dużego wpływu na postęp nauki.

Klasa 1 - Precision = 31/31, Recall = 31/31

Klasa 2 - Precision = 29/33, Recall = 29/31

Klasa 3 - Precision = 27/29, Recall = 27/31

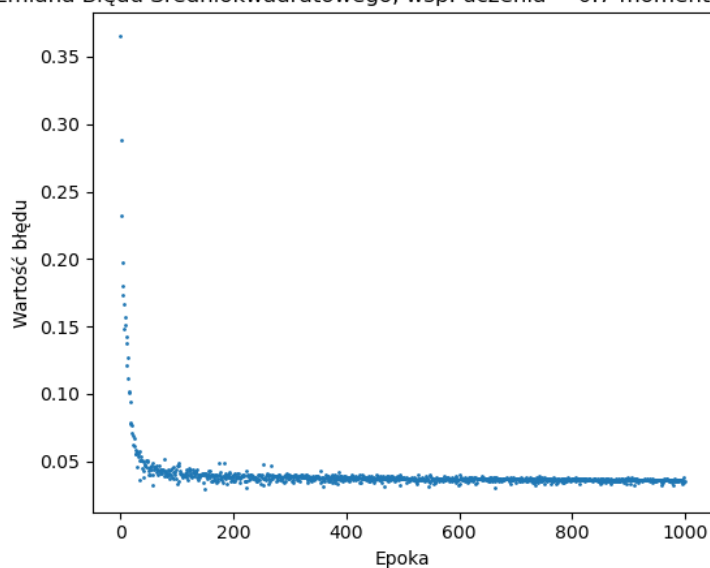


Rysunek 39: Wykres Zmiany Jakości przyporządkowania dla 1000 epok

Tabela 20: Macierz Pomyłek dla 5 neuronów i 1 wejścia

		Przyporządkowane Klasy		
		Klasa 1	Klasa 2	Klasa 3
Klasy Źródłowe	Klasa 1	31	0	0
	Klasa 2	0	29	2
	Klasa 3	0	4	27

Zmiana Błędu Średniokwadratowego, wsp. uczenia = 0.7 momentum = 0.1



Rysunek 40: Wykres Zmiany Błędu Średniokwadratowego dla 1000 epok

Również drastyczna zmiana momentum nie wpłynęła na postępy nauki sieci.

Klasa 1 - Precision = 31/31, Recall = 31/31

Klasa 2 - Precision = 29/33, Recall = 29/31

Klasa 3 - Precision = 27/29, Recall = 27/31

## 4 Wnioski

Zgodnie z naszymi oczekiwaniami najlepszy wynik otrzymaliśmy dla 4 wejść i dużej ilości neuronów. Mimo to zaskoczyło nas jak dobrze sieć potrafi sobie poradzić przy niskiej ilości neuronów i wejść, jeżeli dobrze dobierzemy dane wejściowe. Okazuje się że najlepszymi danymi są te znajdujące się w 3 i 4 kolumnie danych treningowych, pozwoliły nam one najlepiej odszyfrować klasy obiektów, nawet przy 1 wejściu i niskiej ilości neuronów.

Dla większości kombinacji sieć potrzebowała około 200 epok do nauki. Po tym okresie wartości błędu średniokwadratowego i ilość poprawnie rozpoznanych obiektów nie zmieniały się już o zauważalną ilość.

Wydaje się, że parametry nauki takie jak współczynnik uczenia i momentum nie mają dużego wpływu na tempo uczenia ani jakość nauki sieci. Testowane przez nas wartości nie pokazały zauważalnej zmiany w nauce sieci.

## 5 Bibliografia

- [1] Wzory związane z perceptronem wielowarstwowym
- [2] Bartłomiej Stasiak Sztuczne sieci neuronowe
- [3] Bartłomiej Stasiak Jednokierunkowe wielowarstwowe sieci neuronowe