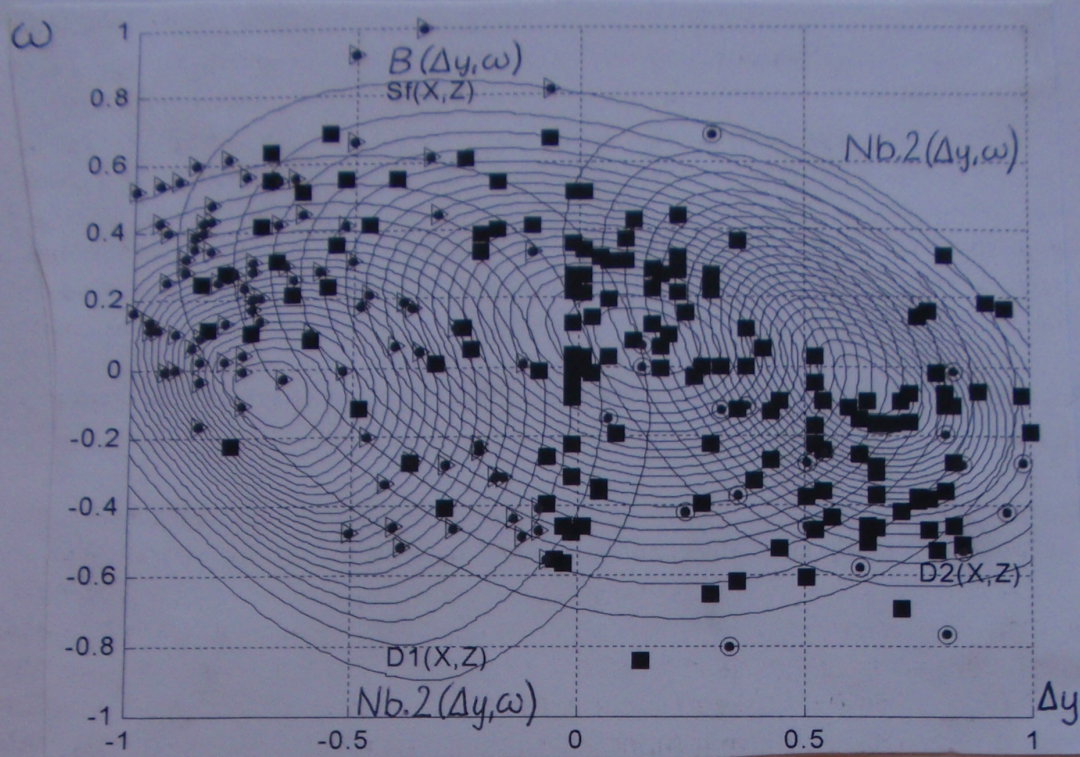


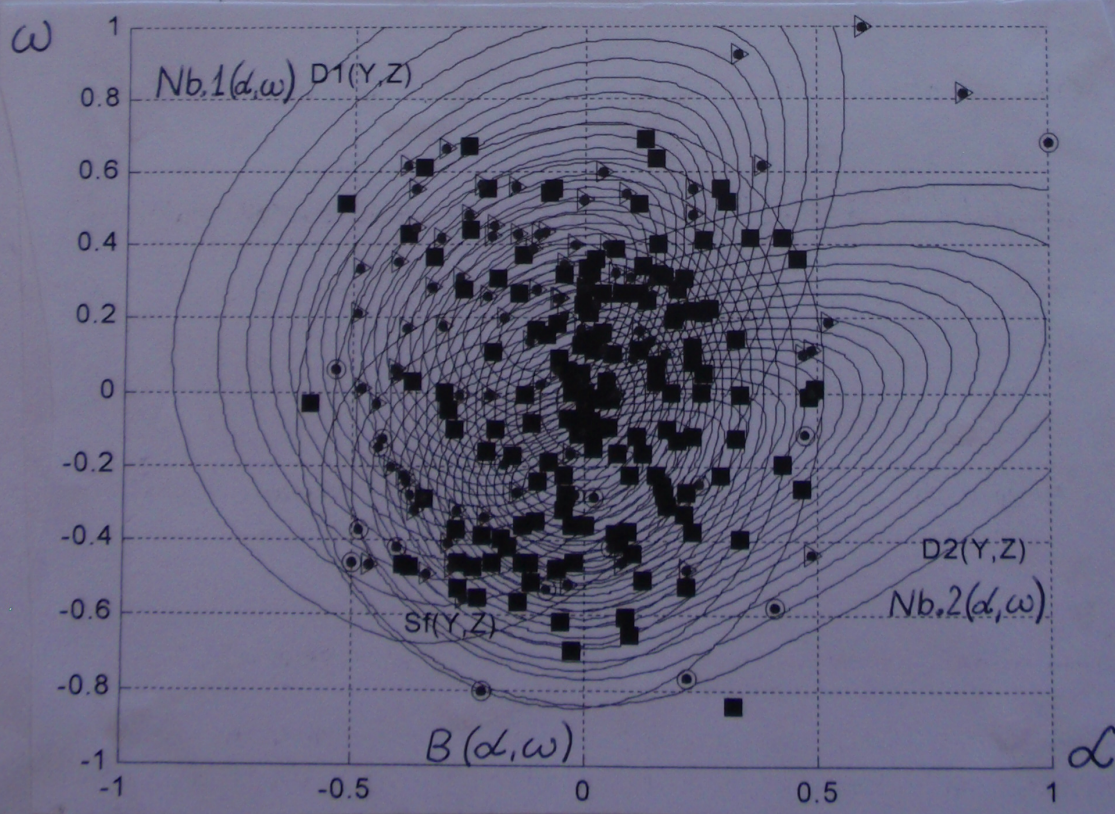
Normalizacja $\mu_{NB1}, \mu_B, \mu_{NB2}$

Sieć neuronowa do oceny stopnia niebezpieczeństwa sytuacji nawigacyjnych w kanale portowym. (16a)

Rys.22. Rzuty poziomicowe neuronów definiujących sytuacje NB1, B, NB2 statku na tle próbek uczących (próbki trójkątne-sytuacja NB1, próbki kwadratowe czarne-sytuacja B, próbki okrągłe-sytuacja NB2) w podprzestrzeni argumentów $\{\Delta y, \alpha\}$.

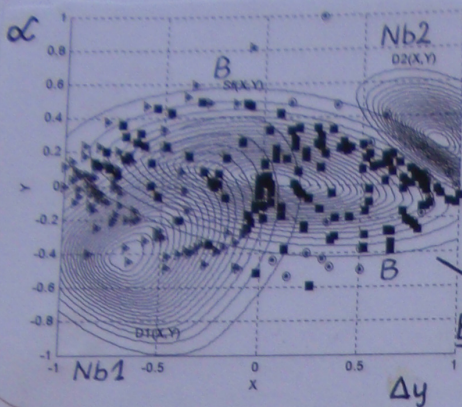


Rys.23. Rzuty poziomicowe neuronów definiujących sytuacje NB1,B,NB2 statku na tle próbek uczących w podprzestrzeni argumentów $\{\Delta y, \omega\}$.



Rys.24. Rzuty poziomicowe neuronów definiujących sytuacje NB1,B,NB2 statku na tle próbek uczących w podprzestrzeni argumentów $\{\alpha, \omega\}$.

Każdy z nastrojonych neuronów przedstawionych na rys.22-24 opisany jest pewną uogólnioną funkcją Gauss'a. Np. neuron sytuacji bezpiecznych B z rys.22 (podprzestrzeń argumentów $\{\Delta y, \alpha\}$) opisany jest wzorem (4).



$$B(\Delta y, \alpha) \Rightarrow \begin{cases} \Delta y^* = (\Delta y - 0.06)\cos(-11) + (\alpha - 0.03)\sin(-11), & \alpha^* = -(\Delta y - 0.06)\sin(-11) + (\alpha - 0.03)\cos(-11) \\ \mu(\Delta y, \alpha) = \exp \left[- \frac{|\Delta y^*|^{1.9}}{v_{ij} \cdot 0.61 + (1 - v_{ij}) \cdot 0.63} - \frac{|\alpha^*|^{1.6}}{w_{ij} \cdot 0.21 + (1 - w_{ij}) \cdot 0.26} \right] \end{cases} \quad (4)$$

Należy zwrócić uwagę na fakt, że **współczynniki** występujące w nastrojonym neuronie **mają już konkretne wartości liczbowe**, np.:0.06, 0.03, -11, 0.63, 1.9, etc. zależne od pozycji, szerokości i kształtu neuronu nabytego w procesie uczenia. Każdy z neuronów na rys.22-24 reprezentujących jedna z klas sytuacyjnych NB1, B, NB2 ma taki sam wzór ogólny, jednak we wzorach poszczególnych neuronów występują inne liczbowe wartości współczynników. Należy też zauważyć, że w 2-argumentowych podprzestrzeniach neuronów poszczególnych klas sytuacyjnych dość silnie zachodzą na siebie. W pełnej 3-argumentowej przestrzeni $\{\Delta y, \alpha, \omega\}$ zachodzenie neuronów jest o wiele mniejsze - istnieje ono jednak ze względu na mieszanie się próbek reprezentujących poszczególne klasy sytuacyjne. Mieszanie to wynika z trudności uzyskania identycznych ocen od poszczególnych ekspertów co do sytuacji niejasnych, o których trudno powiedzieć czy na pewno są bezpieczne czy niebezpieczne. Ostatecznie pełne definicje sytuacji NB1, B, NB2 w przestrzeni 3-argumentowej uzyskuje się w formie logicznego iloczynu poszczególnych definicji 2-argumentowych, wzory (5),(6),(7), które stanowią **bazę wiedzy** problemu. Baza ta nie ma jednak już charakteru lingwistycznego i stąd **nie jest już łatwo zrozumiała dla człowieka**, chociaż można ją zrozumieć.

$$B(\Delta y, \alpha, \omega) = [B(\Delta y, \alpha)] \text{ AND } [B(\Delta y, \omega)] \text{ AND } [B(\alpha, \omega)] \quad (5)$$

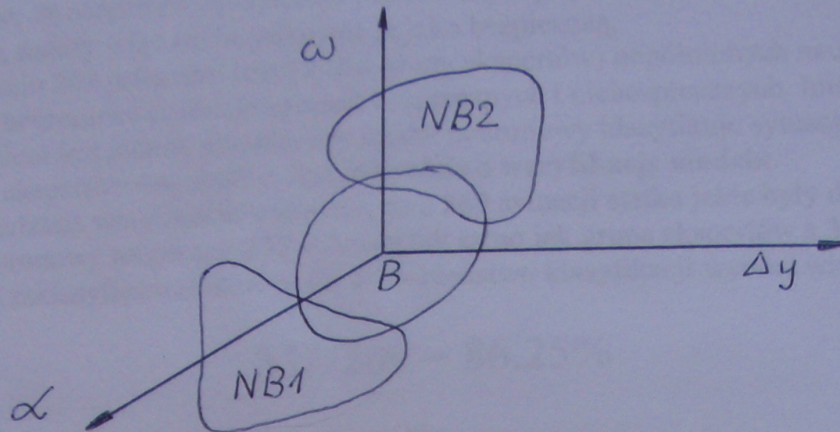
$$NB1(\Delta y, \alpha, \omega) = [NB1(\Delta y, \alpha)] \text{ AND } [NB1(\Delta y, \omega)] \text{ AND } [NB1(\alpha, \omega)] \quad (6)$$

$$NB2(\Delta y, \alpha, \omega) = [NB2(\Delta y, \alpha)] \text{ AND } [NB2(\Delta y, \omega)] \text{ AND } [NB2(\alpha, \omega)] \quad (7)$$

We wzorach (5,6,7) każde z oznaczeń B, Nbi reprezentuje jedną uogólnioną funkcję Gauss'a ze specyficznymi liczbowymi wartościami współczynników. Sumaryczną definicję sytuacji niebezpiecznych NB składającą się z dwóch definicji NB1 i NB2 można zapisać z użyciem logicznego operatora OR, wzór (8), r7ys.24.

$$NB(\Delta y, \alpha, \omega) = [NB1(\Delta y, \alpha, \omega)] \text{ OR } [NB2(\Delta y, \alpha, \omega)] \quad (8)$$

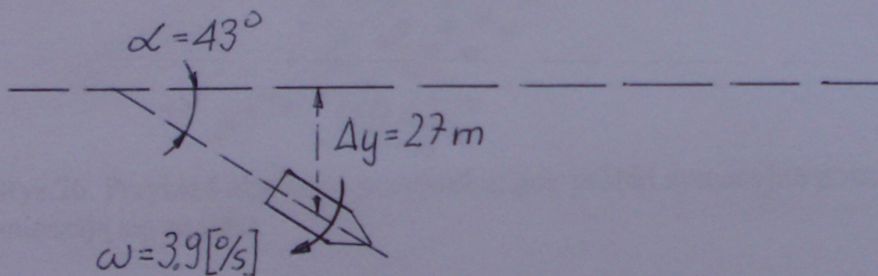
$$NB(\Delta y, \alpha, \omega) = [NB1(\Delta y, \alpha, \omega) \text{ OR } [NB2(\Delta y, \alpha, \omega)]] \quad (8)$$



Rys.24. Przestrzenny rozkład klas sytuacyjnych statku B, NB1 i NB2 w przestrzeni argumentów $\{\Delta y, \alpha, \omega\}$.

W jaki sposób używa się definicji bezpiecznych i niebezpiecznych sytuacji do praktycznej oceny aktualnej sytuacji statku na torze wodnym?

Założmy, że w danej chwili statek znajduje się w pewnej konkretnej sytuacji przedstawionej na rys.25.



Rys.25. Przykład sytuacji statku: zmienne $\{\Delta y, \alpha, \omega\}$ mają pewne konkretne wartości liczbowe charakteryzujące tą sytuację.

Dane pomiarowe charakteryzujące daną sytuację, tj. $\Delta y = 27\text{m}$, $\alpha = 43^\circ$, $\omega = 3.9 [^\circ/\text{s}]$ wprowadza się do wzorów (matematycznych definicji) poszczególnych sytuacji B, NB1, NB2. Każdy ze wzorów oblicza ile cechy charakterystycznej danej klasy posiada rozpatrywana sytuacja. Założmy, że uzyskano następujące wyniki:

$$\begin{aligned} \mu_B(\Delta y=27, \alpha=43, \omega=3.9) &= 0.91 \\ \mu_{NB1}(\Delta y=27, \alpha=43, \omega=3.9) &= 0.17 \\ \mu_{NB2}(\Delta y=27, \alpha=43, \omega=3.9) &= 0.00 \end{aligned}$$

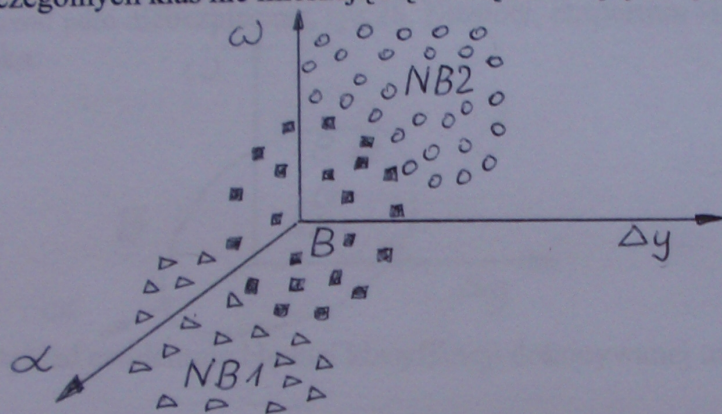
Oznacza to, że rozpatrywana sytuacja posiada najwięcej cechy μ sytuacji bezpiecznej ($\mu_B=0.91$), należy więc zaklasyfikować ją jako bezpieczną. Po nauczaniu 269 próbkami (decyzjami grupy ekspertów) uogólnionych neuronów Gauss'a uzyskano neuronowe definicje sytuacji bezpiecznych i niebezpiecznych. Interesującym zagadnieniem jest jednak pytanie, czy model neuronowy klasyfikuje sytuacje statku tak samo jak grupa ekspertów-kapitanów. Jest to pytanie o **weryfikację modelu**. Przeprowadzona weryfikacja wykazała, że z 269 sytuacji statku jakie były do dyspozycji, model neuronowy rozpoznał 232 sytuacje tak samo jak grupa ekspertów a 37 sytuacji (13.75%) zaklasyfikował odmiennie. Podobieństwo klasyfikacji wynosi więc:

$$232/269 = 86.25\%$$

Podobieństwo klasyfikacji jest więc wysokie.

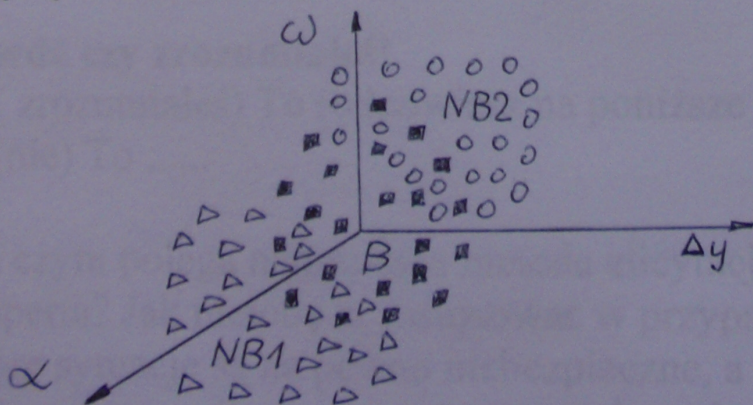
Czy podobieństwo klasyfikacji można podwyższyć do 100% ?

100% podobieństwa klasyfikacji można uzyskać tylko w takim przypadku, gdy próbki uczące pochodzące od ekspertów są wyraźnie rozdzielone w przestrzeni argumentów, czyli gdy próbki poszczególnych klas nie mieszają się. Taką idealną sytuację pokazuje rys.26.



Rys.26. Przykład idealnego przypadku, gdy próbki sytuacyjne poszczególnych klas nie mieszają się ze sobą.

W praktyce jednak mieszanie próbek uczących zwykle występuje, rys.27.



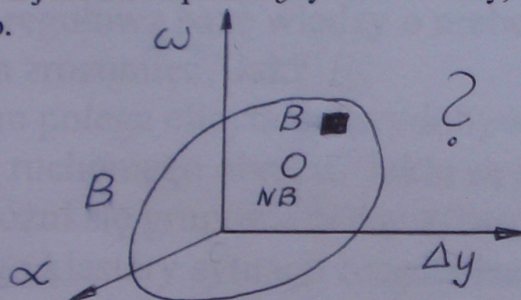
Rys.27. Najczęstszy przypadek w praktyce - mieszanie się próbek uczących poszczególnych klas.

Jak już wcześniej wspomniano, mieszanie się próbek jest wynikiem błędów popełnianych przez ekspertów w ocenie niejednoznacznych sytuacji posiadających w przybliżeniu około 50% cechy sytuacji bezpiecznej i około 50% cechy sytuacji niebezpiecznej.

Fakt, że model neuronowy rozpoznał 13.75% sytuacji odmiennie niż eksperci wcale nie musi oznaczać, że to właśnie model "popełnił" błąd. **Może to oznaczać, że to właśnie eksperci popełnili błąd w ocenie spornych sytuacji!** Model neuronowy może czasem lepiej oceniać sytuacje niż eksperci. Najlepszym dowodem takiej tezy jest fakt, że **dwie sytuacje o identycznych wartościach zmiennych**, np.:

$$\Delta y = 27[m], \quad \alpha = 43 [^\circ], \quad \omega = 3.9 [^\circ/s]$$

model neuronowy zawsze zaklasyfikuje do jednej i tej samej klasy, np. do klasy niebezpiecznej. Natomiast ekspert lub grupa ekspertów jednego dnia może daną sytuację zaklasyfikować do jednej klasy a drugiego dnia do innej klasy. Eksperti posługują się bowiem w dużym stopniu intuicją i wycuciem, a te cechy człowieka mogą mieć różną doskonałość w różnych dniach i kontekstach działania eksperta. **Model neuronowy jest więc stabilny w ocenach - ekspert nie!** Następnym argumentem przemawiającym na korzyść modelu neuronowego jest fakt, że jeśli rozpatrujemy próbki 2 różnych sytuacji, z których **próbka 1 znajduje się bliżej środka klastra bezpiecznego a próbka 2 dalej**, to model neuronowy nigdy próbki dalszej 2 nie zakwalifikuje jako bezpiecznej jeśli próbkę bliższą 1 zakwalifikował jako niebezpieczną, rys.28. Niestety, ekspertom takie klasyfikacje się zdarzają i to nierzadko.



Rys. 28. Przykład ewidentnie błędnej klasyfikacji dokonywanej niekiedy przez ekspertów.

Podane powyżej przykłady błędów popełnianych przez ekspertów są jeszcze jednym przyczynkiem do niegasnącej dyskusji na temat **możliwości przewyższenia ludzkiej inteligencji przez inteligencję komputerową.**

Sprawdź czy zrozumiałeś!

Jeśli (zrozumiałeś) To (odpowiesz na poniższe pytania)

Jeśli (nie) To

1. Na czym polega najprostsza metoda elicytacji wiedzy od jednego eksperta? Jak metodę tą zastosować w przypadku grupy ekspertów?
2. Które sytuacje są na pewno niebezpieczne, a które częściowo niebezpieczne dla statku na torze wodnym?
3. Na czym polega symetria sytuacji bezpiecznych i niebezpiecznych?

4. Jakich kwantyfikatorów lingwistycznych używali piloci statków, jak je zidentyfikować i zdefiniować matematycznie?
5. Czym się różnią modele matem. poszczególnych kwantyfikatorów lingwistycznych odchyłek pozycji statku?
6. Jak wygląda lingwistyczna baza wiedzy o niebezpiecznych sytuacjach statku uzyskana od jednego eksperta? Podaj przykładowe reguły z tej bazy.
7. Czym się różni klaster sytuacyjny ,np. sytuacji bezpiecznej, od reguł lingwistycznych definiujących sytuacje bezpieczne?
8. Czy pamiętasz jak klaster sytuacyjny są rozmieszczone w przestrzeni 3 argumentów sytuacji statku?
9. Czy sąsiadujące ze sobą granice klastrów są płaskie czy nie i dlaczego?
10. Co jest główną trudnością w przejściu od 27-regułowej bazy wiedzy do bazy 3-regułowej?
11. Czy 3-regułową bazę wiedzy o niebezpiecznych sytuacjach statku można zrozumieć? Jak?
12. Na czym polega elicytacja (wydobywanie) wiedzy od ekspertów metodą ruchomego obrazu? Jakie są zalety tej metody?
13. Czym różni się grupowa ocena sytuacji od oceny indywidualnej?
14. Dlaczego klaster sytuacji bezpiecznej i sytuacji niebezpiecznych zachodzą na siebie? Czy tak być musi?
15. Czym odróżnia się uogólniony neuron Gauss'a od neuronu zwykłego? Na czym polegają zalety neuronu uogólnionego?
16. Do czego służą poszczególne parametry uogólnionego neuronu Gauss'a? Czy mają one tylko abstrakcyjny sens matematyczny?
17. Dlaczego rzuty próbek sytuacji statku bardziej są pomieszczone w przestrzeniach 2-argumentowych niż w przestrzeni 3-argumentowej?
18. Dlaczego neuron definiujący każdą z możliwych sytuacji statku ma inny kształt i inne położenie w przestrzeni argumentów?
19. Dlaczego istnieją dwa a nie jeden klaster sytuacji niebezpiecznych?
20. Jak praktycznie wykorzystuje się bazę wiedzy o niebezpiecznych sytuacjach statku, gdy statek płynie po torze wodnym?
21. Jak podwyższyć dokładność klasyfikatora sytuacji statku?
23. Kto/co lepiej ocenia sytuację statku na torze: człowiek-ekspert czy komputerowy klasyfikator oparty na wiedzy eksperta?