



AKADEMIA MORSKA
W SZCZECINIE



Centrum Inżynierii Ruchu Morskiego

LABORATORIUM METROLOGII

Ćwiczenie 6

Analiza karty kontrolnej dla cech
mierzalnych procesu manewrowania
statkiem

Zespół wykonawczy:

Dr inż. Paweł Zalewski

Cel:

Celem ćwiczenia jest zaznajomienie studentów z wykorzystaniem kart kontrolnych cech mierzalnych do oceny stabilności wykonywanego procesu.

Zagadnienia teoretyczne:

- Transformacje danych pomiarowych na przykładzie danych pozycji geograficznej
- Analiza statystyczna pomiarów
- Miary dokładności
- Projektowanie karty kontrolnej

Przed przystąpieniem do ćwiczeń, studenta obowiązuje podstawowa znajomość obsługi urządzeń nawigacyjno-manewrowych w symulatorze CIRM.

Część wstępna:

Część wstępna do ćwiczenia pierwszego powinna zawierać:

- Nagłówek w formie tabeli (Imię, Nazwisko, rok, grupa, numer i temat ćwiczenia, data wykonywania ćwiczenia)
- Cel ćwiczenia
- Opracowanie zagadnień teoretycznych na podstawie literatury przedmiotu, informacji zamieszczonych w niniejszej instrukcji oraz informacji zamieszczonych na stronie internetowej www.cirm.am.szczecin.pl
- Tabele pomiarowe

Uwagi dotyczące wykonania:

- Do wykonania pomiarów należy przystąpić po zapoznaniu się z formatem rejestracji danych w symulatorze CIRM.
- Podczas ćwiczenia należy chronić sprzęt, w tym urządzenia wskazujące (trackball / mysz) przed uszkodzeniem.

Uwagi dotyczące sprawozdania:

Sprawozdanie powinno składać się z części wstępnej, wypełnionych tabel pomiarowych, opracowania wyników z wykonanego ćwiczenia oraz brudnopisu z podpisem prowadzącego zajęcia. Termin oddania sprawozdania mija dwa tygodnie od daty wykonania ćwiczenia.

1. Przygotowanie karty kontrolnej monitorowanego procesu

Karty kontrolne (nazywane też kartami statystycznego sterowania procesem lub kartami Shewharta) są uznane za najistotniejszą technikę wykorzystywaną w ramach statystycznego nadzorowania procesów (w szczególności produkcyjnych). Wynika to z faktu, że częstokroć korzysta się z nich, aby potwierdzić wiarygodność hipotez dotyczących stabilności badanego procesu stawianych na podstawie wykorzystania innych narzędzi (np. w przypadku badania zdolności jakościowej procesu) oraz pozyskuje się dane (parametry statystyczne) niezbędne dla dalszych analiz (np. na podstawie uzyskanych wyników określa się wartość odchylenia standardowego i wartości średniej w badanej populacji).

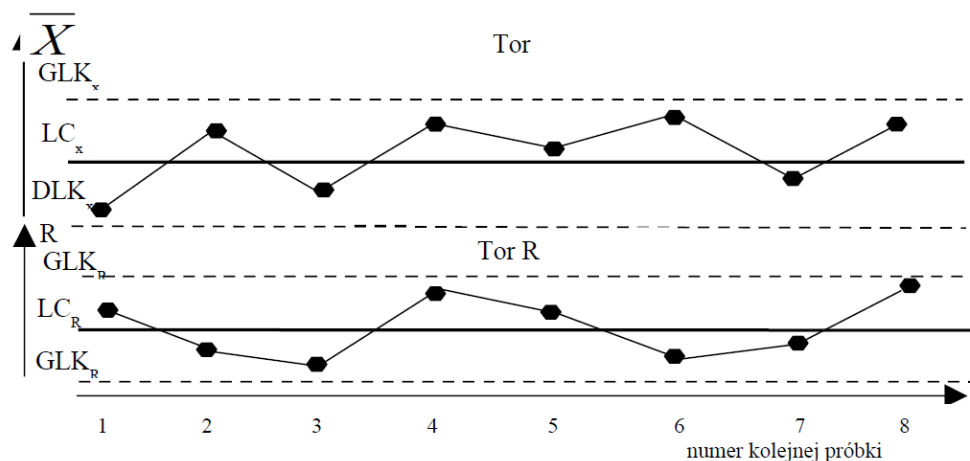
Zasadniczym celem wykorzystania kart kontrolnych jest ocena stabilności procesu. Zadanie to sprowadza się do ustalenia czy dany proces, którego wyniki podlegają analizie przebiega wyłącznie pod wpływem czynników losowych (proces stabilny), których występowanie jest nieuniknione, ale których wpływ (zmienność losową) należy stopniowo ograniczać, czy też występują w nim dodatkowo, wymagające natychmiastowej reakcji tzw. wyznaczalne (istotne, nielosowe) przyczyny zmienności (proces niestabilny).

Najczęściej stosowane karty kontrolne podzielić można na trzy podstawowe rodzaje:

- 1) karty $\bar{x} - R$ (wartości średniej i rozstępu), $\bar{x} - \sigma$ (wartości średniej i odchylenia standardowego), $Me - R$ (mediany i rozstępu) wartości indywidualnych x_i dla cech mierzalnych (liczbowa ocena właściwości),
- 2) dla cech ocenianych alternatywnie, do których zaliczają się m. in. karty frakcji jednostek niezgodnych (wadliwości) p , liczby jednostek niezgodnych (np) - oparte na rozkładzie dwumianowym oraz karty c służące śledzeniu liczby wad (niezgodności) lub karty u liczby wad (niezgodności) przypadających na określoną jednostkę (np. m^2 powierzchni, sztukę wyrobu, metr bieżący) - oparte na rozkładzie Poissona,
- 3) karty sum kumulacyjnych dla cech mierzalnych i niemierzalnych.

Podstawowym dokumentem normatywnym opisującym zasady projektowania oraz wykorzystania kart wymienionych w p. 1) i 2) jest aktualnie norma PN-ISO 8258+AC1 „Karty kontrolne Shewharta”.

W zastosowaniach przemysłowych inżynierii jakości największe znaczenie wśród kart cech mierzalnych ma karta $\bar{x} - R$, umożliwiająca śledzenie średniej arytmetycznej \bar{x} i rozstępu R (różnica największej i najmniejszej wartości) badanej cechy lub miary kształtowanej lub monitorowanej w nadzorowanym procesie (może to być np. cecha wyrobu w procesie produkcyjnym, miara szerokości pasa ruchu statku w procesie manewrowania na akwenu ograniczonym itd.). Te dwa parametry statystyczne oblicza się w pobieranych z bieżącego procesu, w określonych odstępach czasu n – sztukowych, losowych próbkach, na podstawie pomiaru wartości cechy w każdej z n sztuk wyrobu w próbce a następnie równolegle nanosi się je jako punkty na odpowiedni diagram \bar{x} i R (rys. 1). Obserwacja punktów na tych dwóch diagramach umożliwia ocenę stabilności badanego procesu.



Rys. 1. Przykładowy fragment diagramów \bar{x} i R na karcie kontrolnej.

Przygotowanie karty kontrolnej polega na wykonaniu następujących działań:

- przeprowadzenie analizy celowości stosowania kart,
- wybór cechy mierzalnej wyrobu stanowiącej wynik procesu, wymagającego bieżącego nadzorowania,
- ustalenie liczności próbki (liczby pomiarów w próbce) n i częstotliwości jej pobierania (lub liczby próbek k); należy w tym miejscu mieć na względzie następujące czynniki:
 - liczba pomiarów w próbce powinna wynosić co najmniej 4 (zwykle nie więcej niż 7, dane w tabeli stałych statystycznych – tab. 1 – od 2 do 10),
 - przy wzroście liczności próbki, linie kontrolne zbliżają się do linii centralnej (wartości stałych statystycznych A_2, D_3, D_4 – tab. 1 – wykorzystywanych do obliczeń linii kontrolnych są zależne od liczności próbki), co sprawia, że karty stają się bardziej czułe, ale jednocześnie wzrasta koszt badania.
 - gdy dla celów badania konieczne jest przeprowadzenie prób niszczących, należy stosować możliwie najmniejszą licznosc próbek,
- zaprojektowanie formularza karty kontrolnej,
- zaprojektowanie parametrów (linii kontrolnych) na torach karty.

Formularz karty kontrolnej składa się z sekcji informacyjnej (co jest mierzone, czym, typ i numer / symbol karty, wartości odpowiadające obliczonym liniom kontrolnym), identyfikacyjnej (czas pobrania próbek oraz operator) oraz sekcji pomiarów i obliczeń.

Sekcja pomiarów i obliczeń (tab. 2) wypełniana jest przez operatora i zawiera dane pomiarowe badanej cechy w poszczególnych próbkach oraz obliczone wartości parametrów statystycznych - wartości średniej \bar{x} i rozstępu R .

Aby wyznaczyć linie kontrolne (parametry) na torach karty należy:

- wykonać pomiary rozpatrywanej wielkości w pierwszych 20-30 n -szukowych próbkach i zapisać wyniki,
- obliczyć parametry statystyczne (\bar{x} i R) dla każdej z tych próbek:

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x}{n}, R = x_{max} - x_{min},$$

- obliczyć średni rozstęp \bar{R} i średnią średnich $\bar{\bar{x}}$ z pobranych próbek:

$$\bar{R} = \frac{\sum_{i=1}^k R}{k}, \bar{\bar{x}} = \frac{\sum_{i=1}^k \bar{x}}{k}$$

- nanieść na tory karty (wykresy) linie centralne LC (tj. wartości $\bar{\bar{x}}$ dla toru średnich i wartości \bar{R} dla toru rozstępów), a następnie obliczyć linie kontrolne według wzorów:
 - dla toru średnich \bar{x} :

- górna linia kontrolna:

$$GLK = UCL = \bar{\bar{x}} + A_2 \bar{R}$$

2) dolna linia kontrolna:

$$DLK = LCL = \bar{x} - A_2\bar{R}$$

- dla toru rozstępów R:

1) górna linia kontrolna:

$$UCL = D_4\bar{R}$$

2) dolna linia kontrolna:

$$LCL = D_3\bar{R}$$

Tab. 1. Stałe statystyczne do zaprojektowania karty $\bar{x} - R$ dla najczęściej stosowanych licznosci próbek (na podstawie normy PN-ISO 8258+AC1).

n	A_2	D_3	D_4
2	1,880	0,000	3,267
3	1,023	0,000	2,574
4	0,729	0,000	2,282
5	0,577	0,000	2,115
6	0,483	0,000	2,004
7	0,419	0,076	1,924
8	0,373	0,136	1,864
9	0,337	0,184	1,816
10	0,308	0,223	1,777

Rozkład prawdopodobieństwa rozstępów jest w przeciwieństwie do rozkładu wartości średnich asymetryczny, w związku z czym $D_3 \neq D_4$.

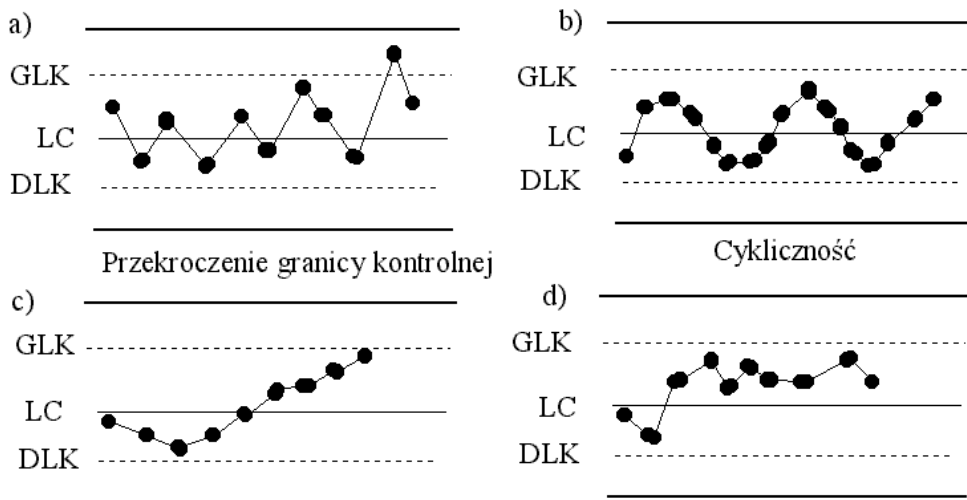
Tab. 2. Przykład tabeli zawierającej wyniki pomiarów 10 próbek (5-cio elementowych) i obliczeń parametrów statystycznych

Nr próbki		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Wyniki pomiarów w próbkach	1										
	2										
	3										
	4										
	5										
Średnia w próbce \bar{x}											
Rozstęp w próbce R											

W przypadku wykrycia charakterystycznych układów punktów na karcie należy wnioskować, że zmienność w analizowanym procesie nie jest prawdopodobnie wynikiem wyłącznie przyczyn losowych, ale także nielosowych, wyznaczalnych. Taki proces uznaje się za niestabilny w sensie statystycznym. Trzeba wówczas zatrzymać proces, ustalić nielosową przyczynę i podjąć działania korygujące zmierzające do jej usunięcia. Należy pamiętać, że proces uznaje się za opanowany (stabilny) tylko wówczas, gdy zarówno diagram wartości średnich \bar{x} , jak i rozstępu R na to wskazują. Najbardziej charakterystyczne układy punktów na kartach kontrolnych, świadczące o występowaniu w procesie nielosowych przyczyn zmienności to:

- a) sygnał - punkt poza liniami kontrolnymi – rys. 2a),
- b) cykliczność – rys. 2b),

- c) trend - 7 lub więcej kolejnych punktów, wszystkie w układzie rosnącym lub malejącym – rys. 2c),
 d) run - 7 lub więcej kolejnych punktów, wszystkie powyżej lub poniżej linii centralnej – rys. 2d).



Trend - siedem lub więcej kolejnych wartości wykazuje nieprzerwaną tendencję rosnącą lub malejącą.
 Run - siedem lub więcej kolejnych wartości leży po tej samej stronie przedz. kontrolnego

Rys. 2. Najczęściej spotykane dowody utraty stabilności procesu występujące na kartach kontrolnych.

Jeśli diagramy z wartościami parametrów statystycznych próbek wykorzystanych do obliczenia linii kontrolnych, nie wykazują wskazanych wyżej charakterystycznych cech stanowiących dowody utraty stabilności, można wykorzystać zaprojektowane torę karty do dalszej bieżącej analizy procesu. W sytuacji wskazującej na występowanie przyczyn nielosowych (sygnały, runy, trendy), konieczne jest wykrycie i wyeliminowanie tych przyczyn oraz ponowne obliczenie linii kontrolnych, bez uwzględnienia próbek o parametrach niemieszczących się w pierwotnych granicach. Gdy stwierdzi się, że proces jest stabilny (charakteryzuje się wyłącznie zmiennością losową, na diagramach nie ma charakterystycznego układu punktów), można określać jego zdolność jakościową przy pomocy odpowiednich wskaźników. Należy podkreślić, że stwierdzenie statystycznej stabilności monitorowanego procesu nie oznacza, że wadliwość (zdolność jakościowa) tego procesu jest odpowiednia. Proces może się bowiem charakteryzować zmiennością losową zbyt dużą w stosunku do stawianych wymagań. Konieczne wówczas dla próbek wstępnych jest obliczenie współczynników zdolności jakościowej i w razie potrzeby, podjęcie odpowiednich działań korygujących (redukcja zmienności losowej). Określenie zdolności jakościowej procesu analizowanego za pomocą karty $\bar{x} - R$, jest bardzo proste, bowiem na podstawie informacji zebranych w celu prowadzenia karty kontrolnej określić można wartość średnią oraz odchylenie standardowe w tym procesie.

2. Wykonanie ćwiczenia

Wykonać 10 prób symulacyjnych (po 2 na pięciu mostkach nawigacyjnych symulatora CIRM) wprowadzenia wybranego przez instruktora statku do portu Ystad (wplynięcie za zewnętrzny falochron). W trakcie manewrów rejestrować na stanowisku instruktorskim w podanej kolejności w odstępach 2s pomiary: momentu rejestracji [s], kursu [°] (*angular position heading*), szerokości geogr. [°] (*latitude*) i długości geogr. [°] (*longitude*). Pomiary

dotychczasowych parametrów występujące po długości geogr. nie będą wykorzystane w dalszej analizie procesu. Po zakończeniu każdej próby symulacyjnej dokonać zapisu zarejestrowanych parametrów w pliku ASCII (Excel, txt) według procedury podanej przez instruktora. Wynikowe pliki ASCII nazywać według schematu: Metr_Ystad_???.txt, gdzie ??? – kolejny nr próby (jazdy) symulacyjnej poczynając od 001. Przykład zarejestrowanych danych po zapisie w pliku ASCII przedstawiono na rys. 3.

	Ownship 1 Angular deg	Ownship 1 Position: deg	Ownship 1 Heading deg	Ownship 1 Latitude m	Ownship 1 Longitude m/s	Ownship 1 Longitude m/s	Ownship 1 Longitude deg/s	Ownship 1 Squ deg
0	36.01	55.41031262	13.80885043	0.63	0.56	5.144	0	
2	36.01	55.41038434	13.8089452	0.63	0.55	5.139	0	
4	36.01	55.41045947	13.80903911	0.63	0.55	5.133	0.0	
6	36.01	55.41053119	13.80913303	0.62	0.55	5.126	0.0	
8	36.01	55.41060632	13.80922695	0.62	0.55	5.12	0.0	
10	36.01	55.41068487	13.80932598	0.62	0.55	5.111	-0.	
12	36.11	55.41075659	13.8094199	0.62	0.54	5.098	-0.	

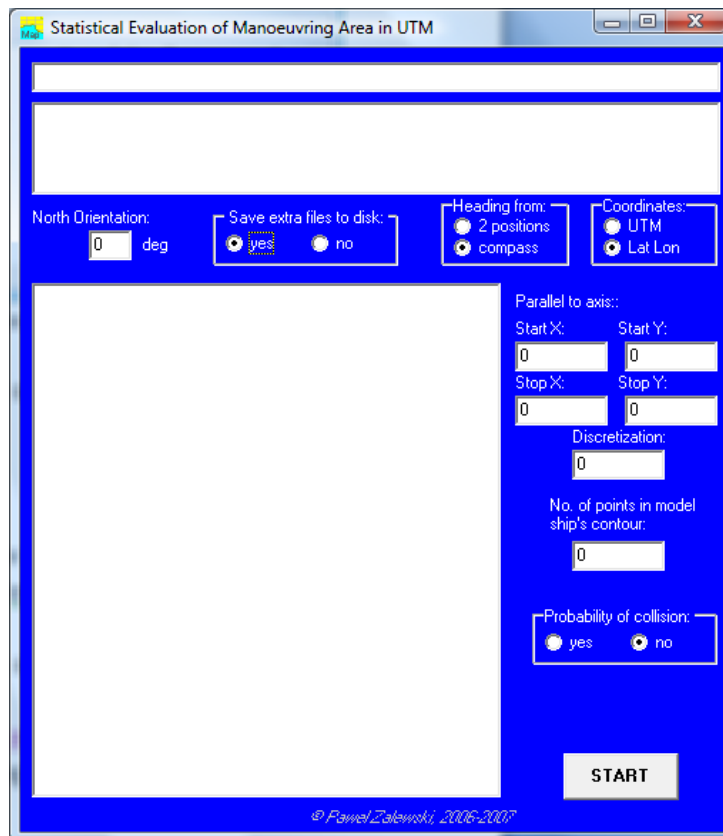
Rys. 3. Przykład zarejestrowanych pomiarów w symulatorze CIRM.

Wynikowe pliki przekopiować ze stanowiska instruktorskiego na pen-drive. Zanotować podane przez instruktora numery dwudziestu sekcji akwenu, na podstawie których nastąpi opracowanie wyników (dyskretyzacja 10m).

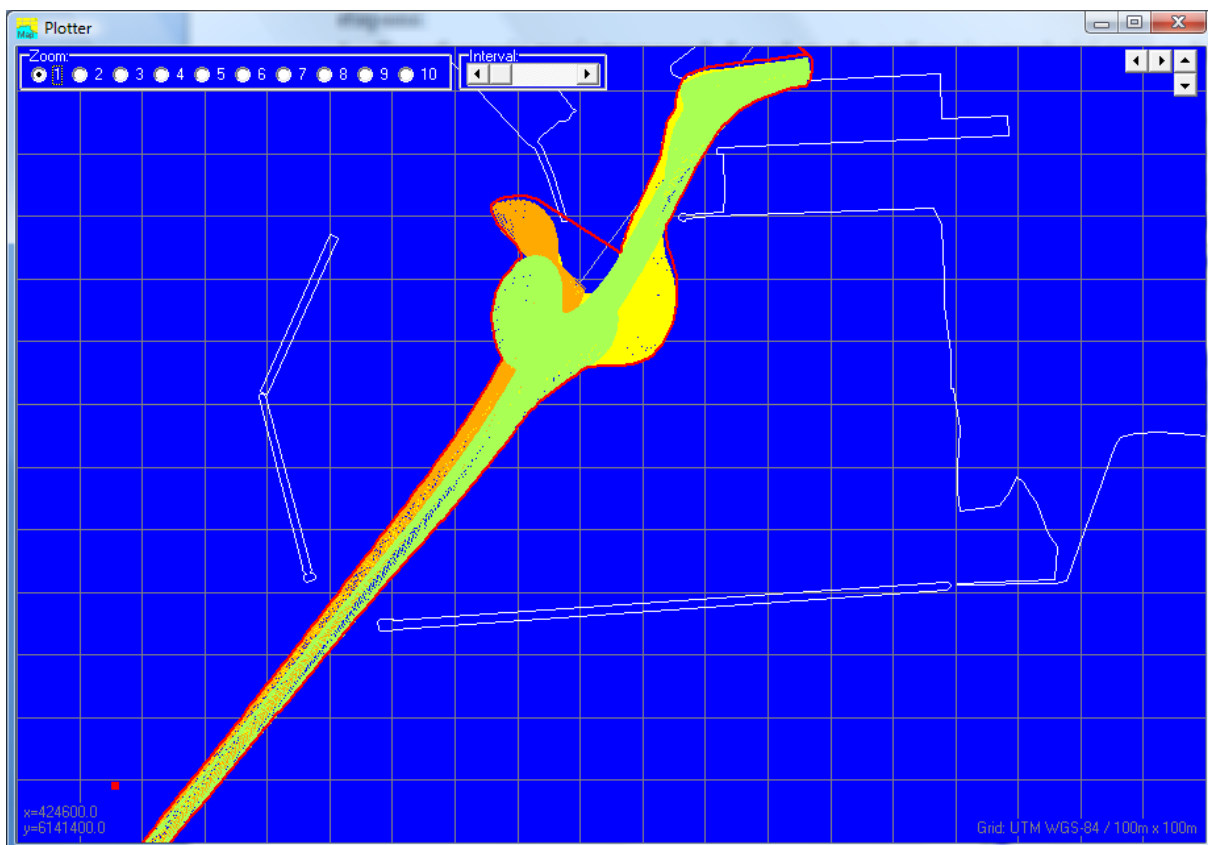
3. Opracowanie wyników

Przeprowadzić analizę karty $\bar{x} - R$ pasa ruchu statku w wybranej sekcji akwenu manewrowego (dla każdej grupy stanowiskowej innej !) postępując zgodnie z poniższymi etapami:

1. Transformacja zarejestrowanych danych w celu wyliczenia szerokości pasa ruchu statku w wybranej sekcji akwenu.
 - 1.1. Ze strony internetowej Centrum IRM (www.cirm.am.szczecin.pl) pobrać plik pas_ruchu_statku.zip. Po rozpakowaniu przekopiować pliki wynikowe prób symulacyjnych do rozpakowanego katalogu *Pas ruchu statku/Trials* i uruchomić aplikację Safety_statistics.exe (rys. 4). Zaznaczyć opcje: *Save extra files to disk: yes*, *Heading from: compass*, *Coordinates: Lat Lon*, *Probability of collision: no*. Kliknąć przycisk START i postępować zgodnie z poleceniami okienek dialogowych. Odszukać w folderze *Pas ruchu statku* (domyślny katalog instalacji aplikacji) plik z danymi obwiedni kadłuba np. F_Piast.dat i otworzyć. Odszukać w folderze *Trials* i zaznaczyć (przy pomocy myszy i klawiszy Ctrl lub Shift) wszystkie pliki prób symulacyjnych Metr_Ystad_???.txt. Po kliknięciu *Otwórz* odczekać do wyświetlenia okienka *Plotter* (rys. 5).

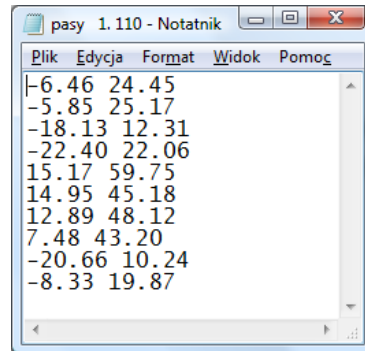


Rys. 4. Interfejs autorskiej aplikacji wyliczającej parametry pasa ruchu statku.



Rys. 5. Okno prezentacji graficznej wyznaczonego pasa ruchu statku.

- 1.2. W folderze *Pas ruchu statku/Results* znaleźć 20 plików pasy 1.??? o nr ??? odpowiadających nr sekcji akwenu wskazanych przez instruktora (np. 110 – 1100m osi odniesienia). Brak plików o wspomnianych nazwach może wynikać z braku zaznaczenia opcji *Save extra files to disk: yes* – w takim wypadku należy cofnąć się do punktu 1.1. W plikach pasy 1.??? znajdują się zapisane w formacie ASCII (znak dziesiętny - kropka) wartości odległości w lewo i prawo od osi odniesienia (zob. rys. 6.)



Rys. 6. Okno prezentacji graficznej wyznaczonego pasa ruchu statku.

Szerokości pasów ruchu z kolejnych prób symulacyjnych uzyskujemy odejmując od wartości w drugiej kolumnie wartości z pierwszej kolumny (zachowując znaki!). **Ponieważ dla celów oceny bezpieczeństwa manewrowania interesuje nas także położenie poszczególnych pasów ruchu na akwenu analizować będziemy jednakże odległości od osi odniesienia.** Dla oceny stabilności procesu manewrowania wystarczająca będzie ocena jednostronna tych odległości – np. w prawo od osi odniesienia. Zaleca się przeprowadzić wyodrębnienie zmiennej losowej prawostronnej odległości statku x od osi odniesienia w środowisku Microsoft™ Excel po zaimportowaniu ww. plików próbek. W rezultacie otrzymamy 20 próbek, każda o liczności 10 (zmiennej losowej x).

2. Zaprojektowanie parametrów linii kontrolnych na torach karty.
Postępować zgodnie z procedurą podaną w rozdziale 1. Wyznaczone parametry $CL=\bar{\bar{x}}$, UCL i LCL dla toru średnich oraz $CL=\bar{\bar{R}}$, UCL i LCL dla toru rozstępów nanieść na wykresy sporządzane na papierze milimetrowym lub w Excel.
3. Zaprojektowanie formularza karty kontrolnej.
Wypełnić formularz karty kontrolnej (tabelę pomiarową nr 1) zamieszczony w rozdziale 4 dla kolejnych 10 próbek wybranych losowo z zakresu plików *pasy 1.50* do *pasy 1.200* pomijając próbki przyjęte do wyznaczenia parametrów linii kontrolnych. Uzyskane wartości średnich i rozstępów nanieść na wykresy utworzone w p. 2.
4. Ocena stabilności procesu manewrowania statkiem.
Postępować zgodnie z uwagami zamieszczonymi w rozdziale 1.

4. Tabele pomiarowe

Tabela pomiarowa nr 1:

	Nr próbki	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Wyniki pomiarów w próbkach	1										
	2										
	3										
	4										
	5										
	6										
	7										
	8										
	9										
	10										
Średnia w próbce \bar{x}											
Rozstęp w próbce R											