

**АНАЛИЗ НА ПРЕЧУПВАНЕТО НА КОРАБ С ОГРАНИЧЕН И
СМЕСЕН РАЙОН НА ПЛАВАНЕ НА БАЗА НА ЕДНОМЕРНИ
СТАТИСТИЧЕСКИ МЕТОДИ ЗА РАЗПОЗНАВАНЕ**

проф. дтн. инж. Асен Недев

ВВМУ, Варна

д-р Росен Атанасов

фирма Stargate Maritime

гл. ас. инж. Али Чакър

Варненски Свободен Университет

Саджит Сезгин

Истанбул, Р.Турция

***Абстракт:** Повишаването на нивото на безопасност на корабоплаването, намаляване на рисковете за околната среда и опазването на човешкия живот в морето са пряко свързани с надеждното функциониране на корабните технически средства, което е едно от най-актуалните проблеми на морското корабоплаване. В публикацията се поставя задачата за статистически анализ на причините за пречупване на корпуса на кораб (типов проект 1557), класифициран със символ ПСП с цел създаване на модел за прогнозиране на бъдещи пречупвания.*

***Ключови думи:** безопасност на корабоплаването, рискове за околната среда, статистически анализ;*

ANALYSIS OF THE BREAKING OF A SHIP WITH A LIMITED AND MIXED AREA OF NAVIGATION BASED ON ONE-DIMENSIONAL STATISTICAL RECOGNITION METHODS

Prof. dts. eng. Asen Nedev
Higher Naval Academy, Varna
Dr. Rosen Atanasov
Stargate Maritime LTD
sen. assist. eng. Ali Chakar
Varna Free University
Sacit Sezgin
Istanbul, RTurkey

Abstract: *Improving the level of safety of navigation, reducing risks to the environment and protecting human life at sea are directly related to the reliable operation of maritime technical means, which is one of the most pressing problems of maritime shipping. The publication sets the task of statistical analysis of the causes of breakage of the hull of a ship (model project 1557), classified with the symbol IISP in order to create a model for predicting future breakage.*

Key words: *shipping safety, environmental risks, statistical analysis;*

I. Общ метод и алгоритъм за разпознаване

Ще използваме алгоритъма за разпознаване, основаващ се на общия критерий за минимизация на средния риск или на неговите частни случаи на максимално правдоподобие или максимална апостериорна вероятност. В последния случай стигаме да известната стратегия на Байес:

$$Y \in X_i \text{ ако } P_i f_i(Y) > P_j f_j(Y); \quad (i, j = 1, 2; i \neq j) \quad (1)$$

X_i, X_j - класове на състоянието на обекта;

Y - вектор на наблюдение, представен за разпознаване и класификация (в случая той е едномерен);

$f_i(Y), f_j(Y)$ - плътности на разпределение на признака за съответните класове на състояние;

P_i, P_j - априорни вероятности на класовете на състояние.

Установено е [2,3,6], че при два класа на състояние и едномерен признак на наблюдение, процесът на обучение се свежда до определяне на оптималната разделяща граница между класовете Y_0 . Аналитично определяне на Y_0 е възможно при нормални разпределения на признака по класове – случай, при който неравенството (1) приема вида:

$$\frac{P_1}{\sigma_1} \exp\left[-\frac{(Y - \mu_1)^2}{2\sigma_1^2}\right] > \frac{P_2}{\sigma_2} \exp\left[-\frac{(Y - \mu_2)^2}{2\sigma_2^2}\right] \quad (2)$$

Търсената стойност Y_0 е този корен на квадратното неравенство (2), който е разположен между центровете на двете разпределения μ_1 и μ_2 . Ако дисперсиите на признака за двата класа на състояние са равни, т.е. $\sigma_1 = \sigma_2 = \sigma$, неравенството (2) става линейно, а правилото за приемане на решение е:

$$Y \in X_1 \text{ ако } Y < Y_0 = \frac{\sigma^2}{\mu_2 - \mu_1} \ln \frac{P_1}{P_2} + \frac{\mu_1 + \mu_2}{2} \quad (3)$$

Този израз е основа на общия алгоритъм, който се състои от две части:

1.1. ОБУЧЕНИЕ - определяне на оптималната разделяща граница между класовете Y_0 ;

1.2. РАЗПОЗНАВАНЕ - сравнение на измерената текуща стойност на признака Y с оптималната граница Y_0

В съответствие с този общ алгоритъм е получена следната процедура за обучение и разпознаване:

Обучение

а) Основни етапи [1,4,5]

- Предварителна статистическа обработка с цел определяне на математическите очаквания μ_1, μ_2 и дисперсиите σ_1, σ_2 и вероятностите на класовете P_1, P_2

- Определяне на нормалните едномерни плътности на разпределение по класове $f_1(Y), f_2(Y)$;

- Определяне на оптималната разделяща граница Y_0 между класовете;

- Определяне на грешката в околността на Y_0 .

б) Работни зависимости

- Плътност на разпределение по класове

$$f_i(Y) = \frac{1}{\sigma_i \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(Y-\mu_i)^2}{2\sigma_i^2}} \quad i = 1, 2 \quad (4)$$

- Функции на разпределение

$$F_i(Y) = \frac{1}{\sigma_i \sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^Y e^{-\frac{(Y-\mu_i)^2}{2\sigma_i^2}} dy \quad (5)$$

- Смяна на променливите чрез полагане $\frac{Y - \mu_i}{\sigma_i} = t_i$

$$F_i(Y) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{\frac{Y-\mu_i}{\sigma_i}} e^{-\frac{t^2}{2}} dt \quad (6)$$

- Определяне оптималната разделяща граница между класовете:

$$Y_0 = \frac{\sigma^2}{\mu_2 - \mu_1} \ln \frac{P_1}{P_2} + \frac{\mu_1 + \mu_2}{2} \quad (7)$$

С помощта на таблично пресметнатите интеграли на вероятностите, определяме (за конкретните t_i), вероятностите за грешки от първи и втори род:

$$\varepsilon_1(Y_0) = 1 - \Phi_1^*(Y_0) = 1 - \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{t_1^0} e^{-\frac{t^2}{2}} dt \quad (8)$$

$$\varepsilon_2(Y_0) = \Phi_2^*(Y_0) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{t_2^0} e^{-\frac{t^2}{2}} dt \quad (9)$$

• Пресмятаме стойността на минималната грешка или минималния риск. Стойността на минималния риск R е сума от рисковете за погрешни разпознавания на класовете, получени чрез умножаване грешките от (8) и (9) по априорните вероятности на класовете $P(X_1)$ и $P(X_2)$ и по стойностите на загубите от неправилни класифициращи решения C_1 и C_2 .

$$\varepsilon(Y_0) = \varepsilon_1(Y_0) + \varepsilon_2(Y_0) \quad (10)$$

$$R(Y_0) = r_1(Y_0) + r_2(Y_0) \quad (11)$$

С това процесът на обучение е завършен. В случай на необходимост може да бъде изчислено и дисперсионното отношение F .

Разпознаване

• Определяме принадлежността на изследвания обект към един от класовете в Байесов смисъл чрез сравняване на наблюдението Y с разделящата граница Y_0 :

$$Y \in \begin{cases} X_1, & \text{ако } Y < Y_0 \\ X_2, & \text{ако } Y > Y_0 \end{cases} \quad (12)$$

От получените вероятности за допускане на грешки или по стойността на риска или на дисперсионното отношение, може да се съди за качеството на разделимост на алгоритъма по съответния информационен канал.

• Определяне на апостериорната оценка на ефективността на диагностичните процедури по резултатите от разпознаване на контролни извадки с известна принадлежност.

II. Изходни данни

Корпусът на кораба е бил ремонтиран четири пъти през периода 1985 – 1999год. В резултат на това са заменени част от елементите, а на останалите 23 елемента са определени дебелините. Последното освидетелстване на кораба е през 1998год., а пречупването на корпуса се е случило през 1999год. Анализът на местопроизшествието е показал, че в зоната на бъдещото пречупване са открити вдлъбнатини: по скула на десен борд – дълга 3,4м, а по скула на ляв борд – с дължина 18,8м. В редица близки сечения са открити пукнатини и силно ръждявали пробиви в обшивката. Това е насочило вниманието ни към изследване на тенденциите на износването на осем от елементите на корпуса, посочени в табл.1. Резултатите от измерването са класифицирани по размерите си в четири групи:

- ❖ Начални размери на елементите
- ❖ Начален период (до 1988год.) - добро състояние
- ❖ Среден период (1988 – 1994год.) - поносимо, междинно състояние
- ❖ Краен период (1995 - 1999год.) – опасно състояние
- ❖ Измервания след пречупването през 1999год. – лошо състояние.

В таблица 1 са посочени математическите очаквания и дисперсиите на дебелините, измерени при многократните изпитания.

Таблица 1

№ по ред	Начален размер мм	Начален период - добро състояние (мм), за 1988 г.	Среден период - поносимо състояние за (мм), 1994 г.	Краен период - лошо състояние за (мм), 1999 г.
1	8,0.	my = 7,635 Gy = 0,302	my = 7,412 Gy = 0,428	my = 5,730 Gy = 1,812
2	9,0.	my = 8,805 Gy = 0,123	my = 8,611 Gy = 0,354	my = 7,466 Gy = 1,997
3	8,0.	my = 7,666 Gy = 0,095	my = 7,79 Gy = 0,287	my = 5,941 Gy = 1,159
4	8,0.	my = 6,854 Gy = 0,309	my = 6,501 Gy = 0,634	my = 4,223 Gy = 1,934
5	8,0.	my = 7,296 Gy = 0,114	my = 6,506 Gy = 1,321	my = 4,701 Gy = 0,180
6	7,0.	my = 6,214 Gy = 0,172	my = 5,793 Gy = 0,395	my = 4,837 Gy = 0,940
7	8,0.	my = 7,122 Gy = 0,343	my = 7,349 Gy = 0,540	my = 3,248 Gy = 0,909
8	7,0.	my = 5,010 Gy = 1,398	my = 4,476 Gy = 1,239	my = 3,811 Gy = 2,470

Наименование на изследваните корабни елементи, по номера на подреждане:

- 1 – Бордова обшивка на корпуса
- 2 – Скулова обшивка на корпуса
- 3 – Дънна обшивка на корпуса
- 4 – Настил на второто дъно
- 5 – Обшивка на втория борд
- 6 – Дънни стрингери по корпуса

7 – Надлъжни уякчаващи ребра по второто дъно

8 – Бордови стрингери

За всеки от периодите, в Таблица 1, са нанесени математическите очаквания m_y и средноквадратичните отклонения σ_y . Тези данни са необходими, за да бъде проведено обучение на едномерното разпознаващо правило, по едномерния двуалтернативен алгоритъм, представен в т. I.

Обучението и разпознаването се осъществяват по двойки на класовете на състояние.

- $g_{1,2}$ – разпознаване на «добър» и «междинен» класове на състояние

- $g_{2,3}$ – разпознаване на «междинен» и «недобър» класове на състояние

- $g_{1,3}$ – разпознаване на «добър» и «недобър» класове на състояние

Конкретната процедура на пресмятане е показана в следващото изложение.

Целта на това изследване беше да проверим хипотезите за различие или обединяване на така постулираните класове. Като критерий за оценка на различимостта (разпознаваемостта) на класовете е използвана минималната грешка на разпознаване - ε .

Пример за едномерно разпознаване на състоянието на обект

Класове на състояние X_i , $i = 3$

I – добър -1988 г.

II – междинен -1994 г.

III – недобър - 1999 г.

Диагностичен признак Y_i

Дебелина на метала, данни за всеки елемент:

1.Бордова обшивка, мм	2.Скулова обшивка, мм	3.Дънна обшивка, мм	4.Дебелина на второ дъно, мм	5.Обшивка втори борд, мм	6.Дънни стрингери, мм	7.Ребра по второ дъно, мм	8. Бордови стрингер, мм
8,00	9,00	8,00	8,00	8,00	7,00	8,00	7,00

Изчисляване на плътността на разпределение

2.1.Математическо очакване за всеки от класовете

Имаме извадка Y от по няколко стойности за всеки от класовете и намираме математическо им очакване (средно), (Excel – функция AVERAGE (извадка)).

2.2. Дисперсия и стандарт

Стандарт – Excel - функция STDEV (извадка от данни)

Дисперсия – намира се по известната формула, или като се повдигне стандарта на квадрат.

- Намира се дисперсията D_{xi} за всеки клас i

$$D_{x_i} = \frac{\sum_{j=1}^n (Y_{j,i} - m_i)^2}{n}, \text{ където } n - \text{е брой на наблюденията}$$

(измерванията за всеки клас i)

- Намира се средното квадратично отклонение G_{xi}

$$G_{x_i} = \sqrt{D_{x_i}}$$

2.3. Изчислява се плътността на разпределение

$$f_i(y) = \frac{1}{\sigma_i \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(y-m_{yi})^2}{2\sigma_i^2}}$$

$i = 1 \div m$, $m = 3$ – брой класове

Изчисляване на апостериорната грешка ε – прави се за всяка двойка класове

В случая това са двойките класове:

I (1988) - II (1994)

II (1994) - III (1999)

I (1988) - III (1999)

2.4. Приемат се стойности за вероятностите от 0,10 до 0,90 (както са в табличките) – първа и втора колона се вземат както са си

2.5. Изчислява се $\ln(PI/PII)$ – както е в таблиците

2.6. Изчислява се разделящата граница Y_0

при $\sigma_{cp} = (\sigma_1 + \sigma_2)/2$ това е σ_{xi} за разглежданите класове (години)

$$Y_0 = \sigma_{cp}^2 \frac{\ln \frac{PI}{PII}}{m_2 - m_1} + \frac{m_2 + m_1}{2} \quad - \text{ пресмята се за всяка стойност}$$

алгоритъма.

2.7. Изчисляват се t_1 и t_2 - (1 и 2 са формално разглежданите в случая класове I, II и III)

$$\frac{Y_0 - m_i}{\sigma_i} = t_i \quad (\text{тук с } i \text{ е означен разглеждания клас})$$

2.8. $P_{1,2}$ и $P_{2,1}$ се определят от $\Phi(X)$ по таблици

$P_{2,1} = \Phi_2(X)$ – според стойността на t_2 се взема съответната стойност от таблицата - виж файла Funkcia-f(t)

$P_{1,2} = 1 - \Phi_1(X)$ – според стойността на t_1 се взема съответната стойност от таблицата - виж файла Funkcia – f (t)

Стойностите на $\Phi(X)$, които са извън граници, са 0 или 1.

$$2.9. \varepsilon = P_{1,2} + P_{2,1}$$

Изчертава се $\varepsilon = f(Y)$

Ако се получава $\varepsilon > 1$ при $\ln \frac{P_I}{P_{II}} = 0$, то трябва да се разменят

стойностите на $\Phi_1(X)$ и $\Phi_2(X)$

2.7. Изчертават се $f_1(Y)$ и $f_2(Y)$ точно под $\varepsilon = f(Y)$ и се чертае разделящата граница при $\varepsilon = \min$

III. Анализ на резултатите

Всичко това се прави за всяка двойка от класовете (общо 3) за всеки елемент (общо 8) или 24 различни сравнявания и се анализират резултатите от разпознаването

Едномерно разпознаване

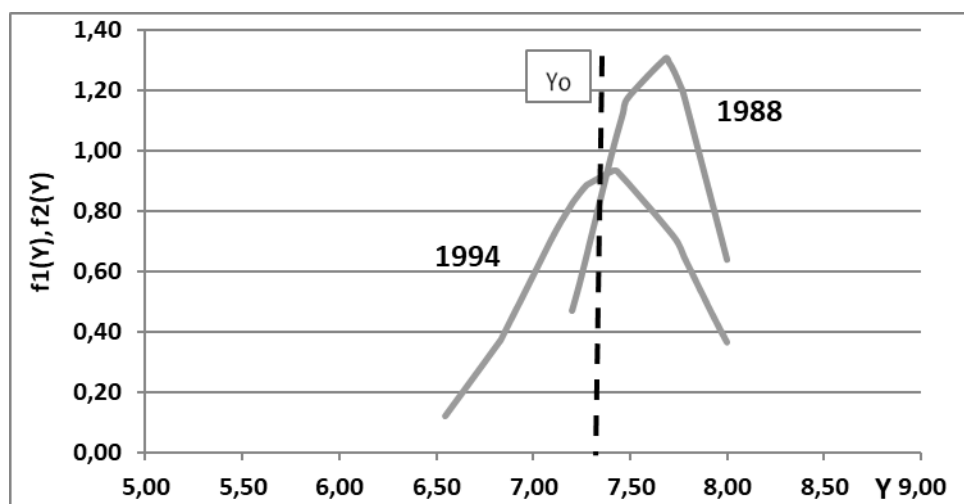
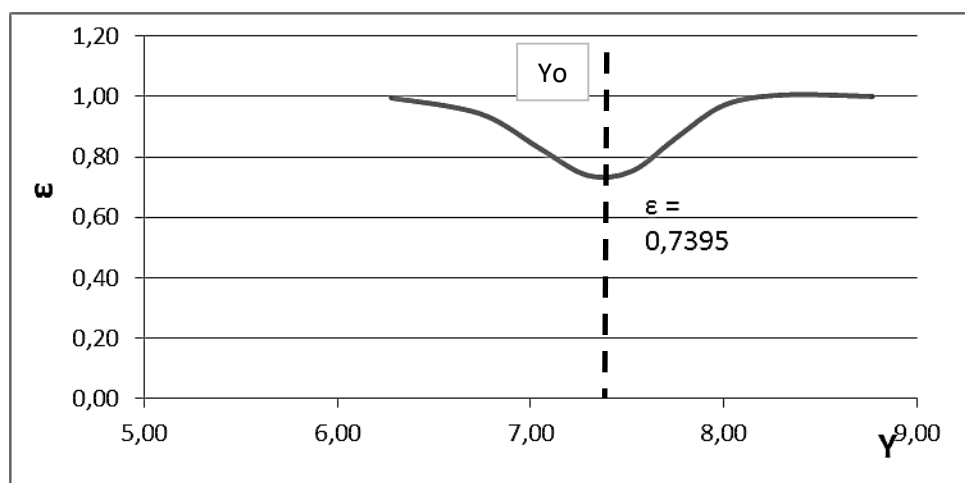
1. Бордова обшивка

Таблица 2

1988-1994

Gcp 0,356

PI	PII	lnPI/PII	Yo	t1	t2	P1,2=1- Φ(t1)	P2,1=Φ(t2)	ε
0,90	0,10	2,20	8,77	3,76	3,17	0,0008	0,9999	1,0007
0,80	0,20	1,39	8,31	2,23	2,09	0,0184	0,9871	1,0055
0,70	0,30	0,85	8,00	1,22	1,38	0,0838	0,8888	0,9726
0,60	0,40	0,41	7,75	0,39	0,80	0,2119	0,6517	0,8636
0,50	0,50	0,00	7,52	- 0,37	- 0,26	0,3974	0,3557	0,7531
0,40	0,60	-0,41	7,29	- 1,13	- 0,28	0,6103	0,1292	0,7395
0,30	0,70	-0,85	7,04	- 1,96	- 0,86	0,8051	0,0250	0,8301
0,20	0,80	-1,39	6,74	- 2,97	- 1,57	0,9418	0,0015	0,9433
0,10	0,90	-2,20	6,28	- 4,50	- 2,65	0,9959	0,0000	0,9959



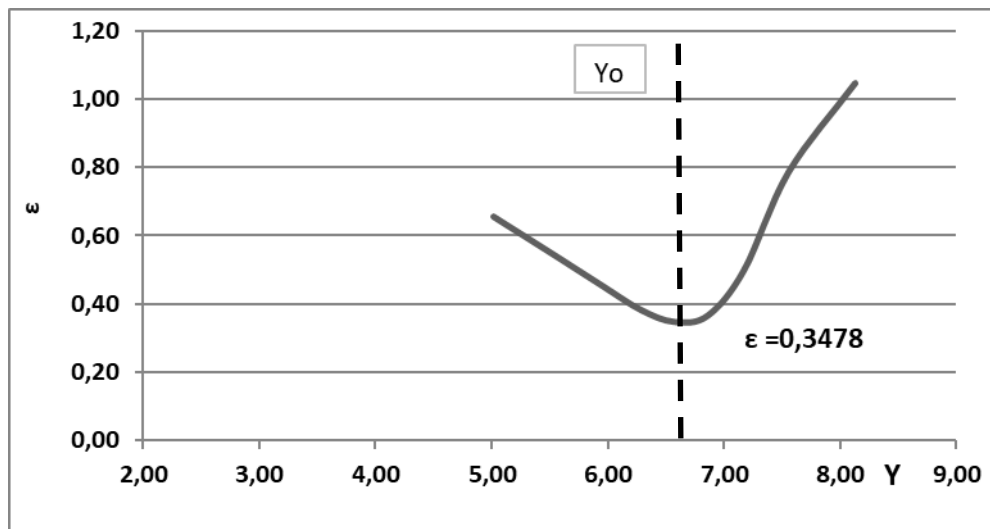
Фиг.1

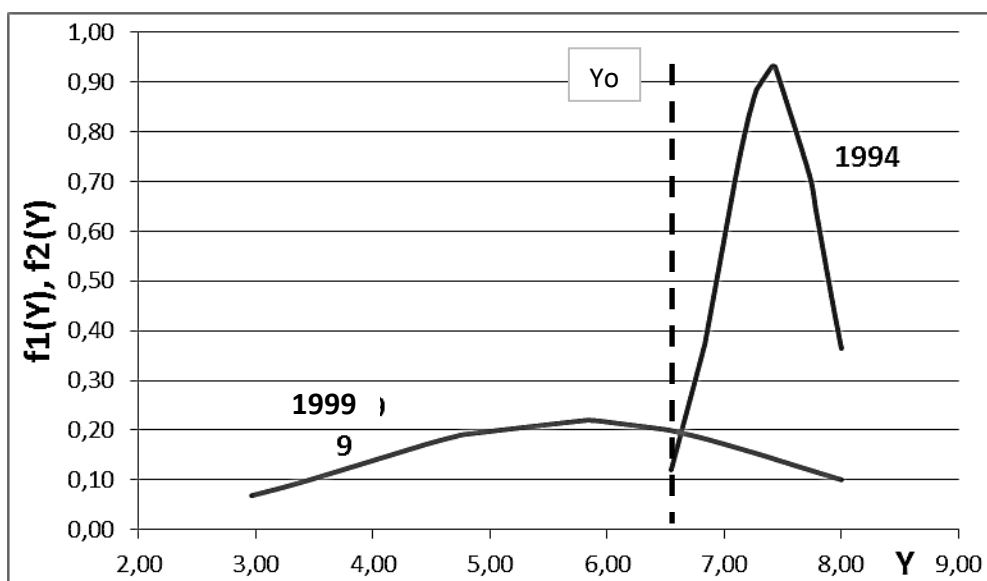
Таблица 3

1994-1999

Гср 1,092

PI	PII	lnPI/PII	Y ₀	t ₁	t ₂	P _{1,2} =1- Φ(t ₁)	P _{2,1} =Φ(t ₂)	ε
0,90	0,10	2,20	8,13	1,67	1,32	0,0934	0,9525	1,0459
0,80	0,20	1,39	7,55	0,33	1,01	0,1563	0,6293	0,7856
0,70	0,30	0,85	7,17	-0,56	0,80	0,2119	0,2877	0,4996
0,60	0,40	0,41	6,86	-1,29	0,62	0,2676	0,0985	0,3661
0,50	0,50	0,00	6,57	-1,96	0,46	0,3228	0,0250	0,3478
0,40	0,60	-0,41	6,28	-2,63	0,31	0,3783	0,0041	0,3824
0,30	0,70	-0,85	5,97	-3,36	0,13	0,4483	0,0004	0,4487
0,20	0,80	-1,39	5,59	-4,26	-0,08	0,5319	0,0000	0,5319
0,10	0,90	-2,20	5,01	-5,60	-0,40	0,6554	0,0000	0,6554





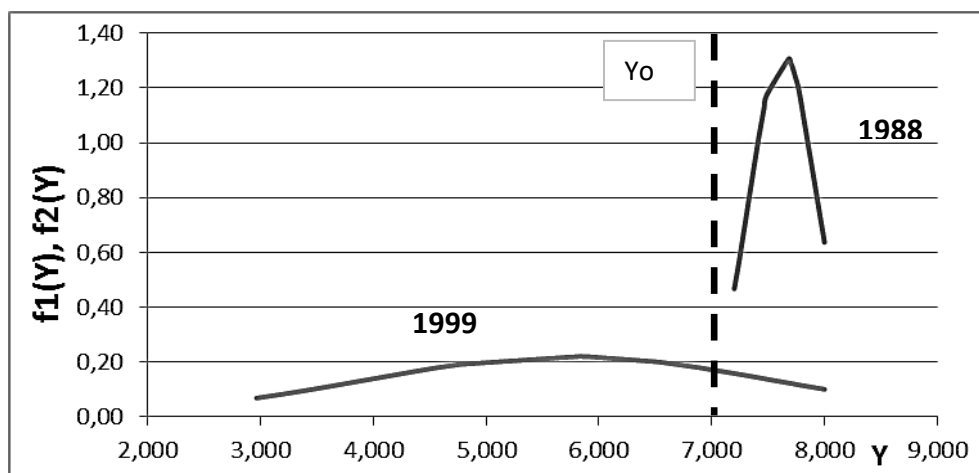
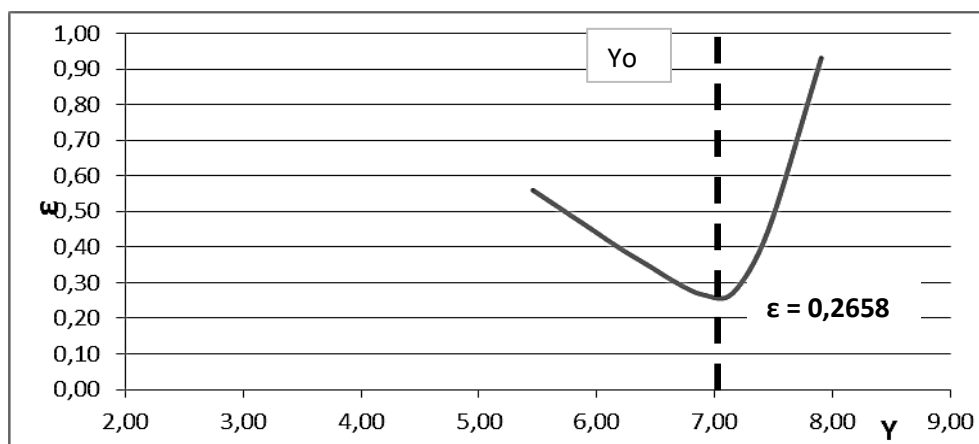
Фиг.2

1988-1999

Таблица 4

Гср 1,030

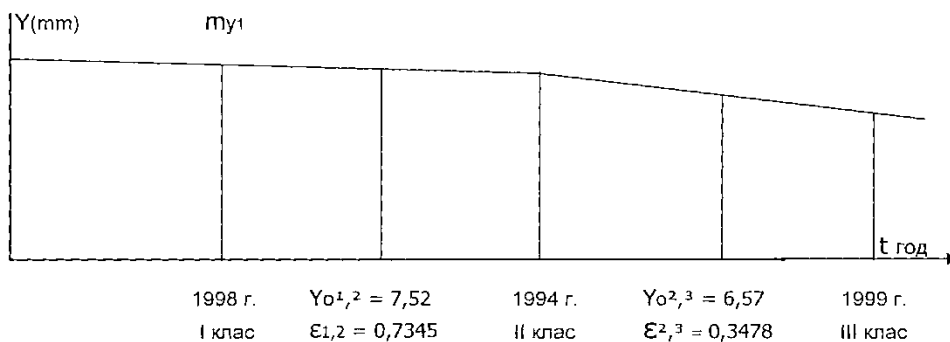
PI	PII	lnPI/PII	Y ₀	t ₁	t ₂	P _{1,2} =1-Φ(t ₁)	P _{2,1} =Φ(t ₂)	ε
0,90	0,10	2,20	5,46	-7,21	-0,15	0,5596	0,0000	0,5596
0,80	0,20	1,39	5,91	-5,72	0,10	0,4602	0,0000	0,4602
0,70	0,30	0,85	6,21	-4,72	0,27	0,3936	0,0000	0,3936
0,60	0,40	0,41	6,46	-3,91	0,40	0,3446	0,0000	0,3446
0,50	0,50	0,00	6,68	-3,16	0,53	0,2981	0,0008	0,2989
0,40	0,60	-0,41	6,91	-2,41	0,65	0,2578	0,0080	0,2658
0,30	0,70	-0,85	7,15	-1,59	0,79	0,2148	0,0559	0,2707
0,20	0,80	-1,39	7,45	-0,60	0,95	0,1711	0,2743	0,4454
0,10	0,90	-2,20	7,91	0,90	1,20	0,1151	0,8159	0,9310



Фиг.3

Бордова обшивка на корпуса

Начална дебелина мм	1988 г. - I клас добър	Разделяща граница (1,2)	1994 год. Междинен II клас	Разделяща граница (2,3)	1999 год. III клас недобър
8	$\mu y^1 = 7,69$ $Gy^1 = 0,302$	$Y_{0^1,2} = 7,52$ $\varepsilon_{1,2} = 0,7345$	$\mu y^2 = 7,412$ $Gy^2 = 0,428$	$Y_{0^2,3} = 6,57$ $\varepsilon_{2,3} = 0,3478$	$\mu y^3 = 5,730$ $Gy^3 = 1,812$



Класове 1 и 2 не се различават.

Най-добро разделяне 1988-1999 ; $\varepsilon_{1,3} = 0,2658$ $Y_{0^1,3} = 6,91$

Фиг.4

Като илюстрация на фиг.1-3 са представени резултатите от дуалтернативно обучение и разпознаване на състоянията, описващи се с един диагностичен признак – Y, дебелина на бордовата обшивка на корпуса. Хипотезата за различие на статистическите данни, отговарящи на първите два от постулираните класове на състоянието (1988 и 1994 год.) не се потвърждава. Това е основание да обединим, тези два класа, в състояние, прието като добро. Хипотезата за различимост на данните, отговарящи на това състояние, с данните от измерванията, след пречупването на корпуса (III клас – 1999 год.) се потвърждава. Грешката на разпознаване, на тези данни, от данните, отговарящи на «добро» състояние е минимална $\varepsilon_{1,3} = 0,2658$.

На фиг.4 е представен трендът на влошаване на състоянието. Вижда се, че след 10-12 години на експлоатация, износването рязко променя своя характер и става по-интензивно. Без да правим подробен коментар

прилагаме получените резултати за останалите елементи. Пълно описание и анализ на всички резултати са представени в дисертацията на д-р Саджит Сезгин [7] с ръководител А. Недев.

Скулова обшивка на корпуса. Първите два класа са неразличими ($\epsilon_{1,2} = 0,5596$), а грешката, при разпознаване на «добрите» от «недобрите» състояния, е минимална ($\epsilon_{1,3} = 0,2236$). След 1994 год. характеристиката на износването рязко се променя.

Дънна обшивка на корпуса. Първите два класа са неразличими ($\epsilon_{1,2} = 0,6011$), а грешката, при разпознаване на «добрите» от «недобрите» състояния, е минимална ($\epsilon_{1,3} = 0,1899$). След 1994 год. характеристиката на износването рязко се променя.

Настил на второто дъно на кораба. Първите два класа са неразличими ($\epsilon_{1,2} = 0,6307$), а грешката, при разпознаване на «добрите» от «недобрите» състояния, е минимална ($\epsilon_{1,3} = 0,1696$). След 1994 год. характеристиката на износването рязко се променя.

Обшивка на втория борд на кораба. Първите два класа са неразличими ($\epsilon_{1,2} = 0,3813$), а грешката, при разпознаване на «добрите» от «недобрите» състояния, е минимална ($\epsilon_{1,3} = 0,000$). След 1994 год. характеристиката на износването рязко се променя.

Дънни стрингери на корпуса. Първите два класа на състояние се различават слабо един от друг ($\epsilon_{1,2} = 0,4093$), а грешката, при разпознаване на «добрите» от «недобрите» състояния, е минимална ($\epsilon_{1,3} = 0,1583$). След 1994 год. характеристиката на износването рязко се променя.

Надлъжни уякчаващи ребра по второто дъно на кораба. Първите два класа на състояние се различават слабо един от друг ($\epsilon_{1,2} = 0,365$), а грешката, при разпознаване на «добрите» от «недобрите» състояния, е

минимална ($\epsilon_{1,3} = 0,0093$). След 1994 год. характеристиката на износването рязко се променя.

Бордови стрингери. Първите два класа на състояние не се различават един от друг

($\epsilon_{1,2} = 0,8376$), а грешката, при разпознаване на «добрите» от «недобрите» състояния, е минимална ($\epsilon_{1,3} = 0,2658$). След 1994 год. характеристиката на износването рязко се променя.

На базата на така проведените изследвания, правим следните изводи:

- Характерът на износването, на основните елементи в корпуса на кораба, през първите 10 - 12 години, не показва резки изменения.
- След изтичането на този срок, на «условно добро състояние», скоростта на износване се увеличава, което най-вероятно се дължи на настъпването на интензивна корозия на метала. Това е основание, да се обърне внимание, на фирмата- корабособственик, да планира при следващия доков ремонт, подмяна на елементите с интензивно износване.
- Предложеният и проверен от нас алгоритъм, за едномерно разпознаване е добра основа за оценка и прогнозиране на състоянието в корпусните конструкции.

Литература

1.Консулова, М., П. Наскова, Д. Пламенов, Б. Малчева. 2017. Разпознаване и прогнозиране на почвена микробиологична активност по косвени признаци. Списание „Почвознание, агрохимия и екология“. Почвознание агрохимия и екология, 51, 3-4/2017. с.12-20. ISSN 2534-9864

2. Недев, А. Разпознаване на образи и оптимално стахостическо управление (кн.І. Математически, биологични и философски основи), И.К. „Геа Принт“. Варна 2012. ISBN 978-954-345-9430-80-6. 267 с.

3. Недев, А., М. Бакалова и др. Разпознаване на образи и оптимално стохастическо управление, (кн. II. Приложение на методите на разпознаване на образи в управлението на стопански, биологични и обществени системи), И.К. „Геа Принт“, Варна 2012. ISBN 978-954-9430-91-2. 367 с.

4. Наскова П., М. Консулова, Б. Малчева, Др. Пламенов „Математически модел за определяне на степента на влияние на различни физико-химични фактори върху числеността на общата микрофлора в антропогенни почви“, списание за наука „Ново знание“, година 6, бр.4 (2017), ISSN 2367-4598 (Online), ISSN 1314-5703 (Print) – 87-102 стр.

5. Наскова, П. (2020) Моделиране на процесите в почвено-растителните екосистеми, ИК „Геа-Принт“,241с.,ISBN 978-619-184-043-4

6. Наскова, П. Математически модел за оценка на съдържанието на тежки метали в почвата по косвени признаци на растенията. Списание за наука „Ново знание" Vol. 6, N 3, 2017: 149-160. ISSN 2367-4598

7. Недев, А., С. Сезгин, Г. Антонов, В. Димов, Д. Камберов, Оптимално планиране на доковите ремонтни дейности на кораби с ограничен и смесен район на плаване (КОСРП), „Машиностроене и машинознание“, год.VII, кн.2, 2012, бр.16, стр.16-20. ISSN 1312-8612