

« »

« »

-

НАУЧНАЯ СЕССИЯ НИЯУ МИФИ–2010

НЕЙРОИНФОРМАТИКА–2010

**ХII ВСЕРОССИЙСКАЯ
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ
КОНФЕРЕНЦИЯ**

**ЛЕКЦИИ
ПО НЕЙРОИНФОРМАТИКЕ**

-

«

»

2010

УДК 001(06)+004.032.26 (06) Нейронные сети
ББК 72я5+32.818я5
М82

НАУЧНАЯ СЕССИЯ НИЯУ МИФИ–2010. XII ВСЕРОССИЙСКАЯ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ «НЕЙРОИНФОРМАТИКА–2010»: ЛЕКЦИИ ПО НЕЙРОИНФОРМАТИКЕ. – М.: МГУ, 2010. – 328 с.

«
2010
«
–2010».

»,
XII
26–29

ISBN 978–5–7262–1225–8

© *Национальный ядерный университет «МИФИ», 2010*

Содержание

| | |
|--|------------|
| Ю. И. Нечаев. Проблемы моделирования динамики сложных систем при реализации нейросетевых технологий | 271 |
| ..... | 272 |
| ..... | 274 |
| | - |
| ..... | 281 |
| | - |
| ..... | 286 |
| | - |
| ..... | 286 |
| ..... | 295 |
| | - |
| ..... | 301 |
| ..... | 302 |
| ..... | 305 |
| ..... | 306 |
| | - |
| ..... | 308 |
| ..... | 311 |
| ..... | 314 |
| ..... | 315 |
| | - |
| ..... | 317 |
| ..... | 320 |
| ..... | 322 |

Ю. И. НЕЧАЕВ

E-mail: int@csa.ru

**ПРОБЛЕМЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ ДИНАМИКИ СЛОЖНЫХ
СИСТЕМ ПРИ РЕАЛИЗАЦИИ НЕЙРОСЕТЕВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**
Аннотация

()

Yu. NECHAEV

Saint-Petersburg State Marine Technical University,
Institute for High-Performance Computing and Information Systems,
Saint-Petersburg

E-mail: int@csa.ru

**PROBLEMS OF MODELING OF COMPLEX DYNAMICS SYSTEMS
FOR REALIZATION NEURAL NETWORKS TECHNOLOGY**

Abstract

An efficiency increasing is discussed to simulate a behavior of nonlinear dynamic object while functioning onboard intelligent system (IS) in complex dynamic environments. Major attention is focused on using of neural networks represent one of competing computational technologies meant for information analysis and interpretation. An appropriate problem statement is formulated as well as an efficiency support concept to simulate object dynamics as essentially nonlinear system. A model of sea roughness is develop which represents it as a climatic spectrum of complex spatial structure. Some scenarios of storm progress with time are also generated. An appropriate computer simulation are carried out to demonstrate dynamics of interaction as applies to various level of external disturbances.

Введение

о , -
, . -
(). -
« - - » -
() (.1). -
, -
[1-50]. « » -
« » . -
, -
[9, 28, 29].



Рис. 1. Архитектура интегрированной бортовой ИС

-, . -
-
-
-
(). -
,
.
,
,
[28, 29]. -
-
-
, - « » —
[23–26]. -
-
,
.
, () . -
, -
-
-
[9, 27–29].
, . . .
, .

Концепция моделирования динамики внешней среды в бортовых ИС

е

Marine Organization — IMO) 1993
» [33].

(Intergovernment
«

[33]:

•

•

1 T ,

(

(SMHI, JRA25, NMI .) (NCEP/NCAR, ERA-40)

(. . 2).

1. Подготовка массива метеорологической информации.

(

)

2. Формирование массива полей океанографических характеристик на основе гидродинамических моделей.

$$\frac{\partial N}{\partial t} + \frac{\partial N}{\partial \varphi} \dot{\varphi} + \frac{\partial N}{\partial \theta} \dot{\theta} + \frac{\partial N}{\partial k} \dot{k} + \frac{\partial N}{\partial \beta} \dot{\beta} + \frac{\partial N}{\partial \omega} \dot{\omega} = G. \quad (1)$$

N –

$\varphi,$

$\theta,$

k

;
 β

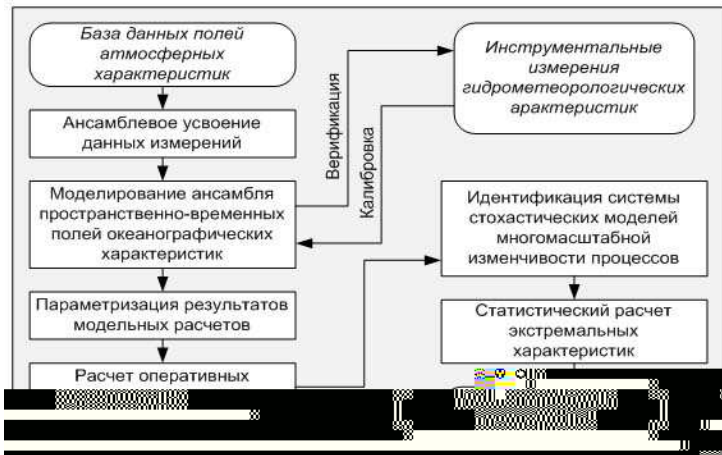


Рис. 2. Комплексная технология моделирования ветра, волнения, течений и уровня моря

t , ω

$G_{nl} + G_{ds}$ (G , $G = G_{in} +$)

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} = 0, \tag{2}$$

$$\frac{\partial u}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x}(uu) + \frac{\partial}{\partial y}(vu) + \frac{\partial}{\partial z}(wu) - fv = \tag{3}$$

(. -)

η(

1 T
[33]

.3

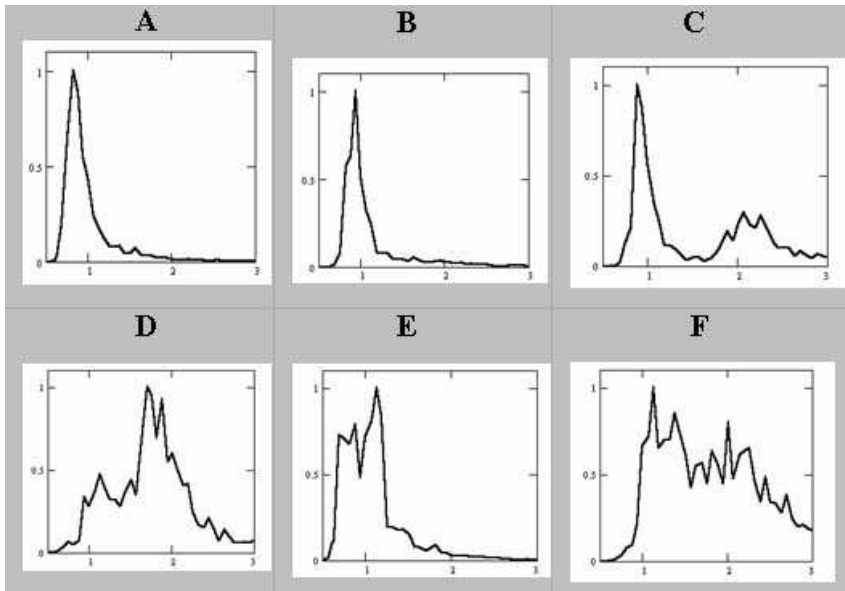


Рис. 3. Типовые нормированные спектры морского волнения

6 : A — ; B —
; C —
; D —
; E —
; F —

$$S(\omega)/S_{max} ; \omega, c^{-1}$$

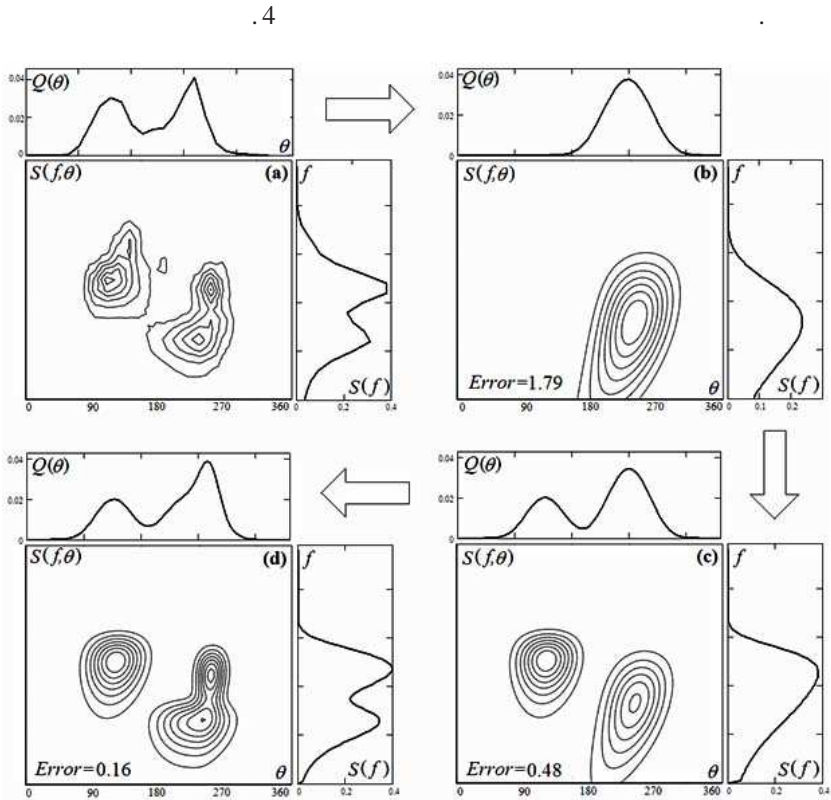


Рис. 4. Пример многопикового направленного волнового спектра: начальный пример и последовательные шаги метода

, , -
, ' -
, -
[26]. С -
(.1). -
« » -
, -
, (-
) , -
(' -
) .
,
.

**Моделирование динамики объекта как нелинейной
диссипативной системы**

— -
, , -
, — -
, -
, -
[9]. -

[8, 22].

[9, 13].

[13, 22]:

$$F_i[\ddot{x}_i, \dot{x}_i, x_i, t, X_{i1}, \dots, X_{im}, Y_{i1}, \dots, Y_{in}] = 0, \quad (12)$$

$$F_i(\bullet) - \dots; x_i - \dots; X_{i1}, \dots, X_{im} - \dots, (\dots, \dots); Y_{i1}, \dots, Y_{in} - \dots; i = 1, 2, \dots, 6. \quad (12)$$

(12),

(12)

(12)

[22].

$$M_W = M(\theta, \varphi, t) = D[l(\theta, \varphi) + \Delta l(\theta, \varphi) \cos(\sigma_k t - \varepsilon)]; \quad (13)$$

$$l(\theta, \varphi) = 0,5[l(\theta, \varphi)_{\max} + l(\theta, \varphi)_{\min}],$$

$$\Delta l(\theta, \varphi) = 0,5[\Delta l(\theta, \varphi)_{\max} + \Delta l(\theta, \varphi)_{\min}];$$

$$M_W = \varphi(\theta, \varphi_k, t) = Dl(\theta, \varphi, t),$$

$$\Delta l(\theta, \varphi)_{\max} \quad \Delta l(\theta, \varphi)_{\min} -$$

$$\begin{aligned} & \varphi; l(\theta, \varphi, t) - \\ \varepsilon = 0 \quad 2\pi - & \quad ; \varepsilon = \pi/2 - \quad ; \varepsilon = \pi - \\ - & \quad ; \varepsilon = 3/2\pi - \end{aligned}$$

[8, 13, 30]:

$$\begin{aligned} & (J_x + \mu_{\theta\theta})\theta'' + M_R(\theta') + M(\theta, \varphi_k, t) = M_x(t); \\ & (D/g + \mu_{33})\zeta_G'' + v_\zeta \zeta_G' + \varrho g S \zeta_G + \mu_{33} x_1 \psi'' + (v_{\zeta\psi} - v_0 \mu_{33})\psi' + \\ & + (\varrho g S l - v_0 v_\zeta)\psi = -r_0(\varrho g a_0 - \sigma^2 a_0'' - \sigma b_0') \cos \sigma t - \\ & - r_0(\varrho g b_0 - \sigma^2 b_0'' + \sigma a_0') \sin \sigma t; \\ & (J_y + \mu_{55})\psi'' + [v_\zeta + (v_0^2/\sigma^2)v_\zeta]\psi' + (DH\psi - v_0^2 \mu_{33})\psi + \\ & + \mu_{33} x_1 \zeta_G'' + (v_{\zeta\psi} + v_0 \mu_{33})\zeta_G' + (\varrho g S l + v_0 v_\zeta)\zeta_g = \\ & = -r_0(\varrho g a_1 - \sigma^2 a_1'' - \sigma b_1') \cos \sigma t - \\ & - r_0(\varrho g b_1 - \sigma^2 b_1'' + \sigma a_1') \sin \sigma t, \end{aligned} \tag{14}$$

$$(J_x + \mu_{\theta\theta})\theta'', M_R(\theta'), M(\theta, \varphi_k, t), M_x(t) -$$

ax [8, 13, 30].

[22, 43]:

$$\left. \begin{aligned} & [(D/g) + \mu_{\xi\xi}] (\dot{v} \cos \beta^* - \beta^* v \sin \beta^*) + \\ & + [(D/g) + \mu_{\eta\eta}] v \dot{\chi} \sin \beta^* = \\ & = F_x = X(t) + P_e - R \\ & [(D/g) + \mu_{\eta\eta}] (\dot{v} \sin \beta^* - \beta^* v \cos \beta^*) + \\ & + [(D/g) + \mu_{\xi\xi}] v \dot{\chi} \cos \beta^* = \\ & = F_y = Y(t) + R_{yB} + R_{yR} \\ & (J_z + \mu_{\chi\chi}) \ddot{\chi} = M_z = M_z(t) + M_{zB} + M_{zP} \\ & (J_x + \mu_{\theta\theta}) \ddot{\theta} + M_R(\dot{\theta}) + M(\theta, \varphi, t) = M_G + M_A, \end{aligned} \right\} (15)$$

$$\begin{aligned} & \beta^* - \quad ; \chi - \quad ; X(t), Y(t), M_X(t), M_Z(t) - \\ & \quad ; M_R \quad M(\theta, \varphi, t) - \\ & \quad ; R_{yB} \quad M_{zB} - \\ & \quad ; M_{xB} - \\ & ; M_G - \quad ; M_A - \end{aligned}$$

[30]:

$$\left. \begin{aligned} & (m^* + \mu_{22}^*) \eta_G'' + \lambda_{22}^* \eta_G^* + \lambda_{22}^{*(2)} \eta_G' |\eta_G'| + \varrho \sum_{n=1}^{\infty} C_n g_n = P^*(t) \\ & (J_x^* + \mu_{44}^*) \vartheta'' + \lambda_{44}^* \vartheta'^{(1)} |\vartheta'| + D^* l^*(\vartheta, t) + \\ & + \mu_{24}^* \eta_G'' + \lambda_{24}^* \eta_G + \varrho \sum_{n=1}^{\infty} (a_n g_n + g C_n g_n) = \\ & = M_x + P^*(t) (z_p^* - z_q^*) - J_x \Delta''^*(t) \\ & g_n'' + \sigma_N^2 g_n + (\sigma_n^2/g) \{ [a_n + (z_G^* - Z_v) C_n] (\vartheta'' + \Delta'') + \\ & + g C_n (\vartheta + \Delta'') + C_n (\eta_G'' + \eta''^*) \} = 0, \quad (n = 1, 3, 5, \dots), \end{aligned} \right\} (16)$$

$$\begin{aligned} & \eta_G = (\eta_G^* - \eta^*) - \\ & \quad ; \vartheta = (\theta - \Delta^*) - \\ & \quad ; \quad * \end{aligned}$$

Нейроаппроксимация и нейропрогноз при контроле экстремальных ситуаций в сложных динамических средах

Нейроаппроксимация в задачах контроля динамики сложного объекта

5.

(generalization error).

« » (learning curves),

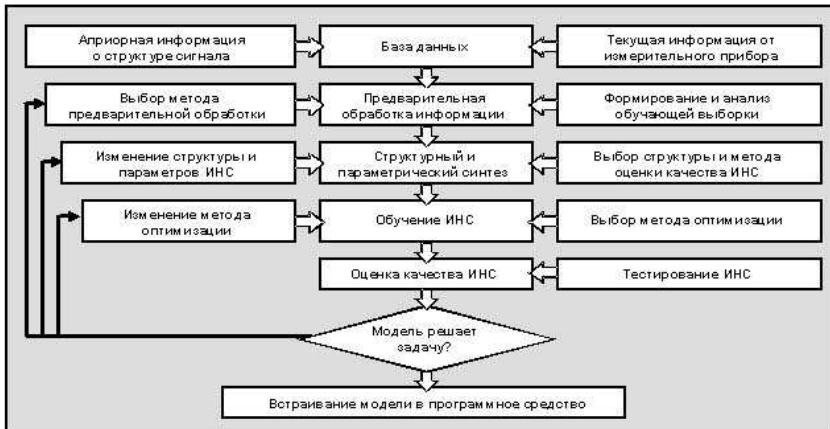


Рис. 5. Поток информации при формировании и обучении нейронной сети

- (internal representation) ,
- , ,
- , .

[12, 32]:

-

$$y_j^{(1)}(t) = \varphi \left(\sum_{l=1}^i w_{lj}^{(1)}(t)x_l(t) + b_j^{(1)} \right); \quad (17)$$

-

$$y_j^{(2)}(t) = \varphi \left(\sum_{l=1}^i w_{lj}^{(2)}(t)y_l^{(1)}(t) + b_j^{(2)} \right), \quad (18)$$

$w_{ij}^{(1)}$ — i - j - ; $X = [x_1, \dots, x_i]$ — ; $b_j^{(1)}$ — j -
 $w_{jk}^{(2)}$ — j - k - ; $b_k^{(2)}$ — k -
 $\varphi(\bullet)$ — .

$$Y^{(1)}(X) [2]:$$

$$Y^{(1)} = \varphi(W^{(1)T}X + B^{(1)}) =$$

$$= \varphi \left(\begin{bmatrix} w_{11}^{(1)} & w_{21}^{(1)} & \dots & w_{i1}^{(1)} \\ w_{12}^{(1)} & w_{22}^{(1)} & \dots & w_{i2}^{(1)} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ w_{1j}^{(1)} & w_{2j}^{(1)} & \dots & w_{ij}^{(1)} \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \dots \\ x_i \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} b_1^{(1)} \\ b_2^{(1)} \\ \dots \\ b_j^{(1)} \end{bmatrix} \right) \quad (19)$$

$$Y^{(2)} = \varphi(W^{(2)T}Y^{(1)} + B^{(2)}) =$$

$$= \varphi \left(\begin{bmatrix} w_{11}^{(2)} & w_{21}^{(2)} & \dots & w_{i1}^{(2)} \\ w_{12}^{(2)} & w_{22}^{(2)} & \dots & w_{i2}^{(2)} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ w_{1k}^{(2)} & w_{2k}^{(2)} & \dots & w_{ik}^{(2)} \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} y_1^{(1)} \\ y_2^{(1)} \\ \dots \\ y_j^{(1)} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} b_1^{(2)} \\ b_2^{(2)} \\ \dots \\ b_k^{(2)} \end{bmatrix} \right) \quad (20)$$

:

•

$$\delta_k^{(2)}(t) = e_k(t); \quad (21)$$

•

$$\delta_j^{(1)}(t) = \sum_{l=1}^k \delta_l^{(2)} w_{lj}^{(2)}(t) y_j^{(1)}(t). \quad (22)$$

:

$$w_{ij}^{(L)}(t+1) = \alpha w_{ij}^{(L)}(t) + \eta \delta_j^{(L)}(t) y_j^{(L)}(t), \quad (23)$$

$\alpha -$; $\eta -$; $\delta_j^{(L)} -$
 $j -$; $L -$.

.6.

RBF

m

$$(1 - X_1, \dots, X_m) \text{ (} \dots \text{)}$$

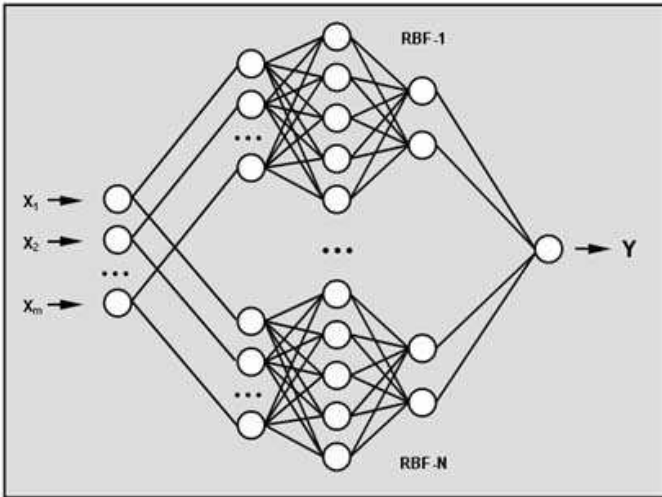


Рис. 6. Нейросетевой ансамбль, реализующий модели климатических спектров морского волнения

[33].

(. . .), , 1/128 1/2
 (. . . 1/128).

.7.

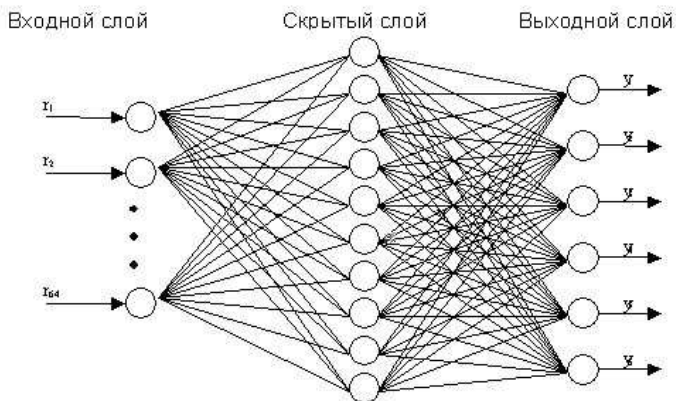


Рис. 7. Многослойная нейронная сеть, используемая при обработке задачи классификации

а 6

10 100

5000
15

0.0001
2000

.8.

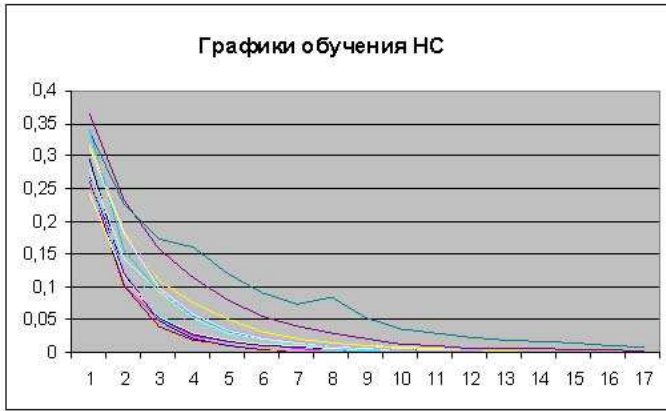


Рис. 8. Кривые процесса обучения нейронных сетей

(.9).

[33].

.10

: «

» [26].

« ».

RBF-

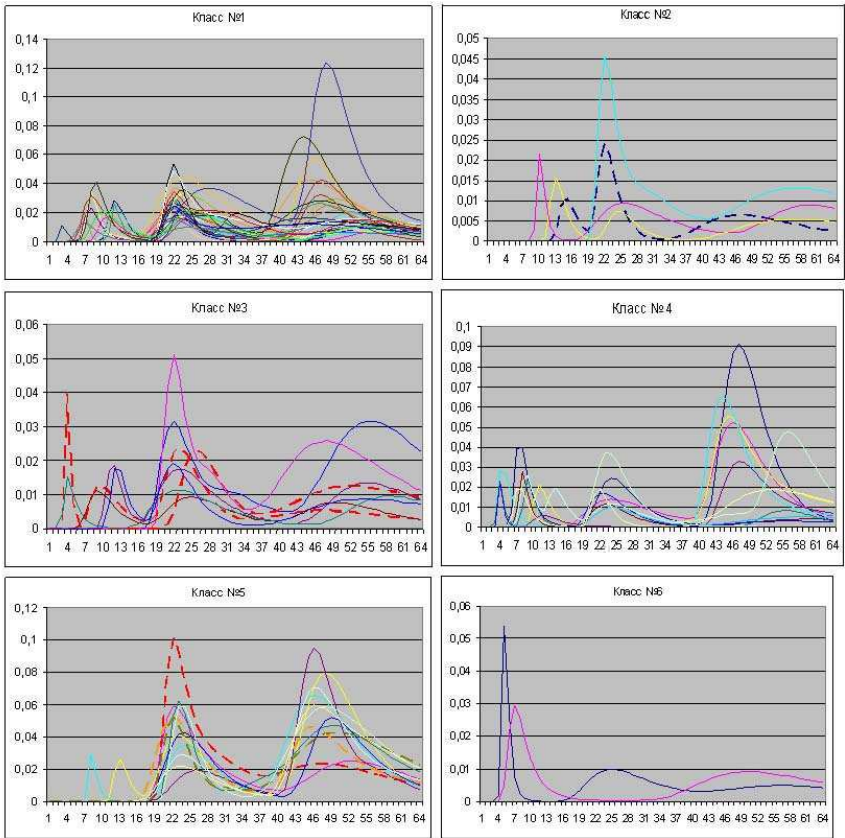


Рис. 9. Результаты идентификации

[11].

RBF-

. 10

RBF-

m ,
p ,

n ,
4 ,

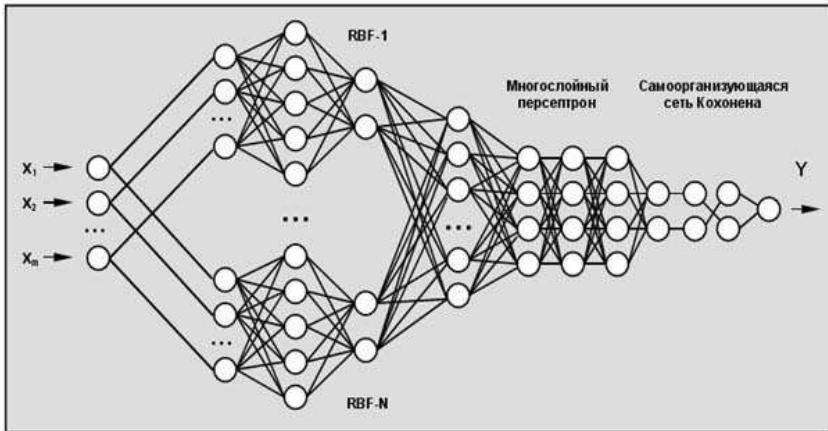


Рис. 10. Структура интегрированного нейросетевого комплекса, реализующего оператор преобразования сложных сигналов при контроле экстремальных ситуаций

, « » ² [26, 32].

- $(k = 1) U^1 = X (k = 1)$;

- $$U_j^2 = f \left(\sum_{i=1}^{n_2} w_{ij}^1 U_i^1 \right), \quad i, j = 1, \dots, n_2; \quad (24)$$

- $(k = 5)$

- $$Y_i = U_i^q = f \left(\sum_{i=1}^{n_q} w_{ij}^q U_i^q \right), \quad i, j = 1, \dots, n_q. \quad (25)$$

Нейропрогноз поведения сложного объекта в бортовых ИС

теоремой Такенса [48]

аттрактора.

$$x = x(t)$$

$$x(t_i), \dots, x(t_i + \tau), \dots, x(t_i + (n-1)\tau)$$

$$x(t_i), \dots, x(t_i + \tau), \dots, x(t_i + 2\tau), \dots$$

$$\{x(t_i), x(t_i + \tau), \dots, x(t_i + (n-1)\tau)\}$$

$$(26)$$

[48],

$$n \tau,$$

пространством вложения (),

— восстановленным аттракто-

ром.

$$()$$

m.

$$m(m = 2, m = 3)$$

фазового пространства
m.

реконструированное пространство

с

, -
 . -
 . -
 , -
 . -
 , -
 , -
 , -
 , [7, 16, 20]. -
 -
 -
 (), -
 [7, 16]. -
 -
 . -
 « » -
 . -
 , -
 . -
 . :

$$Z(t) = \Lambda(y(t)) = (y(t), y(t - \tau), \dots, y(t - (m - 1)\tau)) = (z_1(t), \dots, z_m(t)) \quad (27)$$
 . -
 τ -
 . -
 $m \tau$. -
 [3, 14].

$$x_{1t}, \dots, x_{nt}$$

[24]

[50].

[48].

[20]:

Этап 1.

$$R_m, \quad m \geq 2d + 1, \quad d-$$

$$x_{i+1} = F(x_i, x_{i+\tau}, \dots, x_{i+(m-1)\tau}). \quad (28)$$

Этап 2.

$F,$

[48] ()

[20]

Выбор параметров реконструкции.

$m \quad \tau.$

τ [16].

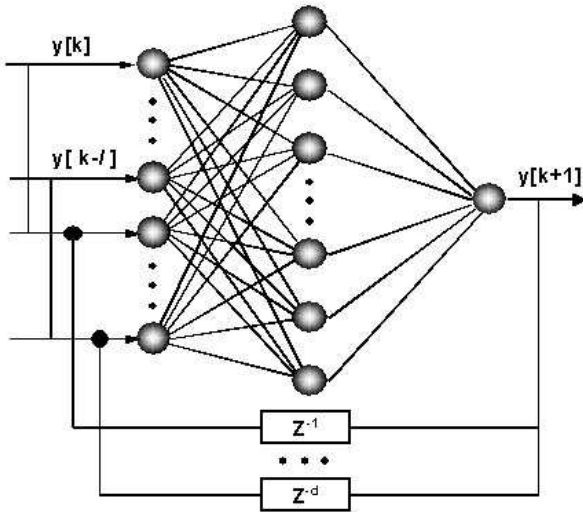


Рис. 11. Нейронная сеть, реализующая одношаговый прогноз

e.

TrainNetwork,

. 12

230

45

80,

— 15,

150

А

В

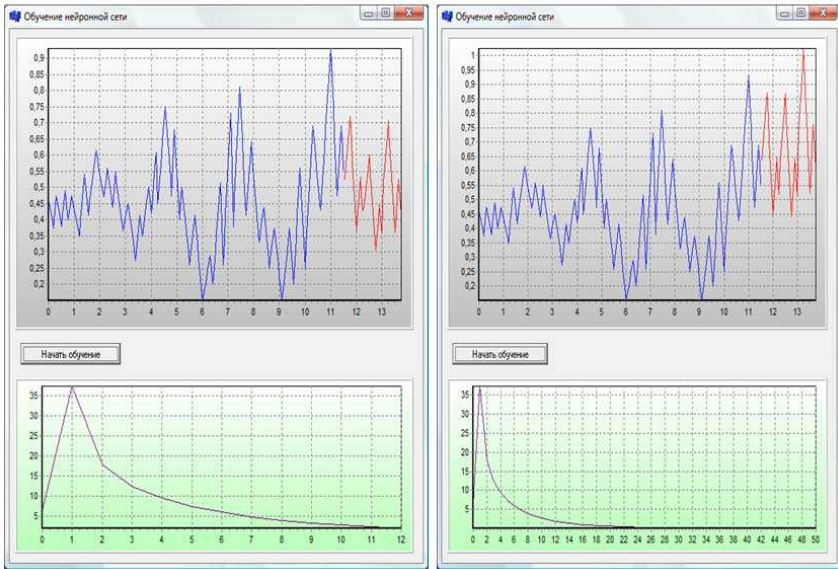


Рис. 12. Результаты нейропрогноза на 12-м (А) и 50-м (В) цикле обучения

CalcOutput,

(), [29].

ANSYS (.13).

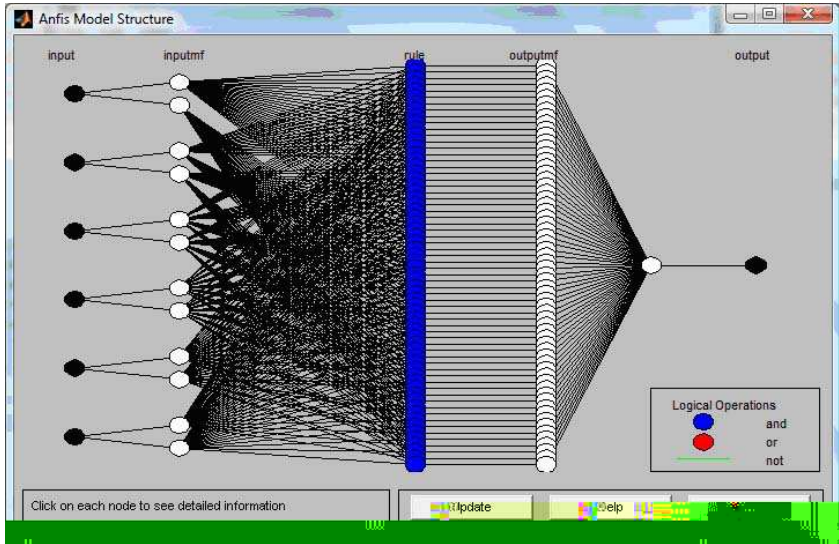


Рис. 13. Нейронечеткая модель, обеспечивающая прогнозирование поведение ДО на волнении при контроле посадки ЛА

Нелинейные эффекты и сценарии развития хаоса в диссипативных динамических средах

Динамический хаос в нелинейных диссипативных системах

() () ,
.
[47].
() () .
(),
(.14).

(.14).

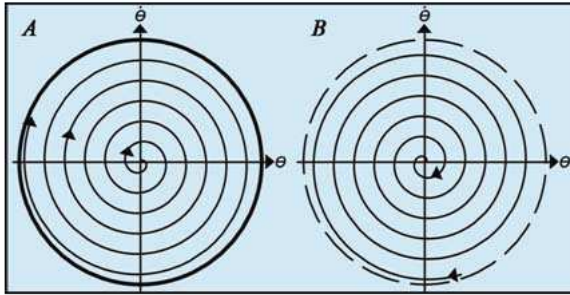


Рис. 14. Формирование предельного цикла при воздействии группы волн

$$(h_w)_{CR}, \theta_{\max}.$$

(.14).

.15).

[4]

[31]

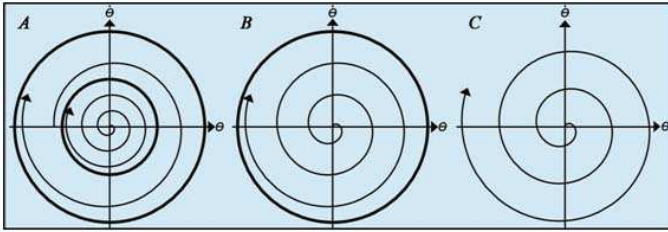


Рис. 15. Возникновение (A) и потеря устойчивости цикла (B), (C)

()
)

,

(

,

,

-

-

-

-

Уравнение Дуффинга

уравнение Дуффинга [27].

$$f(x) = \begin{pmatrix} f_1(x) \\ f_2(x) \\ f_3(x) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x_2 \\ -x_1^3 - kx_2 + B \cos x_3 \\ 1 \end{pmatrix} \quad (30)$$

k B .

$$\frac{\partial f_1}{\partial x_1} + \frac{\partial f_2}{\partial x_2} + \frac{\partial f_3}{\partial x_3} = -k < 0. \quad (31)$$

(30)

$$A = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 \\ -3x_1^2 & -k & -B \sin x_3 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} \quad (32)$$

$$B = 10, k = 0, 1 \quad (30) \quad .16.$$

[19, 27, 42],

[41, 42].

$$\mu x^3, a$$

$$\mu_1 x^3 - \mu_2 x^5.$$

$$x'' + kx' - x + \mu x^3 = f_0 \cos \omega t, \quad (33)$$

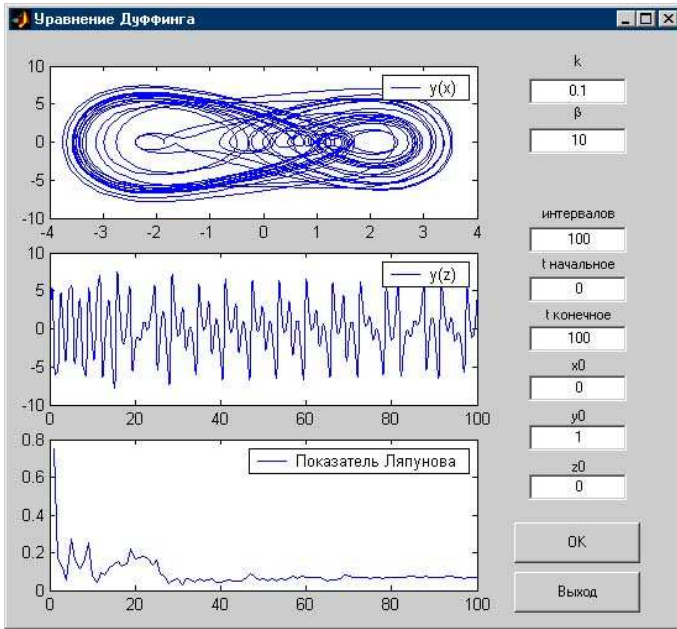


Рис. 16. Аттрактор и показатель Ляпунова для системы Дуффинга

$$x'' + kx' - x + \mu_1 x^3 - \mu_2 x^5 = f_0 \cos \omega t, \tag{34}$$

k —

; ω —

Обобщенное уравнение Матье

[41, 42].

([31]),

:

$$x'' + kx' + (h + \Delta h \cos \omega t)x + \mu x^3 = 0, \tag{35}$$

$$x'' + kx' + (h(x) + \Delta h(x) \cos \omega t)x = 0, \quad (36)$$

$$h(x) = \Delta h(x) - \quad (13).$$

$$(35)$$

$$k = k^*.$$

$$k < k^*$$

$$\omega/2,$$

$$(36).$$

$$(35) \quad (36)$$

$$.17 \quad 18.$$

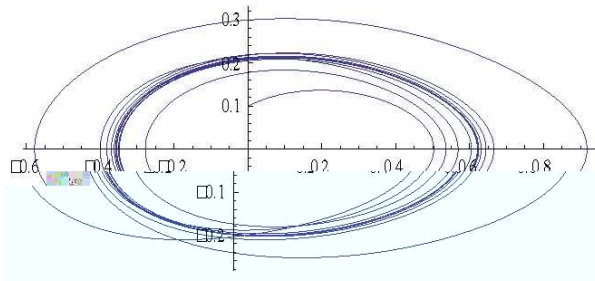


Рис. 17. Фазовый портрет хаотических колебаний, порождаемых на основе модели (35) при наличии начального крена

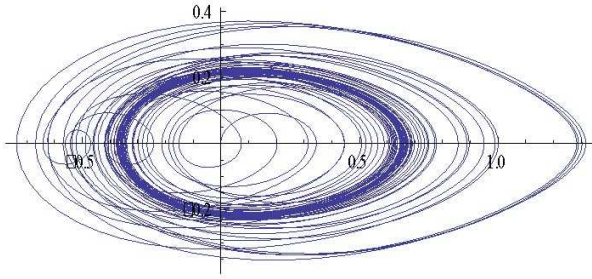


Рис. 18. Фазовый портрет хаотических колебаний, характеризующий формирование странного аттрактора на основе модели (36)

Сценарии перехода к хаосу и управление в хаотических системах

• [35],

• [39].

[46]

фуркационных диаграмм.

()

()

(.19).

()

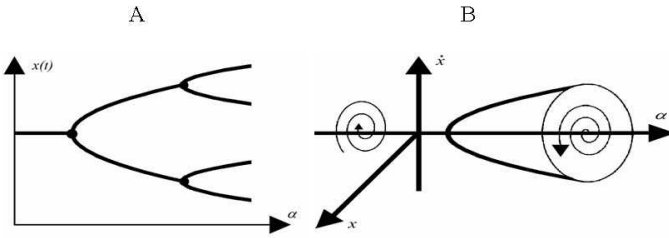


Рис. 19. Бифуркационные диаграммы: А — бифуркация типа вил (переход из состояния с одним устойчивым положением равновесия в состояние с двумя устойчивыми точками); В — бифуркация Хопфа (переход от устойчивой спирали к колебаниям на предельном цикле)

(33) (36) [27]. .20 -
 : -
 (.20), -
 (.20 ,); -
 (.20D) (.20). -
 [27]. ,
 перемежаемости (.21).
 1,
 2 (.21).
 [41, 42], ,
 , -
 , -

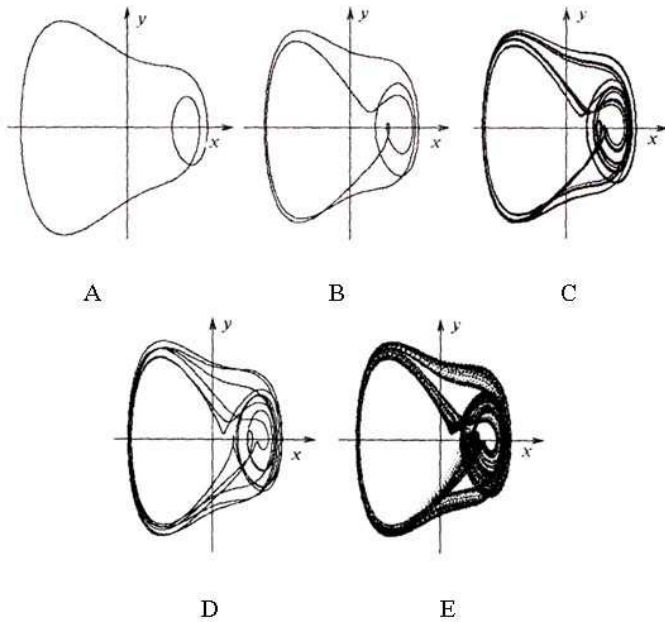


Рис. 20. Динамический хаос в нелинейной системе Дуффинга

[38]

[40]

с

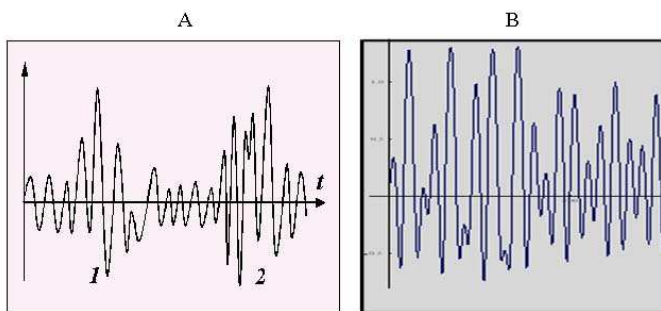


Рис. 21. Возникновение хаоса перемежаемого типа: А — модель Дуффинга (классический алгоритм); В — модель Матье при наличии начального крена (нейросетевой алгоритм)

[3].

Управление в самоорганизующихся системах

[3, 5, 27–29].

[17]

диаграмму переходов

$$(16).$$

$$W = \langle S, R, A, B, L \rangle, \tag{37}$$

$S -$; $R -$ $r_{ij} = (s_i, s_j), i \neq j$
 $j, A -$; $B -$
 $(a_i, s_i) \quad l_{ij} = (b_i, s_j) \quad l_{ij} = (a_i, a_j); i \neq j, a_j \in A, b_j \in B. \quad l =$

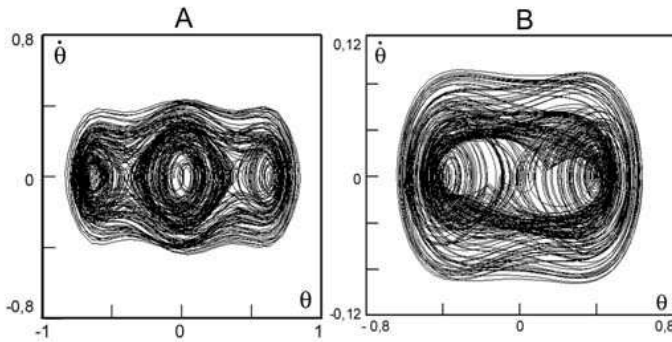


Рис. 22. Фазовые портреты трехстабильной (А) и бистабильной (В) динамических систем

[9, 13]

(. 22),

$(n+1) \quad n-$

поверхность сепаратрис,
(.23).

« »

()

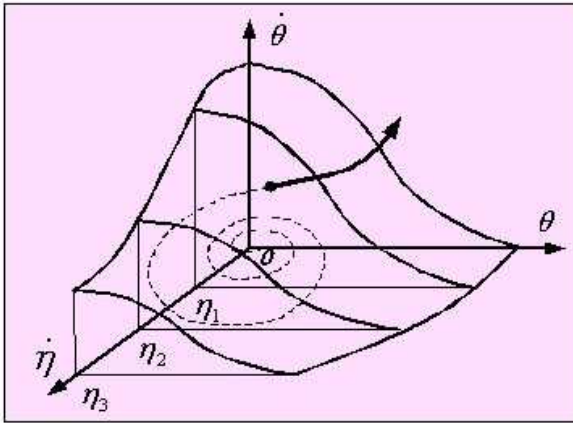


Рис. 23. Фазовая траектория и поверхность сепаратрис в трехмерном пространстве (черной точкой отмечен момент пересечения фазовой траекторией поверхности сепаратрис)

[17,42].

).

.
 , , ()
 () .
 ,
 « »
 ,
 .
 ,
 .
 ,
 .

Управление в нестандартных ситуациях

« »
 (broaching) [13, 22, 43].
Брочинг —
 « »
 ,
 о .
 .
 ,
 [43]. .24
 « »
 « »
 « -
 » (-
),

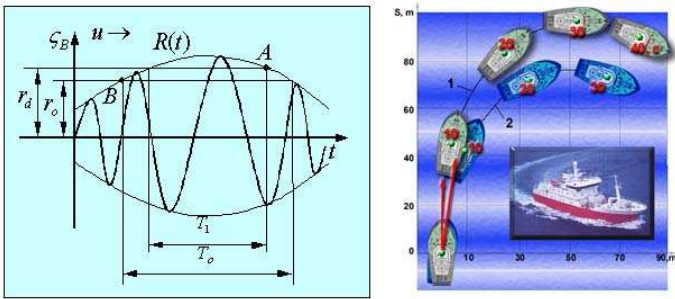


Рис. 24. «Захват» (слева) и неуправляемый разворот ДО (справа) при воздействии группы нерегулярных волн: А — начало, В — выход из состояния «захвата»

« »

[43].

: «

».

Нейросетевые модели управления

[1]

[25].

[8, 12, 32].

5 × 5.

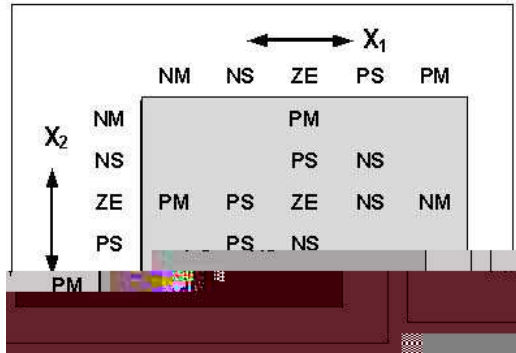


Рис. 25. Алгоритм управления при контроле динамики объекта

$$X_1, X_2, dX_1/dt, dX_2/dt \quad (26) \quad Y.$$

X_1, X_2, dX_1, dX_2 , Y

[26].

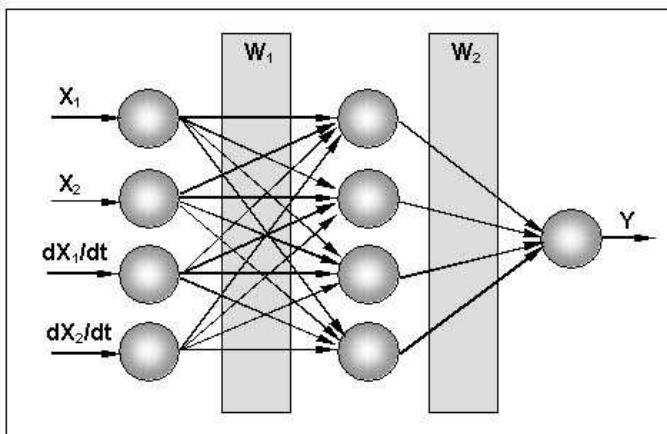


Рис. 26. Нейронная сеть, обеспечивающая управление ДО в экстремальной ситуации

Парадоксы, возникающие при моделировании динамики сложных объектов

[29].

Парадокс «идеальных» норм.

$$\frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^0 \left[-\frac{(\varphi - \bar{\varphi})^2}{2\sigma_x^2} \right] d\varphi = 0 \quad \sigma \rightarrow 0; \quad (38)$$

$$\varphi_i = \left(\frac{Z_g - Z_{CR}}{Z_G} \right) 100; \quad \sigma = \sqrt{\sum \frac{(\varphi_i - \bar{\varphi})^2}{N-1}}, \quad \bar{\varphi} = \frac{1}{N} \sum \varphi_i,$$

$Z_g, Z_{CR} -$

Парадокс нулевой вероятности.

... ()
 (10^{-4} , ...
 (1-10)· 10^{-4}),
 « »
 « »
 ()
).

Парадоксы законов распределения.

$P_0 \rightarrow 1.$

$$\theta^* = \sum \theta_i / N$$

$$\lim P(|\theta^* - \theta| < \varepsilon) = 1, \forall \theta$$

$$E(\theta^*) = 0$$

$$\sum (\theta - \theta^*)^2$$

Парадокс выбора границ критерия.

(.27).

$$X^* = X_0 (X_0 + \varepsilon \quad X_0 - \varepsilon)$$

$$X = \pm \varepsilon$$

$$X_{1-\alpha}, X_\alpha \quad \beta (\alpha - \quad)$$

$$X_q \quad \beta, \quad 1 - \beta$$

$$\alpha$$

Парадоксы компьютерной реализации.

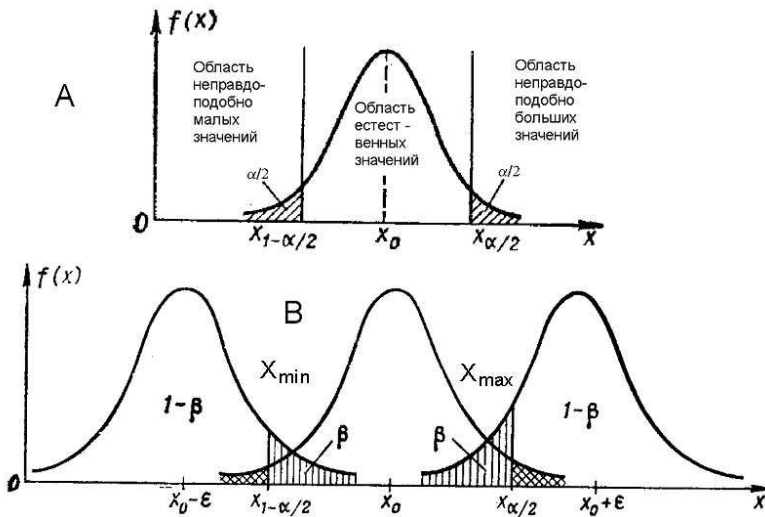


Рис. 27. Ошибки, допускаемые при практическом использовании критериев: X_0 – нормируемая характеристика; (X_{max}, X_{min}) – область фактического изменения X ; A – области нулевой и альтернативной гипотез; B – области, соответствующие ошибке второго рода

Заключение

Литература

1. *Аверкин А. Н., Батыришин А. Н., Блищун А. Ф., Силов В. Б., Тарасов В. Б.* -
Д. А. Поспелова. - : , 1986. / .
2. *Аксак Н. Г., Тыхун А. Ю.* -
//
, 2006, . 10-17. -
3. *Андриевский Б. Р., Фрадков А. Л.* : //
Автоматика и телемеханика. - 4. 2004, . 3-34.
4. *Андронов А. А., Витт С., Хайкин С. Э.* . - : , 1981.
5. *Анищенко В. С., Владиславова Т. Е., Астахов В. В.* -
. - , 1999.
6. *Арнольд В. И.* . - : , 1990.
7. *Борисов Ю. Ю.* // *Ав-*
томатизация и современные технологии. - 7, 2007, . 32-37.
8. *Бородай И. К., Нецветаев Ю. А.* . - : -
, 1969.
9. . 1.
2. . 3.
. - : , 2006, 2008.
10. *Брусов В. С., Тюменцев Ю. В.* -
// .5-
« -1999». . 1999. 2, . 190-201. -
11. *Васильев В. И., Жернаков С. В., Уразбахтина Л. Б.* -
// *Нейрокомпьютеры: разработка, приме-*
нение. - 1, 2001, . 37-43.
12. *Галушкин А. И.* . - : , 2000.
13. / . .
Ю. И. Нечаева. - - : , 2001.
14. *Капица С. П., Курдюмов С. П., Малинецкий Г. Г.* -
. - : , 1997.
15. *Красовский А. А.* // *Автоматика и*
телемеханика. - 1990, 11.

16. *Лесных В. Ю.* // -
SCM-2007. - . 2007. .1, .199–202.
17. *Лоскутов А. Ю., Михайлов А. С.* . – .: , 1990.
18. *Малинецкий Г. Г., Потапов А. Б.* .
– .: , 2002.
19. *Магницкий Н. А.* -
// *Нелинейные процессы в динамических системах.* – 1, .1, 2007, .18–39.
20. *Макаренко Н. Г.* // .5- -
« -2003». . – .: -
, 2003, .86–148.
21. *Неймарк Ю. И., Ланда П. С.* . – .:
, 1987.
22. *Нечаев Ю. И.* .
. – .: , 1989.
23. *Нечаев Ю. И.* -
// .4- « -2002».
– .: . 2002. . 1, .114–163.
24. *Нечаев Ю. И.* // .5- -
« -2003». – .: . -
. 2, .119–179.
25. *Нечаев Ю. И.* // *Нейрокомпьютеры: разработка, применение.* – 9. 2005,
.22–31.
26. *Нечаев Ю. И.* -
// *Нейрокомпьютеры: разработка, применение.* – 6. 2006, .60–69.
27. *Нечаев Ю. И.* а
// «
». . - . 2007,
.385–390.
28. *Нечаев Ю. И.* -
// -
« -2008».
2, .: . 2008, .97–164.

29. Нечаев Ю.И.

- «...» -2009». ... 2009, ... 209–278.
30. ... 3- ... , 1985.
31. Хаяси Т. ... , 1968.
32. Уоссермен Ф. ... , 1992.
33. Boukhanovsky A., Degtyarev A., Lopatoukhin L., Rozhkov V. Stable states of wave climate: applications for risk estimation. Proceedings of the International conference STAB'2000, Launceston, Tasmania, Australia, February, 2000, vol. 2, pp. 831–846.
34. Brusov V.S., Tiumentsev Yu. V. High performance aircraft flight control based on artificial neural networks // Proc. of the RRDPAE-96. Warsaw, 1997, pp. 97–100.
35. Fegenbaum N.J. Quantitative universality for a class of nonlinear transformation // *J. Stat. Phys.*, 1978, vol. 19, pp. 25–52.
36. France W., Levadou M., Treakle T.W., Paulling J.R., Michel R.K., Moore K. An investigation of head-sea parametric rolling and its Influence on Container Lashing Systems // SNAME Annual Meeting 2001, pp. 1–24.
37. Kan M. Chaos and fractals in nonlinear rolling and capsizing of damaged ships // Proceeding of International Symposium «Ship stability in a Seaway»: Stability, Maneuverability, Nonlinear approach. Kaliningrad. 1993. Vol. 2, No. 2. – pp. 1–19.
38. Kimiaghalam B., Homaifar A., Bikdash M. Pedulation suppression of a shipboard crane using fuzzy controller // Proceedings of American Control Conference (ACC'99), San Diego, California, 1999, pp. 586–590.
39. Manneville P., Pomeau Y. Different ways to turbulence in dissipative dynamical systems // *Physica*. – 1980. Vol 1D, p. 219.
40. Mitsubori K., Aihara K. Delayed-feedback control of chaotic roll motion of a flooded ship in waves // Proceedings of conference RLA. 2002, pp. 2801–2813.
41. Nechaev Yu. I. Determined chaos in the phase portrait of ships dynamic in a seaway // Proc. of International Workshop «On the problems of physical and mathematical modeling». OTRADNOYE-93. Vol. 2, pp. 143–145.
42. Nechaev Yu. I. Mathematical modeling, chaos and fractals in real time systems // Report on the third International congress on industrial and applied mathematics. Edinburg. Scotland. 1999. Paper 23.
43. Nechaev Yu. I., Zavyalova O.P. Criteria basis for estimation of capsizing danger in broaching extreme situation for irregular following waves // Proceedings of international conference STAB-2003. Madrid. Spain. 2005. Paper 12.

44. *Nechaev Yu., Degtyarev A., Anischenko O.* Ships dynamic on Wave- Breaking condition // Proceedings of the 9th International conference on stability and ocean vehicles SATAB-2006. Rio de Janeiro. Brazil. 2006, pp. 409–417.
45. *Richards R. A.* Application of multiple artificial intelligence techniques for an aircraft carrier landing decision support tool
URL: www.shai.com
46. *Ruelle D., Takens F.* On the nature of turbulence // *Commun. Math. Phys.* – 1971, Vol. 20(3), pp. 167–192.
47. *Shuster H. G.* Deterministic chaos. – Physik-Verlag: Weinheim, 1984.
48. *Takens F.* Lectures notes in mathematics. Vol. 898. – N.Y. Springer. 1981, pp. 366–381.
49. *Winston P. N.* Artificial intelligence. – Addison Wesley Publishing Company. USA, 1993.
50. *Zadeh L.* Fuzzy logic, neural networks and soft computing // *Commun. of the ASM.* – 1994. Vol. 37, No. 3, . 77–84.

Юрий Иванович НЕЧАЕВ,

-
-
-
-
-
-
-
-