Space Dynamic Systems: A Time-Domain Perspective // International Journal of Innovating Computing, Information and Control. 2008. – Vol. 4.– No.7. – P. 1553-1566. **15.** Сайт статистики: http://epp.eurostat.ec.europa.eu/.

Надійшла до редколегії 23.10.2012

УДК 519.87

Ідентифікація параметрів задач оптимізації слабоформалізованих систем / О. М. Назаренко, **М. В. Карпуша //** Вісник НТУ «ХПІ». Серія «Математичне моделювання в техніці та технологіях». –Харків: НТУ «ХПІ».–2012.– №54(960). – С.140-150.– Бібліогр.: 15 назв.

Предложен метод идентификации слабоформализованных систем с целью дальнейшей оптимизации. Рассмотрена задача статической оптимизации, в которой для спецификации целевой функции использована транслогарифмичная функция, а для построения системы ограничений - линейные функциональные формы. Апробация построенных алгоритмов проведена на данных временных рядов реальных макроэкономических систем.

Ключевые слова: модели экономики, слабоформализованная система, идентификация параметров, оптимизация макроэкономики.

In the paper we suggested a method of identification weakly-formalized systems in the problem of static optimization. For the specification of the objective function used translog function, and for building a system of constraints used linear functional forms. The approbation of the developed algorithm has been performed using real statistical data of real macroeconomic systems.

Key words: economic model, weakly formalization system, parameter identification, optimization of macroeconomics.

УДК 519.21

З.Ф. НАЗИРОВ, канд. фіз.-мат. наук, доц., ХНУ ім. В.Н. Каразіна;
Н.В ЧЕРЕМСЬКА, канд. техн. наук, ст. викл., НТУ «ХПІ»

ПРО ОДИН КЛАС НЕСТАЦІОНАРНИХ ВЕКТОРНОЗНАЧНИХ ВИПАДКОВИХ ФУНКЦІЙ

Введено клас векторнозначних випадкових функцій, який є аналогом майже стаціонарних в широкому сенсі скалярних випадкових процесів UBLS. Реалізовано гільбертів підхід до вивчення одного класу векторнозначних випадкових функцій. Розробка кореляційної теорії такого класу випадкових функцій може бути перспективною для розв'язання багатовимірних прикладних задач.

Ключові слова: випадкові функції, кореляційна теорія, статистична не стаціонарність.

Вступ. Існує великий клас прикладних задач, для яких є характерною *статистична нестаціонарність*. Наприклад, поширення хвиль у турбулентній атмосфері, при дослідженні електромагнітних хвиль, які поширюються поблизу земної кулі або в іоносфері, аналізі задачі загасання або зростання по верхневих хвиль сильною турбулентністю, що створюється об'єктом, який рухається, та інші. При розв'язанні таких задач використання моделей стаціонарних випадкових процесів або однорідних випадкових полів призводить до певних похибок. Тому виникає необхідність у розробці кореляційної теорії широкого класу нестаціонарних векторнозначних випадкових функцій, що була б перспективною для розв'язання прикладних задач, для яких статистична нестаціонарність або неоднорідність відповідних статистичних даних є істотною [1,2,3,4].

Аналіз останніх досліджень. Випадкові процеси і послідовності, для яких виконується умова

$$M\left|\sum_{k=1}^{N} a_k \xi\left(t_k+\tau\right)\right|^2 \leq CM\left|\sum_{k=1}^{N} a_k \xi\left(t_k\right)\right|^2$$

або в термінах *кореляційних функцій*

$$\sum_{j,l=1}^{N} K\left(t_j+\tau, t_l+\tau\right) a_j \overline{a_l} \leq C \sum_{j,l=1}^{N} K\left(t_j, t_l\right) a_j \overline{a_l}$$

(для послідовностей t_j, t_l, τ – це невід'ємні цілі) розглядались в роботі [5].

Клас таких процесів в [5] названо UBLS (uniformly bounded linearly stationary: однорідно обмежені лінійно стаціонарні). Дослідження цих процесів тісно пов'язано з лінійними оберненими перетвореннями у відповідному *гільбертовому просторі* H_ξ, в який занурюється випадковий процес. При цьому випадковій функції відповідає крива або послідовність (дискретний час) в гільбертовому просторі.

В роботі [6,7,8] розповсюджено результати роботи [5] на деякі класи неоднорідних випадкових полів та лінійні перетворення випадкових функцій. Щодо векторного аналога UBLS процесів, то він не досліджувався.

Постановка задачі. Викликає зацікавленість розповсюдження результатів роботи [5] на деякі класи векторнозначних випадкових процесів і послідовностей. Введення класу векторнозначних випадкових процесів і послідовностей, який є аналогом майже стаціонарних в широкому сенсі випадкових процесів UBLS, може привести до результативної кореляційної теорії векторнозначних нестаціонарних випадкових функцій.

Розв'язання. Нехай

$$\xi(t,\omega) = (\xi_1(t,\omega),\ldots,\xi_m(t,\omega)) \in \mathbb{R}_m \;\; \omega \in \Omega,$$

де Ω – імовірнісний простір – векторнозначних випадковий процес з математичним сподіванням $M\,\xi\left(t,\omega\right)=0$ і кореляційною матрицею з елементами

$$K_{\alpha\beta}\left(\xi_\alpha(t,\omega),\xi_\beta(t,\omega)\right)=M\xi_\alpha(t,\omega)\overline{\xi_\beta(t,\omega)}\,.$$

Надалі індекс ω у позначенні векторнозначного випадкового процесу $\xi(t,\omega)$ не писатимемо. Якщо у випадку

$$(\xi_1(t,\omega),\ldots,\xi_m(t,\omega))\in\mathbb{R}_m$$

кореляційна матриця неперервна, то $\xi(t)$ можна занурити в гільбертів простір

$$H_\xi=\overline{\underset{\alpha,k}{V}C_\alpha\xi(t_k)}\,.$$

Тоді елементи кореляційної матриці можна зобразити як скалярний добуток у гільбертовому просторі

$$K_{\alpha\beta}(t,s)=\left\langle x_\alpha(t),x_\beta(s)\right\rangle_{H_\xi},$$

де $x(t)$ – векторнозначна функція у гільбертовому просторі H_ξ, що відповідає початковому процесу $\xi(t,\omega)$ [9].

Векторнозначний випадковий процес $\xi(t)$ називатимемо *квазіоднорідним*, якщо

$$M\left|\sum_{j=1}^{N}\sum_{k=1}^{m}a_{kj}\xi_k\left(t_j+\tau\right)\right|^2\le\chi M\left|\sum_{j=1}^{N}\sum_{k=1}^{m}a_{kj}\xi_k\left(t_j\right)\right|^2, \tag{1}$$

де $0<\chi<\infty$. Для стаціонарних випадкових процесів нерівність (1) переходить в рівність та $\chi=1$.

В термінах кореляційних матриць (1) переходить в нерівність

$$\sum_{j,l=1}^{N}\sum_{p,q=1}^{m}K_{pq}\left(t_j+\tau,t_l+\tau\right)a_{pj}\overline{a_{ql}}\le\chi\sum_{j,l=1}^{N}\sum_{p,q=1}^{m}K_{pq}\left(t_j,t_l\right)a_{pj}\overline{a_{ql}}$$

або термінах відповідної векторної кривої:

$$\sum_{j,l=1}^{N}\sum_{p,q=1}^{m}\left\langle x_p\left(t_j+\tau\right),x_q\left(t_l+\tau\right)\right\rangle_{H_\xi}a_{pj}\overline{a_{ql}}\le\chi\sum_{j,l=1}^{N}\sum_{p,q=1}^{m}\left\langle x_p\left(t_j\right),x_q\left(t_l\right)\right\rangle_{H_\xi}a_{pj}\overline{a_{ql}} \tag{2}$$

Клас таких процесів або відповідних їм кривих у гільбертовому просторі H_ξ позначатимемо G_{qs}.

Теорема 1. *Нехай* $\xi(t)=\left(\xi_1(t),\ldots,\xi_m(t)\right)\in\mathbb{R}_m$ *і належить класу* G_{qs}. *Тоді*

$$y(t)=Bx(t)=\left(Bx_1(t),\ldots,Bx_m(t)\right)\ \textit{належить класу}\ G_{qs},$$

де $x(t)$ *– векторна крива в гільбертовому просторі* H_ξ*, що відповідає початковому процесу* $\xi(t)$*, а* B *– лінійний оборотний обмежений оператор.*

Доведення. Нехай $\xi(t)=(\xi_1(t),\ldots,\xi_m(t))\in G_{qs}$. З (1) витікає, що існує стала $\chi>0$ така, що

$$M\left|\sum_{j=1}^{N}\sum_{k=1}^{m}a_{kj}\xi_k\left(t_j+\tau\right)\right|^2\leq\chi M\left|\sum_{j=1}^{N}\sum_{k=1}^{m}a_{kj}\xi_k\left(t_j\right)\right|^2.$$

Вкладемо $\xi(t)$ у гільбертів простір H_ξ. Отримаємо векторну криву $x(t)=(x_1(t),\ldots,x_m(t))$. Розглянемо лінійні перетворення в

$$H_\xi: y(t)=Bx(t)=\left(Bx_1(t),\ldots,Bx_m(t)\right).$$

З того що B є обмеженим і лінійним витікає, що

$$\left\|\sum_{j=1}^{N}\sum_{k=1}^{m}a_{kj}y_k\left(t_j+\tau\right)\right\|^2=\left\|\sum_{j=1}^{N}\sum_{k=1}^{m}a_{kj}Bx_k\left(t_j+\tau\right)\right\|^2\leq\|B\|^2\left\|\sum_{j=1}^{N}\sum_{k=1}^{m}a_{kj}x_k\left(t_j+\tau\right)\right\|^2\leq$$

$$\leq\|B\|^2\chi\left\|\sum_{j=1}^{N}\sum_{k=1}^{m}a_{kj}x_k\left(t_j\right)\right\|^2=\|B\|^2\chi M\left|\sum_{j=1}^{N}\sum_{k=1}^{m}a_{kj}\xi_k\left(t_j\right)\right|^2.$$

Але, $x_l(t)=B^{-1}\eta_l(t)$ і, отже,

$$M\left|\sum_{j=1}^{N}\sum_{k=1}^{m}a_{kj}x_k\left(t_j\right)\right|\leq\left\|B^{-1}\right\|^2M\left|\sum_{j=1}^{N}\sum_{k=1}^{m}a_{kj}\eta_k\left(t_j\right)\right|^2.$$

Тобто $y(t)$ належить класу G_{qs}. Теорема доведена.

Теорема 2. *Нехай $y(t)$ – векторна крива у гільбертовому просторі H_ξ, яка належить класу G_{qs}, та*

$$y(t)=(T_t^{(1)}y_1(0),\ldots,T_t^{(m)}y_m(0)),\ t\in\mathbb{R}_1,\ \text{де}\ T_t^{(i)}\quad\left(i=1,\ldots,m\right)$$

– відповідні однопараметричні групи операторів.

Тоді існує стаціонарна векторна крива $x(t)=(x_1(t),\ldots,x_m(t))$ в H_ξ, така що

$$y(t)=Bx(t)=\left(Bx_1(t),\ldots,Bx_m(t)\right).$$

Доведення. За *узагальненою теоремою Надя* [10] якщо $T_t^{(i)}$ $\left(i=1,\ldots,m\right)$ обмежені в сукупності на всій дійсній осі, то існує обмежений разом з оборотним оператор B такий, що $B^{-1}T_t^{(i)}B=U_t$, де U_t – унітарний оператор.

Розглянемо векторну стаціонарну криву

$$x(t)=\left(U_tB^{-1}y_1(0),\ldots,U_tB^{-1}y_m(0)\right)\ \text{в}\ H_\xi.$$

Тоді $y(t) = Bx(t) = \left(Bx_1(t), \ldots, Bx_m(t)\right)$. Теорема доведена.

Теорема 3. *Нехай*

$$\xi_\alpha(n) = \sum_{k=-\infty}^{\infty} \sum_{\beta=1}^{m} h_{\alpha\beta}(n-k) g(k) Z_\beta(k), \ (\alpha = 1, \ldots, m), \tag{4}$$

де

$$MZ_\beta(k) = 0, \ MZ_\alpha(k)\overline{Z_\beta(j)} = \delta_{\alpha\beta}\delta_{kj}, \text{ тобто } \left(Z_1(n), \ldots, Z_m(n)\right)$$

– векторний дискретний білий шум, а для скалярної функції $g(k)$ *існують дві константи* C_1 *і* C_2 *такі, що*

$$C_1 \le \left|g(k)\right|^2 \le C_2.$$

Тоді $x_\alpha(n)$ *належить класу* G_{qs}, *де* $x_\alpha(n)$ *– векторна послідовність в гільбертовому просторі* H_ξ, *що відповідає початковій послідовності* $\xi_\alpha(n)$, *та*

$$x_\alpha(n) = \sum_{k=-\infty}^{\infty} \sum_{\beta=1}^{m} h_{\alpha\beta}(n-k) g(k) u_\beta(k), \text{ де } \left\langle u_\alpha(k), u_\beta(j)\right\rangle = \delta_{\alpha\beta}\delta_{kj}.$$

Доведення. За означенням $x_\alpha(n)$ маємо:

$$M\left|\sum_{j=1}^{N}\sum_{k=1}^{m} a_{kj}\xi_\alpha\left(n_j+\tau\right)\right|^2 = \sum_{j,l=1}^{N}\sum_{p,q=1}^{m}\left\langle x_p\left(n_j+\tau\right), x_q\left(n_l+\tau\right),\right\rangle a_{pj}\overline{b_{ql}} =$$

$$= \sum_{j,q=1}^{N}\sum_{k,p=1}^{m} a_{kj}\overline{b_{pq}}\, M\xi_\alpha\left(n_j+\tau\right)\overline{\xi_\gamma\left(n_q+\tau\right)} =$$

$$= \sum_{k=-\infty}^{\infty}\left|g(k+\tau)\right|^2 \sum_{j,q=1}^{N}\sum_{k,p=1}^{m} a_{kj}\overline{b_{pq}}\, h_{\alpha\beta}\left(n_j-k\right)\overline{h_{\gamma\rho}\left(n_q-k\right)}.$$

Через те, що

$$\sum_{j,q=1}^{N}\sum_{k,p=1}^{m} a_{kj}\overline{b_{pq}}\, h_{\alpha\beta}\left(n_j-k\right)\overline{h_{\gamma\rho}\left(n_q-k\right)} = \left|\sum_{j=1}^{N}\sum_{k=1}^{m} a_{kj}\, h_{\alpha\beta}\left(n_j-k\right)\right|^2 \ge 0$$

та

$$\left|g(k+\tau)\right|^2 = \frac{\left|g(k+\tau)\right|^2\left|g(k)\right|^2}{\left|g(k)\right|^2} \le C_2C_1^{-1}\left|g(k)\right|^2,$$

маємо:

$$M\left|\sum_{j=1}^{N}\sum_{k=1}^{m}a_{kj}\xi_\alpha\left(n_j+\tau\right)\right|^2\le C_2C_1^{-1}\left|g\left(k\right)\right|^2\sum_{j,q=1}^{N}\sum_{k,p=1}^{m}a_{kj}\overline{b_{pq}}\,h_{\alpha\beta}\left(n_j-k\right)\overline{h_{\gamma\rho}\left(n_q-k\right)}=$$

$$=M\left|\sum_{j=1}^{N}\sum_{k=1}^{m}a_{kj}\xi_\alpha\left(n_j\right)\right|^2.$$

Отже, $x_\alpha\left(n\right)$ *належить класу* G_{qs}. Теорема доведена.

Теорема 4. *Нехай векторнозначний випадковий процес* $\xi\left(t\right)$ *має вигляд*

$$\xi_\alpha\left(t\right)=\int_{-\infty}^{\infty}h_{\alpha\beta}\left(t-s\right)g\left(s\right)d_pZ_p\left(s\right),$$

де $Z_p\left(s\right)$ *– поле з ортогональними приростами та*

$$M\left(\Delta_1Z_p\overline{\Delta_2Z_p}\right)=\begin{cases}0,\ p\ne q\\ d_ps,\ p=q\end{cases},\ \text{де}\ \Delta_kZ_p=Z_p\left(s_k+\Delta s_k\right)-Z_p\left(s_k\right),\quad k=1,2,$$

а для скалярної функції $g\left(s\right)$ *існують дві константи* C_1 *і* C_2 *такі, що*

$$C_1\le\left|g\left(s\right)\right|^2\le C_2.$$

Тоді $x\left(t\right)\in G_{qs}$ *де* $x\left(t\right)$ *– векторнозначний процес в гільбертовому просторі* H_ξ, *що відповідає початковому процесу* $\xi_\alpha\left(t\right)$.

Доведення. Маємо

$$M\left|\sum_{j=1}^{N}\sum_{k=1}^{m}a_{kj}\xi_\alpha\left(t_j+\tau\right)\right|^2=\sum_{j,q=1}^{N}\sum_{k,p=1}^{m}a_{kj}\overline{b_{pq}}\,M\xi_\alpha\left(t_j+\tau\right)\overline{\xi_\gamma\left(t_q+\tau\right)}=$$

$$=\int_{-\infty}^{\infty}\left|g\left(s+\tau\right)\right|^2\left|\sum_{j=1}^{N}\sum_{k=1}^{m}a_{kj}h_\alpha\left(t_j-s\right)\right|^2d_ps.$$

Через те, що

$$\sum_{j,q=1}^{N}\sum_{k,p=1}^{m}a_{kj}\overline{b_{pq}}\,h_{\alpha\beta}\left(t_j-s\right)\overline{h_{\gamma\rho}\left(t_q-s\right)}=\left|\sum_{j=1}^{N}\sum_{k=1}^{m}a_{kj}\,h_{\alpha\beta}\left(t_j-s\right)\right|^2\ge0$$

та

$$\left|g\left(s+\tau\right)\right|^2=\frac{\left|g\left(s+\tau\right)\right|^2\left|g\left(s\right)\right|^2}{\left|g\left(s\right)\right|^2}\le C_2C_1^{-1}\left|g\left(s\right)\right|^2,$$

отримуємо:

$$M\left|\sum_{j=1}^{N}\sum_{k=1}^{m}a_{kj}\xi_\alpha\left(t_j+\tau\right)\right|^2=\int_{-\infty}^{\infty}C_2C_1^{-1}\left|g\left(s\right)\right|^2\left|\sum_{j=1}^{N}\sum_{k=1}^{m}a_{kj}h_\alpha\left(t_j-s\right)\right|^2d_ps=$$

$$=M\left|\sum_{j=1}^{N}\sum_{k=1}^{m}a_{kj}\xi_\alpha\left(s_j\right)\right|^2$$

Отже, відповідна векторна крива $x\left(t\right)$ належить класу G_{qs}. Теорема доведена.

Нехай $\xi(t)=(\xi_1(t),\ldots,\xi_m(t))\in G_{qs}$ – стаціонарний векторнозначний процес в гільбертовому просторі. Тоді $\xi_k(t)\quad(k=\overline{1,n})$ мають вигляд

$$\xi_k\left(t\right)=e^{itA}\xi_{0k}=\int_{-\infty}^{\infty}e^{it\lambda}d\eta_k\left(\lambda\right),$$

де

$$A=A^*;\,\Delta\eta_k\left(\lambda\right)=\Delta E_\lambda\xi_{0k};\,\Delta F_{kl}\left(\lambda\right)=M\,\Delta\eta_k\left(\lambda\right)\overline{\Delta\eta_l\left(\lambda\right)}=\left\langle\Delta F_\lambda\xi_{0k},\Delta F_\lambda\xi_{0l}\right\rangle_{H_\xi}.$$

Кореляційна функція залежить від різниці аргументів,

$$K_{\alpha\beta}\left(t,s\right)=\int_{-\infty}^{\infty}e^{i(t-s)\lambda}dF_{kl}\left(\lambda\right).$$

У випадку скінченновимірного гільбертового простору H_ξ, E_λ – функція скінченної кількості стрибків, а відповідна стаціонарна крива в гільбертовому просторі має вигляд $\xi(t)=(\xi_1(t),\ldots,\xi_m(t))$, де

$$\xi_k\left(t\right)=\sum_{l=1}^{n}e^{it\lambda_l}\xi_{kl},\ \left\langle\xi_{\alpha l},\xi_{\beta m}\right\rangle_{H_\xi}=0\ \text{при}\ \alpha\neq\beta,l\neq m.$$

Тобто стаціонарна векторна випадкова крива має вигляд (спектральний розклад)

$$\xi_k\left(t,\omega\right)=\sum_{l=1}^{n}e^{it\lambda_l}\xi_{kl}\left(\omega\right),\ \text{а}\ M\xi_{kl}\left(\omega\right)\overline{\xi_{mp}\left(\omega\right)}=0,\quad k\neq m,l\neq p.$$

Теорема 5. *Нехай $y\left(t\right)=\left(y_1\left(t\right),\ldots,y_m\left(t\right)\right)$ – векторна крива у гільбертівому просторі H_ξ, $\dim H_\xi=n<\infty$. Крива $y(t)$ належить класу G_{qs} тоді та тільки тоді, якщо*

$$y_k\left(t\right)=\sum_{l=1}^{n}e^{it\lambda_k}h_{kl}\ ,\tag{5}$$

де $\left\{h_{kl}\right\}_{k=\overline{1,m},l=\overline{1,n}}$ – некорельовані випадкові величини.

Доведення. Якщо $y_k(t)$ мають вигляд (5), то користуючись *процесом ортогоналізації Грама-Шмідта*, отримаємо, що

$$h_{kl} = \sum_{\alpha,\beta=1}^{n,m} B_{kl} e_{\alpha\beta} \text{ , де } e_{\alpha\beta} \text{ – ортогональний базис.}$$

Тоді $y(t) = Bx(t)$, де

$$x_k(t) = \sum_{l=1}^{n} e^{it\lambda_k} e_{kl}. \quad (6)$$

Зауважимо що $\left\langle e_{\alpha\beta}, e_{kj} \right\rangle = \delta_{\alpha k}\delta_{\beta j}$ – некорельовані випадкові величини.

Рівність (6) показує, що $x(t) = (x_1(t), \ldots, x_m(t))$ – це стаціонарна крива в гільбертовому просторі H_ξ, $\dim H_\xi = n < \infty$.

Обернене твердження витікає з теореми 2. Теорема 5 доведена.

Теорема 6. *Нехай некорельовані векторні випадкові процеси* $\xi^{(1)}(t)$ *і* $\xi^{(2)}(t)$ *належать класу* G_{qs}. *Тоді*

$$\eta(t) = \xi^{(1)}(t) + \xi^{(2)}(t)$$

також належить класу G_{qs}.

Доведення. Нехай випадкові процеси $\xi^{(1)}(t)$ *і* $\xi^{(2)}(t)$ належать класу G_{qs}, тоді існують дві константи $C_1 > 0$ *і* $C_2 > 0$ такі, що

$$M\left|\sum_{j=1}^{N}\sum_{k=1}^{m} a_{kj}\xi_k^{(n)}\left(t_j+\tau\right)\right|^2 \le C_n M\left|\sum_{j=1}^{N}\sum_{k=1}^{m} a_{kj}\xi_k^{(n)}\left(t_j\right)\right|^2, \quad n = 1, 2.$$

Дійсно,

$$M\left|\sum_{j=1}^{N}\sum_{k=1}^{m} a_{kj}\eta_k\left(t_j+\tau\right)\right|^2 \le C_1 M\left|\sum_{j=1}^{N}\sum_{k=1}^{m} a_{kj}\xi_k^{(1)}\left(t_j\right)\right|^2 + C_2 M\left|\sum_{j=1}^{N}\sum_{k=1}^{m} a_{kj}\xi_k^{(2)}\left(t_j\right)\right|^2 \le$$

$$\le CM\left|\sum_{j=1}^{N}\sum_{k=1}^{m} a_{kj}\eta_k\left(t_j\right)\right|^2,$$

де $C = \max(C_1, C_2)$. Отже, $\eta(t)$ належить класу G_{qs}. Теорема доведена.

Висновки. Таким чином, підхід, запропонований в [6] та розвинутий в [6,7], можна використати при дослідженні деяких класів векторнозначних випадкових процесів і послідовностей. Відзначимо, що лінійні перетворення векторної кривої у відповідному гільбертовому просторі приводять до деяких нових класів нестаціонарних векторних випадкових процесів і послідовностей та дозволяють моделювати кореляційні матриці-функції таких випадкових процесів і послідовностей.

Список літератури: **1.** *Алексеев Г.Л., Белоброва М.В.* Восстановление профиля характеристики коэффициента преломления тропосферы по корреляционным функциям поля // Радиофизика и электроника: Сб. научн. тр. НАН Украины, ин-т им. А.Я. Усикова. – Харьков, 2005. – Т. 10. – №1. – С.70-75. **2.** *Боев А.Г.* О гашении поверхностных волн сильной турбулентностью // Физика атмосферы и океана. – 1971. –Т.VII. – №1. – С. 50-59. **3.** *Бурмака В.П., Костров Л.С., Черногор Л.Ф.* Статистические характеристики сигналов доплеровского ВЧ радара при зондировании средней атмосферы возмущенной стартами ракет и солнечным терминатором // Радиофизика и радиоастрономия. – 2003. – Т.8. – №2. – С.143-162. **4.** *Лысенко В.Н.* Измерение параметров ионосферы средством корреляционной обработки некогерентного рассеянного сигнала // Радиофизика и электроника. Сб. научн. тр. НАН Украины, ин-т им. А.Я. Усикова. – Харьков, 2002. – Т. 7.–№1.–С.82-88. **5.** *Dag Tjostheim and Jonh B.Thomas* Some Properties and Examples of Random Processes that Are Almost Wide Sense Stationary // IEEE Trans. on Information Theory, v.21. – №3, 1975. – P.257-262. **6.** *Назиров З.Ф., Черемська Н.В., Янцевич А.А.* Про один клас неоднорідних випадкових полів // Вісник НТУ «ХПІ». Тематичний випуск «Математичне моделювання в техниці та технологіях».–Харків: НТУ «ХПІ».–2011.–№13.–С.146-153. **7.** *Назиров З.Ф., Черемська Н.В., Янцевич А.А.* Лінійні перетворення дискретних випадкових полів // Вісник НТУ «ХПІ». Тематичний випуск «Математичне моделювання в техниці та технологіях».–Харків: НТУ «ХПІ». –2012.–№2.–С.172-179. **8.** *Назиров З.Ф., Черемська Н.В.* Дилатації випадкових полів // Вісник НТУ «ХПІ». Тематичний випуск «Математичне моделювання в техниці та технологіях». – Харків: НТУ «ХПІ».–2011.–№13.–С.146-153. **9.** *Розанов Ю.А.* Стационарные случайные процессы // М.: Физмат. гиз, 1963. – 284 с. **10.** *Аббауи Л.* Об одном классе неоднородных случайных полей // Вестн. Харьк. ун-та. Сер. Механика, теория управления и математическая физика. – Харьков, 1984. – № 254. – С.49-53.

Надійшла до редколегії 22.10.2012

УДК 519.21

Про один клас нестаціонарних векторнозначних випадкових функцій / З. Ф. Назиров, Н. В. Черемська // Вісник НТУ «ХПІ». Серія «Математичне моделювання в техніці та технологіях». – Харків: НТУ «ХПІ». – 2012. – № 54(960). – С.150-158. – Бібліогр.: 10 назв.

Вводится класс векторнозначных случайных функций, являющихся аналогом почти стационарных в широком смысле случайных скалярных процессов UBLS. Реализован гильбертов подход к изучению одного класса векторнозначных случайных функций. Разработка корреляционной теории такого класса случайных функций может быть перспективной для решения многомерных задач.

Ключевые слова: случайные функции, корреляционная теория, статистическая нестационарность.

In this paper we introduce a class of vector-valued scalar random functions that are analogous to almost wide-sense stationary random processes UBLS. In work carried Hilbert approach to the study of a class of vector-valued random functions. Development of the correlation theory of random functions of this class may be promising for the solution of problems.

Key words: random functions, correlation theory, statistical nonstationary.