

14. Фалько, В. В. Екологічний ризик для людини від забруднення атмосферного повітря (теоретична оцінка): [монографія] / В. В. Фалько, С. З. Поліщук, А. В. Токовенко (Артамонова). – Дніпропетровськ: Економіка, 2014. – 194 с.

Falko V. V., Polishchuk S. Z., Tokovenko (Artamonova) A. V., *Ekologichnyy ryzyk dlya lyudyiny vid zabrudnennya atmosfernogo povitrya (teoretychna otsinka)* [Ecological risk for a human from air pollution (theoretical assessment)], 2014, p.194.

15. Фалько, В. В. Анализ экологического риска для человека от группы точечных источников выбросов / В. В. Фалько, В. Ю. Зинченко // Охорона довкілля: зб. наук. статей XI Всеукраїнських Таліївських читань. – Х.: ХНУ ім. В. Н. Каразіна, 2015. – С. 96–100.

Falko V. V., Zinchenko V. Yur., *Analiz ekologicheskogo riska dlya cheloveka ot gruppy tochechnykh istochnikov vybrosov* [Ecological risk analysis for a human from a group of emissions point sources]. *Okhorona dovkillya: zb. nauk. statey XI Vseukrayinskykh Taliyivskiyh chytan'* [Natural Environment Protection: Collection of Articles of XI All-Ukrainian Taliyiv Readings], 2015, pp. 96-100

*Статья рекомендована к публикации в журнале «Доклады Академии наук Украины», проф. Л. С. Савин (Украина),
Статья поступила в редколлегию 18.09.2015*

Хазан, В. Б. Визначення екологічної безпеки на підставі дослідження системи екологічних ризиків [Електронний ресурс] / В. Б. Хазан, П. В. Хазан // Екологія і природокористування. – 2013. – Вип. 16. – С. 64–70. – Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/j-pdf/ecolpr_2013_16_10/pdf

Khazan V. B., Khazan P. V., *Vyznachennya ekologichnoyi bezpeky na pidstavi doslidzhennya systemy ekologichnykh ryzykiv* [Ecological safety determination on the base of ecological risks survey]. *Ekologiya ta pryrodokorystuvannya* [Ecology and Nature Management], 2013, issue 16, pp. 64-70, *Rezhym dostupu: http://nbuv.gov.ua/j-pdf/ecolpr_2013_16_10/pdf*

16. Цуца, Н. М. Екологічний ризик [Електронний ресурс] / Н. М. Цуца // Кваліологія книги. – 2014. – № 2. – С. 70–73 – Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/j-pdf/Kk_2014_2_16/pdf

Tsutsa N. M., *Ekologichnyy ryzyk* [Ecological risk]. *Kvalilogiya knygy* [Qualilogy of a Book], 2014, issue 2, pp. 70-73, *Rezhym dostupu: http://nbuv.gov.ua/j-pdf/Kk_2014_2_16/pdf*

УДК 519.254

РЕГУЛЯРИЗАЦІЯ ЧАСТКОВИХ ОПИСІВ ПРИ ЕВОЛЮЦІЙНОМУ ПОШУКУ РІШЕНЬ НА ОСНОВІ САМООРГАНІЗАЦІЇ

ІРОДОВ В. Ф.¹, *д.т.н., проф.*
БАРСУК Р. В.², *аспірант*

¹ Державний вищий навчальний заклад: “Придніпровська Державна Академія Будівництва та Архітектури”, кафедра теплотехніки та газопостачання, вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпропетровськ, Україна, e-mail: vfirodov@i.ua, ORCIDID: 0000-0001-8772-9862.

² Державний вищий навчальний заклад: “Придніпровська Державна Академія Будівництва та Архітектури”, кафедра теплотехніки та газопостачання, вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпропетровськ, Україна, e-mail: Falazar@yandex.ru, ORCIDID: 0000-0002-9666-7496.

Анотація. Мета. У роботі розглядається метод самоорганізації, розроблений А. Г. Івахненко. Для побудови математичної моделі, за допомогою цього методу потрібна невелика кількість експериментальних даних. Це є великою перевагою при дослідженні складних систем, у тому числі перехідних режимів різних процесів. При побудові математичної моделі цим методом, повний опис моделі об'єкту замінюється декількома частковими описами. Відомо, що ускладнення цих описів дає більш точнішу модель системи. Параметри часткових описів можуть входити нелінійно. Для визначення цих параметрів запропоновано використати регуляризацію. **Методика.** У статті наведено загальний метод самоорганізації математичних моделей. Побудову моделі описано з використанням параметрів, які входять нелінійно. У якості критерію обрано критерій незміщеності. Отримання параметрів залежить від розділення вхідних даних. Запропоновано розділяти точки експериментальних даних випадковим процесом. Для визначення параметрів часткових описів застосовується алгоритм еволюційного пошуку. Процес випадкового розділення точок відображений у самому алгоритмі. **Результати.** Запропонований метод самоорганізації побудови математичної моделі по експериментальним даним, у якому для визначення параметрів часткових описів застосовується алгоритм еволюційного пошуку за двома критеріями. Побудовано алгоритм цього пошуку. Він відрізняється від існуючих тим, що розділення експериментальних точок ведеться випадковим способом. Значення параметрів часткових описів представляється у якості математичного очікування. **Наукова новизна.** Запропонований новий метод самоорганізації математичного моделювання, у якому будуються часткові описи за допомогою еволюційного пошуку у процесі регуляризації. **Практична значимість.** Завдяки використанню такого способу побудови математичних моделей, можна збільшити якість моделювання. Особливо це стосується складних систем та процесів, які все більше підлягають моделюванню.

Ключові слова: індуктивний метод самоорганізації моделей складних систем; еволюційний пошук; алгоритм; критерій незміщеності; частковий опис

РЕГУЛЯРИЗАЦИЯ ЧАСТИЧНЫХ ОПИСАНИЙ ПРИ ЭВОЛЮЦИОННОМ ПОИСКЕ РЕШЕНИЙ НА ОСНОВЕ САМООРГАНИЗАЦИИ

ИРОДОВ В. Ф.¹, *д.т.н., проф.*
БАРСУК Р. В.², *аспирант*

¹ Государственное высшее учебное заведение: “Приднепровская Государственная Академия Строительства и Архитектуры”, кафедра теплотехники и газоснабжения, ул. Чернышевского, 24-а, 49600, Днепропетровск, Украина, e-mail: vfirodov@i.ua, ORCIDID: 0000-0001-8772-9862.

² Государственное высшее учебное заведение: “Приднепровская Государственная Академия Строительства и Архитектуры”, кафедра теплотехники и газоснабжения, ул. Чернышевского, 24-а, 49600, Днепропетровск, Украина, e-mail: Falazar@yandex.ru, ORCIDID: 0000-0002-9666-7496.

Аннотация. Цель. В работе рассматривается метод самоорганизации, разработанный А. Г. Ивахненко. Для построения математической модели с помощью этого метода нужно небольшое количество экспериментальных данных. Это является большим преимуществом при исследовании сложных систем, в том числе переходных режимов разных процессов. При построении математической модели этим методом, полное описание модели объекта заменяется несколькими частичными описаниями. Известно, что усложнение этих описаний даёт более точную модель системы. Параметры частичных описаний могут входить нелинейно. Для определения этих параметров предложено использовать регуляризацию. **Методика.** В статье приведён общий метод самоорганизации математических моделей. Построение модели описано с использованием параметров, которые входят нелинейно. В качестве критерия выбран критерий несмещённости. Получение параметров зависит от разделения входных данных. Поэтому, предложено разделять точки экспериментальных данных случайным процессом. Определение параметров частичных описаний используется алгоритм эволюционного поиска. Процесс случайного разделения точек отображен в самом алгоритме. **Результаты.** Предложен метод самоорганизации построения математической модели по экспериментальным данным, в котором для определения параметров частичных описаний используется алгоритм эволюционного поиска по двум критериям. Построен алгоритм этого поиска. Он отличается от существующих тем, что разделение экспериментальных точек ведётся случайным способом. Значения параметров частичных описаний представляется в качестве математического ожидания. **Научная новизна.** Предложен новый метод самоорганизации математического моделирования, в котором строятся частичные описания с помощью эволюционного поиска в процессе регуляризации. **Практическая значимость.** Благодаря использованию такого способа построения математических моделей, можно увеличить качество моделирования. Особенно это касается сложных систем и процессов, которые всё больше подвергаются моделированию.

Ключевые слова: индуктивный метод самоорганизации моделей сложных систем; эволюционный поиск; алгоритм; критерий несмещённости; частичное описание

REGULARIZATION PARTIAL DESCRIPTION IN EVOLUTIONARY SEARCH FOR SOLUTIONS AT SELF-ORGANIZATION

IRODOV V. F.¹, *Dr. Sc. (Tech.), Prof.*
BARSUKR.V.², *Post Grad. St.*

¹State Higher Education Establishment “Pridneprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture”, Department of Heat Engineering and gas supply, Chernishevskogo str. 24-A, Dnipropetrovsk 49600, Ukraine, e-mail: vfirodov@i.ua, ORCIDID: 0000-0001-8772-9862.

²State Higher Education Establishment “Pridneprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture”, Department of Heat Engineering and gas supply, Chernishevskogo str. 24-A, Dnipropetrovsk 49600, Ukraine, e-mail: Falazar@yandex.ru, ORCIDID: 0000-0002-9666-7496.

Abstract. Purpose. The paper deals with self-organizations method developed by A. G. Ivahnenko. For building mathematical model by this method it is necessary experimental data small amount. It is big advantage in complex systems study, including transient modes different processes. For constructing mathematical models by this method, there is full description of object model replaced by several partial descriptions. It well known that this descriptions complexity gives systems more accurate model. Partial description parameters may include nonlinear. There is proposing for determining these parameters using regularization. **Methodology.** There are general methods of mathematical models self-organization are gives in the article. Models construction is describe with using parameters that including nonlinear. There is unbiased criterion selected as criterion. Parameters obtaining is depends of input data division. It is propose divide experimental data point by random search. For determining partial description parameters using evolutionary search algorithm. Points random search process displayed in the algorithm. **Findings.** There is proposing self-organization method for mathematical method based on experimental data which contain evolutionary search algorithm for determining partial description parameters. Algorithm of this search is constructed. It differs from existing by random division of experimental points. Partial description parameters value is present as mathematical expectation. **Originality.** There is

proposed new self-organization method for mathematical modeling which build partial description by evolutionary search in regularization process. **Practical value.** It is possible modeling quality increasing by this method of constructing mathematical model using. Especially it concerns of complex systems and processes that are more and more expose for modeling.

Keywords: inductive method of self-organization models of complex systems; evolutionary search; algorithm; unbiasedness criterion; partial description

Постановка задачі

Відомий метод самоорганізації математичних моделей, розроблений А. Г. Ивахненко [1 - 3]. Цей метод дозволяє будувати модель об'єкта дослідження із малою кількістю вхідних даних.

У цьому методі повний опис об'єкту замінюється частковими описами. Процедура побудови моделі виглядає як послідовність використання часткових описів, які дають можливість за рахунок суперпозиції ускладнювати математичні моделі до знаходження моделі оптимальної складності. Усі експериментальні точки розділяються на дві послідовності – навчальну та перевіірочну. Точки навчальної послідовності використовуються для отримання значень параметрів часткових описів, а точки перевіірочної послідовності – для відбору часткових описів за додатковим критерієм регуляризації. При цьому значення параметрів часткових описів отримуються тільки при використанні одного критерію – критерію відповідності часткового опису точкам навчальної послідовності, тобто без регуляризації. Це може приводити до дефектів моделювання.

Ставилась задача використати принцип регуляризації при побудові часткових описів, а саме при визначенні значень параметрів цих описів. Запропоновано зробити процедуру побудови часткових описів таким чином, щоб він включав у собі процес регуляризації. Пошук параметрів здійснюється за допомогою еволюційного алгоритму.

Аналіз літератури

Метод самоорганізації математичних моделей має подальший розвиток [13]. Також є роботи з використанням еволюційного пошуку [14, 12].

З використанням регуляризації Тихонова можна ознайомитися у таких роботах [6 - 9, 11].

Невирішені питання

Для опису математичної моделі у самоорганізації важливим є форма часткових описів. При цьому вони можуть входити нелінійно. Метод регуляризації можна використати для побудови часткових описів у процесі самоорганізації моделювання по експериментальним даним.

Мета статті

Для самоорганізації математичних моделей, а саме для знаходження часткових описів, бажано використати метод регуляризації. Згідно [1]

загальна схема алгоритмів самоорганізації має викладений нижче вигляд.

Повний опис об'єкту має вигляд:

$$\varphi = f(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n) \quad (1)$$

Замінюється декількома рядами *часткових описів*:

Перший ряд селекції:

$$y_1 = f(x_1, x_2); \quad (2)$$

$$y_2 = f(x_1, x_3); \quad (3)$$

.....

$$y_s = f(x_{n-1}, x_n), \quad (4)$$

де: $s = c_n^2$.

Другий ряд селекції:

$$z_1 = f(y_1, y_2); \quad (5)$$

$$z_2 = f(y_1, y_3); \quad (6)$$

....

$$z_p = f(y_{s-1}, y_s); \quad (7)$$

и т.д.,

де: $p = c_s^2$.

Регуляризація часткових описів при еволюційному пошуку рішень

Будову схеми алгоритму самоорганізації математичних моделей можна представити у вигляді блок-схеми, представленої на Рис. 1.

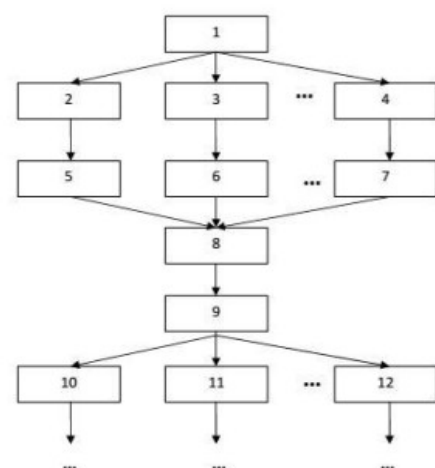


Рис. 1. Блок-схема побудови алгоритму самоорганізації математичних моделей з використанням регуляризації /

Block-diagram of mathematical models self-organization using regularization

Нижче наведено пояснення до блок-схеми:

1 – 1-ий ряд селекції;

2 – 3 загальної початкової вибірки експерименту

$X_{навч}^1$ будується таблиця експериментальних даних $X_{навч}^1$ аргументів $(x_1; x_2)$ і функція y_1 , які пов'язані через параметри $\{a_1^1; a_2^1; \dots; a_N^1\}$, і модель буде мати вигляд:

$$y_1 = f(x_1, x_2) \quad (8)$$

3 – 3 загальної навчальної вибірки експерименту

$X_{навч}^2$ будується таблиця експериментальних даних $X_{навч}^2$ аргументів $(x_1; x_3)$ і функція y_2 , які пов'язані через параметри $\{a_1^2; a_2^2; \dots; a_N^2\}$, і модель буде мати вигляд:

$$y_2 = f(x_1, x_3) \quad (9)$$

4 – 3 загальної навчальної вибірки експерименту

$X_{навч}^S$ будується таблиця експериментальних даних $X_{навч}^S$ аргументів $(x_{n-1}; x_n)$ і функція y_S , які пов'язані через параметри $\{a_1^S; a_2^S; \dots; a_N^S\}$, і модель буде мати вигляд:

$$y_S = f(x_{n-1}, x_n) \quad (10)$$

5, 6, 7 – Знаходження параметрів часткових описів з використанням регуляризації.

8 – Відбір “ p ” кращих моделей за критерієм S_2 ;

9 – 2-ий ряд селекції;

10, 11, 12 – 3 загальної навчальної вибірки експерименту $X_{навч}$, будуються таблиця експериментальних даних $X_{навч}^1, X_{навч}^2, \dots, X_{навч}^S$ аргументів $(y_1; y_2), (y_1; y_3)$ і т.д. $(y_{n-1}; y_n)$ і функції z_1, z_2, \dots, z_S . Далі алгоритм повторюється, як на першому ряду селекції.

Розглянемо, як розвиваючи підхід [5], можна знаходити параметри часткового опису з використанням регуляризації.

Нехай потрібно відновити деяку функцію:

$$y = y(x) \quad (11)$$

де:

$x = \{x^i\}, i=1,2,\dots,n-$ за експериментальними даними $\{x_i; y_i\}, i=1, \overline{N}$;

N – загальне число експериментальних точок.

Будемо шукати наближення цієї функції через константи $\{a_1; a_2; \dots; a_k\}$, які входять нелінійно:

$$y=f(x, a_1, a_2, \dots, a_k) \quad (12)$$

де:

f – відома функція.

Задача зводиться до визначення констант $\{a_1; a_2; \dots; a_k\}$ по експериментальній інформації $i=1, \overline{N}$.

Така задача може вирішуватися із застосуванням регуляризації. У якості стабілізатора обрано критерій незміщеності. Задля цього уся сукупність експериментальних точок ділиться на дві послідовності:

I – навчаюча, з номерами i_1, i_2, \dots, i_m ;

J – перевірна, з номерами точок j_1, j_2, \dots, j_m .

Вони не мають спільних точок та $m \geq k$.

Складаються дві системи рівнянь:

$$y_i=f(x, a_1, a_2, \dots, a_k), \quad (13)$$

$i = i_1, i_2, \dots, i_m$

$$y_i=f(x, a_1, a_2, \dots, a_k) \quad (14)$$

$i = j_1, j_2, \dots, j_m$

Визначаються константи $\{a_1; a_2; \dots; a_k\}$ спочатку із умови мінімуму середньоквадратичної похибки:

$$R_1 = \sum_i [y_i - f(x, a_1, a_2, \dots, a_k)]^2 \rightarrow \min \quad (15)$$

Позначаються $\{a_{j1}\}, \{a_{j2}\}$ рішення, які задовольняють умові (15) для точок навчаючої та перевіркової послідовностей відповідно.

Критерій незміщеності представимо у вигляді:

$$R_2 = \frac{\sum_{j=1}^k (a_j - a_{j1})^2}{\sum_{j=1}^k a_{j1}^2} + \frac{\sum_{j=1}^k (a_j - a_{j2})^2}{\sum_{j=1}^k a_{j2}^2} \rightarrow \min \quad (16)$$

Припустимо, що $\{a_j^{(1)}\}$ – рішення, яке задовольняє (16). Це рішення залежить від способу розділення усієї сукупності експериментальних точок на навчаючу та перевірку послідовності.

При іншому розділенні точок на навчаючу та перевірку послідовності, отримуємо інше рішення – $\{a_j^{(2)}\}$, при третьому – $\{a_j^{(3)}\}$ і т.д. Можна зробити висновок, що процес розділення точок на дві послідовності є випадковим процесом. Тоді визначимо шукане рішення $\{a_j^0\}$ як математичне очікування:

$$\{a_j^0\} = M\{a_j^{(i)}\} \quad (17)$$

Таким чином, цей підхід полягає у проведенні двох послідовних мінімізацій (15) та (16) та розрахунку шуканого рішення у вигляді (17). Цей підхід можна реалізувати за допомогою еволюційного алгоритму випадкового пошуку.

Пошук параметрів відбувається еволюційним пошуком [4, 10], який має вигляд:

$$X_{jk} = S(G(X_{jk-1})) \quad (18)$$

$j = 1, \overline{N_B}, k = 1, 2, \dots$

де:

$S(X)$ – функція вибору, яка має вигляд:

$$S(X) = \{x \in X | \forall y \in [X \setminus S(X)], xR_S y\}, \quad (19)$$

Функція генерації має вигляд:

$$G(X) = XUG_H(X) \quad (20)$$

де:

$$G_H(X) = \{y \in \Omega | \exists x \in X, yR_G x, \mu_{R_G}(x, y) > 0\}, \quad (21)$$

де:

R_G – відоме нечітке відношення (генерації) з функцією належності:

$$\mu_{R_G}(x, y) : \Omega \times \Omega \rightarrow [0, 1] \quad (22)$$

На Рис.2 наведена блок-схема цього алгоритму.

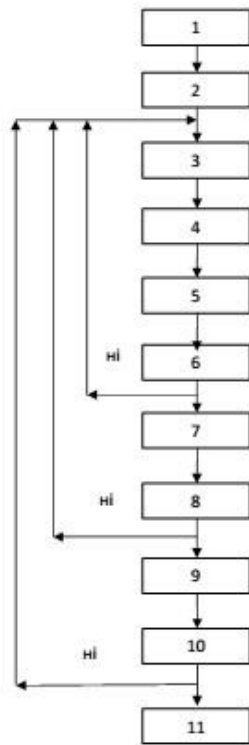


Рис.2. Блок-схема еволюційного алгоритму випадкового пошуку /

Block-diagram evolutionary algorithm random search

Пояснення до блок-схема Рис.2:

- 1- початок;
- 2- генерація можливих рішень-наборів $\{a_{jl}\}$, $l=1, \bar{N}_e, j=1, \bar{k}$;
- 3- виділення випадковим чином двох послідовностей експериментальних точок $I=\{i_1, i_2, \dots, i_m\}$, $J=\{j_1, j_2, \dots, j_m\}$ та відбір

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Ивахненко, А. Г. Принятие решений на основе самоорганизации / А. Г. Ивахненко, Ю. П. Зайченко, В. Д. Димитров // Советское радио. Москва. 1976. 128с
Ivahnenko A. G., Zaychenko Yu. P., Dimitrov V. D. *Prinyatie resheniy na osnove samoorganizacii*. [Making decision based on self-organization] Soviet radio. Moscow. 1976. 128 p
2. Ивахненко, А. Г. Индуктивный метод самоорганизации моделей сложных систем / А. Г. Ивахненко // Наукова думка. Киев. 1982. 29с
Ivahnenko A. G. *Induktivniy metod samoorganizacii modeley slognih system*. [The inductive method of self-organization models of complex systems] Naukova Dumka. Kiev. 1982. P.29
3. Ивахненко, А. Г. Самоорганизация прогнозирующих моделей / А. Г. Ивахненко, Й. А. Мюллер // Техника. Киев. 1985. 71 с

допоміжних рішень $\{a_{j1}\}$, $\{a_{j2}\}$, які краще задовольняють умові (21), для послідовностей I та J ;

4- розрахунок цільових функцій R_2 відповідності з (16);

5- відбір N_k кращих рішень за критерієм R_2 ;

6- аналіз, при якому визначається можливість виродження рішень після схрещування. Якщо виродження є, то розрахунок повертається до пункту №3 цього алгоритму;

7- розрахунок чергового наближення для $\{a_j^0\}$ у відповідності з (17);

8- аналіз, при якому визначається моделювання усіх гілок N_e еволюції рішень. Якщо не всі гілки змодельовані, то розрахунок повертається до пункту №3 цього алгоритму;

9- розрахунок розмірів середньоквадратичного відхилення випадкового пошуку для наступного кроку ітерації;

10- аналіз досягнення заданої точності рішення задачі. Якщо точність не відповідає заданій величині, то розрахунок повертається до пункту №3 цього алгоритму;

11- кінець.

Висновок

Запропонована схема використання регуляризації у еволюційному пошуку параметрів, дає змогу підвищити якість побудови математичної моделі.

Ivahnenko A. G., Muller I. A. *Samoorganizaciya prognoziryushih modeley*. [Self-organization of forecasting models] / Technik. Kiev. 1985. 71 p

4. Иродов, В. Ф. О построении и сходи мости алгоритмов самоорганизации случайного поиска. / В. Ф. Иродов // Автоматика №4. 1987. 34-43 с

Irodov V. F. *O postroenii i shodimosti algoritmov samoorganizacii sluchaynogo poiska*. [The construction and convergence of self-organization algorithms of random search] / Automatic №4. 1987. 34-43 p

5. Иродов, В. Ф. Регуляризация полиномиального приближения функции по критерию несмещенности / В. Ф. Иродов // Киев: ГРНТБ. 1980. №2398. 7с

Irodov V. F. *Regulyarizaciya polinomialnogo priblizheniya funktsii po kriteriyu nesmechenosti*. [Functions approximation regularization on the criterion of unbiasedness] / Kiev: GRNTB. 1980. №2398. 7 p

6. Танана, В. П. Конечноразностная аппроксимация метода регуляризации А. Н. Тихонова n-го порядка / В. П. Танана, С. И. Бельков // Вестник

ЮУрГУ. Серия “Вычислительная математика и информатика”. Vol.4. №1. 2015.86-98 с

Tanana V. P., Belkov S. I. *Konechnoraznostnaya approximaciya ametoda regularizacii A. N. Tihonova n-ogo poryadka*. [Finite difference approximation of the regularization methods of Tikhonov n-th order] / Vestniko fSUSU. Series of “Computational Mathematics and Computer Science”. Vol.4. №1. 2015 86-98 p

7. Тихонов, А. Н. Методы решения некорректных задач / А. Н. Тихонов, В. Я. Арсенин // Наука. Главная редакция физико-математической литературы. 1979. 30 с
Tikhonov A. N., Arsenin V. Ya. *Metodi resheniya nekkorektnih zadach* [Methods of solving incorrect problems] / Science. Home edition of Physical and Mathematical literature. 1979. 30 p

8. Тихонов, А. Н. О задачах с приближеннозаданной информацией. / А. Н. Тихонов // Некорректные задачи естествознания. Издательство Московского Университета. 1987. 8-14с

Tikhonov A. N. *O zadachah s priblizhennozadanoj informaciei* [Problems with approximately specified information] / Ill-posed problems of nature science. Publishing house of the Moscow University. 1987. 8-14 p

9. Dianne, P. O’Leary. Near-optimal parameters for Tikhonov and other regularization methods / Dianne P. O’Leary // SIAM J. Sci. Comput. Vol.23. № 4. P.1161-1171. Zurich. Switzerland. November 7. 2001

Dianne P. O’Leary. Near-optimal parameters for Tikhonov and other regularization methods / SIAM J. Sci. Comput. Vol.23. № 4. P.1161-1171. Zurich. Switzerland. November 7. 2001

10. Irodov, V. F. Self-organization methods for analysis of nonlinear systems with binary choice relations / V. F. Irodov // System Analysis Modeling Simulation. 1995. V. 18-19. 203-206 p

Irodov V. F. Self-organization methods for analysis of nonlinear systems with binary choice relations / System Analysis Modeling Simulation. 1995. V. 18-19. 203-206 p

Статья рекомендована к публикации в журнале «Д-ром.техн.наук, проф. Красовський В. Л. (Україна) и д.т.н., проф. Щербак С. А. (Україна)

Статья поступила в редколлегию 18.09.2015

11. Garda, B. Tikhonov regularization and constrained quadratic programming for magnetic coil design problems / B. Garda, Z. Galias // Int. J. Appl. Math. Comput. Sci. Vol. 24. Cracow. Poland. 2014. 249-257 p

Garda B. Galias Z. Tikhonov regularization and constrained quadratic programming for magnetic coil design problems / Int. J. Appl. Math. Comput. Sci. Vol. 24. Cracow. Poland. 2014. 249-257 p

12. Jun, He. A theoretical assessment of solution quality in evolutionary algorithms for the knapsack problem / Jun He, Boris Mitavskiy, Yuren Zhou // Abeystwyth, U. K. Guangzhou, China. 14 apr. 2014. 15 p

Jun He., Mitavskiy Boris, Zhou Yuren. A theoretical assessment of solution quality in evolutionary algorithms for the knapsack problem / Abeystwyth, U. K. Guangzhou, China. 14 Apr. 2014. 15 p

13. Lemke, Frank. Self-organization modeling for decision support / Lemke Frank // Knowledge Miner Software. Berlin. Germany. ICIM 2013. 172-178 p

Lemke Frank. Self-organization modeling for decision support / Knowledge Miner Software. Berlin. Germany. ICIM 2013. 172-178 p

14. Rajkumari, Bidyalakshmi Devi. Survey on evolutionary computation tech techniques and its application in different fields / Rajkumari Bidyalakshmi Devi, Esha Barlaskar, Oinam Binarani Diva, Smriti Priya Medhi, Reingayung Ronra Shimray // Don Bosco College of Engineering and Technology, Assam Don Bosco University, Guwahati, Assam, India. International Journal on Information Theory. Vol. 3. July 2014. 73-82 p

Rajkumari Bidyalakshmi Devi, Barlaskar Esha, Oinam Binarani Diva, Smriti Priya Medhi, Reingayung Ronra Shimray. Survey on evolutionary computation tech techniques and its application in different fields / Don Bosco College of Engineering and Technology, Assam Don Bosco University, Guwahati, Assam, India. International Journal on Information Theory. Vol. 3. July 2014. 73-82 p

УДК 005.334:614.8

ВДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДІВ АНАЛІЗУ НЕБЕЗПЕК І ВИРОБНИЧОГО РИЗИКУ

КАСЬЯНОВ М. А.^{1*}, д.т.н., проф.,

МЕДЯНИК В. О.², к.т.н., доц.,

ГУНЧЕНКО О. М.³, к.т.н., доц.,

ПРОНІНА Ю. Г.², асистент.

^{1*} Кафедра охорони праці і навколишнього середовища, Київський Національний університет будівництва і архітектури, Повітрофлотський проспект, 31, 03680, Київ, Україна, тел. +38(044)2449614, e-mail: kasyanov_n_a@ukr.net

² Кафедра охорони праці та БЖД, Східноукраїнський національний університет ім. В. Даля, Радянський проспект, 59 а, 93406, Северодонецьк, Україна

³ Кафедра безпеки життєдіяльності та охорони праці, Державний університет телекомунікацій, вул. Солом’янська, 7, 03680, Київ, Україна

Анотація. *Мета.* Аналіз зазначених і інших даних показує, що головну небезпеку у наш час несуть усі види енергії техногенного походження. Тому на передній план виходить необхідність у розробці методичних рекомендацій по дослідженню і вдосконаленню безпеки за допомогою встановлення і вивчення причинно-наслідкових зв’язків та функціональних властивостей