



RS Global
Journals

Scholarly Publisher
RS Global Sp. z O.O.
ISNI: 0000 0004 8495 2390

Dolna 17, Warsaw, Poland 00-773
Tel: +48 226 0 227 03
Email: editorial_office@rsglobal.pl

JOURNAL	World Science
p-ISSN	2413-1032
e-ISSN	2414-6404
PUBLISHER	RS Global Sp. z O.O., Poland
ARTICLE TITLE	ІНФОРМАЦІЙНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ КОНТРОЛЮ ПОТОЧНОГО СТАНУ ІНФОКОМУНІКАЦІЙНОЇ МЕРЕЖІ В УМОВАХ ВПЛИВУ ЗОВНІШНІХ ЗАВАД
AUTHOR(S)	Крючкова Лариса Петрівна, Тарасенко Денис Олександрович
ARTICLE INFO	Kriuchkova L. P., Tarasenko D. O. (2021) Information Support of the Current State Control of Infocommunication Network in Conditions of External Interference Influence. World Science. 8(69). doi: 10.31435/rsglobal_ws/30082021/7653
DOI	https://doi.org/10.31435/rsglobal_ws/30082021/7653
RECEIVED	11 June 2021
ACCEPTED	25 July 2021
PUBLISHED	30 July 2021
LICENSE	 This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License .

© The author(s) 2021. This publication is an open access article.

ІНФОРМАЦІЙНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ КОНТРОЛЮ ПОТОЧНОГО СТАНУ ІНФОКОМУНІКАЦІЙНОЇ МЕРЕЖІ В УМОВАХ ВПЛИВУ ЗОВНІШНІХ ЗАВАД

Д.т.н., **Крючкова Лариса Петрівна**, професор кафедри систем інформаційного та кібернетичного захисту, Державний університет телекомунікацій, м. Київ, Україна, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-8509-6659>

Тарасенко Денис Олександрович, аспірант, Державний університет телекомунікацій, м. Київ, Україна, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-5730-7917>

DOI: https://doi.org/10.31435/rsglobal_ws/30082021/7653

ARTICLE INFO

Received: 11 June 2021
Accepted: 25 July 2021
Published: 30 July 2021

KEYWORDS

infocommunication network, parameters, control, entropy, information.

ABSTRACT

The processes of information support of situational management of infocommunication networks in the conditions of influence of external disturbances are considered in the work. The expediency of using the mathematical apparatus of information theory for the analysis of processes of control of parameters of infocommunication networks is substantiated. It is shown that periodic multiple sequential control of the parameters of the infocommunication network provides determination of the state of the network under the influence of external interference and the probability of its transition to a new state in the near future. The entropy of the controlled process changes with changing quantization step and multiple successive measurements. It is noted that in the case of periodic multiple consecutive control, the object is constantly in transition in terms of information. The entropy value of an object can be considered determined only for some short periods of time between measurements or when information about the object is not received. An important condition for improving the quality of control is to reduce and completely eliminate delays in the information process.

Citation: Kriuchkova L. P., Tarasenko D. O. (2021) Information Support of the Current State Control of Infocommunication Network in Conditions of External Interference Influence. *World Science*. 8(69). doi: 10.31435/rsglobal_ws/30082021/7653

Copyright: © 2021 **Kriuchkova L. P., Tarasenko D. O.** This is an open-access article distributed under the terms of the **Creative Commons Attribution License (CC BY)**. The use, distribution or reproduction in other forums is permitted, provided the original author(s) or licensor are credited and that the original publication in this journal is cited, in accordance with accepted academic practice. No use, distribution or reproduction is permitted which does not comply with these terms.

Постановка проблеми. Одним з ключових напрямків розвитку сучасного суспільства є формування інтегрованого інформаційного простору на основі новітніх інформаційних технологій. Потреба підвищення пропускнуої спроможності та швидкодії інфокомунікаційних мереж постійно зростає. Управління інфокомунікаційними мережами, що функціонують в різних фізичних середовищах і зовнішніх умовах, є дуже важливою проблемою як з позицій розробки системи управління, так і з позицій реалізації управління в процесі функціонування інфокомунікаційної мережі.

Основна складність, що виникає при управлінні інфокомунікаційною мережею, – невизначеність і недостатність апріорної інформації про об'єкт управління, наявність невідомих факторів, що суттєво впливають на його поведінку, і, як наслідок, проблематичність побудови його адекватної аналітичної моделі. Додаткові складнощі виникають при управлінні інфокомунікаційними мережами в умовах впливу зовнішніх завад, створюваних спеціалізованими технічними засобами [1].

Деструктивні впливи спрямовуються на руйнування інформаційних потоків, що циркулюють між елементами мережі; зниження швидкості інформаційного обміну між елементами системи управління, що суттєво збільшує тривалість циклу управління і, як наслідок, знижує ефективність управління мережею; забезпечення достатньо масованого і довготривалого виведення з ладу мережевих технічних засобів.

Створення систем, апріорно орієнтованих для роботи в умовах неповноти інформації, вимагає залучення нетрадиційних підходів до управління із застосуванням методів та технологій штучного інтелекту. Актуальним завданням є розробка науково-обґрунтованих методів і технічних рішень для систем зв'язку, здатних забезпечити завадостійке приймання дискретної інформації в умовах інтенсивного впливу зовнішніх завад, та форм і способів упереджувальної протидії впливам різних дестабілізуючих і деструктивних чинників з боку навколишнього середовища як ненавмисного, так і навмисного характеру. В зв'язку з цим все більш актуальним стає завдання оцінки поточного стану інфокомунікаційної мережі.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Виходячи з сучасних наукових концепцій, процеси керування інфокомунікаційними мережами розгортаються у просторі та часі і нерозривно пов'язані з процесами перетворення речовини, енергії та інформації. Це обумовлює доцільність використання математичного апарату теорії інформації для аналізу процесів автоматизованого контролю та керування [2]. Базовим поняттям теорії інформації є поняття ентропії як міри невизначеності деякої ситуації, математично точний зміст якого випливає з робіт К. Шеннона [3].

Використання поняття ентропії в математиці дозволило отримати ряд значних результатів. Так, в теорії оцінювання шляхом максимізації ентропії встановлені робастність оцінок, досягнення дисперсіями нижньої межі в нерівності Рао-Крамера. Здійснено ряд досліджень та узагальнень ентропії [4-7]. Метод максимуму ентропії застосовано для знаходження функцій розподілу фізичних величин. Ентропійні методи успішно застосовують при моделюванні систем з великим числом рівномірних станів.

Ентропія, як міра різноманітності і організованості системи, перш за все, характеризує ступінь її невизначеності (детермінованості). Система вважається тим більш детермінованою, чим менше значення її ентропії, тобто чим ближче величина H до нуля. Це відбувається в тому випадку, коли одне з можливих станів системи має дуже високу ймовірність (частоту) прояви.

Ентропію також можна розглядати в якості міри розсіювання, і в цьому сенсі вона подібна до статистичного поняття "дисперсія". Але якщо дисперсія є адекватною мірою розсіювання тільки для спеціальних розподілів ймовірностей випадкових величин (зокрема, для розподілу Гауса), то ентропія не залежить від типу розподілу. Крім того, ентропія має і ряд інших корисних властивостей. По-перше, невизначеність будь-якої системи зростає із зростанням числа можливих результатів. А, по-друге, міра невизначеності має властивість адитивності.

Статичний підхід до рішення задач контролю і управління базується на визначенні кількості інформації I , яку необхідно ввести в контур керування для зменшення ентропії об'єкта керування H від деякого початкового значення H_0 до кінцевого значення H_y [4]. Однак динаміка процесу керування при такому підході залишається прихованою, що не дає можливості встановити необхідний час керування, закономірності зменшення ентропії та співвідношення між основними показниками процесу керування.

Мета дослідження – обґрунтування інформаційних параметрів при автоматизованому контролі поточного стану інфокомунікаційної мережі в умовах впливу зовнішніх завад.

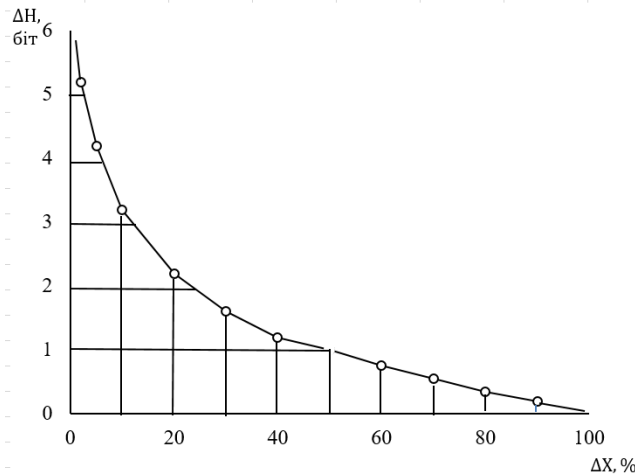
Виклад основного матеріалу дослідження. Контроль системою управління поточного стану інфокомунікаційної мережі (ІКМ) здійснюється на базі інформації про величини контрольованих параметрів і зони їх допустимого відхилення. Контрольовані параметри ІКМ і оточуючого середовища в складних умовах сигнальної і заводої обстановки є випадковими інформаційними процесами.

Ентропію нормально розподіленого процесу при змінюваному кроці квантування визначають за рівнянням:

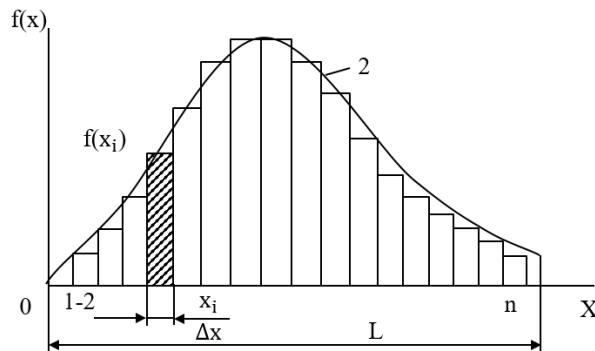
$$H(x) = \log \frac{\sigma_x \sqrt{2\pi e}}{\Delta x}, \quad (1)$$

де Δx – крок квантування, σ_x – середньоквадратичне відхилення параметра, що вимірюється.

На рис. 1, а) наведено криву зміни ентропії в залежності від кроку квантування для дискретного процесу. Слід зазначити, ця залежність справедлива і для неперервно розподіленого процесу, який контролюється з інтервалом Δx . При цьому всередині кроку квантування Δx процес замінюється однією точкою і його стани всередині інтервалу не відрізняються. Відповідно, неперервний контроль зводиться до дискретного. При $\Delta x = 100\%$ зміна ентропії $\Delta H=0$, і навпаки при $\Delta x \rightarrow 0 \rightarrow \Delta H = \infty$.



а)



б)

Рис. 1 – Ентропія контрольованого процесу при змінюваному кроці квантування:

а) – зміна ентропії (інформація), біт;

б) – гістограма нормально розподіленого процесу.

При автоматичному вимірюванні параметрів в умовах впливу зовнішніх завад величина Δx повинна бути надійно відділена від завад. Якщо контрольований параметр вимірюється із запізнюванням τ_z , то в момент отримання інформації невизначеність буде вища, ніж за відсутності запізнювання. Нехай координата x контрольованого параметра являється стаціонарним та нормально розподіленим випадковим процесом $x(t)$ на відріжку T . Його кореляційна функція $K_x(\tau)$ відома і затухає за період τ_0 . Прийнемо, що в момент вимірювання t_0 і за відсутності запізнювання ентропія контрольованого процесу $H_{кп}$, а до вимірювання ентропія неконтрольованого процесу була $H_{нп}$. При вимірюванні отримувана кількість інформації буде дорівнювати різниці ентропій:

$$J = H_{нп}(x) - H_{кп}(x). \quad (2)$$

Після вимірювання ентропія $H_{кп}(x)$ не залишається постійною, а неперервно зростає, поки не досягне значення $H_{нп}(x)$ (рис. 2). Величина J також змінюється у часі, тому що у рівнянні (2) змінюється $H_{кп}(x)$.

Якщо вимірювання проводиться без запізнювання, то реєструють параметри X_0 . Інформація про систему з неперервною множиною станів при абсолютно точному вимірі ($\Delta x = 0$) становить $J_x = -\infty$. Однак в практичних випадках $\Delta x \neq 0$, тому що прилади мають зону нечутливості і вимір завжди здійснюється з деяким запізненням $\tau_3 = A_t$, яке залежить від способу і апаратури вимірювання. Тому $J_x \neq -\infty$, а має кінцеве значення.

Для аналізу змінювання ентропії процесу всередині інтервалу $0 - \tau_0$ необхідно знати кількісне вираження кореляційної функції $R_x(\tau)$. На рис. 2 показана траєкторія зміни ентропії контрольованого процесу в інтервалі $0 - \tau_0$ при нормованій кореляційній функції процесу. Якщо вимірювання здійснюється без запізнювання, то в момент $t = 0$ (коли проводиться вимірювання) ентропія змінюється стрибком від $H_{\text{нп}}$ до $H_{\text{кп}}$. З часом $H_{\text{кп}} \rightarrow H_{\text{нп}}$. Якщо вимірювання здійснюється із запізненням τ_3 , то визначають ентропію H_f , яка суттєво вища за $H_{\text{кп}}$. Крива зміни ентропії в часі після вимірювання залежить від кореляційної функції процесу і перебуває в зоні між експонентою 1 і прямою 2.

Якщо ІКМ вимушена функціонувати в умовах впливу зовнішніх завад і ентропія контрольованого процесу змінюється в часі, необхідно здійснювати багаторазовий контроль параметрів. В результаті послідовних вимірювань ентропія контрольованого процесу періодично (в моменти вимірювань) ступеневно знижується. Тому при багаторазовому контролі важливо вміти визначити: максимальне значення ентропії $H_{\text{max}}(x)$ та інформації, отриманої при вимірюванні $J_{x \text{ max}}$; мінімальне значення ентропії $H_{\text{min}}(x)$ та інформації $J_{x \text{ min}}$, середнє значення ентропії $H_{\text{cp}}(x)$ та інформації $J_{x \text{ cp}}$.

Слід зазначити, що при періодичному багаторазовому послідовному контролі об'єкт контролю в інформаційному відношенні постійно знаходиться в перехідному режимі. Значення ентропії об'єкта можна вважати визначеним лише на деяких коротких відрізках часу між вимірюваннями або в тому випадку, коли інформація про об'єкт не надходить, тобто $J_x = 0$.

Важливо методологічно розрізнити дисперсію контрольованого процесу (КП) і дисперсію вимірювання КП. Контрольований процес в момент вимірювання об'єктивно має дисперсію $D_{\text{кп}x} = \sigma_{\text{кп}x}^2$, яку в результаті контролю (тільки контролю, а не керування) змінити не можна. Існують також об'єктивна ентропія $H_{\text{кп}}(x)$ контрольованого процесу по координаті x та ентропія з елементами суб'єктивізму, який накладається людиною в момент вимірювання (звіту показів приладу, сприйняття інформації тощо).

Тому ентропія КП при вимірюванні без завад буде об'єктивною $H_{\text{кп}}(x)$, а при наявності завад зі сторони оператора і приладів певною мірою суб'єктивною $H'_{\text{кп}}(x)$. Ступінь суб'єктивності $H'_{\text{кп}}(x)$ залежить від кваліфікації, навичок і досвіду оператора, а кількісне розрізнення величин $H_{\text{кп}}(x)$ та $H'_{\text{кп}}(x)$ визначається похибками технічних засобів вимірювання і оператора. Тому у всіх випадках дотримується нерівність:

$$H'_{\text{кп}}(x) \geq H_{\text{кп}}(x).$$

Таким чином, невизначеність процесу після вимірювання може бути більшою або дорівнювати істинній невизначеності процесу, що вимірюється в даний момент часу.

Отримуючи в момент вимірювання інформацію про параметри ІКМ, можна знати все (що можливо) точно і отримати ентропію контрольованого процесу $H_{\text{кп}}(x)$; знати все, але не точно, при ентропії контрольованого процесу $H'_{\text{кп}}(x)$; не отримувати додаткової інформації і мати початкову ентропію $H_{\text{кп}}^0(x)$; отримати дезінформацію і збільшити ентропію до величини $H_{\text{кп}}^{\text{п}}(x)$. Всі названі ентропії знаходяться у співвідношенні:

$$H_{\text{кп}}^{\text{п}}(x) > H_{\text{кп}}^0(x) > H'_{\text{кп}}(x) > H_{\text{кп}}(x).$$

В цьому випадку ентропії відображають міру незнання у поведінці ІКМ і міру невизначеності у функціонуванні.

При контролі параметрів ІКМ ми дізнаємось, в якому стані знаходиться мережа в даний момент і яка ймовірність її переходу в новий стан в найближчому майбутньому. Кількість можливих станів мережі при цьому не змінюється. Наприклад, контрольований параметр змінюється в межах $a \leq x^0 \leq b$. В момент вимірювання він виявився рівним a . Знаючи, швидкість зміни контрольованого параметра $dx^0/dt = c$, можна передбачити, що за час t він

не зміниться більше, ніж на $\Delta x^0 = ct$. Таким чином, при контролі можна встановити, яке значення параметра в цей момент і яка ймовірність його зміни в найближчому майбутньому.

Ентропія при контролі характеризує число можливих станів об'єкта. При контролі вона змінюється на величину:

$$J_x = H_{\text{КП}}(x) - H'_{\text{КП}}(x),$$

де J_x – кількість інформації, яка міститься в сигналі вимірювання.

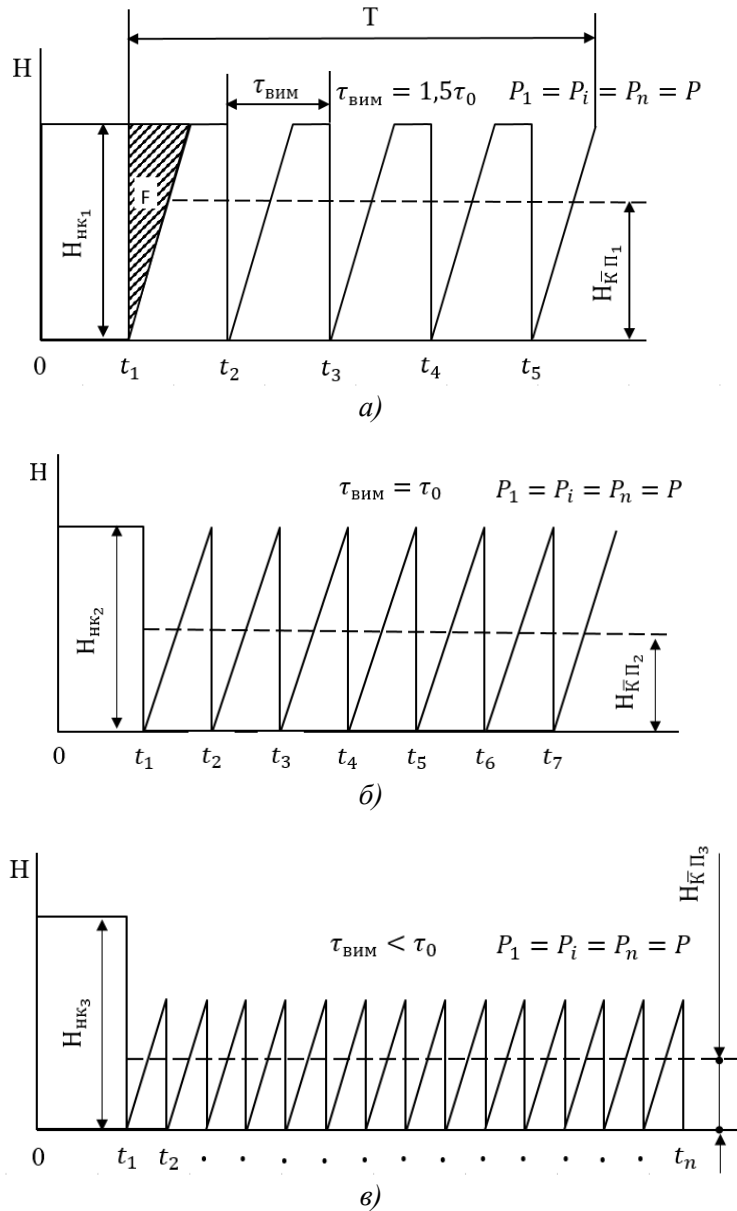


Рис. 3. Ентропія при багаторазовому контролі при $P_1 = P_2 = P_3 = P$; а) – $\tau_{\text{ВИМ}} > \tau_0$; б) – $\tau_{\text{ВИМ}} = \tau_0$; в) – $\tau_{\text{ВИМ}} < \tau_0$

Як змінюється ентропія контрольованого параметра при багаторазових послідовних вимірюваннях проілюстровано на рис. 3.

В перших трьох випадках отримання інформації проходить без запізнювання, при рівноімовірних станах параметра, $P_1 = P_2 = \dots = P_i = \dots = P_n$. Змінюється тільки інтервал контролю. Для першого випадку (рис. 3, а) $\tau_{\text{ВИМ}} > \tau_0$, для другого (рис. 3, б) $\tau_{\text{ВИМ}} = \tau_0$, для третього (рис. 3, в) $\tau_{\text{ВИМ}} < \tau_0$.

Ентропія процесу у всіх трьох випадках змінюється ступенево. В момент вимірювання ентропія знижується на величину $\Delta H = H_{\text{нп}} - H_{\text{кп}}$ (вісь абсцис суміщена з $H_{\text{кп}}$), а потім вона зростає з часом і досягає (або не досягає) значення $H_{\text{нп}}$, в залежності від того, в який момент часу здійснюється наступне вимірювання. Для спрощення змінювання ентропії між контрольними вимірами апроксимовано лінійною функцією.

Середнє значення ентропії $\overline{H_{\text{кп}_{1-3}}}$ параметра контрольованого процесу характеризує міру визначеності (організованості) КП. Середнє значення ентропії $\overline{H_{\text{кп}_{1-3}}}$ залежить від числа вимірювань на відріжку часу T . Чим частіше проводяться вимірювання, тим нижча середня ентропія процесу (наближається до значення $H_{\text{кп}}$). В наведених трьох випадках частоти контролю знаходяться у співвідношенні $\omega_1 < \omega_2 < \omega_3$, відповідно середні ентропії $\overline{H_{\text{нк}_1}} > \overline{H_{\text{нк}_2}} > \overline{H_{\text{нк}_3}}$.

Кількісно середню ентропію контрольованого процесу можна визначити за площею F зниження ентропії при контролі та частоті вимірювання ω на інтервалі контролю T [8]:

$$\overline{H_{\text{кп}}} = H_{\text{нк}} - J(t) = H_{\text{нк}} - \frac{1}{T} \sum_1^m \left\{ -\frac{1}{2} \int_0^{\tau} \log[(1 - R_x^2(\tau))n] d\tau \right\}$$

при $\tau < \tau_0$,

де $\omega = m/T$ – частота контролю; n – число рівномірних станів параметра; τ_0 – глибина кореляційного зв'язку випадкового процесу.

Висновки. Потреба забезпечення якісного функціонування сучасних інфокомунікаційних мереж в умовах впливу зовнішніх завад обумовлює необхідність контролю параметрів мережі і зовнішнього середовища.

Для аналізу процесів контролю параметрів інфокомунікаційних мереж доцільним є використання математичного апарату теорії інформації.

Періодичний багаторазовий послідовний контроль параметрів інфокомунікаційної мережі забезпечує визначення стану мережі в умовах впливу зовнішніх завад і ймовірність її переходу в новий стан в найближчому майбутньому.

Важливою умовою підвищення якості контролю являється зниження і повне усунення запізнювання в інформаційному процесі.

При періодичному багаторазовому послідовному контролі об'єкт в інформаційному відношенні постійно знаходиться в перехідному режимі. Значення ентропії об'єкта можна вважати визначеним лише на деяких коротких відрізках часу між вимірюваннями або в тому випадку, коли інформація про об'єкт не надходить, тобто $J_x = 0$.

ЛІТЕРАТУРА

1. Kriuchkova L.P. Problemy funktsionuvannya infokomunikatsiinykh merezh v umovakh destruktivnykh vplyviv [Problems of functional and informational measures in the minds of destructive impressions]: Monohrafiia. – K.: DUT, 2016.-72 c. (In Ukrainian).
2. Boyun V.P. Dinamicheskaya teoriya informacii. Osnovy i prilozheniya [Dynamic information theory. Basics and applications] / V.P. Boyun. – K: Institut kibernetiki im. V.M. Glushkova NAN Ukrainy, 2001. – 326 c. (In Russian).
3. SHennon K.E. Raboty po teorii informacii i kibernetike [Works on information theory and cybernetics] / K.E. SHennon; per. S angl. – M.: Izd-vo inostr. Lit., 1963. – 829 c (In Russian).
4. SHumak O.V. Entropii i fraktaly v analize dannyh [Entropies and fractals in data analysis] / O.V. SHumak. – M. – Izhevsk: RHD, 2011. (In Russian).
5. Osipov A.I. Entropiya i ee rol' v nauke [Entropy and her role in science] / A.I. Osipov, A.V. Uvarov // Sorosovskij obrazovatel'nyj zhurnal. – 2004. – T.8. – №1. – С. 70–79. (In Russian).
6. Prangishvili I.V. Entropijnye i drugie sistemnye zakonomernosti: Voprosy upravleniya slozhnymi sistemami [Entropy and other systemic patterns: Issues of managing complex systems / I.V. Prangishvili; In-t problem upravleniya im. V.A. Trapeznikova. – M.: Nauka, 2003. (In Russian).
7. Pohonets I.O. Teoriia entropii dzherel informatsii ta yii zastosuvannya v zadachakh shtuchnoho intelektu [The theory of entropy of information sources and its application in artificial intelligence problems] / I.O. Pohonets // Shtuchnyi intelekt 1'2009. С.56-61. (In Ukrainian)
8. Novoselov O.N. Osnovy teorii i rascheta informacionno-izmeritel'nyh system [Fundamentals of the theory and calculation of information-measuring systems] / O.N. Novoselov, A.F. Fomin. - M.: Mashinostroenie. 2-e izd., 1991. – 336 c (In Russian).