

DOI: <https://doi.org/10.36910/6775-2524-0560-2024-56-23>

УДК 004.94

Кашенко Дмитро Олександрович, аспірант

<https://orcid.org/0000-0002-3365-7186>

Черкаський Державний Технологічний Університет м. Черкаси, Україна.

ТЕОРІЯ ІНФОРМАЦІЇ – СУБ'ЄКТИВНІ СИСТЕМИ

Кашенко Д.О. Теорія інформації – суб'єктивні системи. Представлено аналіз теорії інформації (Claude E. Shannon, Warren Weaver) та запропонована концепція суб'єктивних систем, як варіанту автоматизації складних інформаційних динамічних систем. В статті розглядаються основні погляди на поняття «інформація» та методи визначення поняття «інформація», та залежність цих поглядів та методів від світогляду, досвіду та сфери діяльності дослідників. Пропонується інший погляд на поняття «інформація» з урахуванням ефекту спостерігача. Представлений варіант погляду на поняття «інформація» ґрунтується на біонічному підході виникнення самої інформації. І використовується не тільки для тлумачення процесів в каналах зв'язку, але і робить спробу відповісти на питання – «Навіщо потрібне саме існування інформації?». І як варіант відповіді пропонується, що сама інформація, як роз'яснення, може виникнути та існувати тільки для конкретного класу систем. Подібні системи мають визначену динамічну складність і використовують інформацію для балансування себе та стабільного існування себе в навколишньому середовищі. Використовуючи це середовище для своїх потреб, як енергетичних так і функціональних. В даній моделі складних динамічних систем пропонується використовувати не тільки методи кібернетики для самоорганізації, але і більш універсальні інші біонічні методи. Також пропонується зробити акцент, не на формуванні штучного середовища для системи. А надати складній динамічній системі повний набір механізмів для взаємодії з реальним середовищем з можливістю розвитку цих механізмів в неперервному циклі. І як висновок з цих припущень впливає залежність кількості інформації від складності подібних систем.

Ключові слова: Теорія інформації, суб'єктивні системи, моделі інформаційних систем, складні динамічні інформаційні системи, структура складних інформаційних систем

Kashchenko D. Information Theory – Subjective Systems. This paper presents an analysis of information theory (Claude E. Shannon, Warren Weaver) and proposes the concept of subjective systems as a variant for automating complex informational dynamic systems. The article discusses the main views on the concept of "information" and the methods for defining the concept of "information," as well as how these views and methods depend on the worldview, experience, and field of activity of the researchers. An alternative view on the concept of "information" is proposed, taking into account the observer effect. This perspective on the concept of "information" is based on the bionic approach to the emergence of information itself. It is used not only to interpret processes in communication channels but also attempts to answer the question – "Why does information itself need to exist?". As a possible answer, it is suggested that information, as an explanation, can arise and exist only for a specific class of systems. Such systems have a defined dynamic complexity and use information to balance themselves and maintain stable existence in their environment, utilizing this environment for their energy and functional needs. In this model of complex dynamic systems, it is proposed to use not only cybernetic methods for self-organization but also more universal bionic methods. Additionally, the focus should not be on creating an artificial environment for the system but rather on providing the complex dynamic system with a complete set of mechanisms for interacting with the real environment, allowing these mechanisms to develop in a continuous cycle. And as a conclusion from these assumptions follows the dependence of the amount of information on the complexity of such systems.

Keywords: Information Theory, subjective systems, models of information systems, complex dynamic information systems, structure of complex information systems

Як відомо теорії інформації, як і самому поняттю інформації присвячено багато статей і робіт, в яких викладені ті або інші погляди на ці поняття та їх значення в тих або інших галузях. Тому перш ніж розпочати опис даної концепції, давайте розглянемо методи визначення та філософські аспекти, які вже існують. А також зробимо окремі припущення про це, не заперечуючи інші теорії та погляди, а лише акцентуючи увагу на необхідності подібного погляду в даній моделі, яка допоможе вивести поняття автоматизації на якісно новий рівень.

Інформація (від лат. informatio – роз'яснення) – відомості, які передають усним, писемним та іншими шляхами за допомогою умовних сигналів і технічних засобів. Інформацію розглядають у контексті її змісту, структур, організації, динаміки (процесів створення, передавання, сприйняття, використання, зберігання тощо). [1]. Від серед. 20 ст. поняття «Інформація» стало одним із основних серед заг.-наук категорій, що пов'язано з розвитком інформатики, кібернетики, *теорії інформації*, інформаційних ресурсів та інше, а також із розповсюдженням комп'ютер. техніки. Обов'язкова передумова функціонування інформаційного простору – наявність джерела, користувачів та засобів передачі інформації (каналів зв'язку) (Рис.1). Носіями інформації є сигнали – матеріальні процеси, які користувачі інформації сприймають як знаки із певною семантикою. При цьому важливо не лише зафіксувати ці знаки, а й відповідно їх інтерпретувати, оскільки для різних користувачів одна й та ж інформація може мати різне значення (інколи навіть протилежне). Значна

залежність впливу інформації на користувача від її сприйняття дозволила основоположнику кібернетики та теорії штучного інтелекту Н. Вінеру прирівняти інформацію до таких понять, як «матерія» та «енергія». Розрізняють три форми інформаційних процесів: біологічна інформація всередині живих організмів і між ними, соціальна інформація у людському суспільстві, машинна інформація (всередині та між машинами). Здатність живих організмів і їхніх спільнот до самоорганізації, постійні пристосування до змін довкілля зумовили виокремлення вагомій ролі процесів інформаційної взаємодії з оточуючим світом і формування інформаційних моделей зовнішнього світу в живих організмах (Г. Бейтсон).[1]

Передачу ознак від клітин до клітини і від організму до організму також стали розглядати як передачу інформації. Що привело до створення біокібернетики, наукового напрямку, пов'язаного з проникненням ідей, методів і технічних засобів кібернетики в біологію. Зародження і розвиток біокібернетики пов'язані з еволюцією представлення зворотного зв'язку в живій системі і спробами моделювання особливостей її будови і функціонування (П. К. Анохін, Н. А. Бернштейн і т.д.). Ефективність математичного та системного підходу з дослідження живого показали багато робіт в області загальної біології (Дж. Холдейн, Е. С. Бауер, Р. Фішер, І. І. Шмальгаузен і др.). Процес «кібернетизації» біології здійснюється як у теоретичному, так і в прикладному застосуванні. Основна теоретична задача біокібернетики — вивчення загальних закономірностей управління, а також зберігання, переробки та передачі інформації в живих системах. Центральне положення поняття інформації в кібернетичі пояснюється тим, що кібернетика (з одного боку обмежує, а з іншого боку уточнює інтуїтивне представлення інформації) вивчає машини і живі організми з точки зору їх здатності сприймати певну інформацію, зберігаючи її в «пам'яті», передавати по «каналам зв'язку» і переробляти її в «сигнали», спрямовуючи їх діяльність у відповідний бік.

Кожен організм — це система, здатна до саморозвитку й управління як внутрішніми взаємозв'язками між органами й функціями, так й співвідношеннями з факторами середовища. Прагнучі зрозуміти природу живого, багато дослідників часто намагалися відшукати в організмі те, що можна було досліджувати окремо. Мета біокібернетики — вивчення організму з урахуванням основних взаємозв'язків починаючи з клітинного, тканинного, органічного рівня і закінчуючи організмом в цілому. Жива система характеризується не тільки обміном речовин і енергії, але і обміном інформації. Біокібернетика розглядає складні біологічні системи у взаємодії з середовищем саме з точки зору теорії інформації. Одним із найважливіших методів біокібернетики є моделювання структур і закономірностей поведінки живої системи; воно включає конструювання штучних систем, що відтворюють певні сторони діяльності організмів, їх внутрішні зв'язки та відносини.

Особливість організму як складної динамічної системи — єдність централізованого та автономного управління. Саморегуляція, характерна для всіх рівнів управління живою системою, забезпечується автономними механізмами, поки не виникають такі стани, які вимагають втручання центральних механізмів керування. По-друге, була запропонована кількісна міра інформації [5][6], що привело до створення інформаційної теорії. Інформаційна теорія, математичні дисципліни, що досліджують процеси зберігання, перетворення та передачі інформації. В основі теорії інформації лежить визначений спосіб вимірювання кількості інформації, що міститься в яких-небудь даних («повідомленнях»). Теорія інформації виходить з уявлення про те, що повідомлення, призначені для збереження в пам'яті пристроїв, або для передачі по каналу зв'язку (Рис.1) і невідомі заздалегідь з повною визначеністю. Заздалегідь відомо лише безліч варіантів, з яких можуть бути обрані ці повідомлення, і в кращому випадку — те, як часто вибирається це або інше з цих повідомлень (тобто ймовірність повідомлень). В теорії інформації показано, що «невизначеність», з якою стикаються в подібній обстановці, допускає кількісний вираз і що саме цей вираз (а не конкретна природа самих повідомлень) визначає можливість їх зберігання і передачі. У якості такої «міри невизначеності» в інформації приймається число подвійних знаків (П. 0 або 1), необхідних для фіксації (запису) довільного повідомлення даного джерела. Іншими словами кількість інформації - це міра зменшення невизначеності якоїсь ситуації. Інформаційна теорія отримує оптимальні, в сенсі швидкості та надійності, способи передачі інформації, встановлюючи теоретичні межі досягнутої якості. Як видно з попереднього визначення, інформація носить суттєво статистичний характер, і тому значуща частина її математичних методів береться з теорії ймовірностей.

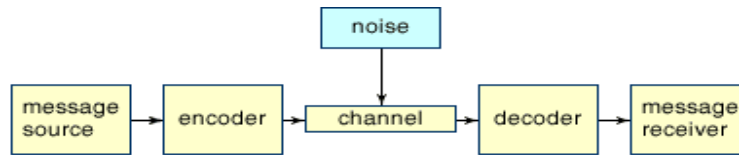


Рис. 1. Принципова схема загальної системи зв'язку(каналу)

Більш загальний, чим раніше, підхід до поняття інформації, а також поява точної кількості інформації пробудили величезний інтерес до вивчення властивостей інформації. З початку 1950-х рр. намагаються використати поняття інформації для пояснення та опису найбільш різноманітних явищ і процесів.

Дослідження проблем, пов'язаних з науковим поняттям інформації, іде в трьох основних напрямках. Перше з них міститься в розробці математичного апарату, що відображає основні властивості інформації.

Друге напрямком полягає в теоретичній розробці різних аспектів інформації на базі вже наявних математичних засобів, у дослідженні різних властивостей інформації (об'єктивності, достовірності, повноти, актуальності).

Наприклад, вже з моменту створення теорії інформації виникла складна проблема вимірювання цінності, корисності інформації з точки зору її використання. У більшості робіт за теоретичною інформацією ця властивість не враховується. Однак важливість цієї властивості безсумнівна. У кількісній теорії, виданої в 1960 році А. А. Харкевичем, цінність інформації визначається як приріст ймовірності досягнення конкретної мети в результаті використання даної інформації.[7] Близькі по сенсу роботи пов'язані з спробами дати суворе математичне визначення кількості семантичної (тобто змістовної) інформації (Р. Карнап та ін.).

Третій напрямком пов'язано з використанням інформаційних методів у лінгвістиці, біології, психології, соціології, педагогіці та ін. В лінгвістиці, наприклад, проводилось вимірювання інформативної ємності мов. Після статистичної обробки великого числа текстів, а також складання довжини перекладів одного і того ж тексту на різних мовах і багато-чисельних експериментів по вгадуванню букв тексту з'ясувалося, що при рівномірному навантаженні речових одиниць інформації тексту можна було скоротитися в 4-5 разів. Так був з цієї точки зору встановлений факт надмірності природних мов і досить точно виміряна її величина, що знаходиться в цих мовах приблизно на одному рівні. У нейрофізіології інформаційні методи допомогли краще знайти механізм дії основного закону психофізики - закону Вебера - Фехнера, який стверджує, що досягнення інтенсивність відчуття чогось лінійно залежить від логарифму інтенсивності подразника. Саме така залежність повинна мати місце в тому випадку, якщо нервові волокна, що передають сигнали від акцепторів до мозку, володіють властивостями, присутніми ідеалізованим каналом зв'язку, фігуруючим в теорії інформації. Значущу роль інформаційний підхід зіграв в генетиці і молекулярної біології, дозволивши, зокрема, глибше усвідомити значення молекулу РНК як носіїв інформації.

Таке різноманітне використання поняття інформації спонукало надати йому загальнонаукове значення. Засновниками такого загального підходу до поняття інформації були англійський нейрофізіолог У. Р. Ешбі і французький фізик Л. Бриллюэн. Вони досліджували питання спільності поняття ентропії в теорії інформації та термодинаміки, трактуючи інформація як негативну ентропію (негентропію). Бриллюэн і його послідовники стали видавати інформаційні процеси під кутом зору другого початку термодинаміки, розглядаючи передачу інформації якоїсь системи як удосконалення цієї системи, що веде до зменшення її ентропії. У деяких філософських роботах висувається теза про те, що інформація є однією з основних універсальних властивостей матерії. Позитивна сторона цього підходу полягає в тому, що він зв'язує інформацію про поняття з поняттям відображення.

Філософія визначення поняття інформації відрізняються надзвичайною суперечливістю. На одному боці — безмежний панінфермізм, тобто затвердження, що весь світ і всі його властивості створені з інформації. На другому — заперечення існування інформації як реальності [2]. Фактично, можна припустити, що інформація являє собою суб'єктивну реальність. Що і визначило назву концепції даних систем.

Як можна бачити вище, під час аналізу поняття інформації дослідники зіштовхуються з декількома проблемами. Одна із них це ефект спостерігача. Так кожний спостерігач, або користувач

відштовхувався від свого досвіду та світогляду, своєї мети. Що і змінює значення поняття інформації (об'єкта) відносно спостерігача, як суб'єкта. Так і зараз читаючи цю статтю, об'єкт, ми використовуємо аналіз та категоризацію відносно себе як суб'єкта. Так виникає ефект спостерігача, тому що я (або ми) як суб'єкт(и) який(і) сприймають об'єктивну дійсність, крім цього сприймаємо інші суб'єкти як об'єкти відносно себе. Так і мене (нас) інші суб'єкти сприймають як об'єкт відносно себе. Тому пропонується використовувати при аналізі подібних систем (які мають функцію роз'яснення) користуватися принципом відносності, але не тільки відносно користувача (джерела), але й сприйняття та взаємодії. З чого виходить, що система яка володіє інформацією, тобто роз'ясненням повинна мати визначену складність для формування роз'яснення відносно себе, з повним циклом взаємодії з середовищем. Як саме утворюється межа об'єкт - суб'єкт, яку саме складність повинна мати подібна система і яку структуру і є мета подальших досліджень. Але, перш ніж розпочати опис концепції суб'єктивної системи розглянемо, базові терміни та їх значення, які використовуються на поточний момент.

Суб'єкт (від лат. *subjectus* - лежачий внизу, що знаходиться в основі), носій предметно-практичної діяльності та пізнання, джерело активності, спрямованої на об'єкт. Насправді термін має багато визначень в різних мовах, але в даному випадку використовуємо саме таке визначення. [3]

Об'єкт (від лат. *objectum* – предмет) предмет, явище, процес або їх окремі сторони, існуючі в реальній дійсності, на які спрямована діяльність, думка, почуття і т.д. Об'єкт протистоїть суб'єкту в його предметно-практичній і пізнавальній діяльності. [3]

Система (від грец. *systema* - ціле, складене із частей; з'єднання), множина взаємопов'язаних елементів, що утворюють єдине ціле, взаємодіють із середовищем та між собою, і мають мету. В сучасному науково-технічному знанні розробка проблематики, пов'язаної з дослідженням і конструюванням систем загального різного роду, проводиться в рамках системного підходу, теорії систем, різних спеціальних теорій систем, в кібернетиці, системотехніці, системному аналізі та інше. Виділяють статичні і динамічні системи. Для статичної системи її стан з поточним часом залишається постійним (наприклад, газ в обмеженому об'ємі - в стані рівноваги). Динамічна система змінює свій стан у часі (наприклад, живий організм). За характером взаємозв'язку системи і середовища системи діють на закриті - замкнуті (з них не виділяється речовина, відбувається лише обмін енергіями) і відкриті - незамкнуті (постійно проходять введення і виведення не тільки енергії, але і речовини).

У системному підході в різних технічних науках виділяють складні системи (складовий об'єкт, частину якого можна розглядати як систему, закономірно об'єднані в єдине ціле відповідно до визначених принципів або пов'язаних між собою заданими відносинами.). Типовим прикладом може бути самонастроювальні системи, в яких пристосування до випадково змінених умов забезпечується автоматичним змінням налаштувань параметрів, або шляхом автоматичного пошуку оптимальної налаштувань.[3]

Вивчення відносин між елементами і підсистемами, визначення ролі і місця кожної підсистеми в загальному процесі функціонування системи складають предмет структурного аналізу складних систем.

Структура, це сукупність відносно стійких зв'язків об'єкта, що забезпечує його цілісність та тотожність самому собі, тобто збереження основних властивостей при різних зовнішніх і внутрішніх змінних. Методи структурного аналізу дозволяють виділити в складних системах набори підсистем, що знаходяться в заданих відносинах, і представити складні системи як сукупність об'єктів з досліджуваними структурами. Крім того, ці методи застосовуються для оцінки так званих структурних характеристик, які в кількості відображають ті або інші окремі властивості схеми сполучення елементів складних систем. Загальну оцінку функціональних і структурних характеристик доповнюють якісними дослідженнями, проведеними за допомогою методів так званої якісної теорії складних систем. Сюди в першу чергу входять дослідження стійкості системи, в тому числі побудовані параметри стійкості областей у складних системах, виділення типових режимів функціонування системи тощо[4].

Принцип суб'єктивних систем полягає в тому, що система (суб'єкт) є окремою частиною об'єктивної дійсності, але не роздільно зв'язаний з нею, здатна(ий) сприймати і оцінювати навколишню об'єктивну дійсність на основі і відносно своєї зовнішньої і внутрішньої структури і розвиватися відносно поточного стану цих структур і навколишньої дійсності, використовуючи ці

внутрішні і зовнішні стани цих структур і оточуючу дійсність. Таким чином, суб'єктивні системи повинні володіти, як мінімум тими функціями і механізмами, які дозволяють це реалізувати (Рис.2).

Що дозволяє інтерпретувати появу інформації (роз'яснення) у наступній трактовці. Усі процеси та явища поза системою діляться на ті, які впливають на неї або не впливають на неї, що визначає появу даних для системи, якщо ці процеси впливають на неї. У свою чергу дані, які вже є частиною зовнішньої структури системи, діляться цією системою на позитивні або негативні, відносно впливу на баланс внутрішньої і зовнішньої структури системи, що визначає появу роз'яснення, тобто інформації для системи. І якщо проявляються відносно постійні позитивні процеси, то відбувається балансування без особливих змін структури системи. Якщо це негативні процеси, то відбувається зміна структури системи для стабілізації балансування її зовнішніх і внутрішніх структур щодо навколишньої об'єктивної дійсності, якщо це можливо. Тобто керування змінами в структурі пропонованої системи відбувається на одному рівні, але в різних режимах функціонування. Але також може бути залучений вищий рівень для структурних змін. Що і дозволяє досягти автономності системи зі збереженням конфігураційної гнучкості.

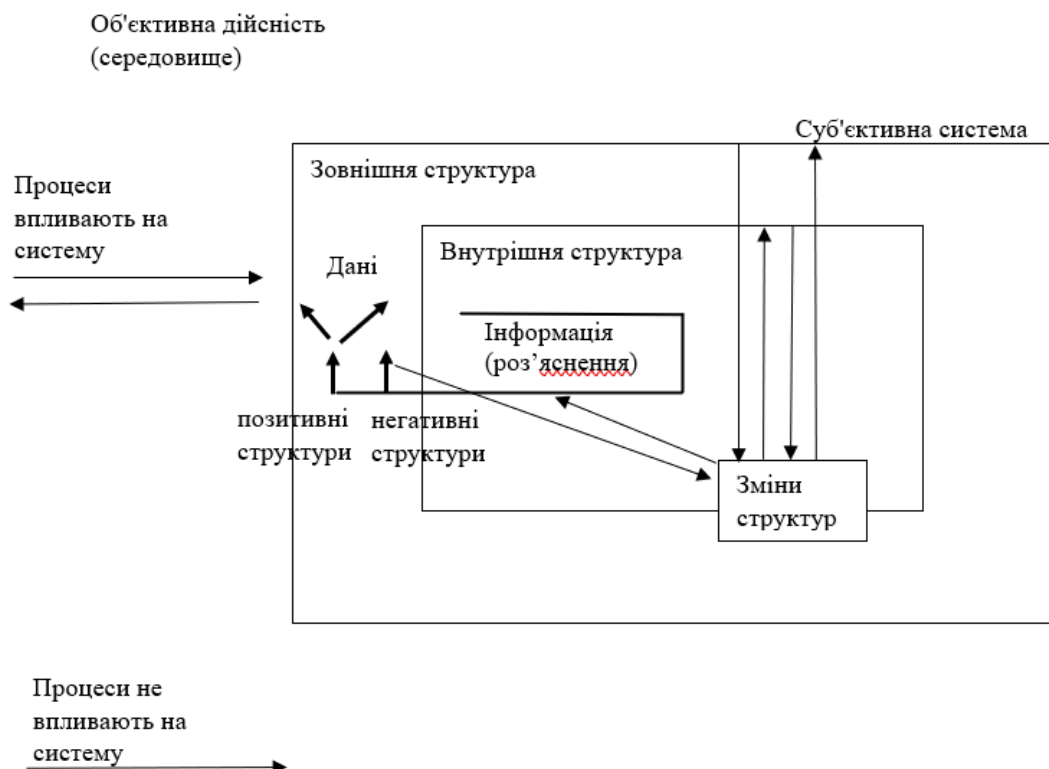


Рис.2. – Структура суб'єктивних систем.

Концепція суб'єктивних систем використовує методи біоніки і є одним із способів автоматизації складних динамічних систем. Також пропонується зробити акцент, не на формуванні штучного середовища для системи. А надати складній динамічній системі повний набір механізмів для взаємодії з реальним середовищем з можливістю розвитку цих механізмів в неперервному циклі.

Середовище в даній моделі є не тільки каналом зв'язку з шумом, але і джерелом енергії і матерії. Роз'яснення виникає під час порівняння співвідношення між процесами які сприймаються системою і вже потім в складі зовнішньої структури системи, є джерелом "даних", та процесами всіх внутрішніх структур системи та їх балансу с зовнішніми, що також є джерелом "даних" та використовуються самою системою для визначення позитивних та негативних процесів для себе. Роз'яснення цих процесів і є однією з функцій суб'єктивної системи, як єдиного організму. Інформація визначається, як здатність даної системи задавати значення як внутрішнім, так і зовнішнім процесам та структурам і розвиватися відносно цього.

Висновок: Таким чином кількість і цінність інформації знаходиться в прямій залежності від такої системи. Розуміння цієї залежності в перспективі дає можливість побудови автоматизованих складних динамічних систем з повним циклом взаємодії з середовищем.

Список бібліографічного опису

1. Інформація / В. Ф. Погорілко, Т. Я. Любива / Енциклопедія Сучасної України [Електронний ресурс] / Редкол. : І. М. Дзюба, А. І. Жуковський, М. Г. Железняк [та ін.] ; НАН України, НТШ. – К. : Інститут енциклопедичних досліджень НАН України, 2011. – Режим доступу : <https://esu.com.ua/article-12485>
2. Ніколаєв Є. Б. Теорія інформаційної економіки: зміст і основні суперечності: дис. на здобуття наук. ступеня канд. екон. наук : спец. 08.00.01 «Економічна теорія та історія економічної думки» / Ніколаєв Євген Борисович ; Київський нац. екон. ун-т ім. Вадима Гетьмана. – К., 2011. – 176 с.
3. Словник іншомовних слів / за ред. О. С. Мельничука. — К. : Головна редакція Української Радянської Енциклопедії, 1974.
4. Перегудов Ф. І., Тарасенко Ф. П. Введення в системний аналіз. — М.: Вища школа, 1989
5. Claude E. Shannon, Warren Weaver. The Mathematical Theory of Communication. Univ of Illinois Press, 1963
6. Теорія інформації та теорія алгоритмів. А.Н. Колмогоров. Наука, 1987. 874 с. Три підходи до визначення поняття "кількість інформації". А.Н. Колмогоров
7. Харкевич А.А. Про цінність інформації / Проблеми кібернетики. - 1960. - Вип. 4.

References

1. Information / V. F. Pohorilko, T. Ya. Lyubiva / Encyclopedia of Modern Ukraine [Electronic resource] / Editorial board: I. M. Dzyuba, A. I. Zhukovsky, M. H. Zheleznyak [and others]; NAS of Ukraine, NTSH. – K.: Institute of Encyclopedic Research of the NAS of Ukraine, 2011. – Access mode: <https://esu.com.ua/article-12485>
2. Nikolaiev Y. B. "Theory of Information Economy: Content and Main Contradictions." Dissertation for the degree of Candidate of Economic Sciences, specialty 08.00.01 "Economic Theory and History of Economic Thought." Kyiv National Economic University named after Vadym Hetman, 2011. 176 pages..
3. Dictionary of Foreign Words / ed. O. S. Melnychuk. — K.: Main Editorial Office of the Ukrainian Soviet Encyclopedia of the Academy of Sciences of the Ukrainian SSR, 1974.
4. Perehudov F. I., Tarasenko F. P. Introduction to System Analysis. — M.: Higher School, 1989
5. Claude E. Shannon, Warren Weaver. The Mathematical Theory of Communication. Univ of Illinois Press, 1963
6. Information Theory and Theory of Algorithms. A.N. Kolmogorov. Science, 1987. 874 pages. Three approaches to defining the concept of "amount of information." A.N. Kolmogorov
7. Kharkevich A.A. On the value of information / Problems of cybernetics. – 1960. - issue. 4.