

УДК 621.391

**М.П. КОСТЮЧЕНКО**, (канд.пед.наук., доц.)

ДВНЗ «Донецький національний технічний університет», м.Красноармійськ

## ІНФОРМАЦІЙНІ АСПЕКТИ НАУКОВОГО ДОСЛІДЖЕННЯ

Розкрита сутність інформації. Запропонована загальна схема сприйняття і переробки інформації. Виділені аспекти інформаційного процесу. Розглянута модель повної інформації, яка має синтаксичні, семантичні та прагматичні компоненти. Проаналізовані основні теорії інформації, а саме структурна, статистична, семантична, прагматична й алгоритмічна. Властивості інформації згруповані в чотири класи: абстрактні, атрибутивні, динамічні та прагматичні. В кожному класі виділені якісні характеристики інформації та їх області визначення.

**Ключові слова:** інформація, взаємодія, повідомлення, сигнал, споживач, приймач, система, ентропія, модель, тезаурус, властивість.

**Постановка проблеми.** Нині інформатика перебуває в стані прискореного розвитку. Вона досліджує закони, моделі, методи і способи збору, накопичення, зберігання, обробки та передачі інформації за допомогою електронно-обчислюваних машин (ЕОМ), локальних комп'ютерних мереж і глобальної мережі Інтернет. Як наслідок цього розвитку, людство перейшло з індустріальної ери в еру інформаційного суспільства. Виник феномен – *інформатизація суспільства*, тобто організований соціально-економічний і науково-технічний процес створення оптимальних умов для задоволення інформаційних потреб людини та суспільства. В тріаді (інформація, енергія, матерія) категорія “інформація” зайняла головну роль.

Нині існують дві взаємо доповнювані концепції інформації – атрибутивна і функціональна [7]. *Атрибутивна концепція* розглядає інформацію як властивість всіх матеріальних об'єктів, тобто як атрибут матерії. Ця концепція розкриває статичні характеристики інформації. *Функціональна концепція* пов'язує інформацію з функціонуванням кібернетичних або самоорганізованих систем. У цьому випадку інформація визначається через динамічні характеристики.

Разом з тим, в науковій літературі не досить глибоко розтлумачені аспекти інформації. Їх розгляд вкрай важливий для майбутніх науковців (магістрів, аспірантів) тому, що в будь-якому дослідженні є питання, пов'язані з інформатикою. Суперечності між наявними поглядами на інформацію та необхідністю упорядкування знань про неї обумовили написання цієї статті.

**Актуальність дослідження.** Актуальність дослідження пов'язано з аналізом проблеми сутності інформації, виявленням її синтаксичного, семантичного і прагматичного аспектів, висвітленням основних теорій і концепцій інформації, систематизація її властивостей та характеристик.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Питанням дослідження інформації присвячені наукові праці таких вчених як Р.Ф. Абдєєв, А. Коффі-Майлс, І. Бар-Хілел, С.О. Башков, М. Беліс, Л. Брілюєн, Н. Вінер, У.Р. Ешбі, Б.Б. Кадомцев, Р. Карнап, А. М. Колмогоров, М.М. Моїсєєв, В.А. Мінаєв, О.А. Отраднова, Т. Стонер, Л. Флориді, Г. Фреге, Р. Хартлі, Д. Харрах, А. Д. Урсул, К. Шеннон, Ю.А. Шрейдер та ін.

**Завданням даного дослідження** є онтологічно-концептуальний аналіз поняття інформації.

**Виклад основного матеріалу.** Минуле ХХ ст. стало переломним в розумінні суті фундаментальних понять (категорій) світобудови. Революція в фізиці кінця ХІХ – початку ХХ ст. розкрила невичерпність властивостей речовин у природі, їх нерозривний зв'язок з фізичними полями (гравітаційним, електромагнітним, ядерним, слабким), корпускулярно-хвильовий дуалізм явищ мікросвіту та квантування полів. Виникнення та стрімкий розвиток спеціальної та загальної теорії відносності (А. Ейнштейн, Г.А. Лоренц, А. Пуанкаре та ін.), квантової механіки та ядерної фізики (Н. Бор, Луї де Бройль, В. Гейзенберг, П. Дірак, В. Паулі, Е. Шредінгер та ін.) показали, що механізми переважної більшості фізичних явищ мають імовірнісну природу. Зокрема, теплове випромінювання тіла пов'язане з невизначеністю та випадковістю поведінки

ансамблю атомів, а завбачити рух мікрочастинок, які випромінюють електромагнітні хвилі, можливо лише наполовину: можна детерміновано передбачити або тільки положення (координату)  $X_i$  частинки в просторі-часі, або тільки її імпульс  $p_i$ . Цей феномен наслідку корпускулярно-хвильової природи мікрочастинок встановив В. Гейзенберг у співвідношенні невизначеності  $\Delta x_i \cdot \Delta p_{x_i} \geq h/2\pi$ . Подібно до того, як імпульс  $\vec{p}$  не може бути локалізований в просторі, так і енергія  $E$  не може бути локалізована в часі  $t$ . Зазвичай співвідношення  $\Delta E \cdot \Delta t \geq h/2\pi$  трактується як неможливість точного визначення енергії  $E$  квантової системи за обмежений інтервал часу  $\Delta t$ . Проте у випадку частинок, що випромінюються чорною діркою Всесвіту, "...не можна з певністю передбачити ні положення, ні швидкість. Все, що можна передбачити, це ймовірність того, що частинки будуть поширені в певних модах" [10, с. 154].

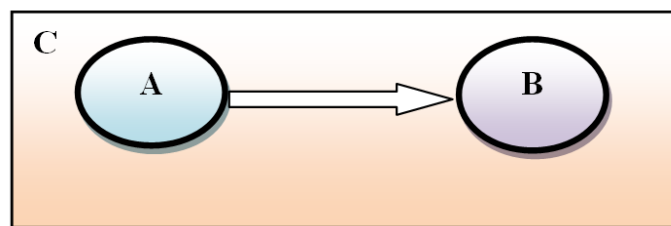
Таким чином, на рівні неживої природи відбуваються зміни стану фізичної системи (скупності фізичних об'єктів), які визначаються:

1) змінами положення та імпульсу  $\vec{p}$  об'єктів (мікрочастинок, макротіл або мегатіл) у просторі та в часі, що задаються координатами метрики Мінковського (структурою простору-часу –  $x, y, z, t$ );

2) взаємозв'язком між об'єктами фізичної системи, який проявляється у **взаємодії** цих об'єктів, які відносяться до одного з чотирьох видів: сильна, електромагнітна, слабка, гравітаційна. У результаті взаємодії відбувається **фізичне явище** – процес зміни стану фізичної системи.

Матеріалістична теорія пізнання ґрунтується на тому, що **відображення** є загальною властивістю матерії. Звідси випливає, що **інформація є відображенням реального світу**. Іншими словами, якщо два об'єкти взаємодіють, то стан одного об'єкта знаходиться у відповідності зі станом другого об'єкта. При цьому можна стверджувати, що перший об'єкт відображає другий, тобто містить інформацію про нього. Прикладами можуть бути: а) відчуття рецепторами тіла температури зовнішнього середовища і б) показання індикатора електронного вольтметра відображає напругу в мережі електричного струму. У наведених прикладах результат зв'язку типу взаємодії має певну **невизначеність**, яка може мати такі форми, як невідомість, нечіткість (розпливчастість), випадковість (стохастичність).

З метою вивчення **феномену інформації**, тобто аналізу інформації як явища, звернемося до системного підходу. Розглянемо два об'єкти предметної галузі (ПГ) – два тіла, які мають певні властивості. Очевидно, на взаємодіючі об'єкти впливає зовнішнє середовище. Таким чином, маємо складову систему, яка формально уявляється як тріада:  $\langle \text{об'єкти (A і B)} - \text{взаємодія} - \text{середовище (C)} \rangle$  (рис. 1).



**Рис. 1.** Взаємодія двох об'єктів А і В у середовищі С

Нехай вказані об'єкти А і В взаємодіють в середовищі С один з одним безпосередньо або за допомогою фізичних (силових) полів. Кількісна характеристика, яка характеризує дію одного тіла на інше, є сила. Дотримуючись міркувань О.Г. Старіша [8], розглянемо **інформаційну взаємодію** – будь-яку взаємодію між об'єктами А і В, в процесі якої один об'єкт (А) передає деяку сутність, а другий об'єкт (В) цю сутність сприймає. При цьому передана сутність є **інформація**.

Нехай об'єкт А є джерелом інформації, що створює інформаційний вплив назовні у вигляді сигналів. В теорії інформації **сигнал** – *матеріальний носій інформації, що використовується для передачі повідомлень в системі зв'язку*. Сигналом може бути будь-який фізичний процес, параметри якого змінюються (або перебувають) у відповідності з переданим повідомленням. Сигнал може генеруватися, але його прийом не обов'язковий, на відміну від **повідомлення**, яке розраховане на сприйняття суб'єктом, інакше воно не є повідомленням. У ролі сигналів виступають динамічні стани фізичних полів – шуми, звуки, електричні сигнали, радіосигнали тощо.

Очевидно, що енергія сигналу повинна бути не менше мінімально граничної, щоб протидіяти поглинанню та розсіюванню в середовищі перенесення. Якщо сигнал доходить до сприймаючого об'єкта В (*споживач* – людина, або *приймач* – технічний пристрій), то його стан переводиться на якісно новий рівень стрибком. При цьому інформація – це завжди відношення між об'єктом А, який має енергією впливу, і об'єктом В, що сприймає енергією відображення та визначає сигнальний характер впливу.

Інформаційний процес пов'язаний з процесом управління та саморегуляцією системи. Цей аспект має істотне прикладне значення, на який вперше звернув увагу засновник кібернетики Н. Вінер: він виявив й обґрунтував принципово визначальну роль інформації в процесах управління об'єктами різноманітної природи [2]. Н. Вінер висунув фундаментальне положення, відповідно до якого **управління (керування)** – це передача, зберігання та переробка інформації, а також зміна стану системи або процесу, який веде до досягнення поставленої мети. У цьому контексті **управління (керування)** є *суть інформаційний процес, який зв'язаний з процесом відображення, фундаментальною формою якого є інформаційна взаємодія* (ми розрізняємо **управління**, яке відноситься до соціальних, організаційних, людино-машинних (ергатичних) та автоматизованих систем, в яких рішення приймає людина, а також **керування**, яке притаманне автоматичним технічним системам та системам штучного інтелекту).

Враховуючи умовиводи, отримані в працях [3; 8], можна підкреслити такі **аспекти інформаційного процесу**:

- 1) інформація не може існувати поза взаємодією об'єктів (систем, тіл, процесів тощо);
- 2) взаємодіючі об'єкти А і В, а також середовище С складають відкриту систему;
- 3) середовище С може розглядатися як інформаційне середовище;
- 4) інформаційна взаємодія – це фундаментальна форма відображення;
- 5) інформація є посередником інших взаємодій об'єктів А і В (фізичних, хімічних, біологічних, психічних, соціальних);
- 6) інформацію в природі належить розглядати як *феномен*, а для систем, створених людиною (антропогенних) доцільно розглядати *інформаційні процеси*, які лежать в основі теорії управління (керування);
- 7) інформаційний процес пов'язаний з процесом відображення;
- 8) інформація є відношенням якісної та кількісної відповідності між енергією впливу і енергією відображення, що визначає сигнальний характер впливу;
- 9) при опосередкованій відповідності енергій впливу та відображення, інформаційний процес буде можливим лише за умови наявності чітко визначених перетворювачів енергії;
- 10) сприймаючий об'єкт В може підсилювати сигнал, якщо об'єкт за певним параметром має критичний стан, за якого інформаційний сигнал буде сприйнятий з підсиленням. Ефект підсилення має аналог *резонансу* (від лат. *resono* – відгукуюся), зокрема резонансу напруги за умови рівності значень величин індуктивного  $\omega L$  та ємнісного  $1/\omega C$  опорів при протифазі падіння напруги на вказаних опорах і максимальній амплітуді сили струму  $I_0 = U_0 / R = \max$ , де R – активний опір кола змінного струму.

Первісно сенс слова **“інформація”** в побутовій лексиці означав *“відомості, повідомлення, звістки”*, тобто те, що притаманне тільки людській свідомості та спілкуванню. Таке тлумачення інформації є інтуїтивним та інтерпретується в різних сферах діяльності людини неоднозначно.

Інформація, як категорія, нині не має чіткого, однозначного та загальноприйнятого визначення (дефініції). Це пов'язано з тим, що до теперішнього часу невідомі первісні (елемен-

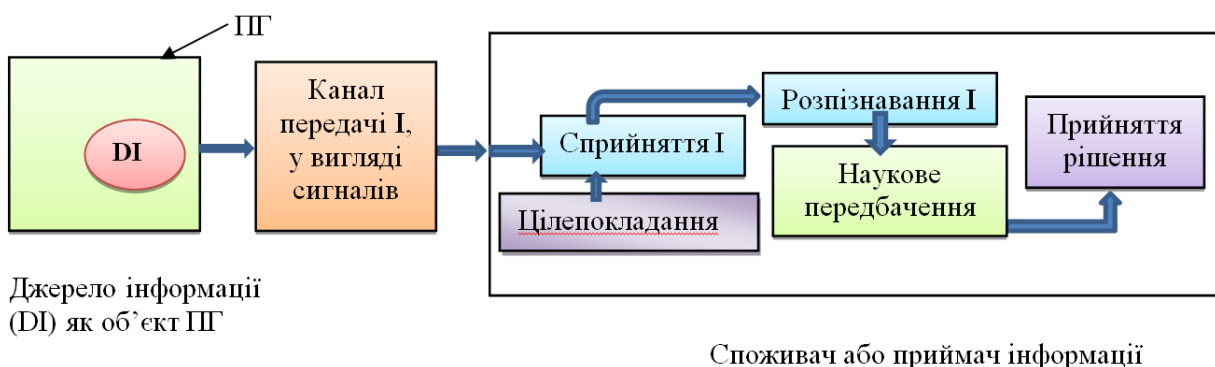
тарні) поняття, які складають вирази визначального (дефінієнсу), за допомогою яких здійснюється конкретне визначення. Найчастіше дефініція включає терміни “відомості”, “повідомлення”. Наприклад, **інформація** (від лат. *informatio* – освідомлення, роз’яснення) – *відомості про об’єкти ПГ (предмети, речі, явища, процеси, події, факти, особи і т ін.), незалежно від форми їх представлення (репрезентації)*. Можна вважати, що інформація – це зміст повідомлення, сигналу, пам’яті. Часто під інформацією розуміється стан матерії.

Відсутність універсальної, конвенціональної (від лат. *conventio* – договір, угода) дефініції поняття “інформація” дає змогу припустити, що інформація має статус **матеріальної субстанції**, адже вона описує всі відомі кількісні форми фізичної взаємодії, обміну речовин та різноманітних перетворень у природі та техносфері. Адекватним визначенням може бути таке: **“інформація – деяка фізична сутність, що забезпечує поведінку об’єктів і систем у відповідності зі загальними законами природи або більш частковими закономірностями, які встановлюються в кожному конкретному випадку”** [4, с. 97] (курсив мій. – М.К.).

Проте дослідження, проведені у другій половині ХХ – початку ХХІ ст.ст. показують, що інформація проявляє субстанціональну незалежність (Р.Ф. Абдеев, Н. Вінер, Б.Б. Кадомцев, М.М. Моїсєєв, О.А. Отраднова, Т. Стонер та ін.). Зокрема, Т. Стонер (Т. Stonier) говорить про це наступне: “Інформація існує. Щоб існувати, вона не потребує в тому, щоб її сприймали. Щоб існувати, вона не потребує в тому, щоб її розуміли. Вона не вимагає розумових зусиль для своєї інтерпретації. Щоб існувати, їй не потрібно мати сенс. Вона існує” [16, с. 21]. Отже, дослідник підкреслює незалежність інформації від суб’єкта, очищаючи її від всіх ціннісно-семантичних навантажень, які приписуються інформації як основні характеристики.

Розглянемо загальну схему (модель) **інформаційного процесу** – послідовної зміни стану і (або) уявлення про інформацію в результаті дій, які з нею можна виконувати. До вказаних дій, зокрема, відноситься сприйняття і переробка інформації (І) людиною-дослідником (рис. 2). Джерело інформації (ДІ) є об’єктом ПГ. Вказане джерело випромінює сигнали, які поширюються у просторі по так званому “каналі зв’язку” – частина комунікаційної системи, яка зв’язує між собою джерело та приймач (споживач) повідомлень. За видами це: а) *прямий канал* – канал безпосередньої передачі повідомлень (даних) “джерело ⇒ одержувач”; б) *вхідний канал* – канал, яким у систему надходять вхідні повідомлення. Зауважимо, що термін “фізичний канал” – канал двобічного передавання даних “джерело ⇔ одержувач”.

Споживач або приймач інформації ми розглядаємо як людину-дослідника або як базу знань (БЗ) експертної системи (ЕС). З точки зору теорії управління, сприйняття інформації є процес, який має такі послідовні в часі складові: цілепокладання, власне сприйняття інформації, розпізнавання інформації, наукове передбачення та прийняття рішення.



**Рис. 2.** Загальна схема сприйняття і переробки інформації.

Відсутність загальноприйнятого визначення інформації не тільки в тому, що вона є першоосновою світоустрою (Інформація ⇒ Енергія ⇒ Фізичне поле ⇒ Речовина), а й в тому, що вона має безліч якісних і кількісних властивостей. Останнє означає, що інформація є величина, яка може оцінюватися та вимірюватися у відповідних шкалах.

Структуру повної інформації  $I$  можна подати у вигляді моделі  $M$ , яка задана у вигляді кортежу:

$$M = \langle G, S, P \rangle, \quad M \subseteq I, \quad (1)$$

де  $G, S$  і  $P$  – відповідно синтаксичний, семантичний і прагматичний аспекти інформації, які є основою систематизації якісних характеристик інформації.

Нехай  $\dot{I} \in I$  – одиниця повної інформації, яка має синтаксичні ( $G$ ), семантичні ( $S$ ) та прагматичні ( $P$ ) аспекти, або відповідно їх елементи ( $\dot{I}_G, \dot{I}_S, \dot{I}_P$ ), де:  $\dot{I} = \dot{I}_G \cup \dot{I}_S \cup \dot{I}_P$ . Тоді **синтаксичний аспект інформації  $G$**  відображає відношення сигналів, знаків, повідомлень один до одного, які створюють структуру, що адекватна об'єкту ПГ на рівні гомоморфізму, причому ця дефініція (def) формалізується так:

$$\forall \dot{I}_G \in G \quad \underline{\underline{\text{def}}} \left( \bigcup_{i=1}^n \dot{I}_G^i = G, G \subset I \right). \quad (2)$$

**Семантичний (смісловий) аспект інформації  $S$**  відображає співвідношення між знаком, який позначає деякий об'єкт ПГ (денотат), і концептом, який виражає смисл цього знаку:

$$\forall \dot{I}_S \in S \quad \underline{\underline{\text{def}}} \left( \bigcap_{j=1}^k \dot{I}_S^j = S, S \subset I \right). \quad (3)$$

**Прагматичний аспект інформації  $P$**  відображає відношення споживача (дослідника) до отриманої інформації, а також “...складність досягнення мети і ту ступінь зменшення невизначеності зовнішнього середовища в пізнавальній системі, яка настає при уведенні в систему деяких сукупних висловлювань” [1, с. 33].

Формалізуємо сказане. Нехай  $\Omega$  – простір станів об'єкта ПГ,  $T$  – час (дискретний, неперервний),  $U$  – простір управління (керування),  $T_b$  – період випередження прогнозу,  $\Omega_\psi$  – цільовий стан об'єкта ПГ,  $\beta$  – цільове відображення. Тоді  $\Omega_\psi$  виражається через декартові добутки:

$$\forall \dot{I}_P \in P \quad \underline{\underline{\text{def}}} [\dot{I}_P \Rightarrow \beta: (\Omega \times T) \times U \times T_b \rightarrow \Omega_\psi], \quad (4)$$

де  $(\Omega \times T) \rightarrow Y$  – вихідне відображення, що описує процес спостереження об'єкта управління, тобто об'єкта ПГ – отримання числових оцінок, експериментальних даних, вербальних суджень тощо.

Перехід від суті поняття “фізична взаємодія” до поняття “інформаційна взаємодія” історично опосередкований дослідженнями Р. Хартлі, Г. Фреге, К. Шеннона, Н. Вінера, У.Р. Ешбі, Л. Бріллоена, Р. Карнапа та ін. вчених. Відповідно в ХХ ст. були побудовані відповідні теорії.

**1. Структурна теорія інформації.** Ця теорія розглядає структуру побудови окремих інформаційних повідомлень. Квант – елементарна структурна одиниця, яка є одиницею кількості інформації.

**2. Статистична теорія інформації.** Ця теорія оцінює інформацію з точки зору міри невизначеності – **ентропії  $H$** . Кількість інформації оцінюється шляхом вивчення розподілу ймовірностей, яке пов'язане з появою сигналів, або зі зміною характеристик цих сигналів, або з побудовою на його основі деяких узагальнених характеристик.

Нехай до отримання інформації споживач має деякі апріорні (попередні) відомості про систему  $\alpha$ . Мірою його необізнаності про систему є функція  $H(\alpha)$ , яка в той же час служить і мірою невизначеності стану системи. Після отримання деякого повідомлення  $\beta$  споживач придбав деяку додаткову інформацію  $I_\beta(\alpha)$ , яка зменшує його апріорну необізнаність так, що апостеріорна (після отримання повідомлення  $\beta$ ) невизначеність стану системи стала  $H_\beta(\alpha)$ . Тоді кількість інформації  $I_\beta(\alpha)$  про систему, що отримана в повідомленні  $\beta$ , визначається як:

$$I_{\beta}(\alpha) = H(\alpha) - H_{\beta}(\alpha). \quad (5)$$

Таким чином, кількість інформації вимірюється зміною (зменшенням) невизначеності стану системи. Якщо кінцева невизначеність  $H_{\beta}(\alpha)$  стане рівною нулю, тоді первісне неповне знання заміниться повним знанням і кількістю інформації  $I_{\beta}(\alpha) = H(\alpha)$ , тобто ентропія системи  $H(\alpha)$  може розглядатися як міра відсутньої інформації.

Інформаційна ентропія  $H(\alpha)$  системи, яка має  $N$  можливих станів, відповідно формули К. Шеннона, визначається як середня ентропія повідомлення (джерела інформації):

$$H(\alpha) = - \sum_{i=1}^N p_i \cdot \log_2 p_i, \quad (6)$$

де  $p_i$  – імовірність того, що система знаходиться в  $i$ -му стані.

К. Шеннон показав, що ентропія  $H$  – це кількість інформації, яка приходить на одне елементарне повідомлення джерела, що генерує статистично незалежні повідомлення (К. Шеннон є розробником кількісної теорії інформації [11], 1948 р.).

Для випадку, коли всі стани системи рівноймовірні, тобто їх імовірності рівні  $p_i = 1/N$ , то її ентропія визначається співвідношенням:

$$H(\alpha) = - \sum_{i=1}^N \frac{1}{N} \cdot \log_2 \frac{1}{N} \equiv \log_2 N \Rightarrow I = \log_2 N \quad (7)$$

Отримано формулу Р. Хартлі (1928 р.), яка визначає кількість інформації, яка міститься в повідомленні довжини  $n$  ( $N = 2^n$ , де  $n = 1, 2, 3, \dots$ ), а саме вибір із  $N$  рівноймовірних можливостей несе з собою  $\log_2 N$  бітів інформації.

При фіксованому  $n$  ентропія скінченної схеми  $\begin{pmatrix} x_i \\ p_i \end{pmatrix}$ ,  $i = \overline{1, n}$  значень дискретної випадкової величини  $\xi$  є певне число з замкнутого інтервалу

$$0 \leq H \leq \log_2 n, \quad (8)$$

де обмеженість ентропії впливає з відомої нерівності Йенсена для вгнутої функції  $f(q_i) = \log_2 q_i$ ,  $q_i = 1/p_i$ .

Ентропію дискретних випадкових величин можна розширити для функції розподілу ймовірностей, а саме для диференціальної ентропії неперервної випадкової величини  $\xi$  зі щільністю  $h(\xi)$  ймовірності  $p(x)$ :

$$h(\xi) = - \int_{-\infty}^{\infty} p(x) \log p(x) dx. \quad (9)$$

Нехай інформація про деяку систему  $\aleph$  має певну ентропію  $H(\aleph)$  – 1-ий стан. При отриманні деякого **повідомлення**  $m$  (від англ. *message*) про систему, відбудеться деяке упорядкування в масиві інформації, що спричинить зменшення ентропії до величини  $H_m(\aleph)$  – 2-ий стан. Так, як в стані 2 ентропія за величиною менша, ніж в стані 1, то **кількість інформації**  $I_m(\aleph)$ , яка міститься в повідомленні  $m$ , визначається як приріст ентропії зі зворотним знаком:  $I_m(\aleph) = -\Delta H = -(H_2 - H_1) = -[H_m(\aleph) - H(\aleph)]$ , звідси маємо

$$I_m(\aleph) = H(\aleph) - H_m(\aleph). \quad (9)$$

Для скінчених схем, заданих випадковими величинами  $\xi$  і  $\eta$ :

$$\xi \begin{pmatrix} x_1 & x_2 & \dots & x_n \\ p_1 & p_2 & \dots & p_n \end{pmatrix} \quad \text{і} \quad \eta \begin{pmatrix} y_1 & y_2 & \dots & y_m \\ q_1 & q_2 & \dots & q_m \end{pmatrix},$$

формула **інформації**  $I(\xi, \eta)$  відносно  $\eta$ , яка міститься в  $\xi$ , визначається так:

$$I(\xi, \eta) = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m p_{ij} \cdot \log_2 \left( \frac{p_{ij}}{p_i q_j} \right), \quad (10)$$

де  $p_{ij}$  – ймовірність суміщення подій  $\xi = x_i$  і  $\eta = y_j$ ;  $i = \overline{1, n}$ ,  $j = \overline{1, m}$ .

Очевидно, що кількість взаємної інформації  $I(\xi, \eta)$  і ентропія  $H$  зв'язані залежністю

$$I(\xi, \eta) = H(\xi) + H(\eta) - H(\xi, \eta), \quad (11)$$

де  $H(\xi, \eta)$  – ентропія пари  $(\xi, \eta)$ , яка формально має вигляд

$$H(\xi, \eta) = - \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m p_{ij} \cdot \log_2 p_{ij}, \quad (12)$$

**3. Семантична теорія інформації.** Семантика вивчає знакові системи як засоби виразу змісту, тобто правила інтерпретації знаків та їх об'єднань (змістовий аспект мови). Ця теорія досліджує смислові (якісні) характеристики інформації: змістовність, цінність, корисність та ін. (табл. 1). Семантичні оцінки характеризують змістовність повідомлення.

Перша теорія семантичної інформації створена Р. Карнапом і І. Бар-Хіллелом у 1953 р., в якій кількість інформації визначалася у твердженнях – конструкціях математичної логіки. Семантичну інформацію вони трактували як синонім смислового змісту, який має як істинні (справжні), так і хибні (помилкові) висловлювання [13]. Дослідники запропонували визначати вимір семантичної інформації за допомогою **логічної** або **епістемологічної ймовірності** (від стар. грец. *ἐπιστήμη* – “наукове знання”, “достовірне знання” і *λόγος* – “слово”, “мова”), яка є ступенем підтвердження певної гіпотези, а точніше – логічного відношення між двома **пропозиціями**, ступінь підтвердження гіпотези  $\mathcal{H}$  свідченням  $E$ . Кількість семантичної інформації, яка міститься у повідомленні, зростає зі зменшенням ступеня підтвердження апріорної гіпотези. Оскільки пропозиції мови описують деякі події або стани системи, то логічну ймовірність також можна розглядати як функцію цих подій або станів.

Розглядаються дві основні міри кількості семантичної інформації  $s$  в пропозиції. Перша міра  $\text{cont}(s)$  (від англ. *cont* – “продовження”) визначається так:

$$\text{cont}(s) = 1 - q(s), \quad (13)$$

де  $q(s)$  – абсолютна логічна ймовірність пропозиції.

Друга міра  $\text{inf}(s)$  (від скороченого англ. *information* – “інформація”) є нелінійною функцією першої міри, а саме:

$$\text{inf}(s) = \log_2 \frac{1}{1 - \text{cont}(s)} = \log_2 \frac{1}{q(s)}. \quad (14)$$

У вказаній концепції визначено кількість семантичної інформації у повідомленні  $s$  відносно знань одержувача  $r$  (від англ. *recipient*), яке визначається таким чином:

$$\text{inf}(s/r) = \text{inf}(s \wedge r) - \text{inf}(r) = \log_2 \frac{q(r)}{q(s \wedge r)} = \log_2 \frac{1}{q(s/r)}, \quad (15)$$

де  $q(s/r)$  – відносна (умовна) логічна ймовірність істинності висловлювання  $s$  за умови істинності виразу  $r$ .

Незважаючи на певні досягнення, теорія Карнапа-Бар-Хіллела виявилась малоприматною для аналізу змісту природної мови, а також наукового знання.

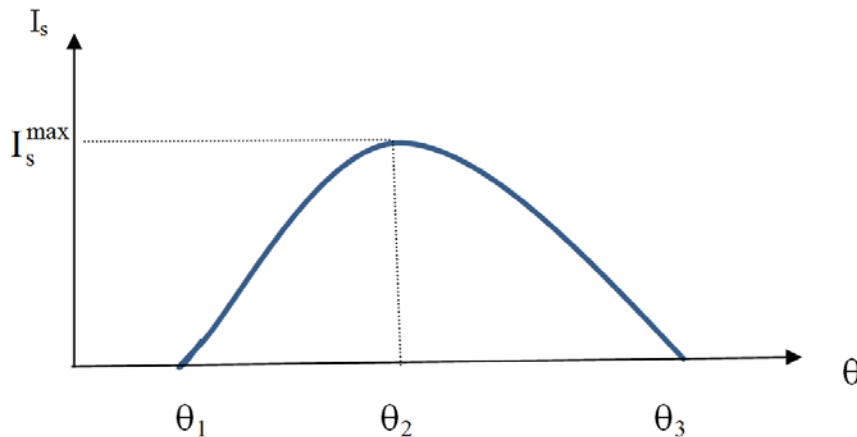
На початку 1960-х рр. Ю.А. Шрейдер розробив теорію семантичної інформації, в якій акцентується увага на властивостях споживача (приймача), що сприймає і накопичує інформацію та на оцінці її змістового значення [12].

Для того, щоб сприймати будь-яку інформацію від зовнішніх джерел система-приймач (людина) мусить мати мінімальний запас знань (внутрішня інформація), що позначається тер-

міном “тезаурус”. Якщо внутрішня інформація дозволяє, система може розширити свій тезаурус аж до максимальної для неї доступної інформації, коли тезаурус збагачується до оптимального рівня. Подальше сприйняття інформації стає надлишковим (все менш значущим) і, нарешті, система постає насиченою та “знає все”. Кількість семантичної інформації  $I_s$ , яка сприймається споживачем, залежить не тільки від величини повідомлення  $m$ , а й від тезауруса індивідуума  $\theta$ , точніше від ступеня його зміни (рис. 3), а саме:

$$I_s = I_s(m, \theta) \quad (16)$$

У 1968 р. вийшла праця М. Беліса (M. Belis), яка описує якісно-кількісну міру інформації, що обґрунтовується за допомогою понять релевантності, значущості та корисності відносно деякої мети [14].



**Рис. 3.** Залежність кількості семантичної інформації  $I_s$ , яка сприймається користувачем, від його тезауруса  $\theta$  ( $I_s = \max, \theta = \theta_2; I_s = 0, \theta = \theta_1 = \theta_3$ )

Настання події усуває подвійну невизначеність: кількісну, яка відноситься до можливого настання події, і якісну, що відноситься до корисності події, що настала, для виконання поставленої мети. Міра інформації за М. Белісом має вигляд:

$$I = I(u_1, u_2, \dots, u_n; p_1, p_2, \dots, p_n) = -k \sum_{i=1}^n u_i \cdot p_i \cdot \log_2 p_i, \quad (17)$$

де  $u_i$  – міра корисності  $i$ -ї події;  $p_i$  – імовірність появи  $i$ -ої події,  $i = \overline{1, n}$ .

Лучано Флориді (L. Floridi) у 2004 р. показав, що кількість семантичної інформації у повідомленні визначається ступенем відповідності цього повідомлення ситуації [15]. Невідповідність виникає або в результаті беззмістовності повідомлення, або в результаті його неточності. Він уводить два поняття: **ступінь (міра) неточності** умовно-помилкових пропозицій  $-v(s)$  і **ступінь беззмістовності**  $+v(s)$  істинної пропозиції  $s$ , а саме:

$$-v(s) = -f(s) / \ell(s); \quad +v(s) = m(s) / n, \quad (18)$$

де  $f(s)$  – число хибних атомарних виразів в  $s$ ;  $\ell(s)$  – загальне число атомарних пропозицій в  $s$ ;  $m(s)$  – число світів універсуму  $U$ , в яких  $s$  істинно;  $n$  – загальне число світів універсуму  $U$  (від лат. *universum* – сукупність, спільність, все суще, світ як ціле);  $+v(s) \equiv q(s)$ , де  $q(s)$  – величина логічної ймовірності.

Флориді вводить поняття функції – **ступінь інформативності**  $i(s)$ :

$$i(s) = 1 - v^2(s). \quad (19)$$



Тоді *кількість семантичної інформації*  $i^*(s)$  у повідомленні  $s$  дорівнює визначеному інтегралу від функції ступеня інформативності  $i(s)$ :

$$i^*(s) = \frac{3}{2} \int_{v(s)}^1 (1 - x^2) dx = 1 - \frac{3v(s)}{2} + \frac{v^3(s)}{2}. \quad (20)$$

Якщо  $s$  є істинною пропозицією, то ступінь беззмістовності  $+v(s)$  тотожно дорівнює величині логічної ймовірності  $q(s)$ , тобто  $+v(s) \equiv q(s)$ .

Значимо, що міра  $i^*(s)$  подібна мірі  $\text{cont}(s)$ , проте на відміну від останньої, міра  $i^*(s)$  є нелінійною функцією  $+v(s)$ . Проте, в концепції Флориді немає нічого схожого на міри  $\text{cont}(s)$  та  $\text{inf}(s)$ , які для логічно незалежних пропозицій мають чудові властивості:

$$\text{cont}(s_1) + \text{cont}(s_2) > \text{cont}(s_1 \wedge s_2); \quad \text{inf}(s_1) + \text{inf}(s_2) = \text{inf}(s_1 \wedge s_2). \quad (21)$$

**4. Прагматичні концепції інформації.** Вказані концепції висвітлюють результати досліджень по вивченню співвідношень між знаками та їхніми користувачами з точки зору використання отриманої інформації в цілеспрямованій діяльності людини. Прагматичні оцінки характеризують цінність і корисність повідомлення для споживача (користувача).

Вихідним положенням *концепції Акоффа-Майлса* є цільова спрямованість одержувача інформації на вирішення конкретної проблеми. Одержувач перебуває у “*цілеспрямовану стані*”, отже, коли він прагне чогось, то має альтернативні шляхи, які не є однаковими для ефективності досягнення мети. Повідомлення, передане одержувачу, інформативне, коли воно змінює його “*цілеспрямований стан*”. Оскільки “*цілеспрямований стан*” характеризується послідовністю можливих дій (альтернатив), ефективністю дій і значимістю результату, то передане одержувачу повідомлення може впливати попри (уздовж) на всі три компоненти. Відповідно до цього, передана інформація може бути інформуюча, інструктуюча або мотивуюча.

*Концепція Д. Харраха* пропонує забезпечити отримувача “*програмою обробки повідомлень*”, за допомогою якої з повідомлень, що отримуються, виокремлюється підготовлена для використання сума повідомлень, до якої можна застосувати операції оцінювання чи вимірювання.

**5. Алгоритмічна теорія інформації А. М. Колмогорова.** Очевидно, що будь-якому повідомленню можна приписати кількісну характеристику, яка відображатиме складність (розмір) програми, яка дозволяє її зробити. Слово 0101 ... 01 складніше слова 00 ... 0, а слово, де 0 і 1 вибирається з експерименту. Наприклад, кидання монети (де 0 – герб, 1 – решка), складніше обох попередніх. Так як є багато різних ЕОМ і різних мов програмування (різних способів завдання алгоритму), то для визначеності задаються деякою конкретною ЕОМ, наприклад машиною Тьюринга. Складність слова (повідомлення) визначається як мінімальне число внутрішніх станів машини Тьюринга, що вимагаються для його відтворення.

Обмеження алгоритмічного підходу А. М. Колмогоров пояснює так: викладена теорія має один істотний недолік: “... вона не враховує “труднощі” переробки програми  $z$  і об’єкта  $x$  в об’єкт  $y$ . Уводячи належні дефініції, можна довести точно сформульовані математичні речення, які законно інтерпретуються як вказівка на існування таких випадків, коли об’єкт, що припускає дуже просту програму, тобто має дуже малу складність  $K(x)$ , може бути відновлений за короткими програмами лише в результаті обчислень цілковито нереальної тривалості” [5, с. 6].

Відповідно до виразу (1), *модель інформації M* – це триплекс (від лат. *triplex* – *потрійний*), тому властивості інформації можуть належати одній області характеристик (наприклад, області семантики  $S$ ), а також двом або трьом областям. В останньому випадку властивість інформації залежить від синтаксичного ( $G$ ), семантичного ( $S$ ) і прагматичного ( $P$ ) аспектів.

Як приклад, розглянемо достовірність інформації, яку фіксує особа, яка приймає рішення (ОПР). Об’єкт ПГ “*генерує*” інформацію про себе у вигляді власного смислового змісту – це так званий “*знятий сенс*”. Достовірність інформації, як ступінь відповідності джерела інформації ( $W$ ) сформованому інформаційному образу  $I_m$  (від англ. *image* – *образ, відображення*,

зображення, подоба), є композиційною характеристикою, яка відображає весь ланцюг перетворення та сприйняття інформації:

$$W \Rightarrow S \Rightarrow G \Rightarrow P \Rightarrow I_m \in \text{ОПР}, \quad (22)$$

який можна описати вербально, а саме: Джерело інформації (W)  $\Rightarrow$  смислова форма (S)  $\Rightarrow$  синтаксична форма (G)  $\Rightarrow$  прагматична форма (P)  $\Rightarrow$  образ об'єкта ПГ ( $I_m$ ).

Властивості інформації можна систематизувати в чотири класи: *абстрактні, атрибутивні, динамічні та прагматичні*. Обмеженість обсягу статті не дозволяє проаналізувати виявлені нами 53 якісні характеристики інформації, які подані на рівні перерахування та взаємозв'язків (табл. 1).

Зазначимо, що синтаксичний аспект інформації (G) пов'язаний з технічними проблемами зберігання і передачі інформації, семантичний (S) має відношення до змісту та значення істинності повідомлення, прагматичний (P) торкається питань впливу інформації на поведінку людей, а семантико-синтаксичний аспект ( $S_G = \{ S \rightarrow G \}$ ) синтезує S і G.

**Таблиця 1.** Якісні характеристики інформації та області визначення характеристик

Якісні характеристики інформації		Області визначення характеристик			
№ з /п	Назва	S	G	S <sub>G</sub>	P
1	2	3	4	5	6
<b>Абстрактні властивості</b>					
1	Фіксувальність		+		
2	Інваріантність		+	+	
3	Тлінність (тимчасовість)	+		+	
4	Мінливість	+		+	
5	Трансляційність	+		+	
6	Дієвість			+	
7	Поліпотентність	+			
8	Корисність				+
9	Істинність	+		+	
10	Універсальність		+		+
<b>Атрибутивні властивості</b>					
11	Цілісність, системність	+	+		
12	Негентропійний характер	+	+		+
13	Адекватність	+		+	
14	Синтаксична адекватність	+		+	
15	Невідривність від фізичного носія та мовна природа	+	+	+	
16	Неадитивність		+	+	
17	Некомутативність		+	+	
18	Неасоціативність		+	+	
19	Достовірність (вірогідність)	+	+		+
20	Точність	+	+		
21	Стійкість	+			
22	Дискретність		+		
23	Неперервність		+		
24	Глибина	+			+
25	Можливість кодування, дешифровки	+			+
<b>Динамічні властивості</b>					
26	Повторюваність	+			
27	Багаторазове використання	+			
28	Розсіювання за різними джерелами		+	+	
29	Мобільність	+	+	+	
<b>Прагматичні властивості</b>					
30	Важливість (значущість, змістовність)	+			+
31	Показники сенсу	+			

Продовження таблиці 1

32	Змістовість	+			
33	Релевантність		+		
34	Толерантність		+		
35	Репрезентативність		+		
36	Повнота (достатність)	+			
37	Цінність (корисність)	+			+
38	Інформативність			+	+
39	Невичерпність	+			+
40	Рефлексивність	+	+		+
41	Пертинентність	+			
42	Доступність (толерантність)			+	+
43	Потенційність (структурність)		+		
44	Актуальність (дійсність)			+	
45	Своєчасність	+			
46	Доцільність	+			+
47	Кумулятивність	+	+		
48	Новизна	+			+
49	Старіння			+	
50	Безпека		+		+
51	Захищеність		+		
52	Ергономічність		+	+	
53	Оперативність (темп) засвоєння				+

**Висновки.** Інформація виступає як субстанція та здійснює зв'язок між природою як матерією, і свідомістю як ідеальним початком. Дуальність інформації (від лат. *dualis* – двоїстий) полягає в тому, що з одного боку інформація – це деяка фізична сутність, що забезпечує поведінку об'єктів і систем у відповідності зі загальними законами природи або більш частковими закономірностями, а з іншого боку інформація – смислова одиниця, яка виступає як суб'єктивна категорія, основними характеристиками якої є рефлексивність, семантичне і ціннісне наповнення.

Ряд дослідників [6; 9] прийшли до висновку, що інформація існує сама по собі, поза залежності від матерії та свідомості. Онтологічна незалежність інформації говорить про необхідність внесення інформації в особливу категорію буття, що полягає в незвідності її до матерії або до духу, оскільки вона одночасно містить атрибути як матерії, так і духу, розташовуючись в просторі-часі, маючи енергетичну природу, а також є результатом розумової діяльності. Як влучно зазначив німецький антрополог і євгеніст Г. Гюнтер “*Інформація є інформацією, а не дух і не суб'єктивність*”.

#### Бібліографічний список

1. Афоничкин А.И. Качество информационного обеспечения в процессах управления / А.И. Афоничкин, С.А. Панфилов. – Саранск: Изд-во Саранск. ун-та, 1988. – 176 с.
2. Винер Н. Кибернетика или управление и связь в животном и машине / Н. Винер [пер. с англ. и под ред. И.В. Соловьева, Г.Н. Поварова]. – М.: Наука, 1983. – 341 с.
3. Дудник І.М. Вступ до загальної теорії систем: навч. посібник / І.М. Дудник. – К.: Кондор, 2009. – 205 с.
4. Информатика: учебник. Т.1. Концептуальные основы / Под ред. В.А. Минаева и др. – М.: Маросейка, 2008. – 464 с.
5. Колмогоров А.Н. Три подхода к определению понятия «Количество информации» // <http://www.biometrika.tomsk.ru/kolmogorov/3podhoda.pdf>.
6. Отраднова О.А. Проблема онтологического статуса информации / О.А. Отраднова // *Философские проблемы информационных технологий и киберпространства* / <http://cyberleninka.ru/article/n/problema-ontologicheskogo-statusa-informatsii>.
7. Рижко Л.В. Рефлексивна природа знання в філософії, інформатиці, математиці: спільне і відмінне // *Наука та наукознавство. Додаток*. – 2006. – № 4. – С. 31 – 39.
8. Старіш О.Г. Системологія: підруч. / О.Г. Старіш. – К.: Центр навч. літератури, 2005. – 232 с.

9. Урсул, А. Д. Природа информации: философский очерк / А. Д. Урсул; Челяб. гос. акад. культуры и искусств; Науч.-образоват. центр «Информационное общество»; Рос. гос. торгово-эконом. ун-т; Центр исслед. глоб. процессов и устойчивого развития. – 2-е изд. – Челябинск, 2010. – 231 с.
10. Хокинг С.В. Общая теория относительности. Вводный обзор / С.В. Хокинг, В. Израэль // Успехи физических наук. – 1981. – Т. 133. – Вып. 1. – С. 139–158.
11. Шеннон К. Работы по теории информации и кибернетике / Под ред. Р.Л. Добрушина и О.Б. Лупанова. – М.: Изд-во иностр. литературы, 1963. – 829 с.
12. Шрейдер Ю.А. О семантических аспектах теории информации / Ю.А. Шрейдер // Информация и кибернетика. – М.: Сов. радио, 1967. – С. 16 – 47.
13. Bar-Hillel Y., Carnap R. An Outline of a Theory of Semantic Information // Technical Report No. 247. 1952. October 27, Research Laboratory of Electronics.
14. Belis M. Quantitative – Qualitative measure of information in Cybern Syst. // IEEE trans on Inform Theory. 1968. V. 144. P. 593 – 597.
15. Floridi L. Outline of a Theory of Strongly Semantic Information. // Minds and Machines. 2004. № 14(2). P. 197 – 222.
16. [Stonier T. Information and the Internal Structure of the Universe: An Exploration into Information Physics. – London: Springer-Verlag, 1990.](#)

Надійшла до редакції 10.05.2016

#### **М.П. Костюченко**

Донецкий национальный технический университет, г. Красноармейск

#### ИНФОРМАЦИОННЫЕ АСПЕКТЫ НАУЧНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ

Раскрыта сущность информации. Предложена общая схема восприятия и переработки информации. Выделены аспекты информационного процесса. Рассмотрена модель полной информации, которая имеет синтаксические, семантические и прагматические компоненты. Проанализированы основные теории информации, а именно структурная, статистическая, семантическая, прагматическая и алгоритмическая. Свойства информации сгруппированы в четыре класса: абстрактные, атрибутивные, динамические и прагматические. В каждом классе выделены качественные характеристики информации и их области определения.

**Ключевые слова:** информация, взаимодействие, сообщение, сигнал, потребитель, приемник, система, энтропия, модель, тезаурус, свойство.

#### **M.P. Kostyuchenko**

Donetsk national technical university, Krasnoarmeysk

#### INFORMATION ASPECTS OF RESEARCH

The essence of information. The general scheme of perception and information processing. Separate aspects of information process. The model of complete information that has syntactic, semantic and pragmatic components. Analyzes the basic theory of information, namely a block, statistical, semantic, pragmatic and algorithmic. Information Properties are grouped into four classes: abstract, attribute, dynamic and pragmatic. In each class marked the qualitative characteristics of information and their scope.

**Keywords:** information, interaction, communication, signal, the consumer, the receiver, the system entropy, model, thesaurus feature.