

ПРО КОНЦЕПЦІЮ ІНФОРМАЦІЙНИХ АЛФАВІТІВ

© Николишин М.Й., 2011

Розглянуто концепцію інформаційних алфавітів, відповідно до якої наявність інформації нерозривно пов'язана з існуванням адекватного їй інформаційного алфавіту – множини структурних елементів, за посередництвом якої інформація існує, трансформується, зберігається, відтворюється.

Ключові слова: інформаційний алфавіт, впорядковуючо-векторизуючий потенціал, інформаційний текст, хаотичне середовище.

The concept of information alphabets is investigated, in corers pondence with which the existence if its adequate information alphabet-the set of structural elements, with intermediary of which information does exist, is transporting, is storing and is reproducing.

Key words: information alphabet, ordering-vectorizing potential, chaotic medium, information text.

Вступ

Відколи відомий феномен інформації, відтоді існують різні концепції, тобто способи розуміння і тлумачення її сутності і об'єктивності:

- атрибутивна [11,17] і термодинамічна [5, 10, 15, 24];
- математична [1, 2, 8, 9] та фізична [3, 4, 6, 7, 22];
- образна [25] і віталістична[13, 16];
- організаційна [10, 14, 21] та інші.

Всі ці концепції по-різному, подекуди суперечливо і суб'єктивно, трактують інформацію, але майже одноставно ігнорують визначальне значення інформаційного алфавіту.

Мета роботи – проаналізувати інформаційні алфавіти, які репрезентують інформацію у різних сферах людської діяльності, у живій та неживій природі, техніці, зокрема, у радіоелектроніці. Дослідити механізми формування інформаційної сутності у матеріальних і концептуальних текстах, а також особливості відтворення цієї інформаційної сутності користувачем.

Основна частина

Класичними прикладами інформаційних алфавітів (ІА) є:

– писемна абетка, мовний алфавіт, нотна азбука, дактилоскопічні відбитки пальців, генетичний код, імпульсна послідовність електричного струму або електромагнітного чи акустичного випромінювання тощо.

З фізичного погляду – це ділянки різних носіїв інформації, параметри яких змінені адекватно структурним елементам ІА, зокрема:

- у випадку писемної абетки – це сукупність розрізняваних і незмінних геометричних форм (букв), що зафіксовані на статичному носії;
- у мовному алфавіті – це сукупність різноманітних, розрізняваних і незмінних звуків, що фіксуються у змінах параметрів акустичного носія;
- у дактилоскопічних відбитках – це сукупність папілярних узорів шкіри останніх фаланг пальців людини;
- у нотній азбуці – сукупність звукових гармонічних коливань фіксованих частот і тривалостей;

- у генетичному кодї – сукупність складних, певним чином зв’язаних між собою, хімічно стабільних макромолекул;
- у імпульсній послідовності електричного струму, електромагнітного чи акустичного випромінювання – бінарна або інша, адекватна за природою, періодична послідовність імпульсів, подекуди фіксованої амплітуди і тривалості, що повторюється за визначеними правилами, зокрема, за правилами двійкового числення тощо.

Відтак носії інформації різні, але елементи ІА, що зафіксовані у змінах параметрів носіїв, незмінні протягом всього часу існування інформації. В чому ж полягає функція ІА?

По-перше, в тому, що елементи ІА формують інформаційний текст (ІТ), який містить певний обсяг інформації, що зберігається або передається у просторі і часі.

Формування інформаційного тексту відбувається за алгоритмами, що визначаються сферою природних явищ, які беруть участь в інформаційному акті та є сутністю самого акта. Наприклад, вимірюючи невідому фізичну величину, що відтворює реальну властивість матеріального об’єкта, значення величини формується за адитивним чи то мультиплікативним алгоритмом. Найпростішим є алгоритм, коли впорядковують елементи ІА в одному вимірюванні

$$R = n \cdot \Delta R, \quad (1)$$

де ΔR – елемент ІА або вимірювально-інформаційний квант; n – кількість вимірювально-інформаційних квантів (ВІК).

Якщо впорядкування ВІК відбувається у двох вимірюваннях, наприклад визначається функція $R(t)$, то

$$R(m_i \cdot \Delta t) = n_i \cdot \Delta R \text{ при } 0 < I < \infty \quad (2)$$

де Δt – елемент ІА першого вимірювання; ΔR – елемент ІА другого вимірювання; m, n – кількість ВІК відповідно першого і другого вимірювань. Подібно впорядковуються вимірювально-інформаційні кванти у три, чотири і більше вимірних алгоритмах.

Часто, як носій інформації, використовується електромагнітне коливання (ЕМК), у якому інформація фіксується змінами амплітуди, частоти, фази поляризації та параметрами, які характеризують розташування ЕМК у просторі. У цьому випадку елементи ІА, що відтворюються різними параметрами ЕМК, обмежені у зміні своїх значень і впливають один на одного. Покажемо, так званий, принцип невизначеності в радіолокації, коли елементи ІА, що сформовані частотними змінами обмежують значення ІА, сформовані часовими змінами. Відомо [27], що значення ВІК під час вимірювання віддалі до об’єкта:

$$\Delta R = \frac{c\tau_i}{2\sqrt{\pi \cdot q}}, \quad (3)$$

де τ_i – тривалість зондуючого радіоімпульсу; q – відношення енергії прийнятого радіоімпульсу до енергії шуму.

Значення ВІК під час вимірювання швидкості об’єкта:

$$\Delta V = \frac{c \cdot \sqrt{\pi}}{\omega \cdot \tau_{i\sqrt{q}}}, \quad (4)$$

де $\omega = 2\pi f$ – частота коливань ЕМК.

Тоді взаємовплив елементів інформаційних алфавітів віддалі R і швидкості V :

$$Y = \Delta R \cdot \Delta V = \frac{c \cdot \lambda}{4 \cdot \pi \cdot q}, \quad (5)$$

де $\lambda = c/f$ – довжина хвилі ЕМК.

Результати взаємовпливу наведені графічно на рис. 1. Розглядаючи його, можна легко переконатися, що збільшення кількості інформації I_R , яка відтворюється через ІА – ΔR , зменшує кількість інформації I_V , яка відтворюється через ІА – ΔV .

$$I_R = \log_2 \left(\frac{R_{\max} - R_{\min}}{\Delta R} \right), \quad (6)$$

де R_{\max} , R_{\min} – максимальне і мінімальне значення вимірюваної віддалі.

$$I_V = \log_2 \left(\frac{V_{\max} - V_{\min}}{\Delta V} \right), \quad (7)$$

де V_{\max} , V_{\min} – максимальне і мінімальне значення вимірюваної швидкості.

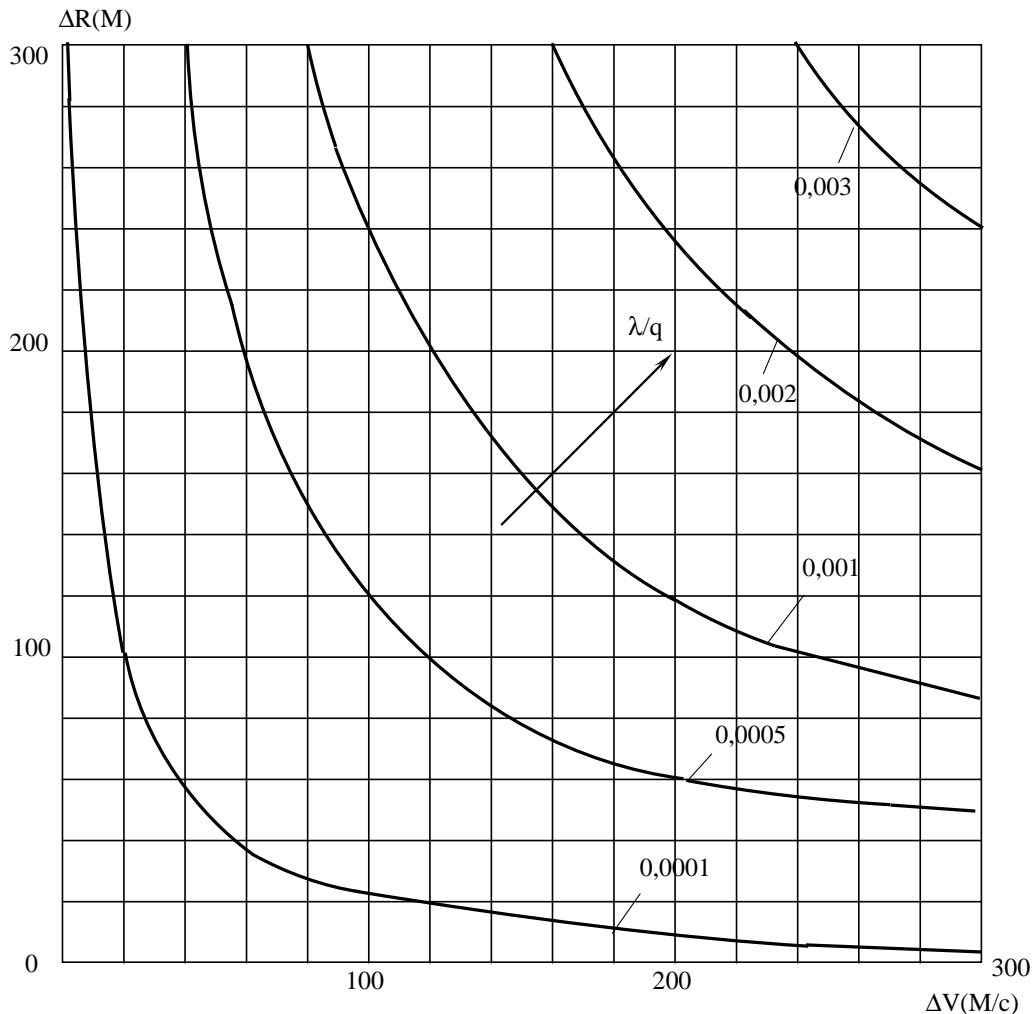


Рис. 1. Графіки взаємовпливу інформаційних алфавітів, які формують різні інформаційні тексти

Відтак цей принцип невизначеності в радіолокації коректніше назвати принципом невизначеності відтвореної інформації, оскільки невизначеність проявляється саме в ній.

Звернемося тепер до інформаційних можливостей писемного алфавіту. Тут скінченна множина геометрично різних елементів – букв, формує значно потужнішу множину геометрично складніших структур – слів, які ототожнюються з явищами об'єктивної реальності. Із кількох десятків букв, наприклад з 33, можна, використовуючи правила комбінаторики, створити майже $3,4 \cdot 10^{14}$ слів, довжини яких лежать в межах від трьох до одинадцяти букв. З цієї величезної множини використовується заледве $1,5 \cdot 10^{-7}\%$. Тому дивним є поліморфізм багатьох слів і, як наслідок, інформаційна невизначеність речень, які складені з них. Відтворення інформації відбувається за наявності тезаурусу ототожнених з явищами об'єктивної реальності слів [36]. Отже, паралельно з текстом геометричної різноманітності, що містить якусь інформацію, яка не пов'язана з об'єктивною реальністю, існує реальний ІТ, що відтворюється через цю суб'єктивно створену і ототожнену різноманітність. Відтворення істинного значення ототожненої об'єктивної реальності є детерміновано-імовірнісним процесом. Детермінованим – за однозначного зв'язку слів і реальних явищ, тоді визначальною є детермінована структура змісту. Імовірнісним – за стохастичного

зв'язку, тоді визначальною є імовірнісна структура змісту. Остання більше властива мові науки, яка внаслідок метафоричності термінів набула такого поліморфізму, що інформаційну сутність можна лише інтерпретувати певною функцією розподілу змістів. Найкраще у таких випадках підходить Байєсівська модель [30] інтерпретації:

$$P(Z/T) = \frac{P(T/Z) P(Z)}{P(T)}, \quad (8)$$

де $P(T/Z)$ – умовна імовірність тексту у просторі всіх можливих змістів; $P(Z/T)$ – умовна імовірність змісту у просторі всіх можливих текстів; $P(Z)$ – безумовна імовірність змісту; $P(T)$ – безумовна імовірність тексту.

Розподіл імовірності $P(Z)$ здебільшого “а ріогі” є невідомий. Тоді його можна вважати рівноімовірнісним в межах існування Z , рис. 2. Прочитавши текст, користувач інформації одержує апостеріорну функцію розподілу $P(Z/T)$, тобто множину можливих змістів та їх можливі імовірності.

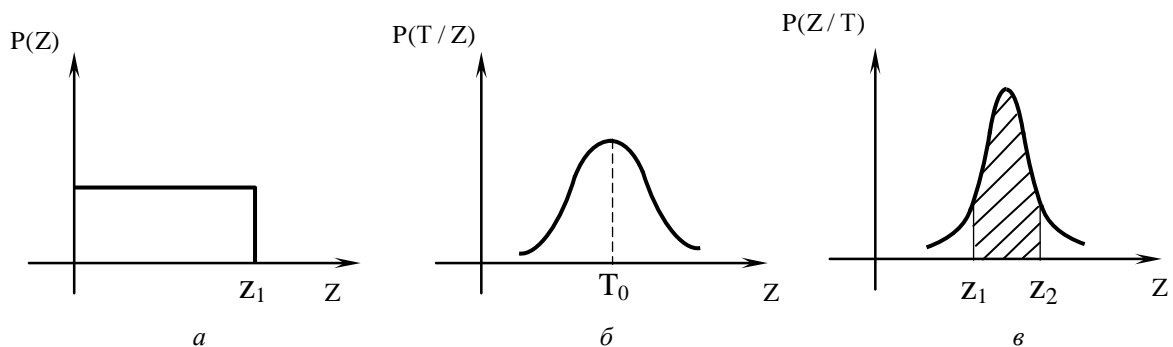


Рис. 2. Графічна ілюстрація Байєсівської інтерпретації змісту ІТ:

а – априорний розподіл можливих змістів ІТ; б – умовний розподіл ймовірностей $P(T/Z)$;

в – апостеріорний розподіл змістів ІТ

Якщо розподіл $P(Z)$ рівноімовірнісний, то апостеріорна функція розподілу $P(Z/T)$ повторює за формою функцію розподілу $P(T/Z)$, яка здебільшого є Гауссівською. Повторне читання ІТ, а краще інших текстів того самого автора, дає можливість конкретизувати функцію розподілу $P(Z)$ і використати її у повторному циклі Байєсівської інтерпретації функції розподілу $P(Z/T)$. Якщо ж користувач інформації не має ніяких інформаційних асоціацій з ІТ, то функція розподілу $P(Z)$ вироджується, тобто приймає нульові значення у межах існування Z . Це означає, що йому неможливо добути жодної інформації з цього тексту. Інтерпретація змісту неможлива.

На рис. 3 наведено формування і відтворення, втіленої в множині писемної абетки інформації, у разі стохастичного зв'язку між писемними структурами і явищами об'єктивної реальності.

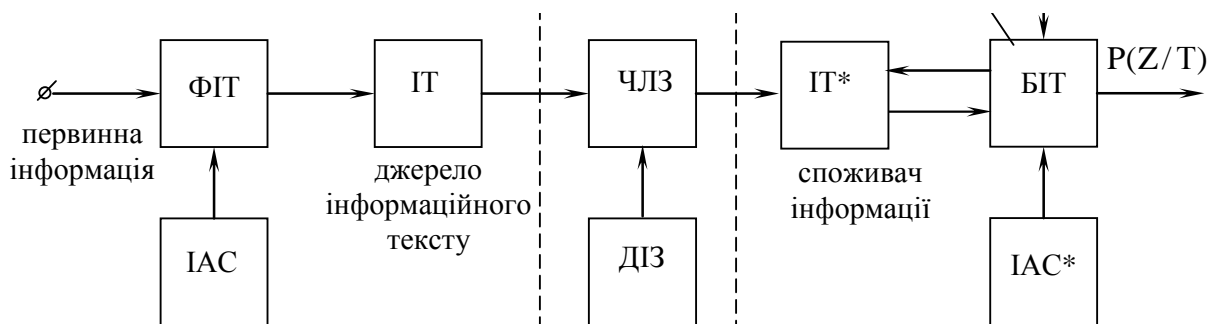


Рис. 3. Структурно-функціональна схема формування ІТ і відтворення закладеної у ньому інформації:

ФІТ – формувач ІТ; ІТ – сформований інформаційний текст; ЧЛЗ – часова лінія зв'язку;

ІТ* – створений ІТ; БІТ – Байєсівська інтерпретація ІТ; ІАС,

ІАС* – відповідно інформаційний алфавіт слів і його поліморфна реалізація;

ФАР – формування априорного розподілу змістів ІТ – $P(Z)$; ДІЗ – джерело інформаційних завад

Відтак інформаційні завади, що діють у часовій лінії зв'язку, метафоричність слів, з яких формується ІТ, та інші фактори, розмивають інформаційну сутність (зміст) прийнятого тексту. Через те відтворення змісту можливе тільки в імовірнісному сенсі. За істинний приймається зміст, імовірність якого найбільша. Отож, безентропійність писемного ІТ, що зумовлена ототожненням суб'єктивно створених об'єктів з реальними, є подекуди причиною неадекватного відтворення істини.

Розглянемо можливості та інформаційні механізми функціонування природних ІА, зокрема так званого генетичного коду, що виник у результаті самоорганізації матерії на ранньому етапі розвитку Землі. У 1958 р. Ф. Крік сформулював принцип реалізації генетичної інформації, який звучить так: дезоксирибонуклеїнова кислота (ДНК) створює рибонуклеїнову кислоту (РНК), яка утворює білок клітини. На сьогоднішній день – це догма молекулярної біології. Однак, у множині якого ІА зберігається, передається і реалізується, генетична інформація, як і в якому ІТ вона відтворюється?

Зрозумілим є те, що в такому разі інформація якось втілюється через молекулярні структури, утворюючи таким чином хімічний сигнал. Хімічний ДНК-сигнал переносить генетичну інформацію. Це велетенська молекула драбиноподібної форми, що закручується у спіраль. Поздовжні складові цієї драбинчастої структури з'єднуються «перекладними», інакше, нуклеотидами, що являють собою чотири різні молекулярні структури: аденін (А), гуанін (Г); тимін (Т) і цитозин (Ц). Вони приєднуються своїми кінцями до молекул, які утворюють поздовжні «нитки» драбинчастої структури ДНК, змінюючи свою послідовність з А-Т на Г-Ц. Подібна зміна якогось параметра електричного переносія інформації називається модуляцією. Тут обґрунтовано можна стверджувати, що запис генетичної інформації у хімічному ДНК переносії здійснено зміною послідовності слідування чотирьох букв ІА: А – аденіну, Г – гуаніну, Т – тиаміну, Ц – цитозину. Коректніше такий запис інформації можна назвати маніпуляційним.

Із цих чотирьох букв утворюються трибуквенні слова – кодони, якими визначаються амінокислоти, з яких складаються білки, що синтезуються у клітині. Амінокислот є 20, а трибуквенних слів, згідно з правилами комбінаторики, можна утворити $4^3 = 64$, тому одній амінокислоті відповідатиме кілька кодонів. Таблиця, що ставить у відповідність кодони і амінокислоти називається генетичним кодом. По суті – це алгоритм перенесення інформації, що записана у чотиризначному ІА, на 20-ти елементний ІА, очевидно для того, щоб утворити РНК-сигнал, який може переміщатися з ядра клітини у цитоплазму. Там РНК – сигнал керує синтезом білка у одній із органел клітини – рибосомі. ДНК-сигнал, ІА якого має чотири елементи, використовується тільки для зберігання інформації і просторової трансляції. Отож утворення білків згідно із перенесеною із ДНК-сигналу інформацією на РНК-сигнал, який керує синтезом цих білків, є формуванням ІТ. Послідовність синтезованих білків, з яких надалі утворюються біологічні об'єкти, рівнозначна по суті інформаційному тексту, тотожному писемному, мовному чи технічному.

Розглянемо особливості інформаційних трансформацій ДНК-сигналу, рис. 4. На першому етапі внаслідок злиття двох галоїдних Х та Y клітин, відбувається підсумовування змісту ядер цих клітин, подвоюється кількість генетичної інформації і утворюється повний ДНК – сигнал (П-ДНК-С). Він містить генетичну інформацію, згідно якої з часом формується своєрідний інформаційний текст – ІТ.

У біосередовищі інформація зберігається, відтворюється та передається у просторі та часі тільки за допомогою молекулярних ДНК-сигналів, які саморозмножуються, самокопіюються і самореалізуються. До того ж кількість опрацьованої інформації становить

$$I_0 = N_K \quad I_K = 9,1 \cdot 10^{14} \text{ Гбіт} \quad (9)$$

де N_K – кількість клітин, що містять повні ДНК-сигнали; I_K – кількість інформації, що міститься у повному ДНК-сигналі.

У людини $N_K \approx 7 \cdot 10^{13}$; $I_K \approx 13 \text{ Гбіт}$. Отже, щільність записування інформації у повному ДНК-сигналі становить

$$\Pi_i = I_K / V_K = 1,3 \cdot 10^{13} \text{ Тбіт/м}^3 \quad (10)$$

На другому етапі трансформацій відбувається формування самобутнього ІТ синтезом структурних білків, як описано вище.

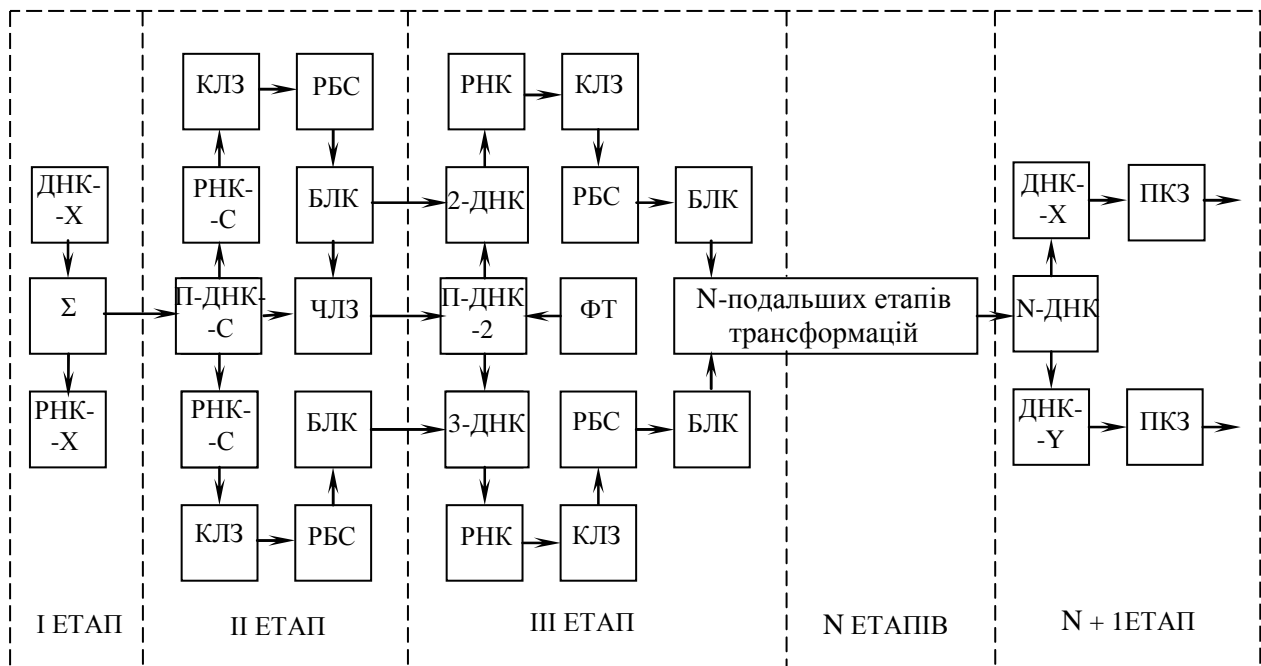


Рис. 4. Схема інформаційних трансформацій ДНК-сигналу: ДНК-Х, ДНК-У – гаплоїдні ДНК-сигнали з Х та У хромосоною; Σ – суматор інформації гаплоїдних ДНК-сигналів; П-ДНК-С – повний ДНК-сигнал; ЧЛЗ – часова лінія зв'язку; РНК-С – РНК-сигнал; КЛЗ – клітинна лінія зв'язку; РБС – рибосома – синтезатор білка; БЛК – синтезований білок; П-ДНК-2 – повний ДНК-сигнал, зсунутий в часі; ФТ – фермент, який сприяє копіюванню інформації новоствореним ДНК-сигналом; N-ДНК – повний N-й ДНК-сигнал; ПКЗ – просторово-часовий канал зв'язку

Повний ДНК-сигнал трансформує інформацію про структуру білка, що записана у чотирьох-елементному ІА, у інший ІА транспортного РНК-сигналу. Останній переміщується у цитоплазмі клітини до синтезатора білка – рибосоми, де керує процесом створення визначеної структури білка.

На третьому етапі трансформацій відбувається подвоєння повного ДНК-сигналу і відповідно всіх складових частин клітини, в якій він знаходиться. Спіраль молекули ДНК поступово розплітається, починаючи з одного кінця хромосоми, а на розплетених частинах добудовуються комплементарні половинки. Відбувається це під дією ферменту ДНК-полімерази, що мінімізує втрату інформації. Повна імовірність похибки відтворення інформації таким чином стає меншою, ніж 10^{-9} . При дії γ -опромінювання імовірність похибки значно зростає.

Останні два етапи повторюються багато разів. Паралельно з ними відбувається поділ повного ДНК-сигналу і утворення двох гаплоїдних клітин, що містять половинні частинки інформаційних ознак. Вони через просторовий канал зв'язку транспортують, розділену на дві частини, інформацію у просторі і часі. На рис. 4 ця трансформація зарахована до N+1 етапу.

Отже, механізми переносу інформації із ДНК-сигналу на РНК-сигнал, переміщення його у цитоплазмі клітини і синтез визначених структур білків, є специфічними молекулярними процесами. Вони не подібні за формою ні до електричних процесів переносу і опрацювання інформації, ні до писемних чи мовних процесів, а втім їх інформаційна сутність збігається:

- інформація переноситься сигналами і не важливо, які вони за формою – електричні чи електромагнітні, механічні чи молекулярні, хімічні;
- середовище, в якому існує сигнал, впливає на нього, збільшуючи ентропію параметрів переносія, а тим самим змінюючи закладену в ньому інформацію, і не важливо чи збурення середовища є електричними, електромагнітними, тепловими або іншими – всі вони по-своєму виконують одну дію – спотворення і знищення ІТ;
- створення ІТ відбувається згідно до закладеної у сигналі інформації і не важливо, який він за змістом: чи це зміна стану органів керування рухомого об'єкта, чи синтез структур білкових речовин, чи ще щось.

Інформація може втілюватися в ІТ через будь-який ІА, може використовувати будь-який переносій, якщо елементи ІА є:

- розрізнювальними між собою і відрізняються від середовища, в якому існують;
- незмінними протягом часу, необхідного для формування та зчитування ІТ;
- пов'язаними в цілісність з "граматикою" внаслідок чого виявляють здатність формувати ІТ.

Ці вимоги стосуються множин елементів як природних, так і штучно створених ІА.

Однак, існують множини реальних об'єктів, що не задовольняють ці три вимоги, а втім виявляють спроможність формувати ІТ. Це газ – безформний стан речовини, в якому міжмолекулярні сили відсутні. Молекули газу, постійно змінюючи свою локалізацію, створюють різноманітні ІТ, які існують протягом $(10^{-11} - 10^{-14})$ С. Цього недостатньо для зчитування, тому вважають, що термодинамічна ентропія неадекватна інформаційній ентропії. Проте, зв'язок між енергетичним та інформаційним ресурсами тут є більш, ніж наглядним. Так збільшення енергії молекул призводить до збільшення їх швидкостей руху і, як наслідок, до частішої зміни їх положення в просторі, відтак – до збільшення різноманітності, а далі – до збільшення кількості інформації, що відображує ці просторові положення.

У моделі [4], [5], [10], [15], яку запропонував К. Максвелл ще в 1871 році і її з часом названо "демоном Максвелла", відбувається впорядкування молекулярного хаосу. Для впорядкування необхідна інформація про швидкості молекул, яка реалізується у створеному тепловому потенціалі. З хаотичного руху молекул таким чином створюється напрямлений впорядкований рух, який підтримується різницею температур, тобто утвореним тепловим потенціалом. Подібно впорядковуються і векторизуються будь-які хаотичні множини: електронні, фотонні, атомні, молекулярні, тощо.

Виявляється, що ІА, які здатні формувати тривалий в часі ІТ, можливі тільки для векторизованих множин, які підтримуються у такому стані впорядковуючо-векторизуючим потенціалом (ВВП). В електричних процесах ВВП – це всім відомий електричний потенціал, за наявності якого хаотичний рух електричних носіїв стає векторизованим, тобто електричним струмом. Векторизуються не тільки абсолютні хаоси. Впорядковано-векторизована множина, наприклад, постійний електричний струм, може бути векторизована і впорядкована у іншому, інформаційно складнішому ІА, а утворений ним ІТ знову впорядкованим у ще складнішому ІА. Відтак постійний струм перетворюється у гармонічне коливання, яке у свою чергу перетворюється у амплітудно-, фазово- або частотно- змінне коливання тощо. Одна із можливих структур еволюції векторизованого хаосу наведена на рис. 5.

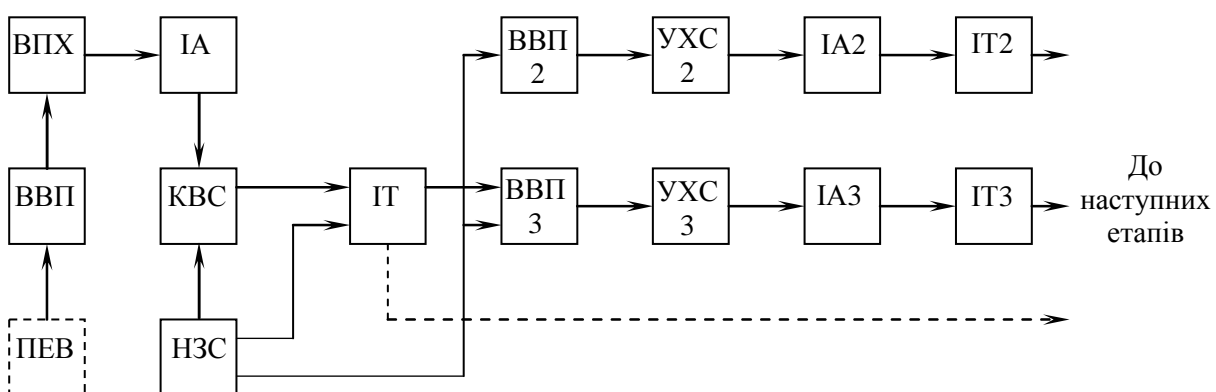


Рис. 5. Еволюція векторизованого хаосу: ПЕВ – попередні етапи векторизації; ВВП – впорядковуючо-векторизуючий потенціал; ВПХ – відносно первинний хаос; ІА – інформаційний алфавіт; КВС – кероване внутрішнє середовище; НЗС – некероване зовнішнє середовище; ІТ – інформаційний текст; ВВП₂, ВВП₃, ВВП_N – ВВП вищих порядків; ІА₂, ІА₃...ІА_N – інформаційні алфавіти вищих порядків; ІТ₂, ІТ₃, ІТ_N – інформаційні тексти вищих порядків; УХС – умовно хаотичне середовище

У визначеному КВС, на яке впливає НЗС, ІА формує ІТ, на основі якого утворюються УХС, у якому за допомогою ІА вищих порядків формуються ІТ вищих порядків. Прикладами ІА вищих порядків можуть бути: дактилоскопічні відбитки пальців і візерунки долоні людини; елементи електричних сигналів, що керують роботою серця; річні кільця і серцевинні промені перерізу стовбура дерева; елементи акустичних чи електричних сигналів технічних систем; нотна азбука тощо.

Остаточно ієрархічна підпорядкованість ІА та втілена у них інформація формує низку відповідно підпорядкованих ІТ, які у своїй цілісності утворюють інформаційний ресурс будь-якого матеріального чи концептуального явища.

Висновки

1. Запропоновано концепцію, згідно з якою інформація втілюється у інформаційні тексти за допомогою обмежених множин елементів, які називаються інформаційні алфавіти. Сукупність ієрархічних підпорядкованих інформаційних текстів, об'єднаних у єдине ціле, створює інформаційний ресурс тієї цілісності.

2. Розглянуто з єдиних позицій формально різні інформаційні алфавіти: технічний, писемний генетичний. Встановлено, що їх основною спільною функцією є формування інформаційного тексту, який містить певний обсяг інформації.

3. Показано, що відомий в радіолокації принцип “невизначеності”, зумовлений взаємовпливом елементів двох відмінних інформаційних алфавітів, які формуються зміною різних параметрів спільного носія інформації – вільного електромагнітного випромінювання. По суті – це принцип невизначеності відтворення інформації, що формується різними ІА.

4. Відзначено стохастичність під час відтворення, втіленого через писемну абетку, змісту інформаційного тексту, який сформований ототожненням геометричних структур з явищами об'єктивної реальності. Наведена імовірнісна модель формування інформаційного тексту і відтворення закладеної в ньому інформації.

5. Встановлено, що інформація втілюється через різні інформаційні алфавіти у впорядковано-векторизованих середовищах, які стало підтримуються відповідним потенціалом. Ієрархічна підпорядкованість інформаційних алфавітів призводить до відповідної підпорядкованості інформаційних текстів, сукупність яких становить інформаційний ресурс об'єкта чи суб'єкта.

6. Механізми формування впорядковуючо-векторизуючих потенціалів різних середовищ подібні до механізму впорядкування молекулярного хаосу “демон Максвелла”. Його функціонування стимулюється добуванням із хаосу необхідної інформації та втілення її у ресурс ВВП.

1. Шеннон К. *Работы по теории информации и кибернетике* / К. Шеннон. – М.: ИЛ, 1963. – 829 с.
2. Кульбак С. *Теория информации и статистика* / С. Кульбак. – М.: Физмат, 1967. – 408 с.
3. Бриллюэн Л. *Научная неопределенность и информация* / Л. Бриллюэн. – М.: Мир, 1966. – 271 с.
4. Бриллюэн Л. *Наука и теория информации* / Л. Бриллюэн. – М.: Физмат, 1967. – 329 с.
5. Шамбадель П. *Развитие и приложение понятия энтропии* / П. Шамбадель. – М.: Физмат, 1967. – 278 с.
6. Хармут Х. *Применение методов теории информации в физике* / Х. Хармут. – М.: Мир, Ф.Ф. Химушин. – М.: Радио и связь, 1985. – 280 с.
8. Тарасенко Ф.П. *Введение в курс теории Основы кибернетики* / Кузин Л.Т. – М.: Энергия, 1973. – 502 с.
10. Волькенштейн М.В. *Энтропия и информация* / Волькенштейн М.В. – М.: Физмат, 1986. – 192 с.
11. Урсул А.Д. *Проблема информации в современной науке* / А.Д. Урсул. – М.: Наука, 1975. – 287.
12. Моль А. *Теория информации и эстетическое восприятие* / Моль А.- М.: Мир, 1966. – 351 с.
13. *Концепция, информация и биологические системы: труды конференции Хьюстонского неврологического общества 1966 г.* – М.: Мир, 1966. – 349 с.
14. Седов Е.А. *Эволюция и информация* / Седов Е.А. – М.: Наука, 1976. – 232 с.
15. Поплавский Р.П. *Термодинамика информационных процессов* /

Поплавский Р.П. – М.: Физмат, 1981. – 255 с. 16. Теория информации в биологии; под ред. Блменфельда Л.А. – М.: ИЛ, 1969. – 399 с. 17. Коган И.М. Прикладная теория информации / И.М. Коган – М.: Радио и связь, 1991. – 216 с. 18. Чисар И. Теория информации / И. Чисар, Я. Кернер. – М.: Мир, 1985. – 398 с. 20. Голдман С. Теория информации / С. Голдман. – М.: ИЛ, 1957. – 446 с. 21. Трауб Дж. Информация, неопределенность, сложность / Дж. Трауб, Г. Васильковский, Х. Вожьянковский. – М.: Мир, 1998. – 183 с. 22. Митюгов В.В. Физические основы теории информации / В.В. Митюгов – М, Сов. радио, 1976. – 217 с. 23. Непалков А.В. Информационные процессы в живых организмах / А.В. Непалков, Н.В. Целикова. – М.: Высшая школа, 1974. – 320 с. 24. Стратонович Р.Л. Теория информации / Р.Л. Стратонович. – М.: Сов. Радио, 1975. – 424 с. 25. Партика З.В. Образна концепція теорії лексикографічних систем / З.В. Партика. ЛНУ ім. І. Франка, 2001. – 101 с. 26. Широков В.А. Інформаційна теорія лексикографічних систем / В.А. Широков. – -К.: Довіра, 1998. – 330 с. 27. Радиолокационные устройства (теория и принципы построения) / [Васин В.В., Власов О.В. и др.]. – М.: Сов. Радио, 1970. – 680 с. 28. Гладкий А.В. Элементы математической лингвистики / А.В. Гладкий, И.А. Мельчук. – М.: Наука, 1969, – 192 с. 29. Москвич В.А. Информационные языки / В.А. Москвич. – М.: Наука, 1971, – 143 с. 30. Налимов В.В. Вероятностная модель языка / В.В. Налимов. – М.: Наука, 1974. – 272 с. 31. Кобозев Н.И. Исследование в области термодинамики процессов информации и мышления / Н.И. Кобозев. – М.: МГУ, 1971. – 196 с. 32. Глазко В.И. Введение в генетику / В.И. Глазко, Г.В. Глазко. – К.: КВЫЦ, 2003. – 640 с. 33. Ичас М. Биологический код / М. Ичас.- М.: Мир, 1971. – 351 с. 34. Основы общей биологии / [Гюнтер Э., Л. Кемпфер и др.]; пер. с нем; под ред. Э Либберта.; – М.: Мир, 1982. – 440 с. 35. Чернавский Д.С. Синергетика и информация / Д.С. Чернавский. – М.: Едиториал УРСС, 2004. – 288 с. 36. Николишин М.Й. Інформаційна модель писемно-мовної комунікації / М.Й. Николишин // Вісник Національного університету “Львівська політехніка”. — 2007. – № 595 : Радіоелектроніка та телекомунікації. – С. 72.