

## ФУНКЦІОНАЛЬНА ТА ДЕДУКТИВНА ПОВНОТА АКСІОМАТИЧНОГО ВИЗНАЧЕННЯ ПОНЯТТЯ ІНФОРМАЦІЇ

Доводиться функціональна та дедуктивна повнота аксіоматичного визначення поняття інформації шляхом порівняння із базисом теоретичної семіотики

### Вступ

*Постановка проблеми.* У сфері кібербезпеки, захисту інформації та в інших науках, таких як інформатика, логіка, когнітивна психологія, соціологія, нейрофізіологія, проводяться пошуки основ, на яких можна побудувати аксіоматичну теорію інформації, її апаратні, алгоритмічні та програмні засоби. Вирішується фундаментальна наукова проблема щодо можливих способів формалізованого опису інформаційних процесів, але таких, що допускають їх матеріальне втілення в інформаційному середовищі, зокрема у кіберсередовищі, доступному для розуміння людиною. При цьому виникає необхідність обґрунтування та доведення повноти базисів такого описування.

*Аналіз досягнень та публікацій.* Значимі результати з формального опису інформаційних процесів та знаходження базисів теорій досягнуті у теоріях інформатики, метайнформатики, теоретичній семіотиці-лінгвістиці, теорії штучного інтелекту, філософії [1-4]. «Під базисом теорії розуміється множина елементів, необхідних та достатніх для синтезу певного класу об'єктів предметної області та на яких завершується ієрархічний аналіз систем [5]». З позицій кібер- та інформаційної безпеки також здійснюються спроби побудувати аксіоматичну теорію інформації. Запропоновано аксіоматичне визначення поняття інформації на базі ієрархічної системи із семи абстрактних інформаційних машин [6-8], проведена класифікація інформації за сферами її циркулювання: фізичною, штучною технічною, біологічною, соціальною сферами [9, 10]. Але функціональна повнота такого базису теорії інформації та її класифікації залишались не доведеними.

*Ціль статті.* Довести функціональну та дедуктивну повноту аксіоматичного визначення поняття «інформація» у захистоорієнтованій теорії інформації, базис якої побудовано за допомогою ієрархічного набору із семи абстрактних інформаційних машин.

*Викладення основного матеріалу. Теорема.* Базис аксіоматичної теорії інформації, яким є ієрархічна система із семи абстрактних інформаційних машин, що являють собою аксіоматичне визначення поняття «інформація», та включають у себе інформаційні машини: копіювання, функціонального перетворення, пам'яті, управління, автомат (кібернетичного перетворення), матеріалізатор (процесор-конструктор), процесор-мислитель є функціонально та дедуктивно повним. Із теореми випливає наслідок – із функціонально повного ієрархічного набору абстрактних інформаційних машин можна побудувати інформаційні машини будь-кого рівня і будь-якої складності.

**І Попередні зауваження.** Повнота визначається як: «Властивість наукової теорії, що характеризує достатність для будь-яких певних цілей її виражальних та/або дедуктивних засобів. Функціональна повнота, стосовно природної мови, представляє собою ту неформальну якість, завдяки якій на ній можна сформулювати буд-яке смислове повідомлення, яке може знадобитись для тих чи інших цілей. Аналогічно у математиці, сімейство функцій, що належать деякому класу функцій, є повним відносно цього класу (та відносно деякого фіксованого запасу «допустимих» операцій над функціями), якщо будь-яку функцію цього класу можна виразити через функції даного сімейства (за допомогою допустимих операцій). Аксіоматична система називається дедуктивно повною по відношенню до даної властивості (даної інтерпретації), якщо всі її формули, що мають дану властивість (істинні за даною інтерпретацією), є у ній доведеними [11]».

Енциклопедія соціології та філософська енциклопедія визначають функціональну повноту (англ. *plenitude/completeness, functional*) як: «характеристику виражальних можливостей класу функцій або формальних виражень («словник» або «алфавіт») та системи правил комбінування елементів цього класу («граматики») [12, 13]. ... Іншими словами, (функціонально) повна система утворює «базис», виходячи з якого можна побудувати будь-яку функцію деякого класу за допомогою попередньо визначених операцій [13]».

У [9] наголошувалось про справедливість *гіпотези, що інформація має принципову властивість ієрархічності*. Властивості фізичного рівня є базовими, інваріантними відносно всіх рівнів інформації. На кожному з рівнів додаються нові властивості, властивості нижнього рівня не зникають і можуть або діяти незмінно, або ускладнюватись, або зменшувати свою значимість та вплив. При цьому можна вважати справедливою також *гіпотезу, що нові властивості інваріантні відносно всіх вищих рівнів від даного рівня*. Найвищий рівень відповідає найбільшому числу (і складності) властивостей інформації.

Ідея конструктивного доказу теореми повноти полягає у використанні ієрархічного характеру інформації, гіпотези поступового нарощування потужності множини (і складності) властивостей інформації зі збільшенням ієрархічного рівня та відомого функціонально-повного базису. Тоді для доказу теореми достатньо перевірити еквівалентність ієрархічної системи інформаційних машин та одного, обраного серед вищих рівнів і відповідного за рівнем базису такої теорії, в якій повнота такого базису не викликає сумнівів. Ілюстрацією повноти має слугувати також приклад побудови інформаційної машини такої прототипної теорії.

Найбільш зручним здається використання базису теоретичної семіотики (грец. *Semeion* знак, прикмета) – теорії знаків, яка нині змикається з теоретичною інформатикою та теорією штучного інтелекту. По перше ця наука розглядає інформацію як деякий еквівалент знакової структури: «Інформація у вузькому смислі – це синтаксична знакова структура І-знаку (імені поняття) безвідносно семантики, що присвоюється їй джерелом, перетворювачем або приймачем інформації, задана у статичній дискретній (цифровій) або неперервній (аналоговій) формі: текст, креслення, діаграма, графік, рисунок, формула, або у вигляді динамічної структури: усної мови, аудіовідеоінформації, сигналів фізичних приладів – послідовності у часі статичних та динамічних знаків, породжуваних джерелом та сприйнятих приймачем [4, с. 4]».

По друге, теоретична семіотика використовує підходи до визначення понять, що схожі з нашим підходом до аксіоматичного визначення поняття інформації. «Формалізовані наукові поняття визначаються у середовищі природної мови і реалізуються у штучній мові предметної області шляхом заміни поняття, що визначається, конструкцією з визначальних понять, які входять у терміносистему мови та предметики і будуються з базисних (таких, що далі не визначаються) термінів, укорінених у штучному інтелекті і таких, що конструктивно відтворюються у програмно-апаратних засобах штучного інтелекту. ... Щоб найбільш повно і точно втілити ці вимоги, необхідно, перед усім, дати формалізоване визначення поняття довільної мови та домовитися щодо конструкції будь-якого *поняття* – результату розуміння суб'єктом дійсності, що вивчається [4, с. 2]».

**II Конструктивне доведення теореми.** У теоретичній семіотиці інформація є найбільш близьким синонімом до поняття *знак* – гранично загальне представлення уявлення щодо інформаційних об'єктів [3, с. 97]. Уточнимо деякі терміни. У внутрішній структурі знака виділяється *позначення* – слово, ім'я предмета, явища та *значення* – смисл, семантика, словосполучення будь-якого поняття. Семантика знака – ім'я поняття поділяється на *прообраз* поняття, тобто пряме значення імені – сам предмет і непряме значення – *образ*, відображення властивостей предмета у мислях і почуттях свідомості й підсвідомості людини.

Людина є джерелом слів, повідомлень або приймачем мови, усної чи писемної. *Мовне середовище* є кінцева множина суб'єктів – носіїв мови та кінцева множина каналів зв'язку між суб'єктами, якими можуть передаватися імена знаків, тобто матеріальні носії інформації: сигнали, тексти, зображення на папері тощо.

«Мовні суб'єкти складаються із знакових процесорів, необхідних для породження, сприймання, перетворення, зберігання у незмінному вигляді у пам'яті суб'єкта знакових структур. Основні типи процесорів суб'єктів мовного середовища – сенсор, рефор, ефор (мотор, ефектор), мемор (пам'ять, накопичувач), генор, матеріальний процесор:

- *сенсор*  $A: R_m \rightarrow M_s$  виконує вибіркоче сприймання матеріальної реальності  $R_m$  – фізичного світу та перетворення (відображення) його властивостей у знаки віртуальної реальності – це світ знаків  $M_s$ , інформаційних моделей фізичної реальності – або здійснює ідентифікацію матеріальних носіїв знаків-повідомлень;

- *рефор*  $B: M_s \rightarrow M_s$  виконує реформування, перетворення інформаційного світу знаків, це гранично загальна функціональна модель процесів мислення, обчислення, міркування, обробка інформації, даних, знань, моделей, процедур прийняття рішень;

- *ефектор*  $E: M_s \rightarrow R_m$  це довільний перетворювач знаків у матеріальні предмети та дії. Альтернативні терміни: ефор, мотор;

- *накопичувач знаків* – пам'ять суб'єкта, мемор  $G: M_s \rightarrow M_s$  зберігає знання, інформацію у незмінному вигляді;

- *генор*  $\Gamma \rightarrow M_s$  – внутрішнє джерело (генератор) знаків певного класу, модель генерації знаків при моделюванні віртуального світу суб'єктів;

- *матеріальний процесор*  $F_m \wedge R_m \rightarrow R_m$  – перетворювач фізичної реальності, у якій нема знаків, знань, інформації та знакових процесорів  $A, B, E, G, \Gamma$  [4, с. 48-62]».

Цих знакових процесорів достатньо для побудови мовних конструкцій, функцій, а значить для описання мовних процесів у мовному середовищі. Наведених теоретичних відомостей досить щоб почати конструктивне доведення теореми повноти. Складемо порівняльну таблицю базисів теоретичної семіотики та аксіоматичного визначення інформації (табл. 1).

«Сенсори (датчики, органи чуттів, рецептори, вимірювальні системи) та ефектори (виконавчі пристрої, ідеомоторика організму) виконують прямі та зворотні зв'язки об'єктивованого суб'єкта з матеріальною реальністю. Об'єктивований суб'єкт – це основний об'єкт дослідження штучного інтелекту та теоретичної інформатики [5, с. 7-16]».

Сенсори, як формальні описи об'єкта-передавача (джерела) інформації відсутні у ієрархічній системі абстрактних інформаційних машин. Їх еквівалентом розглядаються природні та штучні джерела інформації. Але будь-який сенсор як інформаційна модель може бути побудований з абстрактних інформаційних машин цієї системи.

Ефектор разом з генором та матеріальним процесором є еквівалентом процесора-конструктора (матеріалізатора інформації, що забезпечує формотворення, смислотворення та цілетворення у приймаючого об'єкта). Зауважимо, що роль генора у матеріалізатора інформації відіграє абстрактна машина управління та суб'єкт, що знаходиться у зовнішньому середовищі і складає програми роботи матеріалізатора та його складових частин.

Роль рефора (перетворювача знаків) виконує ієрархія абстрактних інформаційних машин, а саме абстрактні інформаційні машини копіювання, функціонального перетворення (включаючи рекурсивні функції та функціонали) у аналоговій формі та автомати (кіберперетворювачі) у цифровій формі. У свою чергу, роль накопичувача знань відіграє абстрактна інформаційна машина – пам'ять.

Навпаки, абстрактна інформаційна машина управління не має свого аналогу у базисі теоретичної семіотики. Але такий аналог управління, разом із лінгвістичним і мислительним процесором, з'являється у моделі мислячого суб'єкта, яка показана на рис. 1, запозиченого із статті Г.М. Зверева [5, с. 7-16].

Таким чином, якщо з базису теоретичної семіотики виключити сенсори, що еквівалентні природним та штучним джерелам інформації, та додати абстрактну інформаційну машину управління (тобто процесор управління, «управлор»), базиси будуть попарно еквівалентними.

Еквівалентність базису теоретичної семіотики, яка відповідає соціальному рівню теорії інформації, аксіоматичному базису теорії інформації у вигляді ієрархічної системи абстрактних інформаційних машин означає наявність функціональної і дедуктивної повноти останніх.

Таблиця 1

Відношення еквівалентності базисів теоретичної семіотики та аксіоматичного визначення інформації

Базис теоретичної семіотики			Базис поняття інформації	Примітка
№ п/п	Типи процесорів суб'єктів мовного середовища	№ рівня ієрархії	Типи абстрактних інформаційних машин	
1	Сенсор	–	Природне чи штучне джерело	
2	Рефор (реформування)	1	Копіювання	
3		2	Функціональне перетворення	
4		5	Автомат (кіберперетворення)	
5	Накопичувач знаків	3	Пам'ять	
6	–	4	Управління	Рис. 1
7	Генор	6	Матеріалізатор (процесор-конструктор)	
8	Ефектор (перетворювач)			
9	Матеріальний процесор			
10	Лінгвістичний процесор та процесор мислення	7	Процесор-мислитель	Рис. 1

**III Як побудована інформаційна машина теоретичної семіотики.** Ілюстрацією функціональної повноти ієрархічної системи абстрактних інформаційних машин може служити той же рис. 1, де відповідно  $L_1$  – вхідна,  $L_2$  – вихідна,  $L_3$  – внутрішня мова. Будь-який об'єктивований суб'єкт мовного середовища, встановлює мовні зв'язки і спілкується з іншими суб'єктами. Вхідна та вихідна мова можуть співпадати для всіх суб'єктів, тобто складатись із одних і тих же знаків та семантики мови лінгвістичних процесорів суб'єкта. Мислительні процесори виконують операції над внутрішніми знаками – поняттями суб'єкта, що входять у внутрішню мову, мову розуміння, мислення та емоцій.

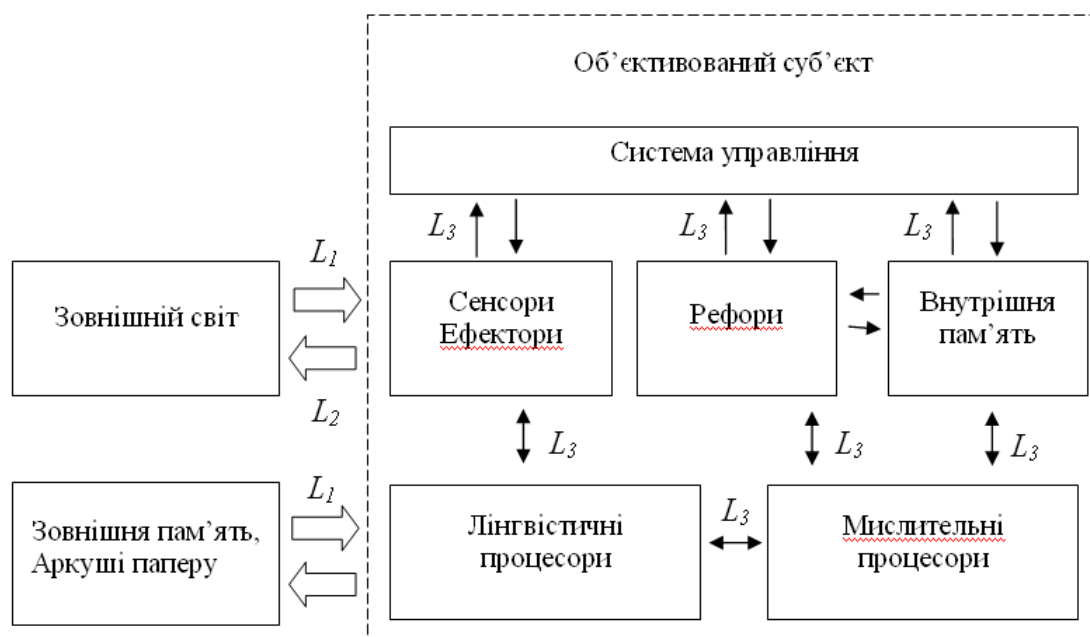


Рис. 1. Структура об'єктивованого суб'єкта та мовних зв'язків (запозичено з роботи [73, с. 7-16])

Модель мислячого суб'єкта разом із системою управління, лінгвістичним та мислячим процесором складається із базисного набору процесорів теоретичної семіотики. Одночасно, модель мислячого суб'єкта представляє собою інформаційну машину, кожен з блоків якої можна побудувати користуючись ієрархічним набором абстрактних інформаційних машин, що є базисом аксіоматичної теорії інформації.

На рис. 1 відсутня модель генора – генератора знаків певного класу. Але вся структура об'єктивованого мислячого суб'єкта є, по суті, модель тенора. Тоді генор також можна побудувати користуючись ієрархічним набором абстрактних інформаційних машин, що є базисом теорії інформації.

**Висновки.** Недоліком аксіоматичного базису ієрархічної теорії інформації є відсутність єдиної моделі джерела інформації. Можна припустити, що така модель буде складною, у кожній сфері буде своя модель і ці питання можуть стати предметом окремого дослідження.

Перевагами аксіоматичного базису ієрархічної теорії інформації є:

- ієрархія аксіоматичних абстрактних інформаційних машин, що відповідає ієрархічній природі інформації відносно сфер її циркуляції;
- ієрархічна система така, що на будь-якому рівні інформаційні машини верхнього рівня використовують інформаційні машини нижчих рівнів.

Таким чином, доведено теорему функціональної та дедуктивної повноти запропонованої авторами ієрархічного набору абстрактних інформаційних машин, використаних як базис при визначенні поняття інформації на основі порівняння з базисом теоретичної семіотики, що дає принципову можливість побудувати обґрунтовану та науково коректну ієрархічну теорію інформації, що справедлива для всіх сфер, де інформація циркулює: фізичній, неживій природній та технічній, біологічній, соціальній сферах, зокрема сфері інформаційного виробництва. Вказані питання щодо існування єдиної моделі джерела інформації для всіх рівнів ієрархії можуть бути темою подальшої роботи.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Колин К.К. Философия информации и фундаментальные проблемы информатики / К.К. Колин // Информационные ресурсы России. – 2010, № 1. – С. 25-28.
2. Хлебников Г.В. Философия информации Лучано Флориди [Электронный ресурс] / Г.В. Хлебников // Доклад на семинаре ИПИ РАН и ИНИОН РАН «Методологические проблемы наук об информации» : Заседание 1. – ИНИОН РАН, 10.02.2011. – 28 с. Режим доступа: <http://www.inion.ru/news/podrob.php?127.txt>
3. Зверев Г.Н. Теоретическая информатика и ее основания. В двух томах. Т.1 – М.: Физматлит, 2007. – 592 с.; Т.2 – М.: Физматлит, 2009. – 576 с.
4. Зверев Г. Н. О термине «информация» и месте теоретической информатики в структуре современной науки / Г. Н. Зверев // Открытое образование, № 2 (79), 2010. – С. 48-62.
5. Зверев Г.Н. Метаинформатика, искусственный интеллект и основания языка науки / Г.Н. Зверев // Интеллектуальные системы управления / Под ред. акад. РАН С.Н. Васильева. – М.: Машиностроение, 2010. – С. 7 - 16.
6. Кононович В. Г. Основи захисто – орієнтованої теорії інформації: Частина 1. «Інформація». Функціонально повний набір абстрактних інформаційних машин / В. Г. Кононович // Цифрові технології: Збірник / Кол. Авт: – Вип. 7. Одес. нац. академія зв'язку. – Одеса, 2010. – С. 67 - 80.
7. Кононович І. В. Модель універсальної інформаційної машини - конструктора / І. В. Кононович // Цифрові технології: Збірник / Кол. Авт: – Вип. 9. Одес. нац. академія зв'язку. – Одеса, 2011. – С. 91 - 99.
8. Кононович В.Г. Визначення інформаційного поля з позицій інформаційної безпеки / В.Г. Кононович, І.В. Кононович // Том 1: Матеріали X міжнародної науково-технічної конференції «АВІА-2011». Секція 2 – Інформаційна безпека. – Т.1. – К.: НАУ, 2011. – С. 2.34-2.37.
9. Кононович І. В. Інформаційні революції. Ієрархічна класифікація інформації / В. Г. Кононович // Цифрові технології: Збірник / Кол. Авт: – Вип. 8. Одес. нац. академія зв'язку. – Одеса, 2010. – С. 57 - 64.
10. Кононович В.Г., Кононович І.В. Тривалість інформаційних революцій та система класифікації інформаційних процесів // Сборник тезисов 9-й конференции «Математическое моделирование и информационные технологии» 20 – 22 октября 2009 г. Приложение к журналу «Холодильная техника и технологии». – Одесса. – 2009. – С. 36 – 37.
11. Большая советская энциклопедия [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://dic.academic.ru/dic.nsf/bse/122206/%D0%9F%D0%BE%D0%BB%D0%BD%D0%BE%D1%82%D0%B0>.

12. Энциклопедия социологии [Электронный ресурс] (Antinazi. Энциклопедия социологии, 2009). – Режим доступа: <http://dic.academic.ru/dic.nsf/socio/2919/%D0%9F%D0%9E%D0%9B%D0%9D%D0%9E%D0%A2%D0%90>.

13. Философская энциклопедия [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://dic.academic.ru/dic.nsf/enc\\_philosophy/7090/%D0%9F%D0%9E%D0%9B%D0%9D%D0%9E%D0%A2%D0%90](http://dic.academic.ru/dic.nsf/enc_philosophy/7090/%D0%9F%D0%9E%D0%9B%D0%9D%D0%9E%D0%A2%D0%90).

Надійшла: 13.09.2011

Рецензент: д.т.н., проф. Квасніков В.П.