

## МЕХАНІЗМ ФУНКЦІОНУВАННЯ ЦІЛІСНОЇ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ В УМОВАХ КІБЕРНЕТИЧНОГО ВПЛИВУ

В статті розглянуто питання щодо забезпечення цілісного функціонування інформаційної системи в умовах кібернетичного впливу. Функціонування цілісної інформаційної системи відбувається за рахунок використання ієрархічної побудови системи до визначених станів рівнів від низького до високого. Відповідно до запропонованої концепції аналізу зв'язків запропоновано аналіз системи та визначення ефективності роботи інформаційної системи як при цілісному підході, так і при аналізі ефективності складових різних рівнів інформаційної системи в умовах кібернетичного впливу.

**Ключові слова:** інформаційна система, кібернетичний вплив, стани, рівні ієрархії, ефективність

### Вступ

Інформаційна система (ІС) це складна система, для опису якої необхідно застосовувати системний підхід. А в умовах зростаючого постійно кібернетичного впливу можливі незворотні події, які призведуть до втрати цілісності, конфіденційності, доступності. Тому забезпечення безпеки в умовах кібернетичних впливів на ІС має ряд особливостей. Для забезпечення функціонування ІС, її архітектуру необхідно розглядати за відповідними рівнями, які виконують різні функції. Крім цього необхідно забезпечити цілісне функціонування ІС, де зміни станів одного з рівнів можуть призвести до зміни роботи іншого, що в свою чергу змінить ефективність роботи ІС в цілому.

Велика кількість функціональних об'єктів інформаційної системи - це цілісна система. Функціонування такої повинно відбуватися як одне ціле та виконувати свої задачі як цілісної єдиної системи (рис.1) [1,2]. Тому в останні роки тенденція до вивчення функціонування цілісної інформаційної системи в умовах кібернетичного впливу є актуальною.

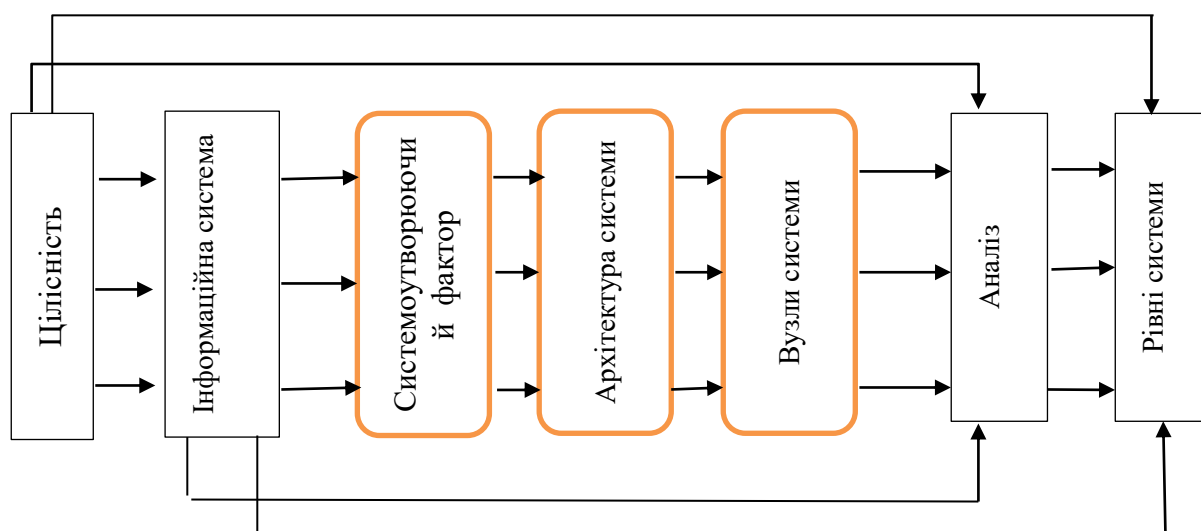


Рис. 1. Концептуальні зв'язки системи та аналітичних процесів

### Основна частина

Цілісний підхід надає можливість знайти додаткові характеристики об'єкта які відображають саме специфічні риси цілої інформаційної системи. Тому для функціонування ІС запропоновано принцип системоутворюючого фактору, який дозволить аналізувати ІС від простого до складного, утворювати відповідні зв'язки для подальшого аналізу системи щодо кібернетичного впливу.

ІС складна ієрархічна система, яка складається з декількох рівнів та є складним технічним об'єктом (Рис. 2).

Розгортання такої ІС дозволяє [3]:

- швидше реагувати на зміни в системі;
- оптимізувати передачу трафіку через більшу кількість резервних шляхів;
- легше і швидше налаштовувати систему;
- скорочує час розгортання нових додатків;
- спрощує управління мережевими пристроями;
- скорочує витрати на управління системою.



Рис. 2. Ієрархічна структура інформаційної системи

Основною проблемою при функціонуванні ІС це те що це складна ієрархічна система, яка має декілька рівнів [4]. В процесі функціонування ІС кожен рівень повинен представляти собою цілісну систему. Це означає що повинна виконуватися умова (1):

$$\int_{S^i} \gamma^i(r^i) d(r^i) = E^i, \quad (1)$$

де  $S^i$  - множина всіх можливих станів рівня ІС;

$$r^i = F(s \in S^i);$$

$E^i$  – показник ефективності функціонування рівня ІС;

$\gamma^i(r^i)$  – потенціал ефективності (ПЕ) рівня, тобто здатність виконувати рівнем поставлені задачі в  $r^i$  (питома продуктивність рівня в  $r^i$ ):

$$I = \text{КТ, МО, ПЗ, П} \quad (2)$$

де КТ-кінцеві точки, МО –мережеве обладнання, ПЗ –програмне забезпечення, П-персонал, які є складовими ієрархічної цілісної ІС.

Зробивши аналіз рівнянь (1) та (2), можна зробити висновок, що цілісність системи залежить від двох змінних  $S$  та  $E$ . Фіксуючи одне з цих значень є можливість отримати інше.

Працездатність верхніх рівнів залежить від працездатності нижніх рівнів  $\gamma^{IC}(r^{IC}) = \gamma^{KT}(r^{KT}, (\gamma^{MO}(r^{MO}, \gamma^{P3}(r^{P3}, \gamma^P(r^P, ))) ) )$ . Таким чином зв'язок ефективності функціонування ІС різних рівнів і множини необхідних станів рівня можна записати наступним чином:

$$\int_{S^{KT}}^i \int_{S^{MO}}^i \int_{S^{P3}}^i \int_{S^P}^i \gamma^{IC}(r^{IC}) dr^{KT} dr^{MO} dr^{P3} dr^P = E^{IC}, \quad (3)$$

при цьому

$$S^{KT} \cup S^{MO} \cup S^{P3} \cup S^P = S^{IC},$$

тому з урахуванням (1) вірно

$$E^{KT} (E^{MO} (E^{P3}(E^P))) = E^{IC}, \quad (4)$$

де  $S^{KT}, S^{MO}, S^{P3}, S^P, S^{IC}$  – відповідна множина необхідних станів рівнів кінцевих точок, мережного обладнання, програмного забезпечення, персоналу при функціонуванні ІС.

$$R^{IC} = F(S \in S^{IC}),$$

де  $E^{KT}, E^{MO}, E^{P3}, E^P, E^{IC}$  – відповідні показники ефективності застосування відповідного рівня, який забезпечує рівні кінцевих точок, мережного обладнання, програмного забезпечення, персоналу, всієї ІС.

Якщо для об'єкту рівність (3) вірна, то можна говорити, що функціонування об'єкту властива цілісність.

З виразів (3) та (4) можна зробити висновок, що нижні рівні можуть впливати на верхні. Це відбувається за рахунок формування своїх показників ефективності застосування. Кожен рівень може безпосередньо взаємодіяти з рівнем, який є найближчим до нього. Так рівень персонал та програмного забезпечення не може впливати один на одного, для цього необхідно застосовувати рівень кінцевих точок. Так само як програмне забезпечення не може безпосередньо передавати персоналу оброблені дані без відповідних засобів передачі та відображення інформації.

Таким чином можна стверджувати, що кожен рівень виконує свої функції та є деяким буфером, який перетворює властивості верхнього рівня в свої.

Спробуємо показати взаємодію рівнів ІС, якій властива цілісність функціонування (1), (3). Для цього зробимо деякі припущення:

1. Всі характеристики рівнів ІС  $\gamma^i$  незмінні в часі. Тобто ІС функціонує на проміжку часу  $T = [t_1; t_2]$  – тиждень.

2. Показник ефективності застосування ІС  $E^{IC}$  оцінюється кількістю цільових задач, які вирішенні ІС за заданий проміжок часу (1 тиждень).

3. Всі задачі ІС однакові.

4. Для проведення розрахунків будемо вважати, що  $S^i = X^i \times T$ , де  $X^i$  множина необхідних станів рівня. Перетворимо (3) наступним чином:

$$\int_{t_1}^{t_2} \int_{X^P}^i \int_{X^{KT}}^i \int_{X^{P3}}^i \gamma^{IC}(x^{IC}) dx^{P3} dx^{KT} dx^P dt = T * \int_{X^P}^i \int_{X^{KT}}^i \int_{X^{P3}}^i \gamma^{IC}(x^{IC}) dx^{P3} dx^{KT} dx^P = E^{IC} \quad (5)$$

5. Всі компоненти вектора станів рівня будемо оцінювати двійковим кодом: 1 – компонент працездатний, 0 – компонент непрацездатний. В цьому випадку стан рівня ІС буде описуватися двійковим числом, де кожному компоненту відповідає свій компонент.

6. Всі рівні ІС описуються двійковим числом, яке складається з трьох розрядів. Розглянемо стани для кожного з запропонованих рівнів.

### Характеристики рівня ПЗ

Засоби криптографічного захисту інформації (ЗКЗІ) – перший розряд, операційна система – другий розряд, прикладна підсистема (ПрП) – третій розряд. Запис 001 відповідає: ЗКЗІ – працездатно, ОС – непрацездатна, ПрП – непрацездатна. Таким чином отримуємо 8 станів рівня (таблиця 1).

Таблиця 1

Стан рівня ПЗ	000	001	010	011	100	101	110	111
Значення характеристики відповідного стану	0	0	0	2	0	0	5	10

### Характеристики КТ

Монітор – перший розряд, засоби вводу інформації – другий розряд, системний блок – третій розряд. Можливих станів отримуємо 8 (таблиця 2).

Таблиця 2

Стан рівня КТ	000	001	010	011	100	101	110	111
Значення характеристики відповідного стану	0	0	0	0	0	3	0	10

### Характеристики П

Системний адміністратор – перший розряд, звичайний працівник – другий розряд, керівник – третій розряд. Можливих станів 8 (таблиця 3).

Таблиця 3

Стан рівня П	000	001	010	011	100	101	110	111
Значення характеристики відповідного стану	0	0	5	7	6	9	8	10

Множина всіх можливих станів ІС отримується шляхом поєднання станів всіх рівнів ІС, тобто ІС буде описуватися дев'яти розрядним двійковим числом. Відповідно до завдань, які буде виконувати ІС, вона буде приймати значення з множини заданих дозволених станів. Відповідно до цих вимог, буде створюватися ІС, яка буде функціонувати за заданими характеристиками.

Сформуємо основні положення щодо того, як цілісність функціонування ІС впливає на безпеку ІС. При цьому необхідно пам'ятати, що основним завданням зловмисника заставити працювати атакуючу систему працювати в своїх інтересах, тобто сформувати  $\Delta E^{IC}$  або  $\Delta S^{IC}$ :

1. Зловмисник може впливати тільки  $\gamma^i$  або  $S^i$ .

2. Будь-які зміни  $S^i$  призводять до зміни  $\gamma^i$  та  $\gamma$  нижніх рівнів. Здійснюючи атаку в рамках окремого рівня зловмисник рівня ІС ( $\gamma^i$ ) змінить стан рівня. Тому, якщо рівень володіє цілісністю (1), то зміни станів рівня засобами самого рівня не можливо, так як він формується вищими рівнями на етапі створення.

3. Зміна  $S^i$  можливо тільки засобами верхнього рівня. Зміна працездатності рівня відображається на всіх вищих рівнях, так як змінюється показник ефективності застосування рівня  $E^{IC}$  (4).

$$\int_{S^i}^i \Delta \gamma^i(r^i) d(r^i) \rightarrow E^i. \quad (6)$$

З виразу (5) та пунктів 1 та 2 виявити впливи зловмисника на ІС, яка функціонує як цілісна можна по  $\Delta S^i$ . Задача захисту ІС зведеться до підбору такого  $\Delta S^i$ , щоб  $\Delta E^i \rightarrow 0$ .

Якщо рівень атакується засобами вищих рівнів, то зловмисник може впливати на стан нижнього рівня, на який здійснюється атака та на його працездатність  $\gamma^i$ . Таким чином задача зловмисника полягає в тому, щоб підібрати такі зміни  $\gamma^i$  та  $S^i$ , щоб  $E^i$  досягло необхідного для зловмисника значення або залишилося незмінним:

$$\Delta S^i \Delta \gamma^i: (E^i \rightarrow E^{\text{задане}} \text{ або } \Delta E^i \rightarrow 0) .$$

У випадку з незмінною  $E^i$  атака не буде виявлена. Але необхідно відмітити, що зміна стану функціонування цілісної ІС рівня можливо тільки шляхом зміни інших рівнів ІС, що повинно викликати зміни в інших рівнях системи, а як результат зміни функціонування системи в цілому. Таким чином, якщо всі рівні ІС володіють цілісністю, то проходження атаки стає неможливим, або зловмисник повинен дійти до такого високого рівня, де цілісність на перевіряється. Очевидно, чим вищий рівень, на який буде впливати зловмисник, тим більше можливостей у нього коректувати стани різних рівнів ІС. Протидіяти таким можливостям зловмисника можливо тільки шляхом контролю цілісності кожного рівня ІС і та цілісності зв'язків між рівнями (1, 2, 3, 4).

Дані вирази формалізують базову закономірність **цілісного функціонування ІС** і дозволяють застосовувати існуючі та нові математичні апарати, або вивчати властивості функціонування систем в умовах кібернетичних впливів.

### Висновки

Таким чином запропонована модель цілісного функціонування інформаційної системи формалізує її стани та ефективність застосування. Данна модель дозволяє вибирати з множини можливих станів необхідні, які дозволяють досягнути потрібного рівня ефективності роботи системи, з використанням цілісного підходу при її функціонуванні.

### Перелік посилань

1. Анохин П. К. Принципиальные вопросы общей теории функциональных систем / П. К. Анохин // М. - Наука. – 1973. - 61с.
2. Барабаш О. В. Модель бази знань інтелектуальної системи управління високошвидкісного рухомого об'єкта на основі її верифікації / О. В. Барабаш, Д. М. Обідін, А. П. Мусієнко // Системи обробки інформації. – Харків: ХУПС, 2014. – № 5 (121). – С. 3-6.
3. Гайдур Г. І. Побудова інтелектуальної інформаційної мережі на основі сомоорганізуючихся мереж / Г.І. Гайдур // Зв'язок. – 2017. - № 5. – С. 12-14.
1. Грызунов В.В. Аналитическая модель целостной информационной системы / В.В. Грызунов // Управление, вычислительная техника и информатика – 2009. – №1. – С. 226–230.

Надійшла: 30.09.2019

Рецензент: д.т.н., проф. Савченко В.А.