

Джалладова І.А.

Доктор фіз.-мат. наук, професор
кафедри системного аналізу та кібербезпеки
КНЕУ імені Вадима Гетьмана

Dzhalladova I.A.,

Doctor of Science, Professor
at the Department of Systems Analysis and Cybersecurity
KNEU named after V. Hetman

МУДРІСТЬ СТОХАСТИЧНОЇ СИСТЕМИ В КІБЕРПРОСТОРІ

WISDOM OF A STOCHASTIC SYSTEM IN CYBERSPACE

*Де стабільність, там і опір змінам,
вони як дві сторони медалі*

Анотація. В роботі запропоновано розгляд ментальних моделей, актуальних для стану України під час повномасштабної війни, розв'язаної сусідом-агресором. Україна тримається, не дивлячись на великі втрати, на велику біль. Тримається на всіх фронтах. В даній роботі робиться акцент саме на подіях в кіберпросторі, де зміни відбуваються що нано секунди. Чому саме про мудрість системи в кіберпросторі? Можливо не лише тільки там, тому що те, що ми усі живі, робимо опір, віримо і працюємо на перемогу — все це свідчить про мудрість українського народу, його мудрі і сильні коріння, на любов до рідної землі, до Батьківщини. Іншими словами склалася така система традицій, взаємовідношень, яку можна охарактеризувати, як МУДРІСТЬ. Але ще й тому, що кіберпростір в умовах війни стає театром бойових дій. Важко переоцінити значимість будь-якого нового дослідження в цьому напрямі. В цій роботі саме про мудрість в кіберпросторі. Всі в кіберпросторі, використовуємо інформаційні системи, знаємо новини, чуємо тривоги, реагуємо на біль або радість. Для виявлення та виправлення помилок, а також для адаптації до нових умов або змін у вхідних сигналах в інформаційних системах та кіберпросторі використовуються так звані петлі зворотного зв'язку. Вони дозволяють системам реагувати на зміни в умовах невідомості або вхідних сигналах, коригуючи свою поведінку відповідно.

Ключові слова: петлі зворотного зв'язку, мудрість системи, кіберпростір.

Abstract. The paper offers consideration of the models that are relevant for the state of Ukraine during a full-scale war unleashed by an aggressor neighbor. Ukraine is holding on, despite great losses and great pain. Holds up on all fronts. In this work, I want to focus on events in cyberspace, where changes occur every nanosecond. Why the wisdom of the system in cyberspace? Perhaps not only there, because the fact that we are all alive, resisting — all this testifies to the wisdom of the Ukrainian people, their desire to rely on their

roots, on love for their native land, for the Motherland. In other words, such a system of traditions and relationships has developed, which can be described as WISDOM. This work is about wisdom in cyberspace. Everyone is in cyberspace, we use information systems, learn news, hear alarms, react to pain or joy. So-called feedback loops are used in information systems and cyberspace to detect and correct errors, as well as to adapt to new conditions or changes in input signals. They allow systems to respond to changes in uncertainty or input signals by adjusting their behavior accordingly.

Keywords: feedback loops, system wisdom, cyberspace.

Вступ. Спочатку все ж про системи на пальцях. Про системне мислення. І поступово до мудрости систем через основні поняття, які склалися в науковій літературі, а також все те, що прийшло з власним досвідом. Для чого? Мабуть, щоб дозволити тим, хто торкається аналітики, подивитися на світ системного аналізу як на кладезь знань, вмінь, розуміння, синтез — як на МУДРОСТЬ! Це мета цього дослідження і майбутніх. Дійсно, велика задача, і не справа однієї роботи, але початок повинен бути зроблений: йдемо через аналітику, смарт аналітику, механізм зворотних петель, і не лише до пізнання, а й до досягнення її Величності МУДРОСТІ.

Якщо на пальцях: **система** — це сукупність **взаємопов'язаних елементів**, що утворюють єдине ціле, взаємодіють із середовищем та між собою, і мають МЕТУ. Вона може бути як фізичною, так і логічною, і використовується в різних контекстах та галузях знань: нервова система, транспортна система, система керування базами даних, банківська система, політична система, система рівнянь тощо. **Системне мислення** є важливою навичкою, яка допомагає розуміти та працювати зі **складними системами**. Ось чому це важливо:

1. **Система як група елементів:** Система — це група взаємопов'язаних елементів, які взаємодіють між собою. Розуміння цього є ключовим для функціонування системи.

2. **Більше, ніж сума складових:** Система є більшою за суму своїх складових. Вона має властивості та взаємозв'язки, які не можна просто вивести з окремих елементів.

3. **Впорядкованість системи:** Система завжди є впорядкованим збиранням декількох елементів. Між ними існують взаємозв'язки, ієрархічні або паралельні.

4. **Системне мислення:** Ця навичка дозволяє проникнути за межі ізольованих подій і побачити структури, закономірності та патерни подій. Володіння системним мисленням допомагає управляти ситуаціями всюди: зокрема, бізнесі та особистому житті. Перша теза: розуміння систем є важливим для ефективно-

го прийняття рішень та досягнення бажаних результатів, що дозволяє висунути гіпотезу:

СИСТЕМА → СИСТЕМНЕ МИСЛЕННЯ → --- → МУДРІСТЬ СИСТЕМИ

Така гіпотеза з акцентом саме на зазначені ланки в ланцюжку сформульована вперше. **Як і підхід до побудови критеріїв, щодо прийняття чи відміни цієї гіпотези, пов'язаний одночасно з методами математики, філософії та аналітики також висувається вперше.**

Проблема системного мислення актуальна і розглядалась вже в літературі на заході. У роботі [1] ця проблема була поставлена і авторами пропонується абсолютно реалістичний підхід до розуміння навичок системного мислення. Якщо коротко, то так:

умови, в яких ми знаходимось зараз, — це ілюстрація до поняття «система». Ми живемо як системи у світі систем. Ми знаємо про системи чимало, вони постійно нас дивують. Навіть прості системи можуть продемонструвати поведінку, якої ми не очікували.

У роботі [2] автор пропонує постійно нагадувати собі три істини:

Все, що знаємо про світ, — лише модель. Будь-яка книга — це модель. Те, як уявляєте собі світ, — власна уявна модель. Вона не є реальним світом і ніколи ним не стане. Моделі не описують світ повністю. І тому робимо помилки і дивуємося, коли щось йде не так, як очікували

Люди тяжіють до контролю, а системне мислення передбачає певну невизначеність. Але насправді контроль, про який так багато думаємо, часто є лише ілюзією. Системне мислення пропонує відмовитися від контролю, і тоді стане очевидним, що можемо зробити дуже багато [2].

Системне мислення нелінійне, а відбувається циклами, петлями, контурами. Всі частини системи пов'язані прямо чи опосередковано, а тому зміна в одній частині породжує хвилі змін, які доходять до всіх інших частин. вони теж зміняться, а хвилі від цього процесу в кінці кінців досягнуть тієї частини, в якій почалося зміна, і їй доведеться реагувати на це нове вплив. Таким чином, воно повертається у вихідну точку в модифікованому вигляді — виходить не вулиця з одностороннім рухом, а петля, яку називають **петлею зворотного зв'язку**.

Такий зв'язок проявляється в тому, що сприймаються результати дій і це впливає на наступні кроки. Словосполучення «зво-

ротний зв'язок» використовують для позначення будь-якої реакції, але насправді воно означає сприйняття результату дій, що впливають на подальші дії, т.е. двосторонній зв'язок. Зворотній зв'язок реалізується в контурі, в петлі, тому мислення в категоріях зворотного зв'язку — це контурне мислення. Зворотній зв'язок настільки важливий, що навіть в тих випадках, коли не отримуємо її сигналу безпосередньо, його домислюємо.

Принцип зворотного зв'язку настільки простий і широко поширений, що всі буквально живуть і дихають в петлях зворотного зв'язку, приймаючи їх як щось само собою зрозуміле. А між тим їх значення важко переоцінити.

«Звичне мислення не спрацьовує, коли нам доводиться мати справу з системами, тому що воно схильне всюди вбачати дію простих, локалізованих у просторі й часі причинно-наслідкових зв'язків, а не комбінацій чинників, що впливають один на одного» [1]. В системах причина і наслідок можуть бути розділені величезними проміжками часу або великим простором.

Брак знань про те, як функціонують системи, призводить до того, що люди докладають зусиль у неправильному напрямку. Керуючись найкращими мотивами, роблять лише гірше. Крім того, обсяг інформації навколо невпинно зростає, однак у ньому все важче знайти корисну та потрібну. А якщо не зуміти виділити головне, то масиви даних здатні лише заплутати. З цими проблемами може впоратися системне мислення. Отже, відкриваємо дуже цінну властивість системного мислення: системи, які складаються з елементів абсолютно різної природи і функціональності, підкоряються однаковим законам.

Також можна передбачити поведінку системи, навіть якщо не володіти детальними знаннями про всі її елементи. Системне мислення робить життя набагато зручнішим і одночасно зрозумілішим. Більше не потрібно ставати експертом у кожній сфері, щоб передбачати, як буде діяти система. Причому це справедливо практично для кожної сфери нашого життя, починаючи від маркетингової кампанії і закінчуючи системою цінностей людини [6].

Як підґрунтя для нашої гіпотези приймаємо наступні тези з цитування з робіт:

1. У природі також є верхня межа життєздатності. У світі систем більше не означає краще, зазвичай воно буває гіршим, в системі є свій оптимальний розмір, і якщо зробити її набагато більшою або меншою, зберігши всі інші умови, вона не буде функціонувати.

2. Існує тільки один спосіб побачити **емерджентні властивості системи**: змусити її працювати. Ще важливіше, можна використовувати емерджентні властивості, навіть якщо не розуміти, як саме вони виникають [3].

3. Якщо механічно розділити систему надвоє, то вийде не дві маленькі системи, а одна неробоча. Такий процес називається **аналізом**: розбиваємо ціле на частини, щоб дослідити їх. І хоча отримуємо якесь знання, але одночасно втрачаємо можливість зрозуміти властивості системи. Щоб зрозуміти це, необхідний **синтез** — відтворення цілого з елементів [1].

4. Поведінка системи залежить не від природи і властивостей частин, а від того, як ці частини з'єднані між собою. Важливий результат для менеджерів: Далеко не завжди вірно, що чим менше елементів входить до системи, тим простіше її зрозуміти і контролювати, — Все залежить від ступеня динамічної складності». Щоб розібратися в природі системи, потрібно зрозуміти, з якою складністю ви маєте справу, деталізації або динамічною. У складних системах є безліч взаємозв'язків між елементами. І, як правило, їм властива стабільність, самоорганізація та ієрархічна будова (рис. 1).

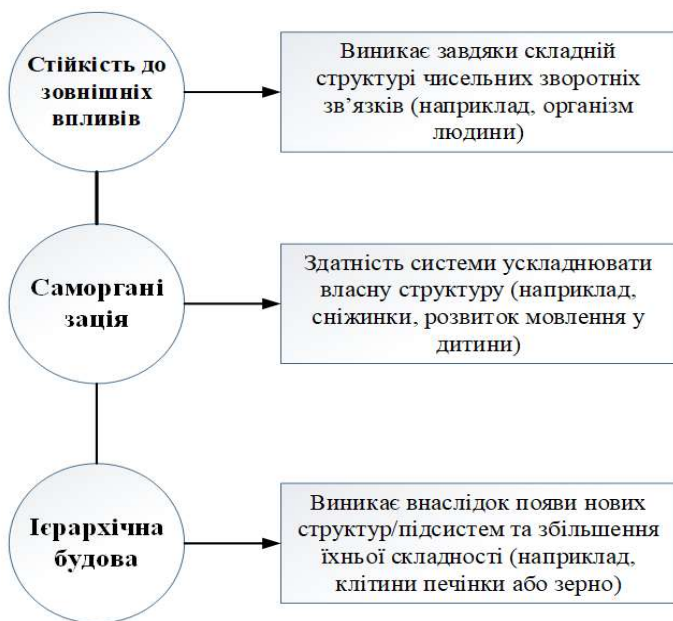


Рис.1. Основні властивості складних систем

Саме тому так важко вносити будь-які зміни до роботи компанії, держави або навіть свого організму. ***Намагаючись змінити якийсь один компонент, можна зачепити й ті, з якими він пов'язаний. А вони почнуть чинити опір змінам, адже в іншому випадку їм теж доведеться змінитися.***

Впроваджуючи зміни в системі, потрібно завжди бути готовим до побічних ефектів. Чим краще розуміти систему, тим вище ймовірність, що можна передбачити побічні ефекти і звести їх до мінімуму. Або, навпаки, максимізувати додаткову вигоду від впровадження змін [8].

5. Наявність зворотного зв'язку — **невід'ємна характеристика систем: якщо немає зворотного зв'язку, то не існує і системи.** Зворотний зв'язок буває двох основних типів, і хоч би якою складною не була система, вона використовує саме їх [8].

Основний результат. Відповідаючи на питання, які були поставлені на початку статті, кожна система має мету, як мінімум — просто виживання, тобто збереження себе. Мета — це бажаний стан, за якого система перебуває в спокої або стані рівноваги. «Поки зберігається різниця між дійсним і бажаним станом системи, зворотний зв'язок, що врівноважує, буде зрушувати систему в напрямку бажаного стану. Він зміщує систему до її мети» [1].

В кіберпросторі, петлі зворотного зв'язку можуть бути використані для виявлення аномалій або атак, а також для відновлення системи після атаки. Система може використовувати петлю зворотного зв'язку для виявлення незвичайного трафіку мережі, що може вказувати на атаку.

Війська зв'язку та кібербезпеки Збройних Сил України, використовують петлі зворотного зв'язку для забезпечення функціонування системи зв'язку та інформаційних систем. Ці системи включають вузлові і лінійні з'єднання, частини технічного забезпечення зв'язку та автоматизованих систем управління.

Мудрість системи в кіберпросторі невизначеності може бути розглянута як здатність системи адаптуватися до змінних умов та відповідати на нові виклики. Це може включати в себе розуміння та прогнозування можливих загроз, виявлення та виправлення помилок, а також розробку стратегій для забезпечення безпеки та стабільності в умовах невизначеності [7, 9].

Петлі зворотного зв'язку використовуються в багатьох системах, включаючи технічні, біологічні та соціальні системи, і мають ряд переваг, які на мій погляд краще подати схемою-петлею на рис. 2:

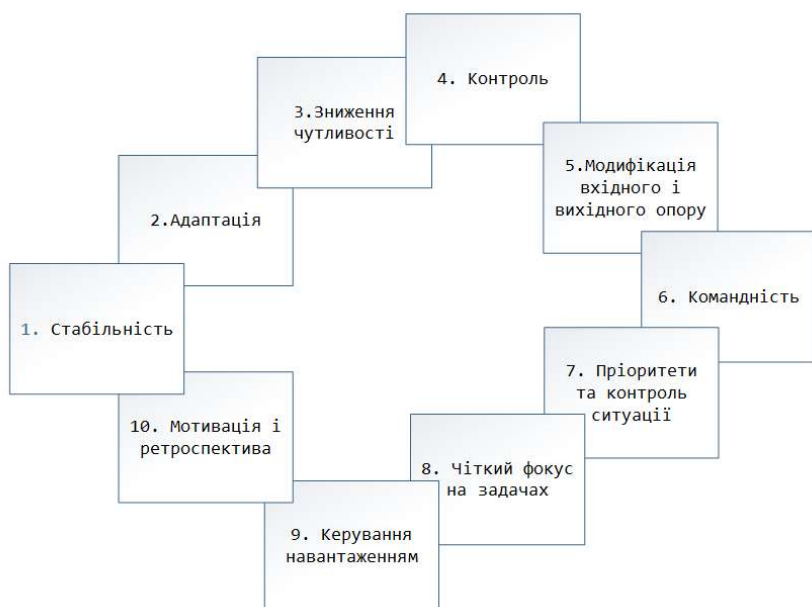


Рис. 2. Петля переваг зворотного зв'язку

Пояснення кожної хвилі петлі факично дає обґрунтування кожного ланцюжку петлі:

1. Стабільність: Петлі зворотного зв'язку допомагають системам підтримувати стабільність, реагуючи на зміни в умовах або вхідних сигналах.

2. Адаптація: Вони дозволяють системам адаптуватися до нових умов або змін у вхідних сигналах, коригуючи свою поведінку відповідно.

3. Зниження чутливості: Зворотний зв'язок дозволяє знизити чутливість системи до змін коефіцієнта посилення певних елементів.

4. Контроль: Петлі зворотного зв'язку дозволяють керувати системами, регулюючи їх поведінку для досягнення бажаних результатів.

5. Модифікація вхідного і вихідного опору: Зворотний зв'язок забезпечує зручний метод модифікації вхідного і вихідного опору підсилювачів.

6. Командність: Петлі зворотного зв'язку візуалізують задачі та залученість кожного члена команди.

7. **Пріоритети та контроль ситуації:** Задачі у стовпцях розставлені за пріоритетністю, отже, ані менеджер, ані розробник не заплутаються.

8. **Чіткий фокус на задачах:** Петлі зворотного зв'язку допомагають зосередитися на конкретних задачах, зменшуючи розсіянність уваги.

9. **Керування навантаженням:** Менеджер може швидко оцінити навантаження кожного спеціаліста.

10. **Мотивація і ретроспектива:** Петлі зворотного зв'язку сприяють мотивації та ретроспективі, допомагаючи командам вивчити та покращити свою роботу.

Варто зазначити, що петлі зворотного зв'язку використовуються в ітераційних процесах надання зворотного зв'язку для уточнення відповідей. Це може бути особливо корисним у кіберпросторі, де постійне вдосконалення та адаптація є ключовими для ефективного захисту інформаційних систем.

Ітераційні процеси в кіберпросторі включають постійне вдосконалення та адаптацію до нових умов або змін у вхідних сигналах. Ці процеси можуть включати виявлення та виправлення помилок, а також адаптацію до нових загроз або викликів, а саме:

1. **Відслідковування актуальних тенденцій:** включає відстеження нових тенденцій в кібербезпеці, щоб завчасно підготуватися до різних сценаріїв та зменшити негативний вплив кіберінцидентів.

2. **Постійне вдосконалення:** включає в себе постійне вдосконалення системи кібербезпеки, включаючи виявлення та виправлення помилок, а також адаптацію до нових загроз.

3. **Забезпечення кіберстійкості:** включає в себе розробку та впровадження механізмів для забезпечення кіберстійкості, включаючи заходи для протидії кібератакам.

4. **Підготовка фахівців:** включає в себе підготовку та навчання фахівців у сфері кібербезпеки, щоб вони могли ефективно впоратися з новими викликами та загрозами [5].

5. **Наявність зворотного зв'язку** — це невід'ємна характеристика систем: якщо немає зворотного зв'язку, то не існує і системи.

Принцип регулювання за допомогою зворотних зв'язків є одним із ключових у кібернетиці. Якщо значення параметрів регулювання відхиляються на виході від заданих, що свідчить про порушення рівноваги в системі або про неоптимальний режим її функціонування, то завдяки механізму зворотного зв'язку відбувається таке коригування входів системи, щоб рівновага в ній ві-

дновилась. Але повністю компенсувати збурення, особливо коли вони інтенсивні, доволі складно. Це можна зробити лише у штучних технічних системах, які описуються системами диференціальних рівнянь і складають зміст математичної теорії стійкості [4,9].

Негативні зворотні зв'язки, компенсуючи відхилення, не завжди повертають систему до вихідних параметрів рівноваги (зокрема, до вихідних значень рівноважних цін та обсягів продукції). Це означає, що йдеться про динамічну рівновагу. Згідно з принципом позитивних зворотних зв'язків деякі зміни в системі не пригнічуються, а нагромаджуються та підсилюються, що може призводити до кумулятивних ефектів — переходу системи до нерівноважного стану. Далі система або руйнується, або принципово перебудовується зі зміною структури, функцій тощо.

Зауважимо, що кібернетичні системи з вбудованим механізмом зворотних інформаційних зв'язків завдяки залученню до процесу функціонування результатів попередніх дій здатні ефективно самоорганізовуватися та налагоджувати взаємовідносини із середовищем, керувати своїм розвитком, протидіючи негативним флуктуаціям та підтримуючи динамічну рівновагу. Отже, розгляд наприклад, економіки як кібернетичної системи має важливе прикладне значення для виявлення контурів прямих та зворотних зв'язків, відстежування інформаційних потоків, створення ефективних організаційних систем управління тощо. Ітераційні процеси допомагають забезпечити те, що системи кібербезпеки залишаються ефективними та актуальними в умовах постійної зміни та розвитку кіберзагроз.

В контексті кібербезпеки, мудрість системи може включати в себе розуміння та відповідь на різні види кіберзагроз, таких як віруси, хакерські атаки, шахрайство та інше. Це також може включати в себе розробку та впровадження стратегій для захисту від цих загроз, таких як файрволи, антивірусне програмне забезпечення, системи виявлення вторгнень та інше.

Важливою частиною мудрості системи є здатність до навчання та адаптації. Системи кібербезпеки повинні бути здатні навчатися з досвіду, адаптуватися до нових загроз та постійно вдосконалюватися, щоб залишатися ефективними.

Мудрість системи в кіберпросторі невизначеності включає в себе не лише технічні аспекти, але й соціальні, етичні та правові аспекти. Це може включати в себе розуміння та врахування етичних та правових норм, а також взаємодію з людьми та спільнотами.

У основі будь-яких наших дій лежать ідеї, переконання, стратегії, які вкорінилися глибоко у свідомості, — **ментальні моделі**. Ми створюємо їх на підставі власного досвіду і використовуємо для того, щоб пояснити причинно-наслідкові зв'язки подій, які спостерігаємо. Ментальні моделі не тільки визначають наші вчинки, а й формують наші уявлення про ідеальний результат. Також вони надають значення тому, що відбувається навколо, і нашому власному досвіду.

Ментальні моделі утворюють систему і допомагають ефективно взаємодіяти зі світом. Але іноді через деякі з них невірно трактується досвід або події, що відбуваються. Саме тому потрібно навчитися розуміти ментальні моделі — адже використовують їх, щоб надати сенс багатьом іншим системам. Дуже важливо, що за необхідності їх можна змінювати. Як виявити ментальні моделі, які не допомагають вирішувати проблеми, а обмежують?

Одним із способів виявити такі моделі є **метод «лівого стовпчика»**. Потрібно згадати типову проблемну розмову з кимось і записати в правому стовпці те, що говорили, а в лівому — про що думали. Потім перечитати лівий стовпець і запитати себе: які переконання породили ці думки? Що завадило вимовити їх уголос? Виходячи з відповідей на перші два запитання, що можна сказати про свої уявлення і переконання?

Додатково буває корисно прислухатися до того, як і що говорити, і ставити під сумнів кожне судження. Варто звернути увагу на оцінки, слова на кшталт «повинен» і узагальнення. Вони можуть свідчити про наявність ментальних моделей, які обмежують, не дозволяють зрозуміти мудрість системи.

Моделіні проблеми. Петлі зворотного зв'язку використовуються в багатьох технічних системах для регулювання та адаптації до змінних умов. Ось декілька прикладів:

1. **Термостати:** Термостати використовують негативну петлю зворотного зв'язку для підтримки стабільної температури в приміщенні. Коли температура в приміщенні падає нижче встановленого рівня, термостат вмикає опалення. Коли температура досягає встановленого рівня, термостат вимикає опалення [1].

2. **Підсилювачі звуку:** Підсилювачі звуку використовують петлі зворотного зв'язку для зменшення спотворень і покращення якості звуку. Сигнал, що надійшов по колу зворотного зв'язку на вхід підсилювача, містить інформацію про його роботу та всіх видах спотворень [2].

3. **Системи керування літаками:** Системи керування літаками використовують петлі зворотного зв'язку для відстеження та

коригування положення літака в повітрі. Ці системи використовують датчики для вимірювання таких параметрів, як висота, швидкість та кут нахилу, і використовують цю інформацію для автоматичного коригування руху літака [4].

Ці приклади демонструють, як петлі зворотного зв'язку можуть бути використані для підтримки стабільності та адаптації до змінних умов в різних технічних системах [10].

Висновок. Петлі зворотнього зв'язку — це фундаментальна система регулювання, яка поширена як у біологічних, так і в небіологічних системах. Вони працюють як петля, реагуючи на збурення або зміни шляхом посилення (позитивного зворотного зв'язку) або протидії їм (негативний зворотний зв'язок).

Позитивні петлі зворотного зв'язку посилюють вплив, що викликав зміну. Негативні петлі зворотного зв'язку протидіють впливу, що викликав зміну, і використовуються для підтримки стану рівноваги або гомеостазу.

Розглянуті переваги роблять петлі зворотного зв'язку важливим інструментом в багатьох областях, включаючи інженерію, біологію, соціологію, психологію та багато інших. Крім того без зазначення конкретної сфери опанування ніпотезою мкдрості систем дозволяє сучасні людині досягати бажаного результату оптимальним шляхом.

Як додаток до нової стратегії кібербезпеки та відповіді на питання як Україна захищатиметься в кіберпросторі в умовах війни треба враховувати гіпотезу мудрості системи з наступною валідацією дій згідно запропонованим критеріям.

В роботі пояснено та обґрунтовано, що будь який документ, який аналізує нову стратегію кібербезпеки України, її пріоритети, цілі та виклики повинен бути динамічним, складатися з конкретних веріфікованих положень та готових до змін.

Бібліографічні посилання

1. O'Connor Joseph, McDermott Ian «The Art of Systems Thinking: Essential Skills for Creativity and Problem Solving», 1997, by Thorsons Pub Paperback, 288 p.
2. Донелла Медовз «Мистецтво мислити системно. Розв'язання проблем від особистого до глобального масштабу», Видавництво Vivat, 2023. — 304 с.
3. Про Стратегію кібербезпеки України. Введено в дію Указом Президента України від 26 серпня 2021 року № 447/2021

4. Dzhalladova I., Ruzickova M. Dynamical Systems with Random Structure and their Applications. 2020 Hbk ISBN: 978-1-908106-66-7 264pp

5. Кібербезпека: сучасні технології захисту. Навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів. / С. Ё. Остапов, С. П. Євсєєв, О.Г. Король. — Львів: «Новий Світ-2000», 2019. — 678 с.

6. Hays, J. M. (2010). The ecology of wisdom. Management & Marketing, 5(1), 71.

7. Maturana, H., & Bunnell, P. (1999). What is wisdom. Patterns: ASCD Systems Thinking and Chaos Theory Network Newsletter, February, 1-11.

8. McKee, P., & Barber, C. (1999). On defining wisdom. The International Journal of Aging and Human Development, 49(2), 149-164.

9. Smith, R. S., & Bamieh, B. (2021). Stochasticity in Feedback Loops: Great Expectations and Guaranteed Ruin. IEEE Control Systems Magazine, 41(2), 28-44.

10. Zhang, Z., Zargham, M., & Preciado, V. M. (2020). On modeling blockchain-enabled economic networks as stochastic dynamical systems. Applied Network Science, 5(1), 19.

Статтю подано до редакції: 28.11.2023