

DOI: 10.35681/1560-9189.2024.26.1.308647

УДК 004.5

**О. Г. Додонов¹, О. В. Никифоров^{1,2}, В. Г. Путятін¹, В. О. Додонов¹,
С. А. Куценко¹, А. П. Германюк¹**

¹Інститут проблем реєстрації інформації НАН України

вул. М. Шпака, 2, 03113 Київ, Україна

²Науковий центр Повітряних Сил Харківського національного університету

Повітряних Сил імені Івана Кожедуба

вул. Сумська, 77/79, 61023 Харків, Україна

Територіально-розподілені інформаційні комп'ютерні системи у єдиному інформаційному просторі: базові поняття та визначення

Розглянуто основні базові поняття, що описують територіально-розподілені інформаційні комп'ютерні системи, які функціонують в єдиному інформаційному просторі, та наведено їхнє визначення. Досліджено різні аспекти побудови та функціонування такого класу систем: призначення, основні функції, задачі та властивості системи; призначення та властивості єдиного інформаційного простору; інформаційні процеси, що відбуваються в системі; взаємодія системи із зовнішнім середовищем; види забезпечення; архітектура; основні загрози та живучість системи. Визначені базові поняття використовуються при дослідженні різних аспектів структурно-функціональної побудови таких систем.

Ключові слова: територіально-розподілена інформаційна комп'ютерна система, єдиний інформаційний простір, організаційне управління, інформаційні процеси, структура, підсистема, автоматизоване робоче місце, мультиагентна система, об'єкт критичної інфраструктури, деструктивні впливи, загрози, живучість.

Вступ

Територіально-розподілені інформаційні комп'ютерні системи в єдиному інформаційному просторі (ТРИКС ЄП) створені і функціонують у різних галузях людської діяльності. До них належать, наприклад, інформаційні системи моніторингу різних параметрів навколишнього середовища, системи моніторингу і оповіщення про надзвичайні ситуації, радіотелеметричні сейсмо-вимірювальні системи, системи управління угрупованнями космічних літальних апаратів на навколозем-

© О. Г. Додонов, О. В. Никифоров, В. Г. Путятін, В. О. Додонов, С. А. Куценко, А. П. Германюк

ній орбіті, транспортні системи, логістичні системи, інформаційні системи галузей промисловості та підприємств, системи військового призначення, інформаційно-аналітичні системи адміністративного управління (в масштабах міста, регіону, держави) та ін.

У численних публікаціях висвітлено питання побудови і особливості функціонування подібних вітчизняних і зарубіжних систем як цивільного, так і військового призначення, зокрема: Урядової інформаційно-аналітичної системи з питань надзвичайних ситуацій [1–4], Територіально-розподіленої автоматизованої системи обробки інформації та управління спеціального призначення [5], Територіально-розподіленої автоматизованої інформаційної системи організаційного управління спеціального призначення [6], Глобальної системи управління та спостереження збройних сил USA GCCS (Global Command and Control System) [7], Інформаційно-телекомунікаційної системи збройних сил Туреччини TASMUS (Taktik Sana Muhabere Sistemi) [8], Автоматизованої системи нормативно-правової підтримки розвідувальної діяльності [9], автоматизованих систем управління військами та зброєю [10–17], Єдиної автоматизованої системи управління Збройними Силами України [18], Територіально-розподіленої інформаційної агротехнічної системи (ТРИАС) [19], моделюючих комплексів автоматизованих систем організаційного управління [20] тощо.

Усі ці системи, незалежно від галузі застосування, є інформаційними комп'ютерними системами, складові елементи яких, що розгалужені територіально, діють як єдина система у спільному (єдиному) інформаційному середовищі. Не зважаючи на різну предметну спрямованість, їм притаманні базові спільні властивості, які дозволяють розглядати їх як ТРИКС ЄП. Дослідники та розробники систем даного класу оперують різними визначеннями та поняттями, які стосуються ТРИКС ЄП, що заважає однозначності сприйняття змістовної характеристики термінів і викликає труднощі при дослідженні та описі подібних систем. Саме тому актуальним є аналіз, виявлення та систематизація загальних ознак і понять, що дозволяють ідентифікувати подібні системи як ТРИКС ЄП, і визначення основних термінів, що описують різні аспекти їхнього функціонування.

Автори статті, які мають власний досвід розроблення подібних систем, викладають своє бачення проблеми, розглядаючи різні аспекти ТРИКС ЄП — від формування єдиного інформаційного простору і до забезпечення живучості ТРИКС ЄП.

Мета статті полягає у виявленні найбільш загальних базових понять, що характеризують різні аспекти ТРИКС ЄП, і їхньому термінологічному визначенні — для формування єдиного понятійного простору та можливого використання при дослідженні та розробленні даного класу систем.

Визначення та основні характеристики ТРИКС ЄП

Визначення ТРИКС ЄП

Територіально-розподілену інформаційну комп'ютерну систему в єдиному інформаційному просторі (далі — ТРИКС ЄП) можна визначити як складну територіально-розподілену систему, що складається із сукупності організаційних структур, програмно-технічних і телекомунікаційних засобів, механізмів функціонування, алгоритмів, технологій, баз і банків даних і знань, що функціонують в єдиному інформаційному просторі, та призначену для збору, обробки, зберігання та надання

необхідної інформації користувачам системи для прийняття своєчасних і адекватних рішень [5].

Мета створення ТРІКС ЄП

ТРІКС ЄП, як інформаційна система, має забезпечувати збір, зберігання, обробку, пошук, видачу інформації, необхідної для виконання прикладних задач і прийняття рішень у будь-якій сфері діяльності. Вона має допомагати аналізувати актуальні проблеми та створювати нові інформаційні продукти.

З теоретичних позицій ТРІКС ЄП є складною системою. З позицій застосування ТРІКС ЄП є прикладною системою, орієнтованою на вирішення задач у конкретній предметній області (ПрО) і сформованою на основі принципів досягнення кінцевих цілей (організації, підприємства, корпорації тощо). Під кінцевою метою розуміється бажаний результат діяльності в різних сферах (виробничій, політичній, науковій, медичній, фінансово-економічній, охорони навколишнього середовища, соціальній, оборонній і т.д.), що досягається в межах деякого інтервалу часу.

Отже, основну мету ТРІКС ЄП можна визначити як своєчасне забезпечення користувачів (споживачів) належною інформацією, тобто задоволення конкретних інформаційних потреб у рамках певної ПрО; при цьому результатом функціонування ТРІКС ЄП є інформаційна продукція — документи, інформаційні масиви, бази даних та інформаційні послуги.

Основні функції і задачі ТРІКС ЄП

Мета функціонування ТРІКС ЄП досягається шляхом реалізації функцій, комплексів задач, окремих задач і операцій, точний склад яких визначається функціональною ознакою конкретної системи та сферою її застосування в деякій ПрО. У загальному випадку, незалежно від ПрО, до функцій ТРІКС ЄП належать:

- 1) функції обробки інформації (обчислювальні функції) — реалізуються задачами збору, обліку, зберігання, пошуку, відображення, перетворення інформації;
- 2) функції обміну (передачі) інформації — пов'язані із задачами доведення інформації до користувачів (споживачів) системи, а також задачами інформаційної взаємодії елементів системи для забезпечення її функціонування;
- 3) функції вироблення інформації — створення нової інформації у ході вирішення задач аналізу, об'єднання інформації, прогнозування або оперативного управління об'єктом.

Взаємодія ТРІКС ЄП із зовнішнім середовищем

ТРІКС ЄП є системою, яка має внутрішні інформаційні потоки, бізнес-правила та власну адміністративну політику. ТРІКС ЄП не існує автономно, а передбачає функціонування та взаємодію із зовнішнім середовищем (прямого та непрямого впливу), по відношенню до якого вона є як споживачем, так і постачальником інформації. Зовнішнє середовище, в якому функціонує ТРІКС ЄП, не підкоряється її адміністративній політиці і може виробляти негативні або непередбачувані впливи на ТРІКС ЄП, а також негативно або непередбачувано реагувати на впливи ТРІКС ЄП на неї.

Під зовнішнім середовищем прямого впливу (або зовнішнім мікросередовищем, ближнім оточенням) маються на увазі: глобальні мережі, до яких підключена

ТРИКС ЄП, тобто мережі, з'єднані з ТРИКС ЄП каналами зв'язку, які не підпорядковані внутрішній адміністративній політиці ТРИКС ЄП; користувачі зовнішніх систем, які взаємодіють з ТРИКС ЄП за допомогою глобальних мереж, точки входу яких не підпорядковані внутрішній адміністративній політиці ТРИКС ЄП; зовнішні автоматизовані системи, які взаємодіють із ТРИКС ЄП, але мають свою власну внутрішню політику, яка не збігається з адміністративною політикою ТРИКС ЄП; зовнішні джерела, які постачають інформацію ТРИКС ЄП, але не входять до сфери її впливу та підпорядкування.

Під зовнішнім середовищем непрямого впливу (або зовнішнім макросередовищем, далеким оточенням) маються на увазі: політичні та воєнно-політичні чинники; стан економіки держави; соціокультурні чинники; природно-географічні умови; законодавча система; рівень розвитку техніки і технологій; світовий ринок і т.д.

Користувачі (споживачі) інформації ТРИКС ЄП

Можна виділити дві основні групи користувачів (споживачів) ТРИКС ЄП.

1. Зовнішні користувачі (External Users) — споживачі вихідної інформації, контрагенти, які використовують отриману від ТРИКС ЄП інформацію для вироблення та прийняття рішень і мають свою внутрішню політику, що не збігається з адміністративною політикою ТРИКС ЄП. Залежно від масштабів і спрямованості системи такими користувачами можуть бути: вище керівництво країни, яке має отримувати відповідну інформацію для управління країною (в мирний час, у разі надзвичайних ситуацій, в особливий період); керівники, співробітники регіональних органів управління, яким необхідна інформація про обстановку в їхньому регіоні; керівники, співробітники організацій і відомств, сфера діяльності яких лежить у ПрО даної конкретної ТРИКС ЄП; інші зовнішні комп'ютерні системи (автоматизовані системи управління, інформаційні системи, системи підтримки прийняття рішень, аналітичні системи), для яких результат діяльності ТРИКС ЄП є вхідною інформацією, необхідною для прийняття рішень, і які мають свою внутрішню політику, що не збігається з адміністративною політикою ТРИКС ЄП.

2. Внутрішні користувачі (Internal Users), точки входу яких є частиною внутрішньої мережі ТРИКС ЄП і які повністю підкоряються її адміністративній політиці: користувачі і програмні модулі ТРИКС ЄП, які використовують отриману інформацію для виконання функціональних задач; користувачі і програмні модулі ТРИКС ЄП, що забезпечують технологічну підтримку функціонування системи (інженерно-технічний, адміністративний персонал, який виконує всі види робіт з налаштування, експлуатації системи і забезпечення її заданих тактико-технічних характеристик).

Загальні властивості ТРИКС ЄП

Для будь-якої ТРИКС ЄП характерні такі загальні властивості:

- ТРИКС ЄП може бути піддана аналізу, побудована та керована на основі загальних принципів побудови складних систем;
- ТРИКС ЄП розвивається і є динамічною системою;
- ТРИКС ЄП є гетерогенною системою, в якій забезпечується можливість взаємодії з різними за кількістю та якістю джерелами та споживачами даних (на-

приклад, датчики на вимірювальних станціях видають дані в різних форматах і за різними протоколами);

— ТРІКС ЄП є інтероперабельною системою, в якій забезпечується здатність окремих інформаційних систем, як компонентів єдиної ТРІКС ЄП, до обміну інформацією і до використання інформації, отриманої в результаті обміну. Під інтероперабельністю розуміється здатність систем і компонентів до взаємодії, заснована на використанні інформаційно-комунікаційних технологій;

— ТРІКС ЄП слід сприймати як систему обробки інформації, що складається з комп'ютерних і телекомунікаційних пристроїв, реалізовану на базі сучасних технологій;

— вихідною продукцією ТРІКС ЄП є інформація, на основі якої приймаються рішення або виробляється автоматичне виконання деяких операцій;

— участь людини в інформаційному процесі залежить від цілей ТРІКС ЄП, її складності, типів і наборів даних, ступеня формалізації задач, що вирішуються.

Особливості ТРІКС ЄП

Особливостями ТРІКС ЄП, незалежно від її предметної спрямованості, є:

— багатокомпонентність і складність структури;

— територіальна розгалуженість елементів системи;

— великі обсяги інформації, що надходить, її різноманітність і багатоформатність, необхідність обробки та зберігання великих обсягів даних;

— можливість використання результатів діяльності ТРІКС ЄП для забезпечення функціонування більш масштабних систем (інформаційних систем; систем управління і прийняття рішень);

— складність управління ТРІКС ЄП;

— різноманітність впливів внутрішніх і зовнішніх факторів на ТРІКС ЄП, їхній стохастичний і нестохастичний характер;

— ризики виникнення небезпечних ситуацій і їхні негативні наслідки.

У тих випадках, коли інформаційний продукт, як результат діяльності системи, використовується для вироблення та прийняття управлінських рішень, і ці функції реалізовані в ТРІКС ЄП, її можна розглядати як систему організаційного управління.

Під *організаційним управлінням* розуміється багатофазний процес переробки інформації, прийняття рішень, напрацювання та реалізації управлінських дій для досягнення поставлених цілей. [21]. Сукупність організаційної структури і механізмів функціонування (організаційного управління), набір правил, процедур, алгоритмів, що забезпечують досягнення поставленої мети із залученням до цього необхідних ресурсів, утворюють *систему організаційного управління* (СОУ). Кожна СОУ за своєю суттю є складною системою збору, аналізу та опрацювання інформації з метою отримання максимального кінцевого результату в умовах певних обмежень [21].

Єдиний інформаційний простір, як системоутворююча ознака та засіб інформаційного забезпечення процесів управління

На даний час єдиний інформаційний простір, що забезпечує задоволення інформаційних потреб користувачів за рахунок інтеграції актуальної, повної, достовірної інформації і її своєчасного надання, є системоутворюючою ознакою будь-якої розвиненої держави.

Під *єдиним інформаційним простором* (ЄІП) розуміється сукупність актуальних і повних інформаційних ресурсів, упорядкованих за єдиними принципами та правилами формування, формалізації, зберігання, технології їхнього ведення та використання, що забезпечують можливість узгодженого функціонування всіх елементів системи та призначених для задоволення інформаційних потреб користувачів ТРІКС ЄІП.

З позицій інформаційного забезпечення процесів управління ЄІП можна визначити як сукупність актуальних і повних інформаційних ресурсів органів управління всіх рівнів ієрархії, що забезпечують інформаційну взаємодію органів управління, а також задоволення їхніх інформаційних потреб з можливістю безпосереднього (прозорого) доступу до інформаційних ресурсів відповідно до наявних повноважень і прав.

Метою створення єдиного інформаційного простору є надання доступу до загальної інформації без обмеження розташування та часу.

У загальному сенсі можна виділити такі основні функції ЄІП: інтегруюча — об'єднує в єдине просторово-комунікативне та соціокультурне середовище різні види діяльності; комунікативна — створюється особливе середовище транскордонної, інтерактивної і мобільної комунікації різних суб'єктів діяльності, в межах якої вони здійснюють інформаційний обмін; геополітична — створюється нове середовище геополітичних відносин і конкуренції; соціальна — єдиний інформаційний простір трансформує суспільство та змінює характер і зміст соціально-економічних відносин у всіх галузях: політиці, культурі, науці тощо.

Основні властивості єдиного інформаційного простору:

— ЄІП забезпечує інтеграцію та сумісність різних систем, що включає технічну, програмну, інформаційну, організаційну, лінгвістичну і, за необхідності, методологічну сумісність. Таким чином, ЄІП забезпечує структурне співіснування і інформаційну взаємодію систем і їхніх компонентів;

— єдність інформаційного простору може бути забезпечено тільки за рахунок достатньої інформованості будь-якого його суб'єкта в будь-якій точці цього простору;

— інформація в ЄІП повинна сприйматися всіма користувачами однаково, вона не повинна застарівати та повинна відображати реальний стан подій;

— усі учасники інформаційного процесу при спільній діяльності мають можливість у реальному або близькому до реального часі помістити або відібрати потрібну інформацію, охоплену ЄІП;

— ЄІП є багатомасштабним. Масштаб ЄІП визначається масштабом галузі управління. ЄІП є основою управління в локальному, корпоративному, регіональному, галузевому, національному та глобальному (міжнаціональному) масштабах.

ЄП можна умовно поділити на дві складові: внутрішню і зовнішню.

Внутрішній інформаційний простір характеризує параметри самої системи, як сукупності програмно-апаратних засобів і людських ресурсів, і формується на основі отримання, обробки та аналізу інформації про стан окремих елементів ТРІКС ЄП і системи в цілому. Споживачами цієї інформації є внутрішні користувачі системи, які забезпечують стабільне функціонування ТРІКС ЄП і виконання її цільової функції.

Зовнішній інформаційний простір — це продукт функціонування системи при виконанні її цільової функції. Зовнішній інформаційний простір формується як результат діяльності системи в процесі обробки і аналізу інформації, що надходить від різних зовнішніх джерел, формування інтегральної інформаційної моделі обстановки в даній ПрО та надання цієї інформації користувачам системи. Єдність зовнішнього інформаційного простору ТРІКС забезпечується єдністю подання інформації для всіх споживачів системи незалежно від їхнього територіального розташування (відповідно до їхніх потреб і прав доступу);

ЄП формується такими основними компонентами:

— інформаційними ресурсами, що містять дані, відомості та знання, зафіксовані на відповідних носіях інформації;

— організаційними структурами, що забезпечують формування, функціонування та розвиток ЄП, зокрема, збір, обробку, зберігання, поширення, пошук і передачу інформації;

— засобами інформаційної взаємодії користувачів, що забезпечують їм доступ до інформаційних ресурсів на основі відповідних інформаційних технологій, що включають програмно-технічні засоби і організаційно-нормативні документи.

Організаційні структури та засоби інформаційної взаємодії утворюють *інформаційну інфраструктуру* єдиного інформаційного простору.

Створення ЄП має забезпечувати надання всім користувачам єдиного уявлення про інформаційні об'єкти, що утворюють інформаційну модель визначеної ПрО. Тож головну властивість ЄП можна сформулювати таким чином: усі користувачі ЄП мають сприймати один і той самий інформаційний об'єкт однаково. З цієї позиції єдиний інформаційний простір можна подати як комплекс засобів, які забезпечують єдність уявлення, обробки та інтерпретації інформації про інформаційні об'єкти даної ПрО.

ТРІКС ЄП як сукупність розгалужених територіально ІКС ЄП

ТРІКС ЄП може бути представлена, як сукупність розгалужених територіально інформаційних комп'ютерних систем ІКС ЄП_{*i*}, $i = 1, n$, які виконують реєстрацію, зберігання, обробку та передачу даних, отриманих від різних джерел, а також взаємодіють між собою через захищені канали зв'язку для досягнення поставленої мети. Приклад узагальненої структури ТРІКС ЄП як сукупності розгалужених територіально інформаційних комп'ютерних систем ІКС ЄП_{*i*}, що виконують функції спостереження за обстановкою у визначених власних зонах відповідальності, представлено на рис. 1.

Кожна інформаційна комп'ютерна система ІКС ЄП_{*i*}, що входить до складу єдиної ТРІКС ЄП, може бути розташована на своєму, стаціонарному або мобіль-

ному пункті спостереження; кожна ІКС ЕП_i має свою зону відповідальності та може функціонувати автономно, забезпечуючи свою цільову функцію — формування та відображення динамічної інформаційної моделі обстановки в своїй зоні відповідальності для задоволення інформаційних потреб користувачів. Для формування єдиної картини обстановки в ТРІКС ЄП здійснюється інтегрована спільна обробка інформації, отриманої від усіх джерел інформації (систем), що дозволяє сформуванню зведених узагальнюючих відомостей про обстановку і отримати якісно нові знання про об'єкт спостереження.

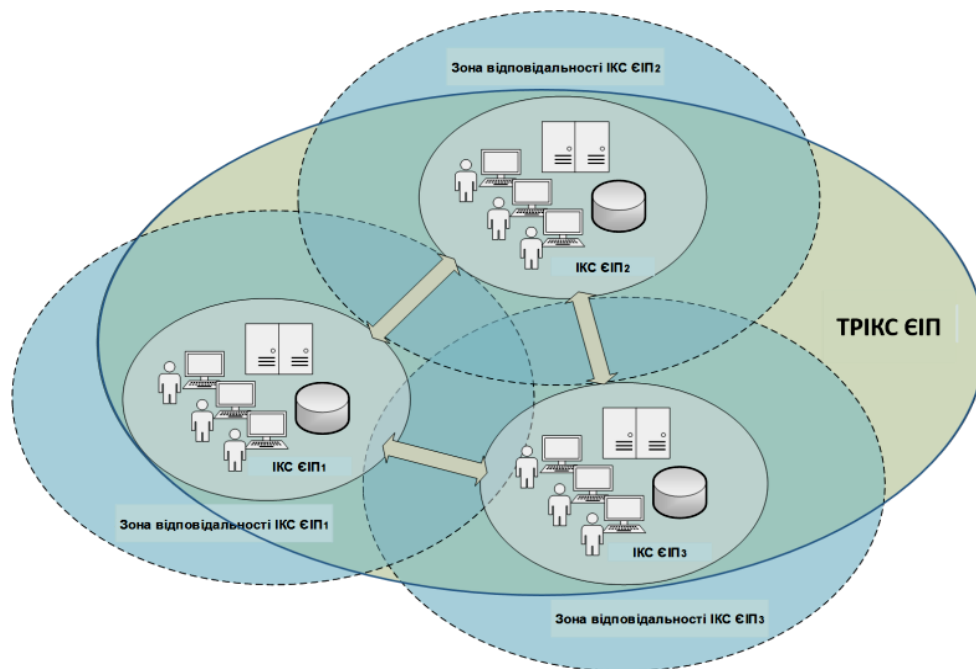


Рис. 1. Приклад узагальненої структури ТРІКС ЄП, що виконує функції спостереження за обстановкою

Структура представленої ТРІКС ЄП побудована за модульним принципом, що дозволяє нарощувати функціональність і потужності системи залежно від поставлених перед нею задач і забезпечувати живучість системи.

Основні складові елементи кожної з ІКС ЄП

1. Програмні засоби: спеціальне програмне забезпечення (ПЗ), що забезпечує виконання функціональних задач; загальносистемне ПЗ (операційна система, СУБД, драйвери, ПЗ віртуалізації, антивірусне ПЗ та ін.); прикладне ПЗ (текстові редактори, графічні редактори, системи проєктування та ін.); інструментальне програмне забезпечення (компілятори, засоби розробки та ін.).

2. Апаратні засоби: комп'ютери (сервери та робочі станції); пристрої введення (клавіатура, джойстик, маніпулятор типу «миша», тачпад, тачскрін); пристрої виведення (принтер, термінал та ін.).

3. Засоби передачі даних: мережеве апаратне забезпечення (міст, шлюз, модем, повторювач, маршрутизатор, перемикач); комунікаційне обладнання (бездротове, дротове).

4. Персонал: персонал функціональних структурних підрозділів, який виконує функціональні задачі ТРІКС ЄП; інженерно-технічний і адміністративний персонал структурних підрозділів, який виконує всі види робіт щодо забезпечення функціонування системи (налагодження, експлуатацію, захист, забезпечення заданих тактико-технічних характеристик).

5. Інформаційні процеси — при функціонуванні будь-якої інформаційної системи необхідна інформація збирається, реєструється, зберігається, накопичується, обробляється та передається. Комплекс цих процедур становить *інформаційний процес* — сукупність взаємопов'язаних у часі етапів, процедур, операцій і дій щодо перетворення первинної інформації від моменту її виникнення та реєстрації до надання результатної інформації користувачам [22].

У загальному випадку інформаційні процеси, що відбуваються в будь-якій ТРІКС ЄП, зводяться до наступного:

— збір і реєстрація інформації від зовнішніх і внутрішніх джерел. Полягає у визначенні та реєстрації на носіях кількісних і якісних характеристик певного об'єкта спостереження. На цьому етапі здійснюється цілеспрямований збір та аналіз інформації про будь-який об'єкт (процес), в результаті чого формується інформаційний образ об'єкта, проводяться його ідентифікація і оцінка. Від повноти, достовірності та своєчасності даних, отриманих на цьому етапі, залежить якість результатної інформації, призначеної для прийняття рішень;

— обробка вхідної інформації. Передбачає виконання операцій над початковими даними з метою отримання результатної інформації. Обробка інформації виконується згідно з розробленим алгоритмом — набором чітко сформульованих правил, що визначають процес перетворення отриманих даних (вхідної інформації) у бажаний результат (вихідну інформацію) за кінцеве число кроків;

— зберігання інформації для подальшого її використання. Дані накопичуються та зберігаються в інформаційній базі даних і знань (БДІЗ). У БДІЗ зберігаються не тільки первинні дані, а й умовно-постійна, довідкова та інша інформація, яка може багаторазово використовуватися для вирішенні різних задач. Зберігання та накопичення первинної інформації пов'язано з потребою отримання даних за певний інтервал часу та їхнього багаторазового використання при узагальненні в різних розрізах. Це дозволяє звертатися до них в будь-який час і формувати результатну інформацію за задані часові інтервали. Зі зберіганням інформації пов'язана така процедура як пошук даних, тобто процедура вибірки потрібних даних за запитом користувача;

— доведення інформації до користувача. Може бути виконано різними способами. Внутрішні користувачі можуть отримувати інформацію локальною мережею. Для доведення інформації до зовнішніх користувачів використовується дистанційна передача інформації за допомогою сучасних комунікаційних систем (дротових і бездротових);

— подання інформації у зручному для користувача вигляді. Передбачає створення призначеного для користувача інтерфейсу, що дозволяє обрати найбільш зручний для нього вид представлення інформації: текстовий, числовий, табличний, графічний (у тому числі, з використанням картографії і тривимірної графіки), аудіо-, відеоформат;

— зворотній зв'язок. Передбачає можливість використання інформації, переробленої у системі, для необхідного коригування складу та змісту вхідної інформації.

6. Інформаційні ресурси: структуровані дані та знання; неструктуровані дані та знання. Інформаційні ресурси ТРІКС ЄП становлять головний компонент моделі ПрО, яку система підтримує. Вони є «сировиною» та «кінцевим продуктом» роботи ТРІКС ЄП. У будь-якій інформаційній системі підтримуються дві категорії інформаційних ресурсів. Ресурси першої категорії безпосередньо використовуються кінцевими користувачами системи. Ресурси другої категорії можна назвати метаресурсами, які, описуючи властивості ресурсів першої категорії, дозволяють системі коректно оперувати ними. За режимом доступу інформаційні ресурси поділяються на: відкриту інформацію (без обмеження) та інформацію обмеженого доступу (державна таємниця; конфіденційна інформація; комерційна таємниця; професійна таємниця; службова таємниця; персональні дані).

Підсистеми і АРМ ТРІКС ЄП

Функціональна структура будь-якої інформаційної комп'ютерної системи може бути представлена сукупністю окремих її частин — підсистем.

Підсистема — це частина, компонент системи, виділений за будь-якою ознакою. Підсистеми ТРІКС ЄП можна розділити на дві групи: функціональні підсистеми та забезпечуючі підсистеми [22], що реалізують інформаційні процеси в ТРІКС ЄП вирішенням відповідних (функціональних і забезпечуючих) задач.

Функціональні підсистеми забезпечують: виконання функцій і задач, що реалізують цільову функцію системи; реалізують і підтримують моделі, методи і алгоритми отримання й обробки інформації. Функціональні підсистеми можуть бути сформовані за предметною або функціональною ознакою. За предметною ознакою функціональні підсистеми формуються відповідно до певних видів діяльності організації (підприємства), характерних для її структурних підрозділів. За функціональною ознакою функціональні підсистеми формуються відповідно до основних функцій ТРІКС ЄП: збору інформації з різних джерел; аналізу і обробки інформації; надання інформації користувачам і т.д.

Забезпечуючі підсистеми виконують функції організації і підтримки стійкого та безпечного функціонування програмно-технічного комплексу ТРІКС ЄП: управління і адміністрування системи; контролю стану та функціонування програмно-технічних засобів; забезпечення комплексного захисту інформації, забезпечення живучості тощо.

Підсистеми можуть мати модульну структуру. Модулі реалізують відносно закінчені функції у складі кожної підсистеми. В автоматизованій ТРІКС ЄП функції і задачі кожної підсистеми вирішуються за допомогою автоматизованих робочих місць.

Автоматизоване робоче місце (АРМ) — це програмно-технічний комплекс, що призначений для автоматизації діяльності певного виду (вирішення певних задач). АРМ об'єднує програмно-апаратні засоби, що забезпечують взаємодію людини з комп'ютером, надає можливість введення інформації і її виведення на екран монітора, принтер, плотер або інші пристрої виведення. Склад і кількість АРМ визначається структурою, видом діяльності, спеціалізацією задач і розмірами системи.

Види забезпечення ТРІКС ЄП

Сучасна автоматизована ТРІКС ЄП — це людино-машинний програмно-технічний комплекс з наступними основними видами забезпечення: інформаційним, програмним, технічним, математичним, лінгвістичним, організаційним, правовим.

1. *Інформаційне забезпечення* — це сукупність єдиної системи класифікації і кодування інформації, уніфікованих систем документації, загальних принципів побудови БДіЗ, інформаційно-логічних моделей БДіЗ ТРІКС ЄП. Включає сукупність проектних рішень щодо обсягів, розміщення, форм організації інформації, що циркулює в ТРІКС ЄП (інформаційні потоки); сукупність показників, довідкових даних, класифікаторів і кодифікаторів інформації, уніфіковані системи документації, спеціально організовані для обслуговування, масиви інформації на відповідних носіях.

2. *Програмне забезпечення* складається із загальносистемного, прикладного, інструментального та спеціального програмного забезпечення, розробленого безпосередньо для вирішення задач ТРІКС ЄП.

3. *Технічне забезпечення* являє собою комплекс технічних засобів і засобів зв'язку, що застосовуються для функціонування ТРІКС ЄП. До складу комплексу входять: комп'ютери, засоби збору та реєстрації інформації, засоби передачі даних каналами зв'язку, засоби накопичення, зберігання даних і видачі результатної інформації, допоміжне обладнання та організаційна техніка.

4. *Математичне забезпечення* — це сукупність математичних методів, моделей, алгоритмів, що забезпечують реалізацію цілей і задач ТРІКС ЄП, а також нормальне функціонування комплексу програмно-технічних засобів.

5. *Лінгвістичне забезпечення* являє собою сукупність науково-технічних термінів і мовних засобів, що використовуються в ТРІКС ЄП.

6. *Організаційне забезпечення* — це сукупність засобів і методів організації функціонування ТРІКС ЄП. Включає рішення щодо організації взаємодії ТРІКС ЄП і персоналу, методики проведення робіт, вимоги до оформлення документів, посадові інструкції і т.д.

7. *Правове забезпечення* призначене для регламентації процесу створення і експлуатації ТРІКС ЄП і включає в себе сукупність юридичних документів з констатацією регламентних відносин щодо формування, зберігання, обробки проміжної і результуючої інформації системи.

Архітектура ТРІКС ЄП

Під *архітектурою* ТРІКС ЄП розуміється взаємозв'язок логічної, функціональної (програмної) і фізичної (апаратної) організації системи, яка визначає процес її функціонування і включає методи обробки даних, склад, структуру складових компонентів, структуру мережі передачі інформації і принципи взаємодії розподілених комп'ютерних компонентів з урахуванням їх топології, протоколів обміну і механізмів доступу до БД. Архітектурна реалізація компонентів такого великомасштабного комплексу інформаційних комп'ютерних систем як ТРІКС ЄП повинна підтримувати можливість узгодженого обміну і адекватного сприйняття інформації, що надходить від різномірних джерел інформації.

Архітектура ТРІКС ЄП базується на наступних загальних принципах: системності (модульності і цілісності системи, цільового призначення і сумісності елементів системи, узгодженості функціональних можливостей різних елементів системи); здатності до вдосконалення, розвитку, модернізації і розширення функціональних можливостей системи; технологічності в частині експлуатації і супроводу системи; ефективного функціонування при зміні методів і способів управління; надійності функціонування; ефективності функціонування елементів системи; стандартизації (уніфікації) — раціонального використання типових, уніфікованих і стандартизованих елементів, проєктних рішень, видів забезпечення; підтримці стандарту OSI (взаємозв'язку відкритих систем) для забезпечення можливості взаємодії з іншими системами; забезпечення можливості паралельного доступу до баз даних і знань за умови дотримання цілісності даних і синхронізації доступу.

При створенні складних, розподілених інформаційних комп'ютерних систем, виборі компонентів і зв'язків між ними слід враховувати, окрім загальних, ряд специфічних концептуальних вимог до архітектури системи, спрямованих на безпеку функціонування та живучість, а саме: архітектура системи повинна бути досить гнучкою і допускати відносно простий, без докорінних структурних змін, розвиток конфігурації використовуваних засобів та нарощування функцій та ресурсів ТРІКС ЄП відповідно до розширення сфер її застосування. Відкрита та гнучка архітектура ТРІКС ЄП, побудована за модульним принципом, повинна допускати інтеграцію у систему та можливість застосування спеціальних засобів, що реалізують механізми забезпечення (підвищення) живучості.

Варіант архітектури ТРІКС ЄП, що забезпечує спостереження за обстановкою на основі отримання та обробки інформації від різних джерел, наведений на рис. 2. Джерелами інформації є оператори, технічні засоби спостереження та спеціалізовані вимірювальні засоби.

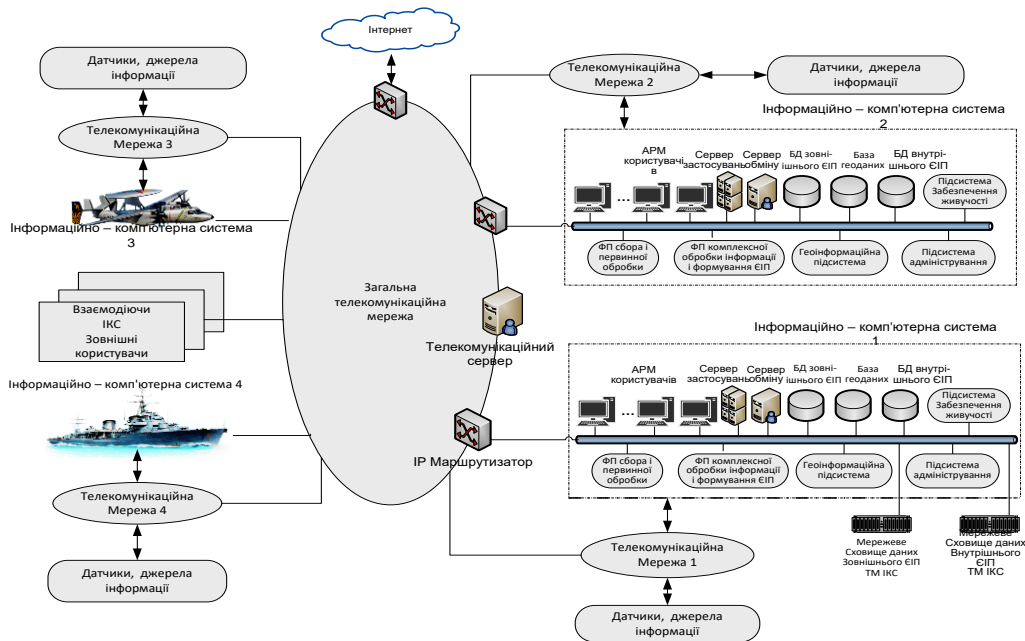


Рис. 2. Варіант архітектури ТРІКС ЄП, що забезпечує спостереження за обстановкою на основі отримання і обробки інформації від різних джерел

Для забезпечення інформаційної взаємодії з джерелами та користувачами інформації, а також іншими компонентами, архітектура представленої ТРІКС ЄІП базується на використанні стандартних протоколів, інтерфейсів сполучень і комунікаційних засобів стандарту OSI та має можливості для розширення переліку функцій і підключення додаткових робочих станцій, на базі яких можна створювати нові АРМ. Архітектура побудована за модульним принципом, що забезпечує зручність конфігурації та налаштування системи, можливість формування гнучкої функціональної структури системи на всіх її рівнях, формування АРМ користувачів, як сукупності модулів, що реалізують певну задачу. Крім того, модульний принцип дозволяє застосувати механізми локалізації, реконфігурації і реорганізації для перебудови системи при настанні негативних впливів, тим самим забезпечуючи її живучість і можливість виконувати базові функції при виході з ладу окремих елементів системи.

Проблема забезпечення сталого функціонування ТРІКС ЄІП

Актуальною проблемою ХХІ століття є проблема безпеки життєдіяльності людства в умовах виникнення різних масштабних аварій, техногенних катастроф та інших надзвичайних ситуацій, які без оперативного прийняття спеціальних заходів можуть призвести до великих людських жертв, матеріальних втрат і багатьох інших негативних факторів. Одна із причин виникнення перелічених явищ пов'язана зі зростанням кількості та складності організаційно-технічних систем, у тому числі і ТРІКС ЄІП, що використовуються в різних галузях діяльності, в тому числі і критичних.

Закон України «Про основні засади забезпечення кібербезпеки України» від 5 жовтня 2017 року № 2163-VIII [23] визначає критичну інформаційну інфраструктуру як сукупність об'єктів критичної інформаційної інфраструктури, а об'єкт критичної інформаційної інфраструктури — як комунікаційну або технологічну систему об'єкта критичної інфраструктури, кібератака на яку безпосередньо вплине на стає функціонування такого об'єкта критичної інфраструктури.

Особливості ТРІКС ЄІП як об'єкта критичної інформаційної інфраструктури:

- територіальна розподіленість компонентів системи і, як правило, велика просторова зона дії;
- зовнішня обстановка швидко змінюється, що обумовлено динамічною зміною параметрів об'єктів спостереження і процесів;
- висока невизначеність і статистична нестійкість ймовірнісних параметрів багатьох випадкових процесів;
- участь у процесі функціонування системи великої кількості користувачів і технічного персоналу, необхідність одночасного доступу до ресурсів системи великої кількості користувачів різних категорій;
- необхідність створення, використання і підтримки ЄІП для всіх компонентів системи;
- виконання критично важливих задач як в автоматичному, так і в автоматизованому режимі на АРМ посадових осіб-користувачів ТРІКС ЄІП;

- підвищені вимоги до безперервності процесів збору, обробки та надання критично важливої інформації;
- функціонування в постійній взаємодії із зовнішнім середовищем як в якості споживача, так і в якості джерела інформації;
- широкий спектр загроз безпеці ТРІКС ЄП, обумовлених як впливом зовнішнього середовища на ТРІКС ЄП, так і впливом ТРІКС ЄП на зовнішнє середовище;
- вразливість до непередбачених деструктивних впливів;
- обмеження часу на прийняття адекватних обставинці рішень у разі стання нештатної ситуації, що загрожує сталому функціонуванню ТРІКС ЄП;
- висока вартість наслідків порушення функціонування ТРІКС ЄП.

Головне призначення ТРІКС ЄП — надання певних інформаційних послуг користувачам. Якщо з тих чи інших причин надання цих послуг користувачам стає неможливим, то це завдає шкоди всім суб'єктам інформаційних відносин, і головна мета ТРІКС ЄП не виконується. У цих умовах забезпечення безперервності інформаційних процесів, збереження та доступності інформації, забезпечення сталого працездатного стану ТРІКС ЄП є найбільш важливим стратегічним напрямком для підвищення ефективності системи.

Під працездатністю розуміється такий стан системи, при якому вона здатна виконувати задані функції, що відповідають вимогам нормативно-технічної документації. Можна виділити три види працездатних станів ТРІКС ЄП:

- стан, в якому забезпечується виконання (із заданим рівнем якості) всього комплексу функцій і задач ТРІКС ЄП $\Phi = (\phi_1, \phi_2, \dots, \phi_n)$;
- стан, в якому забезпечується обов'язкове виконання лише деякої множини функцій і задач ТРІКС ЄП $\Phi_1 \subset \Phi$;
- стан, в якому забезпечується виконання тільки однієї функції (задачі) з усього комплексу функцій і задач ТРІКС ЄП.

Поточний рівень працездатності системи визначає кількість, якість і зміст функцій, які узагальнюються поняттям «мета функціонування системи».

Проблема полягає в забезпеченні працездатного стану ТРІКС ЄП (повністю або частково) в наявних умовах функціонування при несприятливих впливах, не передбачених нормативними умовами експлуатації. У разі, якщо система не може виконувати задані функції, необхідно забезпечити її плавний і безпечний останок, щоб мінімізувати можливі негативні впливи (як на саму систему, так і на зовнішнє середовище) і уникнути їхніх наслідків.

ТРІКС ЄП як багатоагентна система

Сьогодні багатоагентні технології — це один із найбільш перспективних напрямків в області інформаційних технологій, що швидко розвивається, і який можна адаптувати для управління функціонуванням і(або) живучістю ТРІКС ЄП. Багатоагентні технології дозволяють будувати системи нового покоління, які відрізняються високою відкритістю, гнучкістю, ефективністю, продуктивністю, масштабованістю, надійністю та живучістю.

За визначенням міжнародної організації FIPA (Federation of Intelligent Physical Agents) *агент* — це об'єкт, що знаходиться в певному середовищі, від якого він

отримує дані про події у цьому середовищі, інтерпретує їх і виконує команди, що впливають на середовище. Такий агент може містити як програмні, так і апаратні компоненти.

ТРИКС ЄП можна розглядати як багатоагентну (мультиагентну) систему (МАС) у тому сенсі, що вона складається з кількох взаємодіючих агентів, які територіально розподілені. Кожен агент (користувач, ресурс, центр обробки даних, індикаторний вузол) має власні знання та можливості. Спілкуючись один із одним, агенти координують свою діяльність і реалізують розумну (цілеспрямовану) поведінку.

Ось деякі ключові характеристики мультиагентної ТРИКС ЄП:

1) автономність: кожен агент у ТРИКС ЄП є автономним, що означає, що він має можливість приймати власні рішення та діяти від свого імені;

2) децентралізація: у ТРИКС ЄП немає центрального органу, і агенти координують свою діяльність через одноранговий зв'язок;

3) емерджентність: поведінка ТРИКС ЄП у цілому — це не просто сума поведінки її окремих агентів. Натомість взаємодія між агентами може призвести до появи нових явищ, таких як колективне прийняття рішень і самоорганізація;

4) адаптивність: ТРИКС ЄП може адаптуватися до змін у своєму середовищі, вивчаючи свій досвід і відповідно коригуючи свою поведінку.

У ТРИКС ЄП, яка реалізована як МАС, виділяються групи (*холони*) агентів за місцеположенням, функціями, повноваженнями тощо. Кожен вид холону відрізняється від інших способами та засобами інформаційного обміну, що використовуються, та правилами, критеріями і алгоритмами обробки інформації (формування параметрів автономної поведінки). За рахунок попереднього налаштування параметрів автономної поведінки холонів здійснюється загальне управління процесом функціонування ТРИКС ЄП. Такий децентралізований підхід підвищує масштабованість, відмовостійкість і адаптивність системи.

Шляхом представлення процесу цілеспрямованого функціонування ТРИКС, як процесу самоорганізації МАС, реалізується структура системи управління, що представлена на рис. 3. Управління функціонуванням полягає в налаштуванні параметрів процесів обробки інформації і прийняття рішень для відповідних груп агентів (холонів) ТРИКС ЄП. Це налаштування є результатом прийняття автономних рішень групи агентів з холону управління.

За встановлених параметрів автономного функціонування визначених груп агентів реалізуються різноманітні способи виконання актуальних задач (проектів), що покладено на ТРИКС ЄП. Здійснення самоорганізації агентів у межах виконуваних задач відбувається на підставі онтологій за визначеними напрямками діяльності.

Холонічна структура [24] системи управління МАС містить наступні типи холонів (рис. 4): холон цільового управління, де встановлюється пріоритетність виконання тих чи інших задач (проектів); холон планування, де здійснюється координування діяльності холонів агентів-виконавців за актуальними завданнями, що покладені на систему в цілому; холони реалізації виконавчих функцій.

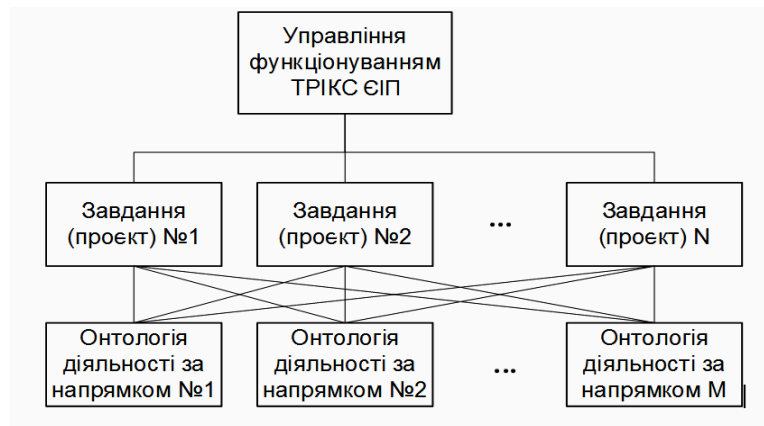


Рис. 3. Структура системи управління функціонуванням ТРІКС ЄІП на основі моделі самоорганізації багатоагентної системи

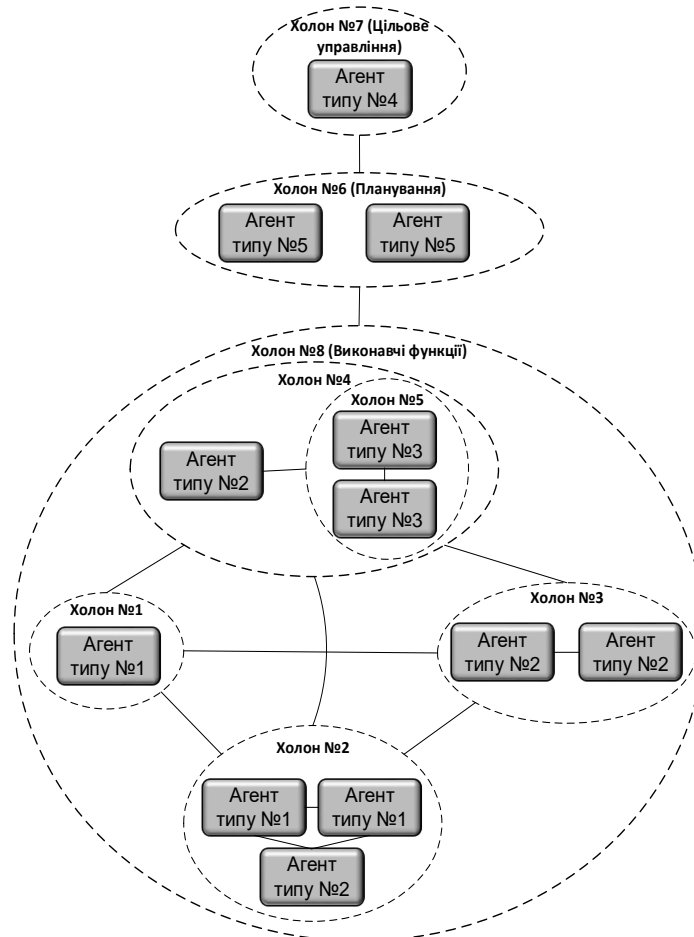


Рис. 4. Холонічна структура МАС

Узагальнений алгоритм управління розподіленою системою за рахунок використання парадигми самоорганізації МАС та адаптації структури ТРІКС ЄІП у разі зміни умов функціонування представлено на рис. 5.

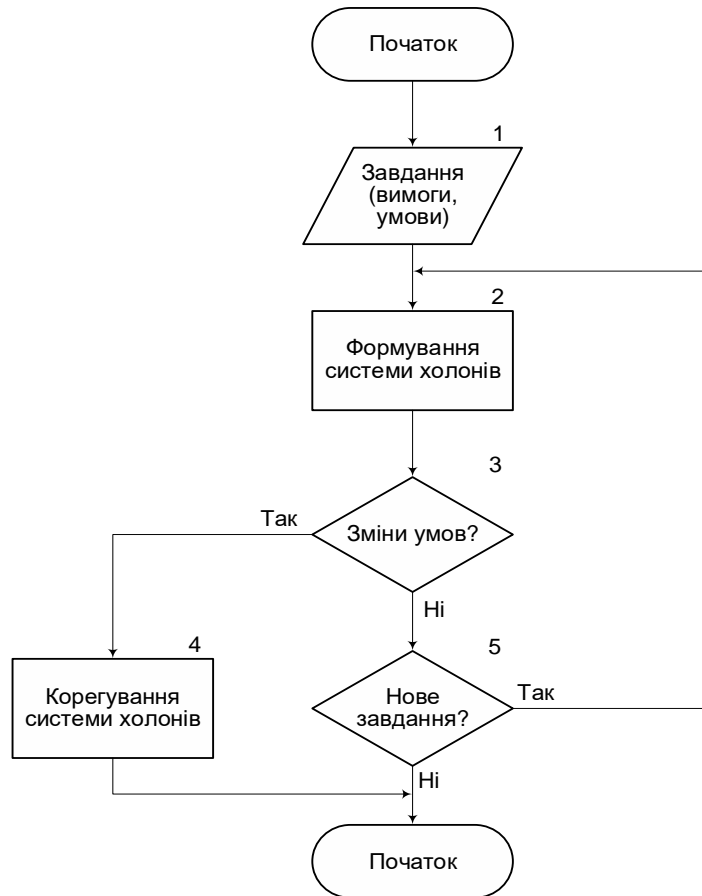


Рис. 5. Узагальнений алгоритм управління розподіленою системою за рахунок використання парадигми самоорганізації МАС

У блоці 1, за допомоги бази онтологій діяльності за напрямками функціонування, формуються параметри налаштування автономних дій агентів різних типів: холону цільового управління, холону планування, холонів виконавчих функцій.

У блоці 2, за результатами автономних дій агентів різних типів, здійснюється формування холонів та інформаційних зв'язків між ними, координація їхньої взаємодії. Відбувається процес цілеспрямованого функціонування системи в цілому.

У блоці 3 оцінюється відповідність поточних умов функціонування системи умовам, на які було налаштовано параметри автономних дій агентів. При зміні умов здійснюється корегування складу та параметрів налаштування раніше створених холонів у блоці 4.

У блоці 5 відбувається з'ясування параметрів нового завдання, що покладено на систему. Приймається рішення про завершення роботи алгоритму у випадку відсутності нових задач за незмінності умов функціонування системи.

Отже, ТРІКС ЄП, яка функціонує на базі концепції самоорганізації МАС, поєднує в собі переваги просторового розподілу з інтелектуальними і автономними можливостями агентів, що робить її придатною для складних і динамічних середовищ.

Застосування запропонованого підходу до побудови ТРІКС ЄП дозволяє одночасно виконувати декілька різних задач (режимів функціонування), застосовуючи для цього різні автономні холони без необхідності виконання складних процедур структурного синтезу.

Безпека, загрози та живучість ТРІКС ЄП

Особливості, властиві ТРІКС ЄП, дозволяють віднести майже кожному систему цього класу до критичних систем (об'єктів критичної інформаційної інфраструктури). Критичність ТРІКС ЄП полягає в потенційній небезпеці порушення її працездатного стану, оскільки повна або часткова відмова ТРІКС ЄП може привести до значного збитку та небезпечних наслідків.

Поняття *безпеки ТРІКС ЄП* доцільно розглядати з двох позицій:

— безпека (*security*) самої ТРІКС ЄП, яка визначається захищеністю ТРІКС ЄП від внутрішніх і зовнішніх негативних впливів (загроз);

— безпека (*safety*), яка визначається відсутністю катастрофічних наслідків відмов і негативних впливів (загроз) з боку ТРІКС ЄП на внутрішнє та зовнішнє середовище, що може призвести до людських жертв, техногенних аварій, екологічних катастроф, порушення виробничого ланцюжка та технологічного процесу, пошкодження обладнання, інформації та іміджу організації/держави тощо.

Будь-які обставини чи події, що можуть спричинити порушення політики безпеки інформації та (або) нанесення збитку ТРІКС ЄП, визначаються як загрози. Тобто *загроза* — це будь-який потенційно можливий несприятливий вплив.

Загрози ТРІКС ЄП, реалізація яких може призвести до негативних наслідків, слід розглядати у двох напрямках:

— негативні впливи на ЄП (на інформаційний ресурс у цілому). Негативним впливам піддаються такі характеристики: конфіденційність, цілісність, достовірність, доступність.

— негативні впливи на функціонування елементів системи та самої системи (апаратне забезпечення; програмне забезпечення; канали передачі даних; персонал).

Виявлення загроз передбачає комплексний та детальний аналіз усіх факторів, які можуть впливати на нормальне функціонування ТРІКС ЄП. Аналіз загроз дозволяє ідентифікувати можливі джерела загроз та уразливості, що сприяють їхньому прояву та реалізації.

Уразливість — це властивість системи, через використання якої створюється загроза для її безпеки, порушується сталий, надійний та штатний режим функціонування системи, здійснюється несанкціоноване втручання в її роботу, створюється загроза для безпеки (захищеності) електронних інформаційних ресурсів, їхньої конфіденційності, цілісності, та доступності. Тобто, це певні недоліки в комп'ютерній системі, завдяки яким можна порушити її цілісність і викликати неправильну роботу. Уразливість може виникати, наприклад, у результаті допущених помилок програмування, недоліків, допущених при проектуванні системи, ненадійних паролів, вірусів та інших шкідливих програм, скриптових і SQL-ін'єкцій. Деякі уразливості відомі тільки теоретично, інші ж активно використовуються та мають відомі експлойти.

До вразливих місць у ТРІКС ЄП, наприклад, належать: застосування комп'ютерів, які не мають парольного захисту під час завантаження; використання

спільних паролів або паролів, які легко зламати; зберігання паролів у пакетних файлах або на дисках комп'ютерів; відсутність або низька ефективність систем ідентифікації та аутентифікації користувачів; недостатність фізичного контролю за мережевими пристроями.

Джерелами потенційних загроз можуть виступати як суб'єкти (особистості), так і об'єктивні прояви. Джерела потенційних загроз можуть бути як внутрішні, так і зовнішні. Перелік основних потенційних загроз ТРІКС ЄПП наведено у таблиці.

Перелік основних потенційних загроз ТРІКС ЄПП

№ з/п	Найменування потенційних загроз
Апаратне забезпечення	
1	Фізична дія на апаратні засоби системи
2	Несанкціоноване включення/вимкнення апаратних засобів
3	Встановлення апаратних закладок
4	Збій/відмова серверного обладнання
5	Збій/відмова мережевого обладнання
6	Збій/відмова робочих станцій
7	Збій/відмова засобів захисту системи
8	Відмова в обслуговуванні (часткове/повне вичерпання ресурсів)
9	Форс-мажорні обставини (вибух, пожежа, повінь, землетрус тощо)
Програмне забезпечення	
1	Введення неправдивих даних
2	Пошкодження (видалення) даних або програм
3	Встановлення програмної закладки
4	Впровадження шкідливого програмного забезпечення
5	Несанкціонована зміна повноважень
6	Маскування під авторизованого користувача (маскарад)
7	Збій/відмова програмного забезпечення системи
8	Форс-мажорні обставини (вибух, пожежа, повінь, землетрус тощо)
Канали передачі даних	
1	Фізичне ураження каналів передачі даних
2	Пропадання каналів передачі даних
3	Зміна напрямку потоків передачі інформації
4	Несанкціоноване зчитування (перехоплення) інформації
5	Модифікація потоку даних
6	Збій/відмова каналів передачі даних
7	Форс-мажорні обставини (вибух, пожежа, повінь, землетрус тощо)
Персонал	
1	Психологічний вплив
2	Фізичний вплив
3	Фізіологічний стан
4	Форс-мажорні обставини (вибух, пожежа, повінь, землетрус тощо)
Інформація (дані)	
1	Відсутність вхідних даних
2	Порушення доступності
3	Порушення цілісності
4	Порушення конфіденційності
5	Порушення достовірності

Результати реалізації загроз та деструктивного впливу на ТРІКС ЄП можуть бути різними, а саме: втрата працездатності окремих елементів ТРІКС ЄП і зв'язків між ними внаслідок їхнього фізичного руйнування або порушення цілісності; деградація (погіршення) технічних характеристик (швидкості, продуктивності, пропускну здатності та ін.); спотворення алгоритмів функціонування; втрата, спотворення інформації про об'єкт спостереження; втрата, спотворення сформованої інформаційної моделі ПрО; втрата, спотворення інформації, необхідної для функціонування ТРІКС ЄП; зменшення структурної надлишковості, рівня запасів ресурсів; погіршення керованості системи; непереборна втрата працездатності ТРІКС ЄП у цілому.

Тож створення таких складних систем як ТРІКС ЄП не повинно відбуватися без комплексного вирішення проблеми безпеки взагалі і захисту інформації, зокрема. Як основні традиційні напрямки забезпечення безпеки та протидії загрозам ТРІКС ЄП слід зазначити такі: впровадження антивірусних програмних комплексів і засобів; створення системи організаційно-технічних заходів з протидії (контролю) технічних засобів несанкціонованого доступу до інформації, дезорганізації функціонування мережевих служб, сервісів і протоколів; вдосконалення заходів перевірки апаратного та програмного забезпечення; вдосконалення засобів радіоелектронної боротьби і, зокрема, радіоелектронного захисту і радіоелектронної протидії; налагодження високоефективної підсистеми інформування посадових осіб органів управління про стан і функціональність інформаційних процесів і ресурсів; резервування програмно-технічних рішень та інформаційних ресурсів; детальне розмежування та категорювання інформаційних потоків за ступенем їхньої важливості, спільності та конфіденційності; розробка ефективної політики інформаційної безпеки; створення та супровід комплексної системи захисту об'єктів інфраструктури ЄП; організація системи заходів щодо розвитку психічної (психофізіологічної) стійкості операторів АРМ, посадових осіб органів управління; активний аналіз витоків службової інформації із зіставленням режиму доступу та фактів звернення до такої інформації; моніторинг інформаційної взаємодії операторів АРМ, посадових осіб органів управління з ресурсами глобальної мережі Інтернет тощо.

Тож безпека ТРІКС ЄП має забезпечуватися закладеними проектними рішеннями і ефективною політикою інформаційної безпеки. Все це зменшує ризик порушення працездатного стану ТРІКС ЄП, але не може гарантувати її абсолютну безпеку та захист від непередбачуваних впливів. По-перше, разом із розвитком засобів захисту розвиваються (а часто і випереджають їх) і засоби та способи несанкціонованого втручання та здійснення негативних впливів на систему. По-друге, традиційні методи проектування складних технічних систем орієнтовані на розрахунок реакції елементів систем на проектні впливи, які визначаються, виходячи з нормальних умов експлуатації. Однак у процесі експлуатації подібні системи можуть бути піддані екстремальним (запроектним) впливам, у результаті яких ряд їхніх елементів отримуватимуть пошкодження. У цих умовах експлуатаційні якості ТРІКС ЄП будуть визначатися здатністю виконувати покладені на неї функції після того, як окремі елементи системи вийдуть з ладу.

Саме тому, з урахуванням визнання неминучості відмов, викликаних непередбачуваними негативними впливами (або непередбачуваними реакціями системи

на зміну умов функціонування), змінюються підходи до створення таких систем як ТРІКС ЄП. Постає питання забезпечення живучості — надання системі властивості, яка не проявлятиметься у нормальних умовах життєдіяльності (функціонування) системи, а почне «працювати» і проявлятися лише за умов дії дестабілізуючих чинників і негативних впливів.

Визначимо *живучість* (survivability) як властивість системи адаптуватися до нових умов функціонування, протистояти несприятливим впливам, які не передбачені умовами нормальної експлуатації, зберігати або оперативно відновлювати можливість виконання функцій системи з мінімальними втратами ефективності у разі деградації або виходу з ладу окремих компонентів системи. Живучість дозволяє системі зберігати повну або часткову працездатність в умовах впливу несприятливих факторів, зокрема, шляхом здатності обирати найбільш раціональний режим функціонування за рахунок власних внутрішніх ресурсів, перебудови структури, зміни функцій та поведінки відповідно до цілі її функціонування.

Дане визначення враховує будь-які наслідки несприятливих впливів, а саме: втрату працездатності елементів і зв'язків між ними внаслідок їхньої фізичної руйнації або порушення цілісності; зміну (погіршення) технічних характеристик (швидкості, продуктивності, пропускнуєї спроможності тощо); спотворення алгоритмів функціонування; зменшення структурної надмірності; погіршення безвідмовності елементів, керованості системи; зміни зовнішніх умов функціонування (різке зменшення чи збільшення навантаження, перерозподіл навантаження, зміна динамічних характеристик навантаження) та ін.

У [22, 25] *живучість* визначається як властивість системи зберігати та відновлювати здатність до виконання основних функцій у заданому обсязі і протягом заданого напрацювання при зміні структури системи і (або) алгоритмів і умов її функціонування внаслідок непередбачених регламентом нормальної роботи несприятливих впливів.

Існують багато аспектів живучості систем, серед яких можна виділити структурну, функціональну та інформаційну живучість [26]:

1) структурна живучість — це здатність системи виконувати ціль функціонування із заданою якістю за умов наявності небажаних впливів за рахунок механізмів підтримки необхідної системної структури;

2) функціональна живучість — здатність системи виконувати ціль функціонування із заданою якістю за умов наявності небажаних впливів за рахунок механізмів зміни поведінки системи (адаптації, редукції цілі);

3) інформаційна живучість — здатність системи підтримувати доступність, цілісність та конфіденційність інформації на рівні, що дозволить виконувати ціль функціонування із заданою якістю незалежно від інформаційних впливів і порушень у користуванні інформаційними ресурсами.

Концептуальною основою забезпечення живучості ТРІКС ЄП можна вважати наступний принцип: при впливі несприятливих (випадкових або цілеспрямованих) факторів насамперед виконується адаптація системи до нових умов функціонування (локалізується несправний елемент, перебудовується структура, перерозподіляються функції між працездатними елементами ТРІКС ЄП), і тільки потім виконується усунення відмови.

Забезпечення та підвищення живучості ТРІКС досягається завдяки впровадженню та застосуванню спеціальних механізмів, а саме: розпізнавання, компенсації, відновлення, адаптації, реконструкції, реконфігурації і реорганізації [26]. Застосування механізмів забезпечення живучості має забезпечити збереження можливостей системи в повному обсязі або виділення мінімальної пріоритетної множини функцій, яка буде необхідна для продовження роботи у допустимих межах скорочення можливостей системи. Механізми забезпечення живучості мають зреагувати на небажаний вплив і забезпечити перехід ТРІКС у безпечний стан.

Властивість живучості, що дозволяє ТРІКС ЄП функціонувати в умовах несприятливих (випадкових або цілеспрямованих) впливів, які тягнуть за собою руйнування структури, порушення цілісності, зниження безпеки і якості функціонування, має бути врахована і реалізована при проєктуванні та створенні (або модернізації) будь-якої ТРІКС ЄП, що належить до об'єктів критичної інформаційної інфраструктури країни.

Висновки

Проведене дослідження дозволило встановити сутність поняття ТРІКС ЄП та інших термінів у контексті різних аспектів функціонування та побудови ТРІКС ЄП. Розглянуті основні поняття не вичерпують всього спектра питань і проблем ТРІКС ЄП, але є базовими при виявленні специфічних особливостей, що є характерними для подібних систем.

Показано, що ЄП є системоутворюючою умовою створення та функціонування подібних систем, необхідною для структурно-функціонального співіснування й інформаційної взаємодії усіх компонентів ТРІКС. Саме ЄП має забезпечувати єдність подання та сприйняття інформації усіма користувачами системи, незалежно від їхнього територіального розташування (відповідно до їхніх потреб і прав доступу), забезпечуючи при цьому актуальність, оперативність і достовірність інформації при відображенні реального стану ситуації.

У результаті дослідження визначено, що особливості таких систем дозволяють віднести їх до критичних систем. Критичність ТРІКС ЄП полягає в потенційній небезпеці порушення її працездатного стану, оскільки повна або часткова відмова ТРІКС ЄП може призвести до значної шкоди та небезпечних наслідків.

Визначено, що структурна складність і територіальна розподіленість ТРІКС ЄП та її компонентів зумовлюють їхню вразливість від безлічі зовнішніх і внутрішніх загроз різної природи, що не дозволяє превентивними заходами забезпечити їхній гарантований захист. Порушення їхньої функціональності може призвести до виникнення високих ризиків у життєдіяльності суб'єктів та об'єктів суспільства, до порушення їхньої працездатності та інформаційної безпеки, а в деяких випадках може призвести і до зупинення діяльності об'єктів критичної інфраструктури суспільства та держави.

Показано, що саме поняття живучості ТРІКС ЄП є центральним при дослідженні поведінки системи в нештатних ситуаціях, зумовлених негативними впливами, а забезпечення живучості таких систем має величезне значення для їхнього існування та ефективної роботи. Особливої актуальності набуває проблема забезпечення живучості в ТРІКС ЄП спеціального призначення, коли ціна виходу системи з ладу може бути занадто високою.

Визначені базові поняття мають сприяти формуванню єдиного понятійного і термінологічного простору щодо такого класу систем.

1. Додонов А.Г., Путятин В.Г., Валетчик В.А. Информационное обеспечение аналитической обработки информации в Правительственной информационно-аналитической системе по чрезвычайным ситуациям. *Электронное моделирование*. 2005. Т. 27, № 4. С. 19–34.
2. Додонов А.Г., Путятин В.Г., Валетчик В.А. Организация экспертной поддержки Правительственной информационно-аналитической системы по вопросам чрезвычайных ситуаций при принятии управленческих решений. *Регистрация, зберігання і оброб. даних*. 2005. Т. 7, № 1. С. 130 – 146.
3. Додонов О.Г., Путятин В.Г., Валетчик В.О. Інформаційно-аналітична підтримка прийняття управлінських рішень. *Регистрация, зберігання і оброб. даних*. 2005. Т. 7, № 2. С. 77–93.
4. Додонов А.Г., Путятин В.Г., Валетчик В.А. Организация структуры Правительственной информационно-аналитической системы по вопросам чрезвычайных ситуаций. *Электронное моделирование*. 2006. Т. 28, № 3. С. 61–81.
5. Додонов А.Г., Путятин В.Г., Буточнов А.Н., Козлов Н.С., Юзефович В.В. Организация структуры системы обработки информации и управления. *Математические машины и системы*. 2014. № 4. С. 18–34.
6. Додонов О.Г., Путятин В.Г., Куценко С.А., Ланде Д.В. Побудова узагальненої структури інформаційної системи організаційного управління. *Математические машины и системы*. 2017. № 3. С. 3–22.
7. McGreer M.M., and Global Jo K.Y. Command and Control System (GCCS) technical architecture. Proceedings of MILCOM '94, Fort Monmouth, NJ, USA. 1994. Vol. 3. P. 859–863. doi: 10.1109/MILCOM.1994.473850.
8. Kırk Yıllık Birikimin Ürünü: TaSMuS (Taktik Saha Muhabere Sistemi ot Savunma ve Havaçılık. URL: <https://m.facebook.com/media/set/?set=a.431995103506975.95047.347536581952828&type=3>
9. Додонов О.Г., Путятин В.Г., Германюк А.П., Куценко С.А. Деякі аспекти автоматизації нормативно-правової підтримки розвідувальної діяльності. *Математичні машини та системи*. 2021. № 3. С. 88–105. ISSN 1028-9763.
10. Кірсанов С.О. Перспективи розвитку системи управління Збройних сил України з використанням принципу єдиного інформаційного простору. *Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України*. 2010. № 1(3). С. 15–20.
11. Клімушин П.С., Кротов В.Д. Автоматизована система управління Збройних сил України як сучасний різновид стратегічного озброєння. *Теорія та практика державного управління*. 2014. Вип. 1(44). С. 16–23.
12. Золотова І.Г., Голобородько М.Ю., Поривай О.В. Стан та перспективи розвитку автоматизованих систем управління військами (зброєю) передових країн світу. *Збірник наукових праць Центру воєнно-стратегічних досліджень Національного університету оборони України*. 2013. № 2(48). С. 33–36.
13. Галаган В.І., Сурков О.О., Прокопенко О.С. Аналіз впровадження автоматизованих систем управління військами (силами) в провідних країн світу. *Збірник наукових праць Центру воєнно-стратегічних досліджень Національного університету оборони України*. 2013. № 3(49). С. 40–46.
14. Пащетник О.Д. Аналіз світових тенденцій розвитку автоматизованих систем управління військами і зброєю. *Наука і техніка Повітряних Сил Збройних сил України*. 2015. № 2(19). С. 64–68.
15. Стужук П.І., Грицай П.М., Вознюк Ю.С. Світові тенденції, проблеми та перспективи створення автоматизованих систем управління військами (силами). *Збірник наукових праць Центру воєнно-стратегічних досліджень*. 2012. № 1(45). С. 68–76.
16. Кривоножко Г.Є., Петров Д.В., Жовтун А.А., Пономаренко З.М. Сучасні тенденції розвитку автоматизованих систем управління спеціального призначення. *Збірник наукових праць ВІПІ*. 2017. № 2. С. 58–63.

17. Поліщук Л.І., Климович О.К., Богуцький С.М. Особливості створення автоматизованої системи управління військами збройних сил України з урахуванням досвіду країн НАТО // Військова академія (м. Одеса). Збірник наукових праць. 2018. № 1(9). С. 122–130.

18. Єдина автоматизована система управління Збройними Силами України. URL: https://defence-ua.com/weapon_and_tech/avtomatizatsija_za_nakazom-239.html

19. Melnik V., Nikiforov A., Zelensky Al., Zelensky An., Antoshchemkov R. Distributed Control System for Agrotechnical Processes Using Customizable Procedural Regulations // Journal of Physics: Conference Series 2224 (2022) 012093 IOP Publishing doi:10.1088/1742-6596/2224/1/012093.

20. Aleksandr Dodonov, Aleksey Nikiforov, Vladimir Putyatin, Vadim Dodonov. Modeling Complexes of Organizational Management Automated Systems — a Means to Overcome the Management Crisis // Selected Papers of the XIX International Scientific and Practical Conference «Information Technologies and Security» (ITS 2019). Kyiv, Ukraine, November 28, 2019. CEUR Workshop Proceedings (ceur-ws.org). Vol-2577. P. 100-115. ISSN 1613-0073. [<http://ceur-ws.org/Vol-2577/paper11.pdf>] [Scopus].

21. Додонов О.Г. Комп'ютерне моделювання процесів організаційного управління. *Вісник НАН України*, 2016. № 1. С. 69–77.

22. Додонов А.Г., Ландэ Д.В., Путятин В.Г. Компьютерные информационно-аналитические системы. Толковый словарь. Киев: Наук. думка, 2011. 384 с.

23. Закон України «Про основні засади забезпечення кібербезпеки України» від 5 жовтня 2017 року № 2163-VIII. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2163-19#Text>

24. Koestler A. The Ghost in the Mashine. London: Arcana books, 1989; S.Rodriguez, V.Hilaire, N.Gaud, S.Galland, A.Koukam. Holonic Multi-Agent Systems, Self-organising Software. Natural Computing Series, Berlin: Springer, 2011. P. 238–263.

25. Додонов А.Г., Ландэ Д.В. Живучесть информационных систем. Київ: Наук. думка, 2011. 256 с.

26. Додонов А.Г., Горбачик Е.С., Кузнецова М.Г. Живучість інформаційно-аналітичних систем: понятійний апарат, моделі аналізу та оцінки. *Ресстрація, зберігання і оброб. даних*. 2007. Т. 9, № 3. С. 61–72.

Надійшла до редакції 11.02.2024