

РОЛІК О.І.,
МОЖАРОВСКИЙ П.Ф.,
ВОВК В.М.,
ЗАХАРОВ Д.С.

МЕТОД ЗВЕДЕННЯ МЕТРИК ЯКОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ КОМПОНЕНТІВ ІТ-ІНФРАСТРУКТУРИ ЗА ДОПОМОГОЮ АПАРАТУ НЕПАРАМЕТРИЧНОЇ СТАТИСТИКИ

Предложен метод сведения метрик оценки качества функционирования компонентов ИТ-инфраструктуры. Метод основан на представлении ИТ-инфраструктуры в виде графа и применении аппарата непараметрической статистики, что позволяет сводить разнотипные параметры, влияющие на качество функционирования компонентов, к универсальным обобщенным показателям. Приведена последовательность этапов метода, раскрыты особенности его алгоритмизации и программирования, получены оценки быстродействия и показаны примеры использования. Применение предложенного метода сведения метрик позволяет контролировать качество функционирования компонентов ИТ-инфраструктуры и своевременно реагировать на изменения состояния компонентов.

Method for aggregating quality metrics of IT-infrastructure component functioning estimation is proposed. Method uses graph-based presentation of IT-infrastructure in the IT-infrastructure control system and nonparametric statistics, what enables aggregating parameters having different types and influence on the quality of component functioning in generalized indicators. Method sequence, performance estimates and application examples are given, algorithmization and programming issues are considered. Application of the proposed method for metric aggregation allows controlling quality of IT-infrastructure component functioning and reacting timely on components state change.

Вступ

Ефективна діяльність сучасних комерційних організацій, державних та військових структур безпосередньо залежить від надійності та ефективності роботи середовища функціонування автоматизованих інформаційних технологій (ІТ) – ІТ-інфраструктури. Обробку та обмін інформацією між розподіленими елементами ІТ-інфраструктури здійснює інформаційно-телекомунікаційна система (ІТС), що є сукупністю інформаційної системи та телекомунікаційної мережі. Підтримку експлуатаційних параметрів функціонування ІТС на рівні, визначеному певними договорами, такими як договір про рівень послуг чи договір про управління застосуваннями, забезпечує система управління ІТ-інфраструктурою (СУІ) [1–3]. Однією з основних частин СУІ є підсистема моніторингу, яка здійснює оцінку стану ІТ-інфраструктури шляхом виконання безперервного контролю справності її елементів та розрахунку показників ефективності функціонування ІТС та ІТ-інфраструктури в цілому. Для цього підсистема моніторингу здійснює збір інформації, не обхідної для оцінки стану елементів ІТС, у вигляді значень параметрів функціонування апаратного та про-

грамного забезпечення обчислювальної техніки та телекомунікаційної мережі, її обробку та послідовне зведення до узагальнених метрик, що характеризують функціонування не тільки елементів ІТС, а й функціональних і технологічних підсистем, а також ІТС в цілому. Поряд з числовими оцінками важливе місце займають класи якості функціонування, віднесення до яких дозволяє визначити перелік та пріоритети дій, які застосовуються з метою підвищення ефективності функціонування ІТ-інфраструктури.

Робота присвячена розробці методу розрахунку зведених кількісних характеристик для виділених множин елементів ІТ-інфраструктури, що характеризують надійність, ефективність та інші аспекти безперебійного виконання функцій ІТС на основі значень параметрів функціонування її елементів, зібраних з використанням агентської технології [4, 5]. Суть методу полягає у зведенні групи метрик елементів, пов'язаних функціональними залежностями, до єдиної узагальненої величини, яка однозначно характеризує стан елементів певної функціональної одиниці ІТС. В основу методу покладено апарат непараметричної статистики, що застосовується до представлення поточного стану елементів ІТС у евклідовому просторі їх

параметрів з поетапним узагальненням оцінок до рівня ІТС в цілому згідно її ієрархічного представлення.

Аналіз методів та систем зведення метрик елементів ІТ-інфраструктури

Управління процесами, що протікають в ІТ-інфраструктурі, потребує моніторингу та оцінки тих складових цих процесів, які здійснюють безпосередній або прихований вплив на підконтрольні метрики якості та їх зведення до узагальнених метрик, а отже вимагає створення спеціалізованих підсистем моніторингу та аналізу для отримання відповідних оцінок певних аспектів функціонування ІТ-систем. Останнім часом множинність рішень усе частіше замінюється централізованими СУІ [1, 3], що виконують ряд задач з управління ІТ-інфраструктурою і містять такі підсистеми моніторингу та оцінки якості функціонування, які, застосовуючи новітні методи, охоплюють певний аспект діяльності функціональних одиниць ІТ-інфраструктури або проводять багатогранну оцінку.

У роботі [6] оцінка стану елементів визначається за допомогою аналітичних методів зведення метрик, проте розрахунки вимагають тривалого калібрування схеми оцінювання.

У [7] оцінювання стану виконується у вигляді простої логічної послідовності однотипних операцій і дає змогу представити результати у наглядній формі, але вимагає великого об'єму апріорної інформації та її експертної оцінки, вимагає значних обчислювальних потужностей.

У [8] зведення метрик виконується за допомогою системи нечіткого логічного висновку із залученням експертів, а це потребує участі експертного персоналу, і тому процес оцінювання не піддається автоматизації.

У праці [9] застосовано підхід до оцінки стану окремих елементів ІТС єдиним параметром без урахування ієрархії елементів ІТ-інфраструктури.

У [10] представлено систему моніторингу середовищ великомасштабних паралельних і розподілених обчислень, де застосована методика зведення метрик, яка використовує деревовидне представлення процесів, що виконуються, та дозволяє суттєво зменшити об'єми даних, що збираються і зберігаються на жорстких носіях. Система певним чином вирішує більшість розглянутих вище питань, проте вимагає класифікації даних моніторингу.

У [11] пропонується модель неперервного зваженого зведення метрик, яка спеціально розроблена для оцінки якості функціонування програмного забезпечення. На відміну від [12] дані моніторингу проектуються на неперервну шкалу єдиного масштабу, але тут суворо визначені рівні зведених метрик, що стримує поширення моделі на нові підходи до оцінювання програмного коду, і система оцінювання верхнього рівня застосовує функції зважування. Такий підхід вимагає тривалого налагодження механізму оцінювання та не дозволяє у найкоротші строки адаптуватися до поточних пріоритетів та стратегії корпорації.

В роботі [13] пропонується система та метод збору і зведення метрик функціонування ЕОМ із застосуванням факторного аналізу, які крім заощадження об'ємів дискового простору дозволяють визначити множини найбільш важливих для даної одиниці техніки показників, однак навіть обертання отриманих характеристик часто унеможлиблює їх змістовне тлумачення.

Аналіз відомих реалізацій СУІ, незважаючи на їх розповсюдженість та всеохоплюваність, виявляє певні недоліки. Так, пакет програм HP Operations Manager вимагає висококаваліфікованої ліцензії, залучення значної кількості висококваліфікованих спеціалістів та тривалого, витратного й багатоетапного процесу впровадження. Ряд ознак також унеможлиблює застосування програмних модулів System Center від Microsoft у якості основи для побудови СУІ будь-яких масштабів. Деякі з наведених проблем вирішуються у [2], проте бракує універсального узагальнюючого математичного апарату оцінки стану об'єктів моніторингу і управління.

Постановка проблеми

Виникає необхідність визначення показників якості функціонування розподілених комп'ютерів ІТ-інфраструктури, залучених до виконання покладених на систему задач. Такими показниками є узагальнені метрики, що характеризують певні аспекти діяльності функціональних одиниць ІТ-інфраструктури, а саме: окремі задачі, комплекси задач або ж цілі функціональні підсистеми. Для розрахунку узагальнених метрик необхідно мати ієрархію зведення оцінок, яка містить орієнтовану на реально виконувани задачі структуру залежностей між елементами ІТС. Залежності вказують на те, які параметри,

яких елементів ІТ-інфраструктури і яким чином впливають на визначену характеристику певного її компоненту. Тоді задача полягає у розробці методу отримання показників функціонування елементів та їх зведення на основі ієрархічного представлення ІТС до узагальнених метрик, які комплексно описують якість виконання покладених на систему задач.

Метою даної статті є розробка методу розрахунку та зведення метрик якості функціонування груп елементів ІТС, ФПС та ІТ-систем, а також узагальнення цих оцінок до рівня всієї ІТ-інфраструктури єдиним універсальним способом. Для зведення метрик необхідно виробити принципи структурування представлення ІТС у СУІ, виділення груп однорідних елементів, після чого можна застосувати процедури оцінки якості функціонування елементів та функціональних одиниць ІТ-інфраструктури на основі апріорної інформації про їх параметри, ідентифікації порушення режиму штатної роботи та визначення елементів, що сприяють відхиленню функціональної одиниці від стану функціонування у відповідності з визначеним регламентом.

Представлення ІТС в СУІ у вигляді графу ОМУ

Процес моніторингу та оцінки отриманих показників зручно проводити у разі представлення ІТС у вигляді графу. Відсутність явно вираженої ієрархічної структури залежностей між елементами у сучасних багатоелементних та багатофункціональних ІТС веде до необхідності виділення функціональних підсистем (ФПС), тобто груп елементів, виокремлених із повного складу за ознакою участі у виконанні певної функції. ІТС може містити декілька таких груп або складати єдину. У залежності від задач деякі групи можуть залишатися незмінними тривалий час або ж піддаватися частим змінам, наприклад ті, що відповідають за дискретно-виконувани функції [14]. У корпоративних ІТС часто виділяють ФПС стратегічного управління, що виконує комплекси задач фінансового менеджменту, маркетингу, управління документообігом та ін., бухгалтерського обліку, управління виробництвом і т. д., кожна з яких характеризується унікальністю структури та особливістю підходу до оцінки ефективності функціонування.

Серверні вузли, ПК, система кабелів та комутуючого обладнання, офісна периферія, зага-

льносистемне та спеціальне програмне забезпечення утворюють апаратно-програмні комплекси ІТС, на які покладено функції ФПС. Інтегрованість ФПС у межах сучасних підприємств, орієнтованих на мінімізацію задіяних ресурсів, приводить до змішування апаратно-програмних частин підсистем, використання однієї й тієї ж обчислювальної та телекомунікаційної техніки декількома ФПС, наприклад, на одному сервері або ПК можуть знаходитися застосування для управління документообігом та ФПС бухгалтерського обліку. Множинність функціональних зв'язків представимо графом залежностей, вершинами якого є об'єкти моніторингу та управління.

Під об'єктом моніторингу та управління (ОМУ) мається на увазі абстрактна сутність, що є частиною ІТС, яка крім вербальної характеристики може бути описана набором параметрів. На нижньому рівні ОМУ можуть бути апаратні та програмні елементи ІТС, на верхньому – функціональні та технологічні підсистеми, що виконують покладені на ІТС задачі. Кожний ОМУ містить відомості про конфігурацію та поточний стан окремого елемента ІТС, в ньому інкапсульовано ті властивості та характеристики елементів ІТС, що стосуються процесів управління ІТ-інфраструктурою. Так, наприклад, для окремих ЕОМ чи серверних вузлів це процесорна ємність, використання оперативної пам'яті, своп-файлу, жорстких носіїв, поточна швидкість зчитування/запису контролеру жорсткого диску та ін., для Web-серверів – пропускна здатність, кількість вдалих з'єднань між клієнтами та Web-сервером за секунду, середній час відгуку Web-сервера, відносна швидкодія інтерфейсу програмування застосувань, кількість помилок за секунду та ін., для одиниць програмного забезпечення – кількість рядків вихідного коду, циклічна складність, кількість методів на клас, глибина спадковості та ін. Виділення ОМУ у процесі декомпозиції системи складається із введення і формального опису логічних сутностей у відповідності до вагомих функціональних одиниць і формування наборів властивостей, що визначають їх стан.

Сукупність ОМУ та їх взаємозв'язків утворюють орієнтований граф залежностей між ОМУ, у якому останні є вершинами, а направлені ребра виділяють множину впливових об'єктів, показуючи, які параметри і яких ОМУ нижніх рівнів ієрархії впливають на кожен окремий ОМУ верхнього рівня. Граф ОМУ по-

винен максимально наближатися до дерева та не містити циклів, а кожній його вершині необхідно поставити у відповідність набір параметрів ОМУ. Граф залежностей дозволяє окреслити множину об'єктів, що вірогідно впливають на даний ОМУ, та їх параметрів, повинен відображати функціональну інфраструктуру, охопити максимум параметрів ОМУ різних рівнів, відповідати внутрішній будові ІТС і виходити на узагальнені цільові показники. При цьому необхідно здійснити відображення отриманих показників на якісну шкалу. Крім того означаються функціональні групи (ФГ) – множини однорідних об'єктів, виділені для вирішення однієї або декількох сумісних задач і описувані однаковим набором параметрів.

Для забезпечення запропонованого методу вихідними даними на основі графу ОМУ необхідно узгодити апріорну інформацію про взаємодію залежних ОМУ, окреслити множину параметрів, суттєвих для оцінюваного параметра розглянутого об'єкту, та визначити математичний апарат для розрахунку кількісних показників функціонування об'єкту та їх проектування на якісну вісь. Для формування множини суттєвих параметрів оберемо випадок, коли оцінюваний об'єкт характеризується лише однією метрикою, яка залежить від усіх параметрів ОМУ нижчого рівня ієрархії. Цей випадок без ускладнень узагальнюється для розрахунку декількох зведених метрик ОМУ, який може бути проведений за кожною з них окремо. Загальність методу вимагає рівності наборів параметрів у межах оцінюваної метрики, тобто у кожного з впливових ОМУ до уваги беруться набори однакових параметрів, значення кожного з яких за необхідності приводяться до одного масштабу.

Суть запропонованого методу зведення метрик

Якісна оцінка виражає поняттєву характеристику процесу, прив'язана до його природи і очікуваного результату, у якомусь сенсі є суб'єктивною і тому в основі своїй майже не піддається формалізації та узагальненню. Така оцінка повинна враховувати взаємозв'язок між елементами ІТС та актуальними значеннями їх метрик, а отже, мати статистичну природу. Непередбачуваність впливу широкого спектру факторів на елементи ІТС та складні взаємозв'язки між ними не дозволяють застосувати відомі параметричні статистичні моделі. Так, са-

моподібність моделей систем, поведінка яких визначається інтернет-активністю [15, 16], множинність, непередбачуваність та різноманітність задач, які вирішуються засобами ІТС, не дозволяють як застосовувати параметричні моделі, так і прогнозувати поведінку елементів на визначені проміжки часу.

Для зведення метрик інтерес становлять не-параметричні статистичні моделі, які зазвичай не ґрунтуються на жодних припущеннях про функції розподілу і водночас застосовують усю наявну інформацію. Серед них найбільш цікавою є функція статистичної глибини [17, 18], оскільки саме вона дає оцінку подібності, яка сходиться до ймовірнісних показників. Ідеологія підходу, заснованого на застосуванні функції глибини та її глибинно-впорядкованих регіонів до представлення ФГ у параметричному евклідовому просторі, де координатними осями слугують параметри функціонування елементів ІТ-інфраструктури, викладена у [9]. Показник глибини універсальний і може бути застосований для аналізу роботи компонентів ІТ-систем, ФПС чи ФГ на основі різних наборів параметрів.

Апарат статистичної глибини дозволяє звести множину метрик, що характеризують стан об'єктів ФГ, до єдиного показника, який надає переваги роботи з одномірними даними, тобто простоту упорядкування чи ранжування та незалежність від поточного положення групи елементів ІТС у параметричному просторі. Розподіл об'єктів групи у даному просторі визначається множиною їх глибинно-впорядкованих регіонів, що дозволяє вирішувати задачі оцінки стану групи, ідентифікації та локалізації несправностей та порівнювати її з іншими групами об'єктів того ж простору.

Умову нормального функціонування групи можна задати за допомогою глибинного регіону, наприклад обмеженням його форми, об'єму чи положення. Обмеження форми будуть виражати відносну незмінність певного взаємозв'язку між об'єктами групи, обмеження об'єму покликано стримувати їх розходження за параметрами, а фіксація положення деяким підпростором виражатиме наявність зони нормального функціонування. В останньому випадку можна стверджувати, що група справно виконує поставлені задачі у разі належності всього регіону певної глибини до зони штатного функціонування.

Особливої уваги заслуговують ОМУ, які у даному параметричному просторі знаходяться віддалік від головної хмари, а отже є претендентами на сторонні точки. Для їх ідентифікації пропонується спершу виділяти такі допустимі межі, що об'єкти, які їм не належать, майже напевно є сторонніми. Такий підпростір можна окреслити, наприклад, гіперплощинами, перпендикулярними до координатних осей, що забезпечить простоту їх задавання оператором та високу швидкодію диференціації. Крім того, існують нотації глибини, що здатні виділити сторонні точки самостійно, наприклад півпросторова [19] та проекційна глибини [20, 21].

У запропонованому методі зведення метрик вибір нотації функції статистичної глибини припав на глибину зоноїда [22, 23] завдяки наявності ряду бажаних властивостей та особливостей, які роблять її застосовною у якості математичного апарату для оцінки функціонування компонентів ІТ-інфраструктури. Серед них виділимо афінну інваріантність, що забезпечує фільтрацію впливу зміни положення у параметричному просторі оцінюваної групи цілком на оцінку якості функціонування групи, та неперервність за глибиною та точками. Самі ж глибинно-впорядковані регіони, які в даній нотації іменуються зоноїдами, є випуклими, а також для них існує апарат побудови випуклих оболонок у просторі будь-якої розмірності [24].

Суть запропонованого методу викладемо у вигляді послідовності етапів, частина з яких є попередніми або підготовчими, а інші виконуються з різною періодичністю.

Етап 1. Виконується попереднє групування елементів, виділення залежних ОМУ та організація зв'язків впливу ОМУ нижчого рівня ієрархії на вищі. Функціональною одиницею, до якої застосовується метод, є ОМУ O_l , $l = 1, \dots, L$, де L – кількість вершин у графі ОМУ. Стан кожного l -го ОМУ характеризується K_l параметрами $P_{l,k}$, $k = 1, \dots, K_l$, де K_l – кількість параметрів l -го ОМУ, кожен з яких характеризує певний аспект функціонування ОМУ O_l . Значення k -го параметру l -го ОМУ $P_{l,k}$ визначається значеннями параметрів множини ОМУ нижчого рівня ієрархії, яка складає оцінювану групу $S_{l,k}$ параметру $P_{l,k}$, що містить $N_{l,k}$ однорідних ОМУ $X_{l,k,n}$, $n = 1, \dots, N_{l,k}$. Серед параметрів групи $S_{l,k}$ виділяються ті, що чинять вплив на

$P_{l,k}$: $P_{l,k,d}$, $d = 1, \dots, D_{l,k}$, де $D_{l,k}$ – кількість параметрів оцінки функціонування об'єктів, що складають оцінювану групу $S_{l,k}$. Однорідність ОМУ означає ідентичність набору параметрів ОМУ у межах оцінюваної групи, тобто стан параметру $P_{l,k}$ визначається набором $D_{l,k}$ $N_{l,k}$ елементів ІТ-інфраструктури.

Таке представлення забезпечує загальність апарату, яка передбачає залежність різних параметрів оцінюваного ОМУ від різних груп параметрів одного й того ж або різних ОМУ нижчих рівнів ієрархії, проте зайве не ускладнює його, оскільки граничним частинним випадком є наявність у ОМУ лише одного параметру, що визначається усіма параметрами ОМУ єдиної оцінюваної групи.

Етап 2. Виконується збір даних функціонування елементів ІТ-інфраструктури протягом деякого періоду T , який визначається поточною динамікою групи, та представлення їх у вигляді точок простору розмірності $D_{l,k}$, де осями є параметри об'єктів групи. Виділимо два види ОМУ – такі, що їх параметри або частина з них розрахункові, та ті, що характеризуються вимірюваними параметрами. Значення параметрів ОМУ першого виду розраховуються на четвертому кроці поточної процедури і зберігаються у пам'яті. Параметри ОМУ другого виду, а також параметри ОМУ першого виду, що не є розрахунковими, отримуються шляхом вимірювання чи виконання передбачених тестових перевірок. Тут не розглядається механізм відсіювання сторонніх точок, оскільки він залежить від задач, поставлених перед компонентами ІТС, та поточної реалізації і може бути визначений оператором.

Представленню ОМУ у $D_{l,k}$ -мірному параметричному просторі передують їх приведення до єдиних масштабу та координатної сітки, або ж проекція на відносну шкалу, наприклад, відрізок реальної осі $[0, 1]$.

Етап 3. Виділяється підпростір $\Theta_{l,k}$ нормального функціонування об'єктів групи $S_{l,k}$, що формується у вигляді обмежень гіперповерхнями деякої зони $D_{l,k}$ -мірного параметричного простору. У найпростішому випадку межі можуть бути гіперплощинами, ортогональними координатним осям, і задавати зону, вихід за межі якої є критичним, оскільки означає пору-

шення штатного режиму функціонування компонентів ІТ-систем.

Етап 4. Виконується розрахунок стану параметру функціонування $P_{l,k}$ як оцінки ймовірності виходу параметрів функціонування довільного ОМУ $X_{l,k,n}$ групи $S_{l,k}$ за межі підпростору нормального функціонування. Нехай

$$x_{l,k} = \begin{cases} \inf\{\alpha_m : Z(\alpha_m, S_{l,k}) \in \Theta_{l,k}\} \forall \alpha_m \in [0,1] : \exists Z(\alpha_m, S_{l,k}) \in \Theta_{l,k} \\ \gamma_{l,k,н.в.} - \text{в усіх інших випадках} \end{cases} \quad (1)$$

де $x_{l,k}$ – значення параметру $P_{l,k}$, $\alpha_m \in \left[\frac{m}{n}, \frac{m+1}{n}\right]$, $m = 1, \dots, n-1$, $\gamma_{l,k,н.в.}$ – ідентифікує надмірне відхилення групи $S_{l,k}$ від зони нормального функціонування і може бути ви-

$$Z(\alpha_m, S_{l,k}) = \text{conv} \left\{ \frac{1}{\alpha_m N_{l,k}} \sum_{j=1}^m X_{l,k,i_j} + \left(1 - \frac{m}{\alpha_m N_{l,k}}\right) X_{l,k,i_{m+1}} : \{i_1, \dots, i_{m+1}\} \subset \{1, \dots, N_{l,k}\} \right\} \quad (2)$$

у разі, якщо $\alpha_m \in \left[\frac{1}{N_{l,k}}, 1\right]$, та як

$$Z(\alpha_m, S_{l,k}) = \text{conv} \{X_{l,k,1}, \dots, X_{l,k,N_{l,k}}\}, \quad (3)$$

якщо $\alpha_m \in \left[0, \frac{1}{N_{l,k}}\right]$.

Етап 5. Визначені на попередньому кроці значення параметрів $P_{l,k}$ перевіряються на належність установленим межах, які можуть бути гарантованою якістю обслуговування, ймовірністю доступу до ресурсів чи іншими характе-

$$\beta_{k,l,n} = \begin{cases} \sup\{\beta_{k,l,n} : X_{k,l,n} \in Z(\beta_{k,l,n}, S_{l,k})\} \forall X_{k,l,n} : \exists Z(\beta_{k,l,n}, S_{l,k}) : X_{k,l,n} \in Z(\beta_{k,l,n}) \\ 0 - \text{в усіх інших випадках} \end{cases}, \quad (4)$$

Дії з усунення несправностей у першу чергу застосовуються до тих ОМУ, які мають менші значення $\beta_{k,l,n}$, що особливо критично у випадку $x_{l,k} = \gamma_{l,k,н.в.}$.

Перший етап методу виконується одноразово і вимагає повторення лише у разі змін в ІТ-інфраструктурі, при цьому часто достатньо застосовувати структурування лише до зміненої частини системи. Те саме можна сказати й про алгоритми другого кроку, які визначають масштаб чи відносну вісь, проте операції вимірювання та чисельного перетворювання вимагають виконання на кожній ітерації процедури методу. Обмеження підпростору нормального

$X_{l,k,n} = (x_{l,k,n,1}, x_{l,k,n,2}, \dots, x_{l,k,n,D_{l,k}})^T$, де $x_{l,k,n,d}$ — значення d -го параметру n -го ОМУ групи $S_{l,k}$, а $(\cdot)^T$ означає транспонування вектору. Тоді значення стану параметру розраховується за формулою

значене по-різному у залежності від конкретної реалізації і значення $\alpha_{l,k,max}$, яке обговорюється на наступному кроці, а $Z(\alpha_m, S_{l,k})$ визначається як [22]

ристиками, передбаченими у договорі про надання послуг, або ж визначені емпіричним шляхом у межах оцінюваної групи $S_{l,k}$. За наявності відхилення, тобто перевищення встановленого відсотка $x_{l,k} > \alpha_{l,k,max}$, необхідно задіяти механізми усунення можливих несправностей, наприклад балансування навантаження у межах групи, попередньо отримавши рекомендації щодо порядку надання таких дій. Тоді для кожного ОМУ $X_{l,k,n} \notin \Theta_{l,k}$ обчислюється значення

функціонування $\Theta_{l,k}$, які застосовуються на третьому кроці, а також величини $\gamma_{l,k,н.в.}$ та $\alpha_{l,k,max}$ з четвертого та п'ятого кроків також можуть уточнюватися згідно з цілями й задачами, покладеними на ІТ-систему.

Особливості алгоритмічної реалізації методу

Найбільш затратним у обчислювальному плані являється четвертий крок процедури, оскільки він може вимагати багаторазового розрахунку $Z(\alpha_m, S_{l,k})$, однак питання застосування алгоритмів оптимізації залишається відк-

ритим і значним чином залежить від необхідної точності розрахунків та доступного часу, тому обмежимося лише перевіркою виконання умови

$$Z(\alpha_m, S_{l,k}) \in \Theta_{l,k}. \quad (5)$$

У найпростішому випадку межі підпростору нормального функціонування $\Theta_{l,k}$ можуть бути ортогональними до координатних осей параметричного простору гіперплощинами, що відповідають верхнім і (або) нижнім обмеженням на ресурси без урахування можливого зв'язку між

$$\theta_{l,k,d,\min} \leq z(\alpha_m, S_{l,k})_{q,d} \leq \theta_{l,k,d,\max} \quad \forall q=1, \dots, Q(Z(\alpha_m, S_{l,k})), d=1, \dots, D_{l,k}, \quad (6)$$

де $z(\alpha_m, S_{l,k})_{q,d}$ – проекція q -ї вершини зоноїда $Z(\alpha_m, S_{l,k})$ на d -у вісь параметричного підпростору, $Q(Z(\alpha_m, S_{l,k}))$ – кількість вершин фігури $Z(\alpha_m, S_{l,k})$, а $\theta_{l,k,d,\min}$ і $\theta_{l,k,d,\max}$ – мінімальна та максимальна границі по d -й осі прямокутного $D_{l,k}$ -мірного паралелепіпеду нормального функціонування відповідно.

Якщо наявний зв'язок між параметричними обмеженнями підпростору нормального функціонування, $\Theta_{l,k}$ може приймати складніші форми і тоді перевірку виконання умови (5) необхідно алгоритмізувати окремо для кожного такого випадку.

Розрахунок вершин та граней $Z(\alpha_m, S_{l,k})$ може бути виконаний згідно алгоритму [24], або за [25] якщо $D_{l,k}=2$. У першому випадку швидкодія алгоритму складатиме $O(D_{l,k}^2 \cdot (D_{l,k}^2 + N_{l,k}) \cdot F(N_{l,k}, D_{l,k}))$, де $F(N_{l,k}, D_{l,k})$ – середня кількість граней зоноїду, при затратах пам'яті $O(F(N_{l,k}, D_{l,k}) \cdot D_{l,k} + C)$, де C – деяка константа, а у другому швидкодія алгоритму оцінюватиметься як $O(N_{l,k}^2 \cdot \log N_{l,k})$. Обчислення глибини на п'ятому кроці може бути виконане згідно симплекс методу або його версії за допомогою декомпозиції Данціга-Вульфа [26].

Особливої уваги заслуговує питання визначення періодичності ітерацій процедури методу. Розрахунок параметрів $P_{l,k}$ можна починати у разі змін відповідних значень вимірюваних чи розрахункових параметрів ОМУ групи $S_{l,k}$, проте, зважаючи, що вимірювані параметри по-

ними. Тоді підпростір нормального функціонування є прямокутним $D_{l,k}$ -мірним паралелепіпедом, а перевірка входження фігури $Z(\alpha_m, S_{l,k})$ до нього спрощується завдяки тому, що $Z(\alpha_m, S_{l,k})$ є випуклим многогранником. Це дозволяє визначати входження $Z(\alpha_m, S_{l,k})$ як дотримання кожної з системи нерівностей:

требують постійного моніторингу та інтегрування на протязі встановленого періоду T , можна застосувати інтелектуальні механізми визначення частоти розрахунку [27].

Реалізація методу та приклади

Процедура методу запрограмована та підключена у вигляді модуля до СУІ, розробленої в НТУУ «КПІ». Представлення ІТ-інфраструктури у вигляді графу ОМУ, групування об'єктів та їх параметрів, а також встановлення меж підпростору нормального функціонування проводилося за допомогою інтуїтивного графічного інтерфейсу клієнтської частини, а збір даних робочих станцій, серверів та комутуючого обладнання виконувався агентським ПЗ. Проведення випробувань показали застосовність методів і підтвердили правильність оцінок швидкодії та використання оперативної пам'яті.

На рис. 1,а приведено оцінку стану ФГ, що складається із 15 робочих станцій зі встановленими агентами моніторингу СУІ. Низька кількість переданих та прийнятих пакетів свідчить про відхилення агента від режиму нормального функціонування чи відсутність його авторизації на сервері СУІ відповідно, у той час як надмірне використання мережевого інтерфейсу протягом тривалого часу свідчить про можливу несанкціонованість трафіку, неполадки у роботі агентів або наявність стороннього ПЗ на робочій станції. Рис. 1,б демонструє оцінку тієї ж групи стосовно балансу використання своєї та оперативної пам'яті. На обох рисунках звичайною лінією визначено межі стану штатного функціонування, а пунктирною – зоноїд найбільшої глибини, що належить встановленим межам.

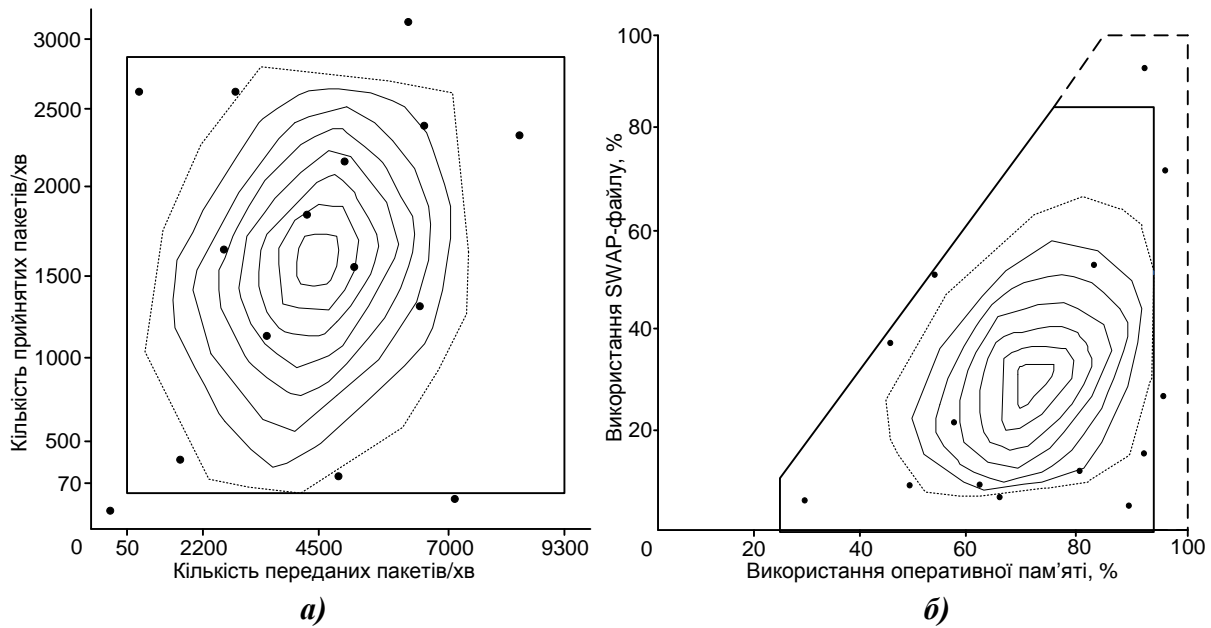


Рис. 1. Оцінка стану ФГ робочих станцій зі встановленими агентськими модулями стосовно: а) мережевого інтерфейсу; б) балансу використання свопу і оперативної пам'яті

Оцінка завантаженості групи серверів технології SaaS приведена на рис. 2. Низька задіяність ресурсів дозволяє перенести сервер на іншу віртуальну машину з меншими вимогами до ресурсів або згорнути його, а висока вказує на необхідність рознесення виконуваних на ньому задач або виділення додаткових ресурсів.

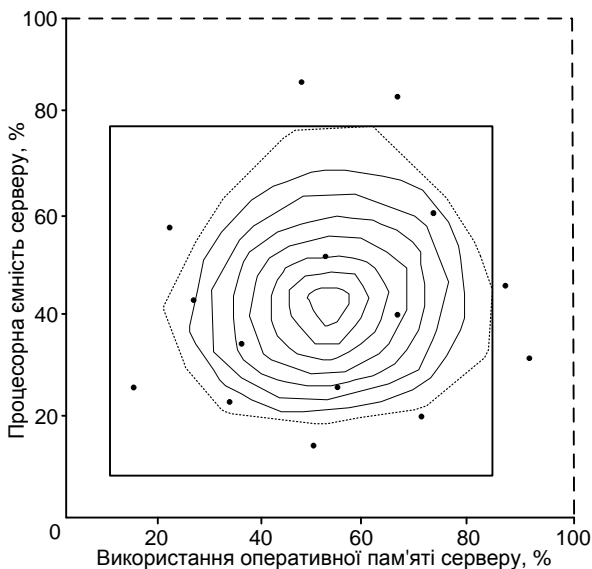


Рис. 2. Оцінка стану групи серверів SaaS

Висновки

У роботі запропоновано метод зведення метрик якості функціонування компонентів ІТ-інфраструктури, який вирішує задачу розрахун-

ку кількісних характеристик компонентів ІТС, що залежать від множини параметрів функціонування елементів нижчих рівнів ієрархії. Структурування представлення ІТС у СУІ дозволяє виділити групи параметрів, які найкраще характеризують діяльність ІТ-інфраструктури, а в подальшому провести межу автоматизації вирішення задач у СУІ та подати ту їх частину, що вимагає втручання оператора, за допомогою інтуїтивного графічного інтерфейсу. У статті викладено концептуальні положення та особливості алгоритмізації і програмування методу, вказано відповідні алгоритми, а їх швидкодія та можливість застосування підтвержені експериментами.

Даний метод вирішує питання узагальнення показників групи елементів шляхом їх представлення у єдиному параметричному просторі з можливістю подальшого проектування на якісну вісь. Таке узагальнення враховує ймовірнісну сторону розгляду елементів, не прив'язуючись при цьому до якого-небудь розподілу завдяки застосуванню непараметричних моделей, використовуючи максимум наявної інформації та не роблячи припущень щодо моделі розподілу. Єдиність підходу дозволяє застосовувати метод до будь-якого вузла графу об'єктів ІТ-інфраструктури.

Список літератури

1. Теленик С.Ф. Система управління інформаційно-телекомунікаційною системою корпоративної АСУ / С.Ф. Теленик, О.І. Ролік, М.М. Букасов, Р.Л. Соколовський // Вісник НТУУ «КПІ». Інформатика, управління та обчислювальна техніка. – К.: «ВЕК+», – 2006. – № 45. – С. 112–126.
2. Теленик С.Ф. Система управління IT-інфраструктурою – путь к підвищенню ефективності функціонування підприємства / С.Ф. Теленик, А.І. Ролик, М.М. Букасов, А.В. Волошин, Д.А. Галушко // Інформаційні технології – інструмент підвищення конкурентоздатності підприємств: 9–10 груд. 2009.: матеріали конф. – К.: УкрНЦ РІТ, 2009. – С. 30–33.
3. Теленик С.Ф. Система управління інформаційною інфраструктурою транспортного підприємства / С.Ф. Теленик, А.І. Ролик, П.Ф. Можаровський, А.В. Волошин // Автомобільний транспорт. Вип. 25. – Харків.: ХНАДУ, 2009. – С. 242–245.
4. Ролик А. И. Распределение мобильных компонентов системы управления информационно-телекоммуникационной системой / А.И. Ролик, Р.Л. Соколовский // Вісник НТУУ «КПІ». Інформатика, управління та обчислювальна техніка. – К.: «ВЕК+», 2007. – № 47. – С. 113 –.
5. Ролік О.І. Застосування агентського підходу до управління інформаційно-телекомунікаційною системою АСУ спеціального призначення / О.І. Ролік, П.Ф. Можаровський, О.О. Покотило // Пріоритетні напрямки розвитку телекомунікаційних систем та мереж спеціального призначення: V наук.-практ. семін., 22 жовт. 2009 р.: доповіді та тези доповідей: – К.: ВІПІ НТУУ «КПІ», 2009. – С. 228–229.
6. Ролик А.И. Анализ качества функционирования элементов информационно-телекоммуникационных систем / А.И. Ролик, Е.В. Глушко // Вісник НТУУ «КПІ». Інформатика, управління та обчислювальна техніка. – К.: «ВЕК+», 2008. – № 48. – С. 113–120.
7. Теленик С.Ф. Оцінювання стану корпоративних інформаційно-телекомунікаційних систем / С.Ф. Теленик, О.І. Ролік, О.М. Моргаль // Контроль і управління в складних системах (КУСС-2010): X між нар. конф., 19–21 жовт. 2010 р. Вінниця: труди. – С. 122. http://www.vstu.vinnica.ua/mccs2010/materials/subsection_2.2.pdf. Дата доступу: 21.10.10.
8. Теленик С.Ф. Зведення метрик оцінювання рівня обслуговування користувачів на основі експертних оцінок / С.Ф. Теленик, О.І. Ролік, О.М. Моргаль, О.С. Квітко // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2011. – №1. – С. 112–123.
9. Ролик А.И. Применение глубинно-упорядоченных регионов в системах управления IT-инфраструктурой / А.И. Ролик, П.Ф. Можаровський, Б.А. Март // Интеллектуальный анализ информации «ИАИ-2010»: X междунар. науч. конф. им. Т.А.Таран, 19–21 мая 2010 г.: сб. тр. – К.: Просвіта, 2010. – С. 214–221.
10. Boehm S. Aggregation of Real-Time System Monitoring Data for Analyzing Large-Scale Parallel and Distributed Computing Environments / S. Boehm, C. Engelmann, S.L. Scott // High Performance Computing and Communications (HPCC), 2010 12th IEEE International Conference. 1–3 Sept. 2010. – 2010. – P. 72–78.
11. Mordal-Manet K. An Empirical Model for Continuous and Weighted Metric Aggregation / K. Mordal-Manet, J. Laval, S. Ducasse, N. Anquetil, F. Balmas, F. Bellingard, L. Bouhier, P. Vaillergues, T.J. McCabe // 15th European Conference on Software Maintenance and Reengineering. 1–4 March 2011. – Oldenburg, Germany. 2011. – P. 141–150.
12. ISO/IEC 9126-1. Software engineering – product quality. Part 1: Quality model, 2001.
13. Патент США №6377907. МПК G06F 11/34. System and method for collation UNIX performance metrics (Anthony C. Waclawski) – Опубл. 23.04.2002.
14. Надійність техніки. Проектна оцінка надійності складних систем з урахуванням технічного і програмного забезпечення та оперативного персоналу. Основні положення: ДСТУ 3524-97. – К.: Держстандарт України, 1997. – 54 с.
15. Crovella M.E. Self-similarity in world wide web traffic: Evidence and possible causes / M.E. Crovella, A. Bestavros // IEEE/ACM Trans. on Networking – 1997, Dec. – Vol. 5. – P. 835–846.
16. Paxson V. Wide-Area Traffic: The Failure of Poisson Modeling / V. Paxson, S. Floyd // IEEE/ACM Trans. on Networking – 1995, June. – Vol. 3, No. 3. – P. 226–224.
17. Cascos I. Data Depth: Multivariate Statistics and Geometry / I. Cascos // New Perspectives in Stochastic Geometry / S. Kendall, I. Molchanov. – Oxford.: Oxford University Press, 2009. – P. 398–425.
18. Zuo Y. General notions of statistical depth functions / Y. Zuo, R. Serfling // Ann. Statist. – 2000. – Vol. 28, No. 2. – P. 461–482.
19. Tukey J. W. Mathematics and the Picturing of Data / J.W. Tukey // Proceedings of the International Congress of Mathematicians, Vancouver – 1974.

20. Stahel W. A. Breakdown of covariance estimators / W.A. Stahel // Research Report 31, Fachgruppe fuer Statistik, ETH, Zurich – 1981, Dec.
21. Donoho D. L. Breakdown properties of multivariate location estimators / D.L. Donoho // Ph. D. Qualifying Paper, Harvard University – 1982.
22. Koshevoy G. Zonoid trimming for multivariate distributions / G. Koshevoy, K. Mosler // Ann. Statist. – 1997, Oct. – Vol. 25, No. 5. – P. 1998–2017.
23. Mosler K. Multivariate dispersion, central regions and depth / K. Mosler. – New York.: Springer, 2002. – 291 p.
24. Mosler K. Computing zonoid trimmed regions of dimension $d > 2$ / K. Mosler, T. Lange, P. Bazovkin // Computational Statistics and Data Analysis. – 2009. – Vol. 53, Issue 7. – P. 2500–2510.
25. Dyckerhoff R. Computing zonoid trimmed regions of bivariate data sets. / R. Dyckerhoff // COMPSTAT Proceedings in Computational Statistics. – 2000. – P. 29–30.
26. Dyckerhoff R. Zonoid data depth: theory and computation / R. Dyckerhoff, G. Koshevoy, K. Mosler // In A. Pratt, ed., COMPSTAT Proceedings in Computational Statistics. – 1996, Nov. – P. 235–240.
27. Ролик А.И. Планировщик задач системы управления информационно-телекоммуникационной системой / А.И. Ролик, П.Ф. Можаровский, А.В. Волошин // Инженерія програмного забезпечення 2009: Міжнар. наук.-практ. конф. аспірантів і студентів, 14–16 вересня 2009 р., Київ: тези доповідей. – Київ., 2009. – С. 43.