

## **ВИРІШЕННЯ ЗАДАЧІ БАГАТОКРИТЕРІАЛЬНОЇ ОПТИМІЗАЦІЇ ІНФОРМАЦІЙНОГО НАВАНТАЖЕННЯ ПРИ СТРУКТУРИЗАЦІЇ КОРПОРАТИВНОГО ЦЕНТРУ ДАНИХ**

**Предмет, об’єкт дослідження** – аналіз задачі багатокритеріальної оптимізації балансування інформаційного навантаження при структуризації корпоративного центру даних по зонах безпеки визначається відсутністю на теперішній час практичних методів розробки архітектури прикладних корпоративних систем для обґрунтування оптимальної структури та параметрів компонентів IT-систем університету з урахуванням обмежень безпеки та управління [1].

**Суть процесу дослідження** - виконано наукові дослідження по створенню алгоритмів параметричної та структурної оптимізації системи БД та сховища електронних даних Датацентру університету при заданих структурних обмеженнях, обумовлених відповідними вимогами до ризиків рівнів безпеки, яким відповідають зони і яруси в архітектурі прикладної мережі [2].

**Основні науково-технічні** результати роботи - розроблені функціонали і моделі параметричної оптимізації та модель структурної оптимізації для архітектури з централізованим зберіганням даних Датацентру для трьохрівневої процедури оптимізації з використанням розроблених авторами метрик систем обробки даних [3] в якості критеріїв для нижнього рівня відносно попереднього згідно їх ієрархії, а також виконано аналіз способів балансування інформаційного навантаження між зонами та ярусами Датацентру

Вирішення задач багатокритеріальної оптимізації балансування інформаційного навантаження для збереження конфіденційності даних при забезпеченні відповідного рівня доступності даних вимагало розробити алгоритми для балансування навантаження:

На ярусах віддаленого доступу периметра, проксі-служб периметра, прикладних програм периметра, Web-периметра;

На корпоративних ярусах проксі-служб, прикладних програм, Web та ярусі даних.

Розробка алгоритмів в свою чергу вимагає додатково:

- визначити метрики на фізичному та логічному рівнях для серверів, мережевих пристроїв та робочих станцій;
- визначити параметри та критерії оптимізації;
- розробити моделі параметричної та структурної оптимізації, які враховують структурні та функціональні обмеження корпоративного Датацентру.

Датацентр має свою мережу, в якій можна виділити, наприклад, такі типові зони та яруси - публічну та приватну зони, зони зовнішнього та внутрішнього периметрів, зону Web-служб периметра, зони служб імен периметра з ярусом DNS і проксі-служб, зону віддаленого доступу, довірену межу зону та внутрішню довірену зону баз даних, їх резервування та управління, зону внутрішніх прикладних програм з клієнтським ярусом, інше.

Задача балансування інформаційного навантаження на різних рівнях багаторівневої корпоративної мережі періодично виникає по мірі її розвитку та необхідності вирішення вимог доступності до інформаційних джерел різного роду, достатньої масштабованості і керованості ІТ-систем при гарантуванні вимог максимальної безпеки, як по зовнішньому, так і внутрішніх їх периметрах. Вони також пов'язані з надійністю програмно-технічних рішень при створенні різних компонентів корпоративної мережі і з її архітектурою. Кожен рівень може бути описаний відповідними моделями із заданими характеристиками і вибраними критеріями для його структурно-параметричної оптимізації.

Багаторівневість мережі призводить до багатокритеріальної задачі оптимізації з обмеженнями, які накладають вимоги безпеки та керування в мережі, питання стандартизації та інтеграції, що обумовлюють відповідну початкову ціну такої мережі, затрати на її супроводження та розвиток. В багато параметричному просторі часто функціонали обраних критеріїв оптимізації виглядають багато екстремальними (неуніодальними), що ускладнює і обмежує чи унеможлиблює використання чисельних методів, які використовуються для пошуку оптимуму.

Найбільш жорсткі вимоги з цих питань пред'являються до ядра інформаційної системи (згідно прийнятій в роботі термінології - до Датацентру), як найбільш стабільного компоненту корпоративної мережі.

В значній мірі питання оптимізації навантаження між зонами та ярусами Датацентру залежить від обґрунтованого визначення фізичних та логічних метрик для планування даних, які поступають, обробляються та зберігаються ядром системи. Серед цих метрик можна виділити, як традиційні (наприклад, вимоги до операційної системи, вимоги з боку прикладних програм, вимоги різних даних, вимоги бізнес-процесів), так і непоширені (період працездатності, очікування зростання даних по роках, змінність обсягів бізнес-даних, бізнес-критичність, кількість активних користувачів, інтервали між модернізаціями та довговічність програмно-апаратних рішень, вимоги надлишковості ресурсів всіх рівнів, інтегрованість з моделями безпеки та управління, обмеження на простоті, вимоги до продуктивності по зонах і ярусах, тощо).

До цього часу для вирішення таких задач використовувалися шаблони, які обмежували вибір архітектури і були запропоновані тільки для окремих пристроїв прикладної мережі. Розроблені метрики мають дані змішаного характеру - чисельні показники, логічні (так/ні) та текстові, що призводить до неможливості автоматичного обчислення і врахування їх внеску до відомих інтегральних критеріїв. Очевидним є те, що тільки

людина спроможна оцінити і визначити їхні внески при проектуванні, для чого було запропоновано двох етапний алгоритм вибору на основі експертних оцінок варіантів розташування компонентів Датацентру по зонах і ярусах безпеки, що дає гарантовані чисельні оцінки для знаходження оптимального рішення.

Балансування навантаження на стиках зон і ярусів з різними рівнями безпеки забезпечують горизонтальну кластеризацію, коли в мережі є кілька серверів, настроєних для виконання однієї і тієї функції, яка здійснюється, часто, двома способами - шляхом розподілення потоків даних або їх маршрутизацією між хостами кластеру[4]. Ядром ІТ-системи є сервери баз даних, файл-сервери, сервери доступу та системи архівації, які представляють корпоративний Датацентр зі своєю локальною мережею.

Для розробки архітектури системи зберігання даних треба визначити зони безпеки і обмеження, пов'язані з ними, визначити яруси і зв'язки між ярусами, оцінити вимоги до продуктивності зв'язку між хостами і вимоги щодо доступності даних, обмеження управління між різними ІТ-системами, визначити вимоги до сегментів мережі Датацентру та їх функціональність. Обладнання, яке використовується для такого балансування, це маршрутизатори другого чи третього рівнів, або хости у вигляді серверів (іноді у вигляді кластеру), які виконують аналогічні функції. Багаторівневість таких зон безпеки призводить до необхідності взаємоузгодження потоків даних і управління між цими зонами.

До цього часу за відсутності достатньої формалізації вказаної задачі балансування, така робота виконувалася на основі досвіду проектантів та адміністраторів системи. Основним критерієм оптимізації була стійкість сегментів при рості навантажень. Вимоги підвищеної безпеки до ряду зон і ярусів мережі з метою забезпечення мінімуму ризиків безпеки, вимагають враховувати багато обмежень в проєкті по системі управління або прикладних програм корпоративного рівня, при умові збереження заданих показників щодо оперативності обробки даних у базах та вимог забезпечення доступності даних. Це також призводить до багатокритеріальної задачі оптимізації навантажень та необхідності формалізувати в достатній мірі її вирішення при реалізації алгоритмів у вигляді комп'ютерних програм.

Автори розробили двохетапний підхід, що дозволяє провести багатокритерійний відбір раціональних (перспективних) альтернатив на кінцевій безлічі початкових альтернатив для вирішення задачі вибору оптимальної структури Датацентру. Основна ідея підходу полягає в послідовному застосуванні (до початкової безлічі багатокритерійних альтернатив) табличного методу (ТМ) [5] і широко відомого Методу Аналізу Ієрархій (МАІ) [6], які мають свої реалізації у вигляді окремих комп'ютерних програм [5,7].

Табличний метод дозволяє звузити початкову безліч альтернатив до деякої невеликої безлічі альтернатив (наприклад, що містить не більше 7-9 альтернатив), а з допомогою МАІ здійснюється остаточний відбір прийнятних альтернатив на вже отриманій раніше скороченій їх мно-

жині. Використовувані в цьому процесі програмні системи дозволяють не тільки в якійсь мірі автоматизувати весь процес відбору, але і збільшують ефективність окремо взятих методів за рахунок спеціальних адаптованих під особливості методів діалогових засобів.

Метод Аналізу Ієрархій (МАІ) дозволяє на основі заданої головної цілі та обраних характеристик (критеріїв), які повинні бути досягнуті в результаті розробки архітектури, та компонентів, з яких складається архітектура прикладної мережі (серверів, маршрутизаторів, сховищ даних тощо).

На Рис. 1 показано, як приклад, таку ієрархію, яка складається з 3-х рівнів: на першому, вищому, рівні означена головна ціль оптимізації; другий складають базові критерії, в ролі яких виступають логічні метрики – безпеки, керованість, надійність, продуктивність, а також вартість (що для вузу є одним з головних обмежень).

Метод аналізу ієрархій дозволяє оцінити вплив вказаних основних компонентів на критерії, за допомогою яких оцінюють спроектовану архітектуру, а також показують який вклад кожен критерій має відносно отриманого архітектурного рішення. МАІ вимагає на першому етапі роботи отримати оцінки експертів вагомості кожного компонента на кожний критерій, виходячи з якісної шкали.

Такі узагальнені дані експертних оцінок наведені в Таблиці 3. Останній стовпчик показує ітогову суму балів по цих оцінках, що дає змогу орієнтуватися при подальшому проектуванні, які компоненти більш вагомі та їх вплив на вище означені характеристики архітектури Датацентру.

На основі отриманих даних Табл.1 за допомогою експертів будується ще одна таблиця – матриця попарних порівнянь для  $n=5$ , що представлено в Таблиці 2. Фактично в таблиці надано шкалу пріоритетів, де порівнюються попарно елементи другого рівня нашої ієрархії по силі їх впливу на архітектуру Датацентру. Тепер на основі цих значень треба побудувати матрицю і знайти власний вектор з найбільшим значенням, що і є метою оптимізації в МАІ. Власний вектор забезпечує впорядкованість пріоритетів, а власне значення є мірою узгодженості міркувань експертів. Допустимо також використати раціональні числа для отримання відносин з описаних значень шкали, коли бажано збільшити узгодженість всієї матриці при малому числі міркувань (не менше  $n - 1$ ). В загальному випадку під узгодженістю будемо розуміти те, що при наявності основного масиву початкових даних всі інші дані логічно можуть бути отримані на основі них.

Відомо [5], що узгодженість позитивної зворотно симетричної матриці еквівалентна вимозі рівняння її максимального власного значення  $\ll \lambda_{\max} \gg 3 \ll n \gg$ . Можливо також оцінити відхилення від узгодженості у вигляді  $(\lambda_{\max} - n)(n - 1)$ , яку будемо називати індексом узгодженості (ІУ). Зауважимо, що вираз  $\lambda_{\max} \geq n$  завжди вірно.

Наступний етап є обмеженням вектору пріоритетів по нашій матриці, т.ч. знаходження головного власного вектора, який після нормалізації

стає вектором пріоритетів. Якщо допускається приблизна оцінка цього вектора, то можливі два різних підходи:

- поділити елементи кожного стовпця на суму його елементів, потім скласти елементи кожної отриманої строки і поділити цю суму на кількість елементів строки (це узагальнення по нормалізованим стовпцям);
- помножити  $n$ -елементів кожної строки і визначити корінь  $n$ -ї ступені, нормалізувати отримані числа.

Другий спосіб – більш точний. Треба зауважити - коли матриця не узгоджена, то ці методи дають різні результати.

Індекс узгодженості згенерованої випадковим чином по шкалі від 1 до 9 зворотно симетричної матриці з відповідними зворотніми елементами називають випадковим індексом, а середнє значення якого для нашого прикладу  $BI_s = 1, 12$ .

Відношення  $IУ$  до  $BI$  для матриці того ж порядку дає оцінку “відношення узгодженості” ( $ВУ$ ), яке бажано бути в межах  $(0, 1 \div 0, 2)$ , що означатиме задовільну узгодженість.

Ці оцінки встановлюють пріоритети елементів другого рівня ієрархії відносно одного елементу наступного рівня. Якщо рівнів більше двох, то різні вектори пріоритетів можуть бути об’єднані в матриці пріоритетів, з яких визначається один кінцевий вектор пріоритетів для нижнього рівня.

Для нашого прикладу по відповідних рівнях ми отримуємо:

- вектор рішень  $(0,506; 0,225; 0,124; 0,099; 0,046)$ ;
- додатковий вектор  $(6,971; 6,473; 5,835; 5,567; 4,565)$ .

Тоді  $\lambda_{\max} = 29, 411/5 = 5, 882$

$$BI = (5, 882 - 5)/4 = 0, 221$$

$$I = 1, 12$$

$$B = BI/I = 0, 197$$

Значення  $ВУ$ , що лежить у сприйнятливому діапазоні, може бути задовільним.

Аналогічні розрахунки для компонентів 3-го рівня ієрархії на рис. 1 можна здійснити відносно кожного компонента 2-го рівня (безпеки, надійності, вартості, керованості та продуктивності). Отримані оцінки можуть служити даними для прийняття рішення по необхідній кількості тих чи інших компонентів для Датацентру, оптимізувати витрати з урахуванням вимог до надійності, керованості та продуктивності.

На оцінки з безпеки накладаються вимоги щодо рівнів безпеки по MSA 2.0, які визначають розподіл компонентів в “Периметрі” та в ядрі Датацентру.

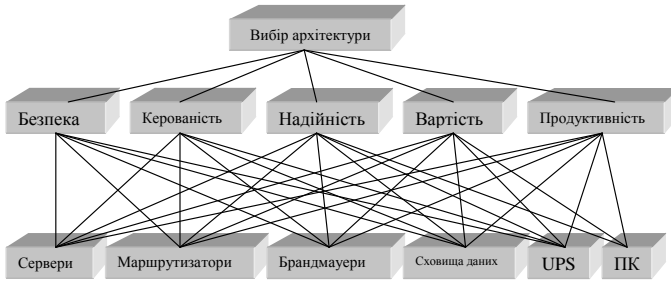


Рис. 1 – Приклад 3-х рівневої структури компонентів оптимізації

Таблиця 1

| Компонент      | Характеристики |             |            |          |                | Сума балів |
|----------------|----------------|-------------|------------|----------|----------------|------------|
|                | Безпека        | Керованість | Надійність | Вартість | Продуктивність |            |
| Сервери        | 5              | 7           | 5          | 7        | 7              | 31         |
| Маршрутизатори | 7              | 9           | 5          | 4        | 3              | 28         |
| Брандмауери    | 9              | 5           | 7          | 5        | 1              | 27         |
| ПК             | 1              | 1           | 1          | 1        | 1              | 5          |
| Сховища даних  | 5              | 4           | 5          | 7        | 5              | 26         |
| UPS            | 3              | 1           | 9          | 3        | 1              | 17         |

В результаті проведених досліджень на основі описаного підходу авторами були визначені загальні базові характеристики систем Датацентру та прикладної мережі університету, їх функціональне наповнення в задачах обробки та зберігання даних, залежність характеристик програмно-апаратних засобів від їх розташування в архітектурі прикладної мережі на основі обмежень безпеки та управління, сформовано перелік критичних точок балансування навантажень та потоків управління Датацентру, розроблено моделі параметричної оптимізації-

Таблиця 2

| Характеристики | 1     | 2     | 3      | 4      | 5    |
|----------------|-------|-------|--------|--------|------|
| Безпека        | 1     | 7     | 5      | 9      | 5    |
| Надійність     | 1/7   | 1     | 5      | 7      | 3    |
| Керованість    | 1/5   | 1/5   | 1      | 3      | 5    |
| Вартість       | 1/9   | 1/7   | 1/3    | 1      | 7    |
| Продуктивність | 1/5   | 1/3   | 1/5    | 1/7    | 1    |
| Сума           | 1.654 | 8.673 | 11.533 | 20.143 | 21.0 |

для програмно-апаратних засобів прикладної мережі при функціональних обмеженнях апаратного та програмного варіантів їх реалізації та модель структурної оптимізації для архітектури з централізованим зберіганням даних Датацентру.

### Література

1. Алексеев В.А. Архитектура предприятия. – <http://www.INTUIT.ru>
2. Еталонні архітектури MSA.- К., Майкрософт Україна; К.: Видавнича група BHV, 2005.- 352с.
3. О.А.Стенін, Ю.А.Тимошин, Т.Г.Шемседінов, С.О.Шуст. Розробка фізичних і логічних метрик в задачі багатокритеріальної оптимізації інформаційного навантаження при структуризації корпоративного центру даних; // Міжвідомчий науково-технічний збірник “Адаптивні системи автоматичного управління”.- Дніпропетровськ: ДНВП Системні технології, 2009-Вип.12(32).-С.
4. Еталонні служби MSA.- К., Майкрософт Україна; К.: Видавнича група BHV,
5. 2005.- 912с.
6. Сушков Ю.А. Многокритериальность в многорежимных системах. // Архитектура и программное оснащение цифровых систем. М.: МГУ, 1984. С.71-77.
7. Саати Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий. — М.: Радио и связь, 1993, 316с.
8. Абакаров А.Ш., Сушков Ю.А. Программная система поддержки принятия рациональных решений “MPRIORITY 1.0” // Электронный научный журнал "Исследовано в России", 2005, стр. 2130-2146. <http://zhurnal.ape.relarn.ru/articles/2005/207.p df>.

Отримано 18.02.2010 р.