

С.Ф. Теленик, д.т.н., проф.

О.І. Ролік, к.т.н., доц.

М.М. Букасов, ст. викл.

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»

ТЕХНОЛОГІЯ УПРАВЛІННЯ ІТ-ІНФРАСТРУКТУРОЮ НА ОСНОВІ РЕСУРСНОГО ПІДХОДУ

Розглянуто технологію управління ІТ-інфраструктурою підприємства на основі ресурсного підходу в умовах обмежень ресурсів ІТ-системи. Наведені методи та моделі управління доступом до обмежених ресурсів. Запропоновані критерії оптимальності розподілу ресурсів. Визначена багаторівнева схема побудови системи управління ІТ-інфраструктурою.

Вступ. Сьогодні успішність бізнесу все більше залежить від ефективного застосування інформаційних технологій (ІТ). У зв'язку з цим корпорації, відомства, підприємства та організації вкладають все більше коштів у закупівлю і обслуговування програмного забезпечення, засобів взаємодії, систем збереження інформації, комп'ютерної техніки [1]. Наявність успадкованих застосувань і необхідність розробки нових застосувань викликана частими змінами умов господарювання, використання техніки і технологій декількох поколінь призвели до появи концепції ІТ-системи корпорації (відомства, підприємства чи організації). Надзвичайна складність і висока вартість ІТ-систем, значні витрати на підтримку їх працездатності, а також суттєві втрати бізнесу від простоїв, викликаних неполадками в ІТ-системах, змушують власників підприємств і організацій створювати ІТ-підрозділи, покликані оптимізувати роботу ІТ-систем. На ці підрозділи покладається задача не тільки підтримувати працездатність різноманітних ІТ, комп'ютерної техніки і комунікаційного обладнання, але й контроль параметрів якості сервісів, обумовлених в угодах на якість обслуговування, ведення звітності, оптимізація закупівель компонентів ІТ-систем тощо. Для автоматизації діяльності ІТ-підрозділів, скорочення витрат на навчання персоналу і ефективної експлуатації ІТ-систем створюються і впроваджуються системи управління ними [2].

Ці системи складають важливий сектор ринку ІТ-технологій. Відповідно зростає кількість досліджень проблем, пов'язаних із їх проектуванням та реалізацією. Оскільки загальне визнання отримала концепція бізнес-процесу, системи управління ІТ-системами (СУІ) розглядаються як засіб управління ІТ-інфраструктурою, який забезпечує ефективну реалізацію системи бізнес-процесів підприємства чи організації. В основу СУІ покладений ресурсний підхід. Для управління ІТ-інфраструктурою одночасно з розв'язанням задач моніторингу, аналізу і управління різними компонентами ІТ-інфраструктури необхідно здійснювати управління доступом розподілених застосувань до спільних обчислювальних і комунікаційних ресурсів [3, 4]. Враховуючи обмеженість ІТ-ресурсів, необхідно вміти розподіляти чи перерозподіляти їх між системою бізнес-процесів. При цьому ефективна система управління ІТ-інфраструктурою дозволяє суттєво знизити витрати на утримання ІТ-системи, оскільки дозволяє забезпечити підтримку системи бізнес-процесів з використанням меншої кількості ресурсів, швидко відновлювати працездатність ІТ-системи і перерозподіляти ресурси у випадках виникнення неполадок в ІТ-системі, віддаючи їх найважливішим бізнес-процесам.

Для управління розподілом ресурсів СУІ повинна використовувати моделі управління розподілом ресурсів ІТ-систем і відповідні методи, які враховують масштаби цих систем, часові чинники та різноманітні технологічні обмеження. Стаття присвячена розробці моделей управління доступом до обмежених інформаційно-обчислювальних ресурсів підприємства чи організації.

Постановка проблеми. Сучасні підприємства та організації широко застосовують різноманітні ІТ, які забезпечують інтеграцію інформації та інтеграцію застосувань, що одночасно з забезпеченням можливості підвищення оперативності і ефективності прийняття рішень, реалізації системи бізнес-процесів і застосувань, з якими працюють співробітники і клієнти підприємства, дозволяє підвищити ефективність використання ІТ-ресурсів підприємства. Ефективність використання ресурсів ІТ-системи досягається за рахунок інтеграції ресурсів різних ІТ, оптимізації надлишкових ресурсів, призначених для резервування, можливості використання одних і тих самих ресурсів різними застосуваннями і процесами.

Управління доступом до спільних ресурсів ІТ-системи здійснює СУІ, яка планує і контролює використання ресурсів, а у випадку виникнення нештатних ситуацій – забезпечує їх перерозподіл і закріплення за бізнес-процесами чи застосуваннями з урахуванням їх важливості. Для ефективної роботи СУІ необхідно розробити математичні моделі і алгоритми розподілу і перерозподілу ресурсів ІТ-системи, виконати їх дослідження і практичну реалізацію, переконатися в їх працездатності, корисності і ефективності.

Одна з найважливіших функцій ІТ-підрозділу — планування, насамперед визначення того, які нові ІТ необхідно придбати і які нові інформаційні, комунікаційні та інші ресурси включити в обіг. При цьому необхідно визначити, чи придбати нові кластери, сервери, сховища даних, комунікаційне обладнання тощо, чи нові ІТ можна розгорнути на наявних ресурсах, перерозподіливши їх відповідним чином. Для розв'язання цієї задачі ІТ-підрозділ повинен використовувати у складі СУІ спеціальне програмне забезпечення, яке побудоване на математичних моделях, здатних визначити доцільність закупівлі нового обладнання чи можливість використання наявного.

Провідні постачальники засобів управління ІТ-інфраструктурою не відкривають внутрішні механізми роботи свого програмного забезпечення, а бібліотеки найкращих практик ІТ-управління ІТІЛ і рішення ITSM включають лише формалізовані описи організації роботи ІТ-підрозділів і управління ІТ-послугами. В той же час для ефективної роботи СУІ необхідно мати сукупність різноманітних математичних моделей та алгоритмів, призначених для розв'язання різних задач управління доступом до обмежених ресурсів ІТ-системи.

Аналіз моделей управління доступом до обмежених ресурсів. Питання управління доступом до ресурсів розглядаються в багатьох працях. Але запропоновані моделі і методи розподілу ресурсів або орієнтовані на розподілені системи інших класів, або не враховують комплексний характер проблеми. Бракує універсальних моделей розподілу ресурсів саме для великих розподілених ІТ-систем корпоративного рівня.

В праці [3] на основі дворівневої моделі запропоновано багаторівневу модель розподілу ресурсів та спосіб переходу від багаторівневої моделі до дворівневої. Запропонована в праці [4] модель перерозподілу ресурсів інформаційно-телекомунікаційної системи (ІТС) оперативно реагує на зміну значимості бізнес-процесів, дозволяє здійснювати ефективний розподіл і перерозподіл спільних ресурсів при виникненні нових задач. Запропонований алгоритм виділення ресурсів враховує зміну значимості задач і може використовуватися в ієрархічних розподілених системах управління. В цій праці також розглянуті питання практичної реалізації моделей в СУІ.

В працях [5–7] наведені моделі розподілу ресурсів в ІТС спеціального призначення. Функціонування таких систем обмежується відповідними вимогами і регламентами, які не дозволяють СУІ автоматично перерозподіляти ресурси ІТС. Тут функції СУІ обмежуються видачею рекомендацій черговим службам і адміністраторам для прийняття рішень, а також здійснення технологічного управління обладнанням і програмним забезпеченням функціональних та забезпечуючих підсистем.

Існує низка моделей управління ресурсами ґрид, кластерних систем і мереж зв'язку [8–16], але вони не враховують всі види ресурсів ІТ-систем, оперативні обмеження. Так, управління мережами зв'язку добре структуроване, розроблені ефективні моделі і методи для управління потоками, управління навантаженням на вході та інші, але вони не враховують можливість балансування навантаження на обчислювальні ресурси, вплив розміщення інформаційних і програмних ресурсів тощо. З іншого боку, моделі управління ресурсами ґрид і кластерних систем переважно фокусуються лише на обчислювальних, інформаційних і програмних ресурсах.

Потрібно розробити нові моделі та методи, які будуть позбавлені зазначених недоліків і будуть покладені в основу реалізації компонентів СУІ, які безпосередньо управляють ресурсами ІТ-систем, їх виділенням, обліком, плануванням і оптимізацією.

Метою статті є розробка технології управління ІТ-інфраструктурою підприємства в умовах обмеженості ресурсів ІТ-системи.

Обґрунтування ресурсного підходу до управління ІТ-інфраструктурою в умовах недостатності ресурсів. В процесі функціонування будь-якої ІТ-системи підприємства чи організації, навіть в тому випадку, коли обчислювальні, інформаційні, комунікаційні та інші ресурси на етапі проектування вибрані з урахуванням резервування, часто виникають ситуації, коли ресурсів ІТ-системи виявляється недостатньо для ефективної підтримки бізнес-процесів чи процесів діяльності. Причиною цього можуть служити відмови засобів комутації, вихід з ладу серверів та інших компонентів ІТ-інфраструктури, переповнення сховищ даних, збільшення кількості користувачів, впровадження нових технологій і розгортання нових застосувань без притягнення додаткових ресурсів тощо. Нестача ресурсів спостерігається і тоді, коли, з метою економії, на етапі проектування й розгортання ІТ-системи створюються ресурсні обмеження, тобто ІТ-ресурси формуються з апіорною недостатністю, передбачаючи, що всі застосування не будуть працювати одночасно чи час роботи застосувань визначається графіком або періодом доби. Наприклад, резервне копіювання планується здійснювати вночі, коли падає завантаженість телекомунікаційної мережі. При дефіциті ресурсів бізнес-процеси залишаються повністю або частково без підтримки ІТ-системи, в систему прийняття рішень підприємства перестає своєчасно надходити необхідна інформація і об'єкт управління починає діяти неефективно. Часто ситуацію не може врятувати й та обставина, що найважливіші ресурси дублюються або використовуються резервування для низькопріоритетних задач, оскільки залежність від інших ресурсів, які, наприклад, могли вийти з ладу, роблять неефективним дублювання чи резервування.

У всіх цих випадках СУІ повинна базуватися на ресурсному підході до управління IT-інфраструктурою, надаючи першочергове право доступу до ресурсів застосувань, які підтримують найважливіші бізнес-процеси, і обмежуючи виконання низькопріоритетних бізнес-процесів. Для цього СУІ повинна підтримувати режими роботи в умовах ресурсних обмежень. Теоретично можливо описати всі комбінації обмежень ресурсів і правила управління для кожної з цих комбінацій, однак практична реалізація СУІ в цьому випадку буде громіздкою і негнучкою, оскільки кількість комбінацій може бути величезною, а модернізація IT-системи буде вимагати повної переробки логіки роботи СУІ. Тому робота СУІ повинна базуватися на сукупності математичних моделей, які враховують важливість бізнес-процесів, що претендують на використання спільних обмежених IT-ресурсів, схемі вибору і взаємодії моделей з урахуванням поточної ситуації в IT-системі, методах управління доступом до ресурсів в умовах їх обмеженості.

Ієрархія задач управління IT-інфраструктурою при дефіциті ресурсів. Оскільки система управління доступом до ресурсів повинна враховувати особливості роботи з ресурсами обчислювальних систем, СУБД, систем збереження даних та інших компонентів IT-систем, то в умовах реалізації процесного і ресурсного принципів управління вона повинна будуватися щонайменше за такою тривірневою схемою: відбір найважливіших бізнес-процесів за умови їх обслуговування в ситуації, що склалася; закріплення конкретних ресурсів за вибраними бізнес-процесами; диспетчерське управління наданням послуг.

Загалом проблема полягає у такому закріпленні інтегрованого ресурсу за процесами діяльності, коли загальна важливість обслуговуваних процесів діяльності буде максимальною при відомому ресурсному обмеженні. Можна говорити про закріплення інтегрованого ресурсу за тими процесами діяльності, які мають найвищу сумарну важливість і можуть бути ефективно підтримані наявними ресурсами. При цьому деякі процеси можуть бути переведені на обмежене функціонування. Проблему управління обмеженими ресурсами другого рівня сформулюємо як проблему закріплення за вибраними на першому рівні бізнес-процесами конкретних ресурсів IT-системи, коли інтегрований критерій ефективності закріплення ресурсів набуде максимального значення за умови виконання часових, технологічних, ресурсних та інших обмежень. Диспетчерське управління полягає у складанні розкладів виконання запитів бізнес-процесів на ресурси IT-системи, коли ці ресурси максимально ефективно використовуються за умови виконання часових, технологічних, ресурсних та інших обмежень на вибрані процеси діяльності та реалізації цих розкладів.

До зазначених рівнів варто також додати можливість закласти параметри ефективного управління доступом на етапі проектування IT-системи та оптимізувати нарощування ресурсів при її модернізації і розвитку.

З урахуванням цього задачі управління, які вирішуються в СУІ при наданні доступу до обмежених ресурсів, можна розподілити за такими шістьма ієрархічними рівнями, безпосередньо пов'язаними з життєвим циклом управління IT-інфраструктурою:

- 1) визначення необхідних ресурсів для підтримки найважливіших бізнес-процесів в умовах обмеженого фінансування на етапі планування і проектування IT-системи;
- 2) визначення важливості бізнес-процесів, які підтримуються за допомогою IT, в наявній ситуації недостатності ресурсів;
- 3) вибір найважливіших бізнес-процесів, які можуть обслуговуватися в IT-системі за наявних умов обмеженості ресурсів;
- 4) розподіл (перерозподіл) і закріплення конкретних ресурсів IT-системи для підтримки окремих бізнес-процесів, вибраних на попередньому рівні ієрархії задач;
- 5) реалізація управління доступом бізнес-процесів до обмежених ресурсів IT-системи;
- 6) оптимізація нарощування ресурсів при модернізації і розвитку IT-системи.

Моделі і методи розв'язання задач першого рівня. На етапі планування і проектування IT-системи за умови відсутності обмежень фінансування розробляється IT-система, ресурси якої будуть достатніми для підтримки всіх необхідних бізнес-процесів з потрібними значеннями параметрів продуктивності, обсягом сховищ даних тощо. Крім того, найважливіші IT-ресурси дублюються або резервуються.

Якщо бюджет створення IT-системи обмежений, що характерно для більшості підприємств, то уже на етапі проектування в IT-систему закладають дефіцит IT-ресурсів, і створена IT-система не буде ідеальною. Незважаючи на це, IT-система, розроблена з дефіцитом ресурсів, здатна ефективно підтримувати бізнес-процеси, якщо націлити її на підтримку найважливіших бізнес-процесів, СУІ може перерозподіляти ресурси в процесі роботи та існує регламент використання ресурсів.

Задачу визначення необхідних ресурсів для підтримки найважливіших бізнес-процесів на етапі планування IT-системи при дефіциті ресурсів сформулюємо таким чином. Для заданого обмеженого бюджету і при відомій вартості окремих ресурсів необхідно знайти таку конфігурацію ресурсів, яка б забезпечувала підтримку найважливіших бізнес-процесів.

Введемо необхідні для формування моделей позначення:

Z_1, \dots, Z_n – комплекс бізнес-процесів, підтримка яких забезпечує ефективне функціонування об'єкта управління;

w_1, \dots, w_n – коефіцієнти важливості бізнес-процесів Z_1, \dots, Z_n відповідно;

R_1, \dots, R_m – ресурси ІТ-системи, що необхідні для підтримки бізнес-процесів;

$P = \parallel p_{ij} \parallel$ – матриця потреб бізнес-процесів у ресурсах ІТ-системи, де p_{ij} дорівнює кількості потрібного для бізнес-процесу Z_i ресурсу R_j чи 0, якщо ресурс не потрібен;

r_1, \dots, r_m – кількість ресурсів R_1, \dots, R_m відповідно.

c_1, \dots, c_m – вартість одиниці ресурсу R_1, \dots, R_m відповідно;

C – бюджет на створення ІТ-системи.

Спочатку розглянемо дискретний випадок, коли при плануванні передбачається, що бізнес-процес або підтримується в повному обсязі, або повністю позбавляється підтримки.

Вводимо змінну:

$$x_i = \begin{cases} 1, & \text{якщо бізнес - процес } Z_i \text{ обслуговується,} \\ 0, & \text{якщо ні.} \end{cases}$$

Цільова функція має оцінювати сумарну важливість бізнес-процесів, що будуть обслуговуватися. З урахуванням того, що перш за все необхідно обслужити найважливіші для об'єкта управління бізнес-процеси, отримаємо наступний критерій:

$$\max \sum_{i=1}^n x_i \cdot w_i . \tag{1}$$

Введемо ресурсні обмеження:

$$\sum_{i=1}^n x_i \cdot p_{ij} \leq r_j , \text{ для } j = 1, \dots, m. \tag{2}$$

Вартість ресурсів, які необхідно придбати, не повинна перевищувати бюджет на створення ІТ-системи

$$\sum_{j=1}^m r_j \cdot c_j \leq C . \tag{3}$$

Якщо ресурси будуть придбаватись у мінімальній кількості, необхідній лише для підтримки бізнес-процесів без резервування і надлишковості, потрібної для розвитку, можна записати:

$$r_j = \sum_{i=1}^n x_i \cdot p_{ij} , \text{ для } j = 1, \dots, m. \tag{4}$$

Оскільки конфігурація ресурсів на етапі планування ще не визначена, а заданий лише загальний бюджет, обмеження (2) з урахуванням (3) та (4) можна переписати в такому вигляді:

$$\sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n x_i \cdot p_{ij} \cdot c_j \leq C . \tag{5}$$

Задача (1), (5) – це задача булевого програмування, для розв'язання якої можна застосовувати відповідні методи.

В умовах гнучкого управління доступом до ресурсів перспективним буде підхід, при якому не тільки обирається множина найбільш важливих бізнес-процесів, що повністю обслуговуються ІТ-системою, але й також обслуговуються менш важливі бізнес-процеси, хоч і з обмеженою функціональністю. Для визначення рівня підтримки кожного з бізнес-процесів введемо неперервну змінну x_i , яка задає рівень підтримки бізнес-процесу Z_i і приймає значення із замкнутого інтервалу $[0, 1]$.

Тоді критерій (1) і обмеження (5) залишаються в силі, а додається обмеження на неперервну змінну в вигляді:

$$0 \leq x_i \leq 1, \quad i = 1, \dots, n. \tag{6}$$

Модель (1), (5), (6) — випадок задачі лінійного програмування.

Після того, як задача була розв'язана відносно змінних x_i , значення ресурсів r_j , для $j = 1, \dots, m$ можуть бути отримані за формулою (4).

Методи розв'язання задач другого рівня. Ефективність ведення бізнесу підприємством безпосередньо залежить від ефективності виконання окремих бізнес-процесів, що підтримуються різними інформаційними технологіями. При цьому, вочевидь, бізнес-процеси мають різну важливість для ведення бізнесу в цілому. Тому для управління ІТ-системою СУІ повинна володіти інформацією щодо значимості бізнес-процесів, яка задається множиною коефіцієнтів важливості чи системою пріоритетів. Важливість бізнес-процесів може бути визначена, наприклад, за допомогою застосувань автоматизації управління ведення бізнесу (Business Performance Management, BPM). В ході роботи підприємства пріоритети бізнес-процесів можуть змінюватись і СУІ повинна оперативно реагувати на ці зміни. Крім

того, важливість бізнес-процесів може змінитись тоді, коли СУІ повідомить ВРМ про неможливість підтримки усіх бізнес-процесів через, наприклад, відмови в ІТ-системі, коли частина ресурсів стає недосяжною.

В цьому випадку взаємодія СУІ та ВРМ здійснюється за наступним ітеративним алгоритмом.

ВРМ на основі стратегічних цілей ведення бізнесу, реальної обстановки та інформації, отриманої від СУІ про наявний рівень підтримки бізнес-процесів Z_1, \dots, Z_n , формує коефіцієнти важливості w_1, \dots, w_n та передає їх СУІ.

СУІ, розрахувавши конфігурацію ресурсів, визначає ступінь підтримки бізнес-процесів і передає її в ВРМ.

В разі отримання погодження від ВРМ, СУІ реалізує розраховану на попередньому кроці конфігурацію ресурсів.

Такий алгоритм може бути використаний не лише при відпрацюванні нештатних ситуацій, але й при зміні цілей бізнесу, аналізі можливостей модернізації ІТ-системи та ін.

Моделі і методи розв'язання задач третього рівня. Задачу визначення найважливіших бізнес-процесів, які можуть бути обслужені ІТ-системою, сформулюємо наступним чином. Для заданих коефіцієнтів важливості w_1, \dots, w_n бізнес-процесів Z_1, \dots, Z_n , кількості ресурсів r_1, \dots, r_m , і матриці потреб бізнес-процесів у ресурсах $P = \|\rho_{ij}\|$, для $i = 1, \dots, n; j = 1, \dots, m$, визначити процеси із множини Z_1, \dots, Z_n , для яких критерій (1) досягне максимуму з урахуванням ресурсних обмежень (2).

Якщо СУІ функціонує таким чином, що тільки дозволяє чи блокує виконання окремих бізнес-процесів, то задача (1), (2) є задачею булевого програмування.

Якщо СУІ повністю не припиняє виконання частини процесів, а лише частково обмежує функціональність окремих задач, надаючи можливість менш важливим процесам хоч якось виконуватись, то до задачі (1), (2) додаються обмеження на неперервну змінну x_i , у вигляді (6) і тоді задача (1), (2), (6) являє собою задачу лінійного програмування.

Після розв'язання цієї задачі об'єми ресурсів, що надаються бізнес-процесам, можна визначити таким чином:

$$d_{ij} = \rho_{ij} x_i, \text{ для } i = 1, \dots, n; j = 1, \dots, m, \quad (7)$$

де d_{ij} — об'єм ресурсу j -го типу, що використовується i -м процесом.

Моделі і методи розв'язання задач четвертого рівня. Для розв'язання задачі розподілу (перерозподілу) і закріплення конкретних ресурсів введемо наступні позначення:

R_j — пул ресурсів типу j , де $j = 1, \dots, m$ (це може бути пул серверів застосувань, пул серверів БД, пул мережеских дисків, пропускна здатність каналів зв'язку тощо).

m_j — кількість окремих ресурсів в пулі R_j , де $j = 1, \dots, m$;

R_{jk} — k -й ресурс в пулі R_j , де $j = 1, \dots, m; k = 1, \dots, m_j$;

r_{jk} — об'єм ресурсу k в пулі R_j ; $j = 1, \dots, m; k = 1, \dots, m_j$;

e_{ijk} — технічна можливість підтримки бізнес-процесу Z_i ресурсом R_{jk} ,

$$\begin{cases} e_{ijk} = 1, \text{ якщо може бути підтримани й,} \\ e_{ijk} = 0, \text{ якщо ні.} \end{cases}$$

Введемо змінну y_{ijk} , що визначає закріплення ресурсів за обраними для підтримки бізнес-процесами.

$$\begin{cases} y_{ijk} = 1, \text{ якщо ресурс } R_{jk} \text{ залучається до підтримки бізнес - процесу } Z_i, \\ y_{ijk} = 0, \text{ якщо ні.} \end{cases}$$

для $i = 1, \dots, n; j = 1, \dots, m; k = 1, \dots, m_j$.

Закріплення ресурсів представимо наступним виразом:

$$\sum_{k=1}^{m_j} e_{ijk} \cdot y_{ijk} = x_i, \text{ для } i = 1, \dots, n; j = 1, \dots, m. \quad (8)$$

Цей вираз означає, що кожна потреба у ресурсах обраного для підтримки процесу x_i має бути задоволена одним з конкретних ресурсів, за умови, що цей ресурс може бути використаним для підтримки зазначеного бізнес-процесу.

Ресурсні обмеження матимуть вигляд:

$$\sum_{i=1}^n y_{ijk} \cdot \rho_{ij} \leq r_{jk}, \text{ для } j = 1, \dots, m; k = 1, \dots, m_j. \quad (9)$$

Якщо управління доступом до ресурсів реалізоване таким чином, що СУІ або дозволяє, або блокує роботу застосувань, які підтримують бізнес-процеси, і закріплює задачі процесів лише за одним з ресурсів у кожному пулі ресурсів, то змінні x_i та y_{ijk} слід розглядати як такі, що можуть приймати лише значення 0 чи 1, а задача (1), (8), (9) є задачею булевого програмування.

Якщо СУІ забезпечує хоч і часткову для деяких, але ж підтримку всіх процесів, а задачам можуть бути надані декілька ресурсів із пула ресурсів, тобто здійснюється балансування навантаження між

серверами одного типу в пулі серверів, то змінні x_i та y_{ijk} слід розглядати як неперервні, і додати обмеження (6) та

$$0 \leq y_{ijk} \leq 1, \quad i = 1, \dots, n; j = 1, \dots, m; k = 1, \dots, m_j. \quad (10)$$

Тоді задача (1), (6), (8), (9), (10) є задачею лінійного програмування.

Оскільки розмірність цих задач досить значна, то для її ефективного розв'язання може виникнути потреба у використанні евристичних алгоритмів, які будуть враховувати структуру ІТ-системи та властивості її ресурсів.

Розв'язання задачі (1), (8), (9) можна здійснювати за допомогою евристичних методів перебору з відсіюванням безперспективних варіантів [17].

Методи розв'язання задач п'ятого рівня. Тут можна використовувати упорядкування за пріоритетами, а у випадку рівності пріоритетів перевагу необхідно надавати бізнес-процесам, які вимагають менше часу на виконання. Але цей підхід дає лише локальний ефект. В таких складних розподілених системах, як ІТ-системи, є взаємозамінні ресурси, управління доступом до яких на локальному рівні не дає бажаного ефекту, оскільки не забезпечує їх рівномірне використання. Стохастичний характер процесів робить доцільним диспетчерування доступу до таких ресурсів в реальних умовах, що склалися, з метою їх рівномірного використання. Це, до того ж, дозволить підвищити надійність систем без резервування.

Однією з найважливіших проблем управління ресурсами на цьому рівні є проблема балансування серверів застосувань. У загальному вигляді мова йде про таке завантаження серверів застосувань задачами, яке забезпечить ефективне використання обчислювальних ресурсів, реалізацію найважливіших процесів діяльності при виконанні згаданих вище обмежень. Оскільки сервери застосувань базуються на серверах різної продуктивності, то необхідно говорити про рейтингове балансування.

Для реалізації рейтингового балансування в СУІ виділяється спеціальний компонент – диспетчер, який тісно взаємодіє з іншими компонентами СУІ, насамперед системою моніторингу. Система моніторингу збирає інформацію про продуктивність серверів, накопичує статистику реально використаного часу та інших ресурсів на розв'язання задач і формує оцінку завантаженості серверів.

Копія диспетчера устанавлюється на кожному сервері, але в кожний момент часу лише одна з них активна, а інші чекають своєї черги (коли вийде з ладу диспетчер чи сервер, на якому він устанавлений). Диспетчер реалізує обрану стратегію розподілу чи переходить до нової стратегії, залежно від стану, який складається в процесі роботи.

Задачі надходять в систему на відповідні сервери і виконуються на них. Активна копія диспетчера контролює завантаженість серверів і перерозподіляє задачі в певних, заздалегідь обумовлених ситуаціях, пов'язаних з нерівномірним завантаженням серверів, їх виходом із ладу або неможливістю виконати задачу на визначеному сервері за існуючих часових обмежень та інших.

Вважаючи задачі незв'язаними за даними, після розв'язання проблем вибору комплексу бізнес-процесів і розподілу конкретних ресурсів будемо використовувати таку методику розподілу навантаження серверів застосувань розподіленої ІТ-системи:

- 1) формування пріоритетів на обслуговування відповідно до важливості бізнес-процесів;
- 2) управління доступом до ресурсів за пріоритетами, коли утворюються черги;
- 3) перерозподіл задач в ситуаціях, які вимагають участі диспетчера;
- 4) відкидання запитів, які є найменш важливими з тих бізнес-процесів, що не входять в розподіл, коли черги переповнюються.

Стисло розглянемо етап перерозподілу задач, який, власне, і визначає ефективність балансування. Зазначимо, що всі задачі, які надходять на виконання, належать до певних бізнес-процесів. Всі бізнес-процеси мають певний показник важливості та поділяються на три основні групи, які мають різні права і можливості в боротьбі за обчислювальні та інші ресурси:

1) постійні бізнес-процеси: це найважливіші для підприємства бізнес-процеси; застосування, які відповідають за їх реалізацію, постійно знаходяться в оперативній пам'яті, а виділений їм ресурс знімається з розподілу для задач інших процесів;

2) довготривалі бізнес-процеси: це важливі для підприємства бізнес-процеси, застосування яких бажано тримати в оперативній пам'яті; процеси цієї групи можуть бути витіснені з оперативної пам'яті у випадку різкого зменшення ресурсу та при появі короткотривалого процесу з вищим пріоритетом;

3) короткотривалі бізнес-процеси: це бізнес-процеси підприємства, які недоцільно постійно чи довго тримати в оперативній пам'яті; вони беруть участь у боротьбі за ресурси на основі пріоритетів, визначених на основі їх важливості; займають обчислювальний ресурс на певний час і звільняють його по закінченню задачі. Важливу підгрупу складають періодичні бізнес-процеси, які вимагають адекватної реакції СУІ.

До етапу перерозподілу задач диспетчер переходить у згаданих вище ситуаціях, які розпізнаються диспетчером на основі зібраної в результаті моніторингу ІТ-системи інформації. Для кожної задачі, яка вимагає перерозподілу, диспетчер спочатку визначає найвигідніший вузол згідно зі стратегією вибору

серверів застосувань ІТ-системи. Потім диспетчер передає задачу відповідному серверу застосувань. Наступним кроком є перевизначення частки вільних ресурсів відповідного сервера застосувань (зменшення поточного рейтингу цього сервера застосувань) на прогнозований час виконання задачі. Насамкінець диспетчер коригує стратегію вибору серверів застосувань ІТ-системи у відповідності до зміненого розподілу ресурсів. Коли задача завершується, диспетчер керує відправкою результатів розв'язання задачі користувачеві, який надіслав запит.

Прогнозування часу виконання задач можна здійснювати на основі накопиченої статистики або з використанням марківської моделі. Оцінку продуктивності серверів застосувань можна виконувати на основі одного із стандартних контрольно-оцінювальних тестів, наприклад Linpack, Perfect, Spec-89 (-92,-SDM, SFS) чи AIM.

Можна застосовувати декілька стратегій вибору серверів застосувань ІТ-системи, а потім вибрати найкращу з них на основі накопиченої статистики. Найпридатнішою видається стратегія призначення задачі на найближчий із незавантажених серверів застосувань, для яких виконуються часові обмеження і є відповідний інформаційний ресурс.

Автоматична реалізація управління доступом бізнес-процесів до обмежених ресурсів ІТ-системи може бути здійснена шляхом побудови СУІ на основі принципів, викладених в праці [2], з використанням агентських технологій [18] і стандартних протоколів управління CMIP, SNMP та ін.

Моделі і методи розв'язання задач шостого рівня. Розглянемо задачу оптимізації нарощування ресурсів при модернізації і розвитку ІТ-системи. Цю задачу можна сформулювати таким чином. ІТ-система була спроектована шляхом розв'язання задач першого рівня, коли не всі бізнес-процеси підтримуються в повному обсязі.

Виділений бюджет розвитку ΔC . Необхідно знайти такий приріст ресурсів $\Delta r_1, \dots, \Delta r_m$ і забезпечити підтримку таких бізнес-процесів Z_1, \dots, Z_n , щоб максимізувати критерій (1), за таких обмежень.

Ресурсні обмеження:

$$\sum_{i=1}^n x_i \cdot p_{ij} \leq r_j + \Delta r_j, \quad (11)$$

або

$$\sum_{i=1}^n x_i \cdot p_{ij} - \Delta r_j \leq r_j, \quad \text{для } j = 1, \dots, m. \quad (12)$$

Вартісні обмеження:

$$\sum_{j=1}^m \Delta r_j \cdot c_j \leq \Delta C. \quad (13)$$

При цьому кожний бізнес-процес може бути підтриманий повністю ($x_i = 1$) або частково ($x_i < 1$), тобто

$$0 \leq x_i \leq 1, \quad \text{для } i = 1, \dots, n. \quad (14)$$

Якщо в процесі розвитку ресурси можна тільки придбати, то повинна виконуватися умова:

$$\Delta r_j \geq 0, \quad \text{для } j = 1, \dots, m. \quad (15)$$

Якщо вважається, що невикористані ресурси можуть бути продані за первинною вартістю, а орендовані – позичені в суборенду, то обмеження (10) набуде вигляду:

$$\Delta r_j \geq -r_j, \quad \text{для } j = 1, \dots, m. \quad (16)$$

Задачі (1), (12), (13), (14), (15) і (1), (12), (13), (14), (16) є задачами лінійного програмування відносно змінних $x_1, \dots, x_n, \Delta r_1, \dots, \Delta r_m$ (всього $n + m$ змінних). Розв'язання задач відносно цих змінних дозволяє одночасно отримати оптимальні значення необхідного приросту ресурсів і ступінь підтримки бізнес-процесів у відповідності до критерію (1).

Реалізація СУІ. Запропоновані моделі та методи застосовані при створенні програмних модулів пакетів програм, що охоплюють базову функціональність СУІ [2]. Пакет, що розроблений в НТУУ «КПІ», здійснює моніторинг, аналіз функціонування і управління апаратними та програмними компонентами ІТ-системи. Пакет адаптований для використання в ІТ-системах спеціального призначення, де і пройшов апробацію. При цьому функції управління ІТ-інфраструктурою забезпечуються за рахунок організаційних рішень та дій персоналу, а також розробленого пакета програм і технічних засобів СУІ.

Організаційні рішення включають формування організаційної структури управління ІТ-системою, визначення переліку службових обов'язків та порядку взаємодій адміністраторів, а також забезпечення їх необхідною інформацією.

Технічні засоби СУІ складаються з серверів та АРМ адміністраторів. Сервери можуть функціонувати автономно чи як складові ієрархічної системи.

Програмне забезпечення СУІ складається з серверної, клієнтської та агентської частин. Структура програмного забезпечення СУІ модульна, що надає можливість гнучко комплектувати, розгортати та налагоджувати сервери СУІ та АРМ адміністраторів в залежності від рівня ієрархії та вимог, яким вони повинні відповідати, а також легко нарощувати функціональність програмного забезпечення системи управління ІТ-інфраструктурою. Серверна частина програмного забезпечення СУІ встановлюється на сервери, клієнтська частина – на робочі станції адміністраторів, агентська – на окремі сервери та робочі станції компонентів ІТ-системи.

Клієнтська частина виконується на АРМ адміністраторів і забезпечує інтерфейс адміністратора для роботи з розподіленим застосуванням управління ІТ-інфраструктурою, для віддаленого управління серверами і агентами СУІ, перегляду в зручному вигляді даних моніторингу, результатів аналізу, різних журналів подій тощо, а також для вводу даних і команд управління від адміністраторів. При цьому автоматизується робота адміністраторів по контролю функціонування ІТ-системи, загальному контролю функціонування підсистем, контролю проведення регламентних і ремонтних робіт, локалізації і усуненню несправностей, віддаленому управлінню конфігурацією і роботою ІТ-системи, а також багато інших функцій. Наявність модуля аналізу дозволяє виявляти негативні тенденції, наприклад, деградацію окремих важливих параметрів у часі, і завчасно повідомляти про це адміністраторів, що дозволяє усувати деякі проблеми ще до їх виникнення.

Агентське ПЗ, що встановлюється на робочих станціях користувачів та окремих серверах розподілених застосувань, що забезпечують підтримку бізнес-процесів, забезпечує локальний пасивний моніторинг. По запиту чи за розкладом агент передає на сервер СУІ узагальнені дані моніторингу, що дозволяє зменшити кількість запитів серверу СУІ до компонентів ІТ-системи, а також завантаження телекомунікаційної мережі.

Використання розробленого пакета програм управління ІТ-інфраструктурою дозволяє суттєво підвищити ефективність використання ресурсів ІТ-системи.

Висновки. Розроблена технологія управління ІТ-інфраструктурою підприємства на основі процесного і ресурсного підходів. Закладені в її основу методи і моделі управління доступом до обмежених ресурсів, що запропоновані в роботі, а також їх реалізація в системі управління ІТ-інфраструктурою, дозволяють збільшити ефективність використання обмежених ресурсів ІТ-системи. Адміністратори системи управління ІТ-інфраструктурою можуть отримувати інформацію про стан обладнання, програмного забезпечення елементів підсистем і системи в цілому, попередження про можливі несправності та рекомендації щодо швидкого відновлення працездатності компонентів ІТ-системи. Розроблені моделі можуть бути застосовані не тільки при управлінні використанням ІТ-ресурсів, але й на етапах проектування та модернізації ІТ-системи для визначення мінімальної кількості ресурсів, необхідних для підтримки найбільш важливих бізнес-процесів.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Павлов А.А. Теленик С.Ф. Информационные технологии и алгоритмизация в управлении.– К.: Техніка, 2002. — 344 с.
2. Теленик С.Ф., Ролік О.І., Букасов М.М., Соколовський Р.Л. Система управління інформаційно-телекомунікаційною системою корпоративної АСУ// Вісник НТУУ «КПІ». Інформатика, управління та обчислювальна техніка. —2006. — № 45.— С. 112–126.
3. Теленик С.Ф., Ролік О.І., Букасов М.М. Моделі управління розподілом обмежених ресурсів в інформаційно-телекомунікаційній мережі АСУ// Вісник НТУУ «КПІ». Інформатика, управління та обчислювальна техніка. — 2006.— № 44.— С. 234–239.
4. Ролік А.И. Модель управления перераспределением ресурсов информационно-телекоммуникационной системы при изменении значимости бизнес-процессов// Автоматика. Автоматизация. Электротехнические комплексы и системы. – ХГТУ, 2007. – № 2 (20). – С. 73–82.
5. Теленик С.Ф., Ролік О.І., Букасов М.М., Терещенко П.І. Управління доступом до обмежених ресурсів інформаційно-телекомунікаційної мережі АСУ військового призначення // Зб. наук. праць ЦНДІ Збройних Сил України. — 2006.— № 3 (37).— С. 33–43.
6. Теленик С.Ф., Ролік О.І., Терещенко П.І., Літвінцов О.В. Модель управління розподілом ресурсів інформаційно-телекомунікаційної системи Збройних Сил України// Зб. наук. праць ННДЦ оборонних технологій і військової безпеки України. — 2006.— №5 (34).— С. 117–124.
7. Теленик С.Ф., Ролік О.І., Терещенко П.І., Букасов М.М. Забезпечення процесів діяльності ресурсами з визначенням рівнем надійності в інформаційно-телекомунікаційній системі спеціального призначення // Зб. наук. праць ВІТІ НТУУ «КПІ». — К.: ВІТІ НТУУ «КПІ», 2006. – Вип. № 3. – С. 134–138.
8. Grid resource management: State of the Art and Future Trends / Edited by J. Nabrzyski, J. M. Schopf, J. Weglars.— Kluwer Academic Publishers, 2003.

9. Raman R., Livny M., Solomon M. Matchmaking: An extensible framework for distributed resource management// Cluster Computing.— 1999.— № 2 (2).— P. 311–321.
10. Frey J., Tannenbaum T., Foster J. Condor-G: A computation management agent for multiinstitutional Grids// Cluster Computing.— 2002.— № 3 (5).— P. 237–246.
11. Hamscher V., Schwiegelshohn U., Hamscher V. Evaluation of job-scheduling strategies for grid computing // Lecture Notes in Computer Science.— 2000.— P. 191–202.
12. Метод опережающего планирования для грид/ В.Н. Коваленко, Е.И. Коваленко, Д.А. Корягин, Д.З. Любимский.— М.: ИПМ, 2005. — 32 с.
14. Потапов А.А. Способ взаимодействия компонентов кластерной вычислительной системы. Информационные процессы.— 2006.— С. 203–208.
15. Костин А.А. Модель системы интегрированного управления телекоммуникационными сетями и услугами // Электросвязь.— 2002.— № 10.— С. 22–25.
16. Дымарский Я.С., Крутякова Н.П., Яновский Г.Г. Управление сетями связи: принципы, протоколы, прикладные задачи.— М.: ИТЦ «Мобильные коммуникации», 2003.— 384 с.
17. Юдин Д.Б. Вычислительные методы теории принятия решений.— М.: Наука, 1989.— 320 с.
18. Ролик А.И., Соколовский Р.Л. Распределение мобильных компонентов системы управления информационно-телекоммуникационной системой // Вісник НТУУ «КПІ». Інформатика, управління та обчислювальна техніка. —2007.— № 47.— С. 113–124.

ТЕЛЕНИК Сергій Федорович – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри автоматичного управління в технічних системах Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут».

Наукові інтереси:

- проектування інформаційно-телекомунікаційних систем;
- штучний інтелект;
- комп'ютерна лінгвістика.

РОЛІК Олександр Іванович — кандидат технічних наук, доцент кафедри автоматичного управління в технічних системах Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут».

Наукові інтереси:

- телекомунікаційні системи та мережі;
- управління в інформаційно-телекомунікаційних системах.

БУКАСОВ Максим Михайлович — старший викладач кафедри автоматичного управління в технічних системах Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут».

Наукові інтереси:

- моделювання комп'ютерних систем та мереж;
- управління системами та мережами передачі даних.

Подано 10.11.2008

Теленик С.Ф., Ролик О.І., Букасов М.М. Технологія управління ІТ-інфраструктурою на основі ресурсного підходу

Теленик С.Ф., Ролик А.И., Букасов М.М. Технология управления ИТ-инфраструктурой на основе ресурсного подхода

Telenyk S.F., Rolik A.I., Bukasov M.M. IT-infrastructure management technology based on resource approach

УДК 681.518

Технология управления ИТ-инфраструктурой на основе ресурсного подхода / С.Ф. Теленик, А.И. Ролик, М.М. Букасов

Рассмотрена технология управления ИТ-инфраструктурой предприятия на основе ресурсного подхода в условиях ограниченности ресурсов ИТ-системы. Приведены методы и модели управления доступом к ограниченным ресурсам. Предложены критерии оптимальности распределения ресурсов. Определена многоуровневая схема построения системы управления ИТ-инфраструктурой.

УДК 681.518

IT-infrastructure management technology based on resource approach / S.F. Telenyk, A.I. Rolik, M.M. Bukasov

The Enterprise IT-infrastructure management technology based on resource approach in the conditions of limitation of resources of IT System is considered. The methods and models of management of access to limited

resources are described. The criteria of an optimality of distribution of resources is proposed. The multilevel scheme of construction of a IT Infrastructure management system is defined.