

АЛГЕБРИ АЛГОРИТМІВ ДЛЯ МОДЕЛЮВАННЯ РОЗПОДІЛУ РЕСУРСІВ У ІТ ПРОЄКТАХ

Андрій Василюк¹, Тарас Басюк²

Національний університет “Львівська політехніка”,
кафедра інформаційних систем та мереж, Львів, Україна

¹ E-mail: Andrii.S.Vasyliuk@lpnu.ua, ORCID: 0000-0002-3666-7232

² E-mail: Taras.M.Basyuk@lpnu.ua, ORCID: 0000-0003-0813-0785

© Василюк А., Басюк Т., 2023

Розподіл ресурсів – важливе науково-практичне завдання, оскільки стосується усіх галузей життєдіяльності людини, не є винятком сфера інформаційних технологій. Дослідження показало, що сьогодні уже є множина підходів для вирішення поставленого завдання, кожен з яких характеризується певними особливостями. Проаналізовано відомі методи розподілу ресурсів, наведено їх класифікацію та показано, що переважно вони визначаються як задачі лінійного програмування, матриці розподілення ресурсів чи реалізуються на основі емпіричних знань. З огляду на це, ми проаналізували механізми алгебри алгоритмів, визначили їх сфери застосування та прийняли рішення щодо їх використання для моделювання розподілу ресурсів у галузі інформаційних технологій. Подальша робота була спрямована на побудову дерева цілей, що дало змогу відобразити генеральну мету та підцілі, які необхідно забезпечити з метою ефективного розподілу ресурсів. Виконано аналіз та вибрано інструментальні засоби розроблення. Результатом роботи став прототип програмного забезпечення, що реалізує моделювання розподілу ресурсів із використанням методу Балаша та апарату алгебри алгоритмів. Подальші дослідження будуть спрямовані на верифікацію роботи системи та конструювання суміжних модулів.

Ключові слова: розподіл ресурсів; алгебра алгоритмів; інформаційні технології; управління проєктами.

Вступ. Загальна постановка проблеми

Завдання оптимального розподілу ресурсів постають у різних сферах наукової діяльності, техніки та різноманітних соціальних сферах, проте розподіл та призначення ресурсів і сенс оптимальності результату можуть бути різними залежно від особливостей галузі чи конкретного завдання. Цей клас задач визначає, як розподілити ресурси для робіт, щоб максимізувати ефект від їх використання [1, 2].

Цю задачу зазвичай розглядають у трьох аспектах. По-перше, наявні ресурси в задалегідь відомому обсязі, які використовують для виконання певних робіт; по-друге, задано кількість робіт і потрібно визначити необхідну кількість ресурсів; по-третє, задано ресурси в певній кількості, необхідно визначити, які роботи і в якій кількості можна виконати [3]. Розподіл та призначення ресурсів під час розроблення інформаційних систем є важливою складовою коректного і ефективного управління ІТ-проєктами [4]. З огляду на це, об'єктом дослідження є процес моделювання розподілу ресурсів у галузі інформаційних технологій.

Зв'язок висвітленої проблеми із важливими науковими та практичними завданнями

Під управлінням проєктами розуміють сукупність методик, методологій, методів, моделей, технічних і програмних засобів, які використовуються під час розроблення та реалізації будь-яких проєктів/унікальних процесів, обмежених у часі, які потребують призначення ролей та розподілу витрат ресурсів. Завдання побудови календарних планів для реалізації проєкту становлять значну частину методів та моделей управління проєктами. Всі вони пов'язані безпосередньо із розподілом та призначенням обмежених ресурсів [5].

Сучасних методів календарного планування багато, й більшість з них потребує, щоб керівник проєкту класифікував його на один з двох типів. Перший – за обмеженням часу проєкту, другий – за обмеженням на кількість ресурсів. Для того, щоб перевірити тип обмеження певного проєкту, потрібно поставити запитання: “Якщо настання критичного моменту відкладається, чи будуть потрібні певні додаткові ресурси, для того щоб знову увійти в графік?” У такому випадку, якщо відповідь позитивна, проєкт обмежений за часом, якщо ні, то проєкт обмежений за ресурсами. Проєкт, обмежений за кількістю ресурсів, – це такий проєкт, в якому певний наявний рівень ресурсів, на жаль, не можна в будь-якому випадку перевищувати. А тому, якщо кількість ресурсів недостатня, відповідно допускається незначне затримання термінів виконання цього проєкту [6, 7].

Зазвичай рішення про те, як розподілити наявний ресурс у проєкті, приймають майже інтуїтивно, на основі емпіричного досвіду. Проте в багатьох випадках можна не врахувати певних чинників, тому застосування автоматизованого розподілу надає набагато більше варіантів та можливостей, є значно точнішим та менш трудомістким. З огляду на зазначені чинники, автоматизоване вирішення зазначеної проблеми надасть механізми для створення методологічного підґрунтя у сфері підтримки прийняття рішень стосовно розподілу ресурсів у IT-проєктах.

Аналіз останніх досліджень та публікацій

Завдання розподілу ресурсів є одним із найпоширеніших завдань в управлінні організаційними системами та застосовує клас механізмів управління системами підтримання прийняття рішень. Вивчаючи їх, вирішують два важливі завдання: синтезу механізму максимальної ефективності та дослідження можливості керування методами планування, тобто можливості створення для них методів, які є еквівалентними [8–10].

Відомі методи та механізми розподілу ресурсів у IT-проєктах, мультипроєктах та портфелях проєктів можна класифікувати за різними чинниками [11, 12]. Серед них найзагальніша класифікація визначає поділ за суб'єктами, за якого методи та моделі розподілу поділені між виконавцями того чи іншого проєкту. В цьому випадку застосовують такі методи та підходи, як задачі лінійного програмування, матриці розподілення ресурсів та методи динамічного програмування задля визначення найкращого шляху розподілу ресурсів [13]. Виконавши аналіз, ми виявили методи розподілу, наведені на рис. 1.

Одноразовий багатоетапний розподіл. Для такого виду розподілу характерна відсутність фізично очевидних послідовностей, тих, які пов'язані із потребою у будь-який спосіб зберігати частину ресурсів для використання у майбутніх замовленнях. Розв'язання задач розподілу ресурсів у чистому вигляді у такому випадку неприйнятне. Це відбувається тому, що у певній підприємницькій діяльності жодна організація не може орієнтуватися тільки на завершення чіткого періоду, а керівники повинні мати план для стратегічного розвитку компанії.

Розподіл однорідних та неоднорідних ресурсів. Ситуація переходу від однорідних видів ресурсів до неоднорідних істотно ускладнює завдання розподілу та призначення ресурсів. Тому такий розподіл вкрай важко реалізувати.

Розподіл із одночасним вибором способів дій. Відбувається у разі розподілу певних ресурсів за об'єктами вкладення. У цьому випадку певним агентам доводиться вибирати найоптимальніший серед доступних варіантів (способів) дій. У досліджуваному випадку це функціонування окремого напрямку, підрозділу, проєктної групи.

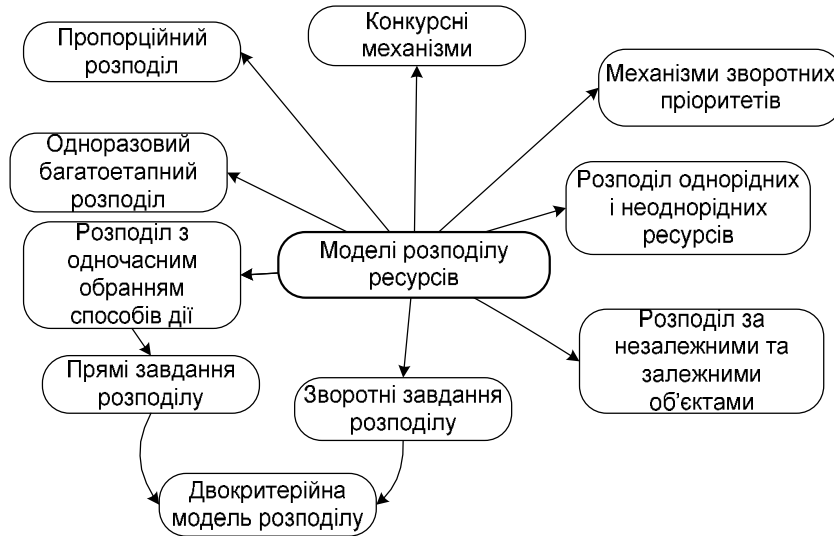


Рис. 1. Методи розподілу ресурсів

Розподіл за незалежними та залежними об'єктами. Специфіка цього розподілу полягає в зростанні розмірності завдання, а відтак потребує особливого підходу до розподілу ресурсів.

Прямі та зворотні завдання розподілу. Прямими завданнями у цьому випадку є такі, які генерують потребу добитися найоптимальнішого критерію ефективності, користуючись всіма видами доступних ресурсів.

Описання найважливіших класів задач розподілу та призначення ресурсів відображає складність поставленого завдання через певне підвищення ступеня відображення дійсності [14, 15]. Основною проблемою є те, що невідома точна залежність ефективності виконавців від загальної кількості отриманих ресурсів. Тому, коли загальна кількість ресурсу обмежена, постає чітке завдання розподілу ресурсу. Аналіз показує, що уже існує множина методів із розв'язання цього класу задач, проте більшість з них зосереджені на евристичних прийомах, а використання алгебри алгоритмів дасть змогу створити методологічне підґрунтя та здійснити побудову моделей для автоматизації зазначеного процесу.

Основні завдання дослідження та їх значення

Метою роботи є дослідження сфери розподілу ресурсів та застосування алгебри алгоритмів для моделювання розподілу ресурсів у IT-проектах. Щоб досягти мети, в роботі поставили такі завдання: визначення методологічного підґрунтя, виконання системного аналізу предметної області, застосування апарату алгебри алгоритмів для розподілу ресурсів у галузі інформаційних технологій та реалізація програмного прототипу.

Вирішення зазначеного завдання надасть засоби для створення методологічного забезпечення у галузі розподілу ресурсів та подальшої їх реалізації із використанням сучасних програмних засобів. Зазначене дослідження може слугувати основою для застосування апарату алгебри алгоритмів для оптимізації процесів розподілу ресурсів у різних предметних областях.

1.1.1. Основні результати досліджень

Приймаємо, що в системі з n виконавцями ефективність i -го виконавця визначається за певною функцією $\varphi_i(x_i)$ (так звана функція переваги), де x_i – це кількість отриманого ресурсу, $i = \overline{1, n}$, $x = (x_1, \dots, x_n)$. Тоді ми зацікавлені в тому, щоб вся сумарна ефективність виконавців була максимальною:

$$\sum_{i=1}^n \varphi_i(x_i) \rightarrow \max, \quad (1)$$

за умови обмеженості ресурсу, що у такий спосіб розподіляється,

$$\sum_{i=1}^n x_i \leq R. \quad (2)$$

Якщо ефективності всіх виконавців відомі й розподіляється весь ресурс, то оптимальний розв'язок (λ) задачі (1) та (2) задовольняє такі умови:

$$\frac{d\varphi_i(x_i^*)}{dx_i} = \lambda, \quad i = \overline{1, n}, \quad (3)$$

де λ визначається залежністю:

$$\sum_{i=1}^n x_i^*(\lambda) = R. \quad (4)$$

Розпочнемо розгляд питання про можливість маніпулювання з найпростішого прикладу. Уявімо, що необхідно розподілити певний ресурс між двома виконавцями. Позначимо як r_i кількість ресурсу, за якої ефективність певного i -го виконавця буде максимальна ($i = \overline{1, 2}$). Тоді рішення про повний обсяг ресурсу приймається на підставі заявок виконавців s_1 і s_2 , де s_i – заявка на ресурс i -го виконавця. У цьому випадку зрозуміло, що коли $s_1 + s_2 < R, r_1 + r_2 < R$, то проблем немає (достатньо визначити, що $x_1 = s_2, x_2 = s_1$). Припустимо, що заявки виконавців певною мірою обмежені: $0 < s_i < R = 1, i = \overline{1, 2}$, тобто виконавець може відмовитися від свого ресурсу (повідомивши $s_i = 0$), або запросити всі ресурси, повідомивши $s_i = 1$. Використаємо інший метод розподілу ресурсу:

$$x_i = \pi_i(s_1, s_2) = \frac{s_i}{s_1 + s_2} * R, i = \overline{1, 2}. \quad (5)$$

Зауважимо, що кількість ресурсу, який отримує кожен виконавець окремо, залежить від його чіткої заявки і від заявки певного іншого виконавця, тобто відбувається так звана гра. Є такі випадки заявок:

1. $r_1 = +\infty, r_2 = +\infty$, тобто два виконавці зацікавлені в отриманні максимальної кількості ресурсу (“чим більше – тим краще”). У такому випадку рівноважні заявки однакові: $s_1^* = s_2^* = 1$. Під рівновагою ми розуміємо “рівновагу Неша” (тобто існує певна точка, а одностороннє відхилення від неї не вигідне жодному із всіх виконавців). Повідомити ж $s_i > 1$ виконавець не може. Повідомляючи $s_i < 1$, i -й виконавець отримає незначну кількість ресурсу (за умови, що $s_j = s_j^* = 1, j \neq i$), тобто, відхиляючись, він зменшить певне значення своєї функції переваги. У такому випадку: $x_1^* = \pi_1(s_1, s_2) = x_2^* = \pi_2(s_1^*, s_2^*) = \frac{R}{2} = \frac{1}{2}$. Бачимо, що ситуація рівноваги не зміниться, якщо $r_1 > \frac{1}{2}, r_2 > 1/2$.

2. $r_1 \leq \frac{1}{2}, r_2 \geq \frac{1}{2}$. У такому випадку заявка s_2^* , дорівнює одиниці, а $s_1^* = r_1 / (1 - r_1)$. Крім цього, $x_1^* = r_1, x_2^* = 1 - r_1$, тобто перший виконавець є “домінантним”.

Якщо $r_i = \frac{1}{2} (r_1 + r_2 > R)$, то i -й виконавець стає доміантним та отримає саме стільки, скільки йому потрібно. Зазначимо, що $\frac{1}{2} = \pi_i(1, 1)$, тобто це повна кількість ресурсу, отримувана у випадку, коли два виконавці повідомили про максимальні потреби. Такий метод уможливує маніпулювання – рівноважні заявки цих виконавців не збігаються з їхніми реальними потребами.

Для цього прикладу можна побудувати відповідний прямий метод-механізм. Нехай обидва виконавці повідомляють не заявки $s_i \in [0, 1]$, а безпосередньо оцінки \tilde{r}_i параметрів r_i своїх функцій переваг $\varphi_i(x_i)$. Отримавши оцінки $\{\tilde{r}_1, \tilde{r}_2\}$, розподілювач визначає точку рівноваги $(s_1^*(\tilde{r}_1, \tilde{r}_2), s_2^*(\tilde{r}_1, \tilde{r}_2))$ відповідно до умов:

1. Якщо в обох виконавців $\tilde{r}_i > \frac{1}{2}$, то $s_1^* = s_2^* = 1$.
2. Якщо в одного із виконавців $\tilde{r}_i \leq \frac{1}{2} (\tilde{r}_j > \frac{1}{2}, j \neq i, \tilde{r}_1 + \tilde{r}_2 > 1)$, то вважається, що $s_i^* = \frac{\tilde{r}_i}{1 - \tilde{r}_i}, s_j^* = 1$.
3. Якщо $\tilde{r}_1 + \tilde{r}_2 \leq 1$, то $s_1^* = \tilde{r}_1, s_2^* = \tilde{r}_2$.

Після цього виділяється ресурс відповідно до початкового методу. Тут стає зрозуміло, що у відповідному прямому методі кожен виконавець отримує ту саму кількість ресурсів, що і в початковому. А отже, ефективності в цих методах збігаються.

Розглянемо такі випадки:

1. Якщо у обох виконавців $r_i > \frac{1}{2}$, то, повідомляючи $\tilde{r}_i \equiv r_i$, вони отримають рівно половину ресурсу. Розподіл зміниться лише у випадку, якщо $\tilde{r}_i < \frac{1}{2}$, тоді $x_i^* < \frac{1}{2}$, тобто ефективність певного i -го виконавця зменшиться. Отже, таке відхилення йому не вигідне.

2. Якщо $r_i < \frac{1}{2}$, то i -му виконавцю відхилення не вигідне, оскільки він одержує оптимальну для себе кількість ресурсу r_i . Для j -го виконавця ($j \neq i$), який у цій самій ситуації отримує набагато менше ресурсу, ніж йому необхідно, відхилення є також не вигідним, тому що, якщо він повідомить $\tilde{r}_i < r_i$, то ПМ “відновить” $s_j^*(r_i, \tilde{r}_j)$, і отримана ними кількість ресурсу не збільшиться.

3. Якщо $r_1 + r_2 \leq 1$, то $x_1 = r_1, x_2 = r_2$, тобто кожен виконавець одержує певну оптимальну для себе кількість усього ресурсу, спотворення інформації йому нічого не дасть.

Внаслідок громіздкості наведеного математичного обґрунтування та необхідності виконувати зазначені обчислення множини разів із різними вхідними даними ми прийняли рішення стосовно розроблення програмного забезпечення для розподілу ресурсів у ІТ проєктах. Для реалізації поставленого завдання на першому етапі побудовано дерево цілей, що відображає генеральну мету та підцілі, які необхідно забезпечити з метою ефективного розподілу ресурсів [16, 17].



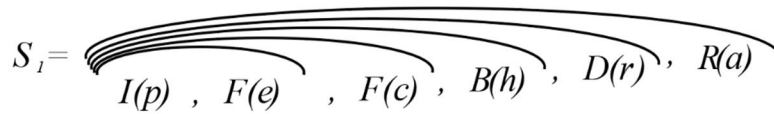
Рис. 2. Дерево цілей

Як відомо, цілі виникають із певних об’єктивних потреб, а відтак, повинні бути ієрархічними. І поки не досягнуті всі цілі на нижньому рівні, цілей на верхніх рівнях також неможливо досягти. Під час проходження вниз за ієрархією всі цілі конкретизуються. Під час всього процесу побудови та повного використання дерева цілей потрібно досягти чіткого та найконкретнішого формулювання цілей, а також забезпечити можливість їх досягнення [18].

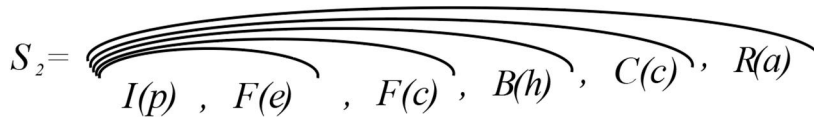
Наступний етап – проєктування інформаційної системи з використанням об’єктно-орієнтованого підходу та побудовою множини UML діаграм [19], що надали засоби для розуміння функціоналу конструйованої системи. Проте невирішеним завданням залишився математичний опис розподілу ресурсів, що на основі виконаного дослідження виконали з використанням апарату алгебри алгоритмів, який передбачає здійснення опису унітермів і синтез секвенцій та елімінувань [20], що дасть змогу оптимізувати процес за кількістю операцій.

Сформовані унітерми: $I(p)$ – унітерм введення інформації щодо проєктів, які необхідно розробити; $F(e)$ – унітерм формування відомостей щодо складу команди експертів на основі знань, з яких формуватимуться рішення; $F(c)$ – унітерм формування якісних та кількісних критеріїв; $B(h)$ – унітерм побудови ієрархії та встановлення пріоритетів; $D(r)$ – унітерм уточнення та додаткового визначення пріоритетів із рекомендаціями експертів; $C(c)$ – унітерм попарного порівняння та визначення вагових коефіцієнтів кожного із критеріїв; $R(a)$ – унітерм розрахунку пріоритетів альтернатив та прийняття рішення стосовно розподілу ресурсів під час реалізації проєктів. В результаті використання апарату алгебри алгоритмів синтезовано такі секвенції та елімінування:

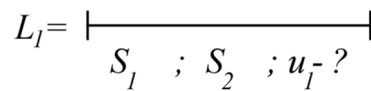
S_1 – секвенція функціонування системи, якщо необхідні уточнення та додаткове визначення пріоритетів із рекомендаціями експертів:



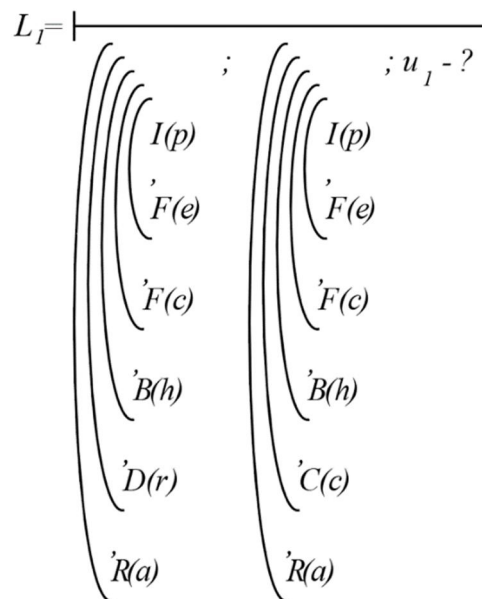
S_2 – секвенція функціонування системи у випадку попарного порівняння і визначення вагових коефіцієнтів кожного з критеріїв:



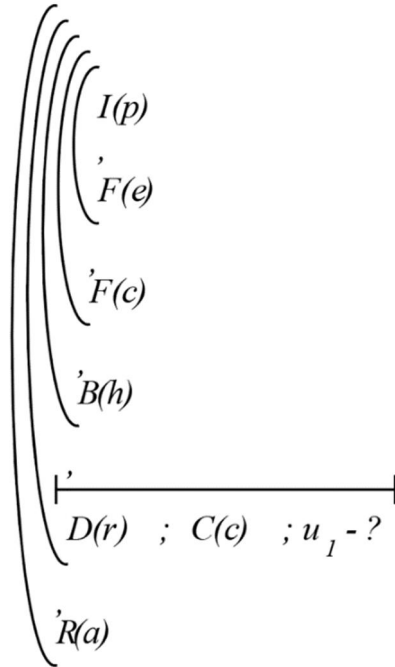
L_1 – елімінування неузгодженості пріоритетів між експертами за умовою u_1 :



Наступним етапом є підстановка відповідних секвенцій у елімінування L_1 :



Використовуючи властивості алгебри алгоритмів [21], виносимо спільні унітерми за знак операції елімінування, у результаті отримуємо результуючу модель, що демонструє основні етапи підтримання прийняття рішення щодо розподілу ресурсів:



Наступним етапом досліджень було створення прототипу програмного забезпечення, який реалізуватиме завдання оптимального розподілу ресурсів. Для цієї мети ми вибрали мову програмування С# (об'єктно-орієнтована мова програмування з безпечною системою типізації для платформи .NET), інтегроване середовище розроблення Visual Studio (застосовується для написання/редагування коду, а також для публікації програми), які дали змогу забезпечити зручність і швидкість розроблення та реалізувати поставлене завдання.

Як основний підхід використано метод Балаша, що в контексті задачі передбачає визначення оптимального портфеля проектів і розподіл ресурсів між ними. Для цього застосовано значення змінних: 0 – проект не входить у портфель; 1 – проект входить. Математична модель процесу розподілу ресурсів має вигляд:

$$C_1 = 7x_1 + x_2 + 6x_3 + 0x_4 + 6x_5 + x_6 \rightarrow \max$$

$$C_2 = x_1 + 3x_2 + 2x_3 + 4x_4 + x_5 + 6x_6 \rightarrow \max$$

$$R_1 \quad x_1 + 4x_2 + x_3 + 5x_4 + 2x_5 + 3x_6 \leq 12$$

$$R_2 \quad 4x_1 + x_2 + 5x_3 + 2x_4 + 3x_5 + 2x_6 \leq 11$$

де $x_i \in \{0; 1\}$. Критерій C_1 – це так званий очікуваний сумарний прибуток від кінцевого виконання усіх проектів портфеля, що потрібно максимізувати. Відповідно критерій C_2 визначає престижність проектів, що належать портфелю, який також у нашому випадку треба максимізувати.

На першому етапі створений прототип дає можливість розв'язувати задачу, використовуючи перший або другий критерій. Крім того, є два обмеження на наявні види ресурсів проекту. На другому етапі необхідно ввести оцінки експертів відносно критеріїв Q_1, Q_2, Q_3, Q_4 , де Q_1 – кошти, потрібні для виконання портфеля; Q_2 – час, потрібний на виконання портфеля; Q_3 – рівень ризику невиконання портфеля; Q_4 – актуальність портфеля. Після введення вхідних даних програма здійснює розрахунок, вікно з яким подано на рис. 3.

Optimal resource allocation

Project count: 6 Resource type costs: 2 Create

Criteria 1 Criteria 2

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 7 | 1 | 6 | 0 | 6 | 1 |
|---|---|---|---|---|---|

Resources limit:

| | |
|----|----|
| 12 | 11 |
|----|----|

Project's costs:

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 4 | 1 | 5 | 2 | 3 |
| 4 | 1 | 5 | 2 | 3 | 2 |

Criteria 1 Criteria 2 Calculate

Resource allocation result: Max Q: 15

| | | | | | | |
|--|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | Proj.1 | Proj.2 | Proj.3 | Proj.4 | Proj.5 | Proj.6 |
| | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 |

| | | | | | | | | |
|--|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|---------|-------|
| | Proj.1 Cost | Proj.2 Cost | Proj.3 Cost | Proj.4 Cost | Proj.5 Cost | Proj.6 Cost | Remains | Limit |
| | 4 | 0 | 0 | 2 | 3 | 2 | 12 | |
| | 4 | 1 | 0 | 0 | 3 | 2 | 1 | 11 |

Expert's marks

Рис. 3. Результати розподілу за критеріями C_1 та C_2

У результаті зазначених дій отримали два оптимальні портфелі проєктів, ґрунтуючись окремо на критеріях C_1 та C_2 . Далі необхідно ввести дані оцінок експертів щодо інших критеріїв (Q_1, Q_2, Q_3, Q_4) для того, щоб визначити остаточний варіант портфеля проєктів. Так буде розв’язана чотирикритерійна задача (рис. 4).

Expert's marks

Num of portfolios: 2 Number of criteria: 4 Create

Matrix of marks:

| | | | | | |
|--|----|---------|-----|---------|----|
| | q | q1 | q2 | q3 | q4 |
| | q1 | 1 | 2 | 1 | 3 |
| | q2 | 0.5 | 1 | 0.33333 | 2 |
| | q3 | 1 | 3 | 1 | 4 |
| | q4 | 0.33333 | 0.5 | 0.25 | 1 |

Matrix for each criterion for projects:

| | | | |
|--|----|---------|-----|
| | q1 | П1 | П2 |
| | П1 | 1 | 3 |
| | П2 | 0.33333 | 1 |
| | q2 | П1 | П2 |
| | П1 | 1 | 0.5 |
| | П2 | 2 | 1 |

Calculate

Results:

| | | |
|--|----|-------------------|
| | П1 | 0.714684509831397 |
| | П2 | 0.285315490168603 |

The best project portfolio is number 1

Рис. 4. Розв’язок задачі з декількома критеріями

Результат роботи прототипу показує, що портфель за номером один набагато кращий за другий портфель, що повністю відповідає виконаним розрахункам.

Висновок

Дослідження виявило можливості застосування механізмів алгебри алгоритмів для моделювання розподілу ресурсів у ІТ проєктах. Здійснивши комплекс досліджень, ми показали, що предметна область розподілу ресурсів надзвичайно актуальна та потребує подальшого дослідження, оскільки зрозуміло, що без правильного та ефективного розподілу ресурсів проєкти чи портфелі неодмінно зазнають невдачі. Виконаний системний аналіз відобразив комплексність завдання, а відтак необхідність застосування для його вирішення множини різнотипних методів та підходів. Як математичну модель використано булеву задачу цілочислового програмування, яка з достатнім ступенем адекватності змогла відобразити реалії формування портфеля проєктів сумісно із розподілом ресурсів між відповідними проєктами портфеля. У результаті аналізу методів реалізації задачі вибрано адитивний метод Балаша та метод аналізу ієрархій. Результатом роботи є прототип програмного забезпечення, що реалізує моделювання розподілу ресурсів із використанням методу Балаша та апарату алгебри алгоритмів.

Подальші дослідження будуть спрямовані на верифікацію роботи системи та конструювання суміжних модулів.

Список літератури

1. Heagney J. (2022). *Fundamentals of Project Management, Sixth Edition*. HarperCollins Leadership.
2. Kerzner H. (2022). *Project Management Metrics, KPIs, and Dashboards: A Guide to Measuring and Monitoring Project Performance 4th Edition*, Wiley.
3. Keen W. P. (2017). *Building a Decision Support System: The Mythical Man-month Revisited*, Andesite Press.
4. Sánchez-Marrè M. (2022). *Intelligent Decision Support Systems*, Springer.
5. Thakkar J. J. (2021). *Multi-Criteria Decision Making (Studies in Systems, Decision and Control Book, 336)*, Springer.
6. Proctor T. (2018). *Creative Problem Solving for Managers: Developing Skills for Decision Making and Innovation*, Routledge.
7. Donahue W. (2023). *Mastering Project Management: Results Through People: A Competency-Based Guidebook Focused on Project Leadership – Includes PM Test Prep Questions*, Independently published.
8. Дорогий Я. (2016). Розподіл ресурсів критичної ІТ-інфраструктури з використанням хмарних технологій. *Електроніка та зв'язок: наук.-техн. журнал*. № 1(90). С. 42–49. DOI: 10.20535/2312-1807.2016.21.1.80593.
9. Колумбет В., Свинчук О. (2021). Моделювання розподілу ресурсів у великих інформаційних системах на основі мультиагентного підходу. *Телекомунікаційні та інформаційні технології*. № 3(72). С. 4–11. DOI: 10.31673/2412-4338.2021.030411.
10. Кучук Н., Зубрицький Г., Кучук Г. (2022). Метод розподілу ресурсів в комп'ютерних системах на інтегрованих програмних платформах. *Системи обробки інформації*. № 1 (168). С. 36–42. DOI: 10.30748/soi.2022.168.04.
11. Косолап, А., Волинець, Н. (2018). Оптимальний розподіл ресурсів у багатопроцесорних системах. *Математичне моделювання*. № 2(39). С. 89–94. DOI: 10.31319/2519-8106.2(39)2018.154226.
12. Merrow E. (2022). *Contract Strategies for Major Projects: Mastering the Most Difficult Element of Project Management*, Wiley.
13. Yang S., He N., Li F., Fu X. (2022). *Resource Allocation in Network Function Virtualization: Problems, Models and Algorithms*, Springer.
14. Kritzman M., Kinlaw W., Turkington D. (2021). *Asset Allocation: From Theory to Practice and Beyond*, Wiley.
15. Indrusiak L. S., Dziurzanski P., Singh A. K. (2022). *Dynamic Resource Allocation in Embedded, High-Performance and Cloud Computing*, River Publishers.

16. Tilley S. (2019). *Systems Analysis and Design* (MindTap Course List), Cengage Learning.
17. Valacich J., George J., Hoffer J. (2020). *Modern Systems Analysis and Design*, Pearson.
18. Rutherford A. (2020). *The Systems Thinker – Mental Models: Take Control Over Your Thought Patterns. Learn Advanced Decision-Making and Problem-Solving Skills*, VDZ.
19. Shamile B. (2022). *Software Development with UML Diagrams*, Independently published.
20. Овсяк В. (2001). *Алгоритми: методи побудови, оптимізації, дослідження вірогідності*. Львів: Світ. 160 с.
21. Василюк, А., Басюк, Т. (2018). Інтелектуальний аналіз процесу трансформування формул алгебри алгоритмів. *Вісник Національного університету “Львівська політехніка”*. Серія: “Інформаційні системи та мережі”, № 901, С. 97–102.

References

1. Heagney J. (2022). *Fundamentals of Project Management, Sixth Edition*. HarperCollins Leadership.
2. Kerzner H. (2022). *Project Management Metrics, KPIs, and Dashboards: A Guide to Measuring and Monitoring Project Performance 4th Ed.*, Wiley.
3. W Keen P. (2017). *Building a Decision Support System: The Mythical Man-month Revisited*, Andesite Press.
4. Sánchez-Marrè M. (2022). *Intelligent Decision Support Systems*, Springer.
5. Thakkar J. J. (2021). *Multi-Criteria Decision Making (Studies in Systems, Decision and Control Book. 336)*, Springer.
6. Proctor T. (2018). *Creative Problem Solving for Managers: Developing Skills for Decision Making and Innovation*, Routledge.
7. Donahue W. (2023). *Mastering Project Management: Results Through People: A Competency-Based Guidebook Focused on Project Leadership—Includes PM Test Prep Questions*, Independently published.
8. Dorogy Ya. (2016). Distribution of critical IT infrastructure resources using cloud technologies. *Electronics and communication: scientific and technical journal*, No. 1(90), 42–49. DOI: 10.20535/2312-1807.2016.21.1.80593.
9. Kolumbet V., Svyinchuk O. (2021). Modeling the allocation of resources in large information systems based on a multi-agent approach. *Telecommunications and information technologies*, No. 3(72), 4–11. DOI: 10.31673/2412-4338.2021.030411.
10. Kuchuk N., Zubrytskyi G., Kuchuk G. (2022). The method of resource allocation in computer systems on integrated software platforms. *Information processing systems*, No. 1 (168), 36–42. DOI: 10.30748/soi.2022.168.04.
11. Kosolap, A., Volynets, N. (2018). Optimal allocation of resources in multiprocessor systems. *Mathematical modeling*, No. 2(39), 89–94. DOI: 10.31319/2519-8106.2(39)2018.154226.
12. Merrow E. (2022). *Contract Strategies for Major Projects: Mastering the Most Difficult Element of Project Management*, Wiley.
13. Yang S., He N., Li F., Fu X. (2022). *Resource Allocation in Network Function Virtualization: Problems, Models and Algorithms*, Springer.
14. Kritzman M., Kinlaw W., Turkington D. (2021). *Asset Allocation: From Theory to Practice and Beyond*, Wiley.
15. Indrusiak L. S., Dziurzanski P., Singh A. K. (2022). *Dynamic Resource Allocation in Embedded, High-Performance and Cloud Computing*, River Publishers.
16. Dennis A., Tegarden D. (2019). *Systems Analysis and Design*, Wiley.
17. Valacich J., George J., Hoffer J. (2020). *Modern Systems Analysis and Design*, Pearson.
18. Rutherford A. (2020). *The Systems Thinker – Mental Models: Take Control Over Your Thought Patterns. Learn Advanced Decision-Making and Problem-Solving Skills*, VDZ.
19. Shamile B. (2022). *Software Development with UML Diagrams*, Independently published.
20. Ovsyak. V. (2001). *Algorithms: methods of construction, optimization, probability studies*. Lviv: World, 160 s.
21. Vasyliuk A., Basyuk T. (2018). Intellectual analysis of the process of transformation of algorithms of algebra algorithms. *Bulletin of the Lviv Polytechnic National University. Series: “Information Systems and Networks”*, No. 901, 97–102.

**ALGEBRAS OF ALGORITHMS FOR MODELING THE DISTRIBUTION
OF RESOURCES IN IT PROJECTS****Andrii Vasylyuk¹, Taras Basyuk²**

Lviv Polytechnic National University,

Information Systems and Networks Department, Lviv, Ukraine

¹E-mail: Andrii.S.Vasyliuk@lpnu.ua, ORCID: 0000-0002-3666-7232²E-mail: Taras.M.Basyuk@lpnu.ua, ORCID: 0000-0003-0813-0785

The distribution of resources is an important scientific and practical task, as it concerns all areas of human activity, the field of information technologies is no exception. A study was conducted, which showed that today there are many approaches to solving the given problem, each of which is characterized by certain features. Known methods of resource allocation are analyzed, their classification is given and it is shown that they are mainly defined as linear programming problems, resource allocation matrices or are implemented on the basis of empirical knowledge. With this in mind, the authors analyzed the mechanisms of the algebra of algorithms, determined their scopes of application, and made a decision regarding their use for modeling the distribution of resources in the field of information technologies. Further work was aimed at building a tree of goals, which made it possible to reflect the general goal and sub-goals that must be ensured in order to effectively allocate resources. An analysis was carried out and development tools were selected. The result of the work was a prototype of the software that implements the modeling of resource distribution using the Balash method and the algorithm algebra apparatus. Further research will be aimed at verifying the operation of the system and designing related modules.

Key words: resource allocation; algebra of algorithms; information technologies; project management.