

УДК 338:26.73

Шишмарьова Л.О.

кандидат економічних наук,
доцент кафедри менеджментуХарківського національного економічного університету
імені Семена Кузнеця

МЕТОДОЛОГІЧНИЙ ПІДХІД ДО ОБЧИСЛЕННЯ ПАРАМЕТРІВ СІТЬОВОГО ГРАФІКА

METHODOLOGICAL APPROACH TO THE CALCULATION OF PARAMETERS OF THE NETWORK DIAGRAM

АНОТАЦІЯ

У статті розглянуто особливості використання сітьового планування в сучасних умовах, яке засновано на теорії графів. Запропоновано розрахунок параметрів сітьового графіка, до яких належать часові характеристики подій і робіт. Представлено розрахунки сітьового графіку проекту складання виробу, а також часових характеристик подій.

Ключові слова: сітьове планування, теорія графів, сітьовий графік, параметри сітьового графіка, подія, робота.

АННОТАЦИЯ

В статье рассмотрены особенности использования сетевого планирования в современных условиях, основанного на теории графов. Предложен расчет параметров сетевого графика, к которым относятся временные характеристики событий и работ. Представлены расчеты сетевого графика проекта сборки изделия, а также временные характеристики событий.

Ключевые слова: сетевое планирование, теория графов, сетевой график, параметры сетевого графика, событие, работа.

ANNOTATION

The article describes the features of the use of network planning in modern conditions, based on graph theory. Calculation of parameters of network diagram which include the temporal characteristics of events and works is proposed, also calculations of network diagram of the project product assembly and temporal characteristics of events are provided.

Keywords: network planning, graph theory, network diagram, the parameters of network diagram, event, work.

Постановка проблеми. У сучасних умовах усе більш складними стають соціально-економічні системи, тому рішення, що приймаються з проблем раціоналізації їх розвитку, повинні отримувати наукову основу на базі математико-економічного моделювання. Одним із методів наукового аналізу є сітьове планування. Необхідність використання сітьового планування в дослідженні систем управління пояснюється великою різноманітністю моделей планування, це: графіки і таблиці, фізичні моделі, логічні і математичні вирази, машинні моделі, імітаційні моделі. Таким чином, тема дослідження сітьового планування, а також методологічного підходу до обчислення параметрів сітьового графіка є актуальною, так як графічне представлення не тільки дає уявлення про складний процес, але й дає змогу здійснити різнобічне дослідження системи управління проектом.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проблема сітьового планування присвячено наукові роботи багатьох вітчизняних

і закордонних учених-економістів, зокрема Аньшина В.М., Берзіня І.Е., Бланка І.А., Буркова В.Н., Ільїна М.І., Ковальова В.В., Мазура І.І., Мескона М.Х., Шапіро В.Д. та ін. Проте недостатньо дослідженими залишаються питання наукового обґрунтування щодо методологічного підходу до обчислення параметрів сітьового графіка.

Мета статті полягає у розгляді сітьового планування, а також обґрунтуванні методичного підходу до обчислення параметрів сітьового графіка.

Виклад основного матеріалу дослідження. Для планування та управління складними проектами використовують методи сітьового планування і управління: метод критичного шляху СРМ і аналізу та оцінювання тривалості виконання робіт PERT. Вони дають змогу здійснити координацію великої кількості взаємопов'язаних робіт різного профілю, чітко пов'язати всі роботи в часі, виявити вирішальні ділянки, що лімітують хід всієї розробки, визначити потребу у виробничих ресурсах (матеріалах, обладнанні, робочій силі) на будь-який період, тривалість реалізації проекту [1].

Ефективним інструментом, що дає змогу управляти складними проектами, є агрегування сітьових планів (графіків). Суть агрегування сітьових графіків полягає в тому, що загальний сітьовий план (графік) розподіляють на безліч приватних сітьових графіків. У кожному з таких приватних планів визначають найдовший шлях. Ці шляхи потім ставлять на місце окремих частин мережі. За допомогою такого поступового агрегування отримують багаторівневі сітьові плани (графіки).

Сітьове планування засновано на теорії графів. Графом називається сукупність елементів, над якими відбуваються дії, що переводять ці елементи з одного стану в інший. Граф можна подати у вигляді стрілкової діаграми. Елементи графа позначаються кружками і називаються вершинами графа, а дії над ними – стрілками, які є дугами графа. Вершина, що має тільки вихідні дуги, називається початком графа; вершина, що має тільки вхідні дуги, – кінцем графа; дуги, що мають загальну вершину, – суміжними [2].

У сітьовому плануванні граф використовується як засіб графічного зображення, наприклад проекту створення складного виробу, і називається сітьовим графіком. У сітьовому графіку вершини позначають події, а дуги – зв'язок між подіями.

Вершини мають упорядковану нумерацію, а над дугами надписують тривалість процесів, які вони відображають.

Під подією необхідно розуміти момент завершення одного або кількох процесів, закінчення яких необхідно для початку одного або кількох нових процесів. Подія може відбутися тільки тоді, коли закінчатся всі попередні роботи. Наступні роботи можуть початися тільки тоді, коли подія відбудеться. Звідси – двоїтий характер події: для всіх безпосередньо попередніх їй робіт вона є кінцевою, а для всіх безпосередньо наступних за нею – початковою. Подія не має тривалості в часі. Здійснення події – це момент часу, що відповідає моменту закінчення останньої з робіт, що безпосередньо передують їй [3].

Початкова (попередня) подія позначається символом i , кінцева (наступна) – символом j .

Робота – це кінцевий процес, що зв'язує між собою події або переводить одну подію в іншу. Поняття «робота» в сітьовому плануванні використовується в широкому сенсі слова і може мати різні значення:

а) дійсна робота – трудовий процес, що вимагає витрат часу і ресурсів (проекткування виробу, оснащення, складання виробу, випробування тощо);

б) очікування – процес, що не вимагає витрат праці, але займає час (процеси сушіння після фарбування, старіння металу і т. д.);

в) фіктивна робота – логічний зв'язок між двома або кількома роботами (подіями), які не вимагають витрат праці, матеріальних ресурсів і часу. Вона вказує на те, що можливість початку однієї роботи безпосередньо залежить від результату іншої [4]. Тривалість роботи позначається через t_{ij} , де i – номер події, з якого виходить робота, j – номер події, яким закінчується робота.

Тривалість фіктивної роботи дорівнює нулю.

Загальний порядок побудови сітьового графіка на процес, що планується, можна подати так. Процес розчленовується на окремі роботи з урахуванням необхідного ступеня деталізації, складається перелік робіт, продумуються логічні зв'язки та послідовність їхнього виконання. Далі оцінюється трудомісткість робіт, визначаються виконавці та тривалість кожної роботи. Потім на основі цих даних будується сітьовий графік.

Побудова сітьового графіка починається кресленням вихідної події сітки, потім викреслюються роботи, що настають за нею і виконуються паралельно, формулюються і зображуються наступні події цих робіт і т. д. до завершальної події.

Сітка по можливості повинна бути простою, без зайвих перетинань. Кожній події привласнюється свій номер, який проставляється у відповідному кружку. Робота позначається номерами початкової (попередньої) і кінцевої (наступної) подій. Події нумеруються так, щоб номер кінцевої події будь-якої роботи був більше номера початкової події (тобто $j > i$ для всіх робіт, у тому числі й фіктивних). Вихідній події доцільно привласнювати нульовий номер. Потім необхідно подумки викреслити всі роботи, які виходять з неї, і на частині сітки, що залишилася, знову знайти подію, в яку не входить жодна стрілка. Потрібно привласнити цій події номер 1, викреслити подумки вихідні з неї стрілки й продовжувати зазначену процедуру до повного завершення нумерації.

Якщо на графіку потрібно зобразити кілька робіт, які здійснюються між двома подіями, то їх не можна зображувати паралельними стрілками. У цьому випадку необхідно ввести додаткову подію і фіктивну роботу.

Сітьові графіки можна креслити по-різному: без масштабу часу або в масштабній сітці [5].

Класичний вид сітьового графіка – це сітка, накреслена без масштабу часу. У цьому випадку довжина, кут нахилу й конфігурація стрілок, що зображують роботи, є довільними. Таким чином, сітьовий графік виражає логічну послідовність подій і робіт. Для сітьових графіків характерне поняття «шлях». Шляхом називається будь-яка послідовність робіт, в якій кінцева подія кожної роботи є початковою подією наступної роботи [6].

Тривалість будь-якого шляху дорівнює сумі тривалостей робіт, з яких він складається. Шлях, який має найбільшу тривалість, називається критичним і позначається (τ).

Критичний шлях має особливе значення в сітьовому плануванні, оскільки його роботи визначають загальний цикл завершення всього комплексу робіт, запланованих за допомогою сітьового графіка. Для скорочення тривалості процесу необхідно насамперед скорочувати тривалість робіт, що лежать на критичному шляху [7].

До основних параметрів сітьового графіка належать часові характеристики подій і робіт. Для кожної події розраховується найранніший можливий термін його звершення t_j^0 , необхідний для виконання всіх робіт, які передують цій події, та найпізніший із допустимих термінів t_j' , перевищення якого спричинить аналогічну затримку настання завершальної події. Різниця між цими термінами є резервом за подією $R_j = t_j' - t_j^0$, тобто проміжок часу, на який може бути відкладено звершення даної події без порушення термінів завершення розробки в цілому.

Подія вважається такою, що відбулася, тільки тоді, коли закінчується найдовший із попередніх процесів. Таким чином, ранній термін звершення події дорівнює тривалості

максимального із шляхів, який передеує цій події:

$$t_j^o = \max_{по i} \{t_i^o + t_{ij}\}. \quad (1)$$

Ранній термін ^{по i}звершення кінцевої події показує довжину критичного шляху. Це – найраніший можливий термін закінчення всієї розробки τ .

Для контролю розраховують довжину критичного шляху методом зворотного ходу. Пересуваються від кінця графа до початку і визначають ранні терміни звершення подій у разі зворотного ходу:

$$t_{i(звор)}^o = \max_{по j} \{t_j^o + t_{ij}\}. \quad (2)$$

Терміни, отримані методом зворотного ходу, є найранішими відносно кінця графа. Отже, якщо відняти ці терміни з довжини критичного шляху, можна отримати найпізніші терміни відносно початку графа:

$$t_j' = \tau - t_{i(звор)}^o. \quad (3)$$

Для зручності виконання розрахунків часових характеристик подій доцільно використовувати матричний метод. Матриця є таблицею, де кількість стовпців і кількість рядків однакова і дорівнює кількості подій, включаючи нульові плюс три.

Розрахунки часових характеристик подій слід розглянути на прикладі сітьового графіка проекту, наведеного на рис. 1 (у чисельнику – тривалість робіт, дні, у знаменнику – чисельність робітників, осіб).

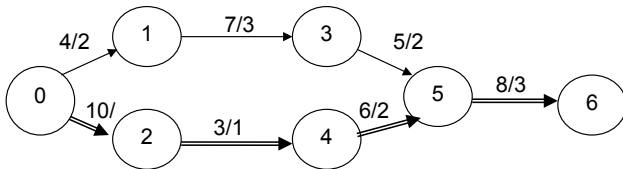


Рис. 1. Мережевий графік проекту складання виробу

Матрицю для розрахунку тимчасових характеристик подій наведено в табл. 1.

У лівому стовпці табл. 1 записуються ранні терміни здійснення подій t_i^o , в останньому – ранні терміни здійснення подій у разі зворотного ходу $t_{i(звор)}^o$, внизу містяться пізні терміни здійснення подій t_j' і резерви часу за подіями.

Над діагоналлю вказуються тривалість робіт. Наприклад, тривалість роботи $t_{01} = 4$ міститься в клітинці на перетині рядка $i = 0$ і стовпця $j = 1$, роботи $t_{02} = 10$ – у клітинці на перетині рядка $i = 0$ і стовпця $j = 2$, і так за всіма роботами, включаючи фіктивні.

Ранній термін здійснення подій визначається так. Термін здійснення нульової події дорівнює нулю. Термін здійснення першої події – строку здійснення нульової події – дорівнює нулю.

Термін здійснення нульової події плюс тривалість роботи 0 – 1, тобто $0 + 4 = 4$. Строк здійснення другої події – строку здійснення нульової події плюс тривалість роботи 0 – 2, тобто $0 + 10 = 10$ і т. д.

Термін здійснення п'ятої події дорівнює максимальному строку на двох, тобто $(11 + 5 = 16; 13 + 6 = 19)$.

Розрахунок ранніх строків здійснення подій у разі зворотного ходу розраховується аналогічно. Термін здійснення останнього, тобто шостої події, дорівнює нулю. Термін здійснення п'ятої події – строку здійснення шостої плюс тривалість роботи 5-6, тобто $0 + 8 = 8$ і т. д. Термін здійснення нульової події – максимальному строку із двох, тобто 27 ($20 + 4 = 24; 17 + 10 = 27$).

Ранній термін здійснення останньої шостої події є довжиною критичного шляху ($\tau = 27$).

Пізній термін здійснення подій і резерви за подіями у табл. 2 розраховано за наведеними раніше формулами. Події, що не мають резервів, лежать на критичному шляху. У даному

Таблиця 1

Розрахунок часових характеристик подій

t_i^o	$i \backslash j$	0	1	2	3	4	5	6	$t_{i(звор)}^o$
0	0		4	10					27
4	1				7				20
10	2					3			17
11	3						5		13
13	4						6		14
19	5							8	8
27	6								0
t_j'		0	7	10	14	13	19	27	
R_j		0	3	0	3	0	0	0	

прикладі критичний шлях проходить за подіями 0 – 2 – 4 – 5 – 6.

Після розрахунку часових характеристик подій визначаються часові характеристики робіт. На відміну від події робота має тривалість, вона починається попередньою подією і закінчується наступною. Тому робота має ранній $t_{ijп}^o$ і пізній $t_{ijп}$ терміни початку, а також ранній $t_{ijз}^o$ і пізній $t_{ijз}$ терміни закінчення. Ранній термін початку роботи дорівнює ранньому терміну звернення попередньої події, тобто $t_{ijп}^o = t_i^o$.

Ранній термін закінчення роботи дорівнює ранньому терміну початку роботи плюс тривалість цієї роботи, тобто $t_{ijз}^o = t_i^o + t_{ij}$.

Пізній термін закінчення роботи дорівнює пізньому терміну звернення наступної події, тобто $t_{ijз} = t_j$. Пізній термін початку роботи – пізньому терміну закінчення роботи мінус тривалість цієї роботи, тобто $t_{ijп} = t_j - t_{ij}$.

Робота має чотири види резервів часу: повний $R_{пij}$, вільний за ранніми термінами $R_{вij}^o$, вільний за пізніми термінами $R_{вij}$ і незалежний $R_{нij}$.

Повний резерв часу роботи $R_{пij}$ є різницею між найпізнішим допустимим і найранішим можливим термінами початку або закінчення роботи:

$$R_{пij} = t_{ijп}^o - t_{ijп} = t_j - (t_i^o + t_{ij}). \quad (4)$$

Він показує, наскільки можна пересунути початок роботи (або наскільки можна розтягнути її тривалість), не порушуючи терміну виконання всього процесу або розробки. Важлива властивість повного резерву часу така: якщо його частково або цілком використати для збільшення тривалості певної роботи, то, відповідно, зменшується резерв часу решти робіт, які лежать на його шляху.

Вільний резерв часу роботи за ранніми термінами $R_{вij}^o$ – це запас часу, який є для закінчення попередньої роботи в найраніший можливий термін, і почати наступну роботу також у найраніший термін:

$$R_{вij}^o = t_{ijп}^o - t_{ijз}^o = t_j^o - t_i^o - t_{ij}. \quad (5)$$

Вільний резерв часу за пізніми термінами $R_{вij}$ – це запас часу, який є, якщо попередня робота закінчується в найпізніший допустимий термін, а наступна починається також у найпізніший допустимий термін:

$$R_{вij} = t_{ijп} - t_{ijз} = t_j - t_i - t_{ij}. \quad (6)$$

Незалежний резерв часу роботи $R_{нij}$ – це запас часу, який є, якщо попередня робота закінчується в найпізніший допустимий термін, а наступна починається в найраніший можливий термін.

Він визначається як різниця між раннім початком наступної роботи і пізнім закінченням попередньої роботи, а також тривалістю роботи:

$$R_{нij} = t_{ijп}^o - t_{ijз} - t_{ij} = t_j^o - t_i^o - t_{ij}. \quad (7)$$

Економічний зміст таких резервів полягає в тому, що незалежно від того, коли закінчиться попередня подія, наступна однаково почнеться в ранній термін. $R_{нij}$ може бути від'ємною величиною.

Розрахунок часових характеристик робіт доцільно вести в табл. 2.

Висновки. Мета сітьового планування – уявити будь-який проект у вигляді послідовності пов'язаних між собою завдань. У результаті виникає ієрархічна структура проекту. Сітьові графіки, складені ретельно, але без урахування ризиків, мають низьку ймовірність успішного виконання. Технологія сітьового планування включає і роботу з ризиками. Частина ризиків можна нейтралізувати, якщо заздалегідь передбачити плани роботи з ними.

Система сітьового планування є комплексом розрахункових алгоритмів, організаційних заходів, контрольних та координаційних прийомів. Вона є засобом динамічного і збалансованого представлення та аналізу складних соціально-економічних програм. Цілями функціонування системи є: виявлення та мобілізація резервів часу і матеріальних ресурсів, прихованих в раціональній організації соціально-економічних процесів; здійснення управління програмою з постійною концентрацією уваги на вирішенні головних, найбільш значимих завдань; прогнозування і попередження можливих збоїв у ході програми; підвищення ефективності управління в цілому при чіткому розподілі відповідальності між керівниками різних рівнів.

Таблиця 2

Розрахунок ранніх і пізніх термінів початку та закінчення робіт і резервів

Шифр роботи	Тривалість роботи	Ранні терміни			Пізні терміни			$R_{пij}$	$R_{вij}^o$	$R_{вij}'$	$R_{нij}$
		початку роботи	закінчення роботи		початку роботи	закінчення роботи					
I j	t_{ij}	t_i^o	$t_i^o + t_{ij}$	t_i^o	$t_i' - t_{ij}$	t_i'	t_i'				
1 2	4	0	4	4	3	7	0	3	0	3	0
0 1	4	0	4	4	3	7	0	3	0	3	0
0 2	10	0	10	10	0	10	0	0	0	0	0

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК:

1. Мазур И.И. Управление проектами / И.И. Мазур, В.Д. Шапиро, Н.Г. Ольдерогге ; под общ. ред. И.И. Мазура ; 2-е изд. – М. : Омега-Л. 2004. – 664 с.
2. Райзберг Б.А. Управление экономикой : [учебник] / Б.А. Райзберг, Р.А. Фатхудинов. – М. : Бизнес-школа ; Интел-Синтез, 1999. – 784 с.
3. Ильин Н.И. Управление проектами / Н.И. Ильин, И.Г. Лукманова. – СПб. : Два-Три, 1996. – 610 с.
4. Бланк И.А. Финансовый менеджмент : [учебный курс] / И.А. Бланк. – К. : Ника-Центр ; Ольга, 2002. – 528 с.
5. Ковалёв В.В. Методы оценки инвестиционных проектов / В.В. Ковалёв. – М. : Финансы и статистика, 1999. – 144 с.
6. Мескон М.Х. Основы менеджмента / М.Х. Мескон, М. Альберт, Ф. Хедоури ; пер. с англ. – М. : Дело, 1992. – 702 с.
7. Шапиро В.Д. Управление проектами / В.Д. Шапиро. – СПб. : Два-Три, 1993. – 446 с.