

УДК 519.87(073)

Тимейчук О. Ю., к.т.н., доцент; Кузьменко В. М., ст. викладач;
Тимейчук Т. Б., ст. викладач (Національний університет водного
господарства та природокористування, м. Рівне)

З ДОСВІДУ ВИКОРИСТАННЯ ОПОРНИХ КОНСПЕКТІВ ЛЕКЦІЙ В УМОВАХ ВПРОВАДЖЕННЯ ЄВРОПЕЙСЬКОЇ КРЕДИТНО-ТРАНСФЕРНОЇ СИСТЕМИ В НАВЧАЛЬНИЙ ПРОЦЕС

В статті показана можливість використання опорних конспектів лекцій при вивченні дисциплін в умовах європейської кредитно-трансферної системи (ЄКТС).

Ключові слова: сітковий графік, повний та критичний шляхи, активний та пасивний режими роботи.

Впровадження ЄКТС призвело до того, що дві третини часу відведеного на вивчення дисциплін складає самостійна робота студента. Тому виникла необхідність у повному забезпеченні дисциплін навчально-методичними роздатковими матеріалами при проведенні лекційних занять. На вступній лекції кожен студент отримує на паперовому та електронному носіях опорний конспект лекцій, де вказані теми та плани лекцій, теоретична частина та заготовки для практичної частини. Для прикладу наведемо одну з лекцій з дисципліни «Математичні методи і моделі».

Поняття сіткової моделі та її застосування.

Приклади побудови та оптимізації сіткових графіків

1. Поняття сіткової моделі та їх застосування

Сіткові моделі – це спеціальний клас моделей, що базується на побудові сіткових графіків. Ці моделі широко застосовуються для планування і управління, виконання певного комплексу робіт або певної програми.

Сіткові моделі застосовуються в таких сферах: наукові дослідження прикладного характеру; розробка нових видів продукції та послуг; маркетингова діяльність та реклама; управління витратами виробництва; будівництво; військова справа.

2. Конструктивні елементи сіткових графіків і правила їх побудови

Оснoву сіткової моделі складає сітковий графік, що є сукупністю вершин і дуг. Сітковий графік (СГ) – це впорядкована множина подій та робіт і правила зв'язку між ними. Основними конструктивними елементами СГ є події (вершини сітки) та роботи (дуги).

Основні елементи СГ такі:

1) подія – це результат або стан системи в момент досягнення деякої вихідної, проміжної чи кінцевої мети розробки; подія не має продовження в часі;

2) робота – це продовжуваний в часі процес, що вимагає затрат ресурсів, обов'язково починається і завершується подією;

3) шлях – множина послідовних ланцюжків робіт різної тривалості;

4) повний шлях – це будь-який шлях від початкової до кінцевої події;

5) критичний шлях – це повний шлях максимальної тривалості.

Роботи бувають двох типів:

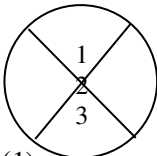
1) фізичні роботи – вимагають затрат часу і ресурсів;

2) фіктивні роботи – виконуються в тих випадках, коли необхідно представити логічний зв'язок чи залежність в процесі виробництва.

Основою складання СГ є інформаційні таблиці. Залежно від того, яка подається інформація для складання СГ, графіки є двох типів: вершинні СГ (орієнтовані на події) та стрілочні СГ (орієнтовані на роботи). Завжди від вершинних СГ можна перейти до стрілочних.

Правила побудови СГ

1. СГ будують з ліва на право.
 2. Кожний СГ починається і закінчується однією подією.
 3. Дві події можуть бути з'єднані лише однією роботою.
 4. На СГ не допускаються тупикові події.
 5. На СГ не допускаються наявність замкнених контурів та петель.
 6. При виконанні паралельних робіт вводяться фіктивні роботи і події.
- На СГ стрілка – це робота, а круг – це подія, що ділиться на 4 частини: верхня (1) – ранній термін настання події; ліва (2) – ранній термін настання події; права (3) – пізній термін настання події; нижня (4) – резерв часу настання події.



верхня (1) – номер події; ліва (2) – ранній термін настання події; права (3) – пізній

3. Приклад побудови сіткового графіка

Задача. Побудувати СГ будівництва системи водопостачання і визначити, якою буде вартість і терміни спорудження об'єкта.

Таблиця 1

Вихідні дані для складання СГ будівництва системи водопостачання

№ з/п	Шифр роботи	Зміст роботи	Тривалість (дні)	Вартість одного дня (тис. грн)
1	0-1	Розбивка території	2	0,8
2	1-2	Планування території	3	1,2
3	2-3	Буріння свердловин	10	12
4	2-5	Спорудження фундаменту	5	11
5	2-6	Будівництво водонапірної мережі	7	13,8
6	2-8	Копання траншей для електрокабелю	2	1,95
7	3-4	Установка насоса	2	6
8	4-10	Пробна відкачка води	6	0,25
9	5-7	Монтування башти	12	6,8
10	6-7	Опріснення мережі	2	0,25
11	7-10	Зварювання водогону	3	9,2
12	8-9	Вкладання бетонної коробки	4	3
13	9-10	Монтування електрокабелю	6	1,9

Розв'язання

1. Знайдемо вартість об'єкта:

$$V = 2 \cdot 0,8 + 3 \cdot 1,2 + 10 \cdot 12 + 5 \cdot 11 + 7 \cdot 13,8 + 2 \cdot 1,95 + 2 \cdot 6 + 6 \cdot 0,25 + 12 \cdot 6,8 + 2 \cdot 0,25 + 3 \cdot 9,2 + 4 \cdot 3 + 6 \cdot 1,9 = 427,3 \text{ тис. грн.}$$

2. Побудуємо СГ за таким алгоритмом:

- записуємо номери подій зліва направо (верхня частина круга);
- проставляємо терміни тривалості робіт;
- знаходимо ранні терміни тривалості подій зліва направо (ліва частина круга); якщо подія відбувається після двох і більше подій, то вибираємо максимальний ранній початок події;
- знаходимо пізні терміни настання подій справа наліво (права частина круга); якщо після події відбуваються дві або більше подій, то вибираємо мінімальний пізній початок події;
- знаходимо резерв часу настання подій (нижня частина круга) як різницю між пізніми та ранніми термінами настання подій.

СГ буде мати такий вигляд:

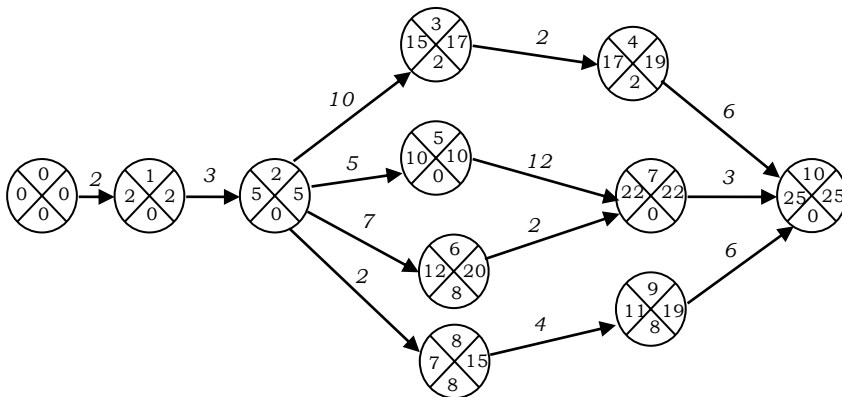


Рис. 1. СГ будівництва системи водопостачання

Отримали чотири повних шляхи:

$$L_1(0-1-2-3-4-10) = 23 \text{ (дні)},$$

$$L_2(0-1-2-5-7-10) = 25 \text{ (днів)},$$

$$L_3(0-1-2-6-7-10) = 17 \text{ (днів)},$$

$$L_4(0-1-2-8-9-10) = 17 \text{ (днів)}.$$

Критичний шлях: $L_{кр} = L_2 = 25 \text{ (днів)}$.

4. Коефіцієнти складності та напруженості сіткових графіків

Коефіцієнти складності – це співвідношення кількості робіт до кількості подій, і чим більше співвідношення, тим складніший процес аналізу СГ:

$$K_c = n_1/n_2 ,$$

де n_1 – кількість робіт, n_2 – кількість подій.

Коефіцієнт напруженості шляху визначається за формулою

$$K_n(L) = (L_i - L_{i/кр}) / (L_{кр} - L_{i/кр}),$$

де L_i – довжина i -го шляху; $L_{кр}$ – довжина критичного шляху; $L_{i/кр}$ – сумарна протяжність спільних робіт i -го і критичного шляхів.

Знайдемо коефіцієнт складності СГ та коефіцієнти напруженості шляхів:

коефіцієнт складності СГ:

$$K_c = n_1/n_2 = 13/11 = 1,2 ;$$

коефіцієнти напруженості шляхів:

$$K_n(L_1) = (23-5)/(25-5) = 0,9;$$

$$K_n(L_2) = (25-25)/(25-25) = \infty ;$$

$$K_n(L_3) = (17-8)/(25-8) = 0,53;$$

$$K_n(L_4) = (17-5)/(25-5) = 0,6 .$$

Порядок забезпечення фінансами та технікою робіт, які знаходяться на чотирьох повних шляхах такий – 2, 1, 4, 3.

5. Оптимізація сіткових графіків

Оптимізація сіткових графіків включає обробку як часових, так і вартісних параметрів. Виникає необхідність у додатковій інформації – в яких межах можна змінювати терміни виконання робіт і як при цьому зміняться затрати на виконання робіт. Для цього в сітковому моделюванні розроблений метод „час – вартість”.

Кожна робота може виконуватись в трьох режимах :

- 1) нормативний режим (був розглянутий в пункті 3);
- 2) активний режим (інтенсивний, скорочений) характеризується залученням додаткової техніки, персоналу, використання понаднормового часу, новітніх технологій; при цьому тривалість виконання роботи зменшиться, порівняно з нормативним, а витрати зростуть;
- 3) пасивний режим (відкладений, розтягнений) характеризується збільшенням тривалості виконання конкретних робіт, порівняно з нормативним, тобто робота може бути тимчасово відкладена або перервана, а ресурси використовуються для інших робіт; при цьому відбувається економія витрат.

Оптимізація проходить в два етапи:

- 1) перехід з нормативного режиму в активний – мінімізується тривалість робіт, що лежать на критичному шляху, але виникають додаткові витрати, які повинні бути мінімальними;
- 2) перехід в пасивний режим – мінімізуються загальні витрати (роботи, що не лежать на критичному шляху переводяться в пасивний режим) і при цьому виникає додаткова економія, яка повинна бути максимальною.

Необхідна умова оптимізації – при будь-яких змінах критичний шлях має залишатись єдиним.

Інформаційною основою для оптимізації СГ є дані таблиці 2:

- 1) графи 1-4 взяті з таблиці 1 (у графі 2 виділені роботи, що лежать на критичному шляху);
- 2) графи 5 і 6 – на скільки днів можна зменшити виконання певної роботи (ΔT_A) і які додаткові витрати при цьому будемо нести щодня (ΔZ_A);
- 3) графа 7 – на скільки днів можна збільшити виконання певної роботи (ΔT_n) (заповнюється при переводі робіт, що лежать на некритичному шляху в пасивний режим);
- 4) графа 8 – щоденна економія витрат (ΔZ_n) при переводі робіт, що лежать на некритичному шляху в пасивний режим.

Таблиця 2

Дані для оптимізації СГ

№ з/п	Шифр роботи	Режим роботи					
		Нормативний		Активний		Пасивний	
		T_n	ΔZ_n	ΔT_A	ΔZ_A	ΔT_{II}	ΔZ_{II}
1	0-1	2	0,8	0	0,8	—	0,8
2	1-2	3	1,2	2	1,5	—	1,5
3	2-3	10	12	5	15	0	15
4	2-5	5	11	4	13	—	13
5	2-6	7	13,8	6	16	6	16
6	2-8	2	1,95	0	1,95	0	1,95
7	3-4	2	6	0	6	0	6
8	4-10	6	0,25	5	1	0	1
9	5-7	12	6,8	9	8	—	8
10	6-7	2	0,25	1	1	0	1
11	7-10	3	9,2	2	10	—	10
12	8-9	4	3	3	4	6	4
13	9-10	6	1,9	4	2,4	0	2,4

Роботи, що лежать на критичному шляху, переводимо з нормативного режиму в активний в порядку зростання додаткових витрат. Процес оптимізації проводимо з використанням даних таблиці 2 (графи 2, 5, 6) і результати записуємо в таблицю 3.

Таблиця 3

Переведення робіт, що лежать на критичному шляху,
в активний режим

№ з/п	Шифр повного шляху	Тривалість шляху	Шифри робіт				
			0-1	1-2	5-7	7-10	2-5
1	0-1-2-3-4-10	23	23	23-2=21	21	21	21
2	0-1-2-5-7-10	25	25	25-2=23	23-1=22	22	22
3	0-1-2-6-7-10	17	17	17-2=15	15	15	15
4	0-1-2-8-9-10	17	17	1-2=15	15	15	15
Додаткові витрати			—	2*1,5=3	1*8=8	—	—

В результаті оптимізації СГ за рахунок переведення з нормативного режиму в активний робіт, що лежать на критичному шляху, отримали:

- 1) тривалість виконання робіт (час спорудження об'єкта) – 22 дні;
- 2) сумарні додаткові витрати дорівнюють $D = 3 + 8 = 11$ (тис. грн).

Роботи, що не лежать на критичному шляху, переводимо з нормативного режиму в пасивний в порядку зменшення економії витрат.

Для цього використовуємо дані таблиці 2 (графи 2, 7, 8) та таблиці 3, а результати записуємо в таблицю 4.

Таблиця 4

Переведення робіт, що не лежать на критичному шляху,
в пасивний режим

№ з/п	Шифр повного шляху	Тривал. шляху	Шифри робіт							
			2-6	2-3	3-4	8-9	9-10	2-8	4-10	6-7
1	0-1-2-3-4-10	21	21	21	21	21	21	21	21	21
2	0-1-2-5-7-10	22	22	22	22	22	22	22	22	22
3	0-1-2-6-7-10	15	15+6=21	21	21	21	21	21	21	21
4	0-1-2-8-9-10	15	15	15	15	15+6=21	21	21	21	21
Економія			6*16=96	-	-	6*4=24	-	-	-	-

В результаті оптимізації СГ за рахунок переведення робіт, що не лежать на критичному шляху, з нормативного режиму – в пасивний отримали економію коштів: $E = 96 + 24 = 120$ (тис. грн).

Тоді кінцева вартість спорудження об'єкта буде дорівнювати

$$V_k = V + D - E = 427,3 + 11 - 120 = 318,3 \text{ (тис. грн).}$$

Як показав досвід, основні переваги використання опорного конспекту лекцій такі:

- ✓ на лекціях викладач пояснює, а не диктує, теоретичний матеріал, з використанням кодоскопа або мультимедійного комплексу, а студенти слухають, а не бездумно конспектують;
- ✓ щороку можна вдосконалювати і поновлювати опорний конспект лекцій, а для перевидання методичних вказівок або навчального посібника необхідний час та додаткові кошти;
- ✓ студенти мають змогу самостійно опрацювати опорний конспект та додаткову літературу і достроково виконати і захистити лабораторні та розрахункову роботи.

1. Математическое программирование / Ю. Кузнецов и др. – М. : Высшая школа, 1980. 2. Копченова Н. В. Вычислительная математика в примерах и задачах / Копченова Н. В., Марон И. А. – М. : Наука, 1972. – 367 с. 3. Экономико-математические методы и прикладные модели / В. Федосеев и др. – М. : ЮНИТИ, 2002.

Tymeychuk O. Y., Engineering Sciences, Associate Professor,
Kuz'menko V. M., Senior Lecturer, **Tymeychuk T. B.**, Senior Lecturer
(National University of Water Management and Natural Resources Use,
Rivne)

**FROM THE EXPERIENCE OF SUPPORTING LECTURE
COMPENDIUM USE UNDER THE CONDITIONS OF EUROPEAN
CREDIT TRANSFER SYSTEM INTRODUCTION INTO THE
EDUCATIONAL PROCESS**

The article deals with the possibility of use the didactical conspectus of lectures during the study of disciplines in the conditions of European credit-transfer system (ECTS).

Keywords: net chart, complete and critical ways, active and passive office hours.

