

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
«ДНІПРОВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»



ФАКУЛЬТЕТ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ  
Кафедра системного аналізу та управління

**ДИСКРЕТНА МАТЕМАТИКА**

**Методичні рекомендації до виконання курсової роботи**  
для здобувачів ступеня бакалавра  
освітньо-професійної програми «Системний аналіз»  
зі спеціальності 124 Системний аналіз

Дніпро  
НТУ «ДП»  
2024

**Дискретна математика** [Електронний ресурс] : методичні рекомендації до виконання курсової роботи для здобувачів ступеня бакалавра спеціальності 124 Системний аналіз / уклад.: М.М. Одновол, С.А. Ус, Д.М.Гаранжа; М-во освіти і науки України; Нац. техн. ун-т «Дніпровська політехніка». – Дніпро : НТУ «ДП», 2024. – 54 с.

Укладачі:

М.М. Одновол, доц.;

С.А Ус, канд. фіз.-мат. наук, доц., проф.;

Д.М. Гаранжа, ст. викл.

Затверджено до видання науково-методичною комісією зі спеціальності 124 Системний аналіз (протокол № 10 від 30.08.2024 року) за поданням кафедри системного аналізу та управління (протокол № 10 від 30.08.2024 р.).

Наведено постановку завдання з курсової роботи, викладено основні вимоги щодо виконання роботи і оформлення. В додатках наведено зразки оформлення титульного аркуша, завдання на виконання роботи, реферату, списку використаних джерел. Методичні рекомендації містять варіанти індивідуальних завдань.

Відповідальний за випуск завідувач кафедри системного аналізу і управління Т.А. Желдак, канд. техн. наук, доц.

## ЗМІСТ

Вступ.....	5
1 Зміст та порядок захисту курсової роботи .....	6
2 Загальні вимоги до структури курсової роботи .....	7
2.1 Структура курсової роботи .....	7
2.2 Зміст розділів курсової роботи .....	8
3 Загальні вимоги до оформлення курсової роботи .....	12
3.1 Загальні вимоги .....	12
3.2 Оформлення таблиць .....	13
3.3 Оформлення переліків .....	13
3.4 Оформлення формул.....	14
3.5 Посилання в тексті .....	14
3.6 Оформлення графічного матеріалу .....	14
3.7 Оформлення списку використаних джерел.....	15
3.8 Оформлення додатків .....	15
3.9 оформлення літературних посилань .....	16
4 Приклади вирішення практичних завдань.....	16
4.1. Розрахунок часових параметрів та визначення критичного шляху мережевого графа.....	16
4.2. Оптимізація на мережах. Алгоритм дейкстри .....	20
4.3. Визначення максимального потоку. Алгоритм форда-фалкерсона.....	23
4.4 Приклад мінімізації логічних функцій. ....	26
4.5. Синтез кінцевих автоматів. ....	26
5 Варіанти індивідуальних завдань .....	31
5.1 завдання 1 .....	31
5.2 завдання 2.....	33
5.3. Завдання 3 .....	34
6 Захист і критерії оцінювання курсової роботи .....	45
Рекомендована література .....	47

Додаток А Приклад оформлення титульного аркуша .....	48
Додаток Б Приклад оформлення завдання на курсову роботу .....	508
Додаток В Приклад оформлення бібліографічного опису наукових робіт.....	50

## ВСТУП

Курсова робота є однією із видів індивідуальної роботи здобувачів вищої освіти, яка має на меті поглиблення, узагальнення та закріплення знань, які вони отримують в процесі навчання, а також застосування цих знань на практиці.

Виконання курсової роботи передбачає формулювання теми роботи, визначення об'єкта та предмета дослідження, опрацювання літератури, організацію та проведення дослідження, аналіз отриманих результатів, самостійне формулювання висновків, оформлення результатів згідно з існуючими критеріями та вимогами, набуття навичок техніки й етики наукової роботи.

Курсова робота має відображати здатність здобувача працювати з науковою літературою, поєднувати теоретичні знання з практичною діяльністю, розробляти і формулювати обґрунтовані пропозиції щодо удосконалення методів, які були проаналізовані в роботі, та застосування їх у практичній діяльності.

**Основна мета курсової роботи** з дисципліни «Дискретна математика» – поглиблене вивчення та аналіз теоретичного матеріалу та його застосування при вирішенні практичних задач.

Курсова робота має сприяти досягненню таких компетенцій і результатів навчання, визначених в освітній програмі «Системний аналіз»:

K01 Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу;

K02 Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях;

K04 Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності;

K17 Здатність використовувати системний аналіз як сучасну міждисциплінарну методологію, що базується на прикладних математичних методах та сучасних інформаційних технологіях і орієнтована на вирішення задач аналізу і синтезу технічних, економічних, соціальних, екологічних та інших складних систем;

K18 Здатність формалізувати проблеми, описані природною мовою, у тому числі за допомогою математичних методів, застосовувати загальні підходи до математичного моделювання конкретних процесів;

K23 Здатність використовувати сучасні інформаційні технології для комп'ютерної реалізації математичних моделей та прогнозування поведінки конкретних систем а саме: об'єктно-орієнтований підхід при проектуванні складних систем різної природи, прикладні математичні пакети, застосування баз даних і знань;

ПР 2 Вміти використовувати стандартні схеми для розв'язання комбінаторних та логічних задач, що сформульовані природною мовою; застосовувати класичні алгоритми для перевірки властивостей та класифікації об'єктів, множин, відношень, графів, груп, кілець, решіток, булевих функцій тощо.

Виконання індивідуального завдання здійснюється здобувачами самостійно під керівництвом викладача в поза аудиторний час.

### **Написання курсової роботи передбачає виконання наступних завдань:**

1. Опрацювання наукової та методичної літератури, нормативних та інструктивних матеріалів.
2. Застосування сучасних методик дослідження процесів та систем з використанням математичних методів і прогресивних комп'ютерних технологій.
3. Аналіз та узагальнення інформації, що описує реальний процес чи ситуацію.
4. Здійснення формальної постановки проблеми, складання математичних моделей ситуацій.
5. Вибір алгоритму пошуку рішень.
6. Одержання оптимальних рішень в конкретних ситуаціях із застосуванням комп'ютерних технологій.
7. Аналіз отриманих результатів і на їх основі підведення висновків теоретичного та прикладного характеру.

## **1. ЗМІСТ ТА ПОРЯДОК ЗАХИСТУ КУРСОВОЇ РОБОТИ**

Курсова робота складається теоретичної та практичної частини. Вона призначена для опанування та поглиблення теоретичних знань у галузі математичного моделювання, синтезу кінцевих автоматів, здобуття знань і навичок застосування найпоширеніших методів і моделей в наукових дослідженнях.

До курсової роботи висуваються такі вимоги:

- повнота і глибина висвітлення обраної теми;
- наявність у роботі висновків та рекомендацій щодо обраної теми;
- правильність оформлення та своєчасність її подання на кафедру.

Виконану курсову роботу студент повинен подати на кафедру системного аналізу та управління у встановлений термін для рецензування та визначення попередньої оцінки керівником. Рівень підготовки курсової роботи свідчить про ступінь засвоєння студентами здобутих знань.

Після ознайомлення керівника із роботою, визначення попередньої оцінки та формування зауважень до роботи, робота повертається здобувачеві. Здобувач повинен доопрацювати роботу відповідно до зауважень керівника.

Після доопрацювання студент подає остаточний варіант курсової роботи на кафедру.

Курсову роботу здобувач захищає публічно. Він готує коротку доповідь (на 5-10 хв.), яка повинна відображати основні положення курсової роботи. Особливу увагу слід приділити висвітленню власного внеску в розробку проблеми. Після доповіді здобувач відповідає на запитання. Для відповіді на

запитання можна користуватись роботою, тезами доповіді та ілюстративними матеріалами (матеріалами презентації).

Основні критерії оцінювання:

- повнота розкриття теми курсової роботи;
- результати, отримані в процесі дослідження;
- логічність та обґрунтованість висновків;
- рівень висвітлення в доповіді суті роботи;
- правильність та повнота відповідей на поставлені питання;
- відповідність оформлення роботи встановленим нормам та вимогам;
- своєчасність подання роботи.

Результати виконаної курсової роботи подаються студентом у вигляді пояснювальної записки обсягом близько 40 сторінок. У пояснювальній записці наводяться, окрім відповідей на теоретичні запитання, також і математичні викладки та розрахунки, які супроводжуються ілюстративним матеріалом: схемами, графіками, діаграмами тощо. Пояснювальна записка оформлюється згідно з вимогами, які наведені у розділі 2 методичних рекомендацій. Крім роздрукованого звіту студенти подають викладачеві електронний варіант документа.

## **2. ЗАГАЛЬНІ ВИМОГИ ДО СТРУКТУРИ КУРСОВОЇ РОБОТИ**

### **2.1 Структура курсової роботи**

Курсова робота повинна містити наступні розділи:

- 1) Титульний аркуш (додаток А)
- 2) Завдання на курсову роботу
- 3) Анотація
- 4) Зміст
- 5) Вступ
- 6) Основна частина:
  - Аналіз предметної області;
  - Формулювання завдання на курсову роботу;
  - Розробка математичних моделей дискретних об'єктів;
  - Синтез кінцевого автомата;
  - Розрахунок параметрів математичних моделей за допомогою спеціалізованого (або розробленого) програмного забезпечення
- 7) Висновки
- 8) Список використаних літературних джерел
- 9) Додатки

## 2.2 Зміст розділів курсової роботи

На титульному аркуші необхідно вказати назву міністерства, якому підпорядковується заклад вищої освіти, назву закладу вищої освіти, де виконана робота, та його структурних підрозділів (факультет, кафедра), тему курсової роботи, прізвище, ім'я, по батькові автора, посаду, науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ім'я, по батькові наукового керівника, місто та рік. Зразок оформлення титульного аркуша курсової роботи наведено у додатку А. Титульна сторінка має бути підписана керівником та здобувачем у відповідних графах.

Завдання на курсову роботу оформлюється на бланках установленної форми (див. додаток Б). Видача завдання здійснюється науковим керівником на початку семестру, в якому виконується курсова робота згідно з навчальним планом.

Анотація – це короткий виклад змісту курсової роботи.

Анотація оформлюється на окремому аркуші та виконується в такій послідовності:

- Прописними буквами пишеться слово «Анотація».
- Вказується тема курсової роботи.
- Вказується прізвище, ініціали автора.
- В наступних 1-2 рядках пишуться ключові слова (в називному відмінку в алфавітному порядку), які характеризують головний зміст роботи. Кількість ключових слів – від 5 до 10.

- З нового рядка пишеться текст анотації (0,3 – 0,5 стор.). Анотація повинна бути лаконічною, мати конкретну форму, але при цьому давати змістовну характеристику курсової роботи без побічної інформації. Основне її призначення – охарактеризувати зміст роботи, основні напрямки дослідження. В анотації необхідно в узагальненій формі подати головний результат курсової роботи та її особливості у практичному застосуванні. Анотація пишеться від третьої особи в безособовій формі. Текст повинен бути максимально об'єктивним, змістовним і описувати тільки факти.

- Вказується обсяг роботи (в сторінках), кількість рисунків, таблиць, джерел літератури, додатків.

Зміст включає номери й найменування всіх розділів, параграфів, пунктів курсової роботи, а також вступу, висновків, списку використаної літератури і додатків із вказівкою номерів сторінок, на яких розміщається початок матеріалу. У випадку комп'ютерного набору тексту зміст зручно оформляти у вигляді таблиці з двох стовпчиків, один із яких містить назви розділів, підрозділів, а інший – нумерацію сторінок; зовнішні межі (рамки) таблиці не відображають.

У вступі необхідно обґрунтувати актуальність теми, сформулювати мету та завдання роботи, предмет та об'єкт дослідження, дати коротку характеристику проблеми, котру досліджують, описати структуру роботи, вказати методи та методики дослідження, визначити практичну спрямованість роботи.

Актуальність (лат. Actualis – дієвість) теми – це важливість, суттєве значення, відповідність теми дослідження сучасним потребам певної галузі науки та перспективам її розвитку, практичним завданням відповідної сфери

діяльності. Вона характеризує співвідношення між тим, що з даної проблеми вже відомо і що досліджується студентом уперше, і свідчить про те, для якої галузі науки чи виробництва мають цінність наукові результати роботи.

Шляхом критичного аналізу студент повинен обґрунтувати актуальність вибраної теми. Висвітлення актуальності не повинно бути багатослівним. Досить кількома реченнями висловити головне – сутність проблеми та необхідність її дослідження.

Мета курсової роботи як запланований результат повинна відображати спрямованість досліджень і за змістом відповідати темі роботи.

Для формулювання мети доцільно використовувати мовну конструкцію з інфінітивом (розкрити, встановити, виявити, розробити, проаналізувати, обґрунтувати, узагальнити, систематизувати), іменником у знахідному відмінку, що називає об'єкт дії (проблему, явище, функції, метод, модель, факти, елементи, сутність, систему тощо), та іменником (-ами) у родовому відмінку, що конкретизує об'єкт (розвитку, стратегії, управління, виробництва і т. ін.), наприклад: Мета роботи – розробити моделі оцінки конкурентоспроможності тощо. Не слід формулювати мету як «Дослідження...», «Вивчення...», оскільки ці слова вказують на засіб досягнення мети, а не на саму мету.

Мета роботи конкретизується у завданнях (як правило, 4-5 пунктів), які слід вирішити для досягнення цієї мети. Завдання не повинні бути глобальними, такими, що претендують стати темами окремих дипломних (магістерських) робіт чи дисертацій. Вони можуть включати такі складові:

- вирішення певних теоретичних питань, які входять до загальної проблеми дослідження (наприклад, виявлення сутності понять, явищ, процесів, вивчення окремих методів та подальше їх вдосконалення, побудова моделей та розробка програмного забезпечення тощо);

- дослідження практики вирішення даної проблеми, її типового стану, недоліків і труднощів, їх причин, особливостей, попереднього досвіду;

- обґрунтування необхідної системи заходів щодо вирішення даної проблеми;

- розробка методичних рекомендацій та пропозицій щодо використання результатів дослідження у практичній діяльності.

Об'єкт і предмет дослідження співвідносяться між собою як загальне і часткове.

**Об'єкт** – це процес або явище щодо проблемної ситуації, вибраної для вивчення. Об'єктом дослідження в курсовій роботі може бути система, явище чи процес або окремі структурні одиниці будь-якої системи чи процесу, наприклад, процеси змін у суспільстві, діяльність окремих суб'єктів, стани і властивості системи, взаємодії і взаємозв'язки, залежності, функції, причини, механізми змін у процесі розвитку.

**Предмет** – це теоретичне відтворення дійсності, тих суттєвих зв'язків та відношень, які підлягають безпосередньому вивченню в даній роботі. Предмет вказує, який саме аспект об'єкта розглядається, які нові його властивості, відношення, функції. Предметом дослідження може бути одна з функцій,

властивостей, характеристик об'єкту дослідження, його якості, галузь використання тощо.

Перелік методів дослідження, використаних для розв'язання поставлених в роботі завдань, необхідно подавати коротко та конкретно, визначаючи, що саме досліджувалось тим чи іншим методом. Це дасть змогу пересвідчитися в логічності та прийнятності виробу саме цих методів.

У курсовій роботі можуть використовуватися:

- методи емпіричного дослідження: спостереження, порівняння, вимірювання, експеримент;

- методи теоретичного дослідження: аналогія, екстраполяція, ідеалізація, формалізація, аксіоматичний метод, гіпотеза та припущення, історичний метод, системний підхід, систематизація, класифікація тощо.

- методи абстрагування, аналіз, синтез, індукція, моделювання та ін.

Розмір вступу не повинен перевищувати двох сторінок.

Основна частина курсової роботи поділяється на розділи.

У теоретичній частині курсової роботи здійснюється опис методів дослідження операцій (ідея методу, алгоритм методу) згідно теми курсової роботи з наведенням класу задач, до розв'язування яких дані методи можна застосовувати.

Хоча ця частина курсової роботи справді є теоретичною, необхідно сформулювати таку її назву, яка б відображала головну ідею того, про що йдеться у розділі. Теоретична частина може містити кілька підпунктів, якщо це доцільно в структурі роботи. Структурування роботи на підрозділи, пункти, параграфи сприяє послідовності викладення інформації. Дотримуючись принципів послідовного та цілісного викладення наукових матеріалів, слід стисло й лаконічно висвітлити ступінь дослідження проблеми в сучасній вітчизняній та зарубіжній літературі, зазначивши ті питання чи аспекти проблеми, які необхідно вивчити.

У практичній частині курсової роботи здобувач здійснює постановку задачі, яку буде розв'язувати досліджуваними у курсовій роботі методами, буде математичну модель наведеної задачі, навидить практичну реалізацію даної задачі на конкретних числових даних та проводить аналіз отриманих результатів.

При проведенні програмної реалізації методу здобувач буде алгоритм, блок-схему алгоритму, створює комп'ютерну програму реалізації досліджуваного методу (текст програми слід помістити у додатки) та наводить інструкцію щодо її використання. Доцільно відобразити вікна програми, показати приклад розрахунку за допомогою програми.

У висновках до курсової роботи коротко формулюють результати, отримані у процесі роботи, викладають головні наукові та практичні результати досліджень, аргументуючи кількісними та якісними показниками. Висновки повинні інформувати про досягнення мети дослідження і виконання конкретних

поставлених завдань. Необхідно відзначити можливість практичного застосування даної роботи, описати наявні недоліки й шляхи їхнього усунення.

Список використаних джерел повинен містити перелік джерел (Законів України, інструкцій, нормативних актів, книг, статей, методичних вказівок, посилань на ресурси глобальної мережі й т.п.), використаних при виконанні роботи. При написанні курсової роботи здобувач має використати не менше 15 джерел.

Пошук літератури за темою є досить трудомістким процесом. Він повинен охоплювати як літературу попередніх років, так і публікації періодичних видань останніх років. Під час пошуку й аналізу літературних джерел слід заздалегідь потурбуватись про підготовку бібліографії та про коректність посилань у процесі написання роботи. Доцільно із самого початку готувати список використаних джерел згідно з вимогами до його оформлення на окремих аркушах паперу, записуючи прізвище автора, назву книги, рік видання та сторінку: це полегшує процес написання й оформлення роботи і гарантує коректність посилань.

У додатках подають матеріал, який є необхідним для повноти курсової роботи, але включення його до основної частини курсової роботи може змінити впорядковане і логічне уявлення про дослідження; або ж матеріал, який не може бути розміщений в основній частині курсової роботи через великий обсяг, способи його відтворення або форму подання (схеми, таблиці, формули, розрахунки, опис комп'ютерних програм, розроблених у процесі виконання роботи та ін.).

## **3 ЗАГАЛЬНІ ВИМОГИ ДО ОФОРМЛЕННЯ КУРСОВОЇ РОБОТИ**

### **3.1 Загальні вимоги**

Курсова робота оформлюється відповідно до вимог ДСТУ 3008-2015. «Інформація та документація. Звіти у сфері науки і техніки. Структура та правила оформлювання».

Текст курсової роботи повинен бути від третьої особи. При написанні курсової роботи необхідно дотримуватись наукового стилю викладення матеріалу.

Текст друкується на білому папері формату А4 з використанням шрифту Times New Roman текстового редактора Word розміру 14 з 1,5 міжрядковим інтервалом, залишаючи поля таких розмірів: ліве – не менше 30 мм, праве – не менше 10 мм, верхнє – не менше 20 мм, нижнє – не менше 20 мм.

Обсяг основної текстової частини разом із ілюстративним матеріалом повинен складати 30-40 сторінок формату А4.

Текст курсової роботи ділять на розділи й нумерують. Заголовки розділів починаються з нової сторінки й друкують посередині тексту великими літерами.

Аналогічно друкуються заголовки структурних частин курсової роботи: Анотація, Зміст, Вступ, Висновки, Список використаних джерел, Додатки, але вони не нумеруються. Тобто не можна друкувати: «1. АНОТАЦІЯ», «2.ЗМІСТ» або «Розділ 7. СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ». Номер розділу ставлять після слова «РОЗДІЛ», після номера крапку не ставлять, потім з нового рядка друкують заголовок розділу.

Заголовки параграфів та пунктів пишуть із абзацу, відступаючи ліворуч 1,25 см. У заголовку не допускаються переноси слів. Крапку наприкінці заголовку не ставлять.

Нумерація сторінок курсової роботи – наскрізна, включаючи додатки.

Нумерацію сторінок, розділів, підрозділів, пунктів, підпунктів, рисунків (малюнків), таблиць, формул подають арабськими цифрами без знаку №.

Першою сторінкою роботи є титульний аркуш, який включають до загальної нумерації сторінок. На титульному аркуші номер сторінки не ставлять. Завдання до курсової роботи не входить до загальної кількості сторінок та не нумерується.

Такі структурні частини, як анотація, зміст, вступ, висновки, список використаної літератури, додатки нумерують звичайним чином, але порядковий номер на них не ставлять. На всіх інших сторінках номер проставляють у правому верхньому куті сторінки без крапки в кінці.

Не допускається розміщувати назву розділу, підрозділу, пункту, підпункту в нижній частині сторінки, якщо після неї розміщено тільки один рядок тексту.

Всю інформацію, запозичену з літературних джерел, необхідно чітко виділити (з посиланням на джерело).

Скріплюють курсову роботу за допомогою папки із швидкозшивачем.

### 3.2 Оформлення таблиць

Цифровий матеріал, як правило, оформлюють у вигляді таблиць відповідно до рисунку

Таблиця 2.1 – Назва таблиці

<i>Заголовок</i>	<i>Заголовок графи</i>			
		<i>Підзаголовок</i>		

Таблиці нумерують послідовно арабськими цифрами в межах розділу. Номер таблиці складається з номера розділу і порядкового номера таблиці, відокремлених крапкою, наприклад, «Таблиця 2.1» – перша таблиця другого розділу.

Слово «Таблиця» вказують один раз зліва над першою частиною таблиці, над іншими частинами пишуть: «Продовження таблиці» із зазначенням номера таблиці.

Таблиці кожного додатка позначають окремою нумерацією арабськими цифрами з додаванням перед цифрою позначення додатка. На всі таблиці мають бути посилання в тексті, які складаються зі слова «таблиця» із зазначенням її номера.

Допускається розміщення таблиці вздовж довгого боку аркуша.

Якщо рядки або стовпці таблиці виходять за формат сторінки, то таблицю ділять на частини, які розміщують одна під одною або поряд, до того ж у кожній частині таблиці повторюють її заголовок і боковик. У разі поділу таблиці на частини допускається її заголовок або боковик замінити відповідно номерами стовпців і рядків. Зокрема нумерують арабськими цифрами стовпці та (або) рядки першої частини таблиці.

Якщо в кінці сторінки таблиця переривається й її продовження буде на наступній сторінці, то в першій частині таблиці нижню горизонтальну лінію, що обмежує таблицю, не креслять.

### 3.3 Оформлення переліків

У тексті пунктів або підпунктів можуть бути переліки. Перед переліком ставлять двокрапку. Перед кожною позицією переліку слід ставити дефіс або (за необхідності посилання в тексті на один із переліків) малу літеру, після якої

ставлять дужку. Для подальшої деталізації переліку необхідно використовувати арабські цифри, після яких ставлять дужку.

Приклад:

- а) методи дискретної математики;
- б) методи нелінійного програмування:
  - 1) метод аналітичний;
  - 2) метод Карно.

### **3.4 Оформлення формул**

Набір формул здійснюється засобами Microsoft Word. Скановані формули, рисунки чи таблиці використовувати заборонено.

Формули нумерують (за наявності на них посилань) арабськими цифрами в межах розділу. Нумери вказують з правої сторони аркуша на рівні формули в круглих дужках. Номер формули складається з номера розділу і порядкового номера формули, відокремлених крапкою, наприклад, (1.1). Посилання в тексті на порядкові номери формули дають у дужках, наприклад: у формулі (1.1). Формули в додатках нумерують окремо арабськими цифрами в межах кожного додатка з додаванням перед цифрою позначення додатка, наприклад: (A.1).

Пояснення значень символів і числових коефіцієнтів, що входять до формули, якщо вони не пояснювалися в тексті, слід наводити під формулою в тій же послідовності, у якій вони дані у формулі, кожне з нового рядка. Перед поясненням першого символу пишуть «де» без двокрапки.

### **3.5 Посилання в тексті**

Посилання на джерела в тексті курсової роботи варто вказувати у квадратних дужках відповідно до номера джерела у списку використаних джерел, наприклад [5] або [35; 123] або, наприклад, «... у роботах [1–7]...». Якщо в тексті вжито цитату, необхідно, окрім посилання на літературне джерело, зазначити сторінку, наприклад [123, с. 24].

У повторних посиланнях на таблиці та ілюстрації треба вказувати скорочене слово «дивись», наприклад: «див. табл. 1.3».

### **3.6 Оформлення графічного матеріалу**

Графічний матеріал – рисунки – розміщують у роботі для встановлення властивостей або характеристик об'єкта дослідження, а також для кращого розуміння тексту роботи. На графічний матеріал мають бути посилання в тексті. Слід прагнути до того, щоб графічний матеріал наочно демонстрував мету курсової роботи, методiku та техніку її досягнення, а також отримані результати.

Графічний матеріал розміщують безпосередньо після тексту, у якому про нього згадується вперше, або на наступній сторінці, а за необхідності – у додатку. Таблиці, що доповнюють графічний матеріал, подають після графічного матеріалу.

Графічний матеріал повинен бути розміщений так, щоб його було зручно розглядати без повертання роботи чи з повертанням тільки за годинниковою стрілкою. Пояснення до графічного матеріалу вказують під ним. Номер графічного матеріалу та його назву вказують нижче пояснень, наприклад, «Рисунок 1.1 – Залежність X від Y». Графічний матеріал разом із назвою відокремлюється від тексту відступами зверху та знизу.

Графічний матеріал (за винятком графічного матеріалу додатків) слід нумерувати арабськими цифрами порядковою нумерацією в межах розділу, наприклад: «Рисунок 2.1». Номер рисунка складається з номерів розділу та порядкового номера рисунка, відокремлених крапкою (Рисунок 2.1). Графічний матеріал кожного додатка позначають окремою нумерацією арабськими цифрами з додаванням перед цифрою позначення додатка (Рисунок А.3).

### **3.7 Оформлення списку використаних джерел**

Список використаних джерел – елемент бібліографічного апарату, котрий містить бібліографічні описи використаних джерел і розміщується після висновків. Джерела можна розміщувати одним із таких способів: у порядку появи посилань у тексті (найбільш зручний для користування і рекомендований при написанні курсової роботи), в алфавітному порядку прізвищ перших авторів або заголовків, у хронологічному порядку. Опис навчальної, довідкової, методичної й іншої літератури обов'язково повинен містити: прізвища авторів, назва книги (її заголовок), відомості про повторність видання, місце видання, видання і рік видання, кількість сторінок. Місто (місце) видання необхідно наводити повне у називному відмінку. Рік видання треба писати цифрами без слова «рік». Кількість сторінок записують із указівкою слова «сторінка» у скороченому виді (с.). Зразок оформлення «Списку використаних джерел» наведено у додатку Д.

### **3.8 Оформлення додатків**

Додатки позначаються великою літерою (наприклад, Додаток А), за винятком Г, Є, З, І, Ї, Й, О, Ч, Ь, у тій послідовності, у якій на них посилаються в тексті. Додаток повинен мати заголовок, який відображає зміст додатка. Кожен додаток слід починати з нової сторінки із зазначенням угорі посередині сторінки слова «Додаток» і його позначенням, а під ним заголовок. Заголовок додатка друкують симетрично стосовно тексту з великої літери окремим рядком.

### 3.9 Оформлення літературних посилань

Обов'язковим є посилання на інформаційні джерела, матеріали з яких (формули, таблиці, схеми, графіки, висновки тощо) наводяться в роботі. Посилатися слід на останні видання публікацій. Якщо студент використовує відомості, матеріали з монографій, оглядових статей, інших джерел з великою кількістю сторінок, тоді в посиланні необхідно точно вказати номери сторінок, що містять використані студентом цитати, ілюстрації, таблиці, формули. Посилання розміщується у квадратних дужках і містять порядковий номер джерела в списку використаних інформаційних джерел (додаток Б) із зазначенням сторінок, на яких знаходиться використаний матеріал, наприклад, [1, с. 7]. Посилання може також розміщуватися під текстом сторінки з цитатою у вигляді виноски, в якій вказують прізвище та ініціали автора, назву джерела, видавництва, рік видання та сторінку. При посиланні на рисунки чи таблиці вказують порядковий номер ілюстрації, наприклад, «рис. 2.1». При повторному посиланні вказують «див. рис. 2.2». При посиланнях на формули вказують порядковий номер формули в круглих дужках, наприклад, «у формулі (1.2)».

## 4 ПРИКЛАДИ РОЗВ'ЯЗУВАННЯ ПРАКТИЧНИХ ЗАВДАНЬ

### 4.1. Розрахунок часових параметрів та визначення критичного шляху мережевого графа

Позначимо:

- $t_p$  - ранній термін настання події;
- $t_n$  - пізній термін настання події ;
- $t_{ij}$  - час операцій ;
- $i$  - номер попередньої події ;
- $j$  - номер наступної події ;
- $R_n$  - повний резерв часу операції  $(i,j)$  ;
- $R$  - резерв часу події ;
- $t_{po}$  - ранній термін завершення операції  $(i,j)$  ;
- $t_{no}$  - пізній термін завершення операції  $(i,j)$  ;

Основні часові параметри мережевого графа з детермінованим часом виконання операцій розраховуються за наступними формулами:

1) ранній термін настання події  $j$

$$t_p^j = \begin{cases} t_p^i + t_{ij}, \text{ якщо до події } j \text{ підходить одна операція} \\ \max_{\{i\}} \{t_p^i + t_{ij}\}, \text{ якщо до події } j \text{ підходить декілька операцій} \end{cases}$$

2) пізній термін настання події  $j$

$$t_p^j = \begin{cases} t_n^i - t_{ij}, \text{ якщо від події } j \text{ відходить одна операція} \\ \min_{\{j\}} \{t_n^i - t_{ij}\}, \text{ якщо від події } j \text{ відходить декілька операцій} \end{cases}$$

3) резерв часу події

$$R = t_n - t_p$$

4) ранній термін завершення операції ( i , j )

$$t_{po} = t_p + t_{ij}, \text{ при } t_{po} = 0$$

5) пізній термін завершення операції ( i , j )

$$t_{no} = t_n$$

6) повний резерв часу операції ( i , j )

$$R_n = T_n - T_p - t_{ij}$$

де  $R_n$  – максимальний час, на який можна відтермінувати або збільшити тривалість роботи (i,j), не змінюючи директивного або раннього терміну настання завершальної події;  $R_n$  приймають мінімальні значення для операцій, які знаходяться на критичному шляху, ці мінімальні значення дорівнюють нулю, якщо директивний термін настання завершальної події не задано або перебільшує початок виконання операцій на час, який дорівнює тривалості критичного шляху.

Критичний шлях мережевого графа  $L_{кр}$  – це послідовність операцій, тривалість яких складає мінімальний час виконання всього комплексу операцій. Тривалість критичного шляху називають критичним часом  $T_{кр}$ . Критичний шлях  $L_{кр}$  визначається як послідовність операцій з найменшим повним резервом.

Розрахунок  $t_{po}$  та  $t_p$  ведеться від початку мережевого графа до кінця, а розрахунок  $t_n$  та  $t_{no}$  – від кінця до початку. При цьому для кінцевої події  $t_p = t_n$ .

При розрахунках часових параметрів мережевих графів з детермінованим часом виконання операцій не враховуються випадкові зміни тривалості операцій, які можуть суттєво вплинути на термін завершення усього комплексу операцій.

**Приклад.** В таблиці записані роботи (i,j) і час їх виконання  $t_{ij}$ ;

i , j	1, 2	1, 3	2, 3	2, 5	3, 4	3, 6	4, 5	4, 6	4, 7	5, 7	6, 7
$t_{ij}$	2	8	5	4	7	23	12	4	5	10	8

Знайти параметри мережевого графа за подіями і роботами.

*Розв'язування*

За даними роботами i, j будуємо мережевий граф. Подій всього 7, отже рисуємо 7 вершин. Потрібно розмістити вершини таким чином, щоб роботи i, j не перетинались.

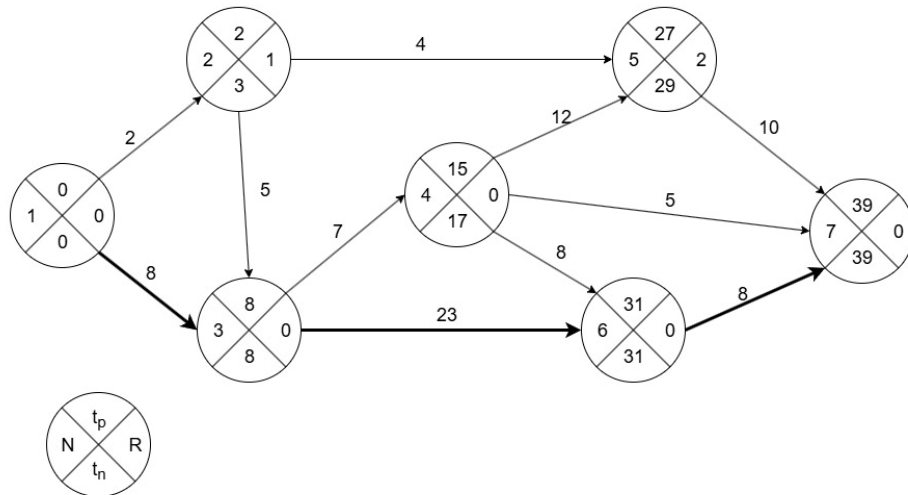


Рис. 1, 2 Мережевий граф за даними

Знаходимо параметри за подіями

1) Ранній термін настання події  $i$ ,  $t_p(i)$ . Це максимальний шлях від початкової події до  $i$ -ї події:

$$t_p(1) = 0; \quad t_p(2) = t_{1,2} = 2$$

У третю подію входять 2 роботи: (2,3) та (1,3), отже

$$t_p(3) = \max\{t_p(2) + t_{2,3}; t_p(1) + t_{1,3}\} = \max\{2+5, 8\} = 8$$

У четверту подію входить одна робота (3,4)

$$t_p(4) = t_p(3) + t_{3,4} = 8 + 7 = 15$$

У п'яту подію входять дві роботи: (2,5) та (4,5), отже

$$t_p(5) = \max\{t_p(2) + t_{2,5}; t_p(4) + t_{4,5}\} = \max\{2+4, 15+12\} = 27$$

У шосту подію входять дві роботи: (4,6) та (3,6), отже

$$t_p(6) = \max\{t_p(4) + t_{4,6}; t_p(3) + t_{3,6}\} = \max\{15+4, 8+23\} = 31$$

У сьому подію входять три роботи: (5,7); (4,7); (6,8) отже

$$t_p(7) = \max\{t_p(5) + t_{5,7}; t_p(4) + t_{4,7}; t_p(6) + t_{6,7}\} = \max\{27+10, 15+5, 31+8\} = 39$$

2) Пізній термін настання події  $i$ ,  $t_n(i)$  — це різниця між тривалістю максимального шляху  $l_{\max}$  і шляху найбільшої тривалості від заданої події до кінцевої події.

Розраховується  $t_n(i)$  по зворотній схемі  $t_p(i)$ . Отже, розрахунок починаємо від кінцевої події, орієнтуємось на вихідні роботи, беремо мінімум різниці.

Для кінцевої події

$$t_n(7) = t_p(7) = 39$$

З шостої події виходить одна робота: (6,7)

$$t_n(6) = t_n(7) - t_{6,7} = 39 - 8 = 31$$

З п'ятої події виходить одна робота: (5,7)

$$t_n(5) = t_n(7) - t_{5,7} = 39 - 10 = 29$$

З четвертої події виходить 3 роботи: (4,5); (4,6); (4,7)

$$t_n(4) = \min\{t_n(5) - t_{4,5}; t_n(6) - t_{4,6}; t_n(7) - t_{4,7}\} = \min\{29 - 12; 31 - 4; 39 - 5\} = 17$$

З третьої події виходить 2 роботи: (3,4);(3,6)

$$t_n(3) = \min\{t_n(4) - t_{3,4}; t_n(6) - t_{3,6}\} = \min\{17 - 7; 31 - 23\} = 8$$

З другої події виходить 2 роботи: (2,5);(2,3)

$$t_n(2) = \min\{t_n(5) - t_{2,5}; t_n(3) - t_{1,3}\} = \min\{8 - 5; 29 - 4\} = 3$$

З початкової події виходить 2 роботи: (1,2);(1,3)

$$t_n(1) = \min\{t_n(2) - t_{1,2}; t_n(3) - t_{1,3}\} = \min\{3 - 2; 8 - 8\} = 0$$

Для початкової події повинна виконуватись умова:

$$t_p(1) = t_n(1) = 0.$$

3) Знаходимо резерв часу за подіями:

$$R(i) = t_n(i) - t_p(i).$$

$$R(1) = 0; \quad R(2) = 3 - 2 = 1; \quad R(3) = 8 - 8 = 0;$$

$$R(4) = 17 - 15 = 2; \quad R(5) = 29 - 27 = 2; \quad R(6) = 31 - 31 = 0;$$

$$R(7) = 39 - 39 = 0.$$

4) Критичний шлях проходить по подіях з нульовим резервом часу

$R(i) = 0$ , тобто 1, 3, 6, 7, (виділено на графі). Довжина критичного шляху  $L_{кр}$  — це самий найдовший шлях від початкової події до кінцевої:

$$L_{кр} = t_p(7) = 39.$$

Розрахуємо необхідні параметри по роботам.

5) Ранній термін завершення роботи (i, j) :

$$t_{p.o}(i, j) = t_p(i) + t_{i,j}$$

$$t_{p.o}(1,2) = t_p(1) + t_{1,2} = 0 + 2 = 2;$$

$$t_{p.o}(1,3) = t_p(1) + t_{1,3} = 0 + 8 = 8;$$

$$t_{p.o}(2,3) = t_p(2) + t_{2,3} = 2 + 5 = 7;$$

$$t_{p.o}(2,5) = t_p(2) + t_{2,5} = 2 + 4 = 6;$$

$$t_{p.o}(3,4) = t_p(3) + t_{3,4} = 8 + 7 = 15;$$

$$t_{p.o}(3,6) = t_p(3) + t_{3,6} = 8 + 23 = 31;$$

$$t_{p.o}(4,5) = t_p(4) + t_{4,5} = 15 + 12 = 27;$$

$$t_{p.o}(4,6) = t_p(4) + t_{4,6} = 15 + 4 = 19;$$

$$t_{p.o}(4,7) = t_p(4) + t_{4,7} = 15 + 5 = 20;$$

$$t_{p.o}(5,7) = t_p(5) + t_{5,7} = 27 + 10 = 37;$$

$$t_{p.o}(6,7) = t_p(6) + t_{6,7} = 31 + 8 = 39;$$

6) Пізній термін настання закінчення роботи (i, j) :

$$t_{n.o}(1,2) = t_n(2) = 3;$$

$$t_{n.o}(1,3) = t_n(3) = 8;$$

$$t_{n.o}(3,4) = t_n(4) = 17;$$

$$t_{n.o}(3,6) = t_n(6) = 31;$$

$$t_{n.o}(5,7) = t_n(7) = 39;$$

$$t_{n.o}(6,7) = t_n(7) = 39;$$

$$t_{n.o}(2,3) = t_n(3) = 8;$$

$$t_{n.o}(2,5) = t_n(5) = 29;$$

$$t_{n.o}(4,5) = t_n(5) = 29;$$

$$t_{n.o}(4,6) = t_n(6) = 31;$$

$$t_{n.o}(4,7) = t_n(7) = 39.$$

7) Повний резерв часу роботи  $i, j$  - це час, на який можна збільшити тривалість даної роботи, не змінюючи при цьому тривалість критичного шляху  $L_{кр}$ .

$$R_n(i, j) = t_n(j) - t_p(i) - t_{i,j};$$

$$R_n(1,2) = t_n(2) - t_p(1) - t_{1,2} = 3-0-2 = 1;$$

$$R_n(1,3) = t_n(3) - t_p(1) - t_{1,3} = 8-0-8 = 0;$$

$$R_n(2,3) = t_n(3) - t_p(2) - t_{2,3} = 8-2-5 = 1;$$

$$R_n(2,5) = t_n(5) - t_p(2) - t_{2,5} = 8-2-4 = 2;$$

$$R_n(3,4) = t_n(4) - t_p(3) - t_{3,4} = 17-8-7 = 2;$$

$$R_n(3,6) = t_n(6) - t_p(3) - t_{3,6} = 31-8-23 = 0;$$

$$R_n(4,5) = t_n(5) - t_p(4) - t_{4,5} = 29-15-12 = 2;$$

$$R_n(4,6) = t_n(6) - t_p(4) - t_{4,6} = 31-15-4 = 12;$$

$$R_n(5,7) = t_n(7) - t_p(5) - t_{5,7} = 39-27-10 = 2;$$

$$R_n(6,7) = t_n(7) - t_p(6) - t_{6,7} = 39-31-8 = 0;$$

Робота (4,7) має великий резерв часу (12), отже можна з цієї роботи зняти на даному етапі ресурси і направити їх на роботи, які розташовані на критичному шляху. Аналогічно, роботи (2,5),(3,4),(4,5),(5,7) мають резерв часу, який дорівнює 2. Роботу (2,3) вважаємо під критичною, а роботи з нульовим резервом часу – критичні. Критичний шлях зображено на рисунку 3.

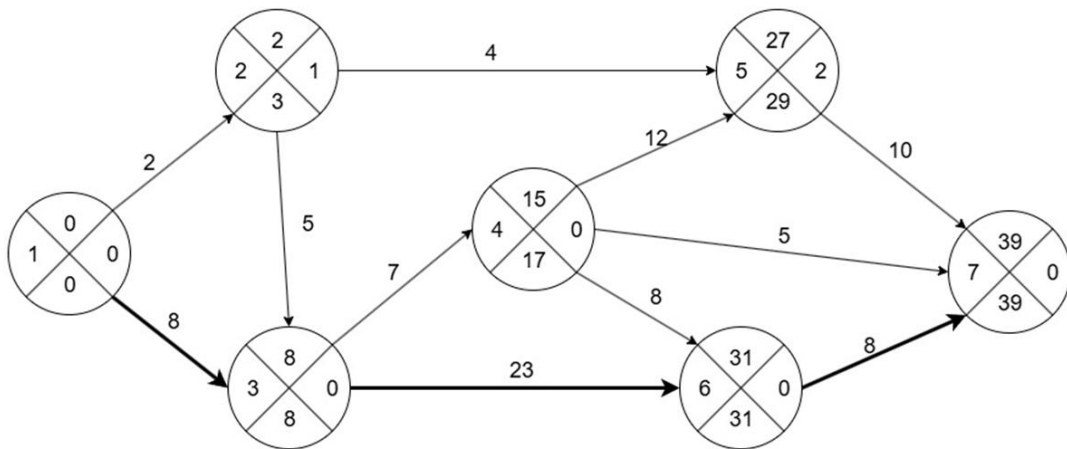


Рис. 3 Критичний шлях

#### 4.2. Оптимізація на мережах. Алгоритм Дейкстри

Розглянемо алгоритм Дейкстри для визначення найкоротшого шляху (ланцюга) з джерела в стік.

*Крок 0.* Обрати в якості перспективної множини вузлів  $S_c = S_0$  і покласти  $d_i = 0$  для  $i \in S_0$ ,  $d_i = \infty$  для  $i \notin S_0$ .

*Крок 1.* Обрати вузол  $i^* \in S_c$ , якому відповідає найменше значення  $d_i$  ( $i \in S_0$ ). Знайдена таким чином величина  $d_i$  відповідає найкоротшому шляху з деякого джерела в вузол  $i^*$  (довжиною дуги  $\in S_c$ ), а дуга  $e_i$  (визначена для всіх

вузлів  $i \in S_c$ , крім джерел) є остання дуга шляху. Якщо  $i^*$  - стік, то пошук найкоротшого шляху закінчується.

Крок 2. Передивитися дуги  $e = (i^*, j)$  та змінити відмітку  $d_j$  на  $\min \{d_j, d_i + c_e\}$ . Якщо  $d_j$  була  $\infty$ , ввести вузол  $j$  у  $S_c$ . Якщо  $d_j$  зменшилась, ввести позначення  $e_j = e = (i^*, j)$ .

Крок 3. Видалити  $i^*$  з  $S_c$  і перейти до кроку 1, якщо множина  $S_c$  не порожня. На цьому пошук найкоротшого шляху закінчується. Розглянемо приклад.

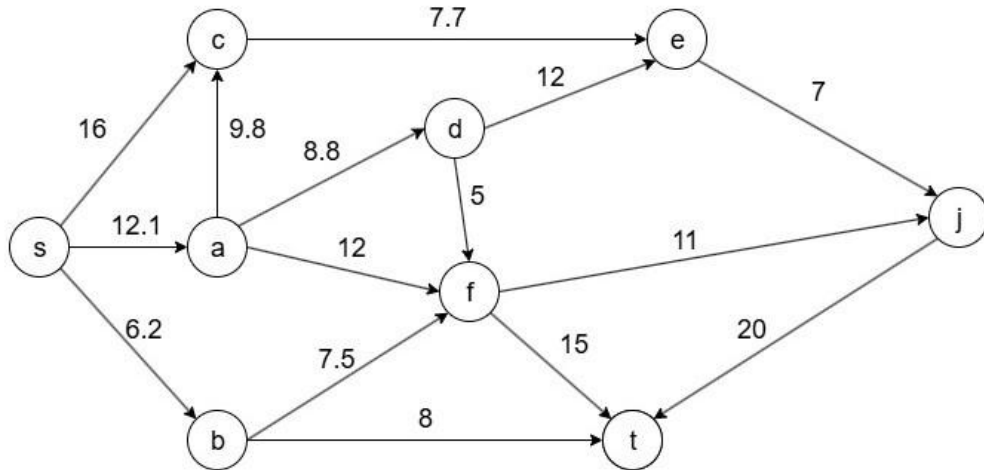


Рис. 3 Мережевий граф

Для мережі, зображеної на рисунку, визначити найкоротший шлях з джерела в стік.

1. Помічаємо вершину  $s$ .

Приймаємо  $d(s) = 0$ ;

$d(a) = d(b) = d(c) = d(e) = d(f) = d(j) = \infty$ ;

2. Поточна змінна  $y = s$ ;

$$d(a) = \min \{d(a), d(s) + d(s,a)\} = \min \{\infty; 0 + 12.1\} = 12.1;$$

$$d(b) = \min \{d(b), d(s) + d(s,b)\} = \min \{\infty; 0 + 6.2\} = 6.2;$$

$$d(c) = \min \{d(c), d(s) + d(s,c)\} = \min \{\infty; 0 + 16\} = 16;$$

$$d(d) = \min \{d(d), d(s) + d(s,d)\} = \min \{\infty; 0 + \infty\} = \infty;$$

$$d(e) = \min \{d(e), d(s) + d(s,e)\} = \min \{\infty; 0 + \infty\} = \infty;$$

$$d(f) = \min \{d(f), d(s) + d(s,f)\} = \min \{\infty; 0 + \infty\} = \infty;$$

$$d(j) = \min \{d(j), d(s) + d(s,j)\} = \min \{\infty; 0 + \infty\} = \infty;$$

$$d(t) = \min \{d(t), d(s) + d(s,t)\} = \min \{\infty; 0 + \infty\} = \infty;$$

$$\min \{d(a), d(b), d(c), d(d), d(e), d(f), d(j), d(t)\} =$$

$$= \min \{12.1; 6.2; 16; \infty; \infty; \infty; \infty; \infty\} = 6.2; d(b) = 6.2;$$

Помічаємо вершину  $b$ .

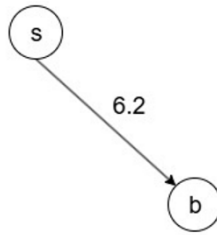


Рис. 4 Візуалізація 2 кроку визначення найкоротшого шляху

3. Поточна змінна  $y = b$ ;

$$d(a) = \min \{d(a), d(b) + d(b,a)\} = \min \{12.1; 6.2 + \infty\} = 12.1;$$

$$d(c) = \min \{d(c), d(b) + d(b,c)\} = \min \{16; 6.2 + \infty\} = 16;$$

$$d(d) = \min \{d(d), d(b) + d(b,d)\} = \min \{\infty; 6.2 + \infty\} = \infty;$$

$$d(e) = \min \{d(e), d(b) + d(b,e)\} = \min \{\infty; 6.2 + \infty\} = \infty;$$

$$d(f) = \min \{d(f), d(b) + d(b,f)\} = \min \{\infty; 6.2 + 7.5\} = 13.7;$$

$$d(j) = \min \{d(j), d(b) + d(b,j)\} = \min \{\infty; 6.2 + \infty\} = \infty;$$

$$d(t) = \min \{d(t), d(b) + d(b,t)\} = \min \{\infty; 6.2 + 8\} = 14.2;$$

$$\min \{d(a), d(c), d(d), d(e), d(f), d(j), d(t)\} =$$

$$= \min \{12.1; 16; \infty; \infty; 13.7; \infty; \infty\} = 12.1; \quad d(a) = 12.1;$$

Помічаємо вершину  $a$ .

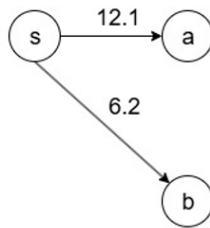


Рис. 5 Візуалізація 3 кроку визначення найкоротшого шляху

4. Поточна змінна  $y = a$ ;

$$d(c) = \min \{d(c), d(a) + d(a,c)\} = \min \{16; 12.1 + 9.8\} = 16;$$

$$d(d) = \min \{d(d), d(a) + d(a,d)\} = \min \{\infty; 12.1 + 8.8\} = 20.9;$$

$$d(e) = \min \{d(e), d(a) + d(a,e)\} = \min \{\infty; 12.1 + \infty\} = \infty;$$

$$d(f) = \min \{d(f), d(a) + d(a,f)\} = \min \{13.7; 12.1 + 12\} = 13.7;$$

$$d(j) = \min \{d(j), d(a) + d(a,j)\} = \min \{\infty; 12.1 + \infty\} = \infty;$$

$$d(t) = \min \{d(t), d(b) + d(b,t)\} = \min \{\infty; 12.1 + \infty, 6.2 + 8\} = 14.2;$$

$$\min \{d(c), d(d), d(e), d(f), d(j), d(t)\} =$$

$$= \min \{16; 20.9; \infty; 13.7; \infty; \infty\} = 13.7; \quad d(f) = 13.7;$$

Помічаємо вершину  $f$ .

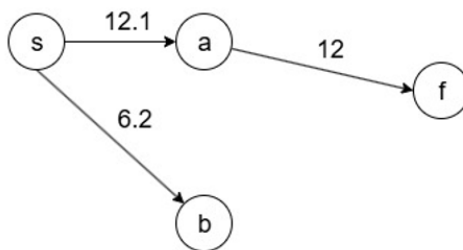


Рис. 6 Візуалізація 4 кроку визначення найкоротшого шляху

5. Поточна змінна  $y = f$ ;

$$d(c) = \min \{d(c), d(f) + d(f,c)\} = \min \{16; 13.7 + \infty\} = 16;$$

$$d(d) = \min \{d(d), d(f) + d(f,d)\} = \min \{20.9; 13.7 + \infty\} = 20.9;$$

$$d(e) = \min \{d(e), d(f) + d(f,e)\} = \min \{\infty; 13.7 + \infty\} = \infty;$$

$$d(j) = \min \{d(j), d(f) + d(f,j)\} = \min \{\infty; 13.7 + 11\} = 24.7;$$

$$d(t) = \min \{d(t), d(f) + d(f,t), d(b) + d(b,t)\} = \min \{\infty; 13.7 + 15, 6.2 + 8\} = 14.2;$$

$$\min \{d(c), d(d), d(e), d(j), d(t)\} = \min \{16; 20.9; \infty; 24.7; 14.2\} = 14.2;$$

$$d(t) = 14.2.$$

Помічаємо вершину  $t$ .

**Висновок:** Найкоротший шлях з джерела  $s$  в стік  $t$  лише один, складається з дуг  $(s,b)$  та  $(b,t)$  и дорівнює 14.2 одиниць.

#### 4.3. Визначення максимального потоку. Алгоритм Форда-Фалкерсона.

*Крок 0.* Нехай джерела помічені але не переглянуті, а всі інші вузли не помічені.

*Крок 1.* Обрати будь-який помічений але не розглянутий вузол  $i$ .

*Крок 2.* Переглянути усі дуги  $e(i, j)$  з пропускною спроможністю  $\alpha_e > 0$ , які з'єднують вузол  $i$  з ще не поміченими вузлами  $j$ . Прописати мітки вузлам  $j$  і помітити дуги  $e_j = e = (i, j)$ . Тепер вузол  $i$  помічено і розглянутий, вузли  $j$  помічені, але не розглянуті. Якщо при цьому стік став помічений, то необхідна ціль знайдена. В протилежному випадку після розгляду за всіма дугами  $(i, j)$  перейти до кроку 3.

*Крок 3.* Нехай вузол  $i$  помічено і розглянуто. Перейти до кроку 1 і повторити кроки алгоритму до тих пір, доки не залишаться помічених і не розглянутих вузлів. На цьому пошук максимального потоку закінчиться.

## Приклад виконання завдання

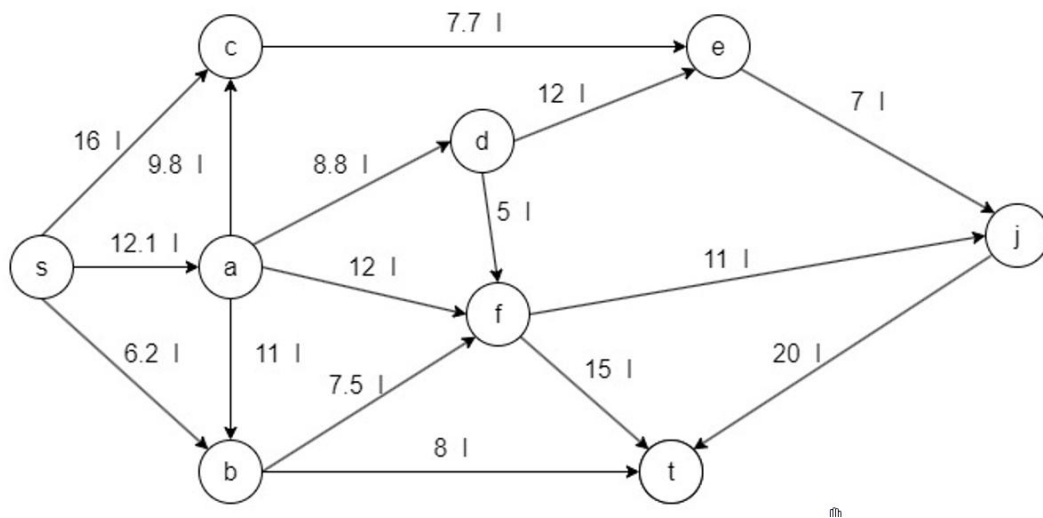


Рис. 7 Мережевий граф

Позначки:  $I$  – ресурси невикористані  
 $R$  – ресурси використані повністю  
 $IR$  – ресурси використані частково

1. Обираємо якийсь один з довільних маршрутів.

Маршрут  $(s,b), (b,t)$ ;

$$p1 = \min \{f(s,b), f(b,t)\} = \min \{6.2; 8\} = 6.2;$$

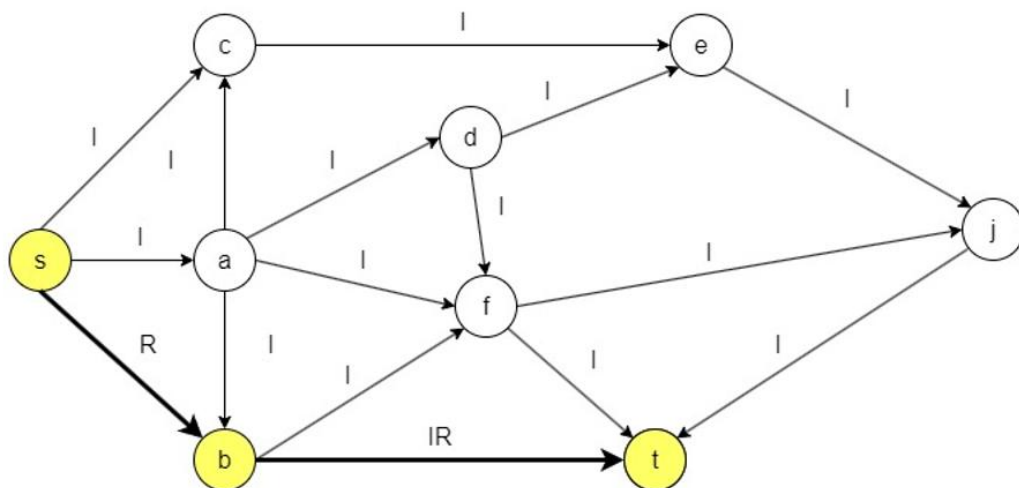


Рис. 8 Візуалізація маршруту, що розглядається

2. Маршрут  $(s,a), (a,f), (f,t)$ ;

$$p2 = \min \{f(s,a), f(a,f), f(f,t)\} = \min \{12.1; 12; 15\} = 12;$$

$$P_{\Sigma} = 18.2;$$

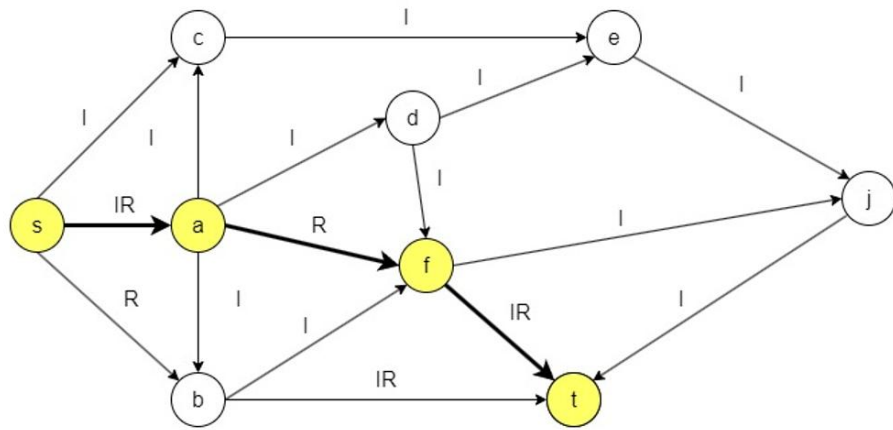


Рис. 9 Візуалізація маршруту, що розглядається

3. Маршрут  $(s,a), (a,b), (b,f), (f,t)$ ;

$$p3 = \min \{f(s,a), f(a,b), f(b,f), f(f,t)\} = \min \{0.1; 11; 7.5; 3\} = 0.1;$$

$$P_{\Sigma} = 18,3;$$

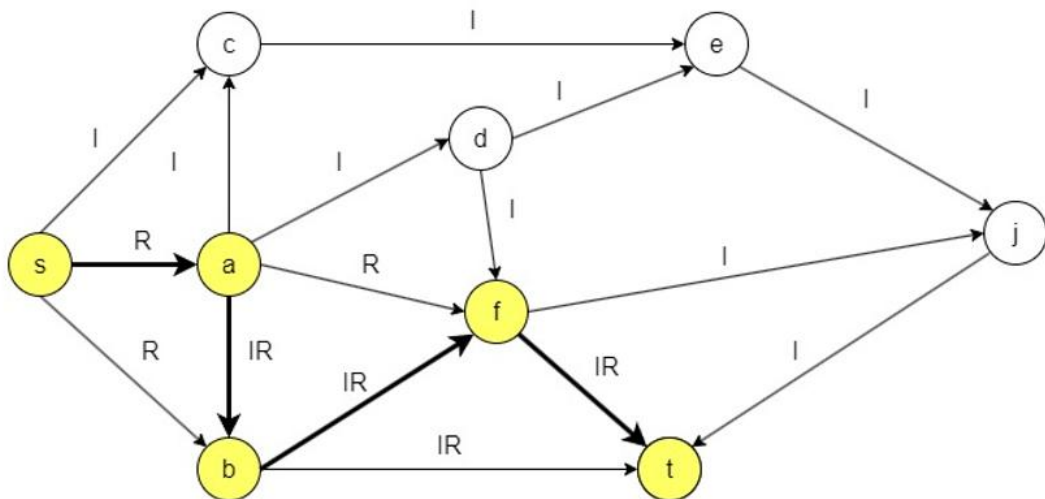


Рис. 8 Візуалізація маршруту, що розглядається

4. Маршрут  $(s,c), (c,e), (e,j), (j,t)$ ;

$$p6 = \min \{f(s,c), f(c,e), f(e,j), f(j,t)\} = \min \{16; 7.7; 7; 20\} = 7;$$

$$P_{\Sigma} = 25.3;$$

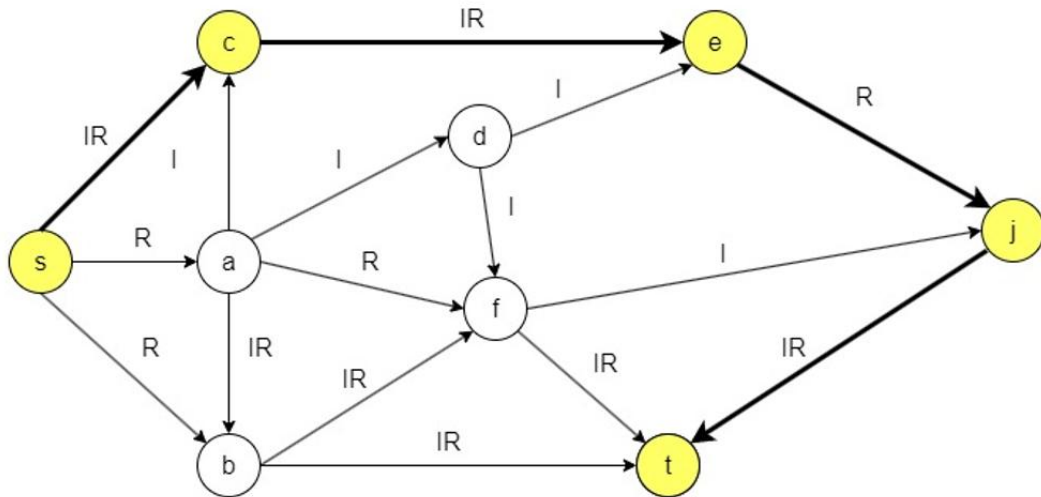


Рис. 8 Візуалізація маршруту, що розглядається

Таким чином, максимальний потік буде **25.3** одиниць.

#### 4. Приклад мінімізації логічних функцій.

Мінімізуємо дану функцію аналітичним методом.

$$\begin{aligned} & \lceil x_1 \lceil x_2 x_3 \vee \lceil x_1 x_2 x_3 \vee x_1 \lceil x_2 x_3 \vee x_1 x_2 \lceil x_3 \vee x_1 x_2 x_3 = ((\lceil x_1 \lceil x_2 x_3) \vee \\ & \vee (x_1 \lceil x_2 x_3)) \vee ((\lceil x_1 x_2 x_3) \vee (x_1 x_2 \lceil x_3)) \vee ((x_1 x_2 \lceil x_3) \vee (x_1 x_2 x_3)) = \\ & \lceil x_2 x_3 \vee x_2 x_3 \vee x_1 x_2 = x_3 \vee x_1 x_2 \end{aligned}$$

#### 4.5. Синтез кінцевих автоматів.

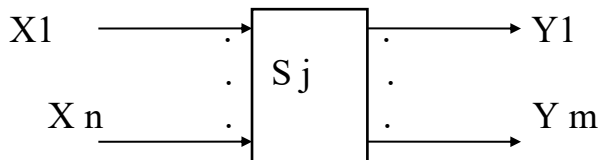
Таблиця переходів-виходів КА.

		x(n)			
		0	1	2	3
y(m)	0	2/0	2/0	0/0	0/1
	1	1/1	1/0	0/1	1/1
	2	1/0	0/1	2/1	0/0

(стан./ вихід)

Перетворюємо вихідну таблицю у спеціальну форму з виділенням вхідних-вихідних сигналів і внутрішніх станів.

Входи	x(n)	000 111 222 333
Поточні стани	s(n)	012 012 012 012
Наступні стани	s(n+1)	211 210 002 010
Виходи	y(n)	010 001 011 110



Змінюючи десяткові числа на двійкові отримуємо таблицю істинності, в якій значення  $x(n)$ ,  $s(n)$ ,  $s(n+1)$ ,  $y(n)$  представлені у двійковому коді.

x(n)		s(n)		s(n+1)		y(n)
x1(n)	x2(n)	s1(n)	s2(n)	s1(n+1)	s2(n+1)	
0	0	0	0	1	0	0
0	0	0	1	0	1	1
0	0	1	0	0	1	0
0	0	1	1	*	*	*
0	1	0	0	1	0	0
0	1	0	1	0	1	0
0	1	1	0	0	0	1
0	1	1	1	*	*	*
1	0	0	0	0	0	0
1	0	0	1	0	0	1
1	0	1	0	1	0	1
1	0	1	1	*	*	*
1	1	0	0	0	0	1
1	1	0	1	0	1	1
1	1	1	0	0	0	0
1	1	1	1	*	*	*

Граф кінцевого автомата.

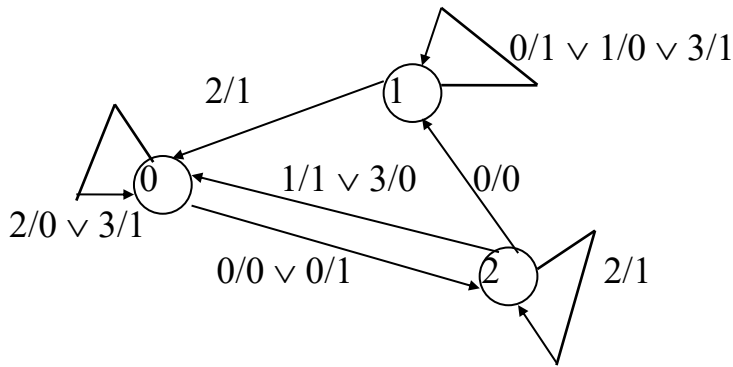


Рис. 9. Граф кінцевого автомата

$$s1(n+1) = \lceil x1(n) \rceil \lceil x2(n) \rceil s1(n) \lceil s2(n) \vee \lceil x1(n)x2(n) \rceil s1(n) \lceil s2(n) \vee x1(n) \lceil x2(n)s1(n) \rceil s2(n);$$

$$s2(n+1) = \lceil x1(n) \rceil \lceil x2(n) \rceil s1(n)s2(n) \vee \lceil x1(n) \rceil \lceil x2(n) \rceil s1(n) \lceil s2(n) \vee \lceil x1(n)x2(n) \rceil s1(n)s2(n) \vee x1(n)x2(n) \lceil s1(n)s2(n);$$

$$y(n) = \lceil x1(n) \rceil \lceil x2(n) \rceil s1(n)s2(n) \vee \lceil x1(n)x2(n) \rceil s1(n) \lceil s2(n) \vee x1(n) \lceil x2(n) \rceil s1(n)s2(n) \vee x1(n) \lceil x2(n) \rceil s1(n) \lceil s2(n) \vee x1(n)x2(n) \lceil s1(n) \rceil s2(n) \vee x1(n)x2(n) \lceil s1(n)s2(n);$$

Мінімізуємо дані функції за допомогою карт Карно.

Для  $s1(n+1)$ .

		$x1(n)x2(n)$			
		00	01	11	10
$s1(n)s2(n)$	00	1	1		
	01				
	11				
	10				1

Для  $s2(n+1)$ .

		$x1(n)x2(n)$			
		00	01	11	10
$s1(n)s2(n)$	00				
	01	1	1		
	11				
	10	1			

Для  $y(n)$ .

		$x_1(n)x_2(n)$			
$s_1(n)s_2(n)$		00	01	11	10
00				1	
01	1		1	1	
11					
10			1		1

$$s_1(n+1) = \lceil x_1(n) \rceil s_1(n) \lceil s_2(n) \vee x_1(n) \lceil x_2(n) s_1(n) \lceil s_2(n);$$

$$s_2(n+1) = \lceil x_1(n) \rceil s_1(n) s_2(n) \vee \lceil x_1(n) \rceil x_2(n) s_1(n) \lceil s_2(n) \vee x_1(n) x_2(n) \lceil s_1(n) s_2(n);$$

$$y(n) = \lceil x_2(n) \rceil s_1(n) s_2(n) \vee x_1(n) x_2(n) \lceil s_1(n) \vee \lceil x_1(n) x_2(n) s_1(n) \lceil s_2(n) \vee x_1(n) \lceil x_2(n) s_1(n) \lceil s_2(n);$$

Структура автомата в загальному виді представлена на наступному рисунку.

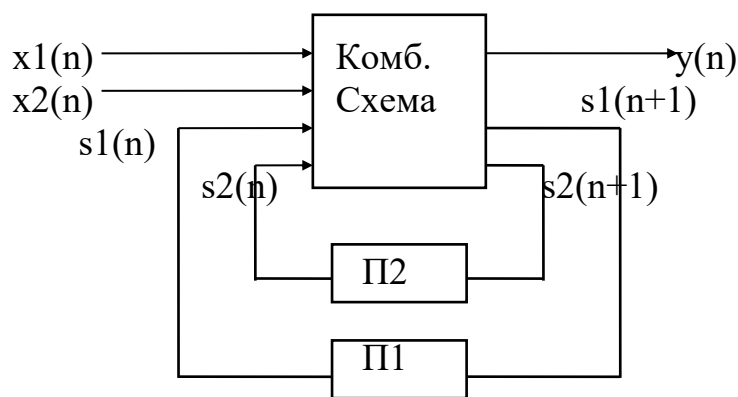


Рис. 10. Загальне представлення структури кінцевого автомата

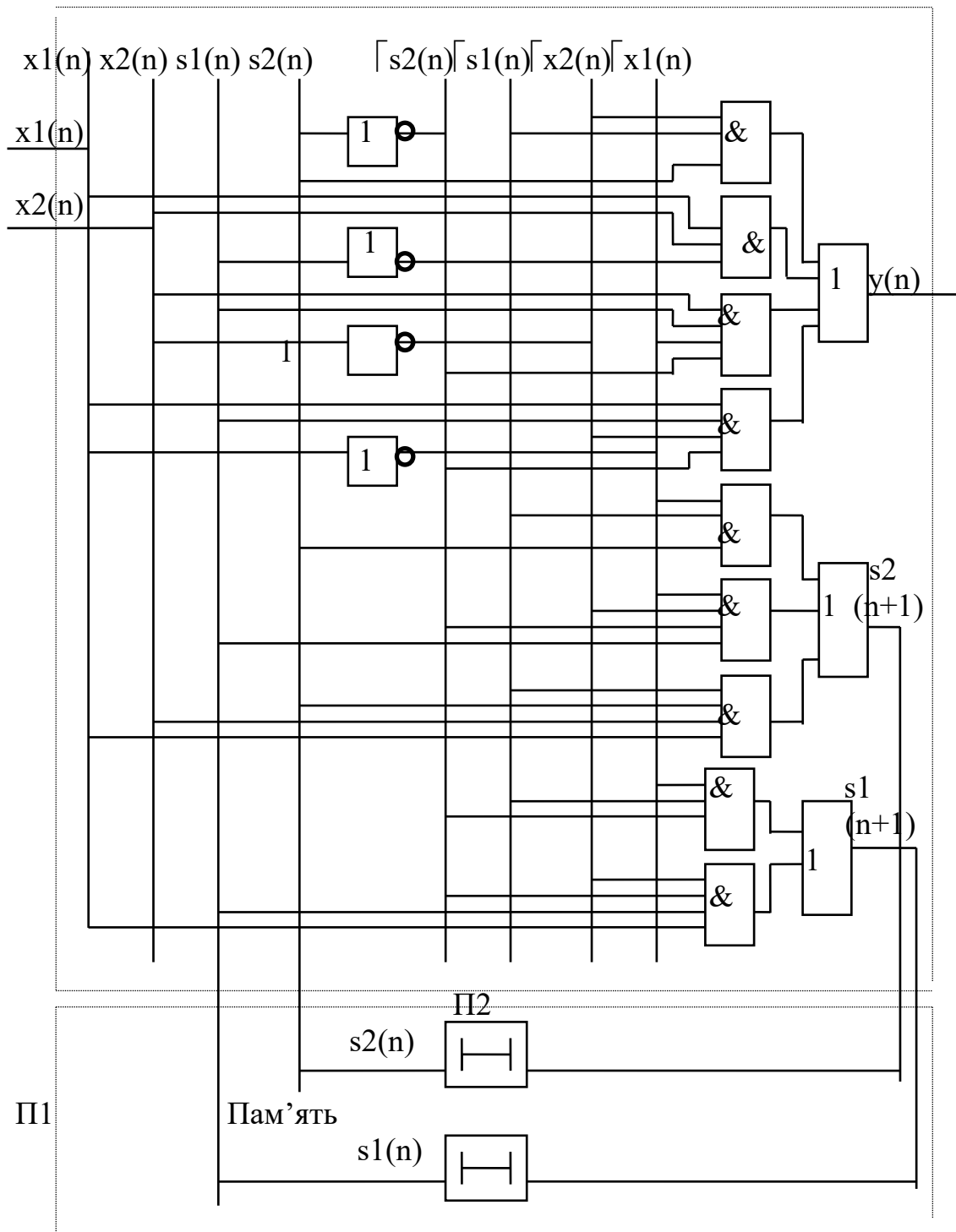


Рис. 11. Комбінаційна схема кінцевого автомата.

Таким чином синтезований кінцевий автомат містить 4 елементи «ні», три елементи «або», дев'ять елементів «і» і два елементи пам'яті.

## 5 ВАРІАНТИ ІНДИВІДУАЛЬНИХ ЗАВДАНЬ

### 5.1 Завдання 1

#### Варіанти 1-10

Дуга	Варіанти									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1-2	2	5	3	7	4	1	3	8	5	4
1-4	4	5	7	3	1	4	6	2	5	4
1-3	7	5	3	8	1	1	3	5	4	3
2-5	3	4	4	3	2	2	1	3	7	5
2-3	1	2	3	7	4	4	3	3	7	2
3-6	3	1	4	6	5	5	3	2	7	4
4-3	5	8	7	3	4	6	3	1	4	1
4-7	4	6	3	8	2	2	3	7	5	5
5-8	3	3	7	7	8	2	4	7	3	2
5-6	3	5	7	1	1	2	5	3	3	9
7-6	9	7	2	3	4	4	4	6	3	5
7-9	4	4	3	5	2	3	6	7	4	4
6-8	5	4	2	2	1	1	5	4	2	7
8-9	2	2	4	4	5	9	2	7	6	2
6-9	2	4	4	5	3	4	1	3	4	5

#### Варіанти 11-20

Дуга	Варіанти									
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1-2	1	4	2	3	7	4	5	6	3	2
1-3	11	4	2	5	6	2	2	10	9	1
1-4	4	5	8	4	2	8	4	7	6	12
2-3	5	8	4	2	6	1	10	4	2	2
3-4	4	2	3	4	5	5	6	7	4	8
2-5	9	8	7	6	3	4	2	4	5	8
3-5	2	4	4	8	4	7	8	10	5	4
3-6	7	5	5	4	2	9	10	2	3	6
3-7	6	11	4	5	2	9	4	3	4	7
4-7	4	4	2	6	10	8	6	4	4	4
5-8	2	4	7	4	8	2	7	5	12	3
6-8	2	4	4	2	11	2	3	7	11	8
6-9	5	5	8	2	4	2	6	4	8	11
7-9	4	7	5	8	6	2	5	8	7	5
8-10	6	2	4	11	6	5	4	4	5	4
8-9	2	6	2	14	3	7	5	4	5	4
9-10	4	3	4	8	4	7	8	3	8	3

### Варіанти 21-30

Дуга	Варіанти									
	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
1-2	4	6	9	8	4	11	3	4	6	10
1-3	3	4	3	2	4	10	2	4	5	2
2-5	2	7	4	4	5	9	8	6	4	1
2-4	5	3	5	5	6	2	2	10	9	1
3-4	7	6	6	7	4	2	7	6	4	13
3-6	4	2	8	2	2	2	5	8	3	10
4-5	3	4	4	6	3	4	7	3	3	12
4-6	11	7	2	8	2	6	4	5	8	7
5-8	8	7	7	3	12	2	9	10	1	3
5-7	2	9	10	3	8	3	7	5	6	4
6-7	6	4	4	7	4	1	1	4	13	6
6-9	4	10	6	11	6	4	5	8	7	11
6-10	7	8	8	8	7	1	12	9	3	7
8-9	5	12	2	4	9	8	8	6	4	8
8-11	8	2	2	7	2	7	4	1	5	9
10-9	4	4	2	2	4	6	3	7	4	3
9-11	2	2	4	6	3	3	7	5	6	4
7-9	3	7	2	4	4	7	5	3	4	6

### Варіанти 31-40

Дуга	Варіанти									
	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
1-2	4	2	6	11	11	13	8	10	2	10
1-4	1	4	3	7	9	5	2	8	9	7
2-7	6	9	1	7	3	10	9	8	9	8
2-5	11	3	7	6	3	6	6	5	4	2
2-3	7	4	5	9	5	4	4	4	3	3
4-3	6	2	1	4	7	1	5	7	7	6
4-6	2	5	1	8	2	7	3	3	7	2
4-9	4	5	8	2	10	5	1	3	6	7
3-5	5	7	4	2	7	10	1	5	10	7
3-6	6	6	9	11	4	1	7	6	6	4
5-7	3	1	8	2	8	8	8	2	4	5
5-8	5	8	4	7	5	11	6	11	5	12
6-7	7	10	2	10	5	2	3	8	10	8
6-8	4	7	3	5	5	4	9	8	7	5
7-10	9	3	7	6	3	5	11	7	11	6
8-10	2	3	5	1	4	6	4	6	3	11
8-9	9	4	4	3	6	6	10	9	3	3
9-10	11	5	9	8	7	11	4	1	2	9

## 5.2 Завдання 2

1.  $X_1 X_2 \overline{X_3} \cup \overline{X_1} X_2 X_3 \cup X_1 \overline{X_2} X_3 \cup \overline{X_3}$
2.  $\overline{X_1} \overline{X_2} \cup \overline{X_1} X_3 \cup X_1 \overline{X_2} \overline{X_3} \cup X_1 \overline{X_2} X_3$
3.  $X_1 X_2 \overline{X_3} \cup X_1 \overline{X_3} \cup \overline{X_2} \overline{X_3} \cup X_3 \cup X_2 \cup X_1 X_3$
4.  $X_1 X_2 X_3 \cup \overline{X_1} \overline{X_2} \overline{X_3} \cup X_3 \cup X_2 \cup X_1 \overline{X_3}$
5.  $X_1 X_2 X_3 \cup X_1 X_2 X_3 \cup \overline{X_3} \cup \overline{X_2} \cup X_1 X_3$
6.  $\overline{X_1} \overline{X_2} \overline{X_3} \cup X_1 \overline{X_2} X_3 \cup X_3 \cup X_2 \cup \overline{X_1} \overline{X_3}$
7.  $X_1 X_2 X_3 \cup X_1 \overline{X_2} X_3 \cup \overline{X_3} \cup X_2 \cup X_1 X_3$
8.  $X_1 \overline{X_2} \overline{X_3} \cup X_1 \overline{X_2} X_3 \cup X_1 X_2 \overline{X_3} \cup X_1$
9.  $X_1 X_2 X_3 \cup \overline{X_1} X_2 X_3 \cup X_1 \overline{X_2} \overline{X_3} \cup X_1$
10.  $X_1 X_2 X_3 \cup \overline{X_1} X_2 X_3 \cup X_1 \overline{X_2} \overline{X_3} \cup X_1$
11.  $\overline{X_1} X_2 X_3 \cup X_1 \overline{X_2} X_3 \cup \overline{X_2} X_3 \cup \overline{X_1} X_3$
12.  $X_1 X_2 \overline{X_3} \cup X_1 \overline{X_2} X_3 \cup X_3 \cup X_2 \cup \overline{X_1} \overline{X_3}$
13.  $X_1 X_2 \overline{X_3} \cup X_1 \overline{X_2} X_3 \cup X_3 \cup X_2 \cup \overline{X_1} \overline{X_3}$
14.  $\overline{X_1} \overline{X_2} \overline{X_3} \cup X_1 X_2 X_3 \cup X_3 \cup \overline{X_2} \cup X_1 \overline{X_3}$
15.  $X_1 \overline{X_2} X_3 \cup X_1 \overline{X_2} \overline{X_3} \cup X_1 X_2 \cup X_3$
16.  $X_1 X_2 X_3 \cup X_1 \overline{X_2} X_3 \cup \overline{X_3} \cup \overline{X_1} X_3$
17.  $X_1 \overline{X_2} \overline{X_3} \cup \overline{X_1} \overline{X_2} X_3 \cup X_3 \cup X_2 \cup \overline{X_1} \overline{X_3}$
18.  $\overline{X_1} X_2 X_3 \cup X_1 \overline{X_2} X_3 \cup X_3 \cup X_2 \cup \overline{X_1} \overline{X_3}$
19.  $X_1 X_2 X_3 \cup X_1 \overline{X_2} X_3 \cup \overline{X_3} \cup X_2 \cup \overline{X_1} \overline{X_3}$
20.  $X_1 X_2 \overline{X_3} \cup X_1 X_2 \overline{X_3} \cup X_3 \cup X_2 \cup \overline{X_1} \overline{X_3}$
21.  $X_1 X_2 X_3 \cup \overline{X_1} \overline{X_2} X_3 \cup X_1 X_2 \overline{X_3} \cup \overline{X_1} X_2 X_3$
22.  $X_1 X_2 X_3 \cup \overline{X_1} \overline{X_2} X_3 \cup \overline{X_3} \cup X_2 \cup X_1 X_3$
23.  $X_1 \overline{X_2} X_3 \cup X_1 X_2 \overline{X_3} \cup X_3 \cup X_2 \cup \overline{X_1} \overline{X_3}$

24.  $X_1 \overline{X_2} \overline{X_3} \cup X_1 X_2 \overline{X_3} \cup X_1 X_2 X_3 \cup X_1 \overline{X_2} X_3$
25.  $X_1 \overline{X_2} X_3 \cup \overline{X_1} X_2 X_3 \cup X_3 \cup \overline{X_1} \overline{X_2}$
26.  $X_1 X_2 X_3 \cup \overline{X_1} \overline{X_2} X_3 \cup X_2 \overline{X_3} \cup X_1 X_3$
27.  $X_1 \overline{X_2} \cup \overline{X_1} X_3 \cup X_1 \overline{X_2} X_3 \cup \overline{X_1} \overline{X_2} X_3$
28.  $\overline{X_1} X_2 X_3 \cup X_1 \overline{X_2} X_3 \cup X_3 \cup X_2 \cup X_1 X_3$
29.  $X_1 X_2 \overline{X_3} \cup \overline{X_1} \overline{X_2} \overline{X_3} \cup X_1 \overline{X_2} X_3 \cup \overline{X_3}$
30.  $X_1 X_2 X_3 \cup X_1 \overline{X_3} \cup \overline{X_2} \overline{X_3} \cup X_3 \cup \overline{X_1} \overline{X_3}$
31.  $X_1 X_2 \overline{X_3} \cup X_1 \overline{X_2} X_3 \cup X_3 \cup \overline{X_2} \cup \overline{X_1} \overline{X_3}$
32.  $X_1 \overline{X_2} X_3 \cup X_1 X_2 \overline{X_3} \cup X_1 X_2 \cup \overline{X_3}$
33.  $X_1 X_2 X_3 \cup \overline{X_1} \overline{X_2} X_3 \cup X_1 X_2 \overline{X_3} \cup X_1 X_2$
34.  $X_1 \overline{X_2} X_3 \cup \overline{X_1} X_3 \cup X_1 \overline{X_2} \overline{X_3} \cup X_1 \overline{X_2} X_3$
35.  $X_1 X_2 \overline{X_3} \cup X_1 \overline{X_2} \overline{X_3} \cup \overline{X_3} \cup X_2 \cup X_1 X_3$
36.  $X_1 X_3 \cup X_1 \overline{X_2} X_3 \cup \overline{X_3} \cup X_2 X_3 \cup X_1 X_3$
37.  $X_1 X_2 \overline{X_3} \cup X_1 \overline{X_3} \cup X_3 \cup X_2 \cup X_1 \overline{X_3}$
38.  $\overline{X_1} \overline{X_2} \overline{X_3} \cup X_1 \overline{X_2} X_3 \cup X_2 \cup \overline{X_1} \overline{X_3}$
39.  $\overline{X_1} X_2 X_3 \cup X_1 \overline{X_2} \overline{X_3} \cup \overline{X_2} \cup X_1 X_3$
40.  $X_1 \overline{X_2} X_3 \cup \overline{X_1} \overline{X_2} X_3 \cup X_1 \overline{X_2} \overline{X_3} \cup X_1$

### 5.3. Завдання 3

Варіант 1

Стан Входи	0	1	2	3
0	0/0	1/2	2/1	3/3
1	2/1	3/0	1/3	0/2
2	1/2	2/2	3/1	1/3
3	3/1	3/0	2/3	2/2

### Варіант 2

Входи \ Стан	0	1	2	3
0	1/0	2/1	3/2	0/0
1	2/1	2/2	3/0	1/3
2	3/2	1/1	2/0	0/3
3	2/2	1/0	3/1	3/3

### Варіант 3

Входи \ Стан	0	1	2	3
0	3/1	2/3	1/2	0/0
1	1/2	2/2	3/1	0/3
2	2/0	3/1	1/2	0/3
3	3/2	2/1	3/0	2/2

### Варіант 4

Входи \ Стан	0	1	2	3
0	0/2	1/3	2/1	3/0
1	1/2	2/2	3/3	0/2
2	2/2	3/3	0/0	1/1
3	3/3	2/2	1/1	0/0

### Варіант 5

Входи \ Стан	0	1	2	3
0	0/3	2/2	3/1	1/0
1	1/2	1/1	2/3	0/2
2	1/3	0/2	2/0	0/1
3	3/2	2/3	3/1	1/0

### Варіант 6

Входи \ Стан	0	1	2	3
0	1/0	0/1	1/3	0/2
1	2/3	3/2	0/1	1/0
2	1/0	2/1	3/1	2/0
3	2/3	3/2	1/3	2/1

### Варіант 7

Входи \ Стан	0	1	2	3
0	0/3	0/2	1/1	2/0
1	2/3	1/2	0/1	3/2
2	3/2	1/3	2/3	0/2
3	1/3	2/2	0/1	1/3

### Варіант 8

Входи \ Стан	0	1	2	3
0	3/1	3/2	2/3	2/1
1	0/3	1/2	3/0	2/1
2	2/1	1/2	3/0	2/3
3	1/0	2/1	0/2	3/3

### Варіант 9

Входи \ Стан	0	1	2	3
0	2/2	2/1	1/3	1/0
1	2/0	3/1	3/1	2/0
2	3/2	2/3	1/0	2/1
3	1/1	0/3	2/2	3/0

Варіант 10

Входи \ Стан	0	1	2	3
0	3/2	2/1	1/0	0/3
1	2/3	3/2	0/1	1/0
2	3/0	2/1	1/3	2/2
3	2/0	3/2	1/1	0/3

Варіант 11

Входи \ Стан	0	1	2	3
0	1/2	1/3	1/3	1/2
1	2/0	3/1	2/1	1/0
2	3/2	2/1	1/0	3/3
3	2/1	2/2	1/3	0/1

Варіант 12

Входи \ Стан	0	1	2	3
0	0/1	0/2	1/3	1/0
1	1/3	2/0	0/1	3/2
2	2/3	3/2	0/0	2/0
3	3/2	1/1	0/0	3/3

Варіант 13

Входи \ Стан	0	1	2	3
0	0/2	1/3	1/1	3/2
1	1/3	0/2	1/0	3/1
2	1/2	0/3	3/2	1/1
3	2/3	3/3	1/1	0/0

Варіант 14

Стан \ Входи	0	1	2	3
0	1/2	0/3	1/0	0/1
1	1/3	2/2	2/0	1/1
2	3/0	2/1	1/2	3/3
3	2/3	3/2	1/3	0/2

Варіант 15

Стан \ Входи	0	1	2	3
0	2/0	2/1	1/1	2/0
1	0/2	3/2	2/1	0/3
2	3/1	1/2	0/3	2/0
3	1/3	1/1	0/2	2/0

Варіант 16

Стан \ Входи	0	1	2	3
0	1/2	1/1	1/3	0/0
1	3/1	1/0	2/2	3/1
2	2/2	3/1	1/0	0/3
3	0/1	2/3	1/2	0/1

Варіант 17

Стан \ Входи	0	1	2	3
0	3/1	1/3	2/1	2/1
1	1/2	2/3	3/0	0/2
2	2/2	1/2	3/1	0/3
3	3/0	1/2	2/3	0/0

Варіант 18

Входи \ Стан	0	1	2	3
0	1/0	2/1	3/2	0/3
1	2/1	3/0	1/2	3/1
2	3/2	2/3	1/0	0/3
3	1/1	2/2	3/1	0/2

Варіант 19

Входи \ Стан	0	1	2	3
0	3/2	1/2	0/3	2/3
1	1/1	2/2	3/3	0/0
2	2/3	3/1	0/2	1/3
3	3/1	2/3	1/0	0/2

Варіант 20

Входи \ Стан	0	1	2	3
0	0/2	1/0	3/0	0/1
1	2/1	1/2	3/1	0/2
2	3/2	2/1	1/0	0/3
3	0/1	2/0	0/3	1/2

Варіант 21

Входи \ Стан	0	1	2	3
0	2/0	0/1	1/0	2/1
1	1/2	2/2	2/3	3/2
2	2/3	3/2	1/3	0/2
3	3/0	0/3	2/2	1/1

Варіант 22

Стан \ Входи	0	1	2	3
0	2/1	3/2	1/3	0/1
1	3/1	1/2	3/2	0/3
2	1/2	2/3	0/1	2/0
3	3/1	0/1	1/2	2/0

Варіант 23

Стан \ Входи	0	1	2	3
0	1/2	2/0	3/1	0/3
1	2/1	2/0	0/3	1/2
2	3/0	1/2	0/1	2/0
3	1/1	2/2	0/1	1/3

Варіант 24

Стан \ Входи	0	1	2	3
0	1/0	1/1	1/3	0/1
1	2/0	0/1	2/2	2/2
2	3/2	3/2	0/1	3/0
3	1/1	2/3	1/0	2/1

Варіант 25

Стан \ Входи	0	1	2	3
0	2/1	1/2	0/3	2/0
1	0/1	1/2	3/1	2/0
2	1/0	0/1	3/2	1/3
3	2/1	1/2	2/3	3/1

Варіант 26

Входи \ Стан	0	1	2	3
0	1/1	2/0	1/2	0/3
1	1/2	3/1	1/0	2/1
2	0/1	2/1	1/2	3/1
3	2/1	1/2	0/3	3/0

Варіант 27

Входи \ Стан	0	1	2	3
0	3/2	2/1	1/0	0/3
1	2/3	3/2	0/1	1/0
2	3/0	2/1	1/3	2/2
3	2/0	3/2	1/1	0/3

Варіант 28

Входи \ Стан	0	1	2	3
0	0/3	0/2	1/1	2/0
1	2/3	1/2	0/1	3/2
2	3/2	1/3	2/3	0/2
3	1/3	2/2	0/1	1/3

Варіант 29

Входи \ Стан	0	1	2	3
0	0/2	1/3	2/1	3/0
1	1/2	2/2	3/3	0/2
2	2/2	3/3	0/0	1/1
3	3/3	2/2	1/1	0/0

Варіант 30

Стан \ Входи	0	1	2	3
0	0/3	0/2	1/1	2/0
1	2/3	1/2	0/1	3/2
2	3/2	1/3	2/3	0/2
3	1/3	2/2	0/1	1/3

Варіант 31

Стан \ Входи	0	1	2	3
0	2/2	2/1	1/3	1/0
1	2/0	2/1	3/1	2/0
2	3/2	2/3	1/0	2/1
3	1/1	0/3	2/2	3/0

Варіант 32

Стан \ Входи	0	1	2	3
0	1/2	3/3	2/1	3/2
1	0/1	2/0	1/0	3/0
2	3/2	2/3	1/0	2/1
3	1/1	0/3	2/2	3/0

Варіант 33

Стан \ Входи	0	1	2	3
0	2/3	1/2	0/1	3/2
1	0/1	2/0	1/0	3/0
2	1/2	3/3	2/1	3/2
3	1/1	0/3	2/2	3/0

Варіант 34

Стан \ Входи	0	1	2	3
0	2/1	3/2	1/3	0/1
1	3/1	1/2	3/2	0/3
2	3/2	1/3	2/3	0/2
3	1/3	2/2	0/1	1/3

Варіант 35

Стан \ Входи	0	1	2	3
0	0/3	0/2	1/1	2/0
1	2/3	1/2	0/1	3/2
2	3/2	2/3	1/0	2/1
3	3/1	1/2	3/2	0/3

Варіант 36

Стан \ Входи	0	1	2	3
0	3/2	2/3	1/0	2/1
1	2/3	1/2	0/1	3/2
2	1/2	3/3	2/1	3/2
3	3/2	2/3	1/0	2/1

Варіант 37

Стан \ Входи	0	1	2	3
0	1/0	1/1	1/3	0/1
1	2/0	0/1	2/2	2/2
2	3/2	3/2	0/1	3/0
3	1/2	3/3	2/1	3/2

Варіант 38

Стан \ Входи	0	1	2	3
0	2/1	3/0	1/3	0/2
1	1/2	2/2	3/1	1/3
2	3/1	3/0	2/3	2/2
3	3/2	2/3	1/0	2/1

Варіант 39

Стан \ Входи	0	1	2	3
0	2/3	1/2	0/1	3/2
1	3/2	1/3	2/3	0/2
2	3/1	3/0	2/3	2/2
3	1/2	3/3	2/1	3/2

Варіант 40

Стан \ Входи	0	1	2	3
0	2/3	3/2	0/1	1/0
1	1/0	2/1	3/1	2/0
2	2/3	3/2	1/3	2/1
3	0/1	2/0	1/0	3/0

Варіант 41

Стан \ Входи	0	1	2	3
0	1/2	2/2	3/1	1/3
1	3/1	3/0	2/3	2/2
2	2/3	3/2	1/3	2/1
3	1/2	2/2	3/3	0/2

## Варіант 42

\ Стан	0	1	2	3
Входи				
0	1/2	3/2	3/1	1/3
1	1/2	2/2	3/3	0/2
2	3/2	2/3	1/0	2/1
3	1/1	0/3	2/2	3/0

## 6 ЗАХИСТ І КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ КУРСОВОЇ РОБОТИ

Результати виконаної курсової роботи подаються у вигляді пояснювальної записки обсягом близько 40 – 50 сторінок. В ній наводяться теоретичні матеріали та практично виконана задача, які супроводжуються ілюстративним матеріалом: схемами, діаграмами тощо. Пояснювальна записка оформлюється згідно з вимогами, які наведені у розділах 2, 3. Призначається дата захисту курсової роботи, до якої здобувач готує коротку доповідь (на 5 – 10 хв.), що відображає основні результати виконаної роботи. Після доповіді здобувач відповідає на додаткові запитання. Рівень підготовки курсової роботи і правильних відповідей на запитання свідчать про ступінь засвоєння здобутих знань.

### Критерії оцінювання курсової роботи

Курсова робота оцінюється за рейтинговою 100-бальною та інституційною шкалами оцінювання (табл. 6.1).

Оцінювання навчальних досягнень здобувачів освіти НТУ «ДП» здійснюється за рейтинговою (100-бальною) та інституційною шкалами. Остання необхідна (за офіційною відсутністю національної шкали) для конвертації (переведення) оцінок здобувачів вищої освіти, що навчалися в інших закладів.

Таблиця 6.1

### Шкали оцінювання результатів навчання

Оцінки за шкалами	
Рейтингова	Інституційна
90...100	відмінно / Excellent
74...89	добре / Good
60...73	задовільно / Satisfactory
0...59	незадовільно / Fail

**90-100 балів** – тема курсової роботи розкрита повною мірою, виконано всі поставлені задачі. Робота зроблена самостійно, містить аналіз практичних проблем. Представлений у ній матеріал свідчить про глибоке розуміння питань. Виклад матеріалу роботи відрізняється логічною послідовністю, посиланнями на літературні джерела, завершується конкретними висновками. Курсова робота оформлена відповідно до вимог.

**74-89 балів** – розкритий основний зміст теми, робота виконана переважно самостійно, містить аналіз практичних проблем, але є неточності в у розрахунках. Виклад матеріалу роботи відрізняється логічною послідовністю, посиланнями на літературні джерела, завершується конкретними висновками. Курсова робота оформлена відповідно до вимог.

**60-73 балів** – тема курсової роботи розкрита частково, робота виконана в основному самостійно, містить елементи аналізу досліджуваної проблеми. Зміст частково розкриває тему курсової роботи, допущено помилки в розрахунках та у виконанні запитів. Зміст розділів і підрозділів частково розкриває тему курсової роботи. Курсова робота оформлена з порушеннями.

**0-59 балів** – не розкрита тема курсової роботи. Робота виконана не самостійно, матеріал викладений без логічної послідовності, фрагментарно; 15 зміст не відповідає темі курсової роботи та не розкриває розділи і підрозділи. Посилання на літературні джерела відсутні, робота оформлена з грубими порушеннями.

У разі порушення здобувачем вищої освіти академічної доброчесності (списування, плагіат, фабрикація), робота оцінюється незадовільно та має бути виконана повторно. При цьому викладач залишає за собою право змінити тему завдання. Академічна доброчесність базується на засудженні практик списування (виконання письмових робіт із залученням зовнішніх джерел інформації, крім дозволених для використання), плагіату (відтворення опублікованих текстів інших авторів без зазначення авторства), фабрикації (вигадкування даних чи фактів) що можуть використовуватися в освітньому процесі. Політика щодо академічної доброчесності регламентується «Положенням про систему запобігання та виявлення плагіату у Національному технічному університеті «Дніпровська політехніка».

## РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Слесарєв В.В. Дискретна математика: навч. посіб. / В.В. Слесарєв, І.В. Новицький, С.А. Ус ; М-во освіти і науки України, Нац. техн. ун-т «Дніпровська політехніка». – Дніпро : НТУ «ДП», 2023. – 183 с. <https://ir.nmu.org.ua/handle/123456789/164331>
2. Коцовський В.М. Основи дискретної математики: навчальний посібник. – Ужгород: Рік-У, 2020. – 123 с.
3. Дискретна математика: Конспект лекцій (Частина 1) [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студ. спеціальності 113 «Прикладна математика», освітньої програми «Наука про дані та математичне моделювання» / О.Л.Темнікова ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 2,97 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 154 с.
4. Бондаренко М.Ф. Комп'ютерна дискретна математика: підручник / М.Ф.Бондаренко, Н.В.Білоус, А.Г. Руткас. – Харків : «Компанія СМІТ», 2004. – 480 с.
5. Дрозд Ю. Дискретна математика. — К.: Київський університет імені Т. Шевченка, 2004. — 70 с.
6. Андрийчук В. І., Комарницький М. Я., Іщук Ю. Б. Вступ до дискретної математики. — К.: Центр навчальної літератури, 2004. — 254 с.
7. Математична логіка. Практикум [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студ. спеціальності 113 «Прикладна математика», освітньої програми «Наука про дані та математичне моделювання» / О.Л. Темнікова ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 1,37 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 76 с
8. Новицький І.В. Дискретна математика у прикладах і задачах [Текст]: навч. посібник / І.В.Новицький, С.А. Ус. – Д.: НГУ, 2013, – 90 с.
9. Спекторський І.Я., Статкевич В.М. Формальні мови та автомати . Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 167 с.
10. Гавриленко С.Ю., Клименко А.М. Любченко Н.Ю. та ін. Теорія цифрових автоматів та формальних мов. – Харків, НТУ «ХП», 2010. – 176 с.

**Приклад оформлення титульного аркуша**

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
Національний технічний університет «Дніпровська політехніка»  
Факультет інформаційних технологій  
Кафедра системного аналізу та управління

КУРСОВА РОБОТА  
з дисципліни «Дискретна математика»  
на тему: Розрахунок параметрів дискретних математичних моделей.  
Синтез кінцевих автоматів.

Виконав:  
Студент групи 124-24-1  
Петров Петро Петрович

Науковий керівник:  
доцент \_\_\_\_\_

## Приклад оформлення завдання на курсову роботу

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
 Національний технічний університет «Дніпровська політехніка»  
 Факультет інформаційних технологій  
 Кафедра Системного аналізу та управління

### ЗАВДАННЯ

на курсову роботу з дисципліни «Дискретна математика»  
 студентці групи 124-24-1 ПІБ

1. Розрахувати параметри графічної моделі методом : (Сіткового планування або Дейкстри або Форда-Фалкерсона). Задачу вирішити за виконаною студентом постановкою)

Дуга	1-2	1-3	1-4	2-3	2-4	2-5	3-5	3-6	3-7	4-7	5-8	6-8	6-9	7-9	8-10	8-9	9-10
Вага	2	2	8	4	3	7	4	5	4	2	7	4	8	5	4	2	4

2. Виконати мінімізацію заданої логічної функції за допомогою карт Карно та аналітичним методом.

$$X_1 X_2 \overline{X_3} \cup X_1 \overline{X_2} X_3 \cup X_3 \cup X_2 \cup \overline{X_1} X_3$$

3. Виконати синтез кінцевого автомата по заданій таблиці переходів-виходів.

Стани \ Входи	0	1	2	3
0	0/2	1/3	1/1	3/2
1	1/3	0/2	1/0	3/1
2	1/2	0/3	3/2	1/1
3	2/3	3/3	1/1	0/0

4. Розробити програми розрахунку параметрів дискретної моделі методом: (метод заданий в пункті 1).

Завдання отримала

Студент (-ка) групи 124-24-1

ПІБ

Дата

Завдання видав доцент

Кафедри САіУ \_\_\_\_\_

Дата

## Приклад оформлення бібліографічного опису наукових робіт

Характеристика джерела	Приклад оформлення
Книги: Один автор	1. Коренівський Д.Г. Дестабілізуючий ефект параметричного білого шуму в неперервних та дискретних динамічних системах / Коренівський Д.Г. – К.: Ін-т математики, 2006. – 111 с. – (Математика та її застосування) (Праці / Ін-т математики НАН України; т. 59).
Два автори	1. Дацко М.В. Дослідження операцій. Навч. пос. / М.В. Дацко, М.М. Карбовник – Львів: «ПАІС», 2009. -288 с.
Три автори	1. Вітлінський В.В. Математичне програмування – навчально-методичний посібник для самост. вивч. дисц. / В.В. Вітлінський, С.І. Наконечний, Т.О. Терещенко – вид. 2-ге без змін – Київ : КНЕУ, 2006. – 248 с. 2. Карагодова О.О. Дослідження операцій: Навч. пос. / О.О. Карагодова, В.Р. Кігель, В.Д. Рожок – К.: ЦУЛ, 2007. -256 с.
Чотири автори	1. Математичне програмування: [Навч. пос.] / М.М. Глушик, І.М. Копич, О.С. Пенцак, В.М. Сороківський – Львів: «Новий світ-2000», 2006. – 216 с. 2. Математичні методи дослідження операцій: [Навч. пос.] / В.П. Лавренчук, М.І. Букатар, Т.І. Готинчан, Г.С. Пасічник – Чернівці: Рута, 2005. – 360 с.
П'ять і більше авторів	1. Математичні моделі в менеджменті та маркетингу: Навч. посібник / [С.К. Рамазанов, Н.О. Рязанцева, Т.В. Ляшенко та ін.] – Луганськ : СПД Резніков В.С., 2010. – 311 с.
Без автора	1. Тіло чи особистість? Жіноча тілесність у вибраній малій українській прозі та графіці кінця ХІХ – початку ХХ століття : [антологія / упоряд.: Л. Таран, О. Лагутенко]. – К. : Грані-Т, 2007. – 190, [1] с. 2. Проблеми типологічної та квантитативної лексикології : [зб. наук. праць / наук. ред. Каліущенко В. та ін.]. – Чернівці : Рута, 2007. – 310 с.
Багатотомний документ	1. Бондаренко В.Г. Теорія ймовірностей і математична статистика. Ч.1 / В.Г. Бондаренко, І.Ю. Канівська, С.М. Парамонова. – К. : НТУУ «КПІ», 2006. – 125 с.
Матеріали конференцій, з'їздів	1. Кібернетика в сучасних економічних процесах: зб. текстів виступів на республік. міжвуз. наук.-практ. конф. / Держкомстат України, Ін-т статистики, обліку та аудиту. – К. : ІСОА, 2002. – 147 с.

	<p>2. Матеріали ІХ з'їзду Асоціації українських банків, 30 червня 2000 р. інформ. бюл. – К. : Асоц. укр. банків, 2000. – 117 с. – (Спецвип.: 10 років АУБ).</p> <p>3. Теорія і практика економіки і підприємництва : матер. VIII міжнар. наук.-практ. конф., 19-21 травня 2011 р. м. Алушта. – Сімферополь, 211. – 151 с.</p>
Препринти	<p>1. Панасюк М.І. Про точність визначення активності твердих радіоактивних відходів гамма-методами / Панасюк М.І., Скорбун А.Д., Сплошной Б.М. – Чорнобиль : Ін-т пробл. безпеки АЕС НАН України, 2006. – 7, [1] с. – (Препринт / НАН України, Ін-т пробл. безпеки АЕС ; 06-1).</p>
Словники	<p>1. Тимошенко З.І. Болонський процес в дії: словник-довідник основ. термінів і понять з орг. навч. процесу у вищ. навч. закл. / З.І. Тимошенко, О.І. Тимошенко. – К.: Європ. Ун-т, 2007. – 57 с.</p> <p>2. Європейський союз : словник-довідник / [ред.-упоряд. М. Марченко]. – 2-ге вид., оновл. – К. : К.І.С., 2006. – 138 с.</p>
Законодавчі та нормативні документи	<p>1. Господарський кодекс України // Відомості ВВР України. – 2003. - №18-22.</p> <p>2. Законодавство України про страхування // Збірник нормативних актів. – К. : Атіка, 1999. – 464 с.</p> <p>3. Закон України «Про загальнообов'язкове державне соціальне страхування на випадок безробіття» від 23.03.2000 // Урядовий кур'єр. – 2000. - №72.</p>
Стандарти	<p>1. Графічні символи, що їх використовують на устаткуванні. Показчик та огляд (ISO 7000:2004, IDT) : ДСТУ ISO 7000:2004. - [Чинний від 2006-01-01]. – К. : Держспоживстандарт України 2006. – IV, 231 с. – (Національний стандарт України).</p> <p>2. Національний стандарт бухгалтерського обліку: Закони, положення, інструкції. – Київ : Консалт, 2000. – 376 с. (Національний стандарт України).</p>
Бібліографічні покажчики	<p>1. Куц. О.С. Бібліографічний показчик та анотації кандидатських дисертацій, захищених у спеціалізованій вченій раді Львівського державного університету фізичної культури у 2006 році / О. Куц, О. Вацеба. – Львів : Укр. технології , 2007. – 74 с.</p> <p>2. Систематизований показчик матеріалів з кримінального права, опублікованих у Віснику Конституційного Суду України за 1997 – 2005 рока / [уклад. Кириць Б.О., Потлань О.С.]. – Львів : Львів. держ. ун-т внутр. справ, 2006. – 11с. – (Серія: Бібліографічні довідники ; вип. 2).</p>

Дисертації	1. Дрогомирецька З.Б. Математичне моделювання в управлінні капіталом підприємства: дис. ... канд. екон. Наук : 08.03.02 / Дрогомирецька З.Б. – Л., 2002. – 182 с.
Автореферати дисертацій	1. Негрей М.В. Математичне моделювання в стратегічному управлінні підприємством 6 автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. екон. наук : спец. 08.00.11 «Математичні методи, моделі та інформаційні технології в економіці» / М.В. Негрей – Львів, 2008. – 20 с. 2. Шматко О.Ю. Моделювання оптимальної стратегії страхової компанії при впровадженні нових видів страхування: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. екон. Наук: спец 08.03.02 «Економіко-математичне моделювання» / О.Ю. Шматко - Донецький національний ун-т. – Донецьк, 2003. – 20 с.
Електронні ресурси	1. Економіко-математичне моделювання оптимізації обсягу і структури оборотних активів вугледобувних підприємств і джерел їхнього формування [Електронний ресурс]. – Режим доступу до журн. : <a href="http://www.referaty.pp.ua/abstracts/ua/economica-pidpriemstva/economica-pidpriemstva_4850.php">http://www.referaty.pp.ua/abstracts/ua/economica-pidpriemstva/economica-pidpriemstva_4850.php</a> 2. Савчук В.П. Оптимізація фондового портфелю [Електронний ресурс]. Режим доступу : <a href="http://www.management.com.ua/finance/fin013.html">http://www.management.com.ua/finance/fin013.html</a> 3. Економіка торговельного підприємства: конспект лекцій [Електронний ресурс] / Наукова бібліотека «Буковина». – Режим доступу : <a href="http://buklib.net/index.php?option=com_jbook&amp;catud=265">http://buklib.net/index.php?option=com_jbook&amp;catud=265</a>

Навчальне видання

**Одновол** Микола Миколайович  
**Ус** Світлана Альбертівна  
**Гаранжа** Дмитро Миколайович

## **ДИСКРЕТНА МАТЕМАТИКА**

**Методичні рекомендації до виконання курсової роботи**  
для здобувачів ступеня бакалавра  
освітньо-професійної програми «Системний аналіз»  
зі спеціальності 124 Системний аналіз

Видано в авторській редакції.

Електронний ресурс.  
Підписано до видання 30.08.2024. Авт. арк. 1,54.

Національний технічний університет «Дніпровська політехніка».  
49600, м. Дніпро, просп. Д. Яворницького, 19.