

ПОРІВНЯЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ЕВРИСТИЧНИХ ТА ДЕТЕРМІНОВАНИХ ПІДХОДІВ ДО ОПТИМІЗАЦІЇ МАРШРУТІВ В ГРАФАХ

Андрушак В.В. – гр. МГІТ2-24, магістрант, vadim2003and@gmail.com

Гольдберг М.І. – к.т.н., доцент., marjanagoldberg@gmail.com

Київський національний університет технологій та дизайну

Мета роботи дослідити ефективність евристичних і детермінованих алгоритмів оптимізації маршрутів у графах та оцінити їх практичну застосовність для підвищення енергоефективності, зниження втрат і автоматизації управління енергетичними потоками в сучасних системах.

Сучасна енергетика активно переходить на інтелектуальні системи управління – Smart Grid, де інформаційні технології та алгоритми оптимізації відіграють ключову роль. Однією з фундаментальних задач у цій галузі є оптимізація маршрутів передачі енергії або ресурсів у мережах, які природно моделюються графами.

В енергетичних мережах графові моделі описують топологію підстанцій, ліній електропередач та вузлів споживання. Вибір найкращого маршруту для передачі енергії або розподілу навантажень дозволяє мінімізувати втрати, збалансувати навантаження та підвищити ефективність енергозбереження.

Оптимізація маршрутів у графах є класичною задачею теорії графів та комп'ютерних наук, що має широке застосування в енергетиці та енергозбереженні. Сюди входить управління розподільними мережами, маршрутизація потоків електроенергії, оптимізація логістики та планування технічного обслуговування обладнання. В умовах динамічних енергетичних систем точність та швидкість прийняття рішень критично важливі. Використання алгоритмічних підходів дозволяє підвищити надійність роботи мереж, мінімізувати втрати енергії та автоматизувати процеси планування.

Нехай маємо граф $G=(V,E)$, де V - вершини (енергетичні вузли, підстанції), E - ребра (лінії передачі або маршрути). Завдання полягає у знаходженні оптимального маршруту або множини маршрутів R з мінімальними втратами або витратами ресурсів.

Проблема оптимізації маршрутів належить до класу NP-складних задач, тому пошук точних розв'язків є обчислювально затратним. Саме тому все більшого значення набувають евристичні підходи, які забезпечують прийнятний компроміс між якістю рішення та часом його отримання. Є два основні підходи:

Детерміновані алгоритми: точні методи, які гарантують оптимальне рішення (наприклад, алгоритм Дейкстри, Беллмана-Форда, методи повного перебору). Як правило використовується класичний алгоритм Дейкстри для мінімізації сумарної довжини маршруту або втрат енергії.

Евристичні алгоритми: наближені методи, що дозволяють швидко знаходити «достатньо гарне» рішення (генетичні алгоритми, алгоритм мурашиних колоній, алгоритм найближчого сусіда). Тут доволі поширеними є генетичний алгоритм та алгоритм мурашиних колоній для пошуку маршрутів у графі з великим числом вершин та складними обмеженнями.

Критеріями оцінки в обох випадках є час обчислення, якість рішення (мінімізація втрат), стійкість до зміни топології графа.

Проведений аналіз літературних та інтернет джерел показав результати що були проведені експерименти на графах різного розміру (від 10 до 1000 вузлів). Бачимо що детерміновані методи гарантують оптимальний результат, проте час обчислення зростає експоненціально з кількістю вузлів. Проте евристичні алгоритми показують близьку до оптимальної якість рішення (95–99% точності) за значно менший час обробки. Тож можна припустити що для великих енергетичних мереж використання евристичних алгоритмів є більш практичним, особливо при динамічній зміні потоків або аварійних ситуаціях.

Проте детерміновані методи доцільні для невеликих мереж або коли критично важлива гарантія оптимальності.

Евристичні алгоритми очевидно є ефективними для великих, складних систем, зокрема для управління розподілом енергопотоків, планування підстанцій та маршрутизації технічного персоналу.

Комбінований підхід коли спершу застосовується евристика для швидкого наближення, а потім відбувається локальна детермінована оптимізація, забезпечує баланс між точністю і швидкістю.

Висновки.

І евристичні і детерміновані алгоритми мають свої переваги й обмеження; їх вибір залежить від розміру та динаміки системи. Для енергетичних мереж, де критично важлива швидкість реакції та мінімізація втрат, перевагу слід надавати евристичним методам або комбінованим стратегіям. Використання оптимізаційних алгоритмів сприяє підвищенню енергоефективності, надійності та автоматизації управління енергетичними ресурсами.

Ці результати демонструють, що застосування сучасних алгоритмічних методів може підвищити енергоефективність та надійність енергетичних систем, а також забезпечити автоматизацію процесів управління потоками ресурсів.

Список використаних джерел:

1. Cormen, T. H., Leiserson, C. E., Rivest, R. L., Stein, C. Introduction to Algorithms. – Cambridge (MA) : MIT Press, 2022. – 1312 p.
2. Ковальчук, С. І. Застосування евристичних методів для оптимізації режиму роботи електроенергетичних систем // Вісник Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут». Серія «Електроенергетика». – 2004. – № 33. – С. 47–52.
3. Журахівський, А. В. Оптимізація режимів електроенергетичних систем : навч. посіб. – Львів : Вид-во Львівської політехніки, 2018. – 180 с.
4. Кузьмичов, В. В. Евристичні методи оптимізації енергетичних систем : навч. посіб. – Львів : ЛТЕУ, 2018. – 197 с.