

ПОШУК ОПТИМАЛЬНИХ ШЛЯХІВ У ВЕЛИКИХ МЕРЕЖАХ ПОШТОВОГО ЗВ'ЯЗКУ

Яцук Л.О.

*Одеська національна академія зв'язку ім. О.С. Попова,
65029, Україна, м. Одеса, вул. Кузнечна, 1.
nic-index@ukr.net*

ПОИСК ОПТИМАЛЬНЫХ ПУТЕЙ В БОЛЬШИХ СЕТЯХ ПОЧТОВОЙ СВЯЗИ

Яцук Л.Е.

*Одесская национальная академия связи им. А.С. Попова,
65029, Украина, г. Одесса, ул. Кузнечная, 1.
nic-index@ukr.net*

OPTIMAL ROUTES SEARCH IN LARGE MAIL NETWORKS

Yashchuk L.O.

*O.S. Popov Odessa National Academy of Telecommunications,
1, Kuznechna St., 65029, Ukraine, Odessa.
nic-index@ukr.net*

Анотація. Теперішнього часу для задоволення потреб поштового зв'язку використовуються, головним чином, малі мережі поштового зв'язку, які характеризуються наявністю однозначних зв'язків між їх структурами і матрицями зв'язності. Зазначені мережі безперервно розвиваються й удосконалюються, зокрема, створюються нові регіональні автоматизовані сортувальні центри, в яких використовуються робототехнічні комплекси, машини і пристрої, ускладнюються схеми перевезення й оброблення пошти, виникають альтернативні варіанти таких схем, включаючи альтернативні варіанти кількості, місць розміщення та пропускної здатності зазначених сортувальних центрів, закріплення за ними об'єктів поштового зв'язку, послідовностей та часових графіків їх проходження і т.ін. Внаслідок цього малі мережі поштового зв'язку поступово перетворюються у великі мережі поштового зв'язку, характерною рисою яких є відсутність однозначних зв'язків між їх структурами і матрицями зв'язності, що суттєво ускладнює пошук оптимальних шляхів у цих мережах. У даній статті як прототипи великих мереж поштового зв'язку використані схеми ліній найбільших метрополітенів світу. Хоча метрополітени і не призначені для перевезення й оброблення пошти, вони дають змогу отримати реальне уявлення про складність пошуку оптимальних шляхів у великих мережах поштового зв'язку, зробити порівняння й оцінити ефективність алгоритмів пошуку таких шляхів у цих мережах.

Ключові слова: малі мережі поштового зв'язку (ММПЗ), великі мережі поштового зв'язку (ВМПЗ), матриця зв'язності (МЗ), метрополітени (МП), схеми ліній МП, оптимальні шляхи (ОШ), алгоритм пошуку ОШ у ВМПЗ, модель «Всесвіту».

Аннотация. В настоящее время для удовлетворения потребностей почтовой связи используются, главным образом, малые сети почтовой связи, характеризующиеся наличием однозначных связей между их структурами и матрицами связности. Указанные сети непрерывно развиваются и совершенствуются, в частности, создаются новые региональные автоматизированные сортировочные центры, в которых используются робототехнические комплексы, машины и устройства, усложняются схемы перевозки и обработки почты, возникают альтернативные варианты таких схем, включая альтернативные варианты количества, мест размещения и пропускной способности указанных сортировочных центров, закрепление за ними объектов почтовой связи, последовательностей и временных графиков их прохождения и т.д. В результате этого малые сети почтовой связи постепенно превращаются в большие сети почтовой связи, характерной чертой которых является отсутствие однозначных связей между их структурами и матрицами связности, что существенно усложняет поиск оптимальных путей в этих сетях. В данной статье в качестве прототипов больших сетей почтовой связи использованы схемы

линий крупнейших метрополитенов мира. Хотя метрополитены и не предназначены для перевозки и обработки почты, они дают возможность получить реальное представление о сложности поиска оптимальных путей в больших сетях почтовой связи, провести сравнение и оценить эффективность алгоритмов поиска таких путей в этих сетях.

Ключевые слова: малые сети почтовой связи (МСПС), большие сети почтовой связи (БСПС), матрица связности (МС), метрополитены (МП), схемы линий МП, оптимальные пути (ОП), алгоритм поиска ОП в БСПС, модель «Вселенной».

Abstract. Currently, small postal networks, characterized by the presence of unique links between their structures and communication matrices, are mainly used to meet the needs of the postal service. These networks are constantly being developed and improved, in particular, new regional automated sorting centers are being created that use robotic complexes, machines and devices, mail transportation and processing schemes are complicated, and alternative options for such schemes arise, including alternative options for quantity, location and throughput specified sorting centers, securing postal service objects, sequences and time schedules for their passage, etc. As a result, small mail communication networks are gradually turning into large mail communication networks, a characteristic feature of which is the lack of unambiguous connections between their structures and connectivity matrices, which greatly complicates the search for optimal paths in these networks. In this work, as the prototypes of large postal networks, the lines of the largest undergrounds in the world are used. Although the subways are not intended for transportation and processing of mail, they provide an opportunity to get a real idea of the difficulty of finding optimal paths in large postal networks, to compare and evaluate the effectiveness of search algorithms for such paths in these networks

Key words: small postal networks, large postal networks, connectivity matrix, subways, line schemes, optimal paths, search algorithm, model of the "Universe".

Для задоволення потреб поштового зв'язку використовуються, головним чином, малі мережі поштового зв'язку (ММПЗ), які характеризуються наявністю однозначних зв'язків між їх структурами і матрицями зв'язності. Зазначені мережі безперервно розвиваються й удосконалюються, зокрема, створюються нові регіональні автоматизовані сортувальні центри, в яких використовуються робототехнічні комплекси, машини і пристрої, ускладнюються схеми перевезення й оброблення пошти, виникають альтернативні варіанти таких схем, включаючи альтернативні варіанти кількості, місць розміщення та пропускної здатності зазначених сортувальних центрів, закріплення за ними об'єктів поштового зв'язку, послідовностей та часових графіків їх проходження і т.ін. Внаслідок цього малі мережі поштового зв'язку поступово перетворюються у великі мережі поштового зв'язку (ВМПЗ), характерною рисою яких виступає відсутність однозначних зв'язків між їх структурами і матрицями зв'язності (МЗ), що суттєво ускладнює пошук оптимальних шляхів (ОШ) у цих мережах.

Метою статті є розроблення алгоритму пошуку оптимальних шляхів у ВМПЗ. Оскільки принциповою відмінністю ВМПЗ від поширених нині ММПЗ є те, що у будь-якій ВМПЗ (крім повнозв'язної) завжди відсутній, а у будь-якій ММПЗ (незалежно від її зв'язності) завжди існує однозначний зв'язок між структурою мережі та її матрицею зв'язності (МЗ), як додаткова задача постає визначення виду мережі та її чітких меж.

Загальна характеристика метрополітенів світу. Найбільші метрополітени (МП) світу відрізняються за багатьма показниками, зокрема, за кількістю станцій і маршрутів; за протяжністю ліній; за річним пасажиропотоком; за добовим пасажиропотоком та іншими показниками. У табл.1 надані дані ТОП-10 найбільших МП світу станом на грудень 2019 р. за показниками протяжності маршрутів із зазначенням кількості станцій [1].

Таблиця 1 – Показники ТОП-10 найбільших МП світу

№	Місто	Протяжність ліній, км	Кількість станцій
1	Пекін	690,5	398
2	Шанхай	676	413
3	Гуанчжоу	475,2	246
4	Лондон	402	270
5	Москва	357,3	232
6	Нью-Йорк	394	472

7	Делі	391	285
8	Нанкін	377	159
9	Сеул	343	317
10	Ухань	339	228

Подання ВМПЗ в пам'яті ЕОМ. ВМПЗ важко уявити не тільки в пам'яті ЕОМ, а й зобразити графічно. В [2] надається 251000 можливих варіантів накреслень схем Нью-Йоркського МП, кожний з яких має певні переваги і недоліки. За таких умов знаходження ОШ з вузла відправлення α у вузол призначення ω без використання ЕОМ перетворюється на практично нездійсненне завдання.

Складність знаходження ОШ з вузла α у вузол ω обумовлена, перш за все, складністю подання структур ВМПЗ в пам'яті ЕОМ. Як приклади в табл. 2 надані МЗ повнозв'язної мережі, а в табл. 3 – неповнозв'язної. В обох прикладах ВМПЗ містить 10 вузлів. У схемі табл. 2 кожний можливий вузол α безпосередньо пов'язаний з кожним можливим вузлом ω . У схемі табл. 3 вилучені зв'язки між вузлами α і ω , що мають парні номери, та між вузлами α і ω , що мають непарні номери.

Таблиця 2 – Матриця зв'язності повнозв'язної мережі

Вузол α	Вузол ω									
1		2	3	4	5	6	7	8	9	10
2	1		3	4	5	6	7	8	9	10
3	1	2		4	5	6	7	8	9	10
4	1	2	3		5	6	7	8	9	10
5	1	2	3	4		6	7	8	9	10
6	1	2	3	4	5		7	8	9	10
7	1	2	3	4	5	6		8	9	10
8	1	2	3	4	5	6	7		9	10
9	1	2	3	4	5	6	7	8		10
10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	

Таблиця 3 – Матриця зв'язності неповнозв'язної мережі

Вузол α	Вузол ω									
1		2		4		6		8		10
2	1		3		5		7		9	
3		2		4		6		8		10
4	1		3		5		7		9	
5		2		4		6		8		10
6	1		3		5		7		9	
7		2		4		6		8		10
8	1		3		5		7		9	
9		2		4		6		8		10
10	1		3		5		7		9	

Алгоритм пошуку ОШ у ВМПЗ. Ідея алгоритму пошуку ОШ між вузлами відправлення α і призначення ω у ВМПЗ полягає в тому, що зона відправлення відповідного МП, яка спочатку включає тільки вузол відправлення α , на кожному кроці алгоритму, подібно моделі «Всесвіту», розширюється в усіх можливих напрямках за рахунок включення до неї нових вузлів з числа *безпосередньо* пов'язаних з ними вузлів зони призначення і відповідного звуження останньої, що при як завгодно великій, але кінцевій, кількості вузлів мережі незмінно призведе до потрапляння в одну з цих розширених зон вузла призначення ω .

Пункти зупинок ліній згаданого МП поділяються на лінійні (ЛПЗ) та вузлові (ВПЗ). ЛПЗ розташовуються на одній лінії МП і, внаслідок цього, призначені лише для входу та виходу пасажирів. ВПЗ розташовуються в місцях перетину двох або декількох ліній МП і, тому, призначені як для входу та виходу, так і для пересадки пасажирів з однієї лінії на іншу.

Алгоритм передбачає збільшення вмісту показчика протяжності пройденого шляху на величину пройденого шляху без зміни вмісту показчика номера орбіти на кожному кроці просування через ЛПЗ і збільшення вмісту показчика протяжності пройденого шляху на величину пройденого шляху з одночасним збільшенням на одиницю вмісту показчика номера орбіти на кожному кроці просування через ВПЗ. Внаслідок цього, після закінчення роботи алгоритму в показчику протяжності пройденого шляху утворюється значення протяжності пройденого шляху, а в показчику номера орбіти – номер відповідної орбіти «Всесвіту».

На рис. 1 показано ілюстрацію моделі «Всесвіту».

У зазначеній ілюстрації початковий вузол α розміщується в центрі моделі, а кінцевий вузол ω – на відповідному промені її відповідної орбіти. При цьому, відлік променів виконується в заздалегідь обраному напрямку, починаючи з променя, прийнятого в якості початкового (на рис.1 – в напрямку за годинниковою стрілкою, починаючи з правої горизонтальної точки променя, що перетинає третю орбіту моделі, тобто відстань між орбітами вузлів α і ω дорівнює $|\alpha - \omega| + 1 = 3$).

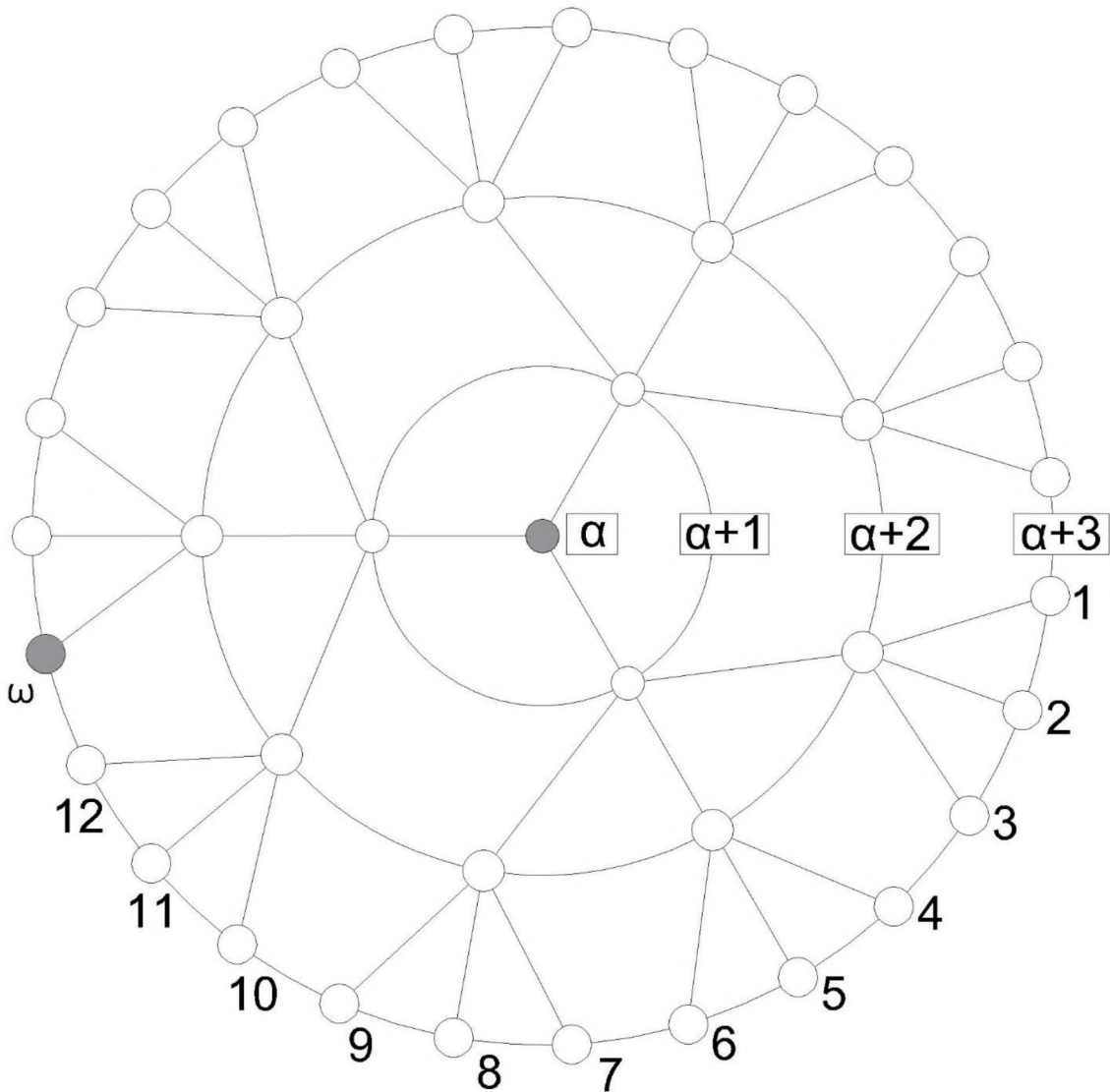


Рисунок 1 – Ілюстрація моделі «Всесвіту»

В алгоритмі пошуку ОШ у ВМПЗ беруть участь три вузли: вузол відправлення α , вузол призначення ω і поточний перевірений вузол τ , що приймає по черзі значення $\tau = \alpha, \alpha + 1, \dots, \omega$. Усього алгоритм включає $|\alpha - \omega| + 1$ кроки.

Важливою відмінною рисою схем ВМПЗ, як і схем великих мереж МП, що істотно ускладнює пошук в них ОШ, є те, що МЗ будь-якої неповнозв'язної мережі відповідає не один, а деяка множина можливих варіантів ОШ, потужність якого тим вища, чим нижче зв'язність цієї мережі. Оскільки, з урахуванням *реальних* обмежень, оптимальним може виявитися будь-який із зазначених варіантів, у загальному випадку може знадобитися їх повний перебір і аналіз.

У табл. 4 надано приклад МЗ мережі мінімальної зв'язності (ланцюжок) для мережі, що містить $n = 10$ вузлів, якій відповідають ОШ табл. 5 (10 x 1), табл. 6 (5 x 2), табл. 7 (2 + 3 + 3 + 2), табл. 8 (2 x 5). Для зручності аналізу й економії місця ОШ в наданих таблицях розташовані вертикально, завдяки чому подання будь-якого з них займає не більше двох стовпців.

Таблиця 4 – Матриця зв'язності

α	Вузол ω									
1	2									
2		3								
3			4							
4				5						
5					6					
6						7				
7							8			
8								9		
9									10	
10										1

Таблиця 5 – ОШ 1

Таблиця 6 – ОШ 2

Таблиця 7 – ОШ 3

Таблиця 8 – ОШ 4

На жаль, відсутність однозначного зв'язку між МЗ і структурою ВМПЗ суттєво обмежує можливості реалізації у ВМПЗ основних функцій з сортування поштових одиниць [3] і практично унеможливує реалізацію головної логістичної функції з оптимізації зазначеної ВМПЗ як цілісної системи, а не як сукупності окремих автономних систем [4].

Висновки:

1. Пошук ОШ у ВМПЗ реально можливий лише за допомогою ЕОМ.
2. Важливою не вирішеною проблемою пошуку ОШ у ВМПЗ є труднощі з подання таких мереж в пам'яті ЕОМ.
3. Використання як прототипів ВМПЗ схем ліній найбільших МП світу дозволяє оцінити реальні труднощі пошуку ОШ у зазначених мережах.
4. Модель «Всесвіту» адекватно відбиває процеси пошуку ОШ у ВМПЗ.
5. Доцільність розробки прикладного програмного забезпечення для пошуку ОШ у ВМПЗ не викликає сумнівів.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Вікіпедія / Список діючих метрополітенів [Електронний ресурс] https://ru.wikipedia.org/wiki/Список_метрополитенов (дата звернення 19.01.2020).
2. Нью-Йоркський метрополітен / Схема ліній Нью-Йоркського метрополітену [Електронний ресурс] www.mta.info (дата звернення 19.01.2020).
3. Ящук Л.О. Оптимізація сортування поштових одиниць: методи, моделі, алгоритми: [Монографія] / Ящук Л.О. – Одеса: ОНАЗ ім. О.С. Попова, 2010. – 136 с.
4. Ящук Л.О. Логістика поштового зв'язку: підручник [для вищих навчальних закладів зв'язку] / Ящук Л.О. – Одеса: ОНАЗ ім. О.С. Попова, 2014. – 292 с.

REFERENCES:

1. Wikipedia. Subway list [Electronic resource] [https://ru.wikipedia.org/wiki/Список_метрополитенов_\(date_of_the_application_19.01.2020\)](https://ru.wikipedia.org/wiki/Список_метрополитенов_(date_of_the_application_19.01.2020))
2. New York subway. Metropolitan Transportation Authority www.mta.info (date of the application 19.01.2020)
3. Yaschuk, L.O. Optyimizatsiya sortuvannya poshtovykh odynyts: Metody, modeli, alhorytmy [Monograph]. Odessa, O.S. Popov ONAT, 2010: 136 p. [Optimization of sorting of postal items: Methods, models, algorithms]
4. Yaschuk, L.O. Lohistyka poshtovoho zv'yazku: Pidruchnyk dlya vyshchyykh navchal nykh zakladiv zv'yazku. – Odessa, O.S. Popov ONAT, 2014: 292 p. [Mail Logistics: A Textbook for Higher Education Institutions]

DOI 10.33243/2518-7139-2020-1-1-82-87