

ПИТАННЯ РОЗВИТКУ, ЗАСТОСУВАННЯ ТА ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПОВІТРЯНИХ СИЛ ЗБРОЙНИХ СИЛ УКРАЇНИ, УДОСКОНАЛЕННЯ ЇХ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ

DOI 10.33099/2786-7714-2023-1-4-5-8

УДК 623.746

Барабаш Олег Володимирович (доктор технічних наук, професор)

<https://orcid.org/0000-0003-1715-0761>

Кіреєнко Володимир Володимирович (кандидат військових наук, доцент)

<https://orcid.org/0000-0003-0230-9450>

Національний університет оборони України, Київ, Україна

ПІДХІД ДО ПОБУДОВИ ФУНКЦІОНАЛЬНО СТІЙКОЇ РОЗПОДІЛЕНОЇ СИСТЕМИ ПЕРЕДАЧІ РАДІОЛОКАЦІЙНОЇ ІНФОРМАЦІЇ

Стаття присвячена побудові функціонально стійкої системи передачі радіолокаційної інформації. Забезпечення функціональної стійкості пропонується здійснювати з допомогою запровадження надмірності між структурними елементами системи. Зважаючи на характер ієрархічної побудови існуючої системи передачі радіолокаційної інформації, дослідження проводилися за допомогою графової моделі, а саме розглядалися питання побудови оптимально зв'язної структури. Також було показано, що при заданій кількості вершин та ребер різним ймовірностям існування ребра можуть відповідати різні оптимальні структури графа. Таким чином, на основі представленого підходу можна оптимально вводити коригувальні зв'язки, тим самим підвищувати функціональну стійкість структури.

Ключові слова: функціональна стійкість; система передачі радіолокаційної інформації; структурна зв'язність.

Вступ

Після вторгнення в Україну 24 лютого Росія здійснила кібератаки на комп'ютерні системи українського уряду, військових і критичну інфраструктуру, спричинивши збій у роботі деяких систем. Також через кібератаки припинив роботу КА-SAT (телекомунікаційний супутник зв'язку високої пропускну здатності), який використовували українські військові та розвідувальні служби. З початку повномасштабного вторгнення стало зрозуміло, що в Збройних силах існує нагальна потреба щодо побудови функціонально стійких систем військового призначення. Однією з таких систем є система передачі радіолокаційної інформації (СПРІ), яка повинна виконувати свої функції в умовах внутрішніх та зовнішніх дестабілізуючих факторів.

Необхідність побудови функціонально-стійкої системи передачі радіолокаційної інформації обумовлено важливістю завдань, що вирішуються, а саме передача радіолокаційної інформації до споживачів.

Основною особливістю функціонально-стійких систем є їхня здатність змінюватись на структурному рівні до повної відмови системи, тобто виключати відмовивши елементи, перестроювати структуру, налаштувати параметри системи до нових умов експлуатації. Аналогічно

поведінки живих організмів, при втраті ними деяких частин та функцій слід синтезувати СПРІ, яка б виконувала основну функцію (передачу радіолокаційної інформації) при виході з ладу елементів системи (вузлів комутації та ліній зв'язку).

Таким чином вирішення задачі синтезу СПРІ, тобто визначення її структури та значень параметрів елементів у відповідності з визначеними обмеженнями та критеріями є актуальною.

В статті пропонується розглянути узагальнений підхід до забезпечення функціональної стійкості в розподілених інформаційних системах, якою є система передачі радіолокаційної інформації.

Вирішенню задачі побудови функціонально-стійких складних систем присвячено множина наукових робіт [1, 2, 3, 4]. Однак, основна увага в них приділяється рішенням часткових задач, а саме – побудови резервованих інформаційно-керованих систем, адаптивних систем управління, відмово стійких обчислювальних систем.

Мета статті – викладення основних положень щодо побудови функціонально стійкої системи передачі радіолокаційної інформації, яка може функціонувати під впливом потоків відмов та в умовах впливу противника. Результатом вирішення даної задачі буде множина ліній зв'язку між вузлами комутації СПРІ.

Матеріали та методи

Для вирішення поставленої задачі скористаємось графовим її поданням, як найбільш поширеною та зручною формою подання структур взагалі. Будемо рахувати, що вершинам графа відповідають вузли комутації (ВК), а ребрам графа лінії зв'язку. Якщо побудова оптимально-зв'язного графа для заданих кількості вершин і ребер розглядалося в літературі і є деякі результати, зокрема по однорідності ступенів вершин таких графів і довжини простих ланцюгів, то питанням оптимального з'єднання декількох точок в існуючих графах або оптимального з'єднання графів ще не розглядалося.

Результати

В [5] було показано, що при заданій кількості вершин та ребер, різним ймовірностям існування ребра можуть відповідати різні оптимальні структури графа.

В наведеній блок-схемі прийнято рахувати, що ВК з'єднується корегуючим ребром до

найближчого ВК. Однак більш детальний розгляд показує, що доцільно робити прив'язку не до найближчого вузлу, а до того з яким пов'язане більше число входжень споживачів з якими ведеться передача радіолокаційної інформації. При цьому за рахунок деякого збільшення довжини та вартості з'єднань скоротиться навантаження, в результаті чого вартість структури СПРІ зменшиться.

Проведений аналіз [6] показав, що найбільш ефективними є евристичні методи оптимізаційних процедур (методи заміни), синтезу, метод графів. Дані методи є пошуковими процедурами, які покращують структуру СПРІ, послідовно змінюючи невеликі її ділянки.

Розглянемо задачу синтезу структури СПРІ в якій потрібно визначити сукупність ліній зв'язку, які забезпечують зв'язність структури при її мінімальній вартості. Зазначена задача вирішується в удосконаленій методиці (рис. 1), яка базується на елементах оптимізації на графах та мережах.

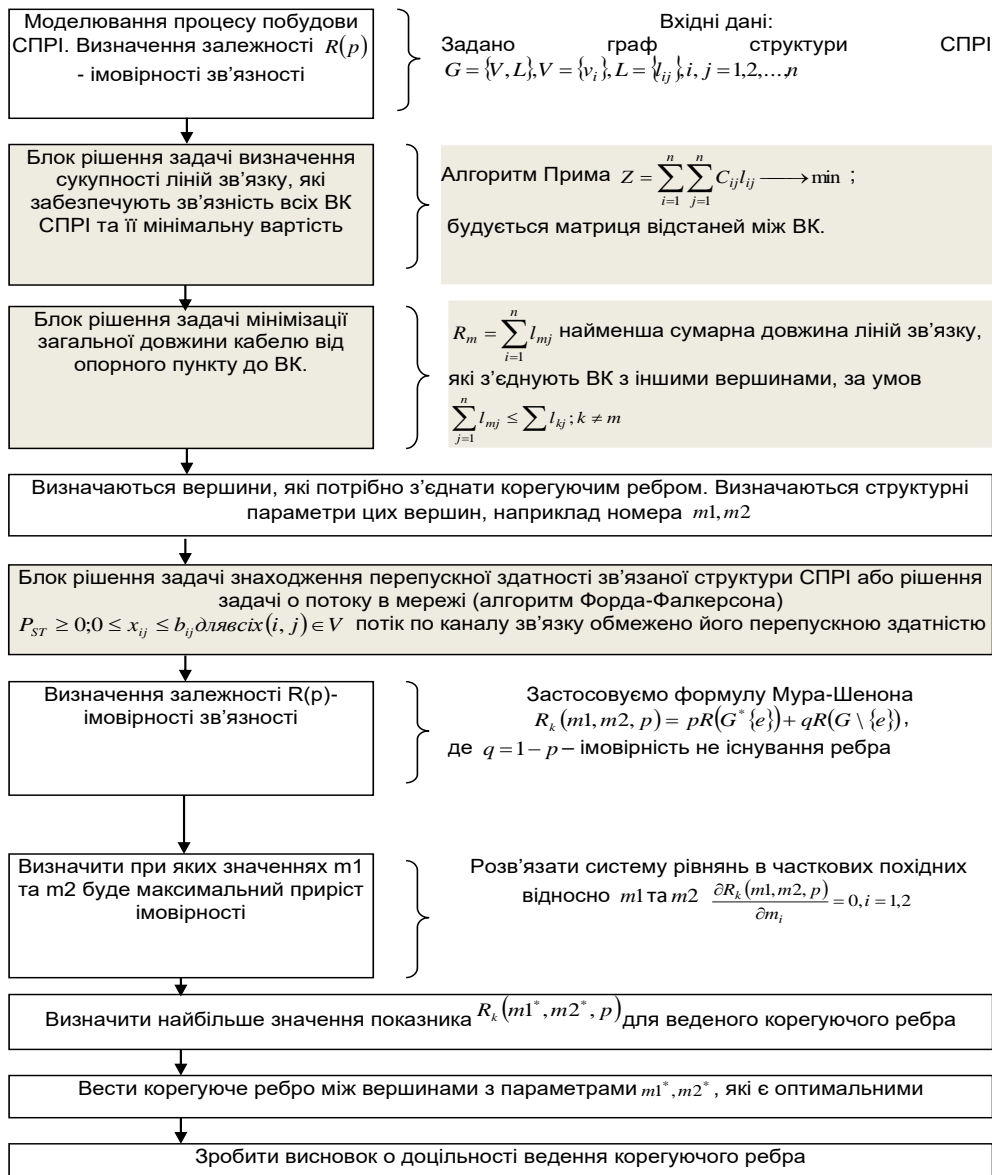


Рисунок 1. Блок-схема побудови функціонально стійкої СПРІ

Математична задача синтезу структури мінімальної вартості формулюється наступним чином.

Задано неорієнтований граф $G(N, V)$, де множина вершин N відповідає множині ВК, загальне число дорівнює n , а множина ребер V – відстаням $\{l_{ij}\}$ між парами ВК. Відома вартість 1 кілометра лінії зв'язку між пунктами i та j .

Необхідно знайти дерево $G'(N', V')$, для якого досягається мінімум цільової функції:

$$Z = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n C_{ij} l_{ij} \rightarrow \min$$

Для рішення даної задачі застосуємо алгоритм Прима. Алгоритм реалізується шляхом присвоєння поміток вершинам ВК, які водяться у шуканий граф $G'(N', V')$ та послідовного ведення в нього найбільш коротких ребер (ліній зв'язку), загальна кількість яких не повинна перевищувати $(n-1)$ та забезпечувати зв'язність між всіма n вершинами покривного дерева.

Покрокова форма алгоритму має вигляд:

Крок 0. Шукана структура $G'(N', V')$ в початковому стані містить n вершин та не містить ребер. Обирається одна вершина ВК і та помічається як “обрана”. Інші $(n-1)$ вершин помічаються як “невибраних”.

Крок 1. Знаходиться ребро (i, j) , яке приналежить підмножині обраних вершин, а вершина j до підмножини не обраних вершин.

Крок 2. Ребро (i, j) включається до шуканої структури $G'(N', V')$, вершина j виключається з підмножини невибраних вершин. Якщо підмножина невибраних вершин виявилась порожньою – кінець роботи алгоритму. В протилежному випадку – переходимо до кроку 1.

Наведемо роботу алгоритму Прима на прикладі системи, яка складається з семи елементів. Маємо сім ВК, які входять до складу комплексів засобів автоматизації, відстань між якими зведені до

матриці $L = \|l_{ij}\|$, а саме:

	0	10	5	12	9	3	9
	10	0	7	2	8	4	6
	5	7	0	3	1	5	11
$L = 12$	2	3	0	10	15	10	
	9	8	1	10	0	12	9
	3	4	5	15	12	0	17
	9	6	11	10	9	17	0

На кроці 0 шуканий граф містить 6 вершин ВК та не містить жодного ребра (ліній зв'язку). Обираємо вершину 3 та помічаємо її як обрану (рис. 2).

На 1 кроці обираємо ребро l_{35} як ребро з найменшою вагою, у якого вершина $i=3$ належить

підмножині обраних вершин (поки, що містить одну вершину 3), а вершина $j=5$ – підмножину невибраних вершин (всі інші вершини).

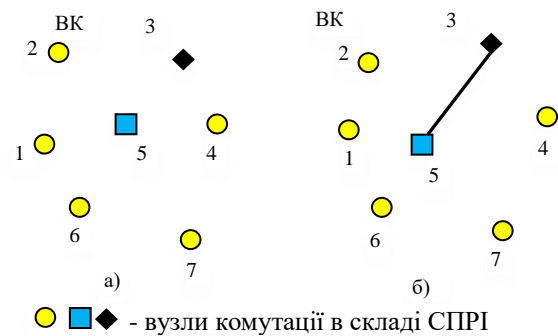


Рисунок 2. Початкові структури у вигляді графів

На кроці 2 ребро l_{35} водиться в шуканий граф $G'(N', V')$, а вершина 5 водиться у підмножину обраних вершин (рис. 2а). Оскільки підмножина невибраних вершин не порожня, повторюємо крок 1. Для цього знаходимо ребро мінімальної ваги, перебираючи поєднання кожної пари вибраних та невибраних вершин.

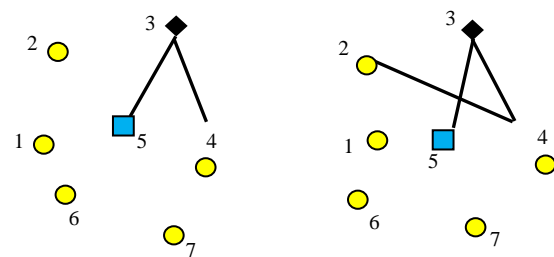


Рисунок 2а.

Рисунок 2б.

Таким є ребро l_{34} (рис. 2б), яке додається у граф G' , а вершина 4 стає обраною. Наступним вибираються ребра: l_{26} (рис. 3 а); l_{31} (рис. 3 б); l_{27} (рис. 3 в).

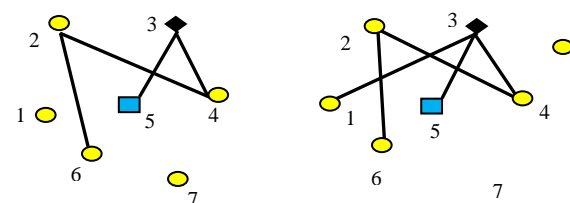


Рисунок 3а.

Рисунок 3б.

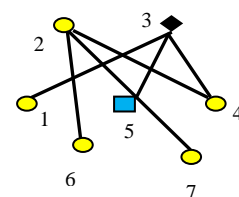


Рисунок 3в.

Висновки

В результаті проведення досліджень

встановлено, що запровадження побудови функціонально стійкої системи передачі радіолокаційної інформації дозволяє оптимальним способом додавати резервні канали передачі до існуючої структури. В якості вихідної структури доцільно обирати кільцеву структуру, з метою мінімізації кількості та довжини ліній зв'язку між вузлами комутації.

Отримано шуканий граф, який представляє собою покривне дерево, оскільки він включає всі вершини, містить число ребер на одиницю менше числа вершин ($n=7$, $v=6$) та забезпечує зв'язність кожної пари вершин.

Отримані результати можуть знайти подальше застосування під час наукових досліджень в напрямку розроблення перспективних систем передачі даних.

Список використаних джерел

1. Дубовой В. М. Моделювання та оптимізація систем / В. М. Дубовой. – Вінниця., 2017. – 325 с.

2. Васильев В. И. Графы кодов, устройства и сети передачи сигналов данных / В. И. Васильев, В. М. Коновалов, Л. Я. Заманский – М. : “Радио и связь”, №11, 1985.

3. Барабаш О. В., Застосування дискретної оптимізації для синтезу структури мережі передачі даних / О. В. Барабаш, Ю. В. Пономарьов // Проблеми створення, випробування, застосування та експлуатації складних інформаційних систем. Збірник наукових праць. – Житомир : ЖВІРЕ, – 2003. – Вип. 6. – С. 132–141.

4. Богатырев В. А. Оценка вероятности полной связности локальных сетей при неполнодоступности резервированных магистралей / В. А. Богатырев. // Электронное моделирование, – 1999. – №5. – С. 102–112.

5. Новиков Д. А. Сетевые структуры и организационные системы / Д. А. Новиков. – М. : ИПУ РАН, 2003. – 102 с.

6. Запорожець Ю.А. Моделювання та оптимізація об'єктів та систем управління [Електронний ресурс]: навчальний посібник / Ю.А. Запорожець., С.Л. Мердук, С.В. Плашихін. – Київ: КПІ ім Ігоря Сікорського, 2021. 99 с.

APPROACH TO BUILDING A FUNCTIONALLY SUSTAINABLE DISTRIBUTED RADIO INFORMATION TRANSMISSION SYSTEM

Oleh Barabash (Doctor of Technical Sciences, Professor)

<https://orcid.org/0000-0003-1715-0761>

Volodymyr Kireyenko (Candidate of Military Sciences, Associate Professor)

<https://orcid.org/0000-0003-0230-9450>

The National Defence University of Ukraine, Kyiv, Ukraine

The article is devoted a construction functionally to the steady system and passing to radio-location information. It is suggested to carry out providing of functional stability due to introduction and surplus between the structural elements of the system. Because of character the hierarchical construction of the existent system of passing to radio-location information, researches were conducted by a count model, the questions the construction optimum of coherent structures were namely examined. It was also shown that at the set amount of tops and ribs the different optimum structures of count can correspond different probabilities of existence of rib. Thus, on the basis of the presented the approach it is possible optimum appearance to enter correcting's connections, the same to promote functional stability of structure.

Keywords: functional stability; system of passing to radio-location information; structural coherentness.

References

1. Dubovoi V. M. Modeliuvannia ta optymizatsiia system / V. M. Dubovoi. – Vinnytsia., 2017. – 325 s.

2. Vasilev V.I. Konovalov V.M., Zamanskij L.J. (1985), Columns of codes, device and network of transmission of signals of data. [Grafyi kodov, ustroystva i seti peredachi signalov danih], Radio i svyaz, №11.

3. Barabash O.V., Ponomarov Y.V. (2003) Application of discrete optimization for the synthesis of network of transmission structure information [Zastosuvannya diskretnoi optimizatsii dlya sintezu strukturi merezhi peredachi danih] Zbirnyk naukovkh prats. Zhytomyr: ZhVIRE, № 6. pp. 132–141.

4. Bogatyrev V.A. (1999), Estimation of probability of complete coherentness of local networks at nepolnodostupnosti of the reserved highways. [Otsenka veroyatnosti polnoy svyaznosti lokalnyih setey pri nepolnodostupnosti rezervirovannyih magistralej], Elektronnoe modelirovanie, №5 pp. 102–112.

5. Novikov D.A. (2003), Network structures and organizational systems [Setevyie struktury i organizatsionnyie sistemy], IPU RAN, 102 p.

6. Zaporozhets Yu.A. Modeliuvannia ta optymizatsiia ob'ektiv ta system upravlinnia [Elektronnyi resurs]: navchalnyi posibnyk / Yu.A. Zaporozhets., S.L. Merdukh, S.V. Plashykhin. – Kyiv: KPI im Ihoria Sikorskoho, 2021.99s.