

## МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ СТРУКТУРИ ІНФОРМАЦІЙНОЇ МЕРЕЖІ НА ОСНОВІ НЕСТАЦІОНАРНОЇ ІЄРАРХІЧНОЇ ТА СТАЦІОНАРНОЇ ГІПЕРМЕРЕЖІ

*У статті розроблена модель структури інтегральної інформаційної мережі на основі нестационарної ієрархічної та стаціонарної гіпермережі, з врахуванням руйнівних впливів різного характеру. Під функціональною стійкістю інтегральної інформаційної мережі в роботі розуміється можливість функціонування системи, нехай із зменшенням якості, протягом заданого часу під впливом зовнішніх та внутрішніх дестабілізуючих факторів. Під зовнішніми та внутрішніми дестабілізуючими факторами розуміються відмови, збої елементів системи, навмисні пошкодження, бойові ураження, електромагнітні завади, помилки обслуговуючого персоналу. Забезпечення властивості функціональної стійкості будь-якої складної технічної системи здійснюється в три етапи: ідентифікація нештатної ситуації, локалізація нештатної ситуації, відновлення функціонування за рахунок перерозподілу ресурсів. При розгляді інтегральних інформаційних мереж з точки зору функціональної стійкості, вихід з ладу вузла комутації чи лінії зв'язку тягне за собою руйнування каналів передачі вторинних мереж, які в графах цих мереж є несуміжними. Тому моделювати структуру такої мережі графом недоцільно. У зв'язку з цим, введено нові поняття і визначення в теорію функціональної стійкості та розроблено відповідний методичний апарат. Дана модель враховує усі необхідні основні з точки зору функціональної стійкості параметри мережі, їх властивості та відношення, які здійснюють значний вплив на синтез оптимальної структури мережі. Відмінність гіпермереж від інших структурних моделей полягає в тому, що в створенні структури гіпермережі бере участь більше двох твірних множин, що дозволяє врахувати вплив можливих позаштатних ситуацій, які обумовлені внутрішніми і зовнішніми чинниками.*

*Ключові слова: гіпермережа, нестационарна гіпермережа, інформаційні мережі, функціональна стійкість, руйнівні впливи.*

**Вступ.** За останні декілька десятиліть в житті сучасного суспільства різко зросла роль інформаційно-технічної сфери. Однак з розвитком інформаційно-технічних систем, підвищується їх чутливість до зовнішніх впливів різного характеру. Ці дії можуть порушувати нормальний режим роботи цих систем і навіть призводити до повної зупинки їх роботи. У той же час стан інформаційно-технічних систем активно впливає на стан політичної, економічної, оборонної та інших складових безпеки нашої країни.

Основою цих систем є інтегральні інформаційні мережі (ІМ). Здатність ІМ протистояти руйнівним діям (РД) і продовжувати виконувати певний обсяг функцій, можливо з погіршенням якості, є їх властивістю, яку називають функціональною стійкістю.

**Постановка проблеми.** Реалізація функціональної стійкості досягається застосуванням в складній технічній системі різних уже існуючих видів надмірності (структурної, часової, інформаційної, функціональної та ін.) шляхом перерозподілу ресурсів з метою парирования наслідків позаштатних ситуацій. Разом з тим, нечисленні роботи в галузі забезпечення функціональної стійкості складних технічних систем не дають змоги виробити єдині підходи та започаткувати теоретичні основи забезпечення функціональної стійкості для ІМ. Проблема полягає у відсутності підходу та відповідних моделей щодо опису структури сучасної інтегральної інформаційної мережі, параметрів її елементів та зв'язків, а також відсутністю можливості врахувати руйнуючі впливи різного характеру.

**Аналіз останніх публікацій.** Математична формалізація функціональної стійкості ІМ є першим науково-обґрунтованим кроком створення методологічних основ забезпечення функціональної стійкості ІМ [1 – 6]. Аналіз теорії функціональної стійкості щодо методів моделювання складних технічних систем показав, що існують відповідні наукові праці для динамічних систем, які базуються на використанні теорії графів [7 – 9]. Зокрема, у роботі [3]

запропоновано математичну модель структури інформаційної мережі 5 покоління (5G) на основі теорії випадкових графів, а в статті [10] розглянуто модель складної ієрархічної системи, що ґрунтується на представленні у вигляді  $k$ -гіпермережі. Особливості принципу роботи сучасних ПМ дозволяють зробити висновок про те, що незважаючи на серйозні наукові результати теорії функціональної стійкості досліджувані в ній математичні моделі складних систем не здатні адекватно описати процес функціонування ПМ.

**Метою статті** є розробка моделі структури інтегральної інформаційної мережі на основі нестационарної ієрархічної та стаціонарної гіпермережі, з врахуванням руйнівних впливів різного характеру.

**Виклад основного матеріалу.** Для того щоб проводити всебічний аналіз функціональної стійкості інформаційних мереж, необхідно розглядати окремо не тільки первинні або вторинні мережі, але і всі мережі передачі даних в сукупності. Такі об'єднані мережі будемо називати інтегральними інформаційними мережами.

При розгляді інтегральних інформаційних мереж з точки зору функціональної стійкості, вихід з ладу вузла комутації чи лінії зв'язку тягне за собою руйнування каналів передачі вторинних мереж, які в графах цих мереж є несуміжними. Тому моделювати структуру такої мережі графом недоцільно.

Таким чином виникає необхідність ввести нові поняття в теорію функціональної стійкості інформаційних мереж. Екзотерична мережа – це така теоретична модель мережі зв'язку, в якій просторове положення каналів передачі не впливає на розв'язання поставлених перед дослідником завдань. Езотерична мережа – теоретична модель мережі зв'язку, в якій явно розглядається реалізація вторинної мережі в первинній інформаційній мережі.

Першій теоретичній моделі інформаційної мережі відповідає поняття «граф» як моделі структури, а другій – поняття «гіпермережа», яке вперше було запропоновано в роботі [11].

Принципова відмінність гіпермереж від інших структурних моделей полягає в тому, що в створенні структури гіпермережі бере участь більше двох твірних множин [12].

Так як методи відомих теорій не завжди дозволяють досліджувати гіпермережі, то потрібно розробити відповідний методологічний апарат і створити нові поняття і визначення.

Гіпермережеві моделі. Формально абстрактну гіпермережу можна описати шістькою  $AS = (X, V, R; P, F, W)$ , яка включає наступні об'єкти:  $X = (x_1, x_2, \dots, x_n)$  – множина вершин;  $V = (v_1, v_2, \dots, v_g)$  – множина гілок;  $R = (r_1, r_2, \dots, r_m)$  – множина ребер;  $P: V \rightarrow 2^X$  – відображення, яке кожному елементу  $v \in V$  ставить у відповідність множину  $P(v)$  з  $X$  його вершин. Тим самим відображення  $P$  визначає гіперграф  $PS = (X, V; P)$ ;  $F: R \rightarrow 2^V_{PS}$  – відображення, яке кожному елементу  $r \in R$  ставить у відповідність множину  $F(r)$  його гілок, причому сімейство підмножин гілок  $2^V_{PS}$  містить такі підмножини, гілки яких складають зв'язну частину гіперграфа  $PS$ ; відображення  $F$  визначає гіперграф  $FS = (V, R; F)$ ;  $W: r \rightarrow 2^{P(F(r))} \forall r \in R$  – відображення, яке зіставляє кожному елементу  $r \in R$  підмножину  $W(r)$  з  $P(F(r))$  його вершинами, де  $P(F(r))$  – множина вершин в  $PS$ , інцидентних гілкам  $F(r)$  із  $V$ . Таким чином, відображення  $W$  визначає гіперграф  $WS = (X, R; W)$ .

Гіперграф  $PS$  назвемо первинною мережею гіпермережі, а гіперграф  $WS$  – вторинною.

Неважко помітити, що відображення  $P, F, W$  є відношеннями інцидентності у відповідних гіперграфах  $PS, FS, WS$  і, відповідно, вони визначають інцидентність елементів в абстрактній гіпермережі  $AS$ . На рис. 1 наведена діаграма відношення інцидентності.

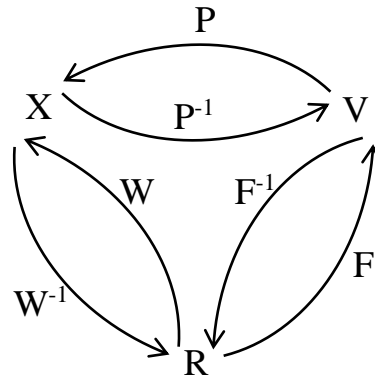


Рисунок 1 – Діаграма відношення інцидентності гіпермережі інтегральної інформаційної мережі

Іншими словами вершина  $x \in X$  інцидентна гілці  $v \in V$  тоді і тільки тоді, коли  $x \in P(v)$ ; гілка  $v \in V$  інцидентна ребру  $r \in R$  тоді і лише тоді, коли  $v \in F(r)$ ; ребро  $r \in R$  інцидентне вершині  $x \in X$  тоді і лише тоді, коли  $x \in W(r)$ .

Важливим поняттям є також відношення слабкої інцидентності елементів абстрактної гіпермережі. А саме, два елементи із різних множин слабо інцидентні, якщо знайдеться елемент із третьої множини, інцидентний їм обом. Наприклад, вершина  $x \in X$  слабо інцидентна ребру  $r \in R$ , якщо і тільки якщо існує елемент  $v \in V$ , такий, що  $x \in P(v)$  і  $v \in F(r)$ , тобто  $x \in P(F(r))$ . Зрозуміло, що слабо інцидентні елементи можуть бути також інцидентними, навпаки невірно.

З рис. 1 видно, що для елементів гіпермереж можна визначити шість понять суміжності елементів. Дійсно, аналогічно з графами і гіперграфами два елементи із однієї множини суміжні тоді і лише тоді, коли знайдеться елемент із другої множини, інцидентний їм обом. Але так як в гіпермережах для елемента із будь-якої множини можуть бути знайдені інцидентні елементи з двох різних множин, то відповідно маємо два поняття суміжності. Наприклад, вершини  $x_1$  і  $x_2$  із  $X$   $v$ -суміжні, якщо  $\exists v \in V: x_1 \in P(v)$  і  $x_2 \in P(v)$ , і ці вершини  $r$ -суміжні, якщо  $\exists r \in R: x_1 \in W(r)$  і  $x_2 \in W(r)$ . Аналогічним чином визначається суміжність інших елементів  $AS$ .

Абстрактна гіпермережа  $S = (X, V, R; P, F, W)$  називається гіпермережею, якщо:

$$1) |P(v)| = 2 \quad \forall v \in V, |W(r)| = 2 \quad \forall r \in R,$$

$$2) \text{множина } F(r) \text{ із } V \text{ складає маршрут в графі } PS = (X, V) \quad \forall r \in R.$$

Таким чином, первинна  $PS$  і вторинна  $WS$  мережі гіпермережі  $S$  є графами, а  $F$  відображає ребра  $WS = (X, R)$  в маршрути графа  $PS = (X, V)$ .

На рис. 2 зображена гіпермережа та всі її складові частини.

Для кожного значення  $x_i \in X$  визначені функція  $\beta_i(t)$ , яка в подальшому буде трактуватися як ємність буфера на відповідний момент часу, функція  $\gamma_i(t) = 1$ , якщо вершина  $x_i$  знаходиться в робочому стані (тобто справний її прообраз в мережі) в момент  $t$ , і функція  $\gamma_i(t) = 0$  в іншому випадку.

Для кожної гілки  $v_j \in V$  поставимо у відповідність функції  $\alpha_j(t) \geq 0$  (пропускна здатність відповідної інформаційної мережі) і  $\delta_k(t) \geq 0$  (пропускна здатність каналу зв'язку між двома терміналами в мережі), причому  $\delta_k(t)$  відповідає ребру  $r_k \in R$ .

Очевидно, що у випадку  $v_j \in V \quad \forall t \geq 0$

$$\sum_{r_k \in F^{-1}(v)} \delta_k(t) \leq \alpha_i(t),$$

тобто пропускна здатність інформаційної мережі в будь-який момент часу не менша, ніж сумарна пропускна здатність каналів, реалізованих в даній мережі. Таким чином, визначена нестационарна гіпермережа  $AS(t) = (X, V, R; P, F, W)$ , в якій між вершинами  $x$  та  $y$  можна знайти максимальний потік за час  $T$  починаючи з  $t_0$ .

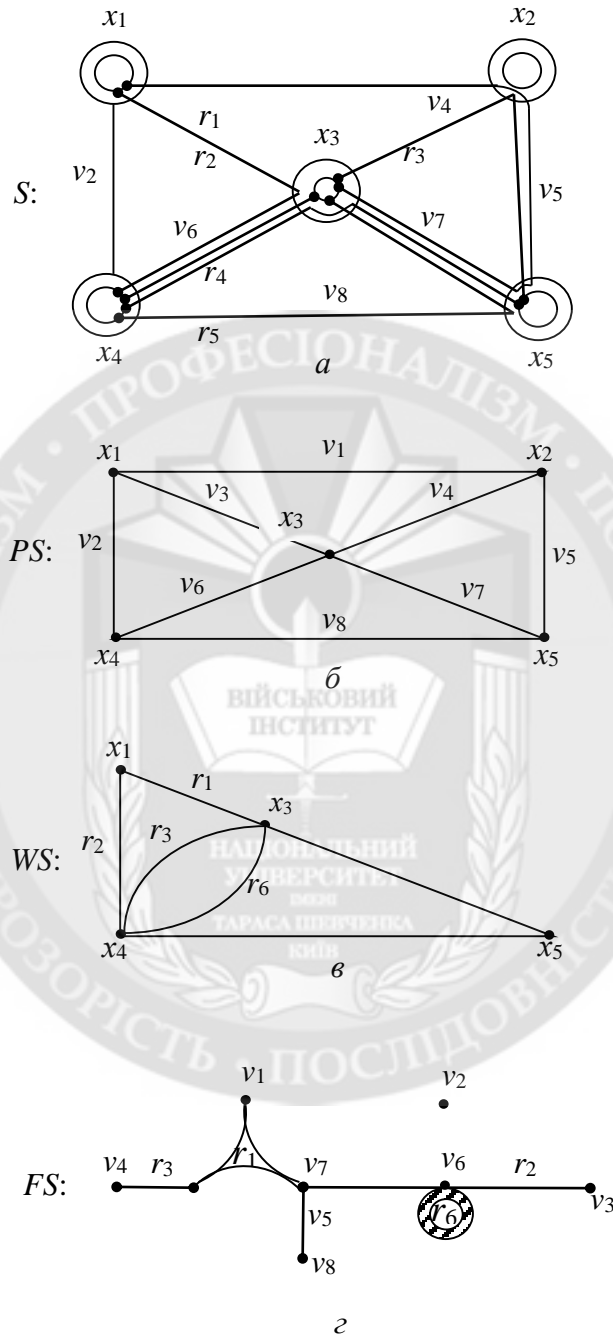


Рисунок 2 – Гіпермережа і її складові:

$a$  – гіпермережа;  $b$  – первинна мережа  $PS$ ;  $v$  – вторинна мережа  $WS$ ;  $z$  – гіпермережа  $FS$

Ієрархічні гіпермережі. Найчастіше гіпермережі буває недостатньо для того, щоб описати ієрархічну структуру, яка має більш ніж два рівня. Для цього можуть бути використані ієрархічні гіпермережі.

Ієрархічна гіпермережа – впорядкована множина графів, сусідні елементи якої утворюють гіпермережу [5]:

$$HS = (PS, WS_1, WS_2, \dots, WS_h).$$

Іншими словами, якщо взяти гіпермережу  $Sp(X, R_{p-1}, R_p)$ , утворену  $WS_{p-1}$  і  $WS_p$ , то  $WS_{p-1}$  – первинна мережа  $S_p$ ,  $WS_p$  – вторинна,  $R_{p-1}$  – множина ребер  $WS_{p-1}$ ,  $R_p$  – множина ребер  $WS_p$ .

Можна говорити про гіпермережі  $p$ -го рівня, де  $WS_{p-1}$  – первинна мережа, якщо  $p > 1$ ,  $PS$  – первинна мережа, якщо  $p = 1$ .

Сформулюємо поняття видалення  $p$ -го рівня. Внутрішнє (зовнішнє) видалення  $p$ -го рівня – це видалення вершини гіпермережі рівня  $p$ , при якому видаляються інцидентні ребра, строго слабо інцидентні ребра, а також сама вершина і гілки гіпермережі  $p$ -го рівня.

Очевидно, що видалення  $p$ -го рівня вплине на всі гіпермережі, рівень яких вище  $p$ . Таким чином, якщо розглянути графи  $WS_{p-1}, WS_p$  і  $WS_{p+1}$ , то видалення будь-якого ребра  $r$  з  $WS_p$ , спричинене будь-яким видом видалення вершини з гіпермережі  $S_p$ , призведе до видалення всіх ребер  $WS_{p+1}$ , інцидентних ребру  $r$  в гіпермережі  $S_{p+1}$ . Якщо параметри ієрархічної гіпермережі залежать від часу, то вона називається нестационарною.

Види видалення елементів. Для того, щоб проводити всебічний аналіз функціональної стійкості та оцінювати вплив руйнівних факторів на інформаційну мережу, потрібно також описати поняття видалення елементів гіпермережових моделей:

- 1) видалення ребер: ребро  $r$  буде видалено, якщо з графа  $WS$  буде видалено ребро  $r$ ;
- 2) видалення гілок: гілка  $v$  буде видалена, якщо вона буде видалена з графа первинної мережі  $PS$ , а з графа вторинної мережі будуть видалені всі інцидентні цій гілці ребра (рис. 3).

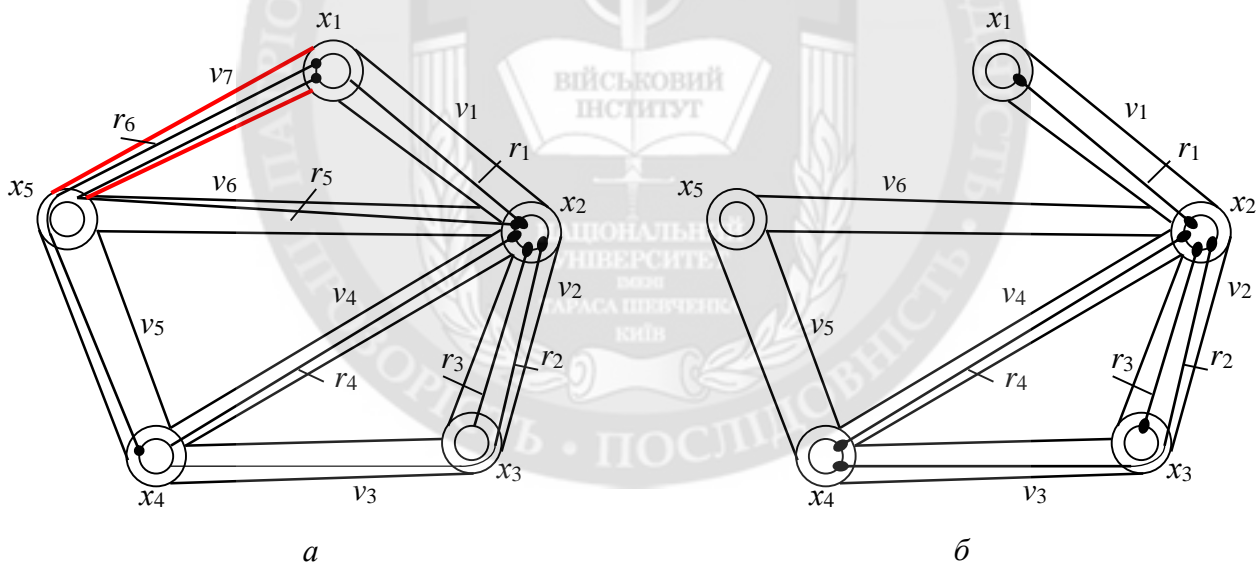


Рисунок 3 – Приклад видалення гілки  $v_7$  із гіпермережі:  
 а – до видалення гілки; б – після видалення

Для гіпермережі розрізняють три способи видалення вершин (рис. 4):

1. Вершина  $x$  буде внутрішньо видалена, якщо будуть видалені всі інцидентні їй ребра, тобто в графі  $WS$  вершина  $x$  виявиться ізольованою.
2. Вершина  $x$  буде зовні видалена, якщо будуть видалені всі слабо інцидентні (але не інцидентні) їй ребра. На графі  $WS$  це відповідає видаленню деякої підмножини ребер, а на гіперграфі  $FS$  – слабкому видаленню підмножини ребер.
3. Вершина  $x$  буде видалена, якщо будуть видалені всі інцидентні їй гілки і вона сама.

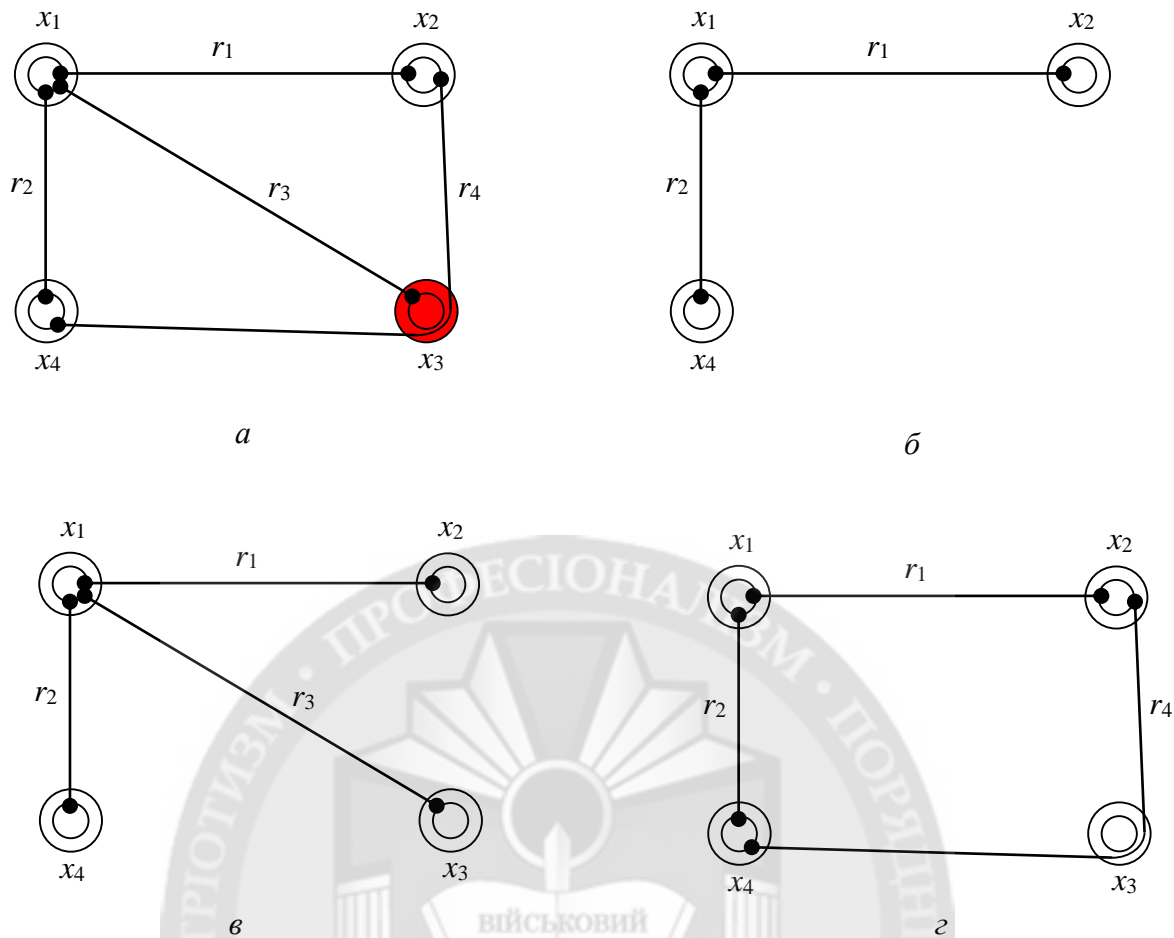


Рисунок 4 – Різні види видалення вершини  $x_3$  із гіпермережі:

$a$  – вихідна гіпермережа;  $б$  – гіперсетя після видалення вершини;  $в$  – гіпермережа після зовнішнього видалення вершини;  $г$  – гіпермережа після внутрішнього видалення вершини

**Висновки.** Дослідження процесу функціонування сучасних інформаційних мереж надали можливість розробити математичну модель ПМ на основі нестационарної гіпермережі. Методи відомих теорій не завжди дозволяють досліджувати гіпермережі. Тому дана модель враховує усі необхідні основні з точки зору функціональної стійкості параметри мережі, їх властивості та відношення, які здійснюють значний вплив на синтез оптимальної структури мережі.

Відмінність гіпермереж від інших структурних моделей полягає в тому, що в створенні структури гіпермережі бере участь більше двох твірних множин, що дозволяє врахувати вплив можливих позаштатних ситуацій, які обумовлені внутрішніми і зовнішніми чинниками. Таким чином, забезпечення ПМ властивості функціональної стійкості стикається з новою теоретичною проблемою, що вимагає для її рішення розробки адекватного математичного апарату синтезу системи.

Перспективними шляхами подальших досліджень у зазначеному напрямку може бути широке коло питань щодо розробки нових та удосконалення існуючих методик підвищення рівня функціональної стійкості інформаційних мереж, які мають автономно функціонувати в умовах впливу зовнішніх та внутрішніх дестабілізуючих факторів.

#### ЛІТЕРАТУРА:

1. Построение функционально устойчивых распределенных информационных систем: монография / О.В. Барабаш. К.: НАОУ, 2004. 226 с.
2. Саланда І.П., Барабаш О.В., Мусієнко А.П. Система показників та критеріїв формалізації процесів забезпечення локальної функціональної стійкості розгалужених інформаційних мереж. Наукове періодичне видання «Системи управління, навігації та зв'язку». Полтава: ПНТУ, 2017. Вип. 1 (41). С. 122 – 126.
3. Саланда І.П., Барабаш О.В., Мусієнко А.П., Лукова-Чуйко Н.В. Математична модель структури розгалуженої інформаційної мережі 5 покоління (5G) на основі випадкових графів. Наукове періодичне видання «Системи управління, навігації та зв'язку». Полтава: ПНТУ, 2017. Вип. 6 (46). С. 118 – 121.
4. Мусієнко А.П. Неділько С.М., Арделян В.В. Математична формалізація функціональної стійкості пілотажно-навігаційного комплексу повітряного судна під час горизонтального польоту. Збірник наукових праць Військового інституту Київського національного університету імені Тараса Шевченка. К.: ВІКНУ, 2017. Вип. 58. С. 48 – 53.
5. Musienko A.P., Barabash O.V., Lukova-Chuiko N.V., Salanda I.P. Diagnostic model of wireless sensor network based on the random test of checks. *Science and Education a New Dimension. Natural and Technical Sciences*, 2018. VI (18), Issue 158, Budapest, Hungary, P. 25 – 28.
6. Musienko A., Barabash O., Shevchenko G., Dakhno N., Neshcheret O. Information Technology of Targeting: Optimization of Decision Making Process in a Competitive Environment. *International Journal of Intelligent Systems and Applications*. Vol. 9. № 12. Hong Kong: MECS Publisher, 2017. P. 1 – 9.
7. Zhang H., Shen H. Balancing Energy Consumption to Maximize Network Lifetime in Data-Gathering Sensor Networks. *IEEE Trans. Parallel Distrib. Syst.* 2009. Vol. 20, № 10. P. 1526 – 1539.
8. Musienko A., Pashynska N., Snytyuk V., Putrenko V. A decision tree in a classification of fire hazard factors. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. Kharkov, 2016. № 5/10(83). P. 32 – 37.
9. Xie L., Shi Y., Hou Y.T., Sherali H.D. Making sensor networks immortal: An energyrenewal approach with wireless power transfer. *IEEE/ACM Trans. on Networking*. Dec. 2012. V. 20. № 6. P. 174 – 1761.
10. Пампуха І.В., Самолов І.В., Толюпа С.В., Берназ Н.М. Інтелектуальний підхід до управління мережними відмовами систем передачі даних. Збірник наукових праць Військового інституту Київського національного університету імені Тараса Шевченка. К.: ВІКНУ, 2008. №20. С. 18 – 21.
11. Математические модели живучести сетей связи: монография / В.К. Попков. – Новосибирск: Вычислительный центр СО АН СССР, 1990. – 235 с.
12. Akkaya K., Younis M. A Survey on Routing Protocols for Wireless Sensor Networks, *Elsevier Ad Hoc Network Journal*, 2005 vol. 3, №.3, P. 325 –349.

#### REFERENCES:

1. Postroenye funktsyonalno ustoichyvykh raspredelennykh ynformatsyonnykh system: monohrfyia / O.V. Barabash. K.: NAOU, 2004. 226 p.
2. Salanda, I.P., Barabash, O.V., Musiienko, A.P. (2017), “Systema pokaznykiv ta kryteriiv formalizatsii protsesiv zabezpechennia lokalnoi funktsionalnoi stiikosti rozghaluzhenykh informatsiinykh merezh”. [Naukove periodychnye vydannia «Systemy upravlinnia, navihatsii ta zviazku».] Poltava: PNTU, Vyp. 1 (41). pp. 122 – 126.
3. Salanda, I.P., Barabash, O.V., Musiienko, A.P., Lukova-Chuiko, N.V. (2017), “Matematychna model struktury rozghaluzhenoi informatsiinoi merezhi 5 pokolinnia (5G) na osnovi vypadkovykh hrafiiv”. [Naukove periodychnye vydannia «Systemy upravlinnia, navihatsii ta zviazku»]. Poltava: PNTU, Vyp. 6 (46). pp. 118 – 121.
4. Musiienko, A.P. Nedilko, S.M., Ardelian, V.V. (2017), “Matematychna formalizatsiia funktsionalnoi stiikosti pilotazhno-navihatsiinoho kompleksu povitrianoho sudna pid chas horyzontalnoho polotu”. [Zbirnyk naukovykh prats Viiskovoho instytutu Kyivskoho natsionalnoho universytetu imeni Tarasa Shevchenka]. K.: VIKNU, 2017. Vyp. 58. pp. 48 – 53.
5. Musienko, A.P., Barabash, O.V., Lukova-Chuiko, N.V., Salanda, I.P. (2018), “Diagnostic model of wireless sensor network based on the random test of checks”. [Science and Education a New Dimension. Natural and Technical Sciences]. VI (18), Issue 158, Budapest, Hungary, pp. 25 – 28.
6. Musienko, A., Barabash, O., Shevchenko, G., Dakhno, N., Neshcheret, O. (2017), “Information Technology of Targeting: Optimization of Decision Making Process in a Competitive Environment”. [International Journal of Intelligent Systems and Applications.] Vol. 9. № 12. Hong Kong: MECS Publisher, P. 1 – 9.

7. Zhang, H., Shen, H. "Balancing Energy Consumption to Maximize Network Lifetime in Data-Gathering Sensor Networks". (2009), [IEEE Trans. Parallel Distrib. Syst]. Vol. 20, № 10. pp. 1526 – 1539.
8. Musienko, A., Pashynska, N., Snytyuk, V., Putrenko, V. (2016), "A decision tree in a classification of fire hazard factors". [Eastern-European Journal of Enterprise Technologies]. Kharkov, № 5/10(83). pp. 32 – 37.
9. Xie, L., Shi, Y., Hou, Y.T., Sherali, H.D. (2012), "Making sensor networks immortal: An energy-renewal approach with wireless power transfer". [IEEE/ACM Trans. on Networking. Dec.] V. 20. № 6. pp. 174 – 1761.
10. Pampukha, I.V., Samolov, I.V., Toliupa, S.V., Bernaz, N.M. (2008), "Intelektualnyi pidkhd do upravlinnia merezhnymy vidmovamy system peredachi danykh". [Zbirnyk naukovykh prats Viiskovoho instytutu Kyivskoho natsionalnoho universytetu imeni Tarasa Shevchenka]. K: VIKNU, 2008. №20. pp. 18 – 21.
11. Matematycheskye modely zhyvuchesty setei svyazy: monohrafiya / V.K. Popkov. – Novosybyrsk: Vychyslytelnyi tsentr SO AN SSSR, 1990. – 235 p.
12. Akkaya, K., Younis, M. "A Survey on Routing Protocols for Wireless Sensor Networks", [Elsevier Ad Hoc Network Journal], 2005 vol. 3, №3, pp. 325 – 349.

к.ф.-м.н., доц. Собчук В.В., к.т.н., с.н.с. Лаптев А.А.,  
к.т.н. Саланда И.П., к.ф.-м.н. Сачук Ю.В.

### МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ СТРУКТУРЫ ИНФОРМАЦИОННОЙ СЕТИ НА ОСНОВЕ НЕ-СТАЦИОНАРНОЙ ИЕРАРХИЧЕСКОЙ И СТАЦИОНАРНОЙ ГИПЕРСЕТИ

*В статье разработана модель структуры интегральной информационной сети на основе нестационарной иерархической и стационарной гиперсети, с учетом разрушительных воздействий различного характера. Под функциональной устойчивостью интегральной информационной сети в работе понимается возможность функционирования системы, пусть с уменьшением качества, в течение заданного времени под влиянием внешних и внутренних дестабилизирующих факторов. Под внешними и внутренними дестабилизирующими факторами понимаются отказы, сбои элементов системы, умышленные повреждения, боевые поражения, электромагнитные помехи, ошибки обслуживающего персонала. Обеспечение свойства функциональной устойчивости любой сложной технической системы осуществляется в три этапа: идентификация нештатной ситуации, локализация нештатной ситуации, восстановления функционирования за счет перераспределения ресурсов. При рассмотрении интегральных информационных сетей с точки зрения функциональной устойчивости, выход из строя узла коммутации или линии связи влечет за собой разрушение каналов передачи вторичных сетей, в графах этих сетей является несмежными. Поэтому моделировать структуру такой сети графом нецелесообразно. В связи с этим, введены новые понятия и определения в теорию функциональной устойчивости и разработан соответствующий методический аппарат. Данная модель учитывает все необходимые основные с точки зрения функциональной устойчивости параметры сети, их свойства и отношения, которые осуществляют значительное влияние на синтез оптимальной структуры сети. Отличие гиперсети от других структурных моделей заключается в том, что в создании структуры гиперсети участвует более двух образующих множеств, позволяет учесть влияние возможных нештатных ситуаций, обусловленных внутренними и внешними факторами.*

*Ключевые слова: гиперсеть, нестационарная гиперсеть, информационные сети, функциональная устойчивость, разрушительные воздействия.*

Ph.D. Sobchuk VV, Ph.D. Laptev A.A., Ph.D. Salanda I.P., Ph.D. Sachuk Yu.V.

### MATHEMATICAL MODEL OF INFORMATION NETWORK STRUCTURE ON THE BASIS OF NON-STATIONARY HIERARCHICAL AND STATIONARY HYPERSETS

*The article developed a model of the structure of an integrated information network based on a non-stationary hierarchical and stationary hypernetwork, taking into account the destructive effects of various kinds. The functional stability of the integrated information network in the work is understood as the ability of the system to function, albeit with a decrease in quality, for a given time under the influence of external and internal destabilizing factors. External and internal destabilizing factors are understood as failures, malfunctions of system elements, deliberate damages, combat defeats, electromagnetic interferences, maintenance personnel errors. Ensuring the functional stability of any complex technical system is carried out in three stages: identifying abnormal situations, localizing abnormal situations, restoring operation due to the redistribution of resources. When considering integrated information networks from the point of view*



*of functional stability, the failure of a switching node or communication line entails the destruction of the transmission channels of secondary networks, in the graphs of these networks are non-adjacent. Therefore, it is impractical to model the structure of such a network by a graph. In this regard, introduced new concepts and definitions in the theory of functional stability and developed an appropriate methodological apparatus. This model takes into account all the necessary basic parameters from the point of view of functional stability of the network, their properties and relations, which have a significant impact on the synthesis of the optimal network structure. The difference between a hypernetwork and other structural models is that the creation of a hypernetwork structure involves more than two generating sets, allows you to take into account the influence of possible emergency situations caused by internal and external factors.*

*Keywords: hyper-network, non-stationary hyper-network, information networks, functional stability, destructive effects.*

**Ph.D. Khmelnsky Y.V., prof. Selyukov A.V., Kovpa D.M.  
ANALYSIS OF MODELS AND PROGNOSTICATION OF RISKS OF FUNCTIONING OF  
CONTROL SYSTEM OF SDN OF ARCHITECTURE**

*The article deals with the analysis of models and algorithms of the system control SDN of architecture for providing of more quality work of network. Great diversity of most hardware implementation of the data devices SDN architecture leads to the fact that different switches may not support some features or support them with limited performance. In the process network, this can significantly affect the throughput of an individual data flow or whole network domains. Routing flow transfer is carried out by criterion of quality of service and the criterion of balanced loads of network resources the network. Improving the quality of service is subject to the classification of the flow that greatly restricts the ability of flow control. Most models of such networks do not take into account the characteristics of multi-service data flow, which leads to deterioration in the quality of service and increase the likelihood of blocking the channels of transmission network. The inability to implement differentiated management for individual data streams for individual clients and take them into account quality requirements, leads to low efficiency of channel routing, sub-optimal distribution of network load, the deterioration of the quality of service high-priority data streams. Tools control over the process of transmission of individual data flow do not exist, whereby the control system has the ability to determine service degradation for these data streams, and therefore will not be able to guarantee the necessary level of control. New models and algorithms of functioning of a software – managed network will allow for routing data streams of network, differentiating them according to the sensitivity to mixing of packet and connection drops. At created networks try to dissociate C-plane from the plane of transmission and put considerable efforts to overcoming of the nascent problems related to complications of migration from traditional networks to architecture of SDN.*

*The aim of this article is realization of analysis of models and algorithms of functioning of control system of architecture of SDN for more reliable work of network. It gives possibility to the users to get services with necessary quality, by authenticity and will allow overcoming the nascent problems related to complications of migration from traditional networks to architecture of SDN.*

*Keywords: software driven networks SDN control of network devices, SDN architecture, models and algorithms of the control system, the level of functioning of the network.*