

УДК 621.391.8

С. І. ОТРОХ, доктор техн. наук, доцент;

В. І. КРАВЧЕНКО, канд. техн. наук;

В. О. ЯРОШ, канд. техн. наук;

О. М. МИРУТА, студентка;

Д. Ю. СИСОЄВ, студент,

Державний університет телекомунікацій, Київ

## СИТУАЦІЙНИЙ ОПИС ЗМІН СТАНУ СИСТЕМ ЗВ'ЯЗКУ 4-ГО ПОКОЛІННЯ ТА ЗОВНІШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

Проведено аналіз основних зовнішніх дестабілізуючих факторів, які надають згубний вплив на якісні показники та характеристики систем зв'язку 4-го покоління. Запропоновано модель нечіткої ситуаційної мережі, яка дозволяє описати розвиток системи, зумовлений її станом і процесами у навколишньому середовищі, механізми впливу між ситуаціями системи і встановити причинно-наслідкові зв'язки між ними.

**Ключові слова:** стан системи; дестабілізуючі фактори; якісні показники системи; системи зв'язку 4-го покоління.

### Вступ

На сучасному етапі розвитку суспільства інформаційні та телекомунікаційні технології стають основними факторами розвитку світової економіки. Поява новітніх технологій, стрімке зростання обсягів трафіку та зміна його структури в бік передавання відео та уніфікованих комунікацій, необхідність підтримки мобільних користувачів і соціальних мереж, віртуалізація для надання хмарних сервісів, швидка обробка даних у великих Дата Центрах — це крок до створення цифрового майбутнього.

У зв'язку зі зміною клімату дедалі частіше спостерігаються такі стихійні лиха, як землетруси, паводки, цунамі, повені, урагани тощо. Усе це негативно впливає на якісне надання телекомунікаційних послуг та сервісів у тому чи іншому регіоні світу. Тому сьогодні постає нагальна потреба у формуванні таких вимог до діючих систем зв'язку 4-го покоління, які були б сталі до впливу зазначених зовнішніх дестабілізуючих факторів (ЗДФ).

### Основна частина

Проведений аналіз та дослідження ЗДФ дозволяють поділити їх на чотири класи, залежно від характеру дії на елементи системи:

- механічні;
- електромагнітні;
- іонізуючі;
- термічні.

Наслідки дії ЗДФ як на всю мережу в цілому, так і на окремі її частини можна розглядати як збитки, котрих зазнають мережі. Збитки від дії ЗДФ можна оцінити відносно елементів системи зв'язку, які вийшли з ладу, до загальної кількості елементів мережі 4-го покоління градаціями: до 50% (високий), 30% (середній) та 10% (низький). Градації рівня збитків систем зв'язку 4-го покоління від впливу ЗДФ зображено на рис 1.

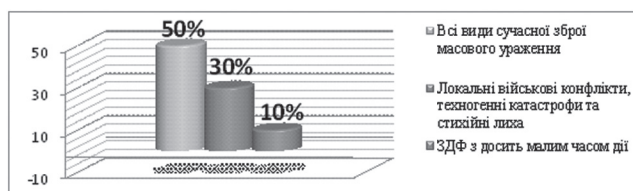


Рис. 1. Градації рівня збитків систем зв'язку 4-го покоління від впливу ЗДФ

Для попередження наслідків від дії катастроф техногенного та природного характеру необхідно розробити план боротьби зі стихійними лихами. До нього входять такі заходи:

- **профілактика** — види діяльності, які усувають або зменшують імовірність катастрофи;
- **готовність** — діяльність, яка використовується для підтримки запобігання, пом'якшення, реагування на стихійні лиха та ліквідація їх наслідків. На цьому етапі розробляються плани щодо рятування життя і мінімізації збитків від дії лиха (наприклад, установлення систем раннього попередження);
- **відповідь** — діяльність після стихійного лиха. Ці заходи покликані стабілізувати ситуацію і зменшити ймовірність вторинного ушкодження;
- **відновлення** — заходи, необхідні для повернення всіх систем до нормального функціонування (наприклад, відновлення знищеного майна або ремонт необхідної інфраструктури).

На основі множини параметрів описується множина станів системи  $S^{ij} = \{s_b^{ij}\}_{b=B^{ij}}$ , де  $B^{ij}$  — кількість станів системи. Кожний стан характеризується деякими значеннями параметрів системи  $S_b^{ij} = (p_{1b}^{ij}, \dots, p_{M^{ij}b}^{ij})$ . Однак при описі системи  $x_{ij}$  у деякий момент часу  $t_\xi$  часто стан системи  $S^{ij}(t_\xi)$  не збігається із заданим, через неточність даних або нечіткість характеру параметрів, тобто  $p_m^{ij}(t_\xi) - p_{mb}^{ij} \neq 0$ ,  $p_m^{ij}(t_\xi) \in p_m^{ij}(t_\xi)$ , де  $p_m^{ij}(t_\xi)$  — множина

параметрів  $j$ -ї системи на  $i$ -му рівні в момент часу  $t_\xi$ . Для формалізації нечіткого характеру параметрів системи визначимо їх через лінгвістичні змінні (ЛЗ). Окрім того, для більш повного опису стану системи необхідно враховувати і навколишнє середовище, в якому вона функціонує. З огляду на це далі будемо говорити про ознаки системи, під якими розумітимемо параметри системи, і параметри навколишнього середовища, що описані як ЛЗ.

Нечіткість поточного стану системи  $S^{ij}(t_\xi)$  опишемо нечіткою ситуацією  $\tilde{S}^{-ij}(t_\xi)$ , під якою розумітимемо таке.

Нечіткою ситуацією будемо називати нечітку множини:

$$\tilde{S}^{-ij}(t_\xi) = \frac{a^{ij}(p_m^{ij}(t_\xi))}{P_m^{ij}} \text{ \$/};$$

$$a^{ij}(p_m^{ij}(t_\xi)) = \left\{ \frac{\mu_{mk}^{ij}(p_m^{ij}(t_\xi))}{T_{mk}^{ij}} \right\},$$

де  $\mu_{mk}^{ij}(p_m^{ij}(t_\xi))$  — значення функції належності ознаки до визначеного терму для конкретного значення  $p_m^{ij}(t_\xi)$ .

Розглянемо випадок, коли деяка система  $x_{ij}$ , яка перебуває в деякій нечіткій ситуації  $\tilde{S}^{-ij}(t_\xi)$  у момент часу  $t_\xi$  зазнає деякого зовнішнього впливу  $\varepsilon(t_\xi)$ . Унаслідок цього впливу деякі ознаки системи набувають нових значень  $P^{ij}(t_{\xi+1})$ , і система переходить у деяку нову ситуацію  $\tilde{S}^{-ij}(t_{\xi+1})$ . У такому разі ознаки системи в момент часу  $t_{\xi+1}$  будуть залежати від значень ознак у попередні моменти часу:

$$P^{ij}(t_{\xi+1}) = f^{ij}(P^{ij}(t_\xi), P^{ij}(t_{\xi-1}), \dots, P^{ij}(t_1), \varepsilon(t_\xi), \varepsilon(t_{\xi-1}), \dots, \varepsilon(t_1)).$$

Перехід із однієї ситуації в іншу при деякому впливі на систему описується за допомогою **нечіткої ситуаційної мережі (НСМ)**.

Нечіткою ситуаційною мережею називають нечіткий орієнтований зважений граф

$$G = (S, R, \alpha),$$

де  $S$  — множина вершин графа, яка відповідає нечітким ситуаціям;  $R$  — множина дуг між вершинами, які є деякими діями, що забезпечують перехід із однієї вершини НСМ до іншої;  $\alpha(\tilde{S}_i, R_i)$  — вага дуги, що описує ступінь уподобання даного переходу порівняно з іншими [2].

Загальний вигляд НСМ подано на рис. 2.

НСМ дає змогу моделювати динаміку зміни нечітких ситуацій для системи зв'язку, визначаючи, в якій ситуації знаходитиметься система в наступні моменти часу, якщо вона зазнаватиме деякого впливу дестабілізуючих факторів. Ступінь уподобання переходу до тієї чи іншої ситуації визначається вподобанням ситуації, до якої переходить система.

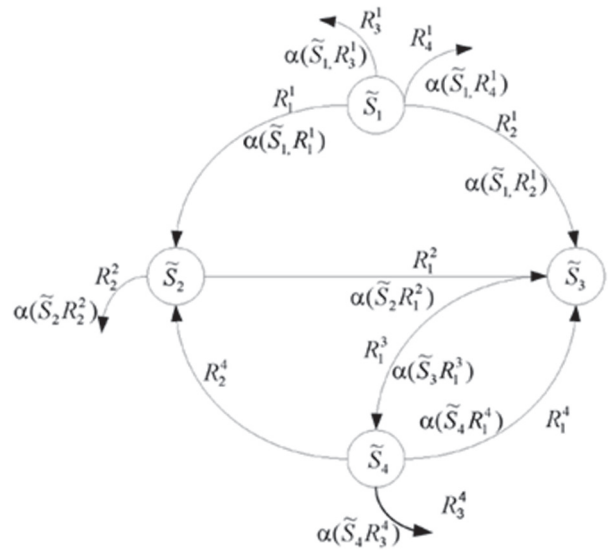


Рис. 2. Загальний вигляд нечіткої ситуаційної мережі

Враховуючи велику кількість ознак системи зв'язку, можна говорити про велику кількість різних ситуацій, в яких вона може опинитися. Розглядати всі можливі ситуації — це занадто важкий та нерациональний процес. Часто є цікавими ситуації, коли система наближається до межі деяких допустимих норм функціонування, що може бути виявлено за значеннями деяких показників функціонування системи. Виходячи з цього, усі нечіткі ситуації можна поділити на три класи, які будуть відповідати трьом режимам роботи системи: штатному, нештатному і граничному.

### Висновки

Сформульовано визначення поняттю зовнішні дестабілізуючі фактори та подано градації збитків на систему зв'язку 4-го покоління від їх дії. Досліджено типові стихійні лиха, які найчастіше зустрічаються в світі, та наведено наслідки їх впливу.

Стан радіосистеми і навколишнього середовища описано за допомогою нечітких ситуацій, а переходи між ситуаціями — за допомогою нечіткої ситуаційної мережі. Подібний опис функціонування радіосистеми з урахуванням зовнішнього впливу дозволяє прогнозувати стан системи і вибирати відповідні керуючі рішення для поліпшення прогнозованої ситуації.

### Список використаної літератури

1. Стеклов В. К., Беркман Л. Н. Теорія електричного зв'язку: підручник. Київ, 2006. 548 с.
2. Стеклов В. К., Беркман Л. Н., Карпенко Н. Ф. Многокритериальная оптимизация системы управления телекоммуникационными сетями // Зв'язок. 1999. № 6. С. 13–16.
3. Дослідження надійності функціонування системи зв'язку / В. В. Григорович, О. Л. Недашківський, С. І. Мешков [та ін.] // Сучасні інформаційно-комунікаційні технології COMINFO'2012, 01-05 жовтня. Livadia, 2012. С. 88.

4. **Методика підвищення надійності мереж майбутнього з використанням алгоритму визначення оптимального числа об'єктів резервування** / С. І. Отрох, В. І. Кравченко, М. В. Загряжська [та ін.] // Наукові записки УНДІЗ. 2017. №4. С. 24–29.

**Рецензент:** доктор техн. наук, ст. наук. співробітник **Ю. В. Мельник**, Державний університет телекомунікацій, Київ.

*С. І. Отрох, В. І. Кравченко, В. О. Ярош, О. М. Мирута, Д. Ю. Сисоев*

#### **СИТУАЦИОННОЕ ОПИСАНИЕ ИЗМЕНЕНИЙ СОСТОЯНИЯ СИСТЕМ СВЯЗИ 4-го ПОКОЛЕНИЯ И ВНЕШНЕЙ СРЕДЫ**

Проведен анализ основных внешних дестабилизирующих факторов, которые оказывают пагубное влияние на качественные показатели и характеристики систем связи 4-го поколения. Предложена модель нечеткой ситуационной сети, которая позволяет описать развитие системы, обусловленное ее состоянием и процессами в окружающей среде, механизмы влияния между ситуациями системы и установить причинно-следственные связи между ними.

**Ключевые слова:** состояние системы; дестабилизирующие факторы; качественные показатели системы; системы связи 4-го поколения.

*S. I. Otrokh, V. I. Kravchenko, V. O. Yarosh, O. M. Myruta, D. Yu. Sysoev*

#### **SITUATIONAL DESCRIPTION OF THE CHANGE OF THE CONDITION OF THE 4th GENERATION AND EXTERNAL ENVIRONMENT**

Considered in this article, the decision-making approach focuses on activating the intellectual processes of an expert with the purpose of helping to fix his perception of problem situations in the form of a formal model. As a model, the so-called fuzzy graph of situations is presented, which represents the main laws and regularities of the observed situations in the form of an oriented fuzzy graph in which the tops determine the situation, and the branches between them are causal relationships.

The proposed model allows describing the development of the system due to its state and processes in the environment, mechanisms of influence between situations of the system and establishing causal relationships between them. Such interconnections are usually not obvious; therefore, the question arises: are there hidden links between different factors, the "strength" of these relationships, and what will be the possible quantitative changes for each of these factors. The answer to these and similar questions has a fairly definite practical meaning, which allows you to predict the effects inherent in one or another situation.

The analysis of the main external destabilizing factors that have a detrimental effect on the quality indicators and characteristics of the 4th generation communication systems has been carried out. Also, the main gradations of the level of losses and a fuzzy situational network have been developed, with the help of which it is possible to determine the transition of a system from one state to another.

**Keywords:** state of the system; destabilizing factors; qualitative indicators of the system; 4th generation communication systems.

