

Шаран Д.О., студент, Чирва Б.М., студент  
Голубенко О. І., к.т.н.

## ЗАСТОСУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ НАРІЗКИ В МЕРЕЖАХ П'ЯТОГО ПОКОЛІННЯ

**Sharan D.O., Chirva B.M., Golubenko O. I. Application of 5G network slicing technology.** In the context of the 5G communication architecture, wireless sensing networks are taken into consideration to guarantee the transmission efficiency of the detected data transmitted by the system. Environmental sensors come in a wide variety of forms. Wireless sensing networks are frequently constrained by the issue of inadequate network bandwidth and can comprise a wide range of sensing device types as well as data pertaining to picture or pattern transmission, among other things. The issue of constrained network bandwidth can be resolved by utilizing 5G communications for data delivery. In addition to using 5G transmission, the NB-IoT approach is far more efficient in the context of a 5G network than it was in the initial LTE network. As a result, great transmission efficiency and data integrity are benefits of employing 5G for data transfer. In this study, the suggested method employs MATLAB software to simulate the creation of 5G signals under different parameter settings representing a range of scenarios, in addition to analyzing the evolution of 5G technology. The 5G network architecture is currently being developed globally. The study's transmission speed test data indicates that 5G has a higher transmission efficiency than previous generations.

**Keywords:** 5G; wireless sensor networks; NB-IoT; network slice

**Шаран Д.О., Чирва Б.М., Голубенко О. І. Застосування технології нарізки мережі 5G.** У контексті архітектури зв'язку 5G бездротові мережі зондування беруться до уваги, щоб гарантувати ефективність передачі виявлених даних, що передаються системою. Екологічні датчики бувають різноманітних форм. Бездротові мережі зондування часто обмежені проблемою недостатньої пропускної здатності мережі та можуть містити широкий спектр типів сенсорних пристроїв, а також дані, що стосуються передачі зображення або шаблону, серед іншого. Проблема обмеженої пропускної здатності мережі можна вирішити, використовуючи зв'язок 5G для доставки даних. На додаток до використання передачі 5G, підхід NB-IoT набагато ефективніший у контексті мережі 5G, ніж це було в початковій мережі LTE. Як наслідок, висока ефективність передачі та цілісність даних є перевагами використання 5G для передачі даних. У цьому дослідженні запропонований метод використовує програмне забезпечення MATLAB для моделювання створення сигналів 5G за різних налаштувань параметрів, що представляють ряд сценаріїв, на додаток до аналізу еволюції технології 5G. Архітектура мережі 5G зараз розробляється у всьому світі. Дані дослідження швидкості передачі вказують на те, що 5G має вищу ефективність передачі, ніж попередні покоління.

**Ключові слова:** 5G; бездротові сенсорні мережі; NB-IoT; зріз мережі

### Вступ

Швидкі та надійні зв'язки завжди визначали розвиток суспільства, але в сучасному світі вони набувають особливого значення. Застосування технології нарізки мережі 5G визначає новий етап еволюції зв'язку, який переформатує індустріальну та соціальну ландшафт. 5G відкриває перед нами не тільки безпрецедентні можливості в області швидкості передачі даних, але й створює підґрунтя для впровадження інновацій, які змінюють наше розуміння зв'язку та взаємодії.

Ця технологія визначається не лише як просте оновлення мережі, але як ключовий каталізатор для розкриття потенціалу Інтернету речей, автономних автомобілів, розумних міст та медичних інновацій. Застосування 5G стає важливим стимулом для розвитку індустрії, роботи з великим обсягом даних та розширення можливостей в сферах від виробництва до розваг.

**Постановка задачі.** Це дослідження пропонує новий підхід до підвищення ефективності передачі звукових даних. Ця технологія унікальна тим, що вона може ефективно передавати зображення та аудіовізуальні дані, що робить її багатоцільовою та адаптованою. У процесі дослідження використовується моделювання передачі сигналу 5G, а найкращі параметри зв'язку визначаються за допомогою набору інструментів MATLAB.

Тим не менш, робота не виключає повного використання різних технологій для максимальної передачі даних, оскільки різні типи даних вимагають використання різних технологій нарізки мережі для їх передачі. Система, створена для цього дослідження, заснована на обробці інформації дистанційного зондування за допомогою алгоритму штучного інтелекту. Сигнал обробляється та досліджується за допомогою призначених алгоритмів після того, як він доставляється до вбудованого апаратного модуля. Візуалізація даних у режимі реального часу та можливості відображення є одними з найважливіших функцій системи. Для досягнення цієї мети використовуються численні алгоритми штучного інтелекту, які пропонують аналіз і класифікацію даних. Використання зв'язку 5G для ефективної передачі результатів обробки в систему хмарної бази даних є останнім етапом проекту. Забезпечуючи легкий доступ до даних і подальшу обробку цих даних у хмарному середовищі, цей крок підвищує доступність і гнучкість системи.

**Мета дослідження.** Дослідження методів застосування технології нарізки в мережах п'ятого покоління.

### **Вклад основного матеріалу досліджень**

Найзначнішим досягненням у технологіях мобільного зв'язку на даний момент є 5G. Розрізання мережі 5G може додатково спростити детальне планування зв'язку, якщо воно задовольняє критеріям системи 5G. Нарізка мережі 5G у віртуальній мережі може бути виконана за допомогою зв'язку відображення. Підтримання поточного основного фізичного стану мережі та точне зіставлення фізичних вузлів і зв'язків у фізичних ресурсах усередині конкретного мережевого середовища називають відображенням. Тим не менш, поточні алгоритми відображення ігнорують паралельний зв'язок між затримкою системи та ефективністю роботи та враховують ці фактори лише в односторонньому порядку. Система нарізки мережі складається з рівня зрізу мережі бездротового віртуального доступу, рівня віртуального оператора та рівня постачальника інфраструктури. Для віртуалізованого контролю мережевих послуг віртуальні оператори пропонують і поширюють віртуальний мережевий маршрутизатор (VNR). Щоб реалізувати вимоги віртуалізованого оператора VNR різних рівнів бездротової мережі віртуального доступу, постачальник інфраструктури формує внутрішню базову смугу різних віртуалізованих блоків обробки та підключається до відповідних віртуалізованих віддалених радіочастотних блоків через керування NFV MANO. Це дозволяє постачальнику інфраструктури реалізувати конфігурацію та розгортання VNFC на основі різних VNR.

Припустимо, що фізична мережа  $C = (A_i, S_i)$  представлена зваженим неорієнтованим графом у нашому методі.  $A_i = \{a_1, a_2, \dots, a_n\}$  позначає набір вузлів мережі, тоді як  $S_i = \{s_1, s_2, \dots, s_n\}$  представляє обчислювальні рівні для  $A_i$ . Набір зв'язків, що складається з вузлів, позначається  $L_n = \{l_1, l_2, \dots, l_n\}$ ; основні фізичні зв'язки позначаються  $l_n$ ; смуга пропускання представлена  $d_i$ ; неефективність фізичної мережі зв'язку представлена  $\gamma_i$ , а пропусканна здатність  $d_i$ .

VNR системи нарізки мережі можна реєструвати та стабілізувати в певному діапазоні шляхом поєднання теорії масового обслуговування та технології нарізки мережі для створення дворівневої моделі динамічного планування NFV MANO та NFV у системі нарізки фізичної мережі.

Теорія масового обслуговування стверджує [1], що динамічне планування відбувається двічі. Функція переходу стану черги в системі NFV MANO, де відбувається процес динамічного планування черги першого рівня, є:

$$Z(X) = \gamma_i + (A_i S_i - L_n) d_i \quad (1)$$

У NFV, де розташована функція переходу стану черги, відбувається процес динамічного планування черги другого рівня [2].

$$Z(Y) = \frac{\gamma_t + A_t L_n d_t}{Z(X)} \quad (2)$$

Модель відображення в архітектурі нарізки мережі 5G може бути додатково отримана на основі аналізу вище, і вона виражається таким чином[3]:

$$F(x) = \frac{Z(X) + Z(Y)}{d_t} \gamma_t \quad (3)$$

Мережеві запити на сегменти в ситуації віртуалізації мережі не завжди можуть надходити по одному, один за одним. Технологія онлайн відображення використовується для реалізації динамічного розподілу основних фізичних ресурсів і планування їх у часовому вимірі на основі характеристик трафіку сегментів мережі. Вхідні запити сегментів мережі обробляються динамічно за допомогою часових вікон, як показано на рисунку 1. Час розбивається на послідовність послідовних часових вікон. Залежно від їхнього пріоритету в життєвому циклі сегменти мережі обробляються протягом заданого періоду часу. Рівень пріоритетної обробки підвищується із скороченням життєвого циклу.

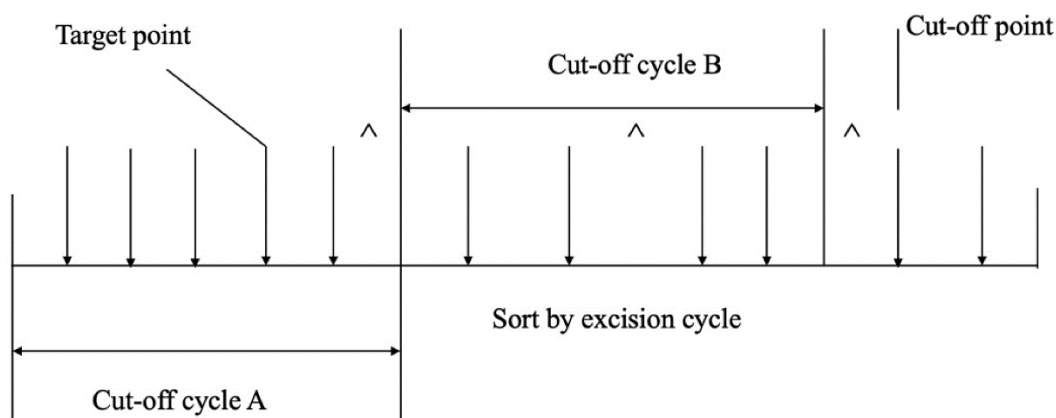


Рис. 1. Механізм відображення зрізів мережі на лінії часового вікна

Алгоритм онлайнного відображення для сегментів мережі 5G було змодельовано та проаналізовано за допомогою інструменту моделювання MATLAB, щоб підтвердити життєздатність системи. Як видно на рис. 2, різні сигнали 5G були змодельовані за допомогою MATLAB. Дослідники можуть вибирати з безлічі типів сигналів 5G у програмному забезпеченні. Крім того, оператор має повний контроль над вмістом хвилі завдяки можливостям низхідної та висхідної лінії зв'язку. Крім того, дослідники можуть створювати такі проекти, як висхідний FRC, низхідний FRC і NR-TM.

Десять фізичних вузлів випадково генеруються симуляційною фізичною мережею, а одиниці часу для різних життєвих циклів зрізів становили 60, 80 і 100. Інтервали розподілу для обчислювальних ресурсів і ресурсів зв'язку становили 50 і 80 відповідно. Розподіл Пуассона використовувався [4, 5], щоб гарантувати випадкове надходження зрізів. Для певного часового вікна середня ймовірність прибуття становила 1,4. Кожен зріз мережі має часовий інтервал обслуговування 15 одиниць часу на основі розподілу Пуассона. В межах інтервалу віртуальні вузли в обчислювальних ресурсах мережевої системи та смузі пропускання зв'язку були розподілені випадковим чином.

Але зрозуміло що у кожного метода є свої проблеми і метод нарізки 5G не став виключенням.

Ділянка інтересу (ROI), яка є квадратною площею з площею  $b^2$ , має загальну кількість  $N$  датчиків, розподілених у випадковому порядку, як показано на рис. 3. Згідно з формулою,  $N$  є випадковою величиною, яка відповідає розподілу Пуассона [4, 5].

$$\rho(T) = \frac{\lambda^N e^{-\lambda}}{N!}, N = 0, \dots, \infty \quad (4)$$

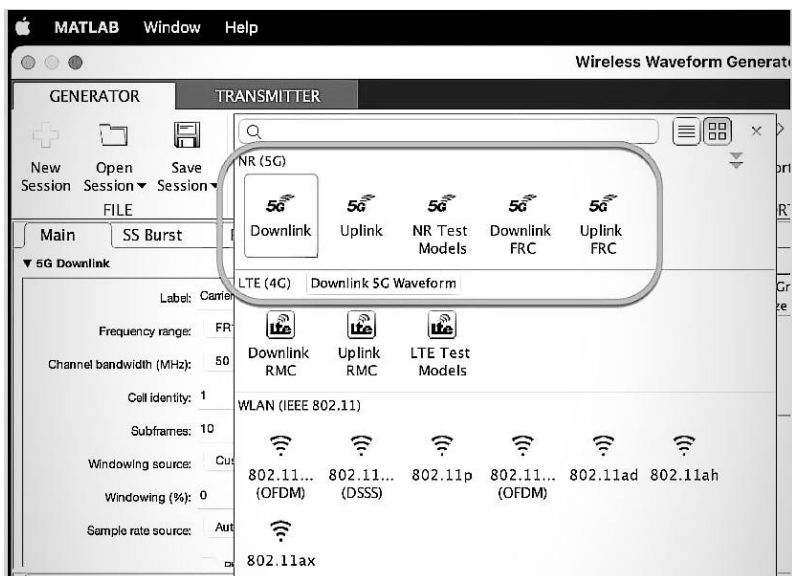


Рис. 2. MATLAB забезпечує різні типи моделювання сигналу 5G

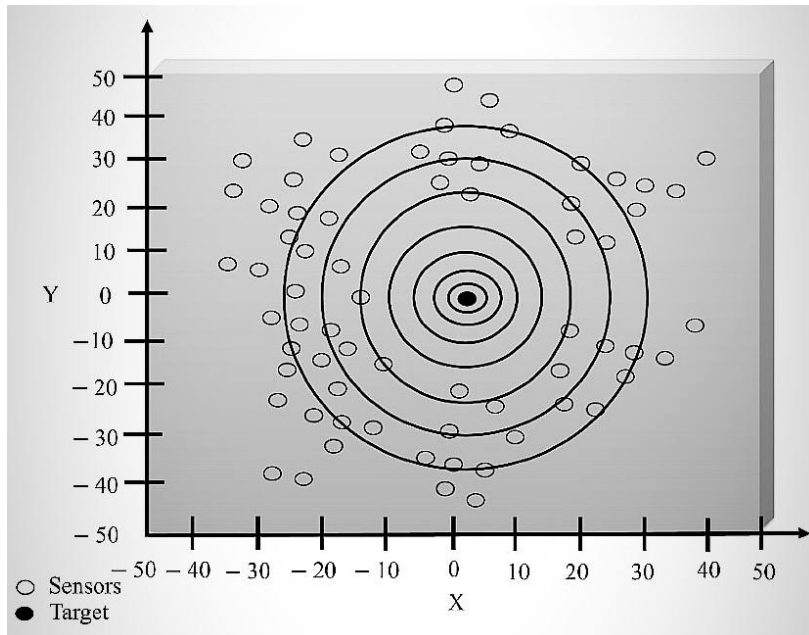


Рис. 3. Контури енергії сигналу для цілей, що знаходяться в зоні дії датчика

Безпроводова сенсорна мережа не знає розташування датчиків, але припускає, що вони є незалежними та рівномірно розподіленими та дотримуються спільного розподілу в ROI (i. d. d),

$$f(x_i, y_i) = \begin{cases} \frac{1}{b^2}, & -\frac{b}{2} \leq x_i, y_i \leq \frac{b}{2} \\ 0, & \text{else} \end{cases} \quad (5)$$

де координати сенсорного вузла  $i$  позначено  $i = 1, 2, \dots, N$ ,  $(x_i, y_i)$ . Шум локального датчика розподіляється незалежно, рівномірно та відповідає типовому розподілу Гауса[6], де дисперсія дорівнює одиниці, а середнє значення дорівнює нулю.

$$n_i \sim N(0,1), i = 1, \dots, N \quad (6)$$

Задача перевірки бінарної гіпотези показана для локального датчика  $i$ .

$$\begin{aligned} H_1 : s_i &= a_i + n_i \\ H_0 : s_i &= n_i \end{aligned} \quad (7)$$

Серед них  $a_i$  — це виміряна амплітуда сигналу, який транслюється ціллю і приймається датчиком  $i$ , а  $s_i$  — це сигнал, отриманий датчиком  $i$ . Застосування ідеї ізотропного ослаблення енергії сигналу.

$$a_i^2 = \frac{P_0}{1 + \alpha d_i^n} \quad (8)$$

де  $P_0$  — потужність сигналу, випромінюваного ціллю на відстані 0,  $d_i$  — відстань між ціллю та локальним датчиком  $i$ ,

$$d_i = \sqrt{(x_t - x_i)^2 + (y_t - y_i)^2} \quad (9)$$

де координати цілі  $(x_t, y_t)$ . Крім того, очікується, що рівномірний розподіл ROI керуватиме розміщенням цілі. Індекс ослаблення сигналу, або  $n$ , має значення від двох до трьох. Оскільки  $\alpha$  є змінним параметром, більше значення відповідає швидшому ослабленню сигналу. Ці моделі ослаблення сигналу легко застосувати до тривимірних просторових задач. Їх розділяє те, що знаменник використовується в наступній формулі  $1 + \alpha d_i^n$  використовується замість  $d_i^n$ . Це гарантує, що модель має сенс навіть у ситуаціях, коли відстань  $d_i$  майже або точно дорівнює 0. Де  $d_i$  є подовженим ( $\alpha d_i^n \gg 1$ ). Різницю між двома моделями можна не помітити.

Застосована тут модель розпаду енергії також є загальною, і не надається жодної інформації щодо типу пасивного датчика. Наприклад, у системах бездротового зв'язку чи радарів потужність обернено пропорційна квадрату відстані від передавача для ізотропно випромінюваних електромагнітних хвиль, що рухаються у вільному просторі. Подібно до цього, інтенсивність сферичної звукової хвилі, випромінюваної основним джерелом звуку в повітря, обернено пропорційна квадрату відстані. Очевидно, що відношення сигнал/шум (SNR) локального датчика  $i$  відображається за допомогою формули (10), оскільки шум має одиничну дисперсію.

$$SNR_i = \alpha_i^2 = \frac{P_0}{1 + \alpha d_i^n} \quad (10)$$

Наведена нижче формула визначає SNR на нульовій відстані.

$$SNR_0 = 10 \log_{10} P_0 \quad (11)$$

За припущення гаусового шуму всі локальні датчики приймають рішення, використовуючи той самий поріг  $\tau$ . Наступні дві формули можна використовувати для визначення частоти помилкових тривог локального датчика та ймовірності виявлення.

$$\rho_{fa} = \int_{\tau}^{\infty} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-t^2/2} dt = Q(\tau) \quad (12)$$

$$\rho_{d_i} = \int_{\tau}^{\infty} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-(t-a_i)^2/2} dt = Q(\tau - a_i) \quad (13)$$

де  $Q(\cdot)$  є додатковою функцією розподілу стандартного Гаусового розподілу, як показано у формулі нижче.

$$Q(x) = \int_{x}^{\infty} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-t^2/2} dt \quad (14)$$

Вважається, що енергія сигналу швидко спадає і що ROI є великим. Таким чином, енергія отриманого сигналу буде значно більшою за нуль лише у відносно невеликій частині ROI або

області навколо цілі. Ігноруйте граничні ефекти ROI та припускайте, що мета знаходиться в центрі ROI, не втрачаючи загальності. Отже, лише частина датчиків здатна ідентифікувати ціль у будь-який момент часу. Місцеві датчики надсилатимуть дані до термоядерного центру лише тоді, коли буде перевищено поріг  $r$ , щоб заощадити енергію та витрати на передачу. Щоб вирішити такі питання потрібно об'єднати два рішення в єдине. Для кожного  $i = 1, \dots, N$  запишіть  $I_i = \{0, 1\}$ , щоб представити двійкові дані, отримані від локального датчика.  $I_i$  має значення 1 у випадку, якщо мета знайдена; 0 за відсутності будь-яких цілей. Ідеальним правилом злиття рішень є правило злиття Чайра-Варшні [7]. Порогове значення наведених нижче даних перевіряється цією системою за допомогою наведеної нижче формули (15) та (16).

$$\Lambda_0 = \sum_{i=1}^N \left[ I_i \log \frac{p_{d_i}}{p_{fa_i}} + (1 - I_i) \log \frac{1 - p_{d_i}}{1 - p_{fa_i}} \right] \quad (15)$$

$$= \sum_{i=1}^N I_i \log \frac{p_{d_i(1-p_{fa_i})}}{p_{fa_i(1-p_{d_i})}} + \sum_{i=1}^N \log \frac{1 - p_{d_i}}{1 - p_{fa_i}} \quad (16)$$

Ці дані злиття збігаються з зваженою сумою всіх виявлень ("1"), надісланих центром злиття. Якщо певний датчик має покращену продуктивність виявлення, тобто  $p_{d_i}$  є вищим а  $p_{fa_i}$  є нижчим, тоді рішенню буде надано більшої ваги, що може бути представлено формулою нижче.

$$\log \frac{p_{d_i(1-p_{fa_i})}}{p_{fa_i(1-p_{d_i})}} \quad (17)$$

Рівняння (12) стверджує, що частоту помилкової тривоги кожного датчика можна визначити після встановлення порогового значення  $r$ . Тим не менш, це досить складно знайти  $p_{d_i}$  для кожного датчика. Відповідно у рівнянні (13) все базується на амплітуді сигналу цілі та відстані між кожним датчиком і ціллю. Що ще гірше, оскільки центр синтезу може отримувати дані від датчика лише тоді, коли сигнал, який він отримує, перевищує поріг  $r$ , неможливо визначити точну кількість  $N$  датчиків. Додаткова тактика полягає в тому, щоб кожен датчик передавав необроблені дані  $s_i$  до центру синтезу, який використовує ці необроблені дані для прийняття рішень. Однак передача необроблених даних може бути дорогою, особливо для бездротових сенсорних мереж з обмеженою смугою пропускання та енергією. Таким чином, можна просто транспортувати двійкові дані до центру синтезу. Якщо  $p_{d_i}$  є невідомим, центр синтезу може лише довільно обробляти результати виявлення кожного датчика. Оскільки результат «1» одного датчика по суті не має сенсу для центру синтезу, підрахунок випадків виявлення результату має сенс.

### Висновки

У цій роботі ми пропонуємо метод, який може ефективно підвищити ефективність передачі даних зондування, одночасно дозволяючи системі надавати аудіовізуальні дані та дані зображення. Наше дослідження моделює дослідження передачі сигналу 5G і встановлює додаткові параметри зв'язку за допомогою MATLAB. Тим не менш, оскільки для транспортування різних типів даних будуть використовуватися різні технології нарізки мережі, ми не виключаємо повністю їх використання. Система використовує алгоритм штучного інтелекту для обробки сигналів, коли сигнал дистанційного зондування надсилається до вбудованого апаратного модуля. Щоб увімкнути відображення та візуалізацію даних у реальному часі, система використовує різноманітні алгоритми ШІ для аналізу та класифікації отриманих даних. Потім він використовує зв'язок 5G для надсилання результатів у систему хмарної бази даних.

**Список використаної літератури**

1. T.S. Babicheva: The Use of Queuing Theory at Research and Optimization of Traffic on the Signal-controlled Road Intersections. URL:  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S187705091501491X>
2. Martin I.R.; Lawrence M.W. :: Dynamic Scheduling of a Two-Class Queue with Setups. URL:  
<https://www.jstor.org/stable/223130>
3. Papageorgion A.; Carrozzo G.; Siddiqui M. S.; Fernandez A.: On 5G network slice modelling: Service-, resource-, or deployment-driven? URL:  
[https://www.researchgate.net/publication/228576229\\_Decision\\_fusion\\_rules\\_in\\_wireless\\_sens\\_or\\_networks\\_using\\_fading\\_channel\\_statistics](https://www.researchgate.net/publication/228576229_Decision_fusion_rules_in_wireless_sens_or_networks_using_fading_channel_statistics)
4. Kissell R.; Poserina J. :: Advanced Math and Statistics. URL:  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/B9780128051634000049>
5. Naeem A. S. :: Essential statistics for data analysis. URL:  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/B9780128013632000097>
6. Lambros S.; Athanasiou,; Lampros K.; Michalis :: Propagation of Segmentation and Imaging System Errors. URL:  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/B9780128047347000087>
7. Kiosen K.; Eunhan K.; Park J. :: Large-Signal Robustness of the Chair-Varshney Fusion Rule Under Generalized-Gaussian Noises. URL:  
[https://www.researchgate.net/publication/224144437\\_Large-Signal\\_Robustness\\_of\\_the\\_Chair-Varshney\\_Fusion\\_Rule\\_Under\\_Generalized-Gaussian\\_Noises](https://www.researchgate.net/publication/224144437_Large-Signal_Robustness_of_the_Chair-Varshney_Fusion_Rule_Under_Generalized-Gaussian_Noises)

***Автори статті***

**Шаран Дмитро** – студент, Державний університет інформаційно-комунікаційних технологій, Київ, Україна.

**Чирва Богдан** – студент, Державний університет інформаційно-комунікаційних технологій, Київ, Україна.

**Голубенко Олександр** – кандидат технічних наук, доцент, Міжнародний науково-технічний університет імені академіка Юрія Бугая, Київ, Україна.

***Authors of the article***

**Sharan Dmytro** – student, State University of Information and Communication Technologies, Kyiv, Ukraine.

**Chirva Bohdan** – student, State University of Information and Communication Technologies, Kyiv, Ukraine.

**Golubenko Oleksandr** - Candidate of Science (technic), associate professor, Academician Yury Bugai International Scientific and Technical University, Kyiv, Ukraine.