

С. І. Отрох, В. І. Кравченко, Л. В. Дакова, М. М. Кравчук, О. О. Крикун, О. М. Мирута
**РАЗРАБОТКА НЕЧЕТКОЙ ТЕМПОРАЛЬНОЙ МОДЕЛИ ДЛЯ ОПИСАНИЯ ВЛИЯНИЯ ПАРАМЕТРОВ ВНЕШНЕЙ СРЕДЫ
НА СИСТЕМЫ СВЯЗИ СТАНДАРТА LTE**

Предложено представление внешних дестабилизирующих факторов в виде агрегированных показателей, влияющих на параметры и качественные характеристики сигналов. Представлена нечеткая темпоральная модель, которая описывает влияние основных параметров внешней среды на работоспособность комплексов и систем связи стандарта LTE. Подобное описание функционирования радиосистемы позволяет прогнозировать состояние системы и выбирать соответствующие управляющие решения для улучшения прогнозируемой ситуации.

Ключевые слова: темпоральная модель; LTE; дестабилизирующие факторы; внешняя среда.

S. I. Otrakh, V. I. Kravchenko, L. V. Dakova, M. M. Kravchuk, O. O. Krykun, O. M. Myruta
**DEVELOPMENT OF A FUZZY TEMPORAL MODEL TO DESCRIBE THE INFLUENCE OF EXTERNAL ENVIRONMENT PARAMETERS
ON THE LTE STANDARD COMMUNICATION SYSTEMS**

The considered communication system is presented as a hierarchy in terms of the detail of the system in question. The described interdependence of the parameters of systems of different levels makes it possible to consider the effect on the system as a whole of certain changes that occur in any of the subsystems. In general, it can be said that changes in this subsystem occur due to some factors affecting the value of the subsystem parameters, and these actions can affect any system of any level, which generally leads to changes in the whole system. The presentation of external destabilizing factors in the form of aggregated indicators affecting the parameters and quality characteristics of signals is proposed. As the main ones, external impacts were chosen as demographic parameters, territorial parameters and a generalized indicator, which includes many events affecting the system. Changes that entail the impact of external factors on the subsystem may be some actions to modernize this subnet or vice versa — the failure of any element of the subsystem. A fuzzy temporal model is presented, which describes the influence of the main parameters of the environment on the performance of complexes and communication systems of the LTE standard. Such a description of the functioning of the radio system allows you to predict the state of the system and select the appropriate control solutions to improve the predicted situation. The environmental parameters and the state of the system can describe some fuzzy situation, therefore, based on a set of factors collected over a certain observation interval of one or several time series, it is possible to determine the most common situations and create a base of reference situations.

Keywords: temporal model; LTE; destabilizing factors; external environment.

УДК 004.054

І. М. ГАМАНЮК,

Державний університет телекомунікацій, Київ

Визначення меж значень помилок 1-го і 2-го роду при прийнятті рішення про функціональний стан системи підтримки прийняття рішень

Здійснено дослідження щодо швидкості та прискорення змін значень помилок 1-го і 2-го роду. Визначено їх межі при прийнятті рішення про функціональний стан системи підтримки прийняття рішень.

Ключові слова: система підтримки прийняття рішень; помилки 1-го і 2-го роду; біноміальний розподіл.

Вступ

Середовище, в якому здійснюється діяльність людини, змінюється дедалі швидше. Постають цілком нові завдання, а через це виникають і нові системи підтримки прийняття рішень (СППР).

Для того, щоб оцінити СППР стосовно придатності її для розв'язання тих чи інших задач, необхідно змодельовати середовище функціонування цієї СППР і виконати низку дослідів із визначення успішності чи неуспішності прийняття рішень.

Обчисливши функціональну ймовірність прийняття правильних рішень і порівнявши її з допустимою ймовірністю, можна дійти висновку, чи придатна система, чи ні. Але з огляду на ймовір-

нісний характер процесу не виключається хибний висновок: прийняти рішення, що система не придатна, коли вона придатна, і, навпаки, рішення, що система придатна, коли насправді вона не придатна. Такого роду помилки називають відповідно **помилкою 1-го роду і помилкою 2-го роду**.

Для того, аби прийняти правильне рішення щодо придатності (непридатності) системи, недостатньо порівняти функціональну ймовірність P_f із допустимою ймовірністю P_a , а й потрібно поррахувати помилки 1-го і 2-го роду [3], порівнявши результати з допустимими значеннями.

Як було зазначено в [1], помилки 1-го і 2-го роду підраховують за допомогою формули біноміального розподілу, а також формул Стірлінга й Пуассона.

Постає запитання: яке значення помилок 1-го і 2-го роду допустиме?

Метою дослідження є визначення впливу помилок 1-го і 2-го роду на прийняття рішення щодо придатності системи та визначення меж допустимих значень цих помилок.

Основна частина

Процес розв'язання завдань у СППР можна подати як потік випадкових подій, зображений на рис. 1, коли «1» відповідає успішному розв'язанню задачі, а «0» — функціональній відмові.

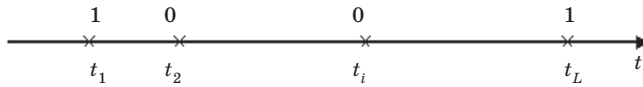


Рис. 1. Процес розв'язання завдань у СППР

Нехай унаслідок послідовного розв'язання L завдань (L — обсяг вибірки) із заданої множини D отримано v успіхів (i , отже, $L - v$ функціональних відмов). На цій основі здобуто оцінку

$$\hat{P} = \frac{v}{L}$$

функціональної ефективності СППР (імовірності успішного розв'язання задачі). Ця оцінка, вочевидь, — величина випадкова. На основі наявної інформації потрібно прийняти рішення про стан системи.

У термінах теорії розрізнення статистичних гіпотез ця задача формулюється так:

- прийняти рішення про правильність основної гіпотези $H_0: P_f \geq P_a$, тобто що справжнє значення показника функціональної ефективності задовольняє задані вимоги (система функціонально придатна);

- проти альтернативи $H_1: P_f < P_a$ — ця гіпотеза стверджує, що система функціонально непридатна.

Вочевидь, через статистичний характер задачі таке рішення в принципі не можна прийняти без помилок, які бувають двох родів:

- помилка 1-го роду — визнання системи функціонально непридатною (гіпотеза H_1), коли насправді система функціонально придатна (гіпотеза H_0);

- помилка 2-го роду — визнання системи функціонально придатною (гіпотеза H_0), тоді як вона функціонально непридатна (гіпотеза H_1).

Із погляду теорії помилок якість прийнятого рішення природно характеризувати умовними ймовірностями помилок 1-го роду

$$\alpha = P(H_1/H_0),$$

і умовними ймовірностями β помилок 2-го роду,

$$\beta = P(H_0/H_1).$$

На ймовірність їх появи необхідно накласти обмеження

$$\alpha \leq \alpha_a, \quad \beta \leq \beta_a,$$

де α_a і β_a — відповідний поріг значень ймовірності.

Задання цих порогів завершує постановку задачі.

Імовірність α помилки 1-го роду [2] у разі будь-яких даних L , P і v визначається виразом

$$\alpha = \sum_{k=0}^v C_L^k P^k (1-P)^{L-k}. \quad (1)$$

Отже, визначимо поріг праворуч.

Побудуємо графіки залежності α від P_f , де $P_f = P^* = v/L$ і $P_a = P$.

Для підрахунку будемо використовувати формулу Excel BINOMDIST(number_s, trials, probability_s, cumulative), де

number_s — кількість v успіхів у випробуваннях;

trials — кількість L незалежних випробувань;

probability_s — ймовірність P_a успіху на кожному випробуванні;

cumulative — якщо кумулятивне значення TRUE, то BINOMDIST повертає кумулятивну функцію розподілу.

Перше значення $\alpha = 0,0107421875$ отримуємо при $P_f = v/L = 0,1$ і т. д.

Далі маємо: при $P_a = 0,5$, $L = 10$, $v = \overline{1,10}$ (рис. 2). Тоді при $P_a = P_f$, $\alpha = 0,623047$.

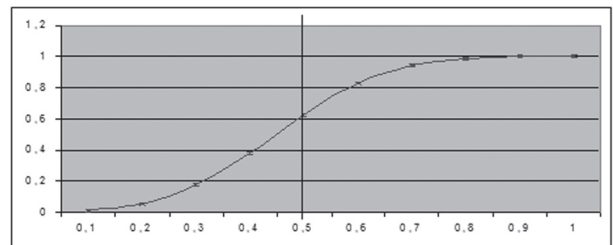


Рис. 2. Графік значень α при $P_a = 0,5$, $L = 10$, $v = \overline{1,10}$

Нехай $P_a = 0,5$, $L = 100$; $v = \overline{1,100}$ (рис. 3). Тоді при $P_a = P_f$, $\alpha = 0,539795$.

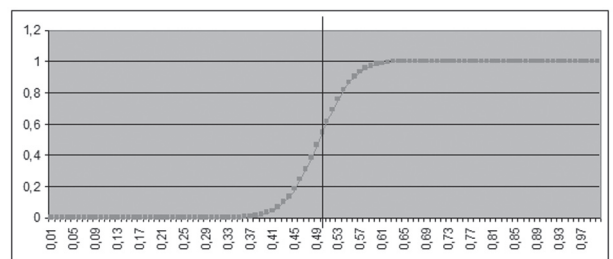


Рис. 3. Графік значень α при $P_a = 0,5$, $L = 100$; $v = \overline{1,100}$

Нехай $P_a = 0,8$, $L = 100$; $v = \overline{1,100}$ (рис. 4). Тоді при $P_a = P_f$, $\alpha = 0,539839$.

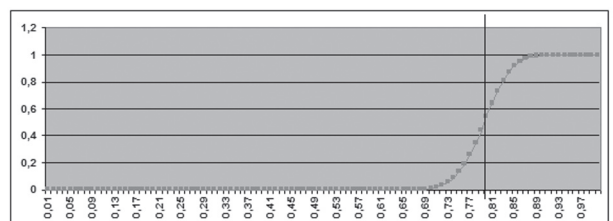


Рис. 4. Графік значень α при $P_a = 0,8$, $L = 100$; $v = \overline{1,100}$

Із графіка, виведеного на рис. 4, випливає, що при $P_a = P_f$ і зі збільшенням обсягу L вибірки α наближається до 0,5.

Отже, доходимо таких висновків:

1. При $P_f < P_a$ має сенс враховувати тільки помилку 1-го роду, бо стверджувати, що система працює ефективно немає жодних підстав.

Відповідно, при $P_f > P_a$ є сенс враховувати тільки помилку 2-го роду.

2. При $P_f < P_a$ мають сенс значення α помилки 1-го роду, що є меншими, ніж значення α , розраховані при $P_f = P_a$.

Відповідно, при $P_f > P_a$ мають сенс значення β помилки 2-го роду, що є меншими аніж значення β , розрахованими при $P_f = P_a$.

Визначимо поріг ліворуч.

Знайдемо поріг значення помилки, коли помилка впливає на прийняття рішення.

Узявши першу похідну α' від помилки 1-го роду, визначимо швидкість зміни помилки. Із графіка, наведеного на рис. 5, бачимо, що максимальне значення припадає на $P_f = 0,8$ при $\alpha \approx 0,5$.

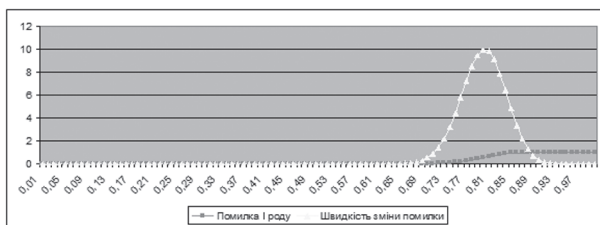


Рис. 5. Графік швидкості зміни помилки 1-го роду

Візьмемо другу похідну α'' від помилки 1-го роду і знайдемо прискорення зміни помилки. Графік, зображений на рис. 6, показує, що максимальних (за модулем) значень існує два, але нас цікавить тільки те значення, при якому помилка α 1-го роду лежить у межах від нуля до $\approx 0,5$. Отже, максимальне значення припадає на $P_f = 0,77$ при $\alpha = 0,26$. Найближчі до максимального значення точки $P_f = 0,76$ при $\alpha = 0,189$ і $P_f = 0,78$ при $\alpha = 0,345$.

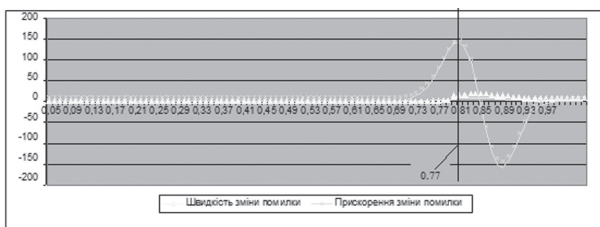


Рис. 6. Графік прискорення зміни помилки 1-го роду

Візьмемо третю похідну від помилки 1-го роду і визначимо швидкість зміни прискорення. Із графіка (рис. 7) бачимо, що екстремальних значень існує три, але нас цікавить тільки те значення, при якому помилка α 1-го роду перебуває в меж-

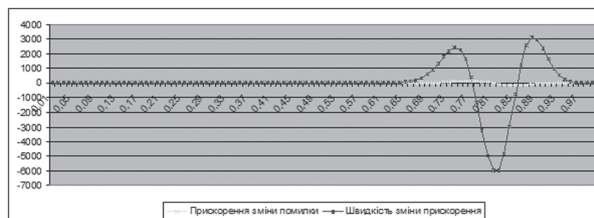


Рис. 7. Графік швидкості зміни прискорення

ах від нуля до $\approx 0,5$. Отже, максимальне значення припадає на $P_f = 0,74$, де $\alpha = 0,087$.

Візьмемо четверту похідну від помилки 1-го роду і визначимо прискорення зміни прискорення. Графік, наведений на рис. 8, показує, що екстремумів значень існує чотири, але нас цікавить лише те значення, при якому помилка α 1-го роду лежить у проміжку від нуля до $\approx 0,5$, а також $P_f < 0,74$. Отже максимальне значення припадає на $P_f = 0,72$, де $\alpha = 0,034$.

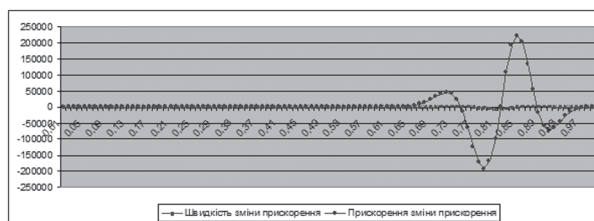


Рис. 8. Графік прискорення зміни прискорення

Таким чином, вплив помилки α 1-го роду ліворуч починається з $P_f = 0,72$, де $\alpha = 0,034$. Середнього значення $\alpha = 0,26$ помилка 1-го роду досягає при $P_f = 0,77$.

Висновок

При оцінюванні функціональної ефективності СППР є сенс визначати допустимі помилки α 1-го роду і помилки β 2-го роду залежно від необхідної якості СППР. Для СППР найвищої якості допустимі помилки можуть визначатися в околі 0,034, для СППР середньої якості — в околі 0,26.

Пропонується при використанні алгоритму визначення функціонального стану СППР урахувати сформульовані раніше висновки.

Список використаної літератури

1. Гаманюк І. М. Методи розрахунку помилок 1-го і 2-го роду при прийнятті рішення про функціональний стан системи підтримки прийняття рішень // Зв'язок. 2018. № 4. С. 43–46.
2. Кудрицький В. Д. Основи організації систем автоматизації управління: навч. посібник. Київ: НАДУ, 2014. Ч. 1. 172 с.
3. Горбань І. І. Теорія ймовірностей і математична статистика для наукових працівників та інженерів: монографія. Київ, 2014. 244 с.

Рецензент: доктор техн. наук, професор В. В. Вишнівський, Державний університет телекомунікацій, Київ

И. М. Гаманюк

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГРАНИЦ ЗНАЧЕНИЙ ОШИБОК 1-ГО И 2-ГО РОДА ПРИ ПРИНЯТИИ РЕШЕНИЯ О ФУНКЦИОНАЛЬНОМ СОСТОЯНИИ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ

Проведено дослідження по швидкості і прискоренню змін значень помилок 1-го і 2-го роду. Визначено їх межі при прийнятті рішення про функціональний стан системи підтримки прийняття рішень.

Ключевые слова: система підтримки прийняття рішень; помилки 1-го і 2-го роду; біноміальне розподілення.

I. M. Gamaniuk

DETERMINING THE VALUE LIMITS OF TYPE I AND II ERRORS IN THE DECISION ON THE FUNCTIONAL SUITABILITY OR NOT SUITABILITY OF THE DECISION SUPPORT SYSTEM

The environment is changing rapidly in which human conducts its activity. New tasks arise, and as a consequence, appear new decision support systems (DSS). In order to resolve the issue of a suitable or unsuitable DSS for solving tasks, it is necessary to simulate the environment of the DSS activity and to conduct a series of experiments to determine the success or failure of decision-making process.

If the functional probability of making correct decisions to compare with the admissible probability, one can come to the conclusion whether a suitable system or not. But due to the probable nature of the process, it is possible to make a false conclusion, and therefore to decide that the system is not suitable at a time when the system is suitable and vice versa to decide that the system is suitable at a time when it is unsuitable. These errors are called type I and II errors.

In order to decide on the suitability of the system it is not enough to compare the functional probability with the admissible probability, but also need to calculate type I and II errors and compare them with the admissible values. Type I and II errors are calculated using the binomial distribution formula or the Stirling's formula or Poisson's formula.

What values of type I and II errors are admissible?

The article reflects the research of speed and acceleration of changes in the values of type I and II errors and determination of their limits.

The comparative graphs are worked out.

From the graph it is clear that when the admissible probability is equal to the functional probability and with increasing sample size, type I error approaches 0.5.

The conclusions are drawn:

when the functional probability is less than the admissible probability it makes sense to take into account only the type I error, as it is argued that the system works properly there is no reason. Accordingly, when the functional probability is greater than the admissible probability it makes sense to take into account only the type II error;

when the functional probability is less than the admissible probability has meaning only the type I error which is smaller than the values of the type I error, calculated for the functional probability is equals the admissible probability. Accordingly, when the functional probability is greater than the admissible probability has meaning only the type II error which is smaller than the values of the type II error, calculated for the functional probability is equals the admissible probability.

From the graph, it can be seen that the maximum values of the acceleration of the change in value of the type I error fall on 0,26. The maximum values of the acceleration of acceleration change in value of the type I error fall on 0,034.

The article concludes that the effect of the type I error begins when the functional probability equals 0.72 where the error is 0.034. The average value of the type I error in 0,26 reaches at the functional probability at 0,77. For DSS of higher quality, admissible errors can be determined in the region of 0.034, for DSS of average quality in the region of 0.26.

Keywords: decision support system; type I and II errors; binomial distribution formula.