Ю. В. Мельник, С. И. Половеня, М. В. Малюженко, И. В. Ищук, Т. Г. Бондарчук

НЕЙРОСЕТЕВОЕ ОЦЕНИВАНИЕ КАЧЕСТВА ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ СИСТЕМ

Предложены подходы к нейросетевой оценке качества функционирования телекоммуникационной сети. Показано взаимодействие компонентов нейросетевой системы оценки качества функционирования сети телекоммуникаций. Рассмотрена структура модифицированной сети PNN и определены требования, касающиеся соответствия нейросетевых моделей условиям функционирования телекоммуникационной системы.

Ключевые слова: нейросетевая оценка; нейросетевая модель; качество функционирования; телекоммуникационная сеть.

Yu. V. Melnik, S. I. Polovenia, M. V. Maluzenko, J. V. Ishchuk, T. H. Bondarenko

NEURAL NETWORK EVALUATION OF TELECOMMUNICATION SYSTEMS FUNCTIONING QUALITY

The approaches to the neural network estimation of the quality of functioning of the telecommunication network are determined. The interaction of components of a neural network system for assessing the quality of functioning of such a network is shown. The structure of the modified network PNN is considered and the requirements for conformity of neural network models with the conditions of functioning of the telecommunication system are determined. In recent years, there has been a significant increase in interest in the study of application of applied intellectual technologies in various spheres of life.

The main architectural peculiarity that distinguishes the intellectual control system from the "traditional" scheme is the availability of mechanisms for storing and processing knowledge for the implementation of the abilities to perform the necessary functions in incompletely defined or uncertain conditions under the random nature of external influences.

An important area of development of telecommunication networks is the use of means for automatic recognition of development of telecommunication networks parameters and information circulating in it. Currently insufficiently studied is the neural network recondite of signals received. At different sections of development of telecommunication networks.

According to the recommendations, in order to solve this problem, it is necessary to develop a conceptual model for ensuring the efficiency of the neural network recognition of development of telecommunication networks parameters. In the general case, the conceptual model is a model of the domain, consisting of a list of interrelated concepts. It used to describe this area, along with properties and characteristics. The classification of these concepts by types, situations, features in the field, and laws of leakage in it processes The block of formation of the parameters of educational examples determines for the signals occurring in the telecommunication network, the set of input and output parameters and encodes them into a species suitable of development of telecommunication networks.

Keywords: neural network estimation; neural network model; functioning quality; telecommunication network.

УДК 621.391.8

С. І. ОТРОХ, доктор техн. наук, доцент;
В. І. КРАВЧЕНКО, канд. техн. наук;
Л. В. ДАКОВА, канд. техн. наук;
М. М. КРАВЧУК, студент;
О. О. КРИКУН, студентка;
О. М. МИРУТА, студентка;
Державний університет телекомунікацій, Київ

Розробка нечіткої темпоральної моделі для опису впливу параметрів зовнішнього середовища на системи зв'язку стандарту LTE

Запропоновано подання зовнішніх дестабілізуючих факторів у вигляді агрегованих показників, що впливають на параметри та якісні характеристики сигналів. Подано нечітку темпоральну модель, що являє собою опис впливу основних параметрів зовнішнього середовища на роботоздатність комплексів і систем зв'язку стандарту LTE. Зазначений опис, характеризуючи функціонування радіосистеми, дозволяє прогнозувати її стан і вибирати відповідні управлінські рішення для поліпшення прогнозованої ситуації.

Ключові слова: темпоральна модель; LTE; дестабілізуючі фактори; зовнішнє середовище.

Вступ

Безпроводові цифрові комунікації, бурхливо стартувавши, не припиняють стрімко розвиватися. Цьому сприяє неухильний прогрес мікроелектроніки, що дозволяє випускати дедалі складніші й водночас дедалі дешевші засоби безпроводового зв'язку.

Високими темпами вдосконалюються персональні й локальні мережі, широко упроваджуються безпроводові мережі регіонального масштабу. Низька вартість, швидкість розгортання, практично необмежені функціональні можливості передавання даних, телефонії, відеопотоків — усе це перетворює безпроводові мережі на один із провідних напрямків розвитку телекомунікаційної індустрії.

© С. І. Отрох, В. І. Кравченко, Л. В. Дакова, М. М. Кравчук, О. О. Крикун, О. М. Мирута, 2018

Основна частина

При дослідженні параметрів системи зв'язку на базі стандарту LTE велике значення має врахування впливу навколишнього середовища на характеристики такої системи. Здебільшого чітко описати цей вплив кількісними методами не вдається. Утім значний інтерес становить і далеко не повне врахування згаданого зовнішнього впливу, навіть і доволі невизначеного.

Уведемо параметри, пов'язані з описом навколишнього середовища, які впливають на функціонування згаданої телекомунікаційної системи.

Визначення параметрів зовнішнього середовища становить, як правило, складне завдання. Це пов'язано з великою кількістю чинників, що прямо або побічно впливають на параметри системи, і їхньою гетерогенністю. Опис усієї множини таких чинників — завдання надважке, а тому на практиці виокремлюють лише найбільш явні та впливові з них.

З огляду на високий ступінь гетерогенності параметрів навколишнього середовища є сенс поділити всі такі параметри на групи згідно з їх належністю до тієї чи іншої сфери зовнішнього впливу. Звідси випливає доцільність введення агрегованих показників для різних типів впливу зовнішнього середовища, залежних від вихідного набору параметрів.

Розглянемо, наприклад, три агреговані показники, які характеризують вплив зовнішнього середовища. Позначимо ці показники γ_1, γ_2, E. Значення кожного з них залежить від множини параметрів, що йому відповідають:

$$\begin{aligned} \gamma_1 &= H_1(\gamma_1^1,\ldots,\gamma_{n_1}^1); \\ \gamma_2 &= H_2(\gamma_1^2,\ldots,\gamma_{n_2}^2); \\ E &= H_E(e_1,\ldots,e_{n_E}), \end{aligned} \qquad (1)$$

де n_1, n_2, n_E — потужність множини параметрів агрегованих показників відповідно γ_1, γ_2 і E; $H_1(\gamma_1^1,\ldots,\gamma_{n_1}^1)$, $H_2(\gamma_1^2,\ldots,\gamma_{n_2}^2)$, $H_E(e_1,\ldots,e_{n_E})$ — деякі нечіткі функції. Під нечіткою функцією будемо розуміти відображення з простору нечітких значень параметрів зовнішнього середовища в простір нечітких значень агрегованого показника.

Загальну структуру ієрархії параметрів зовнішнього середовища унаочнює рис. 1.

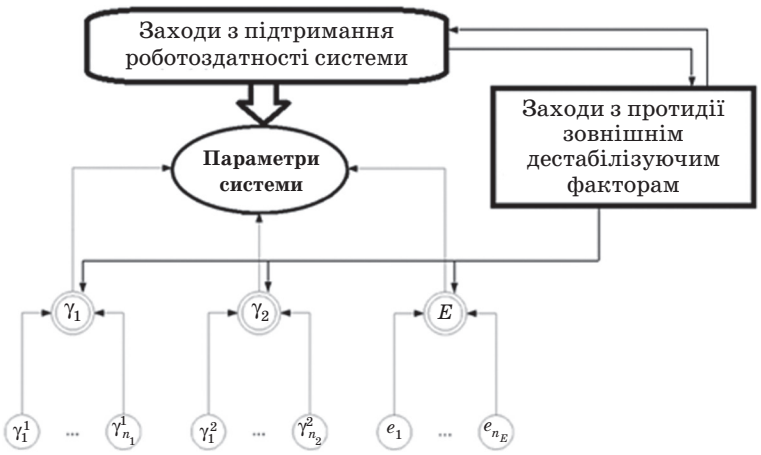

Рис. 1. Узагальнене дерево параметрів зовнішнього середовища

Перший показник, позначений як γ_1, відбиває демографічні параметри, які характеризують населення, що його обслуговує деяка підсистема. Цей показник має терм-множину значень {«Сильно Зменшує» (СЗм), «Зменшує» (Зм), «Не впливає» (НВ), «Збільшує» (Зб), «Сильно збільшує» (СЗб)} і може бути поданий стандартним нечітким п'ятирівневим класифікатором. Кожний терм відбиває рівень впливу демографічних параметрів навколишнього середовища на значення параметрів даної підсистеми.

Кожний агрегований показник може характеризувати спільний вплив таких чинників, як чисельність населення, зміна кількості населення, зростання доходу на душу населення, телефонна щільність (кількість телефонних апаратів на 100 осіб), потреба в послугах зв'язку, структурний склад абонентів і т. ін. Кожний зі згаданих факторів γ_1^1, $i = 1,\ldots,n_1$, як і агрегований показник, може бути описаний нечіткими п'ятирівневими класифікаторами.

Другий показник, позначений як γ_2, відбиває територіальні параметри, що характеризують місцевість, яку обслуговує певна підсистема. Цей показник, як і перший, має терм-множину значень {СЗм, Зм, НВ, Зб, СЗб} і може бути поданий стандартним нечітким п'ятирівневим класифікатором. Терми показника γ_2 характеризують рівень впливу територіальних особливостей місцевості, яку обслуговує

розглядувана система, і можуть об'єднувати такі фактори, як адміністративне значення відповідної території, рівень розвитку промисловості в даній місцевості і взаємозв'язок усіх адміністративних, господарських, промислових, ділових, культурних, туристичних та інших організацій місця проектування. При цьому фактори γ_1^2, $i = 1,\ldots,n_2$, також можуть бути описані стандартними нечіткими п'ятирівневими класифікаторами.

Із метою опису впливу подій, які можуть відбуватися в зовнішньому середовищі, було введено показник E. Для опису показника E введемо низку визначень.

1. ***Числовим тимчасовим рядом (ТР)*** називається множина впорядкованих часових відліків разом із відповідними їм числовими значеннями:

$$Y = \{(y_i,t_i)/i \in N,\ y_i \in R,\ t_i \in \Im\}, \tag{2}$$

де $\Im$ — дискретна часова шкала; R — множина дійсних чисел, що характеризують числові значення ТР у дискретні моменти часу t_i.

За допомогою тимчасового ряду можна відображати статистику значень деяких параметрів досліджуваних об'єктів. Аналіз ТР різних параметрів системи LTE і навколишнього середовища, а також їх зіставлення дають змогу з'ясовувати характер залежності значень необхідного параметра системи від деяких факторів, які на нього впливають.

2. ***Часовим інтервалом,*** або ***темпорою,*** називається пара $[t_s, t_e] \in T^2$, в якій $s \le e(s,e \in N)$.

Позначимо через $Q = \{q_i\}$, $i = 1,\ldots,N_Q$, множину ознак, що характеризують узагальнені властивості ТР Y, притаманні його окремим фрагментам. Такі ознаки дозволяють описувати деякі події, що відбуваються в навколишньому середовищі і вплив яких знаходить відображення на значеннях ТР. Це можуть бути такі, скажімо, події, як уведення в експлуатацію нового підприємства, початок курортного сезону, наступ святкових днів, і т. ін. Вочевидь, більшість згаданих подій досить складно описати за допомогою чітких тимчасових рамок, а через це вводиться поняття нечіткої темпоральної ознаки.

3. ***Нечіткою темпоральною ознакою*** будемо називати тріаду

$$q_i = h_i, \mu_{q_i}, T_{q_i}, \tag{3}$$

де h_i — текстовий опис ознаки, а μ_{q_i} — нечітка характеристична функція, що відбиває ступінь вираженості ознаки q_i на заданому часовому інтервалі T_{q_i}.

Нечітка темпоральна ознака дозволяє більш адекватно здійснювати опис досліджуваних подій, «розмиваючи» межі їхнього початку і кінця.

Усі нечіткі темпоральні ознаки, описувані на тимчасовій осі, перебувають у певному відношенні одна з одною. Нечіткі темпоральні відношення можна описати відношеннями Аллена, узагальнивши їх на випадок нечітких темпоральних ознак. Особливість нечітких темпоральних відношень полягає в тому, що одні й ті самі події можуть перебувати в кількох темпоральних відношеннях одночасно, маючи при цьому різний ступінь належності. Тому зазначений тип темпорального образу припускає диз'юнктивну форму подання (ДФ-образ):

$$\varphi_{ij} = (q_i\, rt_{ij}^*\, q_j), \mu_{\varphi_{ij}}, T_{\varphi_{ij}}, \tag{4}$$

де $\varphi_{ij} = q_i\, rt_{ij}^*\, q_j$ — текстовий опис нечіткого відношення між i-ю та j-ю темпорами; $\mu_{\varphi_{ij}}$ — нечітка характеристична функція; $T_{\varphi_{ij}}$ — область визначення функції $\mu_{\varphi_{ij}}$. При цьому маємо:

$$\begin{gathered} rt_{ij}^* = \{rt_{ij}^k\},\quad \mu_{\varphi_{ij}} = \vee_k \mu_{r_{ij}^k}, \\ rt_{ij}^k = q_i, q_j, \mu_{r_{ij}^k},\quad rt_{ij}^k \in RT, \\ T_{\varphi_{ij}} = T_{q_i} \bigcup T_{q_j}, \end{gathered} \tag{5}$$

де RT — сімейство співвідношень Аллена.

Вищий рівень опису подій забезпечується нечіткою темпоральною структурою, що характеризує наявність нечітко-темпоральних відношень між кількома різними нечіткими темпоральними ознаками на заданому часовому інтервалі.

4. ***Нечітко-темпоральним образом структури*** називатимемо тріаду такого вигляду:

$$W = w, \mu_w, T_w, \tag{6}$$

де w — назва структури; μ_w — нечітка характеристична функція з областю визначення T_w. Область визначення функції μ_w та її значення знаходимо на основі таких виразів:

$$\begin{gathered} \mu_w = \wedge_i \wedge_j \mu_{\varphi_{ij}}, \\ T_w = \bigcup_i \bigcup_j T_{\varphi_{ij}}. \end{gathered} \tag{7}$$

Отже, за допомогою нечітких темпоральних структур можна описувати окремі факти, які стосуються набору знань щодо поводження даного часового ряду Y. Кожний факт описує деяку подієву обстановку в навколишньому середовищі на даному проміжку часу з можливістю врахування попередніх і наступних подій.

Наприклад, маючи три нечіткі темпоральні ознаки, подані згідно з виразом (2), можна описати факт, який у лінгвістичній формі набирає приблизно такого вигляду: «подія q_1 відбувається одночасно з подією q_2, по завершенні якої розпочинається подія q_3». Отримана на основі співвідношень (2)–(7) структура w із деяким ступенем належності μ_w описуватиме істинність згаданого факту в розглянутому проміжку часу.

Як одна окрема подія, так і будь-яка сукупність подій, які перебувають між собою в деяких залежностях, впливають на ті чи інші параметри даної системи. Розпізнати й оцінити такий вплив можна за допомогою експертних оцінок. Із цією метою необхідно залучити експертів, здатних визначити рівень впливу деякої темпоральної структури w на параметри даної системи. Окрім того, на оцінку результуючого впливу з боку подієвих параметрів впливатиме і міра μ_w істинності нечіткої темпоральної структури.

Оскільки вплив подій, що відбуваються, описується за допомогою показника E, то на основі наявного набору факторів і оцінок необхідно визначити функції належності показника E до кожного з його термів.

Нехай на основі експертного оцінювання встановлено, що рівень впливу даного факту w на параметри системи, які нас цікавлять, набуватиме значень деякого j-го терма T_j^E показника E, котрий описується п'ятирівневим класифікатором, $j = 1,\ldots,5$. Тоді, ураховуючи міру μ_w істинності, знаходимо значення функцій належності до кожного терма показника E згідно з такими співвідношеннями:

$$\mu_k^E = \begin{cases} 0, & k \neq (j-1),(j+1); \\ \mu_w, & k = j; \\ 0{,}5(1-\mu_w), & k = j-1,\ j \neq 1;\ k = j+1,\ j \neq 5; \\ 1-\mu_w, & k = j+1,\ j = 1;\ k = j-1,\ j = 5. \end{cases} \quad k = 1,\ldots,5 \tag{8}$$

При визначенні згаданого впливу факту w за допомогою експертних оцінок і співвідношень (8) необхідно, аби експертного оцінювання зазнавали всі можливі темпоральні структури, котрі можна отримати на основі деякого заданого набору темпоральних ознак.

Використовуючи співвідношення (2)–(7), доходимо висновку, що в разі l заданих темпоральних ознак кількість відповідних структур становить $2^{l(l-1)}$. Звідси випливає, що при $l > 3$ кількість темпоральних структур, які необхідно оцінити, різко зростає. Отже, описаний підхід до визначення впливу подій у навколишньому середовищі на параметри системи застосовний тільки за малої кількості темпоральних ознак або тоді, коли йдеться про деяку задану множину досліджуваних фактів.

Щоб уникнути побудови експертної оцінки стосовно великої кількості подієвих фактів, можна розпізнати й оцінити згаданий вплив на розглядувану систему, керуючись аналогією з уже наявними статистичними даними для цієї або деякої іншої подібної до неї системи.

Розглянемо побудову оцінки впливу на параметри системи деякого факту w, який має місце в даний момент часу з деякою мірою μ_w істинності. Оцінити міру схожості між поточною нечіткою ситуацією $\tilde{s}(t_\xi)$ і тими ситуаціями $\tilde{s}(t_k)$, $k = 1,\ldots,(\xi-1)$, що спостерігалися раніше, можна за допомогою міри нечіткої рівності або міри нечіткої спільності [2]. Розрахунок міри нечіткої рівності може бути застосований у тому разі, коли в обох порівнюваних нечітких ситуаціях $\tilde{s}(t_\xi)$ і $\tilde{s}(t_k)$ усі темпоральні ознаки, що спостерігаються, збігаються. Якщо в ситуації $\tilde{s}(t_\xi)$ сталися деякі події, котрі в ситуації $\tilde{s}(t_k)$ не відбувалися, а в ситуації $\tilde{s}(t_\xi)$ не враховувались чи не відбувались ті події, які спостерігалися в ситуації $\tilde{s}(t_k)$, то слід розраховувати міру нечіткої спільності, яка є більш загальним показником, ніж міра нечіткої рівності ситуацій.

Позначимо через $\tilde{k}_a(\tilde{s}(t_\xi),\tilde{s}(t_k))$ міру схожості даних ситуацій $\tilde{s}(t_\xi)$ і $\tilde{s}(t_k)$, яка дорівнюватиме нечіткій мірі рівності або нечіткій мірі спільності цих ситуацій залежно від того, збігаються чи ні темпоральні ознаки ситуацій. Коефіцієнт $\tilde{k}_a(\tilde{s}(t_\xi),\tilde{s}(t_k))$ набуває значення на відрізку $[0;1]$, причому чим більше значення коефіцієнта, тим ситуації більш схожі.

Опишемо величину $\tilde{k}_a(\tilde{s}(t_\xi),\tilde{s}(t_k))$ через нечіткий стандартний п'ятирівневий класифікатор. Тоді коефіцієнт $\tilde{k}_a(\tilde{s}(t_\xi),\tilde{s}(t_k))$ буде описаний як $\tilde{k}_a(\tilde{s}(t_\xi),\tilde{s}(t_k))$ із термами {«Різні» (Р), «Майже різні» (МР), «Приблизно однакові» (ПрО), «Майже однакові» (МО), «Однакові» (О)}, що характеризують рівень схожості ситуацій, та відповідними функціями належності. У цьому разі, знаючи рівень впливу подій, що відбуваються, у ситуації $\tilde{s}(t_k)$, можна описати базу знань, яка буде визначати рівень впливу подій, що відбуваються, у ситуації $\tilde{s}(t_\xi)$.

$$
\begin{aligned}
&\textit{Якщо } E(t_k)=T_{j,1}^{E,\text{СЗм}} \text{ та } \tilde{k}_a\left(\tilde{s}(t_\xi),\tilde{s}(t_k)\right)=T_{j,1}^{k_a,\text{О}} \textit{ або...або}\\
&E(t_k)=T_{j,1}^{E,\text{СЗм}} \text{ та } \tilde{k}_a\left(\tilde{s}(t_\xi),\tilde{s}(t_k)\right)=T_{j,h1}^{k_a,\text{О}}, \text{ то } E(t_\xi)=\text{СЗм};\\
&\ldots\\
&\textit{якщо } E(t_k)=T_{j,1}^{E,\text{СЗб}} \text{ та } \tilde{k}_a\left(\tilde{s}(t_\xi),\tilde{s}(t_k)\right)=T_{j,1}^{k_a,\text{О}} \textit{ або...або}\\
&E(t_k)=T_{j,1}^{E,\text{СЗб}} \text{ та } \tilde{k}_a\left(\tilde{s}(t_\xi),\tilde{s}(t_k)\right)=T_{j,h1}^{k_a,\text{О}}, \text{ то } E(t_\xi)=\text{СЗб},
\end{aligned}
\tag{9}
$$

де $j=1,\ldots,5$ — номер терма в п'ятирівневому класифікаторі;

h_j — номер правила для визначення j-го терма показника E в момент часу t_ξ;

$T_{j,h}^{E,L}$ — j-й терм показника E в момент часу t_k в h-му правилі для L-го терма показника E в момент часу t_ξ, $L\in\{\text{СЗм, Зм, НВ, Зб, СЗб}\}$ та $h=1,\ldots,h_j$;

$T_{j,h}^{k_a,L}$ — j-й терм величини $\tilde{k}_a\left(\tilde{s}(t_\xi),\tilde{s}(t_k)\right)$ в h-му правилі для L-го терма показника E в момент часу t_ξ, $L\in\{\text{Р, МР, ПрО, МО, О}\}$ та $h=1,\ldots,h_j$.

База продукційних правил (9) застосовна для порівняння даної ситуації і однієї з відомих, яка найбільше схожа на розглядувану. У тому разі, коли явно не можна визначити одну ситуацію, найбільш схожу на розглядувану ситуацію, можливе проведення аналізу на основі набору ситуацій із приблизно однаковими ступенями схожості на поточну ситуацію. Позначимо множину ситуацій, котрі спостерігалися раніше і приблизно однаковою мірою схожі на поточну ситуацію, через $\tilde{s}=\{\tilde{s}_k\}_{k=1}^{K}$. Тоді, узагальнюючи базу знань (9) на випадок порівняння впливу подій на параметри системи в ситуаціях $\tilde{s}$ та $\tilde{s}(t_\xi)$, можемо записати такі співвідношення:

$$
\begin{aligned}
&\textit{якщо } E(\tilde{s}_1)=T_{1,j,1}^{E,\text{СЗм}} \text{ та } \tilde{k}_a\left(\tilde{s}(t_\xi),\tilde{s}_1\right)=T_{1,j,1}^{k_a,\text{О}} \textit{ або...або}\\
&E(\tilde{s}_1)=T_{1,j,h_1(\tilde{s}_1)}^{E,\text{СЗм}} \text{ та } \tilde{k}_a\left(\tilde{s}(t_\xi),\tilde{s}_1\right)=T_{1,j,h_1(\tilde{s}_1)}^{k_a,\text{О}} \textit{ або...або}\\
&E(\tilde{s}_K)=T_{K,j,h_1(\tilde{s}_{K-1})+1}^{E,\text{СЗм}} \text{ та } \tilde{k}_a\left(\tilde{s}(t_\xi),\tilde{s}_K\right)=T_{K,j,h_1(\tilde{s}_{K-1})+1}^{k_a,\text{О}} \textit{ або...або}\\
&E(\tilde{s}_K)=T_{K,j,h_1}^{E,\text{СЗм}} \text{ та } \tilde{k}_a\left(\tilde{s}(t_\xi),\tilde{s}_K\right)=T_{K,j,h_1}^{k_a,\text{О}}, \text{ то } E(t_\xi)=\text{СЗм};\\
&\ldots\\
&\textit{якщо } E(\tilde{s}_1)=T_{1,j,1}^{E,\text{СЗб}} \text{ та } \tilde{k}_a\left(\tilde{s}(t_\xi),\tilde{s}_1\right)=T_{1,j,1}^{k_a,\text{О}} \textit{ або...або}\\
&E(\tilde{s}_1)=T_{1,j,h_5(\tilde{s}_1)}^{E,\text{СЗб}} \text{ та } \tilde{k}_a\left(\tilde{s}(t_\xi),\tilde{s}_1\right)=T_{1,j,h_5(\tilde{s}_1)}^{k_a,\text{О}} \textit{ або...або}\\
&E(\tilde{s}_K)=T_{K,j,h_5(\tilde{s}_{K-1})+1}^{E,\text{СЗб}} \text{ та } \tilde{k}_a\left(\tilde{s}(t_\xi),\tilde{s}_K\right)=T_{K,j,h_5(\tilde{s}_{K-1})+1}^{k_a,\text{О}} \textit{ або...або}\\
&E(\tilde{s}_K)=T_{K,j,h_5}^{E,\text{СЗб}} \text{ та } \tilde{k}_a\left(\tilde{s}(t_\xi),\tilde{s}_K\right)=T_{K,j,h_5}^{k_a,\text{О}}, \text{ то } E(t_\xi)=\text{СЗб},
\end{aligned}
\tag{10}
$$

де $h_j(\tilde{s}_k)$ — номер правила для j-го терма показника E в момент часу t_ξ у разі k-ї порівнюваної ситуації, $k=1,\ldots,K$.

Бази продукційних правил (9) та (10) дозволяють оцінити рівень впливу деякої сукупності подій, що відбуваються в навколишньому середовищі, на параметри розглядуваної системи на основі аналізу статистичних даних. При цьому статистичні дані можуть стосуватись як розглядуваної системи, так і системи, близької за своїми параметрами до досліджуваного об'єкта.

Розглянемо верхній рівень ієрархії впливу зовнішніх параметрів на систему, а саме, вплив агрегованих показників Ψ_1, Ψ_2 та E. Для цього розглянемо нечіткий процес виду

$$p_i(t)=p_i(t_0)(1+r_1(t)), \tag{11}$$

де t — поточний час; t_0 — початковий відлік часу;

$p_i(t)$ — значення i-го параметра в момент часу t, яке характеризується трапецоїдним нечітким числом, заданим у ПОСП $\prod_{p_i}$;

$r_i(t)\in[-r_{1i}, r_{2i},]$ — розрахунковий коридор зміни $p_i(t)$.

Якщо вплив навколишнього середовища невеликий або відсутній, то значення $r_i(t)$ близьке до нуля. Значення величин r_{1i} і r_{2i} будуть залежати від області значень i-го параметра.

Припустимо, що існує набір із m окремих факторів $m=1,\ldots,M$, поточні значення яких для i-го параметра дорівнюють $x_{m,i}(t)$, і для кожного фактора $x_m(t)$ побудовано свій п'ятирівневий класифікатор, який не залежить від виду параметра. Тоді для опису $r_i(t)$ можна скористатися формулою

$$r_i(t)=\sum_{m=1}^{M} z_{m,i}\,\overline{\upsilon}_{m,i}\sum_{k=1}^{5}\alpha_k\mu_{km}\left(x_{m,i}(t)\right),$$
$$\sum_{m=1}^{M}\overline{\upsilon}_{m,i}=1, \qquad (12)$$

де α_k — вузлові точки стандартного класифікатора; $\overline{\upsilon}_{m,i}$ — вага m-го фактора i-го параметра;

$\mu_{km}(x_{m,i}(t))$ — значення функції належності k-го терма m-го фактора;

$z_{m,i}\in\{1,-1\}$ — коефіцієнт, що визначає, який саме — додатний чи від'ємний — маємо напрям впливу m-го фактора на i-й параметр.

Розглянемо такі фактори:

$$x_1(t)=\gamma_1,$$
$$x_2(t)=\gamma_2, \qquad (13)$$
$$x_3(t)=E.$$

З урахуванням співвідношень (12) вираз (13) можна переписати у вигляді

$$r_i(t)=z_{\psi_{1,i}}\upsilon_{\psi_{1,i}}\sum_{k=1}^{5}\alpha_k\mu_{k,\psi_1}\left(\psi_1(t)\right)+z_{\psi_{2,i}}\upsilon_{\psi_{2,i}}\sum_{k=1}^{5}\alpha_k\mu_{k,\psi_2}\left(\psi_2(t)\right)+z_{E,i}\overline{\upsilon}_{E,i}\sum_{k=1}^{5}\alpha_k\mu_{k,E}\left(E(t)\right),$$
$$\overline{\upsilon}_{\psi_{1,i}}+\overline{\upsilon}_{\psi_{2,i}}+\overline{\upsilon}_{E,i}=1. \qquad (14)$$

Для оцінювання залежності (14) необхідно, у свою чергу, побудувати нечітку базу знань, яка дозволить оцінити значення функції належності k-го терма m-го фактора параметра p_i.

Параметри навколишнього середовища та стану системи можуть описувати деяку нечітку ситуацію, а можуть і не становити інтересу щодо опису нечітких ситуацій. Тому, скориставшись набором факторів, зібраних на деякому інтервалі спостереження за одним чи кількома часовими рядами, можна визначити ситуації, що трапляються найчастіше, і ввести набір еталонних ситуацій. Окрім того, при розгляді питань, які характеризують демографічний і територіальний стан регіону, необхідно брати до уваги плановані темпоральні події, які можуть статися на прогнозованому часовому інтервалі.

Висновки

Запропоновано формалізований опис неієрархічної структури системи. Будь-яка система на кожному рівні даної ієрархії подається як деяка підсистема зі своїм набором чітких і нечітких характеристик. При цьому в ієрархічній структурі системи LTE маємо математично описаний зв'язок між системами різних рівнів ієрархії, зокрема вплив характеристик систем нижнього рівня на характеристики системи вищого рівня ієрархії. Такий опис дозволяє знайти значення характеристик системи мобільного зв'язку на будь-якому рівні узагальнення її структури з урахуванням характеристик систем нижчих рівнів ієрархії.

На основі нечіткої темпоральної логіки запропоновано модель опису впливу зовнішнього середовища на параметри системи. Побудована модель підвищує точність загальної моделі опису характеристик системи і може бути використана при моделюванні систем на різних рівнях ієрархії. Стан радіосистеми і навколишнього середовища описано за допомогою нечітких ситуацій, а переходи між рівнями — за допомогою нечіткої ситуаційної мережі. Для зниження розмірності нечіткої ситуаційної мережі було введено класи нечітких ситуацій. Такий 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: Техніка, 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. Мєшков [та ін.] // Сучасні інформаційно-комунікаційні технології COMINFO'2012, 01–05 жовтня. Livadia, 2012. С. 88.*

4. ***Лапий В. Ю., Калюжний Л. Г., Красний Л. Г.*** *Устройство ранговой обработки информации. Київ: Техніка, 1986. 120 с.*

Рецензент: доктор техн. наук, професор **С. В. Козелков**, Державний університет телекомунікацій, Київ.

С. И. Отрох, В. И. 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. Otrokh, 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 змоделювати 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 ймовірнісний 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 порахувати 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.

© І. М. Гаманюк, 2018