

Визначення залежності між параметрами стільникової мережі кубічним ермітовим сплайном

Абакумова^f А. О., ORCID [0000-0002-2844-096X](https://orcid.org/0000-0002-2844-096X)

e-mail nastia.abakumova@gmail.com

Одарченко^s Р. С., к.т.н. доц., ORCID [0000-0002-7130-1375](https://orcid.org/0000-0002-7130-1375)

e-mail odarchenko.r.s@ukr.net

Шутко^s В. М., д.т.н. проф., ORCID [0000-0002-9761-5583](https://orcid.org/0000-0002-9761-5583)

e-mail vnshutko@ukr.net

Національний авіаційний університет
Київ, Україна

Анотація—У роботі представлено метод визначення залежності між параметрами стільникової мережі KPI та KQI за рахунок використання кубічного ермітового сплайну. В першу чергу наведено теоретичний принцип розрахунку та побудови кубічного ермітового сплайну при задоволенні умов методу найменших квадратів. На основі цього для оцінки використання даного сплайну проведено експериментальне дослідження зі встановлення функціональної залежності між параметрами мережі KPI та KQI. На закінчення встановлено ступінь впливу кожного з параметрів KPI на параметр KQI, що дає можливість провести статистичне вирівнювання часових рядів параметра KQI з подальшим середньостатистичним прогнозом даних.

Бібл. 11, рис. 10.

Ключові слова — кубічний ермітов сплайн; KPI; KQI; рівень якості; стільникова мережа.

I. ВСТУП

Одним з найактуальніших завдань сьогодення є побудова інформаційного суспільства в Україні [1]–[3]. Питання використання глобальної інформаційної мережі Інтернет у сфері інформатизації є одним із пріоритетних напрямів державної політики. Створення високошвидкісних мереж ширококосмугового стільникового доступу до Інтернет на всій території України відносять до пріоритетів формування сучасної інформаційної інфраструктури в стратегії розвитку інформаційного суспільства в країні. Головним чином йдеться про ширококосмуговий доступ на базі використання технологій стільникового зв'язку, насамперед, третього і четвертого поколінь (3G і 4G, від англ. Generation – покоління) та в майбутньому 5G.

З розвитком стільникових мереж висуваються найрізноманітніші вимоги до їх адаптації з новими типами пристроїв та забезпечення якості надання послуг як існуючих, так і нових [4]–[6].

В сучасних стільникових мережах для належного обслуговування та підтримки нових ширококосмугових технологій радіодоступу повинна бути підвищена ефективність передачі інформації при зниженні вар-

тості доставки кожного мегабайта трафіку та забезпечена якість обслуговування (QoS). В той же час, постає проблема значного поліпшення якості надання послуг користувачам в умовах зростаючого обсягу переданих даних в стільникових мережах.

Виходячи з вищесказаного, однією з найбільш актуальних задач, під час організації мереж стільникового зв'язку, є задача покращення рівня якості надання послуг стільниковим оператором.

Для досягнення поставленої задачі необхідно встановити функціональну залежність між параметрами мережі, тобто потрібно визначити вплив ключових показників ефективності (KPI) на ключовий показник якості (KQI)¹ [7].

II. ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ

Задача встановлення функціональної залежності між параметрами мережі KPI та KQI може бути вирішена шляхом використання сплайнів.

Застосування сплайнів, в якості моделі сигналу (рис. 1), дозволяє суттєво підвищити якість обробки сигналів за рахунок неперервності значень та частини похідних у вузлах склейки сплайну, що є основними умовами склейки фрагментів [8]. Наприклад, заміна

¹ Recommendation P.10/G.100 (11/17) : Vocabulary for performance, quality of service and quality of experience



кубічного полінома сплайном дозволяє, при однаковій похибці апроксимації, вдвічі збільшити ширину вікна обробки.

Існують різні способи побудови сплайнів на основі їх різновидів [9]–[11]. Проте, найбільший інтерес викликають локальні кубічні ермітові сплайни (КЕС). Вони відрізняються від глобальних простотою розрахунків, за рахунок чого забезпечуються висока швидкодія при обчисленні, що, у свою чергу, важливо для роботи в реальному часі при обробці великих масивів даних.

Для побудови КЕС знаходяться вузли склейки таким чином, що сплайн на всьому інтервалі задовольняється умовам методу найменших квадратів (МНК):

$$\sum_{i=1}^N [Sp_i - y_i]^2 = \min, \quad (1)$$

де N – кількість відліків на інтервалі, що спостерігається; i – порядковий номер відліку; Sp_i – сплайн; y_i – вхідні дані.

Визначив формулу (1) забезпечуємо, що сумарне квадратичне відхилення сплайну від функції, що апроксимується y_i буде мінімальним.

Далі розраховуємо матрицю планування P , котра має блочно-діагональну структуру внаслідок локальних властивостей функції (рис. 2), де квадрати – кубічні поліноми Ерміта; R – кількість вузлів склейки сплайну на інтервалі, що спостерігається.

Для цього знаходимо сітку вузлів Δ_R , на котрій можна побудувати сплайн. Слід зауважити, що сітка спостережень Δ_N та сітка вузлів не обов'язково можуть бути рівномірними, тобто на кожній ділянці сітки вузлів може знаходитися кілька спостережень, що і будуть визначати поведінку шуканої залежності.

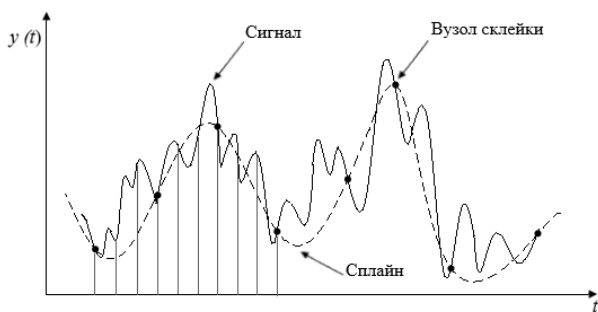


Рис. 1 Ілюстрація апроксимації сигналу сплайном

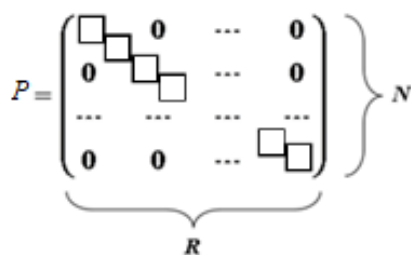


Рис. 2 Схематична матриця планування

Кожен рядок для КЕС складається з чотирьох базисних функцій, приблизний вигляд яких наведено на рис. 3, котрі представляють собою кубічні поліноми, які вже зшиті між собою за умовами неперервності поліномів та неперервності першої похідної поліномів у вузлі склейки.

Перепишемо вираз (1) у матричному вигляді:

$$[Sp - Y]^2 = \min \quad (2)$$

де Y – вектор вхідних даних.

$$Y = \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \vdots \\ y_N \end{bmatrix},$$

де $y_1 - y_N$ – значення вхідних даних.

Розпишемо сплайн Sp наступним чином:

$$Sp = P * A, \quad (3)$$

де P – матриця планування; A – вектор ординат вузлів склейки сплайну.

Для побудови всього КЕС потрібно розрахувати вектор ординат вузлів склейки сплайну A , який має вигляд:

$$A = \begin{bmatrix} a_1 \\ a_2 \\ \vdots \\ a_R \end{bmatrix},$$

де $a_1 - a_R$ – значення ординат вузлів склейки сплайну.

Оцінку ординат вузлів знаходимо способом найменших квадратів, тобто їх оптимальні значення будуються в змісті максимальної правдоподібності.

Шукані параметри знаходимо шляхом вирішення системи матричних рівнянь. Враховуючи вираз (3) знайдемо вектор A :

$$A = (P^T * P)^{-1} * P^T * Y \quad (4)$$

Введемо наступні позначення. Нехай,

$$C = P^T * P, \quad (5)$$

$$B = P^T * Y. \quad (6)$$

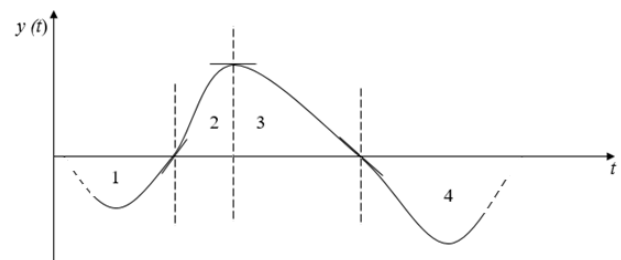


Рис. 3 Представлення базисних функцій

Враховуючи вирази (5) та (6), перепишемо вираз (4) у спрощеному вигляді:

$$A = C^{-1} * B,$$

де C^{-1} – кореляційна матриця похибок МНК.

Зауважимо, що C^{-1} не залежить від вхідних відліків і може бути розрахована заздалегідь і прошита у пам'ять обчислювального пристрою.

Для оцінки використання КЕС було проведено моделювання визначення залежності між параметрами стільникової мережі KPI та KQI.

III. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ

В рамках роботи перевірена послуга доступу до мережі Інтернет на базі використання технології стільникового зв'язку 3G. Для цього проводилось завантаження відео файлу на мобільний телефон з мережі Інтернет (рис. 4).

На вимірювальному пристрої фіксувалися параметри KPI: швидкість вхідного потоку Y1, швидкість вихідного потоку Y2, затримка Y3, потужність сигналу Y4. З боку користувача – параметр KQI – час завантаження відео файлу Y5.

Експеримент складається з 50 дослідів. Дані були отримані при незмінних зовнішніх умовах для забезпечення чистоти експерименту.

Як вказувалося, основним поставленим завданням є встановлення функціональної залежності між параметрами мережі KPI та KQI. У першу чергу необхідно провести апроксимацію параметрів за допомогою КЕС.

Представимо значення вимірних параметрів у матричному вигляді. Для компактності матеріалу приведені 1 та 50 значення, а їх повний перелік наведено у додатку:

1) швидкість вхідного потоку, Мб/сек:

Y1=[1.5649452272;

...

0.5580357144];

2) швидкість вихідного потоку, Мб/сек:

Y2=[0.9987815608;

...

0.421874176];

3) затримка, мс:

Y3=[165;

...

184];

4) потужність сигналу, дБм:

Y4=[-67;

...

-55];

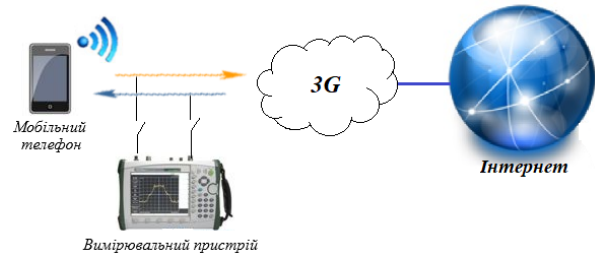


Рис. 4 Спрощена архітектура мережі

5) час завантаження відео файлу, сек:

Y5=[0.1180952384;

...

2.5355704696];

Розрахуємо матрицю планування:

N=50;

t=1:N; %координати відліків функції, що спостерігається

tu=1:(N-1)/9:N; %координати вузлів склейки сплайну

[nill,n]=size(t); %кількість відліків, що спостерігаються

[nill,r]=size(tu); %кількість вузлів склейки сплайну

p=creat_ps(tu,t,n,r,2); %матриця планування, параметр 2 – кубічний сплайн

p =

1.0000	0	0	...	0	0	0
0.8026	0.2112	-0.0138	...	0	0	0
0.5900	0.4527	-0.0427	...	0	0	0
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
0	0	0	...	-0.0427	0.4527	0.5900
0	0	0	...	-0.0138	0.2112	0.8026
0	0	0	...	0	0	1.0000

На основі отриманих даних для кожного параметра розрахуємо вектор ординат вузлів склейки сплайну та проведемо апроксимацію за допомогою КЕС:

1) швидкість вхідного потоку

V=p'*Y1;

COB=((p'*p)^(-1));

A1=COB*B; %ординати вузлів склейки сплайну

SP1=p*A1; %SPLINE

На рис. 5 зображено результат апроксимації даних швидкості вхідного потоку кубічним ермітовим сплайном з позначеннями вузлів склейки сплайну.

2) швидкість вихідного потоку

V=p'*Y2;

COB=((p'*p)^(-1));

$$A2=COB*B;$$

$$SP2=p*A2;$$

Графік на рис. 6 показує результат апроксимації даних швидкості вихідного потоку за рахунок КЕС з позначенням вузлів склейки.

3) затримка

$$B=p'*Y3;$$

$$COB=((p'*p)^{-1});$$

$$A3=COB*B;$$

$$SP3=p*A3;$$

З рис. 7 також видно результат апроксимації даних затримки експериментального дослідження.

4) потужність сигналу

$$B=p'*Y4;$$

$$COB=((p'*p)^{-1});$$

$$A4=COB*B;$$

$$SP4=p*A4;$$

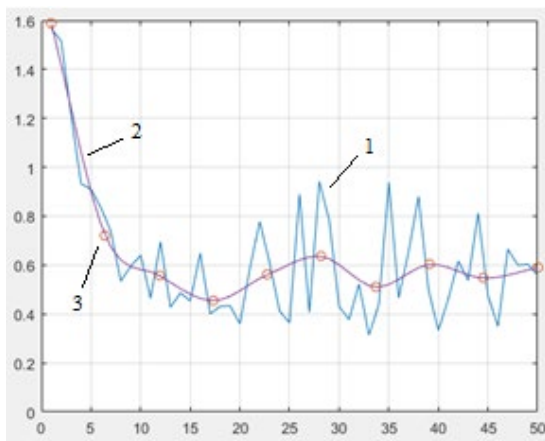


Рис. 5 Апроксимація швидкості вхідного потоку: 1 – крива виміряних значень; 2 – крива апроксимованих значень; 3 – вузли склейки

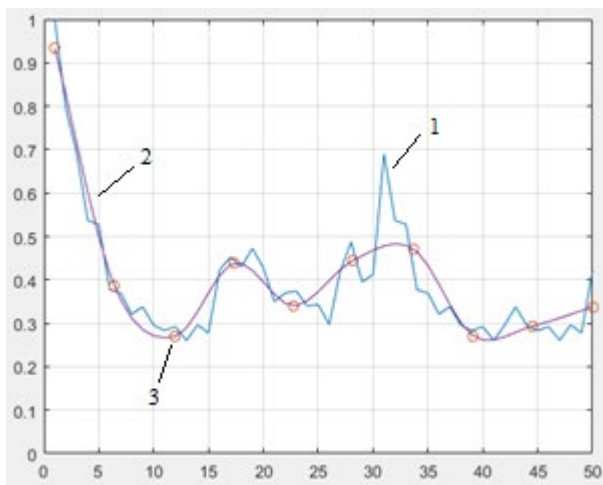


Рис. 6 Апроксимація швидкості вихідного потоку: 1 – крива виміряних значень; 2 – крива апроксимованих значень; 3 – вузли склейки

На рис. 8 показано результат апроксимації даних потужності сигналу. Зіставивши дані затримки та потужності сигналу, можна побачити, що вони корельовані між собою.

5) час завантаження відео файлу

$$B=p'*Y5;$$

$$COB=((p'*p)^{-1});$$

$$A5=COB*B;$$

$$SP5=p*A5;$$

Як видно на рис. 9 зображено результат апроксимації параметра KQI за допомогою КЕС з позначеними вузлами склейки сплайну.

Наступним кроком визначимо ступінь впливу параметрів KPI на KQI:

PP=[SP1,SP2,SP3,SP4]; %матриця апроксимованих параметрів KPI

AA=((PP*PP)^{-1})*PP*SP5; %коефіцієнти аналітичного зв'язку параметрів KPI з KQI

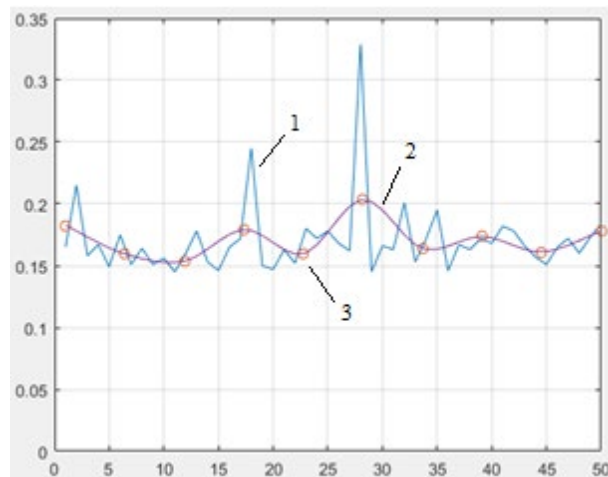


Рис. 7 Апроксимація затримки: 1 – крива виміряних значень; 2 – крива апроксимованих значень; 3 – вузли склейки

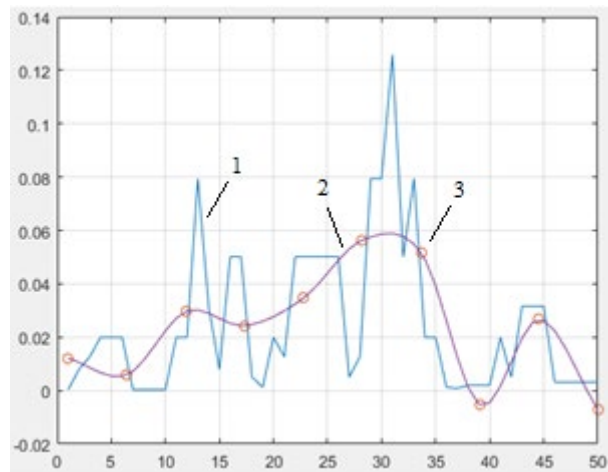


Рис. 8 Апроксимація потужності сигналу: 1 – крива виміряних значень; 2 – крива апроксимованих значень; 3 – вузли склейки

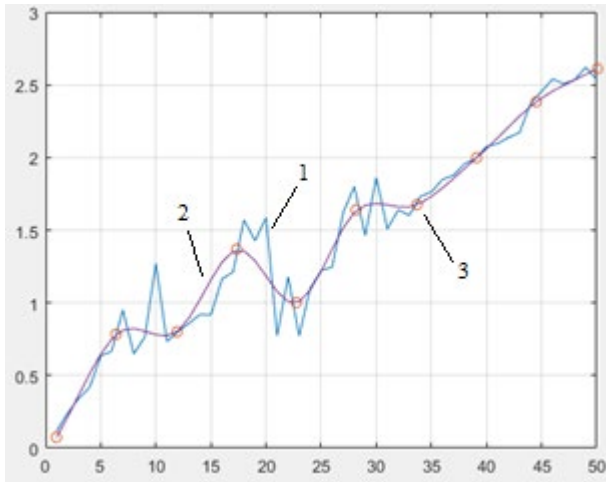


Рис. 9 Апроксимація часу завантаження відео файлу: 1 – крива виміряних значень; 2 – крива апроксимованих значень; 3 – вузли склейки

AA =

-1.6011
-0.9741
18.3845
-11.4475

Коефіцієнти аналітичного зв'язку знаходимо за умови, що середньоквадратична похибка прогнозу параметра KQI з параметрів KPI буде мінімальною.

Виходячи з отриманих даних робимо висновок, що найбільше на час завантаження відео файлу впливають значення затримки та потужності сигналу.

На основі вищезазначених даних проводимо статистичне вирівнювання часових рядів параметра KQI, тобто вирівнюємо фізику процесу KQI використовуючи вже знайдені апроксимовані параметри KPI (рис. 10).

$$\Phi = (PP * AA - SP5)^2 = \min$$

$$KQI = KPI(1) * AA(1) + KPI(2) * AA(2) +$$

$$+ KPI(3) * AA(3) + KPI(4) * AA(4)$$

$$SP5E = SP1 * AA(1) + SP2 * AA(2) + SP3 * AA(3) +$$

$$+ SP4 * AA(4);$$

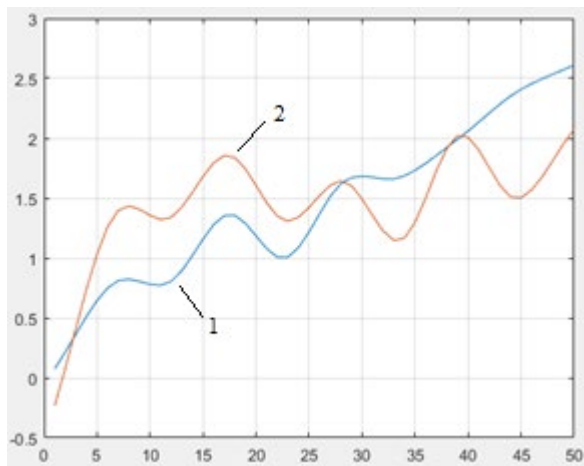


Рис. 10. Результат вирівнювання параметра KQI: 1 – крива апроксимованих значень; 2 – крива вирівняних значень.

Застосування сплайнів дозволяє знаходити не тільки статистичні оцінки шуканих параметрів сплайн-наближень, але і їхні довірчі інтервали, що підвищує точність та вірогідність одержуваних результатів і є безсумнівною перевагою обраного підходу.

У нашому випадку це дозволяє отримати прогноз KQI від KPI. У перспективі дослідження за таких умов подальшим кроком стане реалізація вибору конкретного параметра KPI з метою його покращення для підвищення рівня якості надання послуг користувачам.

ВИСНОВОК

В роботі розроблений метод визначення функціональної залежності між параметрами KPI та KQI на основі використання кубічних ермітових сплайнів, що дозволяє оцінити ступінь впливу кожного з параметрів KPI на параметр KQI з майбутнім середньостатистичним прогнозом даних. У свою чергу це призводить до реалізації вибору певного параметра KPI для подальшого його покращення або оптимізації, з метою підвищення рівня якості надання послуг стільниковим оператором.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

- [1] N. N. Moiseev, *Mezhdistsiplinarynye issledovaniya global'nykh problem*. Publitsistika i obshchestvennyye problemy [Interdisciplinary research of global problems. Publicism and social issues], vol. 2. Moscow, Russia: Taydeks Ko, 2003, ISBN: 5-94702-017-3.
- [2] V. I. Onopriyenko and M. V. Onopriyenko, *Istoriya, filosofiya, sotsiologiya nauky i tekhnolohiy* [History, Philosophy, Sociology of Science and Technology]. Kyiv, Ukraine: Inform.-analyst. agency, 2014.
- [3] O. O. Abakumova, "Distance education in the conditions of the formation of an information society," *Young Sci.*, no. 9 (89), pp. 1459–1462, 2015, URL: <https://moluch.ru/archive/89/17827/>.
- [4] P. Kolios, V. Friderikos, and K. Papadaki, "Future Wireless Mobile Networks," *IEEE Veh. Technol. Mag.*, vol. 6, no. 1, pp. 24–30, 2011, DOI: [10.1109/MVT.2010.939905](https://doi.org/10.1109/MVT.2010.939905).
- [5] A. Zakrzhevskaya, S. Ruepp, and M. S. Berger, "Na puti k konvergentnym setyam podvizhnoy svyazi 5G: problemy i sovremennyye tendentsii [On the way to convergent mobile communication networks 5G: problems and current trends]," in *KALEIDOSKOP-2014*, 2014, URL: <https://itunews.itu.int/Ru/Note.aspx?Note=5416>.
- [6] M. Mustaqim, K. Khan, and M. Usman, "LTE-Advanced: Requirements and Technical Challenges for 4G Cellular Network," *J. Emerg. Trends Comput. Inf. Sci.*, vol. 3, no. 5, pp. 665–671, 2012, URL: http://www.cisjournal.org/-journalofcomputing/Download_May_pdf_1.aspx.
- [7] S. V. Arzhansev, "Key mobile network performance indicators choice for customer experience estimation," *T-Comm*, vol. 10, no. 6, pp. 69–72, 2016, URL: <http://media-publisher.ru/content-6-2016/>.
- [8] A. O. Abakumova, O. O. Slipukhina, R. S. Odarchenko, F. Y. Yanovs'kyu, and V. M. Shutko, "Polynomial'nyy splyayn dlya vyrishennya prykladnykh zavadan' u telekomunikatsiyakh ta radiotekhnitsi [Polynomial spline for solving applied problems in telecommunications and radio engineering]," *Sci. J. "Scientific notes TNU named after VI Vernadsky Ser. Tech. Sci.*, vol. 29 (68), no. 5, pp. 60–64, 2018, URL: http://www.tech.vernadskyjournals.in.ua/journals/2018/5_2018/art_1/12.pdf.
- [9] I. V. Shelevitsky, "Interpolation splines in the tasks of digital signal processing," *Expon. Pro. Math. Appl.*, no. 4, 2003.
- [10] I. V. Shelevitsky, M. O. Shutko, V. M. Shutko, and O. O. Kolganova, *Splayny v tsyfrovoy obrabotki danykh i syhnaliv*



[Splines in digital processing of data and signals.], 2007, [11] V. N. Malozemov and A. B. Pevny, Polinomial'nyye splayny: Ucheb. posobiye. [Polynomial splines: Tutorial.]. Leningrad, USSR: Izdatelstvo Leningradskogo Universiteta, 1986.

Надійшла до редакції 17 листопада 2018 р.

ДОДАТОК

ТАБЛИЦЯ. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ

№	Швидкість вхідного потоку, Мб/сек	Швидкість вихідного потоку, Мб/сек	Затримка, мс	Потужність сигналу, дБм	Час завантаження відео файлу, сек
1	1.5649452272	0.9987515608	165.0	-67	0.1180952384
2	1.5154385304	0.7949915536	215.0	-51	0.2403595504
3	1.2102874432	0.6901311248	158.0	-49	0.3423333336
4	0.9319664496	0.5366246312	167.0	-47	0.4182641512
5	0.9103322712	0.5282969032	149.0	-47	0.6347169808
6	0.8341153168	0.3769672984	175.0	-47	0.6673898304
7	0.7375991152	0.3695662216	151.0	-67	0.9509915968
8	0.5346521416	0.3209757664	164.0	-65	0.6489302328
9	0.5955926144	0.3379805664	151.0	-65	0.7645454544
10	0.6398464368	0.2954537064	156.0	-65	1.2715505616
11	0.4646030544	0.2834065464	145.0	-47	0.7331764704
12	0.6946253368	0.2919708032	160.0	-47	0.8006588232
13	0.4277388656	0.2603912376	178.0	-41	0.858046512
14	0.4863517536	0.2961317784	153.0	-45	0.919398844
15	0.4534890312	0.2777874232	146.0	-51	0.916817204
16	0.6485084304	0.421874176	165.0	-43	1.1635268816
17	0.4014653488	0.4528216448	172.0	-43	1.2121702128
18	0.4305936808	0.4301075272	245.0	-53	1.5699470896
19	0.4344048656	0.4723665568	150.0	-59	1.4268148152
20	0.3596313776	0.427899016	147.0	-47	1.586148148
21	0.5864242776	0.3495739568	163.0	-49	0.7741614904
22	0.7770762504	0.3699593048	152.0	-43	1.1788333336
23	0.6074411544	0.3738841896	180.0	-43	0.773363636
24	0.4124349128	0.339962604	172.0	-43	1.0992727272
25	0.364066624	0.3433476392	178.0	-43	1.2226892656
26	0.8885926912	0.2972762064	168.0	-43	1.2452896176
27	0.4072905	0.4183006536	162.0	-53	1.6214207648
28	0.9409550696	0.3875968992	329.0	-49	1.7996521736
29	0.784006272	0.395354584	145.0	-41	1.463140496
30	0.4298995112	0.4120100944	166.0	-41	1.8620
31	0.3780539672	0.6901311248	163.0	-39	1.508096
32	0.5227049984	0.5366246312	201.0	-43	1.6392031872
33	0.3142183816	0.5282969032	153.0	-41	1.6019393936
34	0.4388611552	0.3769672984	172.0	-47	1.7323030304
35	0.9378663544	0.3695662216	195.0	-47	1.7624060152
36	0.466553916	0.3209757664	146.0	-59	1.8486616544
37	0.6553616776	0.3379805664	167.0	-61	1.8776716416
38	0.8801848392	0.2954537064	163.0	-57	1.9559851304
39	0.4992822816	0.2834065464	172.0	-57	1.9912296296
40	0.3336252552	0.2919708032	168.0	-57	2.0762074072
41	0.462027144	0.2603912376	182.0	-47	2.0954139192
42	0.6169507208	0.2961317784	178.0	-53	2.1374358976
43	0.5374538128	0.3379805664	166.0	-45	2.1715036496
44	0.8125126952	0.2954537064	157.0	-45	2.3721890912
45	0.4741302672	0.2834065464	151.0	-45	2.4556218184
46	0.3499409472	0.2919708032	165.0	-55	2.5390545456
47	0.66505944	0.2603912376	172.0	-55	2.5078162544
48	0.599520384	0.2961317784	160.0	-55	2.5393802816
49	0.604047116	0.2777874232	173.0	-55	2.6201690144
50	0.5580357144	0.421874176	184.0	-55	2.5355704696



Определение зависимости между параметрами сотовой сети кубическим эрмитовым сплайном

Абакумова^f А. А., ORCID [0000-0002-2844-096X](https://orcid.org/0000-0002-2844-096X)

e-mail nastia.abakumova@gmail.com

Одарченко^s Р. С., к.т.н. доц., ORCID [0000-0002-7130-1375](https://orcid.org/0000-0002-7130-1375)

e-mail odarchenko.r.s@ukr.net

Шутко^s В. М., д.т.н. проф., ORCID [0000-0002-9761-5583](https://orcid.org/0000-0002-9761-5583)

e-mail vnshutko@ukr.net

Национальный авиационный университет
Киев, Украина

Анотация—В работе представлен метод определения зависимости между параметрами сотовой сети KPI и KQI за счет использования кубического эрмитового сплайна. В первую очередь приведено теоретический принцип расчета и построения кубического эрмитового сплайна при удовлетворении условий метода наименьших квадратов. На основе этого, для оценки использования данного сплайна, проведено экспериментальное исследование по установлению функциональной зависимости между параметрами сети KPI и KQI. В заключении установлена степень влияния каждого из параметров KPI на параметр KQI, что дает возможность провести статистическое выравнивание временных рядов параметра KQI с последующим среднестатистическим прогнозом данных.

Библ. 11, рис. 10.

Ключевые слова— кубический эрмитов сплайн; KPI; KQI; уровень качества; сотовая сеть.

UDC 519.6:004.67

Determination of the Relationship between Cell Network Parameters with a Cubic Hermite Spline

A. O. Abakumova^f, ORCID [0000-0002-2844-096X](https://orcid.org/0000-0002-2844-096X)

e-mail nastia.abakumova@gmail.com

R. S. Odarchenko^s, PhD Assoc.Prof., ORCID [0000-0002-7130-1375](https://orcid.org/0000-0002-7130-1375)

e-mail odarchenko.r.s@ukr.net

V. M. Shutko^s, Dr.Sc.(Eng.) Prof., ORCID [0000-0002-9761-5583](https://orcid.org/0000-0002-9761-5583)

e-mail vnshutko@ukr.net

National Aviation University
Kiev, Ukraine

Abstract—One of the most urgent tasks during the organization of cellular networks is the task of improving the quality of service provision by the cellular operator. The paper presents a method for determining the relationship between the cellular network parameters KPI and KQI by using cubic Hermite spline. First of all, the theoretical principle of calculating and constructing a cubic Hermite spline is given in satisfaction of the conditions of the least squares' method. The use of splines, as a signal model, can significantly improve the quality of signal processing due to the continuity of values and part of the derivatives in the nodes of spline gluing. Cubic Hermite splines, in turn, differ in their simplicity of calculations from



the global one, which ensures high performance in computing, which is important for real-time operation when processing large amounts of data.

On the basis of this, to evaluate the use of this spline an experimental study was conducted to establish the functional dependence between KPI and KQI network parameters. Namely, within the framework of the work, the Internet access service has been tested on the basis of the use of 3G cellular technology. The experiment consists of 50 experiments. Data was obtained under constant external conditions to ensure the purity of the experiment. On the basis of the measured data for each parameter, the ordinates vector of the spline bonding nodes was calculated and an approximation of the parameters was made using Cubic Hermite splines.

The next step is to establish the influence degree of each KPI parameter on the single KQI parameter. The analytical connection coefficients were found taking into account that the mean square error of the KQI parameter prediction from the KPI parameters would be minimal. As a result, on the above data basis, the statistical alignment of the time series of the KQI parameter was performed, that is, it was leveled the KQI physics process using already found KPI approximated parameters.

The use of splines allows us to find not only statistical estimates of the desired parameters of the spline approximations, but also their confidence intervals, which increases the accuracy and reliability of the results and it is undoubtedly the advantage of the chosen approach. In our case, this allows you to get a KQI forecast from KPI.

In the future, research under such conditions will be followed by the implementation of a specific KPI parameter choice in order to its improvement to improve the quality of service provided to users of the cellular communication operator.

Ref. 11, fig. 10.

Keywords — cubic Hermite spline; KPI; KQI; quality level; cellular network.

