

УДК 681.325.518.5

**Зайнидинов Ҳ.Н., Бахромов С.А., Азимов Б.Р.**

### Биомедицина сигналларни интерполяцион кубик сплайн моделларини куриш

**Аннотация.** Ушбу мақола биомедицина сигналларини қайта ишлашда муҳим ҳисобланган сплайн моделларини куришга бағишланган. Кубик сплайн моделлари биомедицина сигналларни интерполяциялашда юқори аниқликка эга, бу эса беморларнинг касалликлари юзасидан шифокорларнинг қандай қарор қабул қилиши ҳақида фойдали маълумотни бериш учун катта хисса қўшади. Мисол тариқасида гастроэнтерологик сигнални дастлабки экспериментал маълумотлари олинди ва шу маълумотлар асосида локал интерполяцион кубик сплайн модели курилди. Курилган локал интерполяцион кубик сплайн модели ёрдамида гастроэнтерологик сигнални интерполяциялаш жараёни амалга оширилди.

**Калим сўзлар:** Интерполяцион кубик сплайн, гастроэнтерологик сигнал, интерполяция.

**Кириш.** Танамиз доимо соғлигимиз ҳақида маълумот беради. Яъни юракнинг уриш тезлигини, қоннинг босимини, кислородга тўйинганлик даражасини, қондаги глюкоза миқдорини, ошқозон фаолиятини, мия фаолиятини ва шунга ўхшаш бошқа аъзоларимиз фаолиятлари ҳақида маълумот беради. Бугунги кунда бу маълумотларни физиологик воситалар орқали сигнал кўринишида олиш мумкин. Анъанага кўра бундай ўлчамлар вақтнинг аниқ нуқталарида амалга оширилади ва жадвал кўринишида берилади. Шифокорларнинг кўп ҳолларда ташҳислаш ва даволашни олиб бориши ушбу жадвалдаги натижаларга асосланган бўлади[6,8,9].

Биомедицина сигналларни қайта ишлаш беморларнинг касалликлари юзасидан шифокорларнинг қандай қарор қабул қилиши ҳақида фойдали маълумотни бериш учун катта хисса қўшади. Бу эса медицина соҳасини ривожланишида муҳим аҳамият касб этади. Бугунги кунда илмий изланувчи олимлар турли хил математик моделлар ва алгоритмлардан фойдаланиб, бу сигналларни қайта ишлашнинг янги усулларини кашф этмоқда. Шу усуллардан биттаси жадвал кўринишида олинган сигнални сплайн функциялар орқали моделини куриш масаласи ҳисобланади[7,9,10,11].

#### Асосий қисм

Ушбу мақолада гастроэнтерологик касалликларни диагностик таҳлил қилиш мақсадида дастлабки экспериментал маълумотлар олинди ва шу маълумотлар асосида локал интерполяцион кубик сплайн модели курилди. Биламизки қуйидаги учта шартни қаноатлантирувчи ушбу

$$S(f, x) = S_3(x, f, \Delta_n)$$

функция интерполяцион кубик сплайн дейилади[1,3,5]:

1) Ҳар бир  $[x_i, x_{i+1}] (i = \overline{0, n})$  ораликда

$$S(f, x) \in H_3(P)$$

$$2) S(f, x) \in C^2[a, b]$$

$$3) S(x_k) = f(x_k), k = \overline{0, n}$$

Энди бевосита интерполяцион кубик сплайн моделини куришни кўриб чиқамиз.  $[a, b]$  ораликни  $n$  тенг бўлақларга бўлиб чиқамиз:

$$a = x_0 < x_1 < \dots < x_i < x_{i+1} < \dots < x_n = b$$

Қаралаётган локал интерполяцион кубик сплайн моделини  $x \in [x_i, x_{i+1}] (i = \overline{0, n-1})$  ораликда иккита  $y_1(x)$ , ва  $y_2(x)$  параболаларнинг чизикли комбинацияси орқали курамиз.

Бизга  $S_3(x)$  сплайнни  $x \in [x_i, x_{i+1}] (i = \overline{0, n-1})$  ораликда куриш учун қуйидаги тўртта нуқта берилган бўлсин.

$$A(x_{i-1}, y_{i-1}); B(x_i, y_i); C(x_{i+1}, y_{i+1}); D(x_{i+2}, y_{i+2});$$

Шуни айтиб ўтиш керакки ушбу методда интерполяцион кубик сплайн моделини куриш учун албатта тўртта нуқтадан фойдаланилади (1-расм).

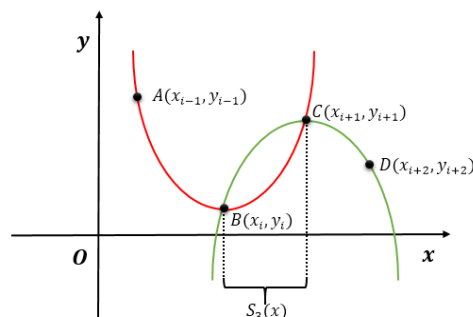
$A, B, C$  нуқталардан ўтувчи қуйидаги  $y_1(x) = a_1x^2 + b_1x + c_1$  параболани куриш учун интерполяция шартидан фойдаланиб қуйидаги тенгламалар системасини тузамиз:

$$\begin{cases} ax_{i-1}^2 + bx_{i-1} + c = y_{i-1} \\ ax_i^2 + bx_i + c = y_i \\ ax_{i+1}^2 + bx_{i+1} + c = y_{i+1} \end{cases} \quad (1)$$

(1) системадан  $a, b, c$  ларни топиб қуйидаги

$$y_1(x) = a_1x^2 + b_1x + c_1 \quad (2)$$

параболани ҳосил қиламиз.



1-расм.  $S_3(x)$  кубик сплайн куриш оралигининг кўриниши.

Юқоридаги каби  $B, C, D$  нуқталардан ўтувчи  $y_2(x) = a_2x^2 + b_2x + c_2$  иккинчи параболани куриш учун ушбу тенгламалар системасини тузамиз:

$$\begin{cases} ax_i^2 + bx_i + c = y_i \\ ax_{i+1}^2 + bx_{i+1} + c = y_{i+1} \\ ax_{i+2}^2 + bx_{i+2} + c = y_{i+2} \end{cases} \quad (3)$$

(3) системадан  $a, b, c$  ларни топиб қуйидаги

$$y_2(x) = a_2x^2 + b_2x + c_2 \quad (4)$$

параболани ҳосил қиламиз.

Хатоликни баҳолашда қулайлик бўлиши учун қуйидагича алмаштириш бажарамиз:

$$\frac{x - x_i}{h} = t; x = th + x_i \quad (h = 1) \quad (5)$$

натижада  $x \in [x_i, x_{i+1}]$  кесмадан  $t \in [0,1]$  кесмага ўтамыз ва бунда куйидаги шарт бажарилади:

$$y(x_i) = V_1(0); \quad y(x_{i+1}) = V_2(1); \quad (6)$$

Натижада  $y_1(x)$ , ва  $y_2(x)$  кўринишидаги параболалар куйидаги кўринишга ўтади

$$V_1(t) = a_1 t^2 + b_1 t + c_1$$

$$V_2(t) = a_2 t^2 + b_2 t + c_2$$

Бу кубик сплайнни тугун нукталардаги интерполяция шартини қаноатлантиради.

$x \in [x_i, x_{i+1}]$  кесмада қурилган  $y_1(x)$ , ва  $y_2(x)$  параболаларнинг куйидаги чизикли конбинатцияси орқали  $S_3$  кубик сплайнни ёзамиз:

$$S_3 = (1-t)V_1 + tV_2 \quad (7)$$

Маълум бир соддалаштиришлардан кейин интерполяцион кубик сплайн модели куйидаги кўринишга келади [1,2,3,4,8,15].

$$S_3 = \varphi_1 x^3 + \varphi_2 x^2 + \varphi_3 x + \varphi_4 \quad (8)$$

Интерполяцион кубик сплайн моделни қуриш (1-жадвал) да келтирилган гастроэнтерологик сигнални дастлабки маълумотлари асосида амалга оширилади

1-жадвал

Гастроэнтерологик сигнални дастлабки маълумотлари

№	x	y
1.	0,5	0.051
2.	1	0.056
3.	1,5	0.049
4.	2	0.069
5.	2,5	0.097
6.	3	0.132
7.	3,5	0.066
8.	4	0.118
9.	4,5	0.080
10.	5	0.090
11.	5,5	0.072
12.	6	0.043
13.	6,5	0.112
14.	7	0.128
15.	7,5	0.109
16.	8	0.056
17.	8,5	0.121
18.	9	0.091
19.	9,5	0.138
20.	10	0.142
21.	10,5	0.119
22.	11	0.053
23.	11,5	0.074
24.	12	0.107
25.	12,5	0.107
26.	13	0.085
27.	13,5	0.058
28.	14	0.021
29.	14,5	0.004
30.	15	0.037
31.	15,5	0.036
32.	16	0.099
33.	16,5	0.094
34.	17	0.075

35.	17,5	0.064
36.	18	0.034
37.	18,5	0.067
38.	19	0.045
39.	19,5	0.063
40.	20	0.069
41.	20,5	0.069
42.	21	0.097
43.	21,5	0.077
44.	22	0.066
45.	22,5	0.093
46.	23	0.061

Юқоридаги кетма-кетлик асосида (1-жадвал) да берилган сигнални MATLAB дастури мухитида локал интерполяцион кубик сплайн моделини қуриш дастури ишлаб чиқилди ва интерполяциялаш жараёни амалга оширилади.

Мисол учун (1-жадвал) дан дастлабки A,B,C,D нукталар

$$A(0.5,0.051); \quad B(1,0.056); \quad C(1.5,0.049); \quad D(2,0.069);$$

кўринишда олинди ва A, B, C нукталардан ўтувчи парабола

$$y_1(x) = -0.024x^2 + 0.046x + 0.034$$

$y_1(x)$  тузилди. Худди шуни сингари B, C, D нукталардан ўтувчи парабола

$$y_2(x) = 0.054x^2 - 0.149x + 0.151$$

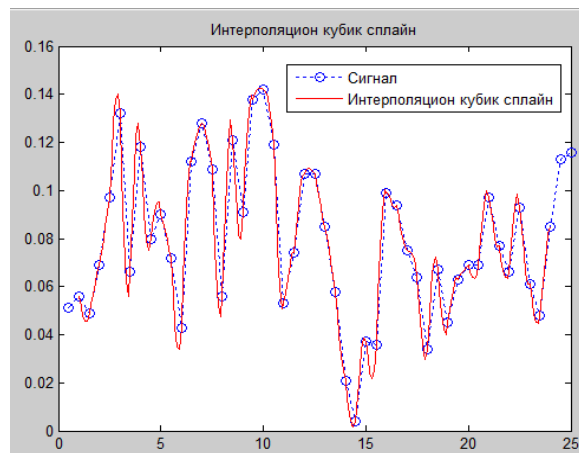
$y_2(x)$  тузилди.

B, C нукталар орасида,  $y_1(x)$  ва  $y_2(x)$  параболаларнинг куйидаги чизикли конбинатцияси орқали

$$S_3(x) = 0.156x^3 - 0.492x^2 + 0.475x - 0.083$$

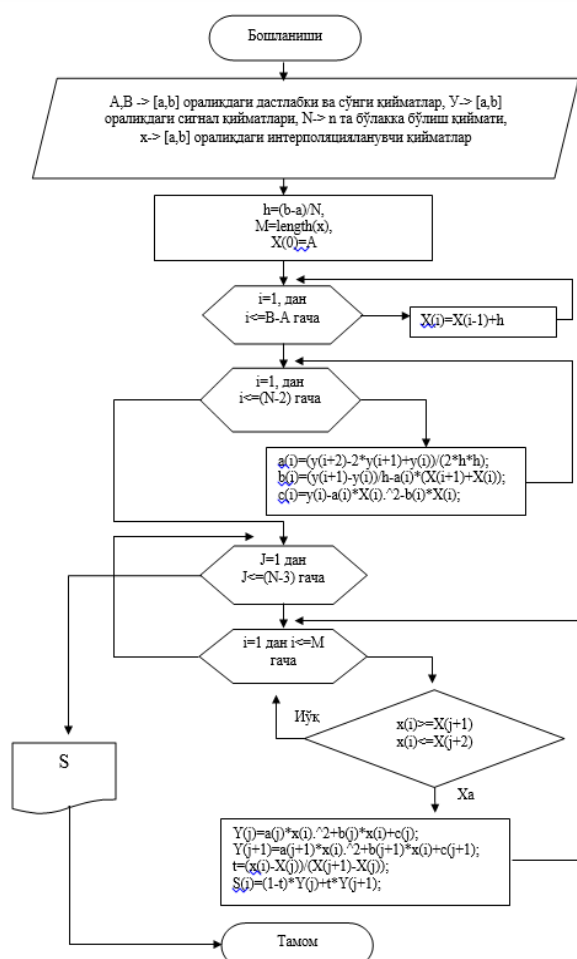
$S_3(x)$  интерполяцион кубик сплайн модели қурилди [1,2,3,4,5].

Локал интерполяцион кубик сплайн модели орқали гастроэнтерологик сигнали интерполяциялаш жараёнининг график кўриниши ҳосил қилинди (2-расм).



2- расм. Гастроэнтерологик сигнални интерполяциялаш жараёнлари.

Локал интерполяцион кубик сплайн моделини куриш мақсадида куйидаги блок-схема ишлаб чиқилди.



3-расм. Локал интерполяцион кубик сплайн моделини куриш блок-схемаси.

**Хулоса**

Сигналларга рақамли ишлов беришда интерполяциялаш масаласи муҳим аҳамият касб этади. Ушбу ишда ҳам гастроэнтерологик сигнални локал интерполяцион кубик сплайн модели курилиб интерполяциялаш жараёни амалга оширилди. Натижага кўра сплайн функциялар сигналларни интерполяциялаш масаласида аниқлиги юқори эканлигини кўрсатди буни (2-расм) дан ҳам кўришимиз мумкин. Локал интерполяцион кубик сплайн моделини куриш жараёнини қарайдигон бўлсак локал интерполяцион кубик сплайн моделлари ўзининг куйидаги имкониятларига эга эканлиги намойён бўлди:

- 1) биомедик сигналларни интерполяциялашда объектга яхши яқинлашувчанлиги;
- 2) моделнинг курилиши классик полиномларга нисбатан жуда соддалиги;
- 3) компьютерда алгоритмини тузиш содда ва қулай эканлигини кўрсатди.

Демак биомедицина сигналларига рақамли ишлов беришда интерполяцион кубик сплайн моделларидан фойдаланиш яхши самара беради. Бу эса беморлар юзасидан олиб бориладиган диагностик таҳлил натижаларини амалий жиҳатдан аниқлиги юқори бўлишига олиб келади.

Фойдаланилган адабиётлар

[1] Isroilov M.I. Hisoblash metodlari. (Methods of calculation) 1-s. -T.: O'qituvchi, 1988.

[2] Zaynidinov H.N. Lokalnaya approksimatsiya splaynami: analiz dvux vidov predstavleniy. / XVI mejdunarodnaya nauchnaya konferensiya "Matematicheskiy metodi v texnike i texnologiyax". (Local approximation by splines: analysis of two types of representations. / XVI international scientific conference "Mathematical methods in engineering and technology"), (MMTT-16). Sankt-Peterburg, 2003. -S.164-166.

[3] Zavyalov Y. S., Kvasov B.I., Miroshnichenko I.L., Metodi splayn-funksiy. (Spline-function methods). – M.: Nauka, 1980. 352 s.

[4] Zaynidinov H.N., Saydalimova Sh.R., Primenenie parabolicheskix splaynov dlya vosstanovleniya neprerivnix signalov (Use parabolic splines to restore continuous signals). Tezisi dokl. NTK Molodej v razvitii nauki I texniki, Tashkent, 28-30 may, 2002, s.79.

[5] Mirzayev A.E. Splayn-funksiyalar asosida signallarga raqamli ishlov berish algoritmlari samaradorligini oshirish. Texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD) ilmiy darajasini olish uchun yozilgan dissertatsiya., (Improving the efficiency of digital processing algorithms based on spline functions. Dissertation abstract of the doctor of philosophy (PhD) on technical sciences), Toshkent-2019.

[6] Bhargavi B. G. S, Devi Nallammai RM and Palani Thanaraj. K. Estimation of heart rate using signal fusion of ecg and bp signals. International journal of advanced research (IJAR)

[7] Zaynidinov H.N., Nishonboyev G.M. Modelling of structure of the specialized processor for signal restoration on the basics of cubic splines. Proceedings of International Conference of KIMICS 2011, June 28-29, 2011 vol 4., N 1, P.42-45, Tashkent, Uzbekistan.

[8] Zaynidinov H.N., Kim Sung Soo, Avaz Mirzaev. Piecewise-Polynomial Bases For Digital Signal Processing. International Journal of Ubiquitous Computing and Internationalization, South Korea, Vol. 3., № 1, April 2011, P. 59-65.

[9] Alessandro P., Statistical methods for biomedical signal analysis and processing. Ph.D. Thesis of, European doctorate program in information technology, CYCLE XXI - ING-INF/01, January 2006 - March 2009.

[10] Tom Lyche and Knut Mørken. Spline Methods Draft. Department of Informatics Centre of Mathematics for Applications University of Oslo. May 19, 2008

[11] Djananjay Singh, Madhusudan Singh, Hakimjon Zaynidinov "Signal Processing Applications Using Multidimensional Polynomial Splines", Springer Briefs in Applied Sciences and Technology Series, Springer, Singapore. ISBN-978-981-13-2238-9. 2019.

**Зайнидинов Хакимжон Насриддинович**  
т.ф.д, проф, Мухаммад ал-Хоразми номидаги Тошкент ахборот технологиялари университети (ТАТУ),  
E-mail: [tet2001@rambler.ru](mailto:tet2001@rambler.ru)

**Бахромов Сайфиддин Акбарович**  
ф.-м.ф.н, доц, Мирзо Улуғбек номидаги Ўзбекистон Миллий Университети (ЎЗМУ),  
E-mail: [baxromov59@mail.ru](mailto:baxromov59@mail.ru)

**Азимов Бунёд Рахимжонович**  
докторант, Захириддин Мухаммад Бобур номидаги Андижон давлат университети (АДУ),  
E-mail: [bunyodbekazimov@mail.ru](mailto:bunyodbekazimov@mail.ru)

**Zaynidinov X.N., Baxromov S.A., Azimov B.R.**  
**Biomedical signals interpolation cubic spline models**

**Annotation.** This article investigates the construction of biomedical signals of interpolation cubic spline models. As an example, it was taken initial experimental information of gastroenterologic signals. The process of interpolation of gastroenterologic signal carried out with the help of this model.

**Key words:** interpolation cubic spline, gastroenterologic signal, interpolation.