

2. Строительная экспертиза: кто и когда определяет качество строительных работ // Информационно-правовой портал «Гарант.РУ», 2020. URL: <https://www.garant.ru/article/1417361/> (дата обращения: 15.10.2021).
3. Медведников В.Б. Концепция Vision Zero в формировании культуры безопасности. В сборнике: Инновационные технологии в машиностроении. Сборник трудов XII Международной научно-практической конференции. Томск, 2021. С. 152-156.
4. Parshina V., Marushchak T., Kuznetsova E., Davydov A. Motivational elements of the human factor for the implementation of the «Vision Zero» concept in railway transport В сборнике: Transportation Research Procedia. Сер. «International Scientific Siberian Transport Forum, TransSiberia 2020» 2021. С. 191-199.
5. Рытова Е.В. Показатели эффективности работы в системе мониторинга рисков малого производственного предприятия. - Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Экономические науки. 2008. № 1 (53). С. 104-110.
6. Емельянов И.В. Роль охраны труда на производстве. Молодежь и наука. 2018. № 1. С. 52.
7. Бальтшикова А.П., Шестаков В.И. Экономические методы управления охраной труда на промышленном предприятии. Пожарная и техносферная безопасность: проблемы и пути совершенствования. 2018. № 1 (1). С. 9-13.
8. DA SILVA T.F.L., ARROTEIA A.V., MELHADO S.B., DE CARVALHO M.M., VIEIRA D.R. EXPLORING THE INFLUENCE OF RISKS IN BIM IMPLEMENTATION: A REVIEW EXPLORING BIM CRITICAL SUCCESS FACTORS AND BIM IMPLEMENTATION PHASES Journal of modern project management. 2021. т. 8. № 3. с. 125-135.
9. Manzoor B., Othman I., Gardezi S.S.S., Altan H., Abdalla S.B. Bim-based research framework for sustainable building projects: a strategy for mitigating bim implementation barriers applied sciences (switzerland). 2021. т. 11. № 12.
10. Zhang L., Geng L. APPLICATION OF BIM TECHNOLOGY IN CONSTRUCTION SAFETY MANAGEMENT Conference Proceedings of the 7th International Symposium on Project Management, ISPM 2019. 7. 2019. С. 558-562.
11. Самарская Н.А., Ильин С.М. С17 Исследование условий труда и разработка предложений по регламентации требований безопасности при проведении работ в метрополитене: монография / Самарская Н.А., Ильин С.М. – М.: ПЕРВОЕ ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО, 2020. – 288 с. ISBN 978-5-91292-298-5.
12. Zaychenko I., Smirnova A., Borremans A. DIGITAL TRANSFORMATION: THE CASE OF THE APPLICATION OF DRONES IN CONSTRUCTION В сборнике: MATEC Web of Conferences. 2018. С. 05066.
13. Umar T. APPLICATIONS OF DRONES FOR SAFETY INSPECTION IN THE GULF COOPERATION COUNCIL CONSTRUCTION Engineering Construction & Architectural Management. 2020.
14. Петровский Д.В., Барашков А.В. Перспективы применения систем мониторинга логистических показателей функционирования производственных предприятий. 2018. № 6 (89). С. 129-136.
15. Sean T. McAndrew, Chimay J. Anumba, Tarek M. Hassan, Alistair K. Duke POTENTIAL USE OF REAL-TIME DATA CAPTURE AND JOB-TRACKING TECHNOLOGY IN THE FIELD Facilities. 2005. Т. 23. № 1-2. С. 31-46.
16. Патент от 28.09.2017 №US 2017/0278051 A1 «Ultrasonic bracelet and receiver for detecting position in 2D plane» (Ультразвуковой браслет и передатчик для детектирования позиции в двумерном пространстве) URL: <https://patents.google.com/patent/US20170278051A1/en> (дата обращения: 15.10.2021).

© И. О. Темкин, С. А. Дерябин, Т. А. Корольков, А. А. Валова, Е. И. Кондратьев

Ссылка для цитирования:

Темкин И. О., Дерябин С. А., Корольков Т. А., Валова А. А., Кондратьев Е. И. Система мониторинга производственной деятельности работников строительного комплекса // Инженерно-строительный вестник Прикаспия : научно-технический журнал / Астраханский государственный архитектурно-строительный университет. Астрахань : ГАОУ АО ВО «АГАСУ», 2022. № 1 (39). С. 140-145.

УДК 519.65

DOI 10.52684/2312-3702-2022-39-1-145-151

ПОДАВЛЕНИЕ ОСЦИЛЛЯЦИИ ИНТЕРПОЛЯЦИОННОГО МНОГОЧЛЕНА ЛАГРАНЖА

К. Д. Якубаев

Якубаев Камилъ Джекишович, кандидат физико-математических наук, доцент, Астраханский государственный архитектурно-строительный университет, г. Астрахань, Российская Федерация, e-mail: yak-kamil@yandex.ru

В работе приведен метод подавления осцилляции интерполяционного многочлена Лагранжа. Явление осцилляции присутствует почти всем интерполяционным кривым и многочисленным типам сплайнов. Под осцилляцией понимают резкое возрастание колебаний интерполяционной кривой, многократно превышающее размах колебаний исходных экспериментальных данных. Явление осцилляции относится к нежелательному явлению, ограничивающему область применения того или иного метода интерполяции. И необходимо принимать меры для подавления опасного явления осцилляции. Для многочлена Лагранжа явление осцилляции существует даже при равномерной сетке разбиения. Явление осцилляции многочлена Лагранжа на равномерной сетке разбиения проявляется уже для многочленов тринадцатой степени. Проведены численные испытания предложенного метода. Этот метод подавления осцилляции интерполяционного многочлена Лагранжа существенно расширяет сферу применимости многочлена Лагранжа. И он может быть перенесен на сплайны и другие интерполяционные кривые. В работе выяснено, что существует нижний предел подавления осцилляции многочлена Лагранжа. И ниже этого предела уменьшить размах колебаний интерполяционного многочлена Лагранжа невозможно. Подавление осцилляции на краях отрезка интерполяции превышающий оптимальный уровень приводит к рождению новой осцилляции, но уже в центральной части интерполяционного отрезка. Это интересное явление показано в настоящей работе графически. В статье рассмотрены интерполяционные многочлены Лагранжа с чебышевскими узлами первого рода. Показано, что такие многочлены не осциллируют.

Ключевые слова: интерполяция, многочлен Лагранжа, осцилляция, сплайны, Mathcad, многочлены Чебышева.

OSCILLATION SUPPRESSION INTERPOLATING LAGRANGE POLYNOMIAL

K. D. Yaksubaev

Yaksubaev Kamil Dzhekishovich, Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor, Astrakhan State University of Architecture and Civil Engineering, Astrakhan, Russian Federation, e-mail: yak-kamil@yandex.ru

The paper presents a method for suppressing the oscillation of the Lagrange interpolation polynomial. The phenomenon of oscillation is inherent in almost all interpolation curves and numerous types of splines. Oscillation is understood as a sharp increase in the fluctuations of the interpolation curve, many times exceeding the range of fluctuations of the initial experimental data. The phenomenon of oscillation refers to an undesirable phenomenon that limits the scope of application of a particular interpolation method. And it is necessary to take measures to suppress the dangerous phenomenon of oscillation. For the Lagrange polynomial, the oscillation phenomenon exists even with a uniform partition set. And the phenomenon of oscillation of the Lagrange polynomial on a uniform grid of expansion is already manifested for polynomials of the thirteenth degree. Numerical tests of the proposed method have been carried out. This method of suppressing the oscillation of the Lagrange interpolation polynomial significantly expands the scope of applicability of the Lagrange polynomial. And it can be transferred to splines and other interpolation curves. It was found out that there is a lower limit to the suppression of the oscillation of the Lagrange polynomial. And below this limit, it is impossible to reduce the oscillation range of the Lagrange interpolation polynomial. Suppression of the oscillation at the edges of the interpolation segment exceeding the optimal level leads to the birth of a new oscillation, but already in the central part of the interpolation segment. This interesting phenomenon is shown in this paper graphically. The article considers Lagrange interpolation polynomials with Chebyshev nodes of the first kind. It is shown that such polynomials do not oscillate.

Keywords: *universal, interpolation, Lagrange polynomial, oscillation, splines, Mathcad, Chebyshev polynomials.*

Самым существенным недостатком интерполяционного многочлена Лагранжа является свойство осцилляции. На концах отрезка интерполяции значения многочлена Лагранжа резко возрастают. Причем колебания многочлена Лагранжа существенно выше колебаний исходных данных [1–3].

На неравномерной сетке уже при числе узлов равных пяти колебания интерполяционного многочлена настолько большие, что становятся

невозможным использование многочлена Лагранжа для интерполяции.

Интерполяционный многочлен Лагранжа с равномерной сеткой.

Но даже и на равномерной сетке при числе узлов интерполяции равном 13 колебания многочлена Лагранжа могут в 60 раз превосходить колебания исходных данных (рис. 1).

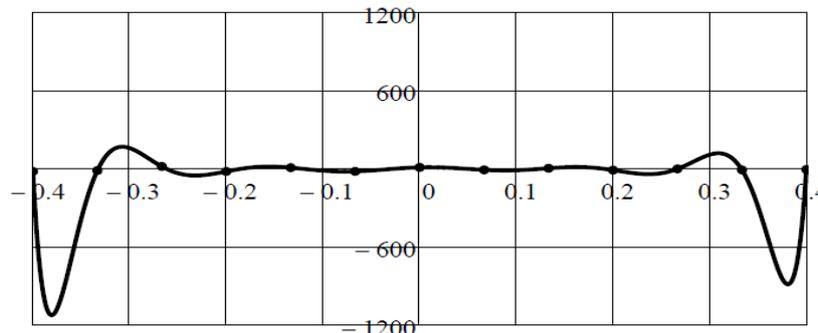


Рис. 1. Многочлен Лагранжа с равномерной сеткой

Интерполяционный многочлен Лагранжа с сеткой, сгущающейся к краям отрезка интерполяции

Цель работы – подавление осцилляции интерполяционного многочлена Лагранжа.

Для подавления осцилляции интерполяционного многочлена Лагранжа необходимо, чтобы длины элементов разбиения уменьшались по направлениям к концам отрезка интерполяции.

Актуальность работы

Подавление осцилляции расширит сферу применения интерполяционного многочлена Лагранжа как в теоретических исследованиях, так и практических приложениях.

Методы исследования – аналитические и численные с широким использованием математического пакета Mathcad.

Новизна работы – обнаружены и исследованы новые свойства интерполяционного многочлена Лагранжа.

Для чистоты эксперимента все построения проводятся на одном и том же отрезке $[-0.4; 0.4]$.

Интерполяционные точки строятся следующим образом. Сначала строится вектор t_2 из n точек на промежутке $(0; 0.4]$. Полученный вектор точек сортируется по убыванию. Меняем знак. Получим вектор t_1 из n точек расположенный на промежутке $[-0.4; 0)$. Добавляем точку ноль. Объединив, получим необходимый набор интерполяционных точек t в количестве $2n + 1$ штук.

В математическом пакете Mathcad указанные построения проводятся следующим образом:

$$\begin{cases} j := 1 \dots n & t_{2j} := j^r \Delta \\ t_1 = -reverse(t_2) \\ t = stack(t_1, 0, t_2) \end{cases}$$

Элементы разбиения уменьшаются в длине к концам отрезка $[-0.4; 0.4]$ по степенному закону, r – показатель степени этого степенного закона; Δ – вспомогательная константа; $y := runif(2n + 1, -20, 20)$ – значения функции в узлах интерполяции.

Построим с помощью панели программирования математического пакета Mathcad интерполяционный многочлен Лагранжа. Имеем:

$$H(x, j) = \begin{cases} \prod_{k=2}^n \frac{x - t_k}{t_j - t_k} & \text{if } j = 1 \\ \prod_{k=1}^{n-1} \frac{x - t_k}{t_j - t_k} * \prod_{k=1}^{n-1} \frac{x - t_k}{t_j - t_k} & \text{if } 2 \leq j \leq n - 1 \\ \prod_{k=1}^{n-1} \frac{x - t_k}{t_j - t_k} & \text{if } j = n \end{cases}$$

Интерполяционный многочлен Лагранжа имеет вид:

$$F(x) = \sum_{j=1}^{2n+1} y_j H(x, j)$$

Первое построение многочлена Лагранжа мы провели на равномерной сетке (рис. 1), при

$\Delta = \frac{0.4}{6} \approx 0.067, r = 1, t_1 = -0.4, t_{2n+1} = 0.4$. Экспериментальные значения функции $-y_j, j = 1 \dots 2n + 1$ располагаются на отрезке $[-20; 20]$. А график интерполяционного многочлена Лагранжа растянулся на отрезок $[-1200; 1200]$. То есть коэффициент осцилляции оказался на равномерной сетке очень большим:

$$k_1 = \frac{1200}{20} = 60.$$

Попробуем подавить осцилляцию за счет уменьшения длин элементов разбиения по направлению к концам отрезка $[-0.4; 0.4]$. При этом экспериментальные значения функции: $y_j, j = 1 \dots 2n + 1$ и число узлов интерполяции остаются без изменения.

Положим:

$$r = 0.53, \Delta = \frac{0.4}{n^r} \approx 0.155, t_1 = -0.4, t_{2n+1} = 0.4.$$

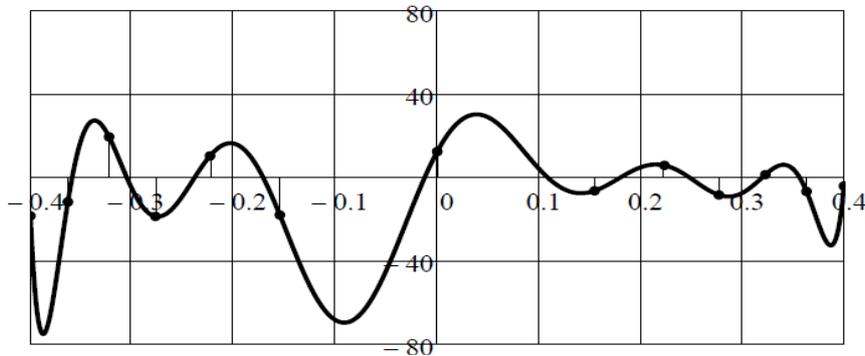


Рис. 2. Многочлен Лагранжа при $r = 0.53$

Мы видим (рис. 2), что значения многочлена Лагранжа лежат на отрезке $[-80; 80]$. И поэтому коэффициент осцилляции в данном примере равен:

$$k_2 = \frac{80}{20} = 4.$$

Это означает, что осцилляция уменьшилась по сравнению с первым примером (рис. 1) в 15 раз за счет умелого разбиения отрезка интерполирования.

Но дальнейшее продвижение метода приводит к ухудшению качества интерполяции. При значении параметров расчета:

$$r = 0.4, \Delta = \frac{0.4}{n^r} \approx 0.195, t_1 = -0.4, t_{2n+1} = 0.4.$$

график многочлена Лагранжа будет иметь следующий вид (рис. 3).

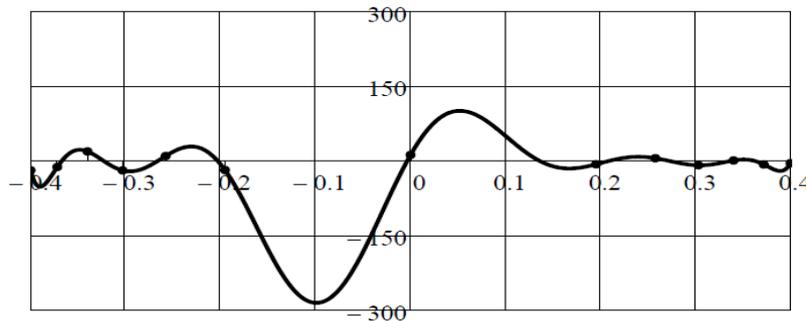


Рис. 3. Многочлен Лагранжа при $r = 0.4$

Коэффициент осцилляции в данном примере равен:

$$k_3 = \frac{300}{20} = 15.$$

И в отличие от предыдущего многочлена (рис. 1) значения рассматриваемого многочлена Лагранжа (рис. 3) начинают увеличиваться не на краях отрезка, а в центре отрезка интерполяции. Отметим, значения интерполируемой функции (рис. 1-3) одни и те же:

$$y_j, j = 1 \dots 2n + 1.$$

Приведем новые примеры подавления осцилляции при $n = 15$. При этом число узлов и степень многочлена Лагранжа будут равны 31.

Коэффициент осцилляции в данном примере равен:

$$k_4 = \frac{40 * 10^6}{20} = 2 * 10^6.$$

Будем снова уменьшать показатель степени r , и наблюдать за процессом подавления осцилляции.

Коэффициент осцилляции в данном примере равен:

$$k_5 = \frac{1000}{20} = 50.$$

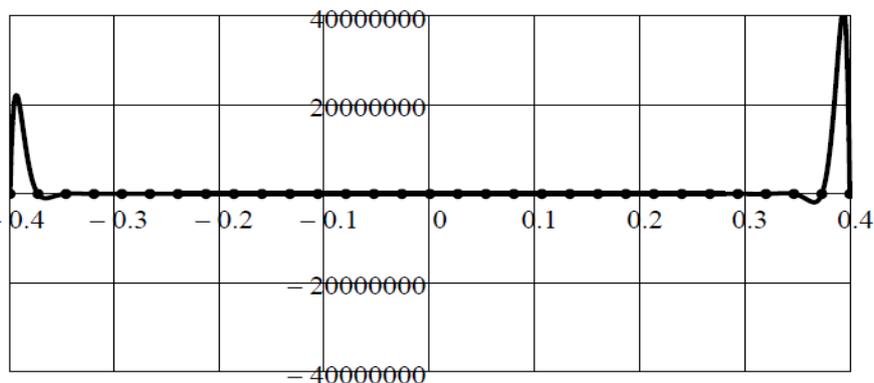


Рис. 4. Многочлен Лагранжа: $n = 15, r = 1$. Число узлов 31

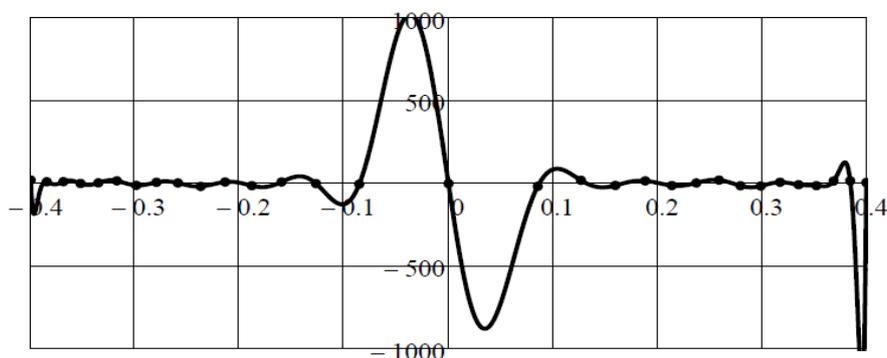


Рис. 5. Многочлен Лагранжа: $n = 15, r = 0.57$. Число узлов 31

Мы видим, что эффект подавления осцилляции значительный. Коэффициент осцилляции уменьшился с двух миллионов до 50. Но далее понизить его невозможно.

Мы установили, что уменьшение длин элементов разбиения отрезка по направлению от центра отрезка интерполяции к его краям по степенному закону приводит к значительному подавлению процесса осцилляции многочлена Лагранжа.

Но может степенной закон не самый оптимальный закон? Возможно, существуют более эффективные законы подавления осцилляции многочлена Лагранжа? Построим интерполяционные многочлены Лагранжа, со специально подобранными узлами интерполяции. В качестве узлов интерполяции возьмем корни чебышевских многочленов первого рода.

Интерполяционный многочлен Лагранжа с чебышевскими узлами первого рода

Чебышевские многочлены первого рода, заданные на произвольном отрезке $[-a, a]$ определяются двумя эквивалентными формулами:

$$\begin{cases} T(x) = \cos\left(\arccos\left(\frac{x}{a}\right)\right) \\ T(x) = \frac{2^{n-1}}{a^n} \prod_{j=1}^n (x - t_j) \end{cases}$$

Чебышевские узлы интерполяции являются корнями чебышевских многочленов первого

рода. Они располагаются на отрезке $[-a; a]$ и вычисляются по следующим формулам:

$$\begin{cases} j := 1..n \\ t_j := -a \cos\left(\frac{\pi(2j-1)}{2n}\right) \end{cases}$$

Особенность работы. Многочлены Чебышева определены на отрезке $[-a; a]$. Но в настоящей работе в качестве отрезка интерполяции рассматривался всегда отрезок $[t_1, t_n]$, который несколько меньше отрезка $[-a; a]$.

Интерполяционные многочлены Лагранжа с чебышевскими узлами первого рода обладают удивительным свойством. Явление осцилляции в них не возникает. Можно видеть (рис. 6), что при числе узлов $n = 40$ осцилляция не возникла. Экспериментальные значения функции (рис. 6) лежат в пределах от минус десяти до плюс десяти. Значения интерполяционного многочлена Лагранжа лежат в пределах от -12 до 12 . Коэффициент осцилляции равен 1.2 . Это означает, что интерполяционный многочлен Лагранжа с чебышевскими узлами первого рода практически не осциллирует.

Возможно, осцилляция все же возникнет при большом числе узлов? Исследуем этот вопрос. Интерполяционный многочлен Лагранжа с чебышевскими узлами при $n = 200$ представлен на рисунке 7.

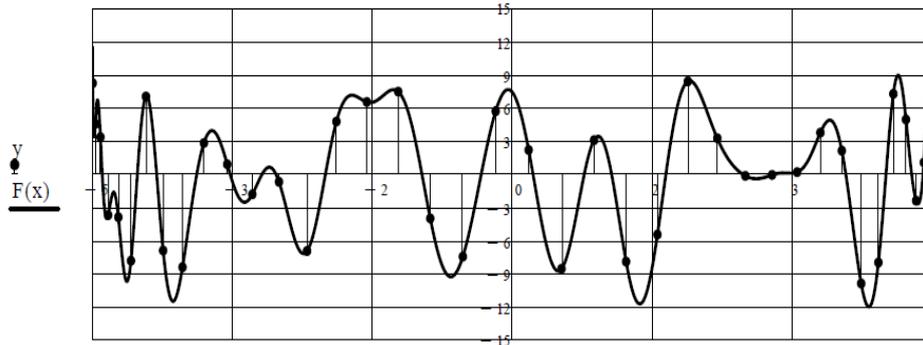


Рис. 6. Многочлен Лагранжа с чебышевскими узлами: $n = 40$

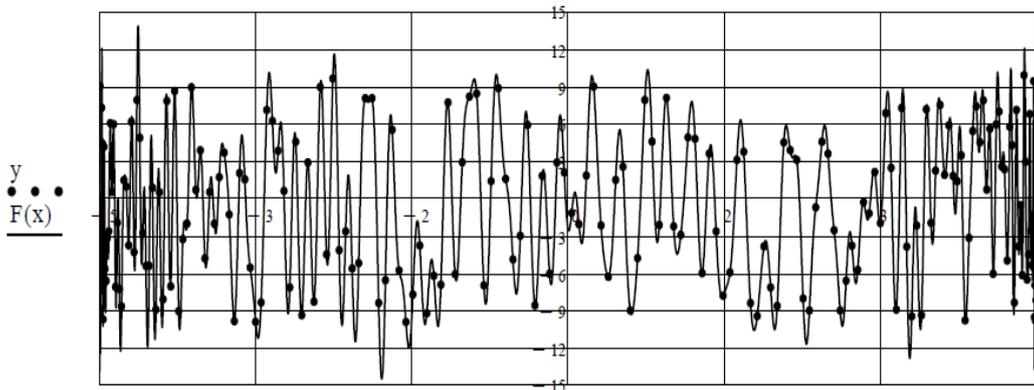


Рис. 7. Многочлен Лагранжа с чебышевскими узлами: $n = 200$

Экспериментальные значения функции лежат по прежнему в пределах от -10 до 10 . Корни чебышевских многочленов лежат в пределах от -10 до 10 . Коэффициент осцилляции вырос незначительно и равен 1.5 . Мы видим, что и при достаточно большом числе узлов интерполяции многочлен Лагранжа с чебышевскими узлами первого рода практически не осциллирует.

Возникнет ли явление осцилляции, если сами экспериментальные значения функции имеют изначально большой разброс?

Построим график интерполяционного многочлена Лагранжа с чебышевскими узлами при $n = 100$ и разбросом экспериментальных значений функции от -10000 до 10000 (рис. 8). Корни чебышевских многочленов лежат в пределах от -10 до 10 .

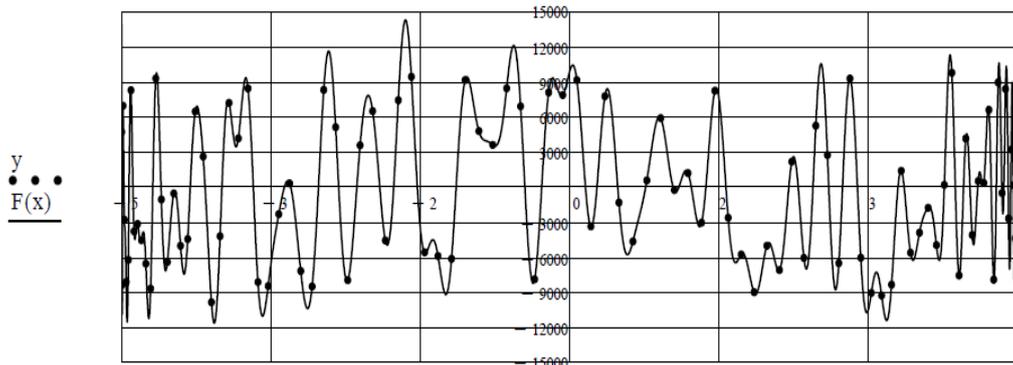


Рис. 8. Многочлен Лагранжа с чебышевскими узлами: $n = 100$

Коэффициент осцилляции равен 1.5 . Разброс значений экспериментальной функции в данном примере очень велик. Но мы видим, что существенное увеличение разброса значений экспериментальной функции не привело к росту коэффициента осцилляции. Можно сказать, что значения экспериментальной функции никак не влияют на коэффициент осцилляции.

Возникнет ли явление осцилляции при большой длине отрезка интерполяции?

Для ответа на этот вопрос построим график интерполяционного многочлена Лагранжа с чебышевскими узлами при $n = 100$, разбросом экспериментальных значений функции от -100 до 100 . Корни чебышевского многочлена лежат в пределах от -2500 до 2500 (рис. 9).

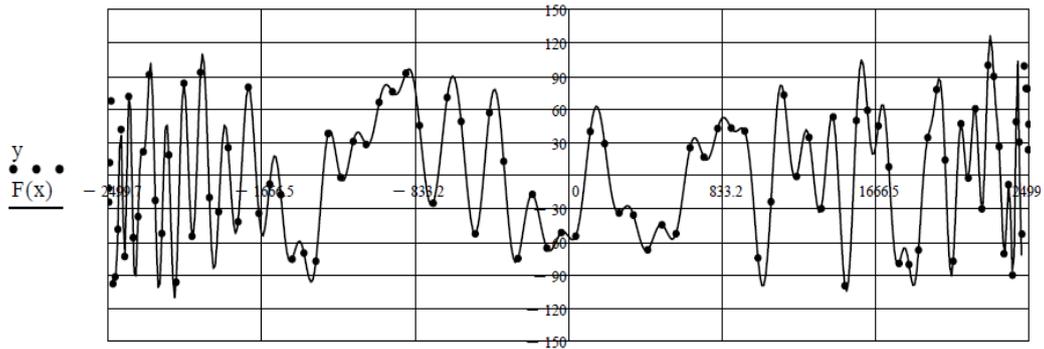


Рис. 9. Многочлен Лагранжа с чебышевскими узлами: $n = 100$ и корнями, лежащими на отрезке $[-2500; 2500]$

Мы видим, что коэффициент осцилляции является очень маленьким. Он равен всего 1.4. Таким образом, увеличение отрезка интерполяции никак не вызывает роста коэффициента осцилляции.

Еще раз отметим, что отрезком интерполяции у нас является отрезок $[t_1; t_{100}]$, который несколько меньше отрезка $[-2500; 2500]$. Возникнет ли явление осцилляции при очень маленькой длине отрезка интерполяции?

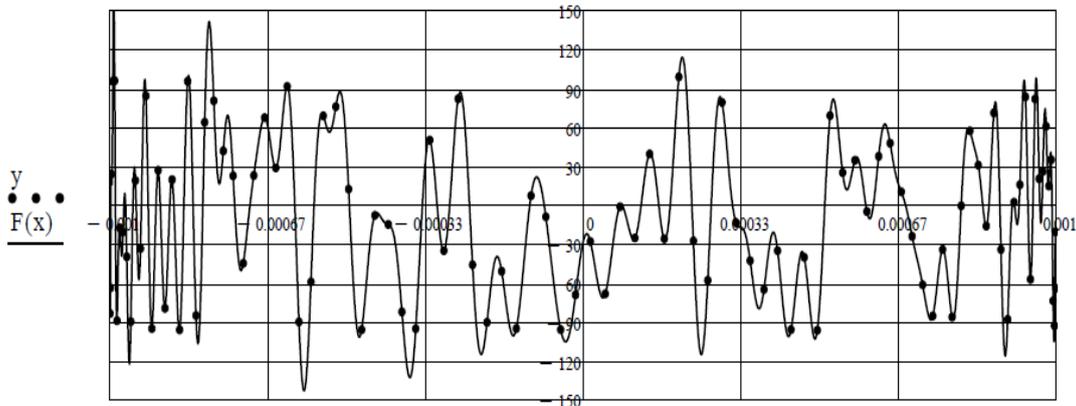


Рис. 10. Многочлен Лагранжа с чебышевскими узлами: $n = 100$ и корнями, лежащими на отрезке $[-0.001; 0.001]$

Мы видим (рис. 10), что картина качественно не изменилась, несмотря на очень малую величину отрезка интерполяции. Коэффициент осцилляции и в этом примере незначителен. Он равен 1.5. Таким образом, уменьшение длины отрезка интерполяции никак не влияет на коэффициент осцилляции.

(рис. 11) был использован следующий сплайн пакета Mathcad:

$$\begin{cases} Z2 = lspline(t, y) \\ P2(x) := interp(Z2, t, y, x) \end{cases}$$

Отметим, что в стандартном пакете Mathcad нет сплайнов с произвольными граничными условиями. Поэтому не удалось сделать так, чтобы граничные значения многочлена Лагранжа и сплайна (рис. 11) были равными. Но это не так существенно, ведь с увеличением количества узлов влияние краевых условий на график сплайна уменьшается.

Графическое сравнение интерполяционного многочлена Лагранжа с чебышевскими узлами первого рода со сплайнами

Сплайны для сравнения результатов брались из математического пакета Mathcad. В частности

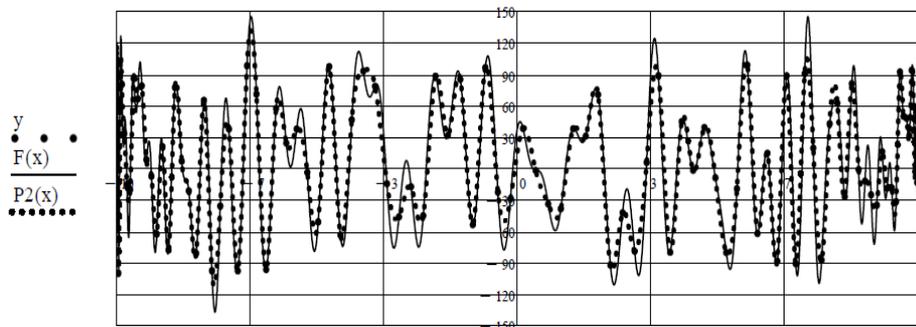


Рис. 11. Многочлен Лагранжа с чебышевскими узлами: $n = 100$ и сплайн $lspline$



Мы видим, что многочлен Лагранжа с чебышевскими узлами способен конкурировать с различными типами сплайнов (рис. 11).

Выводы

Численные исследования интерполяционного многочлена Лагранжа с чебышевскими узлами первого рода показали невероятные свойства этого многочлена:

- 1) не осциллирует;
- 2) устойчив к изменениям любых параметров интерполяции;
- 3) способен работать при большом количестве узлов интерполяции;
- 4) может конкурировать со сплайнами.

Список литературы

1. Кострикин А.И. Введение в алгебру. Издательство МЦНМО, 2018, 273 с.
2. Поршнева С.В. Численные методы на базе Mathcad. Издательство: ВНУсерия: Учебное пособие, 2016, 472 с.
3. Малышева Т.А. Численные методы и компьютерное моделирование. Издательство ИТМО, 2016, 33с.

© К. Д. Яксубаев

Ссылка для цитирования:

К. Д. Яксубаев Подавление осцилляции интерполяционного многочлена Лагранжа // Инженерно-строительный вестник Прикаспия : научно-технический журнал / Астраханский государственный архитектурно-строительный университет. Астрахань : ГАОУ АО ВО «АГАСУ», 2021. № 3 (37). С. 145–151.

УДК.004.021

DOI 10.52684/2312-3702-2022-39-1-151-157

7

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ И АЛГОРИТМ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ И КОНТРОЛЯ УЧЕБНОЙ НАГРУЗКИ МЕЖДУ ПРОФЕССОРСКО-ПРЕПОДАВАТЕЛЬСКИМ СОСТАВОМ

М. И. Шикунский, Е. М. Евсина, Е. П. Кравченкова

Шикунский Михаил Игоревич, кандидат технических наук, доцент кафедры систем автоматизированного проектирования и моделирования, Астраханский государственный архитектурно-строительный университет, г. Астрахань, Российская Федерация, e-mail: shikul_m@mail.ru;

Евсина Елена Михайловна, кандидат технических наук, доцент кафедры систем автоматизированного проектирования и моделирования, Астраханский государственный архитектурно-строительный университет, г. Астрахань, Российская Федерация;

Кравченкова Елена Павловна, магистрант, Астраханский государственный архитектурно-строительный университет, г. Астрахань, Российская Федерация, e-mail: Kravchenkova.95@mail.ru

В статье авторы более подробно рассмотрели задачу планирования учебного процесса по распределению нагрузки между профессорско-преподавательским составом высшего учебного заведения. Распределение нагрузки осуществляется в несколько этапов, представленных на диаграмме бизнес-процессов в виде модели в нотации IDEF0. Нагрузка преподавателя зависит от учебной нагрузки кафедры, норм времени по объему учебной нагрузки и индивидуальных характеристик преподавателя. Задача оптимизации распределения нагрузки между профессорско-преподавательским составом сводится к подбору такого варианта распределения нагрузки, который позволит достичь максимальной взвешенной оценки распределения часов. Для поиска оптимального распределения нагрузки предлагается использовать следующий алгоритм. Для реализации описанного алгоритма была спроектирована информационная система поддержки распределения нагрузки профессорско-преподавательского состава. Авторами разработана математическая модель и информационная система распределения оптимальных вариантов нагрузки между профессорско-преподавательским составом кафедр с учетом их квалификации. Модель базируется на представлении всех дисциплин кафедры в качестве дискретного множества ресурсов, которые необходимо распределить между преподавателями в соответствии с принятыми в университете допущениями и ограничениями.

Ключевые слова: учебный план, контингент, нормы времени, учебная нагрузка кафедры профессорско-преподавательского состава.

MATHEMATICAL MODEL AND ALGORITHM FOR DISTRIBUTION AND CONTROL OF EDUCATIONAL LOAD BETWEEN PROFESSOR-TEACHING STAFF

M. I. Shikulskiy, Ye. M. Yevsina, Ye. P. Kravchenkova

Shikulskiy Mikhail Igorevich, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Computer-Aided Design and Modeling, Astrakhan State University of Architecture and Civil Engineering, Astrakhan, Russian Federation, e-mail: shikul_m@mail.ru;

Yevsina Yelena Mikhaylovna, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Computer-Aided Design and Modeling, Astrakhan State University of Architecture and Civil Engineering, Astrakhan, Russian Federation;