

4. Security risks from the modern man-in-the-middle attacks, January 2025 URL: https://www.meste.org/mest/MEST_Najava/XXV_Cekerevac.pdf
5. Man-in-the-browser attacks against IoT devices: a study of smart homes, April 2021 URL: https://www.researchgate.net/profile/Samuli-Laato/publication/350907813_Man-in-the-Browser_Attacks_Against_IoT_Devices_A_Study_of_Smart_Homes/links/607d30b3881fa114b411176/Man-in-the-Browser-Attacks-Against-IoT-Devices-A-Study-of-Smart-Homes.pdf
6. Browser-in-the-Middle (BitM) attack, April 2021 URL: <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/s10207-021-00548-5.pdf>
7. What is Snort? URL: <https://www.snort.org/>

УДК 004:005:51

ЗАСТОСУВАННЯ ПОЛІНОМА ЛАГРАНЖА ДЛЯ ІНТЕРПОЛЯЦІЇ ОБСЯГУ ЕЛЕКТРОННОЇ ТОРГІВЛІ У СФЕРІ ІНФОРМАЦІЙНИХ ПОСЛУГ

В. О. Лисак, Н. А. Потапова

Анотація. У статті досліджено тенденції розвитку електронної торгівлі у сфері комп'ютерного програмування та надання інформаційних послуг. Проведено аналіз статистичних даних щодо частки підприємств, які здійснюють онлайн-продажі, та обсягів реалізованої продукції через вебсайти. Для оцінки показників використано інтерполяційний поліном Лагранжа. Отримані результати дають змогу оцінити можливості застосування методів обчислень під час оцінки змін у сфері цифрової економіки.

Ключові слова: методи обчислень, інтерполяція, поліном Лагранжа, електронна торгівля, інформаційні послуги.

Вступ. В умовах цифрової трансформації економіки все більшого значення набуває розвиток електронної торгівлі, яка виступає важливим індикатором рівня впровадження інформаційних технологій у різні сектори бізнесу. Аналіз тенденцій розвитку електронної комерції дає змогу оцінити динаміку цифровізації підприємств та прогнозувати подальші зміни в цій сфері. Особливу увагу привертає аналіз показників електронної торгівлі в галузі комп'ютерного програмування та надання інформаційних послуг, оскільки ця сфера безпосередньо впливає на розвиток галузі інформаційних технологій.

Останніми роками спостерігається зростання використання цифрових платформ у різних сферах ведення бізнесу, що впливає на його організацію та способи комунікації з клієнтами. Зокрема, підприємства все активніше впроваджують онлайн-продажі через власні вебсайти, що дає змогу розширювати клієнтську базу та збільшувати обсяги реалізованої продукції. Частка електронної торгівлі у загальному обсязі продажів варіюється залежно від специфіки галузі та рівня технологічної готовності підприємств. Для сфери комп'ютерного програмування та надання інформаційних послуг характерний високий рівень інтеграції цифрових інструментів, що сприяє активному використанню електронної комерції.

Аналіз останніх досліджень [1; 2] свідчить про важливість оцінки показників розвитку електронної торгівлі з метою формування ефективних рішень у бізнес-стратегії. Різні математичні моделі використовуються для оцінки змін показників, що дає змогу підприємствам більш ефективно планувати свою діяльність. Водночас необхідність проведення аналітичних розрахунків моделей динаміки залишається актуальною проблемою, оскільки вони дають змогу визначити характеристики нелінійності процесів.

Для побудови моделей динаміки доцільним є використання методів обчислень, зокрема методів інтерполяції [3]. Одним із таких підходів є визначення інтерполяційного полінома Лагранжа, який дає змогу моделювати динаміку змін на основі наявних статистичних даних.

Метою статті є дослідження використання інтерполяційного полінома Лагранжа для оцінки динаміки показників електронної торгівлі у сфері комп'ютерного програмування та надання інформаційних послуг на основі статистичних даних за 2020–2023 рр. У дослідженні буде розглянуто основні тенденції електронної торгівлі у зазначеній галузі, проведено аналіз можливостей використання методів обчислень для інтерполяції даних та оцінено точність отриманих результатів.

Основна частина. Теоретичною основою розрахунку інтерполяційного полінома Лагранжа, що використовується для прогнозування оцінки в електронній торгівлі та сфері інформаційних

послуг, є визначення інтерполяційного многочлена Лагранжа у визначених точках інтерполяції.

Припустимо, що якщо існує набір дискретних точок $(x_1, y_1), (x_2, y_2), \dots, (x_n, y_n)$, де x_i та y_i – відомі значення функції в точках x_i . Тоді інтерполяційний многочлен Лагранжа має вигляд [4]:

$$P_n(x) = y_1 \cdot L_1(x) + y_2 \cdot L_2(x) + \dots + y_n \cdot L_n(x),$$

$$L_n(x) = \frac{x - x_1}{x_i - x_1} \cdot \frac{x - x_2}{x_i - x_2} \cdot \dots \cdot \frac{x - x_{i-1}}{x_i - x_{i-1}} \cdot \frac{x - x_{i+1}}{x_i - x_{i+1}} \cdot \dots \cdot \frac{x - x_n}{x_i - x_n},$$

де $P_n(x)$ – поліном Лагранжа;

$L_n(x)$ – n -й многочлен Лагранжа.

При використанні інтерполяційного многочлена Лагранжа в аналізі динаміки електронної комерції та цифрових послуг важливо враховувати, що точність апроксимації залежить від розташування точок x_i на відрізку $[a, b]$, де a та b – крайні точки інтерполяційного відрізка. Найбільш точні результати досягаються за рівномірного розподілу точок вибірки.

Перевагами інтерполяційного многочлена Лагранжа є його відносна простота у використанні та відсутність необхідності в знанні аналітичного вигляду функції, яку потрібно апроксимувати. Однак метод також має недоліки, зокрема можливе виникнення значних похибок за межами інтерполяційного відрізка, що треба враховувати під час прогнозування тенденцій у сфері інформаційних послуг та програмного забезпечення.

Розробка аналітичної моделі для оцінки динаміки електронної торгівлі та пов'язаних інформаційних сервісів здійснюється на основі історичних даних про частку підприємств у цій сфері за останні роки. Вузли інтерполяції відповідають статистичним даним (y_i). Теоретичні значення функції ($y_{\text{інтерп}}$) визначаються за допомогою інтерполяційного полінома Лагранжа.

Оцінка похибки інтерполяції ($e_{\text{інтерп}}$) обчислюється як абсолютна різниця між фактичними та інтерпольованими значеннями:

$$e_{\text{інтерп}} = |y - y_{\text{інтерп}}|.$$

Вибірка вхідних даних визначає степінь полінома ($n - 1 = 3$). Загальна формула інтерполяції матиме вигляд:

$$P_n(x) = y_0 \cdot L_0(x) + y_1 \cdot L_1(x) + y_2 \cdot L_2(x) + y_3 \cdot L_3(x).$$

У сфері інформаційних технологій, електронної комерції та програмного забезпечення використання полінома Лагранжа сприяє отриманню точних значень у вузлах інтерполяції динаміки ринку, попиту на програмні продукти та цифрові послуги. Наприклад, аналіз змін у значеннях частки підприємств, що використовують онлайн-торгівлю або інтегровані ІТ-рішення, дають змогу компаніям планувати маркетингові стратегії, оптимізувати бізнес-процеси та оцінювати ефективність нових технологічних рішень. Застосування інтерполяційних методів під час оцінки тенденцій динаміки електронної комерції та ІТ-сервісів дає змогу аналізувати майбутні зміни на ринку, розраховувати рівень попиту на конкретні послуги та адаптувати бізнес-моделі відповідно до отриманих значень.

Вихідні дані для прогнозування частки підприємств, які здійснювали електронну торгівлю через власний вебсайт, наведено у табл. 1.

Таблиця 1

Частка підприємств України напряму діяльності «Комп'ютерне програмування, консультування та пов'язана з ними діяльність, надання інформаційних послуг», які здійснювали електронну торгівлю через власний вебсайт, 2020–2023 рр., %

Рік	2020	2021	2022	2023
$x(i)$	0	1	2	3
Частка кількості підприємств, які здійснювали електронну торгівлю, у загальній кількості підприємств за видами продажів через власний вебсайт, $y(i)$	9,5	8,9	10,7	11,8

Джерело: Державна служба статистики України [5]

На основі даних статистики проведено розрахунок полінома Лагранжа. Отримано такі доданки многочлена Лагранжа:

$$\begin{aligned}
 1. L_0(x) &= \frac{(x-x_1) \cdot (x-x_2) \cdot (x-x_3)}{(x_0-x_1) \cdot (x_0-x_2) \cdot (x_0-x_3)} \cdot y_0 = \frac{(x-1) \cdot (x-2) \cdot (x-3)}{-6} \cdot 9,5 = -1,583 \cdot x^3 + 9,5 \cdot x^2 - 17,416 \cdot x + 9,5. \\
 2. L_1(x) &= \frac{(x-x_0) \cdot (x-x_2) \cdot (x-x_3)}{(x_1-x_0) \cdot (x_1-x_2) \cdot (x_1-x_3)} \cdot y_1 = \frac{(x-0) \cdot (x-2) \cdot (x-3)}{2} \cdot 8,9 = 4,45 \cdot x^3 - 22,25 \cdot x^2 + 26,7 \cdot x. \\
 3. L_2(x) &= \frac{(x-x_0) \cdot (x-x_1) \cdot (x-x_3)}{(x_2-x_0) \cdot (x_2-x_1) \cdot (x_2-x_3)} \cdot y_2 = \frac{(x-0) \cdot (x-1) \cdot (x-3)}{-2} \cdot 10,7 = -5,35 \cdot x^3 + 21,4 \cdot x^2 - 16,05 \cdot x. \\
 4. L_3(x) &= \frac{(x-x_0) \cdot (x-x_1) \cdot (x-x_2)}{(x_3-x_0) \cdot (x_3-x_1) \cdot (x_3-x_2)} \cdot y_3 = \frac{(x-0) \cdot (x-1) \cdot (x-2)}{6} \cdot 11,8 = 1,96 \cdot x^3 - 5,9 \cdot x^2 + 3,93 \cdot x.
 \end{aligned}$$

Інтерполяційний поліном Лагранжа має вигляд:

$$P_3(x) = y_1 = -0,533 \cdot x^3 + 2,829 \cdot x^2 - 2,927 \cdot x + 9,5.$$

Зазначимо, що аналіз отриманої аналітичної моделі у вигляді полінома Лагранжа показує наявність характеристик нелінійності у процесі зміни частки підприємств цього напрямку бізнесу. Перша похідна має вираз:

$$P_3(x) = -1,599 \cdot x^2 + 5,658 \cdot x - 2,927.$$

Отримані результати показують, що за досліджуваний період швидкість нарощування частки даних підприємств досягла максимального піку в період 2021–2022 рр., поступово зменшуючись у 2023 р. (рис. 1).

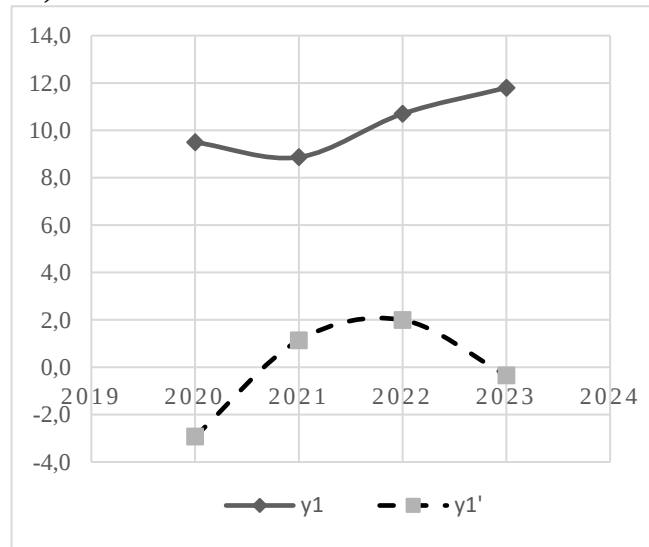


Рис. 1. Швидкість зміни частки підприємств електронної торгівлі через власний вебсайт

Результати оцінки інтерполяції частки підприємств, які здійснювали електронну торгівлю у 2020–2023 рр., наведено у табл. 2.

Таблиця 2

Результати оцінки інтерполяції частки підприємств України напрямку діяльності «Комп'ютерне програмування, консультування та пов'язана з ними діяльність, надання інформаційних послуг», які здійснювали електронну торгівлю через власний вебсайт, 2020–2023 рр., %

Рік	2020	2021	2022	2023
$x(i)$	0	1	2	3
$y_1(i)$	9,5	8,9	10,7	11,8
$y_{1\text{інтерп}}$	9,5	8,9	10,7	11,8
$e_{\text{інтерп}}$	0,0	0,0	0,0	0,0

Джерело даних: розраховано авторами на основі даних [5]

Вихідні дані для прогнозування частки обсягу реалізованої продукції через електронну торгівлю наведено у табл. 3.

Таблиця 3

Частка обсягу реалізованої продукції (товарів, послуг), отриманого від електронної торгівлі, у загальному обсязі реалізованої продукції (товарів, послуг) підприємств України за видами продажів через власний вебсайт напряму діяльності «Комп'ютерне програмування, консультування та пов'язана з ними діяльність, надання інформаційних послуг», 2020–2023 рр., %

Рік	2020	2021	2022	2023
$x(i)$	0	1	2	3
Частка обсягу реалізованої продукції (товарів, послуг), отриманого від електронної торгівлі, у загальному обсязі реалізованої продукції (товарів, послуг) підприємств за видами продажів через власний вебсайт, $y_2(i)$	0,7	1,6	5,2	5,5

Джерело: Державна служба статистики України

Проведені розрахунки доданків многочленів Лагранжа мають такий результат:

$$\begin{aligned}
 1. L_0(x) &= \frac{(x-x_1) \cdot (x-x_2) \cdot (x-x_3)}{(x_0-x_1) \cdot (x_0-x_2) \cdot (x_0-x_3)} \cdot y_0 = \frac{(x-1) \cdot (x-2) \cdot (x-3)}{-6} \cdot 0,7 = -0,116 \cdot x^3 + 0,7 \cdot x^2 - 1,283 \cdot x + 0,7. \\
 2. L_1(x) &= \frac{(x-x_0) \cdot (x-x_2) \cdot (x-x_3)}{(x_1-x_0) \cdot (x_1-x_2) \cdot (x_1-x_3)} \cdot y_1 = \frac{(x-0) \cdot (x-2) \cdot (x-3)}{2} \cdot 1,6 = 0,8 \cdot x^3 - 4 \cdot x^2 + 4,8 \cdot x. \\
 3. L_2(x) &= \frac{(x-x_0) \cdot (x-x_1) \cdot (x-x_3)}{(x_2-x_0) \cdot (x_2-x_1) \cdot (x_2-x_3)} \cdot y_2 = \frac{(x-0) \cdot (x-1) \cdot (x-3)}{-2} \cdot 5,2 = -2,6 \cdot x^3 + 10,4 \cdot x^2 - 7,8 \cdot x. \\
 4. L_3(x) &= \frac{(x-x_0) \cdot (x-x_1) \cdot (x-x_2)}{(x_3-x_0) \cdot (x_3-x_1) \cdot (x_3-x_2)} \cdot y_3 = \frac{(x-0) \cdot (x-1) \cdot (x-2)}{6} \cdot 5,5 = 0,916 \cdot x^3 - 2,75 \cdot x^2 - 1,83 \cdot x.
 \end{aligned}$$

Вигляд інтерполяційного полінома Лагранжа:

$$P_3(x) = y_2 = -1,027 \cdot x^3 + 4,479 \cdot x^2 - 2,596 \cdot x + 0,7.$$

Характеристика швидкості змін обсягів реалізації така:

$$y_2' = -3,081 \cdot x^2 + 8,958 \cdot x - 2,596$$

Найвищі темпи нарощування частки обсягів продажу продукції (товарів, послуг) через електронну торгівлю через власний вебсайт був у 2021 р. з поступовим зниженням показника у 2023 р. (рис. 2).

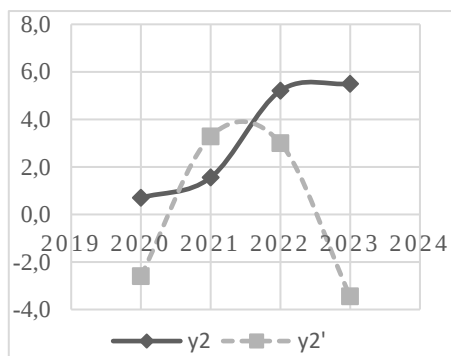


Рис. 2. Швидкість зміни частки обсягів реалізації продукції (товарів, послуг) підприємств електронної торгівлі через власний вебсайт

Результати оцінки інтерполяції частки обсягу реалізованої продукції у 2020–2023 рр. наведено у табл. 4.

Таблиця 4

Результати оцінки інтерполяції частки обсягу реалізованої продукції (товарів, послуг), 2020–2023 рр., %

Рік	2020	2021	2022	2023
$x(i)$	0	1	2	3
$y(i)$	0,7	1,6	5,2	5,5
$y_{\text{інтерп}}$	0,7	1,6	5,2	5,5
$e_{\text{інтерп}}$	0,0	0,0	0,0	0,0

Джерело: розраховано авторами на основі даних [5]

Висновки. Інтерполяційний поліном Лагранжа є ефективним інструментом для оцінки поточних змін у сфері електронної комерції інформаційних послуг. Дослідження показало, що використання цього методу дає змогу будувати аналітичні моделі для оцінки змін частки підприємств і обсягів реалізованої ними продукції через онлайн-продажі. Отримані результати свідчать про тенденцію до зниження швидкості росту цих показників, однак під час прогнозування значень можна отримати різкі коливання через зовнішні ринкові фактори.

Використання інтерполяційного підходу дає змогу адаптувати бізнес-стратегії до змінних умов ринку та підвищувати ефективність прийняття рішень. Необхідно враховувати, що висока ступінь полінома може спричинити перенавантаження моделі та зниження точності очікуваних значень, особливо за межами досліджуваного діапазону. Тому важливим є поєднання інтерполяційних методів з іншими статистичними та підходами машинного навчання для отримання більш точних оцінок.

Abstract. The article examines the trends in the development of electronic commerce in the field of computer programming and the provision of information services. An analysis of statistical data on the share of enterprises that conduct online sales and the volume of products sold through websites is carried out. The Lagrange interpolation polynomial is used to assess the indicators. The results obtained allow us to assess the possibilities of applying computational methods in assessing changes in the digital economy.

Keywords: calculation methods, interpolation, Lagrange polynomial, electronic commerce, information services.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Березовська Л., Кириченко А. Розвиток електронної комерції в Україні та ЄС. *Економіка та суспільство*. 2022. № 42. URL: <https://economyandsociety.in.ua/index.php/journal/article/view/1614/1551>
2. Потапова Н. А. Логістика онлайн-торгівлі в контексті проявів глобалізації цифрової економіки. *Економіка. Фінанси. Менеджмент: актуальні питання науки і практики*. 2019. № 3. С. 62–77. URL: <http://efm.vsau.org/storage/articles/November2019/9vBzwVcLJpFitsHIt1yy.pdf>
3. Метод інтерполяції для прогнозування метрик використання хмарних обчислень в статистичному навчанні / Н. А. Потапова, Л. О. Волонтир, І. П. Частокієнко, М. С. Григоренко. *Наука і техніка сьогодні*. 2024. № 4(32). С. 1192–1205. URL: <http://perspectives.pp.ua/index.php/nts/article/view/10943>
4. Чисельні методи: навчальний посібник / Л. О. Волонтир, О. В. Зелінська, Н. А. Потапова, І. А. Чіков. Вінниця: ВНАУ, 2020. 322 с. URL: <https://r.donnu.edu.ua/handle/123456789/1805>
5. Офіційний сайт Державної служби статистики України. URL: https://www.ukrstat.gov.ua/operativ/operativ2018/zv/ikt/arh_ikt_u.html

УДК 5.51.519.6

ОПТИМІЗАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ РЕКЛАМНИХ ВИТРАТ (ВИТРАТ НА РЕКЛАМУ) ПРИВАТНОГО ПІДПРИЄМСТВА

В. І. Оліх, Л. П. Половенко

Анотація. У статті досліджено витрати на рекламу приватного підприємства та їх вплив на прибуток. Проведено оптимізацію рекламних витрат з метою досягнення найкращих результатів. Описано використання математичного моделювання для визначення оптимальних витрат на різні види реклами, враховуючи обмеження на час та сукупні витрати. Моделювання проведено з використанням платформи MS Excel, що дає змогу ефективно планувати бюджет на рекламу та максимізувати фінансові показники підприємства. Результати показують значне зниження витрат без шкоди для ефективності рекламних кампаній.

Ключові слова: оптимізація, аналіз, реклама, математичне моделювання, витрати.

Вступ. У сучасному світі активно працюють та розвиваються малі, середні та великі бізнеси. З їх продуктами ми зустрічаємося кожного дня: від малих рутинних речей у нас вдома до чогось більш масштабного. Але що підприємство може зробити для того, щоб об'єм продажів був більшим? Використання математичних методів оптимізації під час аналізу маркетингової діяльності підприємства підвищує ефективність і якість маркетингових рішень.

Один із важливих аспектів, що потребує постійної уваги підприємців, – це аналіз та оптимізація бізнес-процесів. Це дає змогу знижувати витрати, підвищувати ефективність і забезпе-