



УДК 356.164

ЗАСТОСУВАННЯ ІНТЕРПОЛЯЦІЙНОГО МНОГОЧЛЕНА ЛАГРАНЖА ДО ПРОГНОЗУВАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ СНАЙПІНГУ

**Володимир ХОЛЯВКА¹, Володимир ДУДЮК¹,
Володимир ОНИШКЕВИЧ²**

¹ Львівський державний університет фізичної
культури імені Івана Боберського, Україна;

² Національний лісотехнічний університет
України, Львів, Україна

Як відомо, дальність прицільного пострілу є одним з критеріїв оцінювання майстерності снайпера. Результативна робота снайперів на ураження віддалених цілей є підсумком здійснення реалізації певних попередніх заходів: розвідки, спостереження, аналізу й оцінювання обстановки, точних розрахунків, належної амуніції та ін. В [1] на основі регресійного аналізу було здійснено математичне моделювання результатів снайпінгу й спрогнозовано значення можливого нового рекорду дальності пострілу. Час показав правильність наших розрахунків: за інформацією офіцера Сил спеціальних операцій Алекса Туманова за 31 грудня 2022 [2], уже в грудні 2022 року неназваний боєць 73 морського центру спеціальних операцій імені кошового отамана Антіна Головатого з снайперської гвинтівки

McMillan Тас-50 з відстані 2710 м ліквідував двох окупантів, які вели вогонь по позиціях ЗСУ (наш прогноз дальності був 2755 м [1]).

Доповнивши відому емпіричну інформацію [3] цим фактом, спрогнозуємо можливу дальність наступного рекорду снайпінгу за допомогою інтерполяційних методів. Для аналізу зміни дальності ураження за роками занесемо наявні статистичні дані в таблицю.

Рік досягнення рекорду (t)	1967	2002	2004	2009	2017	2022
Дальність ураження (y)	2286	2429	2299	2475	3540	2710
Вузли інтерполяції (i)	0	1	2	3	4	5

Як відомо, одним із найбільш уживаних математичних методів такого дослідження є метод екстраполяції. Під час прогнозування за допомогою екстраполяції на основі зв'язку між головною ознакою і фактором часу як головною ознаки вибираємо рекордні результати (дальність ураження) за роки. Вихідний динамічний ряд за попередній період апроксимується так:

$$y = a_0 + a_1 t + a_2 t^2 + \dots + a_K t^K = \sum_{i=0}^K a_i t^i,$$

де y — головна прогнозована ознака, t — час, a_i ($i=0, \dots, K$) — коефіцієнти, які підлягають визначенню.

Не обмежуватимемо найпростішим (лінійним) випадком (тобто двома коефіцієнтами за $i=\overline{0,1}$), а побудуємо інтерполяційний многочлен Лагранжа [4]:

$$L_K(t) = \sum_{i=0}^K y_i L_i^{(K)}(t) = \sum_{i=0}^K y_i \frac{(t-t_0)(t-t_1)\dots(t-t_{i-1})(t-t_{i+1})\dots(t-t_K)}{(t_i-t_0)(t_i-t_1)\dots(t_i-t_{i-1})(t_i-t_{i+1})\dots(t_i-t_K)}.$$

У нашому випадку за $n=5$ отримано такі вирази для знаходження коефіцієнтів Лагранжа $L_i^{(5)}(t)$ за $i=\overline{0,5}$:

$$L_0^{(5)}(t) = \frac{(t-2002)(t-2004)(t-2009)(t-2017)(t-2022)}{(1967-2002)(1967-2004)(1967-2009)(1967-2017)(1967-2022)},$$

$$L_1^{(5)}(t) = \frac{(t-1967)(t-2004)(t-2009)(t-2017)(t-2022)}{(2002-1967)(2002-2004)(2002-2009)(2002-2017)(2002-2022)},$$

$$L_2^{(5)}(t) = \frac{(t-1967)(t-2002)(t-2009)(t-2017)(t-2022)}{(2004-1967)(2004-2002)(2004-2009)(2004-2017)(2004-2022)},$$

$$L_3^{(5)}(t) = \frac{(t-1967)(t-2002)(t-2004)(t-2017)(t-2022)}{(2009-1967)(2009-2002)(2009-2004)(2009-2017)(2009-2022)},$$

$$L_4^{(5)}(t) = \frac{(t-1967)(t-2002)(t-2004)(t-2009)(t-2022)}{(2017-1967)(2017-2002)(2017-2004)(2017-2009)(2017-2022)},$$

$$L_5^{(5)}(t) = \frac{(t-1967)(t-2002)(t-2004)(t-2009)(t-2017)}{(2022-1967)(2022-2002)(2022-2004)(2022-2009)(2022-2017)}.$$

Після обчислення шуканий інтерполяційний многочлен Лагранжа можна записати так:

$$\begin{aligned} L_K(t) &= \sum_{i=0}^5 y_i L_i^{(5)}(t) = y_0 L_0^{(5)}(t) + y_1 L_1^{(5)}(t) + y_2 L_2^{(5)}(t) + y_3 L_3^{(5)}(t) + y_4 L_4^{(5)}(t) + y_5 L_5^{(5)}(t) = \\ &= 2286 \cdot L_0^{(5)}(t) + 2429 \cdot L_1^{(5)}(t) + 2299 \cdot L_2^{(5)}(t) + 2475 \cdot L_3^{(5)}(t) + \\ &+ 3540 \cdot L_4^{(5)}(t) + 2710 \cdot L_5^{(5)}(t) = a_5 t^5 + a_4 t^4 + a_3 t^3 + a_2 t^2 + a_1 t + a_0 = \sum_{i=0}^5 a_i t^i. \end{aligned}$$

Взявши час (рік) $t = 2024$ і підставивши це значення в побудований інтерполяційний многочлен Лагранжа, отримаємо прогнозовану дальність снайперського ураження в цьому році:

$$\begin{aligned} L_5(2024) &= \sum_{i=0}^5 y_i L_i^{(5)}(2024) = 2286 \cdot L_0^{(5)}(2024) + 2429 \cdot L_1^{(5)}(2024) + 2299 \cdot L_2^{(5)}(2024) + \\ &+ 2475 \cdot L_3^{(5)}(t) + 3540 \cdot L_4^{(5)}(2024) + 2710 \cdot L_5^{(5)}(2024) = \\ &= a_5 \cdot 2024^5 + a_4 \cdot 2024^4 + a_3 \cdot 2024^3 + a_2 \cdot 2024^2 + a_1 \cdot 2024 + a_0 \approx 3784. \end{aligned}$$

Отже, 2024 року можна прогнозувати досягнення снайперів в ураженні на дальність 3784 м.

Відзначимо, що, як порівняти з однофакторним регресійним аналізом [1], застосування інтерполяційних методів вимагає більшого обсягу числових обчислень, однак дає точніші числові результати.

Список використаних джерел

1. Холявка В., Онишкевич В., Дудюк В. Прогнозування рекордів снайпінгу на основі регресійного аналізу // Моделювання та інформаційні технології

- у фізичному вихованні і спорті: Зб. матеріалів XVIII Міжнародної наукової конференції (19–23 вересня 2023 року, м. Львів-Берегове) – Львів: ЛДУФК ім. Івана Боберського, 2023, с.17-20.
2. URL: <https://poglyad.tv/ukrayinskiy-snaiper-vstanoviv-svitoviy-rekord-z-dalnosti-strilbi-article> (дата звернення 29.02.2024).
 3. URL: <https://azov.org.ua/na-mezhi-mozhluvogo/> (дата звернення 29.02.2024).
 4. Стадник М.М., Онишкевич В.М., Холявка В.З. та ін. Практикум з курсу «Числові методи». Навчальне видання – Львів: УкрДЛТУ, 2001, 48 с.