



# ЧИСЕЛЬНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ЯК ЗАСІБ ПРОГНОЗУВАННЯ ДОСЯГНЕНЬ СНАЙПІНГУ

**Володимир ХОЛЯВКА<sup>1</sup>, Володимир ДУДЮК<sup>1</sup>,  
Володимир ОНИШКЕВИЧ<sup>2</sup>**

*<sup>1</sup> Львівський державний університет фізичної культури  
імені Івана Боберського, Львів, Україна;*

*<sup>2</sup> Національний лісотехнічний університет  
України, Львів, Україна*

Моделювання на основі елементів прогнозування ґрунтується на результатах, які на момент ухвалення рішення ще невідомі або перебувають в недосліджуваному діапазоні значень аргументів. Спрогнозуємо результати снайпінгу, ґрунтуючись на апроксимації наявних даних тією чи тією залежністю, і розрахуємо за нею значення функції в потрібній області значень аргумента. Для дослідження прогнозованої дальності прицільного пострілу як одного з критеріїв оцінювання майстерності снайпера застосуємо чисельне моделювання.

Найвагоміші на сьогодні досягнення снайпінгу [1]:

1. Сержант артилерійського полку Carlos Norman Hathcock, США, кулемет Browning M2, 1967 р., В'єтнам – 2286 м.
2. Капрал Rob Furlong, Канада, гвинтівка McMillan Tac-50, 2002 р., Афганістан – 2429 м.

3. Сержант-рейнджер Brian Kraemer, США, гвинтівка Barrett M82A1, 2004 р., Ірак – 2299 м.
4. Капрал кінної кавалерії Craig Harrison, Великобританія, гвинтівка L115A3 Long Range Rifle Accuracy Internation, 2009 р., Афганістан – 2475 м.
5. Снайпер спецпідрозділу «Joint Task Force 2» (ім'я засекречене), Канада, гвинтівка McMillan Tac-50, 2017 р., Ірак – 3540 м.
6. Снайпер СБУ В'ячеслав Ковальський, Україна, гвинтівка "Володар обр'ю" («Horizon's Lord»), 18.11.2023 р., Херсонська область – 3800 м.

У разі прогнозування екстраполяції на основі зв'язку між головною ознакою та чинником часу головної 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. В обчислювальній практиці пропонують обмежитися найпростішим випадком: двома коефіцієнтами ( $i=0, 1$ ). Якщо ж емпіричні дані значно відрізняються від лінійних, то проводиться лінеаризація емпіричної кривої, тобто обмежуються функцією  $y = a_0 + a_1 t$ .

Для аналізу зміни дальності ураження з роками занесемо одержані емпіричні дані в таблицю:

Рік ( $t$ )	1967	2002	2004	2009	2017	2023
Дальність ( $y$ )	2286	2429	2299	2475	3540	3800
Вузли інтерполяції ( $i$ )	0	1	2	3	4	5

У цьому разі коефіцієнт регресії можна визначити за методом найменших квадратів, тоді нормальна система матиме вигляд:

$$\begin{cases} a_1 \sum_{i=1}^K t_i^2 + a_0 \sum_{i=1}^K t_i = \sum_{i=1}^K t_i y_i \\ a_1 \sum_{i=1}^K t_i + a_0 K = \sum_{i=1}^K y_i \end{cases}$$

Згідно із заданою таблицею емпіричних даних (маємо шість точок, тобто  $K=6$ ) можемо побудувати допоміжну таблицю для знаходження невідомих коефіцієнтів і тоді в нашому конкретному

випадку отримаємо: 
$$\begin{cases} 24090008a_1 + 12022a_0 = 33766471 \\ 12022a_1 + 6a_0 = 16829 \end{cases}$$
. Звідси маємо  $a_0 \approx -2801$ ,  $a_1 \approx 3.3$ , а отже, шуканою функцією є  $y = a_0 + a_1 t = 3.3t - 2801$ .

Взявши аргумент (рік)  $t=2025$  і підставивши в обчислену функцію, отримаємо  $y(2025) = 3.3 \cdot 2025 - 2801 \approx 3882$ . Отже, можемо прогнозувати, що у 2025 року снайпери досягнуть дальності ураження 3882 м.

Верифікувати одержані результати можна за допомогою екстраполяції многочленами. Для аналізу зміни дальності ураження з роками врахуємо рядок вузлів інтерполяції. Не обмежуватимемося найпростішим (лінійним) випадком (тобто двома коефіцієнтами), а побудуємо інтерполяційний многочлен Лагранжа (тоді  $K=5$ ):

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

Після обчислень шуканий інтерполяційний многочлен Лагранжа можна записати у вигляді:

$$\begin{aligned} L_K(t) &= \sum_{i=0}^5 y_i L_i^{(5)}(t) = y_0 L_0^{(5)}(t) + y_1 L_1^{(5)}(t) + y_2 L_2^{(5)}(t) + y_3 L_3^{(5)}(t) + y_4 L_4^{(5)}(t) + y_5 L_5^{(5)}(t) = \\ &= 2286 \cdot L_0^{(5)}(t) + 2429 \cdot L_1^{(5)}(t) + 2299 \cdot L_2^{(5)}(t) + 2475 \cdot L_3^{(5)}(t) + \\ &+ 3540 \cdot L_4^{(5)}(t) + 3800 \cdot L_5^{(5)}(t) = a_5 t^5 + a_4 t^4 + a_3 t^3 + a_2 t^2 + a_1 t + a_0 = \sum_{i=0}^5 a_i t^{(i)}. \end{aligned}$$

Взявши аргумент (рік)  $t=2025$  і підставивши у побудований інтерполяційний многочлен Лагранжа, отримаємо прогнозовану дальність снайперського ураження в цьому році:

$$\begin{aligned} L_5(2025) &= \sum_{i=0}^5 y_i L_i^{(5)}(2025) = 2286 \cdot L_0^{(5)}(2025) + 2429 \cdot L_1^{(5)}(2025) + 2299 \cdot L_2^{(5)}(2025) + \\ &+ 2475 \cdot L_3^{(5)}(2025) + 3540 \cdot L_4^{(5)}(2025) + 3800 \cdot L_5^{(5)}(2025) = \\ &= a_5 \cdot 2025^5 + a_4 \cdot 2025^4 + a_3 \cdot 2025^3 + a_2 \cdot 2025^2 + a_1 \cdot 2025 + a_0 \approx 3824 \text{ м.} \end{aligned}$$

Екстраполяційне значення є співвимірним із значенням лінійної апроксимації.

#### 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.