

13. HSE (Health and Safety Executive). (2019). Managing risks and risk assessment at work. London: HSE Publications.
<https://www.hse.gov.uk/risk/>
14. Karwowski, W. (2006). International encyclopedia of ergonomics and human factors (2nd ed.). Boca Raton, FL: CRC Press.
15. Bakhtiarov, I. (2021). Telehealth and occupational health: Opportunities and challenges. Journal of Occupational Medicine, 73(4), 310–321.

DOI 10.70286/ISU-17.12.2025.017

АНАЛІЗ ВИПАДКОВИХ ПОДІЙ ЗА ДОПОМОГОЮ БІНОМІАЛЬНОЇ МОДЕЛІ

Виговська Інна

канд. техн. наук, доцент

Нагребельна Людмила

доктор філософії (PhD),

начальник Центру безпеки руху ДП «НІРІ», доцент

Кафедра транспортних систем та безпека дорожнього руху

Акулініна Наталія

здобувач вищої освіти

Андросович Богдан

здобувач вищої освіти

Національний транспортний університет

м. Київ, Україна

Біноміальна модель – це математична модель, яка описує процеси, що складаються з послідовності випробувань, у кожному з яких можливі лише два результати: успіх або неуспіх. Такі ситуації часто зустрічаються в різних галузях – від фінансів і статистики до виробництва, медицини й логістики. Модель базується на біноміальному розподілі – одному з основних законів теорії ймовірностей, що описує кількість успішних подій у серії незалежних спроб[1,4].

Формула біноміального розподілу має вигляд:

$$P(k) = C_n^k \times p^k \times (1 - p)^{n-k}, \quad (1)$$

де n – кількість випробувань,

k – кількість успішних результатів,

p – ймовірність успіху в одному випробуванні,

$C_n^k = \frac{n!}{k!(n-k)!}$ – число комбінацій, що показує, скільки існує способів вибрати

k успішних результатів із n .

Ця формула дозволяє визначати ймовірність отримати рівно k успішних результатів із заданої кількості спроб.

Завдяки своїй простоті та універсальності біноміальна модель широко використовується в різних галузях. У фінансах вона допомагає оцінювати ризики та прогнозувати зміни вартості активів, у статистиці – аналізувати результати опитувань і досліджень, у психології – вивчати закономірності поведінкових реакцій, у медицині – оцінювати ефективність лікування або дію препарату. У сфері логістики вона використовується для оцінювання стабільності транспортних потоків, надійності перевезень і своєчасності доставки вантажів. З її допомогою можна визначити, з якою ймовірністю певна кількість транспортних засобів прибуде в пункт призначення без запізнення, або скільки замовлень буде виконано вчасно. Це дозволяє планувати ресурси, формувати резерви, прогнозувати затримки та підвищувати ефективність логістичних операцій[2,5].

У сфері логістики ця модель використовується для аналізу надійності процесів, оцінки стабільності транспортних потоків, визначення ризиків затримок або відмов у постачанні[3,6]. Адже будь-який логістичний процес має ймовірнісний характер: транспорт може зламатися, вантаж може запізнитися, частина замовлень може бути виконана невчасно. Біноміальна модель допомагає зрозуміти, наскільки часто такі події можуть відбуватися, і спрогнозувати їхній вплив на загальну ефективність логістичної системи.

Наприклад, при плануванні перевезень можна оцінити, скільки автомобілів реально прибудуть у пункт призначення без затримки, якщо відома ймовірність технічних збоїв або заторів.

Припустимо, логістична компанія має 15 вантажних автомобілів, які щодня здійснюють рейси між двома містами. На основі статистики попередніх місяців відомо, що ймовірність успішного виконання рейсу без затримки становить 0,85 (85%). Керівництво хоче оцінити, з якою ймовірністю принаймні 13 автомобілів прибудуть до пункту призначення вчасно.

Для цього потрібно знайти ймовірність того, що 13, 14 або 15 автомобілів здійснять успішну доставку. За формулою біноміального розподілу:

$$P(k) = C_n^k \times p^k \times (1 - p)^{n-k}, \quad (2)$$

де $n = 15$, $p = 0,85$, $k = 13, 14, 15$.

Обчислимо крок за кроком:

1. Для $k = 13$:

$$P(13) = C_{15}^{13} \times 0,85^{13} \times 0,15^2 = 105 \times 0,113 \times 0,0225 \approx 0,266.$$

2. Для $k = 14$:

$$P(14) = C_{15}^{14} \times 0,85^{14} \times 0,15^1 = 15 \times 0,096 \times 0,15 \approx 0,216.$$

3. Для $k = 15$:

$$P(15) = C_{15}^{15} \times 0,85^{15} \times 0,15^0 = 1 \times 0,087 \approx 0,087.$$

Додаємо всі три ймовірності:

$$P(13 \leq k \leq 15) = 0,266 + 0,216 + 0,087 = 0,569.$$

Отже, ймовірність того, що принаймні 13 із 15 автомобілів прибудуть вчасно, становить близько 56,9%.

Такий результат допомагає керівництву оцінити стабільність транспортного потоку. Якщо підприємство вважає, що надійність нижче 60% є неприпустимою,

воно може прийняти рішення збільшити кількість резервних машин, змінити маршрути або посилити технічний контроль транспорту. Таким чином, математична модель безпосередньо впливає на реальні управлінські рішення.

Переваги біноміальної моделі:

- проста у використанні й зрозуміла;
- універсальна, застосовується в різних галузях;
- дозволяє оцінювати ризики та прогнозувати результати;
- надає кількісні оцінки для прийняття управлінських рішень;
- може бути основою для складніших математичних моделей.

Недоліки біноміальної моделі:

-враховує лише два можливих результати (успіх/невдача), що спрощує реальні процеси;

-передбачає незалежність подій, хоча в житті це не завжди так;

-потребує точного знання ймовірності події, яку не завжди можна визначити;

-менш точна при великій кількості факторів або змінних, що впливають на результат.

Біноміальна модель є одним із найпростіших і водночас найпрактичніших інструментів аналізу випадкових процесів, у яких можливі лише два результати. Вона дозволяє на основі математичних розрахунків оцінити ймовірність успішного перебігу подій, що робить її корисною для прийняття рішень у різних сферах діяльності. У логістиці ця модель допомагає визначати надійність транспортних систем, прогнозувати кількість своєчасних доставок, оцінювати ризики збоїв і планувати ресурси. Її перевагами є простота, наочність і можливість швидко отримувати кількісні оцінки, необхідні для управлінських рішень. Водночас вона має і певні обмеження, адже не враховує взаємозалежність подій та складні багатофакторні впливи, властиві реальним процесам. Попри це, біноміальна модель залишається ефективним засобом для прогнозування результатів і підвищення стабільності систем, особливо у сфері логістики, де точність і надійність мають вирішальне значення.

Список використаних джерел

1. Системологія на транспорті. Книга 1. Основи теорії систем і управління Володимир Поліщук, Едуард Гаврилов, Микола Дмитриченко, Віктор Доля, Олександр Лановий, Ірина Линник. Київ, Знання України. 2005. С. 344.
2. Системологія на транспорті. Книга 3. Дослідження операцій у транспортних системах. Володимир Поліщук, Едуард Гаврилов, Микола Дмитриченко, Віктор Доля, Олександр Лановий, Ірина Линник. Київ, Знання України. 2005. С. 375.
3. Теорія транспортного потоку. Методи і моделі організації дорожнього руху. Володимир Поліщук, Олександр Дзюба. Київ, Знання України. 2008. С. 175.
4. F.-Y. Wang, "Parallel control and management for intelligent transportation systems: Concepts, architectures, and applications," IEEE Trans. Intell. Transp. Syst., vol. 11, no. 3, pp. 630–638, Sep. 2010.

5. S. Lin, B. D. Schutter, Y. Xi, and H. Hellendoorn, "Efficient network-wide model-based predictive control for urban traffic networks," *Transp. Res. Part C*, vol. 24, pp. 122–140, Oct. 2012.
 6. E. I. Vlahogianni, M. G. Karlaftis, and J. C. Golias, "Spatio-temporal short-term urban traffic volume forecasting using genetically optimized modular networks," *Comput.-Aided Civil Infrastructure Eng.*, vol. 22, no. 5, pp. 317–325, Jul. 2007.
- CrossRef

ОГЛЯД ТЕХНОЛОГІЧНИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ ВИРОЩУВАННЯ ОЗИМОЇ ПШЕНИЦІ

Корчак Микола Миколайович

к.т.н., доцент

Заклад вищої освіти "Подільський державний університет", Україна

Попередники та добір сортів. Пшениця озима м'яка та чутлива до умов вирощування, тому близько 65–70 % посівів цієї культури слід розміщувати після кращих попередників – чистих і зайнятих парів (озимі та кукурудза на зелений корм, однорічні злаково-бобові сумішки на зелений корм і сіно), а також після багаторічних трав на один укіс, зернобобових (горох, соя та ін.). За достатньої зволоженості ґрунту пшеницю озиму можна висівати після непарових попередників – озимого ріпаку, кукурудзи на силос, гречки.

Найкращим попередником є удобрений занятий пар, в якому накопичується й зберігається достатня кількість вологи для одержання дружних і повних сходів, покращується фітосанітарний стан посівів, умови перезимівлі та продуктивність рослин. Важливою умовою для стабілізації виробництва зерна є вирощування озимої пшениці по зайнятому парі за інтенсивною технологією, що забезпечує найвищу віддачу від витрачених матеріальних ресурсів [1, 2, 3].

Добір сортів. Сортовий склад пшениці озимої постійно змінюється. Обґрунтований добір сортів зі стабільною високою врожайністю, стійкістю до несприятливих кліматичних умов, хвороб, шкідників є одним із визначальних критеріїв сталих урожаїв. З метою кращого використання природної родючості ґрунтів, попередників та добрив у господарствах доцільно вирощувати два-три сорти озимої пшениці з різними біологічними властивостями, адаптованими до умов певної ґрунтово-кліматичної зони, які менше уражуються хворобами, є стійкішими до стресових умов перезимівлі, вилягання, негативної дії бур'янів і формують якісне зерно.

Згідно з результатами випробування, на сортостанціях Державної служби з охорони прав на сорти рослин в Харківській області рекомендовано вирощувати як інтенсивні, так і екстенсивні сорти. За інтенсивною технологією після кращих попередників необхідно вирощувати найбільш продуктивні сорти, а після гірших – за адаптивними та ресурсозберігаючими технологіями – менш вимогливі до умов вирощування сорти. Так, після зайнятих парів доцільно розміщувати