

УДК 615.14+378+519.6

DOI <https://doi.org/10.32782/eddiscourses/2024-2-7>

ФОРМУВАННЯ ФАХОВО СПРЯМОВАНИХ ПРЕДМЕТНИХ КОМПЕТЕНТНОСТЕЙ МАГІСТРІВ ФАРМАЦІЇ ЗАСОБАМИ МОДЕЛЮВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РЕКЛАМИ ФАРМАЦЕВТИЧНОЇ ПРОДУКЦІЇ

Стучинська Наталія Василівна,

доктор педагогічних наук, професор,
завідувачка кафедри медичної і біологічної фізики та інформатики,
Національний медичний університет імені О. О. Богомольця
ORCID: 0000-0002-5583-899X

Андрійчук Марія Дмитрівна,

викладач кафедри медичної і біологічної фізики та інформатики,
Національний медичний університет імені О. О. Богомольця
ORCID: 0000-0003-0112-3830

У цій роботі проведено ґрунтовний аналіз наукової літератури, що описує фізичні процеси, у яких спостерігається явище гістерезису, а також геометричні характеристики s-подібних (логістичних) кривих. Проаналізовано публікації, що містять математичні моделі, застосовувані в маркетингу та менеджменті. Основну увагу приділено дослідженню можливостей поєднання фізичних і математичних аспектів у навчальному процесі під час викладання дисципліни «Комп'ютерне моделювання у фармації».

У роботі детально розглянуто використання логістичної кривої для моделювання ефективності рекламних кампаній фармацевтичної продукції як засіб формування фахово спрямованих предметних компетентностей студентів фармацевтичних спеціальностей. Зокрема, досліджено, як математичні моделі можуть бути застосовані для аналізу та прогнозування результативності рекламних заходів, визначення оптимальних стратегій і ресурсів, що дають змогу підвищити конкурентоспроможність фармацевтичних підприємств.

Окремо виділено аспекти, пов'язані з формуванням професійно спрямованих предметних компетентностей студентів фармацевтичних спеціальностей. Зокрема, розглядається, як інтеграція фізичних і математичних аспектів у навчальний процес сприяє розвитку навичок аналізу даних, математичного моделювання та стратегічного мислення. Це підвищує здатність майбутніх фахівців ефективно працювати в умовах ринкової економіки, розробляти та впроваджувати ефективні маркетингові стратегії, а також здійснювати обґрунтоване прийняття рішень на основі аналізу даних.

У процесі дослідження комп'ютерна модель логістичної кривої була реалізована за допомогою двох програмних засобів: мови програмування Python та Mathcad 15. Під час реалізації моделі в Mathcad 15 було використано математичну модель, яку розв'язували методом Рунге – Кутта. Використання цих інструментів дало змогу забезпечити високу точність та надійність отриманих результатів, а також продемонструвало практичні аспекти застосування різних програмних платформ для моделювання й аналізу.

Значну увагу приділено практичним аспектам впровадження запропонованої моделі в освітній процес. Зокрема, описано конкретні методики та підходи, що дають змогу ефективно інтегрувати теоретичні знання з фізики та математики у практичні заняття з комп'ютерного моделювання.

Таким чином, робота являє собою комплексне дослідження, що поєднує теоретичні та практичні аспекти, спрямовані на вдосконалення навчального процесу й підвищення конкурентоспроможності фармацевтичних підприємств за допомогою ефективного використання математичних моделей у маркетингу.

Мета нашої роботи полягає у вдосконаленні фахово спрямованих предметних компетентностей магістрів фармації та їх практичних навичок із метою підвищення конкурентоспроможності на фармацевтичному ринку. У цьому дослідженні ми розглядаємо можливості використання моделювання ефективності реклами як інструмента для розвитку вказаних компетентностей. Ми прагнемо навчити майбутніх фахівців ефективно використовувати теоретичні знання для успішного вирішення реальних завдань, зокрема аналізу можливостей використання логістичної кривої для моделювання ефективності реклами у фармацевтичній сфері.

Результати досліджень та їх обговорення. Формування фахових компетентностей у студентів є одним із ключових завдань сучасної освіти. Це процес, спрямований на розвиток не лише теоретичних знань, але й практичних навичок та особистісних якостей, які потрібні для успішної професійної діяльності. У контексті нашого дослідження формування фахових компетентностей у магістрів фармації може передбачати розвиток їхньої здатності застосовувати математичні моделі для аналізу ефективності рекламних кампаній у фармацевтичній галузі. Такий підхід допомагає студентам збагатити свій арсенал професійних інструментів і підвищити їхню конкурентоспроможність на ринку праці. Результати дослідження щодо моделювання ефективності реклами фармацевтичної продукції з використанням логістичної кривої показали, що використання математичних моделей, таких як логістична крива, дає змогу підібрати оптимальні рекламні стратегії для фармацевтичних продуктів. Це може бути

оптимальне розподілення рекламного бюджету між різними каналами реклами, а також визначення оптимальних моментів і частоти рекламних кампаній. Дослідження також дало змогу виявити точку насичення, коли додаткові рекламні витрати припиняють приносити значний зріст споживчого попиту.

Висновки. Отримані результати вказують на важливість поєднання теоретичних знань із практичним досвідом у навчальному процесі. Дослідження підтверджує, що моделювання ефективності реклами фармацевтичної продукції є актуальною темою, особливо з урахуванням потреби у формуванні фахово спрямованих предметних компетентностей магістрів фармації. Цей підхід дає змогу не лише аналізувати ефективність рекламних стратегій, але й розвивати у студентів необхідні навички для професійного використання таких інструментів у майбутній кар'єрі. Таке дослідження є важливим кроком у покращенні навчального процесу та підвищенні якості освіти у галузі фармації.

Ключові слова: моделювання, компетентності, MatCAD, Python, гістерезис, S-подібні (логістичні) криві, ефективність реклами.

Stuchynska Nataliia, Andriichuk Mariia. Modeling the effectiveness of advertising of pharmaceutical products as a means of forming professionally oriented subject competencies of masters of pharmacy

This study conducts a comprehensive analysis of scientific literature describing physical processes exhibiting hysteresis phenomena and the geometric characteristics of S-shaped (logistic) curves. Publications containing mathematical models used in marketing and management have been reviewed. The main focus is on investigating the integration of physical and mathematical aspects into the educational process when teaching the subject "Computer Modeling in Pharmacy".

The study details the use of logistic curves to model the effectiveness of pharmaceutical advertising campaigns as a means of developing subject-specific professional competencies for pharmacy students. Specifically, it examines how mathematical models can be applied to analyze and forecast the effectiveness of advertising activities, determine optimal strategies, and allocate resources to enhance the competitiveness of pharmaceutical enterprises.

Aspects related to the formation of professionally oriented subject competencies of pharmacy students are highlighted. The study explores how integrating physical and mathematical aspects into the educational process promotes the development of data analysis, mathematical modeling, and strategic thinking skills. This, in turn, enhances future specialists' ability to work effectively in a market economy, develop and implement efficient marketing strategies, and make informed decisions based on data analysis.

In the course of the research, the computer model of the logistic curve was implemented using two software tools: the Python programming language and Mathcad 15. When implementing the model in Mathcad 15, a mathematical model was used, which was solved using the Runge-Kutta method. The use of these tools ensured high accuracy and reliability of the obtained results, and demonstrated the practical aspects of applying different software platforms for modeling and analysis.

Significant attention is paid to the practical aspects of integrating the proposed model into the educational process. Specific methodologies and approaches are described, allowing for the effective integration of theoretical knowledge of physics and mathematics into practical computer modeling classes.

Thus, the study represents a comprehensive investigation combining theoretical and practical aspects aimed at improving the educational process and enhancing the competitiveness of pharmaceutical enterprises through the effective use of mathematical models in marketing.

Objective of the study. The objective of our study is to enhance the subject-specific professional competencies and practical skills of pharmacy master's students to increase their competitiveness in the pharmaceutical market. In this research, we explore the potential of using advertising effectiveness modeling as a tool for developing these competencies. We aim to teach future professionals to effectively utilize theoretical knowledge to solve real-world problems, particularly analyzing the use of logistic curves for modeling the effectiveness of advertising in the pharmaceutical sector.

Results and discussion. Developing professional competencies in students is one of the key tasks of modern education. This process aims to develop not only theoretical knowledge but also practical skills and personal qualities necessary for successful professional activities. In the context of our research, the formation of professional competencies in pharmacy master's students may include developing their ability to apply mathematical models to analyze the effectiveness of advertising campaigns in the pharmaceutical industry. This approach helps students enrich their arsenal of professional tools and increase their competitiveness in the labor market. Research results on modeling the effectiveness of pharmaceutical advertising using logistic curves show that using mathematical models such as the logistic curve allows for the selection of optimal advertising strategies for pharmaceutical products. This may include optimal allocation of the advertising budget across different advertising channels and determining the best timing and frequency for advertising campaigns. The research also identified the saturation point, where additional advertising expenditures cease to yield significant consumer demand growth.

Conclusions. The obtained results highlight the importance of combining theoretical knowledge with practical experience in the educational process. The research confirms that modeling the effectiveness of pharmaceutical advertising is a relevant topic, especially considering the need to develop subject-specific professional competencies in pharmacy master's students. This approach allows not only analyzing the effectiveness of advertising strategies but also developing the necessary skills for the professional use of such tools in their future careers. This research is an important step toward improving the educational process and enhancing the quality of education in the field of pharmacy.

Key words: modeling, competencies, Mathcad, Python, hysteresis, S-shaped (logistic) curves, advertising effectiveness.

Актуальність. Зростання конкуренції та швидкі технологічні зміни створюють перед фармацевтичними компаніями завдання ефективного просування своєї продукції на ринку. Для підвищення рівня продажів лікарських засобів з урахуванням можливостей фірми та специфіки ринку потрібно використовувати гнучкі інструменти, спрямовані на швидке надання споживачам інформації про препарати та підкреслення їхніх переваг. Одним із таких інструментів є реклама, яка відіграє вирішальну роль у формуванні споживчих переваг.

Рекламні витрати, як і будь-які інші статті витрат, враховуються в сукупних витратах фірми, проте вони мають властивість бути повністю регульованими і практично не залежать від обсягу виробництва. Ефективна стратегія управління рекламними витратами дає змогу фірмі за короткий час, навіть за невеликих витрат, значно збільшити обсяг продажів без змін у виробничому процесі. Це підкреслює важливість ретельного планування й реалізації рекламних кампаній, що сприяє зміцненню позицій компанії на ринку та підвищенню її конкурентоспроможності.

У сучасних умовах зростаючої конкуренції та швидких технологічних змін фармацевтичний ринок вимагає від магістрів фармації не лише глибоких теоретичних знань, але й практичних навичок, спрямованих на ефективне просування продукції. Формування фахово спрямованих предметних компетентностей стає ключовим завданням підготовки висококваліфікованих спеціалістів, здатних адаптуватися до динамічного ринкового середовища. Одним із важливих аспектів цієї підготовки є моделювання ефективності реклами фармацевтичної продукції. Це дає студентам змогу не лише зрозуміти теоретичні основи рекламної діяльності, але й застосувати їх на практиці, аналізуючи вплив різних рекламних стратегій на споживчі переваги та рівень продажів.

Таким чином, формування фахово спрямованих предметних компетентностей магістрів фармації засобами моделювання ефективності реклами є актуальним і важливим аспектом сучасної фармацевтичної освіти, що забезпечує підготовку фахівців, здатних ефективно працювати в умовах динамічного ринкового середовища.

Мета роботи. Мета нашої роботи полягає у вдосконаленні фахово спрямованих предметних компетентностей магістрів фармації та їх практичних навичок із метою підвищення конкурентоспроможності на фармацевтичному ринку. У цьому дослідженні ми розглядаємо можливість використання моделювання ефективності

реклами як інструмента для розвитку вказаних компетентностей. Ми прагнемо навчити майбутніх фахівців ефективно використовувати теоретичні знання для успішного вирішення реальних завдань, зокрема аналізу можливостей використання логістичної кривої для моделювання ефективності реклами у фармацевтичній сфері. Особлива увага приділяється практичним заняттям з комп'ютерного моделювання, на яких студенти можуть застосовувати теоретичні знання у практичних завданнях. Ми докладаємо зусиль для детального вивчення концепції логістичної кривої та її математичного представлення. У нашому дослідженні аналізуються потенційні можливості використання цього інструмента для аналізу й оцінки ефективності рекламних стратегій у фармацевтичній сфері. Для досягнення визначених цілей ми використовуємо різноманітні методи дослідження, включно з аналізом наукової літератури, математичним моделюванням і програмуванням мовою Python. Такий підхід дає нам змогу не лише теоретично вивчити предмет, але й застосовувати отримані знання на практиці, що є ключовим елементом успішної підготовки майбутніх фахівців у фармацевтичній галузі.

Вступ. Фармацевтична галузь постійно змінюється та розвивається, вимагаючи від фахівців не лише глибоких теоретичних знань, але й практичних і різнопланових умінь та навичок для успішної реалізації їхньої професійної діяльності професійної діяльності. Очевидною наразі є потреба формування цифрової компетентності майбутнього магістра фармації, яка передбачає вміння застосовувати прикладні програми загального та спеціального призначення у фармації, готовність до професійної комунікації в сучасному цифровому середовищі, вміння використовувати цифрові прилади, додатки й інструменти в професійній діяльності, сформовані навички пошуку, отримання, аналізу, інтерпретації та збереження даних, вміння обґрунтовувати та прогнозувати результати прийнятих рішень.

Невід'ємною складовою цифрової, а отже, і професійної компетентності є сформованість практичних навичок комп'ютерного моделювання різноманітних процесів, що є актуальними для майбутньої професійної діяльності здобувача вищої фармацевтичної освіти. Майбутні магістри фармації мають бути обізнані в методах моделювання фармацевтичних процесів, знати можливість відповідного програмного забезпечення, уміти його використовувати.

У рамках нашого дослідження ми ставили перед собою завдання поповнити арсенал засо-

бів формування фахово спрямованих предметних компетентностей майбутніх магістрів фармації у компютерному моделюванні. Одним з актуальних для сьогодення прикладів може стати моделювання ефективності реклами фармацевтичної продукції.

У цьому контексті важливим є розроблення та застосування моделей, що дадуть змогу об'єктивно оцінювати ефективність рекламних кампаній, враховуючи специфіку фармацевтичного ринку й потреби споживачів. Отже, метою цієї роботи є дослідження та моделювання ефективності реклами фармацевтичної продукції для формування фахово спрямованих предметних компетентностей магістрів фармації. Такий підхід дасть змогу підготувати майбутніх фахівців до ефективного застосування цих знань у практичній діяльності.

Нами вибрано концепцію логістичної кривої, яка має логічне математичне обґрунтування й може бути важливим інструментом для аналізу та прогнозування динаміки росту або зменшення фізичних характеристик певного явища з плином часу.

Під час вивчення деяких фізичних процесів можна спостерігати явище, за якого фізична величина, що характеризує стан об'єкта, неоднозначно залежить від фізичної величини, що характеризує зовнішні умови. Це явище німецький фізик Е. Варбург (1846–1931) у 1880 р. назвав гістерезисом. Явище гістерезису обумовлене тим, що для зміни стану явища чи об'єкта дослідження зі зміною зовнішніх умов завжди потрібний певний час; інакше кажучи, має місце певна інерційність – відставання показників від причин, що їх викликали. Графік такої залежності, показаний на рис. 1, отримав назву петлі гістерезису.

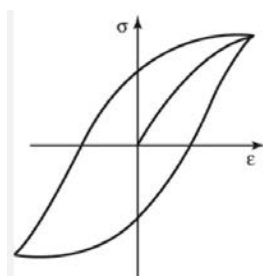


Рис. 1. Графічне зображення петлі гістерезису

Аналіз наукової літератури засвідчує, що явище гістерезису притаманне не тільки фізичним явищам і процесам, а має місце в багатьох галузях знань: у соціальних процесах, економіці, описі роботи різних механізмів, освіті для планування навчального процесу, ефективності реклами тощо. У контексті економічних і марке-

тингових явищ та процесів гістерезис може виникати через різноманітні причини. Наприклад, у ринкових процесах гістерезис може виникати через часові затримки в реакції споживачів на зміни цін або на рекламні кампанії. У цих випадках найбільш вдалим методом апроксимації петлі гістерезису буде використання S-подібних (логістичних) кривих [1].

Логістичними кривими адекватно описується чимало процесів у різних наукових галузях: динаміка поширення епідемій, процеси розвитку чисельності популяції в замкненому середовищі, деякі моделі поширення інформації, ефективність реклами тощо. Такий підхід є корисним для прогнозування результатів рекламних кампаній, оцінювання впливу змін цінової політики й інших маркетингових стратегій, дослідження динаміки попиту на окремі продукти з плином часу.

Графік типової логістичної кривої наведено на рис. 2.

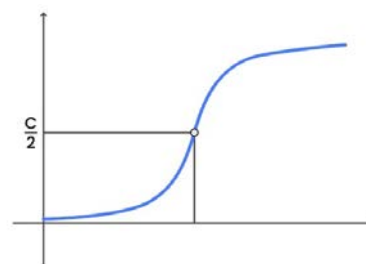


Рис. 2. Графічне зображення типової логістичної кривої

У рамках навчальної дисципліни «Комп'ютерне моделювання у фармації» в Національному медичному університеті імені О. О. Богомольця проводиться практичне заняття на тему «Використання рівняння логістичної кривої для аналізу технологічних нововведень та їх впливу на показники системи, залежності від вкладених затрат». Ця тема спрямована на вивчення та практичне застосування методів моделювання для аналізу впливу технологічних нововведень на розвиток фармацевтичних систем і потребує системного оновлення й розширення арсеналу моделей, які б викликали зацікавленість студентів, підвищуючи тим самим мотивацію до навчання.

Основна частина. Сучасний рівень розвитку науки і техніки та наявне комп'ютерне програмне забезпечення значно розширюють можливості застосування математичних методів у маркетингу та менеджменті.[2] Моделювання ефективності реклами фармацевтичної продукції з використанням логістичної кривої може бути корисним інструментом для аналізу та прогнозування реак-

Таблиця 1

Місяць (t)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Продажі (P(t))	100	250	500	800	1100	1350	1500	1600	1650	1675	1685	1690

ції споживачів на рекламні кампанії. Логістична крива, також відома як крива насичення, використовується для опису залежності між рекламними витратами й обсягом продажів. Вона передбачає, що вплив реклами на збут не безмежний, але досягає максимуму після певного рівня рекламних витрат.

Логістична крива є математичною моделлю, яка може використовуватися для опису росту або поширення нового продукту на ринку. Ця крива відображає початкове швидке зростання попиту на продукт, за яким слідує повільне зниження темпів росту до моменту досягнення насичення ринку. Математично логістична крива може бути виражена формулою:

$$P(t) = \frac{L}{1 + e^{-k(t-t_0)}}$$

де $P(t)$ – кількість продукту на час; L – максимальний потенціал продажів (насичення ринку); k – коефіцієнт росту; t_0 – час початку росту; t – час.

Розглянемо приклад моделі, яка може бути використана в освітньому процесі підготовки магістрів фармації на практичних заняттях із навчальної дисципліни «Комп’ютерне моделювання», і побудуємо відповідний графік для ілюстрації застосування логістичної кривої в моделюванні ефективності реклами фармацевтичної продукції.

Припустимо, що в нас є дані про обсяги продажу нового фармацевтичного препарату (наведені в табл. 1).

Дані продаж фармацевтичного препарату протягом 12 місяців

$L = 1700$, коефіцієнт росту; $k = 0,3$, а час початку росту; $t_0 = 1$ (перший місяць).

Тоді формула для логістичної кривої набуде вигляду: $P(t) = \frac{1700}{1 + e^{-0,3(t-1)}}$. Для візуалізації логістичної кривої використаємо об’єктно-орієнтовану мову програмування *Python* та бібліотеку *matplotlib* (табл. 2).

Побудований за допомогою вищезазначеного програмного забезпечення графік має вигляд, що представлений на рисунку (рис. 3).

На отриманому графіку червона лінія є логістичною кривою, що адекватно відображає динаміку зростання обсягу продажів фармацевтичного препарату. Вона показує, що після певного моменту рост продажів сповільнюється, що є

Таблиця 2

Приклад символічного коду рішення задачі з графічною візуалізацією

```
# Дані
t = np.arange(1, 13, 1)
P = np.array([100, 250, 500, 800, 1100, 1350, 1500, 1600, 1650, 1675, 1685, 1690])

# Логістична крива
L = 1700
k = 0.3
t_0 = 1
P_logistic = L / (1 + np.exp(-k*(t-t_0)))

# Побудова графіка
plt.figure(figsize=(10, 6))
plt.scatter(t, P, label='Дані продажів', color='blue')
plt.plot(t, P_logistic, label='Логістична крива', color='red')
plt.title('Логістична крива росту продажів фармацевтичного препарату')
plt.xlabel('Місяць')
plt.ylabel('Продажі')
plt.legend()
plt.grid(True)
plt.show()
```

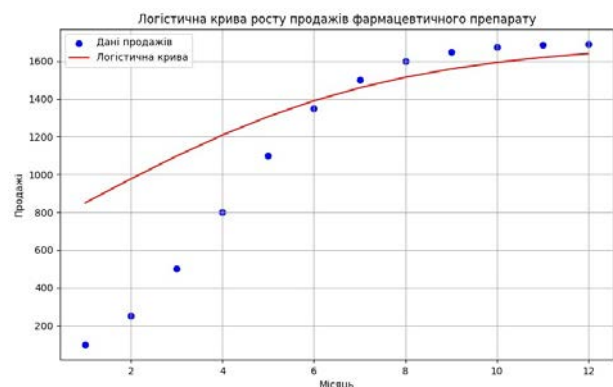


Рис. 3. Логістична крива росту продажів фармацевтичного препарату

типовим для більшості продуктів на ринку. Застосовуючи цю модель, фармацевтичні компанії можуть більш точно прогнозувати попит на свою продукцію та оптимізувати рекламні кампанії для досягнення максимального ефекту.

Розглянемо задачу, у якій йдеться про більшу кількість чинників впливу (більшу кількість

Таблиця 3

Приклад символного коду розв’язку задачі з рекламною компанією (мова програмування Python)

```

N = 300000 # загальна кількість потенційних покупців
x0 = 100 # початкова кількість поінформованих покупців
k = 2 * 10**-6 # коефіцієнт інтенсивності спілкування між
поінформованими та непоінформованими покупцями
t0 = 0 # початковий час
dt = 0.1 # крок часу
t_max = 40 # максимальний час
# Функція, яка обчислює dx/dt за допомогою диференціального рівняння
def dx_dt(x):
    return k * x * (N - x)
# Метод Рунге – Кутта четвертого порядку
def runge_kutta(x, dt):
    k1 = dt * dx_dt(x)
    k2 = dt * dx_dt(x + 0.5 * k1)
    k3 = dt * dx_dt(x + 0.5 * k2)
    k4 = dt * dx_dt(x + k3)
    return x + (k1 + 2 * k2 + 2 * k3 + k4) / 6
# Ініціалізація
t_values = np.arange(0, t_max, dt)
x_values = [x0]
# Обчислення значень x за допомогою методу Рунге – Кутта
for t in t_values[1:]:
    x_values.append(runge_kutta(x_values[-1], dt))
# Побудова графіка
plt.plot(t_values, x_values)
plt.title('Динаміка поширення інформації про препарат')
plt.xlabel('Час, місяці')
plt.ylabel('Кількість поінформованих покупців')
plt.grid(True)
plt.show()
    
```

параметрів). Припустимо, що фармацевтична фірма розпочала рекламну кампанію нового препарату. Припустимо, за даними маркетологів маємо певну кількість потенційних покупців (N). До початку рекламної компанії кількість покупців, які мали інформацію про препарат, дорівнювала ($x_0 = 100$ чел.). Подальша інформація розповсюджувалася в процесі спілкування з певним коефіцієнтом (k). Цільовою метою є визначення того, через який час новий препарат стане загальновідомим, тобто коли кількість осіб, які знають про препарат, дорівнюватиме загальній кількості потенційних покупців (N). Якщо позначити $x = x(t)$ кількість покупців, що знають про новий препарат на момент часу t , тоді $(N - x)$ – це кількість покупців, що на момент часу t ще не поінформовані про нього. Швидкість зростання кількості покупців, що знають про новий товар, похідна $\frac{dx}{dt}$ пропорційна кількості зустрічей між поінформованими та непоінформованими покупцями $x \cdot (N - x)$.

Математична модель задачі буде диференціальним рівнянням:

$$\frac{dx}{dt} = k \cdot x \cdot (N - x)$$

Символьний код розв’язку такої задачі наведено в таблиці (табл. 3).

Для візуалізації розв’язку диференціального рівняння ми скористаємося кодом, який був наведений вище, використаємо бібліотеку Python для побудови графіка логістичної кривої (рис. 4)

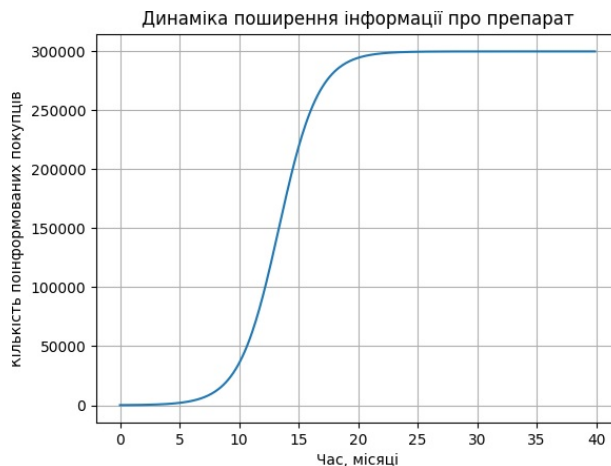


Рис. 4. Логістична крива. Динаміка поширення інформації про препарат (мова програмування Python)

Проаналізуємо, яким чином доцільніше використовувати ці напрацювання в рамках навчальної дисципліни «Комп’ютерне моделювання у фармації», де згідно з програмою є практичне заняття на тему «Використання рівняння логістичної кривої для аналізу технологічних нововведень та їх впливу на показники системи залежно від вкладених затрат».

Використання рівняння логістичної кривої дає змогу зрозуміти динаміку змін у системі залежно від зростання затрат і визначити оптимальні стратегії розвитку. Використання програм СКМ, таких як MatCAD, дає змогу проводити аналіз та прогнозування за допомогою наукових і практичних методів, що є важливим аспектом сучасної фармацевтичної діяльності.

У цьому контексті пропонується вирішити аналогічну задачу, використовуючи програми, що належать до пакета систем комп’ютерної математики (СКМ), із застосуванням, зокрема, програми MatCAD.

MatCAD має зручний інтерфейс, що дає змогу легко визначати диференціальні рівняння, встановлювати початкові умови, а також виконувати

$N := 300 \cdot 10^3$	Кількість потенційних покупців;	$x := 100$	кількість проінформованих покупців
			$k := 2 \cdot 10^{-6}$ коефіцієнт спілкування
$D(t, x) := k \cdot x \cdot (N - x)$	Диференціальне рівняння (математична модель)		
$P := 0$	Початок інтервалу інтегрування	$W := 36$	проміжок часу 36 місяців
$n := W \cdot 30 \rightarrow 1080$	кількість точок встановимо такою, щоб отримати значення функції кожної доби		
$s := \text{Radau}(x, P, W, n, D)$	Функція для отримання чисельного розв'язку диференціального рівняння		

Рис. 5. Розв'язок задачі за допомогою функції Radau в MatCAD

обчислення й побудову графіків без необхідності в програмуванні. MatCAD надає доступ до різних чисельних методів для розв'язання диференціальних рівнянь, таких як метод Рунге – Кутта, метод Ейлера, методи інтегрування, а також вбудовані функції для чисельного розв'язку диференціальних рівнянь. Також надає можливість побудови графіків і візуалізації результатів обчислень без необхідності в складних програмах для візуалізації даних.

Продемонструємо розв'язок задачі динаміки поширення інформації про препарат у програмі MatCAD. Ми сформулюємо математичну модель для розв'язання її методом Рунге – Кутта. Однією з переваг MatCAD є те, що він має вбудовані функції для чисельного розв'язання диференціальних рівнянь, включно з функцією Radau для методу Рунге – Кутта. Це дає змогу легко виконувати обчислення без потреби встановлювати додаткові пакети чи здійснювати додаткові налаштування (рис. 5).

Для більш точного визначення часу, коли новий препарат стане загальновідомим, скористаємося масивами значень часу t та кількості покупців x . У масиві значень x за допомогою полоси прокрутки відшукаємо значення, що відповідає кількості потенційних покупців ($N = 3 \cdot 10^5$). Як бачимо, кількість потенційних покупців буде поінформована на 840-й день, тобто приблизно через 28 місяців. Ці розрахунки наведені на рис. 6.

За допомогою отриманих чисельних результатів можемо оцінити ефективність реклами фармацевтичної продукції, розглянути вплив різних рекламних стратегій на швидкість поширення інформації, а також зробити висновки щодо оптимального рівня рекламного бюджету для досягнення максимальної ефективності. MatCAD надає різноманітні можливості для візуалізації та аналізу даних, що дає змогу вивчати поведінку математичних моделей, порівнювати різні сценарії та робити висновки з результатів. За отриманими даними побудуємо графік (рис. 7).

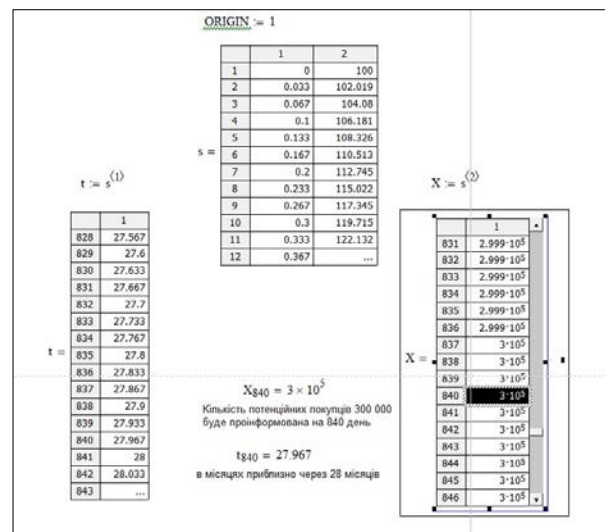


Рис. 6. Визначення часу, коли новий препарат стане загальновідомим

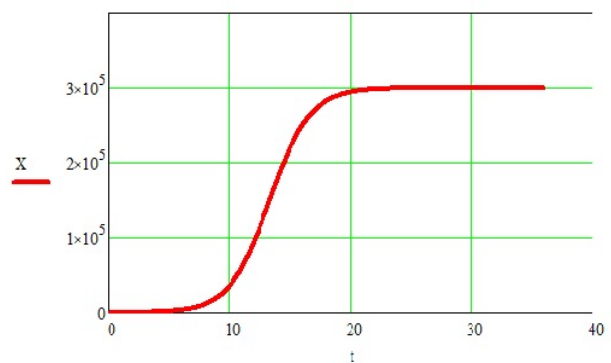


Рис. 7. Логістична крива. Динаміка поширення інформації про препарат виконано в MatCAD

З діаграми можна зрозуміти, що максимальна кількість покупців, поінформованих стосовно нового фармацевтичного препарату, досягає максимально можливого значення (тобто загальної кількості потенційних покупців $N = 300\,000$) десь між 20-м і 30-м місяцями від початку рекламної кампа-

нії. Це і є час, коли новий препарат стане загальновідомим. За допомогою цієї інформації можна оптимізувати рекламну кампанію, визначити оптимальний час завершення рекламних заходів або змінити стратегію просування продукту.

MatCAD є ефективним засобом для розв'язання диференціальних рівнянь і побудови графіків різного рівня складності, зокрема логістичних кривих. Навчити студентів використовувати MatCAD для професійно орієнтованих задач є важливим етапом формування цифрової компетентності майбутнього магістра фармації, оскільки ця програма є високоточним інструментом моделювання й аналізу даних. Водночас MatCAD є відомим і широко використовуваним програмним забезпеченням для наукових та інженерних сфер діяльності, що сприяє його постійному вдосконаленню та підвищує його потенціал у вирішенні математичних і фармацевтичних задач.

Висновки. Отримані результати вказують на важливість поєднання теоретичних знань із практичним досвідом у навчальному процесі. Дослідження підтверджує, що моделювання ефективності реклами фармацевтичної продукції є актуальною темою, особливо з урахуванням потреби у формуванні фахово спрямованих предметних компетентностей магістрів фармації. Цей підхід дає змогу не лише аналізувати ефективність рекламних стратегій, але й розвивати у студентів необхідні навички для професійного використання таких інструментів у майбутній кар'єрі. Таке дослідження є важливим кроком у вдосконаленні освітнього процесу та підвищенні

зацікавленості студентів до навчальної дисципліни «Комп'ютерне моделювання у фармації».

Розв'язуючи задачу стосовно ефективності реклами фармацевтичної продукції, ми використали декілька мов програмування: Python і програму MatCAD. Провівши порівняльний аналіз цих інструментів, ми дійшли висновку, що MatCAD має переваги у вирішенні подібних завдань і його доцільніше використовувати в навчальному процесі. Інтуїтивний інтерфейс і вбудовані функції для аналізу диференціальних рівнянь роблять його ідеальним інструментом для формування у студентів навичок комп'ютерного моделювання й аналізу даних.

Перспективи подальших досліджень

Розвиток більш складних математичних моделей, які враховують додаткові фактори, такі як конкуренція на ринку, психологічні аспекти споживачів та інші змінні.

- Аналіз різних рекламних стратегій – порівняння ефективності різних стратегій реклами фармацевтичної продукції, включно з онлайн-рекламою, традиційними рекламними кампаніями та взаємодією з лікарями.

- Географічний аналіз – дослідження варіацій у відгуках на рекламу фармацевтичної продукції в різних регіонах і країнах.

Ці напрями досліджень можуть сприяти розвитку точніших та ефективніших стратегій реклами фармацевтичної продукції, поліпшенню рівня обслуговування пацієнтів та знайдуть гідне місце в процесі підготовки майбутніх магістрів фармації.

Список літератури:

1. Геометричні характеристики s-подібних (логістичних) кривих, що застосовуються при моделюванні явища гістерезису / С. В. Гадецька, В. Ю. Дубницький, Ю. І. Кушнерук, Л. Д. Філатова та О. І. Ходирев. Системи обробки інформації, 2021. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:239247764>.
2. Математичні моделі в маркетингу та менеджменті : навч. посіб. / уклад. Гамалій В. Ф., Сотніков В. С., Жовновач Р. І., Вишневецька В. А., Загреба М. М., Ніколаєв І. В. Вид. 3-тє, доп. та перероб. Кропивницький, 2023. 181 с.
3. Планування маркетингової політики фармацевтичного підприємства. Формування асортиментної політики. Управління товарними запасами. Персональний продаж та стимулювання збуту лікарських засобів : навчальний посібник для керівників фармацевтів / провізорів-інтернів на базах стажування / І. В. Бушуєва, Н. М. Борисенко, Т. Г. Литвиненкова. ЗДМУ, 2022.
4. Caulkins J.P. Interaction of Pricing, Advertising and Experience Quality: A Dynamic Analysis / J.P. Caulkins, G. Feichtinger, D. Grass, R.F. Hartl, P.M. Kort and A. Seidl // European Journal of Operational Research. 2016.
5. Korotunova, O. Mathematical modeling of cylindrical structures under impulse loading [Електронний ресурс] / O. Korotunova, Yu. Mastynovsky, G. Shyshkanova // Mathematics in Technical and Natural Sciences : матеріали гібридної міжнар. наук. конф., Албена, 21–26 червня 2023 р. Софія, Болгарія, 2023. С. 34.

References:

1. Hadetska, S.V., Dubnytskyi, V. Yu., Kushneruk, Yu.I., Filatova, L.D. & Khodyriev. O.I. (2021). Heometrychni kharakterystyky s-podibnykh (lohistychnykh) kryvykh, shcho zastosovuiutsia pry modeliuvanni yavyscha histerezysu [Geometric characteristics of s-shaped (logistic) curves used in modeling the phenomenon of hysteresis], Systemy obrobky informatsii, <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:239247764>.
2. Matematychni modeli v marketynhu ta menedzhmenti [Mathematical models in marketing and management]: navch. posib. / uklad. Hamalii V.F., Sotnikov V.S., Zhovnovach R.I., Vyshnevskaya V.A., Zahreba M.M., Nikolaiev I.V. Vyd. 3-te, dop. ta pererob. Kropyvnytskyi, 2023. 181 p.
3. Planuvannya marketingovoi polityky farmatsevtynoho pidpriemstva. Formuvannya asortymentnoi polityky. Upravlinnia tovarnymi zapasamy. Personalnyi prodazh ta stymuliuvannya zbutu likarskykh zasobiv. Navchalnyi posibnyk dlia kerivnykiv farmatsevtiv/provizoriv-interniv na bazakh stazhuvannya / I.V. Bushuieva, N.M. Borysenko, T.H. Lytvynenkova. ZDMU, 2022.
4. Caulkins, J.P. (2016). Interaction of Pricing, Advertising and Experience Quality: A Dynamic Analysis / J.P. Caulkins, G. Feichtinger, D. Grass, R.F. Hartl, P.M. Kort and A. Seidl // European Journal of Operational Research.
5. Korotunova, O. (2023). Mathematical modeling of cylindrical structures under impulse loading [Elektronnyi resurs] / O. Korotunova, Yu. Mastynovsky, G. Shyshkanova // Mathematics in Technical and Natural Sciences: materialy hibrydnoi mizhnar. nauk. konf., Albena, 21–26 chervnia 2023 r. Sofia, Bolharia, P. 34.