

УДОСКОНАЛЕНА МОДЕЛЬ ДИФУЗІЇ ІННОВАЦІЙ БАССА ДЛЯ ПРОГНОЗУВАННЯ ЗМІНИ ГРОМАДСЬКОЇ ДУМКИ ПІД ЧАС РЕАЛІЗАЦІЇ НАРАТИВУ В СОЦІАЛЬНИХ МЕРЕЖАХ

Під час написання статті проаналізовано складну динаміку прогнозування громадської думки на основі реалізації наративів у соціальних мережах, використовуючи модель дифузії інновацій Басса. Визначаючи важливу роль наративів у формуванні колективних поглядів дає основу використати модель дифузії інновацій Басса для прогнозування та розуміння змін у суспільних настроях під час впровадження та реалізації наративів в соціальних мережах. На основі викладеного поставлено завдання дослідження: удосконалення моделі дифузії інновацій Басса для прогнозування змін громадської думки в соціальних мережах, що безпосередньо буде сприяти розробленню якісного контенту визначеними силами та засобами для створення сприятливих умов під час застосування військ (сил) так і в мирний час за рахунок введення коефіцієнта охоплення цільової аудиторії. Під час написання статті застосовано теоретичні методи, а саме аналіз досліджень і публікацій за тематикою розвитку стосовно використання дифузії інновацій, що описує процес того, як інновації приймаються населенням, аналізу статистичних даних громадської думки, порівняння для виявлення тенденцій розвитку щодо споживання інформацією в соціальних мережах, а також синтезу для досягнення мети дослідження. У статті представлено математичний апарат, який включає модель дифузії Басса в мережеву поведінку для моделювання розповсюдження наративів і прогнозування змін у громадській думці. Вперше обґрунтовано підхід до імітаційного моделювання впровадження та реалізації наративу в соціальній мережі на основі моделі дифузії Басса, що дало змогу дослідити споживчу поведінку користувачів соціальної мережі під впливом інформування та міжособистісного спілкування в соціальній мережі. Інтегруючи концепції моделі Басса, такі як прийняття інновацій та імітаційна поведінка, запропонована модель має на меті передбачити динаміку суспільних настроїв у відповідь на поширення наративів.

Ключові слова: вплив, інформаційний вплив, інформування, наратив, цільова аудиторія, моніторинг, соціальна мережі, стратегічні комунікації, зв'язки з громадськістю, цивільно-військове співробітництво, модель, моделювання, моделі дифузії Басса.

Вступ

Інноваційні підходи та сучасні досягнення в інформаційно-комунікаційній сфері внесли вагомий вплив на життя мільйонів людей. Ефемерне, а загалом можна сказати “вірусне” підключення до глобальних мереж, частота та поширеність використання мобільних пристроїв, гаджетів та девайсів докорінно змінили формати обміну інформацією у всіх сферах соціального життя населення в середині держави так і за межами. Людина (користувач) все більше стає віртуальною персоною, яка отримує інформації та створює певні умови для її поширення. Так, соціальні мережі поступово набули статусу невід’ємної частиною сьогодення.

Використовуючи свій інформаційний потенціал в період з 2007 по 2008 роки російська сторона проводила активну діяльність із закріплення в українському інформаційному просторі за допомогою традиційних та електронних ЗМІ, а також соціальних мереж тем і меседжів, що мали підготувати цільові аудиторії до подальшої збройної агресії [1, с. 261].

Водночас виникнення та розвиток нових соціальних мереж, швидке збільшення кількості користувачів, значне популяризування та використання як засобу інформаційного впливу на процеси формування громадської думки, яка циркулює мережею в цілому. Так, національна система стійкості для забезпечення високого рівня готовності суспільства і держави до реагування на широкий спектр загроз передбачає налагодження та підтримання надійних каналів комунікації державних органів із населенням на всій території України [2], що безпрецедентно вказує про налагодження цього діалогу через соціальні мережі та надає можливості для дослідження цієї взаємодії.

Постановка проблеми

Спеціальні операції, які здійснює росія, а саме поширення деструктивних інформаційних впливів в соціальних мережах як ззовні, так і всередині України постійно використовують

суспільні протиріччя, розпалюють ворожнечу та провокують до підриву суспільної єдності. Так, в межах своїх компетенцій цивільно-військове співробітництво та зв'язків з громадськістю у системі стратегічних комунікацій Збройних Сил України здійснюють заходи щодо упередження інформаційних загроз, а саме ЦВС – створення сприятливих умов у цивільному середовищі для досягнення військових цілей шляхом організації та підтримання належного рівня цивільнової військової взаємодії та інформування з визначеними об'єктами цивільного середовища в районах виконання завдань за призначенням (дислокації) частин та підрозділів Збройних Сил України та інших складових сил оборони; ЗГ – інформаційний супровід діяльності, задоволення інформаційних потреб ЗС України, а також інформування громадськості та ЗМІ щодо їх професійної діяльності в мирний час та в особливий період. Зазначені компетентності безпосередньо вказують на необхідність розроблення (удосконалення) математичних моделей щодо прогнозування громадської думки в мирний час та в особливий період. Так, моделі дифузії традиційно використовуються в маркетингу для відстеження динаміки життєвого циклу нового продукту, прогнозування попиту на новий продукт, а також як допоміжний засіб для прийняття стратегічних рішень перед запуском продукту, під час запуску та після запуску на ринок. Розглядаючи інформацію, яка має різну тональність та забарвленість в соціальній мережі дає можливість порівняти її властивості до продукту, тобто інформаційного та сформувати відповідний попит на нього. Водночас інформаційний продукт може повністю вираженим нарративом так і сегментарною частиною для його сприйняття та реалізації.

Оскільки наративи циркулюють у соціальних мережах, точне прогнозування того, як вони вплинуть на громадську думку, залишається значним викликом через складну природу поведінки користувачів, динамічну структуру мережі та різноманітний зміст нарративів. Традиційні методи аналізу суспільних настроїв часто не здатні вловити нюанси динаміки поширення нарративів та їхнього впливу на колективні настрої. Крім того, стрімкий розвиток інформаційних технологій призвів до появи нових платформ і каналів комунікації, що ще більше ускладнює завдання розуміння і прогнозування зрушень у громадській думці. Тому існує нагальна потреба у вдосконалених математичних моделях, які можуть ефективно інтегрувати ці багатогранні фактори, щоб забезпечити розуміння особливостей розвитку суспільних настроїв під час реалізації нарративів у соціальних мережах та створити сприятливі умови у інформаційному середовищі для досягнення військових цілей. В якості математичних моделей можуть бути обрані дифузійні моделі, які будуть описувати: процеси впровадження нарративу в соціальних мережах, його життєвий цикл реалізації, а також прогнозу поведінку користувачів мережі після його сприйняття.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Останні дослідження щодо поширення інформації зосереджені на розумінні динаміки формування та поширення громадської думки в соціальних мережах, особливо в контексті поширення нарративів. Такі дослідники, як Дункан Воттс [3], Джона Бергер [4] та Сінан Арал [5], використовували різні методології, зокрема математичне моделювання, мережевий аналіз та аналіз настроїв, щоб розгадати складнощі, що лежать в основі змін суспільних настроїв в онлайн-середовищі.

Дифузійні моделі традиційно використовуються у маркетингу для моніторингу динаміки життєвого циклу нового продукту, прогнозування попиту на новий продукт [6].

Так, для моделювання поширення інформації у соціальних мережах можна використовувати модель дифузії Басса [7] і модель SIR [8-10]. Ці моделі можуть урахувати такі фактори, як структура мережі, взаємодія користувачів і нарративний контент для прогнозування змін у суспільних настроях з часом. У статті буде розглянуто прогнозування зміни громадської думки на основі моделі дифузії Басса, яка надає більший спектр сегментації цільової аудиторії та дослідити комунікативні явища.

Метою статті є удосконалення модель дифузії інновацій Басса для дослідження та прогнозування змін громадської думки в соціальних мережах для створення сприятливих умов під час застосування військ (сил) так і в мирний час. Під час моделювання й обчислення параметрів моделі буде використана мова програмування високого рівня Python.

Поняття та концептуальні положення теорії дифузії інновацій

Дифузія – це процес, за допомогою якого інновація поширюється певними каналами протягом певного часу між членами соціальної системи. Це особливий тип комунікації, оскільки повідомлення стосуються нових ідей. Комунікація – це процес, в якому учасники створюють та обмінюються інформацією один з одним з метою досягти взаєморозуміння. З цього визначення випливає, що комунікація – це процес зближення (або розбіжності), коли двоє або більше осіб обмінюються інформацією, щоб рухатися назустріч один одному (або розходитися) у значеннях, які вони приписують певним подіям [11, с. 5].

Так, теорія дифузії інновацій, що була розроблена Е. М. Роджерсом, є однією з найдавніших теорій суспільних наук [12, с. 26]. Вона зародилась у спілкуванні, щоб пояснити, як з часом ідея чи продукт набирає обертів і розповсюджується (або поширюється) через певну сукупність чи соціальну систему. Кінцевим результатом цієї теорії є те, що люди (споживачі), як частина соціальної системи, приймають нову ідею, поведінку чи продукт. Прийняття ідеї, а саме її впровадження, означає, що людина починає робити щось інакше, ніж до цього (тобто купує чи використовує новий товар, набуває та виконує нову поведінку тощо). Ключ до прийняття полягає в тому, що людина повинна сприймати ідею, поведінку чи продукт як нову або інноваційну. Саме завдяки цьому можлива дифузія.

Систематична подача нової інформації, яка підсилює загальну ідею (нарратив) заходів інформування буде стимулювати та мотивувати користувачів соціальної для сприйняття, охоплення та залучення до дій інформацією та в цілому описувати “дифузіїю нарративу” в соціальній мережі.

Процес зміни суспільної поведінки щодо ставлення до нарративу не відбувається одночасно в соціальній мережі, можна зазначити, що це процес, при якому деякі користувачі мають більше схильності сприймати нову інформацію для більшої обізнаності та розуміння основного її поширення, ніж інші, які мають різні фільтри по сприйняттю чогось нового. Так, користувачі, які рано сприймають новий інформаційний продукт, мають інші особливості характеру, ніж користувачі, які пізніше сприймають її, а також активно співпрацюють з впровадженням за відомим гаслом “роби як я, роби краще за мене” (вподобай, репости, коментуй, приєднуйся до цієї мережі тощо). Просуваючи нарратив до визначених цільових аудиторій, постає нагальна потреба в сегментації цільових аудиторій для визначення основних напрямів заходів інформування для зміни поведінки до відповідного “інформаційного продукту” та визначити основні бар’єри на цьому шляху. Так, можна визначити п’ять встановлених категорій споживачів інновації: новатори, ранні послідовники, рання більшість, пізня більшість та останню категорію можна назвати відстаючі, і хоча більшість сукупності має тенденцію потрапляти до середніх категорій, все одно необхідно зрозуміти характеристики всієї потенційної аудиторії. Два типи ліній використовуються для опису та кількісної оцінки дифузії інновації, крива дзвінка ілюструє кількість осіб, які перебувають на кожному з п’яти етапів прийняття, а S-крива використовується для ілюстрації частини користувачів мережі, яка сприйняла нарратив (інформаційний продукт) (рис. 1) [13]:

новатори (2,5%) – це першопроходці, які завжди шукають найновішу та найбільш прогресивну перспективну (актуальну) інформацію для послідовного забарвлення мережі та підсилення нарративу. Вони відіграють вирішальну роль у впровадженні та просуванні нарративу в соціальній мережі. Новатори є тими, хто відкриває і просуває інформацію, створюючи початковий ажіотаж і інтерес серед своїх підписників (онлайн-знайомих);

ранні послідовники (13,5%) – відкриті до нових ідей зміни поведінки, але діють більш розсудливо, ніж новатори. Вони впливові та мають хороші зв’язки в соціальній мережі. Ранні

послідовники виступають лідерами думок. Їхнє сприйняття наративу вказує іншим, що на інформацію варто звернути увагу, сприяючи поширенню інформаційного продукту та охопленню ширшої цільової аудиторії;

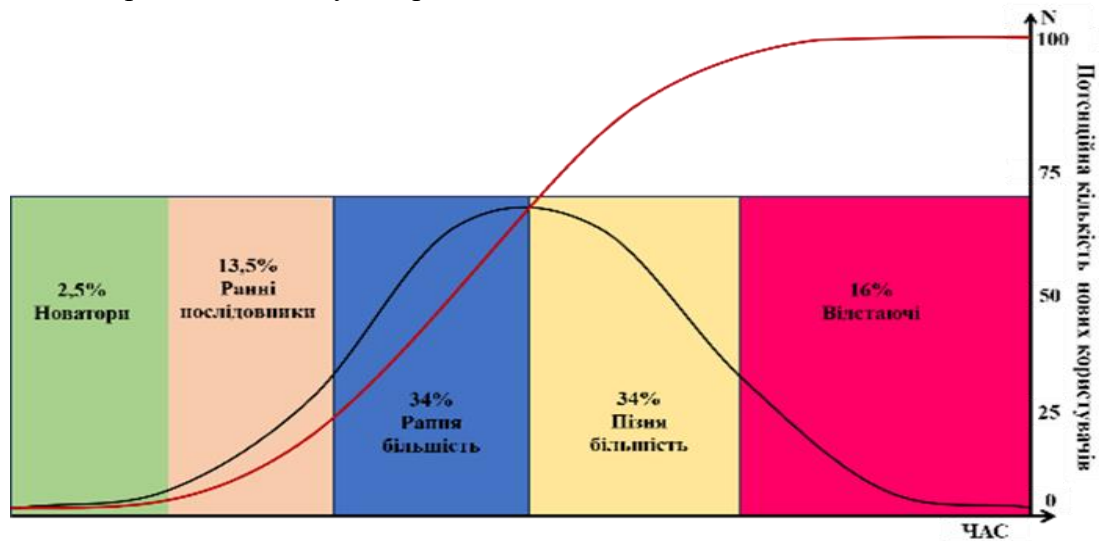


Рис. 1. Категорії сприйняття інновацій споживачами та їх загальне охоплення

рання більшість (34%) – представляє головний сегмент споживачів інформації, які уважно спостерігають і оцінюють досвід новаторів і ранніх послідовників, перш ніж прийняти рішення про сприйняття нової інформації. Рішення ранньої більшості прийняти інформацію підтверджує її достовірність і заохочує (мотивує) інших наслідувати цей приклад;

пізня більшість (34%) – подібно до ранньої більшості, ця група схильна сприймати наратив після того, як він був остаточно закріплений в соціальній мережі. Вони, як правило, більш скептичні та обережні у своєму підході до змін в своєму інформаційному середовищі. Пізня більшість значною мірою покладається на досвід інших у своїх соціальних мережах, перш ніж поширювати інформаційний продукт (наратив). Пізня більшість сприяє насиченню соціальної мережі інформацією. Сприйняття цим сегментом відображає широке охоплення та залучення до дій користувачів соціальної мережі з плином певного часу та впливає на подальше поширення інформації. У соціальних мережах на пізню більшість може впливати зростаюча кількість позитивних відгуків (коментарів), тематичних досліджень чи рекомендацій, якими діляться інші;

відстаючі (16%) – як правило, несприйнятливі до змін поведінки до відповідного наративу і можуть сприйняти його лише тоді, коли наратив стає соціальною нормою або необхідністю. Відстаючі приймають нововведення в останню чергу. На них може впливати соціальний тиск або зовнішні фактори, щоб вони нарешті прийняли інформаційний продукт. Їхнє сприйняття може свідчити про те, що інформація стала мейнстрімом або має важливе значення. Однак їхній вплив на початкове поширення мінімальний. У соціальних мережах відстаючі можуть ознайомитися з наративом через поступове насичення інформацією про наратив або під впливом своїх соціальних зв'язків, які вже прийняли наратив;

У контексті поширення інформації в соціальних мережах кожен сегмент може відігравати свою роль. Новатори та ранні послідовники, швидше за все, будуть більш активними в обміні інформацією, маючи більший досвід роботи з інформаційним продуктом (наративу). Рання і пізня більшість може покладатися на цю інформацію при прийнятті рішення про впровадження, тоді як відстаючим може знадобитися більше часу і впливу, щоб їх переконати. Соціальні мережі дозволяють здійснювати зміну ставлення до наративу між цими сегментами, сприяючи загальному поширенню.

Як раніше було зазначено в нашому прикладі інформація, яка циркулює в соціальній мережі набуває визначення як інформаційний продукт тож слід зрозуміти деякі тлумачення. Інформація, у загальному тлумаченні, – це зафіксовані в документованій формі або публічно виголошені відомості про події та явища в суспільстві, державі, довкіллі, які людина сприймає безпосередньо за допомогою власних органів чуття чи спеціальних пристроїв як віддзеркалення фактів матеріального або духовного світу в процесі використання різних каналів комунікації, включно із засобами масової інформації, текстовими, вербальними повідомленнями; джерелом інформації є також взаємодія з природою [14]. Також, унаслідок застосування інформаційних технологій до інформаційних ресурсів створюється певна нова інформація або інформація в новій формі. Це продукція інформаційних систем та інформаційних технологій, яка називається інформаційними продуктами і послугами [15]. Так, інформаційний продукт можна розглядати як результат створення чи семантичної переробки інформації в документованій формі, яка допускає багаторазове використання продукту в процесі задоволення інформаційних потреб [16]. Отже, під поняттям “інформаційний продукт” варто розуміти створення нової інформації або вторинної на основі існуючої для задоволення інформаційних потреб користувачів, що безпосередньо буде являтися наративом або частиною його складової для розкриття основної ідеї, яка полягла в його основу та містити наступне: поточний стан – опис проблеми, яка потребує вирішення або бажана умова, яку потрібно зберегти; майбутній стан – опис цілей, підтримка поточного стану або трансформація тощо; шлях – роз’яснення яким чином досягти бажаного результату; обґрунтування – чому запропонована зміна стану ставлення цільової аудиторії чи підтримка поточного стану є оптимальною, або краща за альтернативні, тобто необхідний перелік вимог щоб дані перетворити на інформаційний продукт [17].

Так, у взаємопов’язаному середовищі соціальних мереж інформаційний продукт виділяється як основний рушій дифузії інновацій, виступаючи інноваційною силою, що поширюється через мережу. На відміну від традиційних інновацій, інформаційні продукти є нематеріальними і характеризуються швидким і широким розповсюдженням. Водночас необхідно враховувати атрибути інформаційних продуктів, які сприяють їхньому поширенню в соціальних мережах, розглядаючи такі фактори, як “вірусність” контенту (містить високий рівень емоційності), залучення користувачів та вплив лідерів думок у соціальній мережі. Щоб привернути увагу користувачів соціальних мереж, інформаційний продукт має бути чітко викладеним і представленим у переконливий спосіб. До того ж, дифузія інновацій є одночасно і причиною, і похідною функцією розвитку технологічної системи [18]. К. Фрімен, Д. Кларк і Л. Соєте аналізують вплив часу, ступеня інноваційності, специфіки галузі та соціально психологічних чинників на масштаби поширення інновацій в суспільстві [19]. Сама дифузія інновацій може відбуватися ефективно тільки при створенні відповідних адаптуючих умов і стимулювання самих адаптерів (користувачів).

Різноманітність та спрямованість соціальних мереж перетворює їх на головні комунікаційні канали для поширення наративу. Різні платформи соціальних мереж містять різні інструменти комунікацій, такі як пости, коментарі, прямі повідомлення або функції спільного доступу, що дозволяє користувачам ділитися, обговорювати та обмінюватися інформацією. Найпопулярніші канали комунікацій за кількістю активних користувачів (у мільйонах) представлені в інфографіці на рис. 2 [20].

Також слід зауважити, що соціальна комунікація (англ. social communication) це обмін між людьми або іншими соціальними суб’єктами цілісними знаковими повідомленнями, у яких відображені інформація, знання, ідеї, емоції тощо, обумовлений цілим рядом соціально значимих оцінок, конкретних ситуацій, комунікативних сфер і норм спілкування, прийнятих у даному суспільстві [21, с. 38].

Заразом з тим, час відіграє вирішальну роль у процесі дифузії наративу. Швидкість, з якою інформація поширюється через соціальні мережі, може суттєво вплинути на швидкість

поширення інформаційного продукту. Соціальні мережі надають користувачам платформу в режимі реального часу для збору та оцінки інформації про наратив, що впливає на час прийняття рішення для його сприйняття чи відштовхування. Процес поширення інформаційного продукту має складатися з кількох етапів, серед яких отримання знань про інформаційний продукт, переконання, прийняття рішення та реалізація (рис.3).

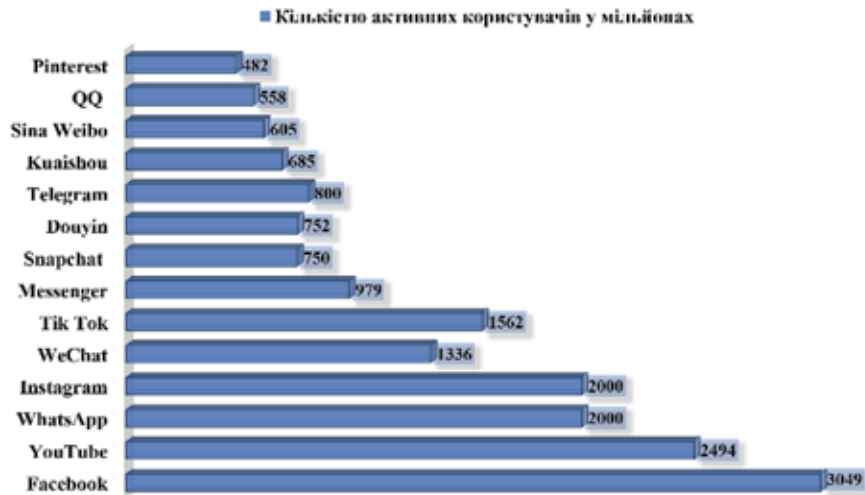


Рис. 2. Рейтинг найпопулярніших соціальних мереж в світі



Рис. 3. Ухвалення рішень про сприйняття наративу з плином часу під дією комунікаційних каналів

Обізнаність – користувачі дізнаються про інформаційний продукт з постів, поширень або реклами в соціальних мережах. Незважаючи на те, що користувачі мають доступ до інформаційного продукту, на цьому етапі їм може бракувати детальної інформації про його зміст або актуальність. Вони можуть бути заінтриговані заголовком або зображенням, що супроводжує контент, але, можливо, не заглибилися в розуміння його повного обсягу або наслідків. По суті, етап обізнаності характеризується початковим знайомством користувачів з інформаційним продуктом, коли їхнє розуміння обмежується короткими фрагментами, що містяться в повідомленнях, публікаціях чи рекламі в соціальних мережах.

Зацікавленість – користувачі, які вважають інформаційний продукт інтригуючим або актуальним, можуть взаємодіяти з ним, переходячи за посиланнями, читаючи пости або переглядаючи відео. Вони активно шукають більше інформації і можуть поділитися контентом у своїй соціальній мережі. В цілому етап зацікавленості свідчить про перехід від пасивної обізнаності до активної взаємодії з інформаційним продуктом. Користувачі на цьому

етапі демонструють справжній інтерес, шукають більше інформації і потенційно стають адвокатами продукту, ділячись ним з іншими людьми у своєму соціальному колі.

Оцінювання – після взаємодії з контентом користувачі оцінюють його достовірність, корисність та відповідність своїм інтересам чи потребам. Загалом етап оцінювання передбачає комплексний процес оцінювання, під час якого користувачі критично аналізують достовірність, корисність, актуальність і цінність інформаційного продукту, перш ніж прийняти рішення про його подальше вивчення або ігнорування. Цей процес прийняття рішення ґрунтується на поєднанні таких факторів, як джерело інформації, відгуки користувачів, відповідність особистим інтересам і потребам, а також передбачувані вигоди від взаємодії з контентом.

Використання – користувачі, які вирішили сприймати далі, можуть споживати інформаційний продукт, читаючи статті, переглядаючи відео або беручи участь у дискусіях. Вони оцінюють його якість, релевантність та відповідність їхньому життю чи інтересам. Показники залучення, такі як вподобання, коментарі, поширення та перегляди, вказують на рівень взаємодії користувачів з контентом. Так, етап використання передбачає активну взаємодію з інформаційним продуктом, коли користувачі споживають, оцінюють та взаємодіють з контентом, щоб визначити його якість, актуальність та відповідність їхньому життю чи інтересам. На цьому етапі користувачі отримують цінність від контенту і визначають, чи відповідає він їхнім очікуванням і чи задовольняє їхні інформаційні потреби.

Прийняття – якщо користувачі вважають інформаційний продукт цінним і достовірним, вони можуть прийняти його, включивши отримані знання або ідеї у своє життя. Постійне залучення та поширення контенту користувачами слугує підтвердженням його актуальності та ефективності. Таким чином, етап прийняття відображає прийняття та інтеграцію користувачами інформаційного продукту в їхнє життя, а також їхню підтримку його цінності та ефективності. Їхні дії, схвалення та постійна взаємодія сприяють підтвердженню продукту та посилюють його значущість у спільноті соціальних мереж.

Враховуючи, що інформація в соціальній мережі циркулює постійно то на етапах ухвалення рішення з'являється зворотній зв'язок, який вказує на те, що після оновлення інформації (серія інформаційних заходів) може бути переоцінювання важливості інформаційного продукту та зроблені відповідні зміни в комунікативній стратегії. Так, поширення інформаційного продукту відбувається як на особистісному, так і на соціальному рівнях враховуючи час на його сприйняття, унікальність, канали комунікацій та соціальної системи, яка лежить в основі певної соціальної мережі.

Особливості математичної моделі дифузії інновацій

Мета дифузійної моделі полягає в тому, щоб операціоналізувати послідовне збільшення кількості користувачів, які прийняли інформаційний продукт, і передбачити подальший розвиток процесу дифузії, який вже триває. У контексті інноваційної продукції моделі дифузії зосереджуються на розвитку кривої життєвого циклу та служать для прогнозування поширення наративів при першому ознайомленні. Тобто в моделях розповсюдження першої інформації про наратив передбачається, що під час планування інформаційного продукту, який виробляється та розглядається, немає повторних користувачів соціальної мережі, а обсяг усвідомлення (сприйняття) та розповсюдження інформації на користувача становить одну одиницю. Кількість споживачів визначає одиницю прийняття та розповсюдження (вподобання, репост, коментар, приєднання до мережі) інформаційного продукту.

Головним поштовхом, що лежить в основі дослідження дифузії є модель Басса. Модель Басса припускає, що на потенційних прихильників інновації (інформаційних продуктів) впливають два засоби комунікації – засоби масової інформації та усне спілкування, що безпосередньо є ключовими каналами комунікацій в соціальній мережі, де під усним спілкування також можна розглядати чати або месенджери соціальної мережі. У своєму розвитку він далі припускає, що ті, хто прийняли інновацію, складаються з двох груп. На одну

групу впливає лише комунікація ЗМІ (зовнішній вплив), а на іншу групу – лише комунікація з уст в уста, особисте спілкування (внутрішній вплив). Басс назвав першу групу “новаторами”, а другу – “імітаторами” [22].

На рис. 4 зображено концептуальну структуру (швидкість впровадження інформаційного продукту в соціальній мережі – насичення мережі інформаційним продуктом), що лежить в основі моделі Басса, яка припускає, що “новатори” або користувачі, які приймають виключно через засоби масової інформації (платформи соціальних мереж) та міжособистісне спілкування (чати соціальних мереж).

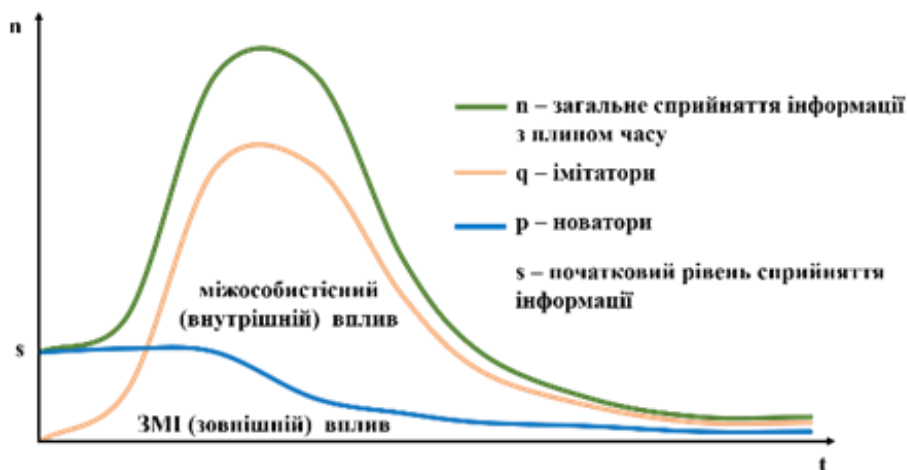


Рис. 4. Концептуальна структура моделі Басса

Припустимо, що ймовірність сприйняття інформаційного продукту користувачем, хто все ще перебуває на платформі соціальної мережі, є лінійною функцією, яка залежить від кількості попередньо отриманої інформації. Так, ймовірність того, що користувач прийме новий інформаційний продукт в момент часу t (за умови, що користувач соціальної мережі не отримував цей інформаційний продукт раніше), можна представити рівнянням:

$$\frac{u(t)}{1-U(t)} = a + bU(t), \quad (1)$$

де a – коефіцієнт новації (зовнішній вплив); b – коефіцієнт імітації (внутрішній вплив); $U(t)$ – кумулятивна функція розподілу (ймовірність прийняття новини (інформації) в момент часу t); $u(t)$ – функція щільності ймовірності випадкової величини t – часу прийняття нової інформації (швидкість сприйняття інформаційного продукту).

Якщо $U(t)$ представити диференціальним рівнянням, то отримаємо наступний вигляд:

$$u(t) = \frac{dU(t)}{dt}. \quad (2)$$

Так, рівняння (1) можна представити як:

$$\frac{dU(t)}{dt} = a + (b - a)U(t) - b(U(t))^2. \quad (3)$$

Якщо v – загальний потенціал користувачів в соціальній мережі (параметр, що визначає всіх потенційних користувачів мережі, які можуть отримати та сприйняти інформаційний продукт за весь час), тоді представимо $L(t)$ як швидкість або ступінь поширення або обміну інформаційним продуктом у певний момент часу t на платформі соціальної мережі та $W(t)$ як

загальний обсяг розповсюдження або поширення інформаційного продукту до моменту часу t на платформі соціальної мережі (кількість користувачів, які сприйняли інформаційний продукт у певний момент часу). Тоді отримаємо:

$$L(t) = vu(t). \quad (4)$$

Використовуючи рівняння (3) та (4) вираз буде мати наступний вигляд:

$$L(t) = av + (b - a)vU(t) - vb(U(t))^2, \quad (5)$$

$$L(t) = av + (b - a)W(t) - \frac{b}{v}W(t)^2. \quad (6)$$

У випадку, якщо $W(t=t_0=0)=0$, функція розподілу процесу дифузії має наступний вигляд:

$$W(t) = v \left[\frac{1 - e^{-(a+b)t}}{1 - \frac{b}{a}e^{-(a+b)t}} \right]. \quad (7)$$

Застосування математичної моделі дифузії інновацій за моделлю Басса

Змодельємо наступну ситуацію. Вихідними даними для моделювання будуть розглянуті соціологічні дослідження із дотриманням міжнародних стандартів, затверджених кодексами ESOMAR та WAPOR – соціологічної групи “Рейтинг” (Група “Рейтинг”) в рамках двадцять шостої хвилі загальнонаціонального опитування динаміки суспільних настроїв населення України [23], а саме опитування “Як Ви вважаєте, в цілому, справи в Україні йдуть у правильному чи неправильному напрямку?” (рис. 5). Відповідно до опитування було проведено сегментації території України по регіонах та віковим групам (рис. 6, 7), що безпосередньо може вказувати на визначення потенційної цільової аудиторії.



Рис. 5. Суспільно-політичні настрої населення в період з липня 2010 року по лютий 2024 року

Використовуючи статистичні дані, мову програмування високого рівня Python, та для спрощення розрахунків в якості кількості населення України візьмемо дані за грудень 2022 року, які не будуть змінюватись – 41 310 400. Так, після моделювання по статистичним даним

отримуємо наступні дані моделі Басса: $a = 0,000163$ (коефіцієнт зовнішнього впливу), $b = 0,016$ (коефіцієнт внутрішнього впливу), $v = 299138291$ (потенційна кількість населення щодо зміни ставлення в позитивний бік). На рис. 8 наведена частина коду для розрахунків.

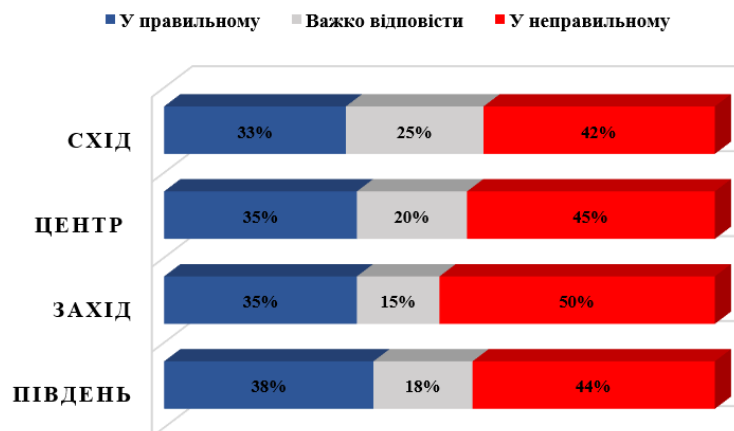


Рис. 6. Сегментація за регіонами

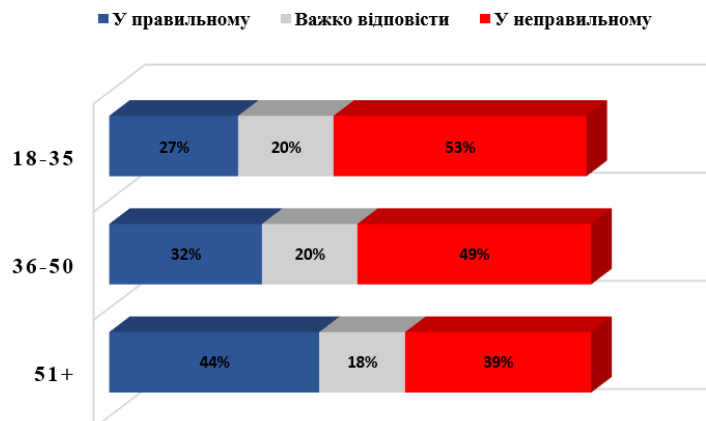


Рис. 7. Сегментація за віком

```
import pandas as pd
import numpy as np
from scipy.optimize import minimize
import matplotlib.pyplot as plt
from matplotlib.ticker import FuncFormatter

# Tabular data
data = {
    'Value': [5370352, 5783456, 6196560, 7435872, 14045536, 11980016, 6196560, 7435872],
    'Month-Year': ['11-2011', '05-2012', '05-2013', '02-2014', '04-2014', '09-2014', '02-2015', '05-2015']
}

# Create a DataFrame
df = pd.DataFrame(data)

# Convert 'Month-Year' to datetime
df['Month-Year'] = pd.to_datetime(df['Month-Year'], format='%m-%Y', errors='coerce')

# Calculate 'Months_Since_Start'
df['Months_Since_Start'] = (df['Month-Year'] - df['Month-Year'].min()) / np.timedelta64(1, 'M')

# Define the Bass diffusion model function
def bass_model(t, a, b, v):
    return v * (1 - np.exp(-(a + b) * t)) / (1 + (b / a) * np.exp(-(a + b) * t))
```

Рис. 8. Фрагмент коду на мові програмування Python

Параметри a , b та v були отримані за допомогою методу оптимізації Нелдера-Міда [24–26], який реалізовано у функції `minimize` з модуля `scipy.optimize` графічна частина показана на рис. 9. Цей метод мінімізує цільову функцію, яка визначається як сума квадратів різниць між спостережуваними точками даних і значеннями, передбаченими моделлю дифузії Басса для заданого набору параметрів a , b та v . Процес оптимізації ітеративно підлаштовує параметри до тих пір, поки не знайде значення, які мінімізують цільову функцію, таким чином забезпечуючи оптимізовані значення a , b та v , які найкраще відповідають даним відповідно до моделі дифузії Басса.

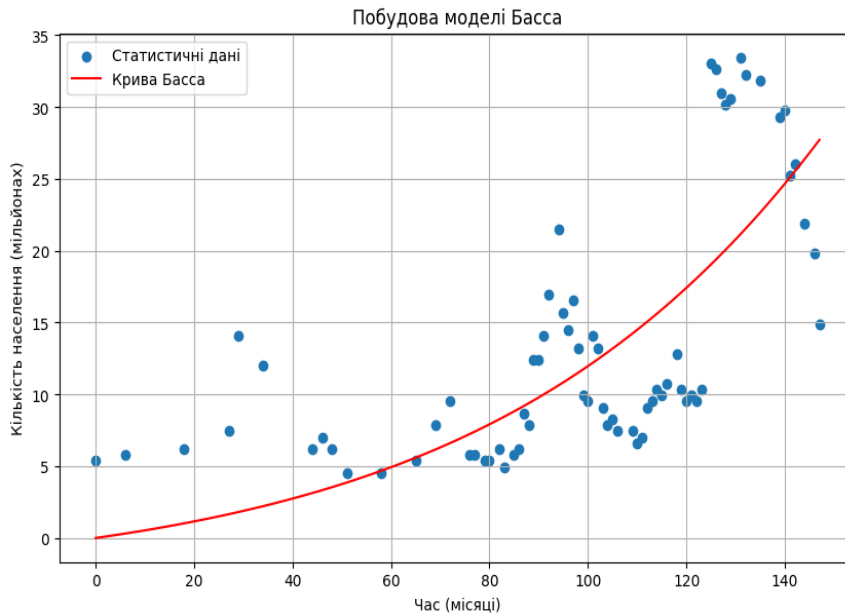


Рис. 9. Побудова S-кривої моделлю Басса за статистичними даними

Наступним кроком моделювання ставимо наступну мету – “Протягом року збільшити кількість позитивних настроїв населення на 5%”. Будемо вважати, що потенційна аудиторія буде складати 2 065 520. Складемо умовну таблицю вихідних даних (табл. 1) для моделювання зміни громадської думки та побудуємо відповідний графік (рис. 10).

Таблиця 1

Вихідні данні для моделювання

№ з/п	Кількість населення	Позитивні настрої	a	b	v
1	41 310 400	14 871 744	0,000163	0,016	2 065 520
$W(t) = 2065520 \left[\frac{1 - e^{-(0,000163 + 0,016)t}}{1 + 0,016 / 0,000163 e^{-(0,000163 + 0,016)t}} \right]$					

Моделювання та отримання S-кривої за вихідними даними зображено на рис. 10. Дана модель не враховує значення охоплення цільової аудиторії W в точці t_0 . Інформація (інформаційний продукт) яка шириться в соціальних мережах під час інформування має своє охоплення, а серія інформування підсилює його. В цьому дослідженні за W_0 – позитивні настрої населення. Додаємо в модель значення W_0 та отримаємо наступний вигляд виразу (7):

$$W(t) = W_0 + v \left[\frac{1 - e^{-(a+b)t}}{1 - \frac{b}{a} e^{-(a+b)t}} \right]. \tag{8}$$

© Рахімов, В. В. (2024). Удосконалена модель дифузії інновацій Басса для прогнозування зміни громадської думки під час реалізації наративу в соціальних мережах. Сучасний захист інформації, 1(57), 83–96. <https://doi.org/10.31673/2409-7292.2024.010010>.

Коефіцієнт W_0 може мати різні значення під час вивчення та визначення цільової аудиторії, а також у відповідності до мети інформування. Загальне збільшення кількості прихильників за рік буде відповідати змодельованому та побудованому графіку на рис. 11.

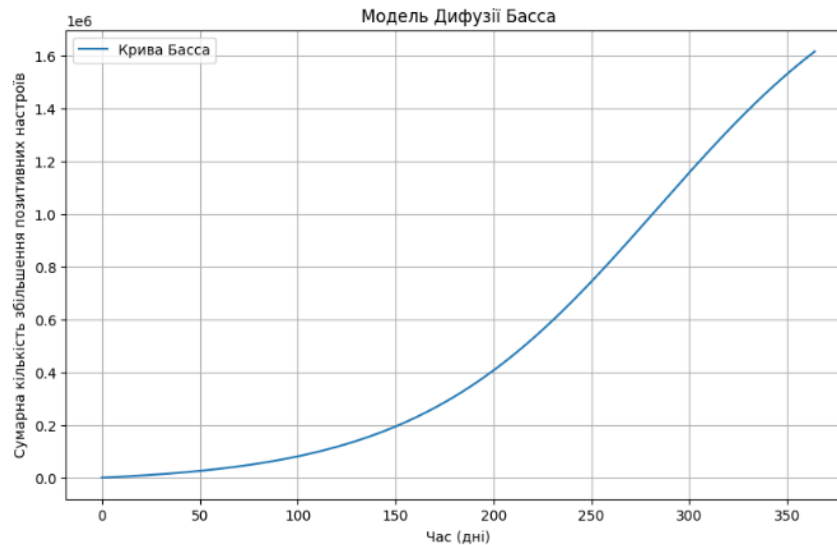


Рис. 10. Моделювання зміни громадської думки за моделлю Басса

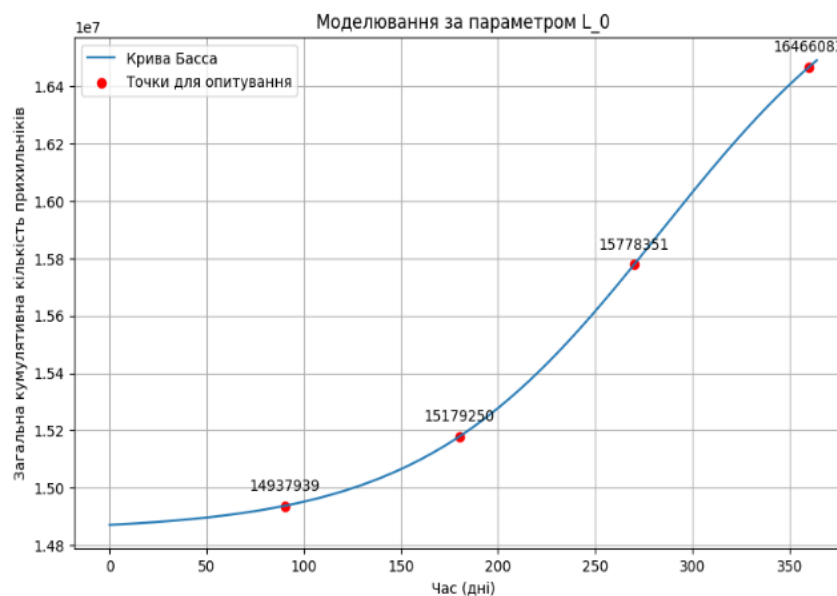


Рис. 11. Прогнозовані зміни громадської думки за моделлю Басса з урахуванням W_0

Враховуючи вхідні дані порівнюємо їхні значення з вихідними даними. Так, за мету було збільшення позитивних настроїв протягом року на 5%, тож додаємо до вже отриманих позитивних настроїв нашу потенційну цільову аудиторію $41\,310\,400 + 2\,065\,520 = 16\,937\,264$ – вхідні значення, а вихідне значення буде дорівнювати $16\,466\,083$, загальна різниця складає на $471\,181$ прихильника менше та в цілому складає 3,8%. Беручи до уваги специфіку соціальних мереж, та беручи до уваги, що сприйняття інформаційного продукту відбувається в основному ранній та пізній більшістю, є доцільним взяти за ціль для проведення заходів інформування (інформаційної компанії) в соціальних мережах збільшувати кількість новаторів та ранніх послідовників, які в свою чергу збільшать вплив на визначені групи.

Для порівняння збільшимо значення параметрів зовнішнього та внутрішнього впливів a та b в два рази ($a=0,000326$, $b=0,032$) та порівняємо результати (рис. 12). Отримані результати

дають можливість визначити головні напрями під час формування комунікативної стратегії для реалізації нарративу в соціальних мережах визначеними силами та засобами зв'язків з громадськістю та цивільно-військового співробітництва, а саме спланувати інформаційні заходи які будуть відповідати статистичним даним з отриманими параметрами новації та імітації для дослідження зміни громадської думки або у разі невідповідності до загальної мети інформаційної компанії – збільшення параметрів новації для збільшення охоплення та залучення цільової аудиторії (збільшення каналів розповсюдження інформаційного продукту (нарративу), збільшення залучення лідерів суспільних думок, тощо).

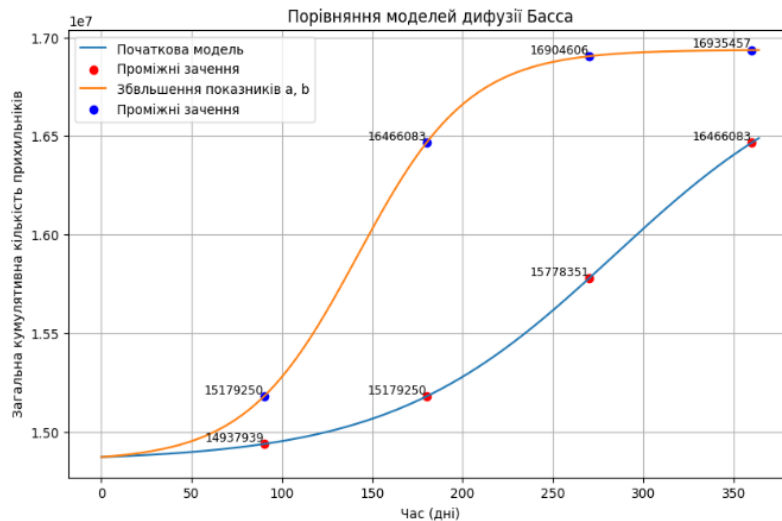


Рис. 12. Порівняння моделей за різними параметрами новації та імітації

Отже, результати математичного моделювання показали, що дифузія інновацій за моделлю Басса може бути використана в процесах дослідження змін громадської думки під час реалізації нарративу в соціальних мережах.

Висновки

Застосування моделі дифузії Басса для реалізації нарративів у соціальних мережах має значні перспективи для розуміння та впливу на динаміку громадської думки в інформаційному просторі (середовищі). Через призму теорії дифузії інновацій під час дослідження ми отримали цінне розуміння того, як можуть поширюватись нарративи, впливаючи на формування суспільних поглядів в соціальних мережах. Модель Басса, надає основу для розуміння поширення нарративів, враховуючи такі фактори, як структура мережі, взаємодія користувачів та нарративний контент. Введення до моделі коефіцієнта охоплення дає можливість більш реалістично спрогнозувати процеси реалізації нарративу в соціальних мережах, а також дослідити зміни поведінки цільової аудиторії під час його сприйняття.

Використовуючи модель дифузії Басса сили та засоби цивільно-військового співробітництва та зв'язків з громадськістю можуть розробити інструменти прогнозування для передбачення динаміки поширення нарративу та його впливу на суспільні настрої. Крім того, результати застосування моделі Басса, можуть бути використані в процесах прийняття стратегічних рішень, спрямовуючи розробку та впровадження нарративів, які резонують з цільовими аудиторіями та сприяють досягненню бажаних результатів.

Подальші дослідження в цій галузі сприятимуть подальшому вдосконаленню нашого розуміння процесів поширення нарративів і посилять здатність визначених сил та засобів формувати колективні настрої та поведінку за допомогою проведення заходів інформування у соціальних мережах.

Перелік посилань

1. Горбулін, В. П. Світова гібридна війна: український фронт : монографія / за заг. ред. В. П. Горбуліна. – К. : НІСД, 2017. – 496 с.
2. Про Стратегію національної безпеки України Указ Президента України №392/2020 Про рішення Ради національної безпеки і оборони України від 14.09.2020. URL: <https://www.president.gov.ua/documents/3922020-35037>. (дата звернення: 15.02.2024).
3. Watts, D. J., (2003). "Six Degrees: The Science of a Connected Age" W.W. Norton & Company, Reprint edition (February 17, 2004). 384 p.
4. Berger, J. "Contagious: How to Build Word of Mouth in the Digital Age," Simon & Schuster, 2016. 244 p.
5. Aral, S. "The Hype Machine: How Social Media Disrupts Our Elections, Our Economy, and Our Health-and How We Must Adapt," Currency, 2020.
6. Radas, S. Diffusion Models in Marketing: How to Incorporate the Effect of External Influence? The Institute of Economics, Zagreb Privredna kretanja i ekonomska politika, Vol. 15 No. 105, 2005. P. 30-51.
7. Bass, F. M. (1969). "A new product growth for model consumer durables." *Manag. Science*, 15(5), 215–227.
8. Kermack, W. O., & McKendrick, A. G. (1927). "A contribution to the mathematical theory of epidemics." *Proceedings of the Royal Society of London. Series A, Papers of a Math. and Phys. Character*, 115(772), 700–721.
9. Войтко, О. В, Солонніков, В. Г, Полякова, О. В. SIR-модель розповсюдження та врахування результатів негативного впливу інформаційних каналів на громадську думку населення. Сучасні інформаційні технології у сфері безпеки та оборони № 1 (43)/2022. С. 115-120.
10. Theoretical and applied aspects of Russian-Ukrainian war: hybrid aggression and national resilience: monograph / М. Koval and others. – Kharkiv: PC Technology Center, 2023. – p. 232-243.
11. Rogers, E. M. *Diffusion of Innovations*. 3th ed. New York: Free Press; 2003. 236 p.
12. Роджерс, Е. М. Дифузія інновацій / . Пер. з англ. Василя Старка. – К.: Вид. дім "Києво-Могилянська академія", 2009. – 591 с.
13. Kijek, A, Kijek, T. Modelling of Innovation Diffusion. (2010) *Op. Research and Decisions* 20(3) 53-68.
14. Прокопенко, Л. С. Українська бібліотечна енциклопедія, Національна бібліотека України імені Ярослава Мудрого, <https://ube.nlu.org.ua/>. (дата звернення: 15.02.2024).
15. Про інформацію: Закон України від 02.10.1992 N 2658-XII URL: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/2657-12>. (дата звернення: 15.02.2024).
16. Дригайло, С. В. Бібліотечно-інформаційні продукти і послуги для користувачів наукових бібліотек / С. В. Дригайло // *Бібліотекознавство. Документознавство. Інформологія*. – 2010. – № 4. – С. 79-86.
17. ВКП 10-00(49).01. Доктрина зі стратегічних комунікацій Збройних Силах України. Управління стратегічних комунікацій Апарату Головнок. ЗС України, 2020. URL: <https://sprotyvg7.com.ua/wp-content/uploads/2022/04/ВКП-10-0049.01-Доктрина-зі-стратегічних-комунікацій.pdf>. (дата звернення: 15.02.2024).
18. Grubler, A. Diffusion: Long-Term Patterns and Discontinuities. *Technological Forecasting and Social Change. Technological forecast social change*. 39. 159-180.
19. Freeman, C., Soete, L. Perez, C. Dosi, G. Nelson, R. Structural Crises of Adjustment, Business Cycles and Investment Behaviour, in *Technical Change and Economic Theory*: Pinter. London 1988, С. 38-66.
20. Global social media statistics research summary 2023. URL: <https://www.smartinsights.com/social-media-marketing/social-media-strategy/new-global-social-media-research/>.
21. Богуш, В. М., Богуш, В. В., Бровко, В. Д., Настрадін, В. П. Основи кіберпростору, кібербезпеки та кіберзахисту. /; під. ред. В. М. Богуша. – К.: Видавництво Ліра-К, 2020. – 554 с.
22. Mahajan, V., Muller, E., and Bass, F. M. New Product Diffusion Models in Marketing: A Review and Directions for Research. *Journal of Marketing* Volume 54, Issue 1, January 1990, Pages 1-26.
23. Рейтинг моніторинг, 26-та хвиля: суспільно-політичні настрої населення (10-11 лютого 2024). URL: https://ratinggroup.ua/files/ratinggroup/reg_files/rg_rating_monitoring_moods_1000_19022024.pdf.
24. Laptiev, O., Tkachev, V., Maystrov, O., Krasikov, O., Open'ko, P., Khoroshko, V., Parkhuts, L. The method of spectral analysis of the determination of random digital signals. *International Journal of Communication Networks and Information Security (IJCNIS)*. Vol 13, No 2, August 2021 P.271-277. ISSN: 2073-607X (Online). DOI: 10.54039/ijcnis.v13i2.5008 <https://www.ijcnis.org/index.php/ijcnis/article/view/5008>.
25. Kyrychok, R., Laptiev, O., Lisnevsky, R., Kozlovsky, V., Klobukov, V. Development of a method for checking vulnerabilities of a corporate network using bernstein transformations. *Eastern-European journal of enterprise technologies*. Vol.1№9 (115), 2022 P. 93–101. ISSN (print)1729 - 3774. ISSN (on-line) 1729-4061. DOI: 10.15587/1729-4061.2022.253530.
26. Petrivskiy, V., Shevchenko, V., Yevseiev, S., Milov, O., Laptiev, O., Bychkov, O., Fedoriienko, V., Tkachenko, M., Kurchenko, O., Oprisky, I. Development of a modification of the method for constructing energy-efficient sensor networks using static and dynamic sensors. *Eastern-European journal of enterprise technologies*. Vol.1№9 (115), 2022 pp. 15–23. ISSN (print) 1729 - 3774. ISSN (on-line) 1729-4061. DOI: 10.15587/1729-4061.2022.252988.

Надійшла 02.02.2024