

ОДНОКОМПАРТМЕНТНА МОДЕЛЬ ІНФОРМАЦІЙНО-СУГЕСТИВНОГО ВПЛИВУ

Ю. В. Наконечна^{1, а}

¹ Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»,
ІН Фізико-технічний інститут

Анотація

Застосування математичного моделювання у дослідженнях інформаційних операцій дає змогу якісно та кількісно передбачати поведінку об'єкта інформаційної атаки, а також визначати і впроваджувати ефективну протидію. Згідно з обраною методикою було запропоновано математичну модель інформаційно-сугестивного впливу на основі компартментного підходу. Модель дозволяє оцінити стан учасника інформаційно-комунікаційної мережі і виконати оцінку величини сугестивного впливу в момент часу.

Ключові слова: математична модель, сугестія, інформаційна операція, компартмент

Вступ

Процес інформатизації, що характеризує сучасний етап розвитку суспільства, породжує як позитивні явища, так і впливає на безпеку національного середовища. Інформаційний простір можливо використовувати як один з майданчиків проведення гібридної війни через спеціальні інформаційні операції з використанням пропаганди, дезінформації та поширення чуток. Це ставить перед дослідниками пріоритетну задачу організації комплексних заходів забезпечення інформаційного середовища. Першочергове моделювання та дослідження процесів і методів проведення інформаційних операцій дають змогу ефективно організовувати доцільну протидію.

Актуальність проблеми та аналіз досліджень

Питання інформаційного протистояння та дослідження поширення інформації в умовах гібридної війни стоїть особливо гостро. Використання математичних моделей для дослідження інформаційних операцій та їх протидії розглядалось як іноземними, так і українськими дослідниками (наприклад, [1], [2]). Одне з найбільших вітчизняних досліджень з питань моделювання та аналізу інформаційних операцій [3] містить огляд як реалізованих, так і оригінальних моделей інформаційних протистоянь, засобів математичного моделювання та аналізу соціальних процедур.

Незважаючи на достатню популярність тематики дослідження, використання компартментних моделей в галузі інформаційних досліджень є новим підходом, оскільки компартментний підхід є більш типовим для імунології, медицини та фармакокінетики.

1. Компартментні моделі

Нехай деяка система представлена як набір підсистем або компонентів, об'єднаних направленними зв'язками. При цьому кожен компонент системи має числову характеристику, що описує вміст даного компонента. Для отримання загального уявлення про функціонування такої системи нам буде достатньо знати, як змінюється кількісна характеристика кожного компонента або підсистеми у часі.

Будемо називати компартментною моделлю представлення описаної системи у вигляді однієї або кількох взаємопов'язаних ділянок, в яких стрілки показують напрямок зміни внутрішньої чисельної характеристики ділянок. Схема моделі наведена на рисунку 1.

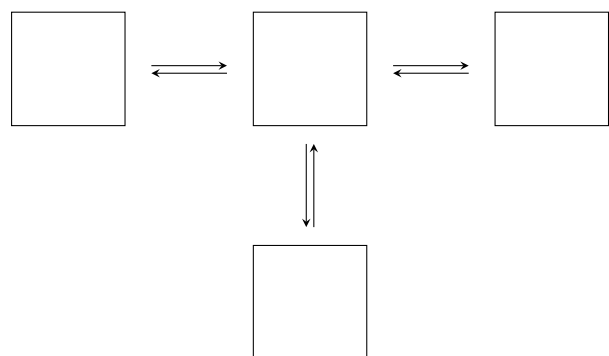


Рис. 1. Загальна схема компартментної моделі

Модель подібного типу може представляти собою фізичний об'єкт (наприклад, водосховище – в такому випадку компоненти являтимуть собою резервуари, а їх чисельна характеристика – кількість води в них в момент часу), або абстракцію певного процесу (поширення чуток або новин в соціальній мережі, як розглянуто в [4]).

^аnakonechna.yu@gmail.com

2. Однокомpartmentна модель

Нехай існує тільки один компартмент, який змінює внутрішню чисельну характеристику за рахунок процесу, в якому відбувається «введення» і «виведення» певної величини, характеристики або об'єкта, що впливає на стан компартмента.

Будемо називати процес введення ін'єкцією, виведення – екскрецією, а поточну числову характеристику компартмента – концентрацією x_1 в момент часу t . При цьому:

$$x_1(t) \geq 0.$$

$f(t)$ – швидкість ін'єкції. Однокомpartmentна модель буде мати вигляд, як на рисунку 2.

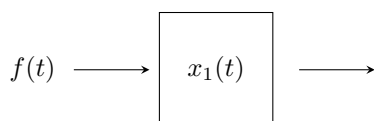


Рис. 2. Однокомpartmentна модель

Нехай v_1 – ефективний об'єм компартмента. Сутність цього терміну буде зрозуміла із математичного опису моделі. При наявності механізму екскреції, що зменшує числову характеристику компартмента в момент часу t до $(1 - k_1\Delta)$ (де k_1 – відома стала) за інтервал часу $[t, t + \Delta]$, для малих Δ отримаємо:

$$v_1 x_1(t + \Delta) = (1 - k_1\Delta) v_1 x_1(t) + f(t)\Delta. \quad (1)$$

Нехай $x_1(t)$ – гладка функція часу, тоді

$$x_1(t + \Delta) = x_1(t) + \Delta x_1'(t) + \dots$$

і співвідношення (1) можна записати у вигляді рівняння:

$$v_1 x_1'(t) = -k_1 v_1 x_1(t) + f(t). \quad (2)$$

Параметр k_1 називається постійною швидкості. При зміні масштаба часу t його, як і функцію $f(t)$, можна виключити з розгляду.

Аналітичний розв'язок рівняння (2) буде мати вигляд:

$$(x_1(t)e^{k_1 t})' = \frac{1}{v_1} f(t)e^{k_1 t},$$

звідки

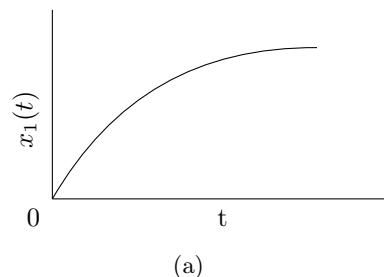
$$x_1(t) = c_1 e^{-k_1 t} + \frac{1}{v_1} \int_0^t e^{-k_1(t-s)} f(s) ds,$$

де $c_1 = x_1(0)$.

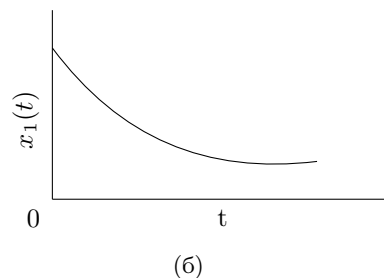
Якщо виключити з процесу $f(t)$, то концентрація x_1 експоненційно спадає, якщо початкова концентрація дорівнює нулю, то

$$x_1(t) = \frac{1}{v_1} \int_0^t e^{-k_1(t-s)} f(s) ds.$$

Таким чином, якщо зміна концентрації в компартменті відбувається як це зображено на рисунку 3, то можна дати елементарну інтерпретацію процесу, який відображає поведінка компартмента [5].



(a)



(б)

Рис. 3. Зміни концентрації в компартменті

Ін'єкції

Виконання операції, яку було визначено як ін'єкцію у розділі 2, в момент часу $t = 0$ можна описати рівнянням:

$$x_1'(t) = -k_1 x_1(t), \quad x_1(0) = 1,$$

що має розв'язок

$$x_1 = e^{-k_1 t}.$$

Будемо вважати, що вплив ін'єкції на концентрацію в компартменті настає миттєво [5].

При виконанні повторної ін'єкції стан x_1 можна буде описати за допомогою рівнянь:

$$x_1' = -k_1 x_1, \quad x_1(0) = 1, \quad 0 \leq t \leq t_1,$$

$$x_1' = -k_1 x_1, \quad x_1(t_1) = 1 + e^{-k_1 t_1}, \quad t_1 \leq t.$$

Таким чином,

$$x_1(t) = e^{-k_1 t}, \quad 0 \leq t \leq t_1,$$

$$x_1(t) = (1 + e^{-k_1 t_1}) e^{-k_1(t-t_1)}, \quad t \geq t_1.$$

Концентрація x_1 в такому випадку буде мати вигляд, як на рисунку 4.

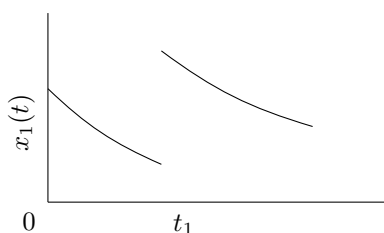


Рис. 4. Зміна концентрації в компартменті після повторної ін'єкції

3. Однокомпартментна модель інформаційно-сугестивного впливу

Сугестія – це процес впливу на психіку людини, пов'язаний зі зниженням свідомості й критичності при сприйнятті нав'язаного змісту, який не вимагає розгорнутого особистого аналізу або оцінки спонукання до певних дій, спрямовується на індивідуальну або суспільну свідомість інформаційно-психологічними чи іншими засобами, і зумовлює трансформацію поглядів, ціннісних орієнтацій, стереотипів особи. Одним з різновидів сугестії є інформаційні операції [6].

Інформаційна операція (ІО) — це сплановані дії, спрямовані на ворожу, дружню або нейтральну аудиторію з метою схилення до прийняття управлінських рішень або (та) вчинення дій, вигідних для суб'єкта інформаційного впливу.

До методів ІО входять дезінформація, диверсифікація громадської думки, психологічний тиск, пропаганда. Як методи ІО, вони передбачають обман чи введення в оману об'єкта впливу, відволікання уваги від реальних проблем, поширення різних політичних, філософських, наукових, та інших ідей із метою їх впровадження в громадську думку та активізації використання цих ідей у масовій практичній діяльності населення [7, 6]. Згадані методи являють собою заходи в рамках проведення «гібридних війн» [8] і є засобами сугестивного впливу. Більш докладно сугестивні впливи та оцінку сили інформаційно-сугестивних впливів описано в [9].

Далі буде розглянуто виключно форму інформаційно-сугестивного впливу, представлену обміном інформацією через мережу Інтернет з використанням інформаційних ресурсів або соціальних мереж.

Застосуємо агентний підхід у визначенні об'єкта інформаційно-сугестивного впливу. Відповідно до такого підходу, агент – це деяка абстрактна сутність, що володіє активністю, автономною поведінкою, може приймати рішення відповідно до деякого набору правил, може взаємодіяти з оточенням та іншими агентами, а також може сама еволюціонувати (побудова мультиагентних моделей і опис властивостей агента було виконано в [3]). Тоді користувач мережі, як окремий її агент, здатний до взаємодії і поведінки, може бути описаний у вигляді моделі з одним компартментом. Агентом мережі може виступати як індивідуум, так і група людей, об'єднаних спільними характеристиками та поведінкою, яка формує колективну відповідь.

Позначимо такого користувача C . Як представник мультиагентної мережі, він має здатність до елементарної реакції на локальні зміни в оточенні, включаючи взаємодію з іншими агентами [3]. З іншого боку, відповідно до визначень, наведених в 2, C можна описати за допомогою його внутрішньої характеристики, визначеної як концентрація $X(t)$.

Введемо для опису компартмента C нові означення. Нехай:

- $F(t)$ – функція, що описує локальні зміни середовища, на які здатен реагувати C , представлена в інформаційному полі появою деякого об'єму інформації, який буде спожитий користувачем C , при цьому такі локальні зміни середовища можуть мати як позитивний, так і негативний вплив на величину внутрішньої характеристики компартмента C .

- $X(t)$ – внутрішня характеристика C , що змінюється під дією $F(t)$. В межах поставленої задачі дослідження приймемо за $X(t)$ ставлення C до об'єкта інформації в $F(t)$, що формується за рахунок реакції C на отриману з $F(t)$ інформацію та зміни внутрішнього стану в результаті її «споживання».

За наявності початкового стану компартмента C , який кількісно визначається як $X(0)$, величину $X(t)$ можна інтерпретувати як стан індивідуальної свідомості в момент часу t , яка формується у відповідь на зміни зовнішнього інформаційного середовища, або величину, що характеризує особисту думку про певний об'єкт, інформацію про який було отримано за рахунок $F(t)$.

- Припустимо, що інформаційне середовище сформоване на основі інформації про n об'єктів, і в момент часу t $F(t)$ може передати про i -й об'єкт в C . Тоді V_i – «інтенсивність» вхідної інформації про об'єкт i .

Визначимо, як реалізований механізм екскреції в межах описаного процесу споживання інформації користувачем C . Згідно з (1), зменшення числової характеристики компартмента C відбувається зі швидкістю k_1 . Тоді в термінах споживання інформації нехай K – швидкість «забування» інформації користувачем C , або спадання гостроти сприйняття отриманої інформації.

Можемо переписати рівняння (1) для компартмента C :

$$V_i X(t + \Delta) = (1 - K\Delta) V_i X(t) + F(t)\Delta. \quad (3)$$

Припустимо, що $X(t)$ – гладка функція часу, тоді

$$X(t + \Delta) = X(t) + \Delta X'(t) + \dots$$

і співвідношення (3) можна записати у вигляді рівняння:

$$V_i X'(t) = -K V_i X(t) + F(t) \quad (4)$$

Аналітичний розв'язок рівняння (4) буде мати вигляд:

$$(X(t)e^{Kt})' = \frac{1}{V_i} F(t)e^{Kt},$$

$$X(t) = c_0 e^{-Kt} + \frac{1}{V_i} \int_0^t e^{-K(t-s)} F(s) ds,$$

де $c_0 = X(0)$.

Отриманий розв'язок кількісно відображає стан компартмента C під дією інформаційно-сугестивного впливу середовища.

Беручи до уваги особливості повторного впливу $F(t)$ на компартмент, описані в розділі 2, можна побачити, що через контрольовані значення ін'єкцій можна здійснювати вплив на $X(t)$ через зміни зовнішнього середовища компартмента C у вигляді підтримки $X(t)$ на потрібному рівні або для керованого зменшення/збільшення цієї величини.

Таким чином, подібна елементарна компартментна модель може бути використана для моделювання особистої думки або психічного стану людини або групи людей, що є учасниками інформаційної взаємодії в мережі Інтернет.

Перспективи і можливості використання моделі

Розглянемо два компартменти, внутрішні концентрації яких задані як x_1 та x_2 . Схему їх взаємодії наведено на рисунку 5.

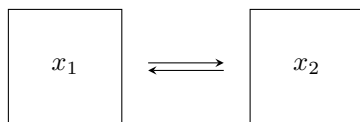


Рис. 5. Двокомпартментна модель взаємодії

Модель такого типу може описувати систему, що складається з двох підсистем. При описі подібної системи через компартменти отримаємо два елемента, пов'язаних сміливим зовнішнім середовищем, і які впливають на внутрішній стан один одного за рахунок взаємного «перетікання» концентрації. Таким чином може бути описаний процес інформаційного протистояння між двома ділянками інформаційного простору, представленими компартментами.

В залежності від масштабу поставленої задачі, це можуть бути як дві окремі особи або групи осіб, так і дві або більше держав, що знаходяться у стані інформаційного протистояння.

Ускладнення моделі до потрібної кількості компонентів та ін'єкцій дає змогу моделювати інформаційний обмін та взаємний вплив компартментів в побудованій системі, а також розробити схему ефективного управління інформаційно-сугестивним впливом.

Висновки

Було розглянуто імунологічну/фармакокінетичну математичну модель на основі компартментного підходу, запропонованого Р. Белманом. На основі параметрів оригінальної моделі було сформовано набір термінів і характеристик, що описують інформаційну взаємодію та інформаційний вплив на компартменти, та запропоновано однокompартментну модель інформаційно-сугестивного впливу на агента інформаційної мережі.

Отриманий результат дозволяє використовувати наведену компартментну модель для кількісної оцін-

ки величини інформаційно-сугестивного впливу, а також керування внутрішнім станом компартмента через зміни в інформаційному середовищі.

В подальшому можлива модифікація отриманої моделі через її ускладнення до мультикомпартментної структури і розробку процедури оптимального управління інформаційно-сугестивними впливами в межах обраної інформаційної системи.

Перелік використаних джерел

1. Вус В. А. Математичне та програмне забезпечення протидії інформаційній пропаганді в соціальних середовищах інтернету. — 2019. — 183 с. — Режим доступу: <https://lpnu.ua/sites/default/files/2020/dissertation/1404/dysvusva.pdf>.
2. Расторгуев С. П. Математические модели в информационном противоборстве. — 2014. — 276 с.
3. Горбулін В. П., Додонов О. Г., Ланде Д. В. Інформаційні операції та безпека суспільства: загрози, протидія, моделювання. — Інтертехнологія, 2009. — 164 с.
4. Nakonechna Y. V. Mathematical models of information concealment cases spreading dynamics in social media // Theoretical and Applied Cybersecurity. — 2019. — Vol. 1, no. 1. — P. 42–47. — Access mode: <http://tacs.ipt.kpi.ua/article/view/169082>.
5. Bellman R. *Mathematical Methods in Medicine*. Series in Modern Applied Mathematics. — World Scientific, 1983.
6. Сугестивні технології маніпулятивного впливу: навч. посіб. / Петрик В. М., Присяжнюк М. М., Компанцева Л. Ф., Скулиш Є. Д., Бойко О. Д. і Остроухов В. В. ; під ред. Скулиша Є. Д. — 2-ге вид. — К.: ЗАТ «ВІПОЛ», 2011. — 248 с.
7. Денисюк Ж. З. Пропаганда та контрпропаганда в контексті стратегій державної інформаційної політики // *Вчені записки ТНУ імені В.І. Вернадського. Серія: Державне управління*. — 2021. — Т. 32(72), № 2. — С. 46–41. — Режим доступу: http://www.pubadm.vernadskyjournals.in.ua/journals/2021/2_2021/10.pdf.
8. Юськів Б. М., Хомич С. В. Роль медіа-пропаганди в умовах «гібридної війни» // *Actual problems of international relations*. — 2017. — № 132. — С. 27–43. — Режим доступу: <http://apir.iir.edu.ua/index.php/apmv/article/view/3172/2847>.
9. Свириденко С. В., Наконечна Ю. В. Нечіткі когнітивні карти як засіб моделювання, аналізу та оцінки сугестивних ризиків // *Матеріали всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених конференції «Теоретичні і прикладні проблеми фізики, математики та інформатики»*. — 2020. — С. 216–219. — Режим доступу: <https://drive.google.com/file/d/1BcmU79pwMDtgA7ZXqTd5Gtw6C06Av1ou/view>.