УДК 303.09
[1]Бомба А.Я., д.техн. н., [2]Федонюк А. А. к. фіз.-мат. н.,
[1]Рівненський державний гуманітарний університет
[2]Східноєвропейський національний університет імені Лесі Українки

ПРО УЗАГАЛЬНЕННЯ ОДНІЄЇ МОДЕЛІ ІНФОРМАЦІЙНОЇ БОРОТЬБИ

Бомба А.Я., Федонюк А. А. Про узагальнення однієї моделі інформаційної боротьби. Аналізується математична модель інформаційного впливу на соціум двох взаємовиключаючих ідеологій з введенням поняття запізнення в часі стосовно початку дії інформаційного потоку.
Ключові слова: математична модель, інформаційний потік, запізнення, адепт, соціум.

Бомба А.Я., Федонюк А. А.. Об обобщении одной модели информационной борьбы. Анализируется математическая модель информационного влияния на социум двух взаимоисключающих идеологий с учетом понятия опоздания во времени относительно начала действия информационного потока.
Ключевые слова: математическая модель, информационный поток, опоздание во времени, адепт, социум.

Bomba A.Y., Fedoniuk A. A. On the generalization of one model of information struggle. The mathematical model of information intluence on the society of two mutuaily exclusive ideologies with the consideration of the concept of delay in time regarding the beginning of the information flow.
Keywords: mathematical model, information flow, delay in time.

Постановка наукової проблеми.

Сучасні підходи до вивчення проблеми інформаційної безпеки з точки зору «людського фактору» можуть і повинні бути збагачені точними методами. До них відносяться в першу чергу використання відповідних математичних моделей, які будуються з використанням наукових досягнень в сфері соціології та психології. Літературний огляд та аналіз основних правових документів держави Україна вказує на те, що, на жаль, проблеми інформаційної безпеки зводяться в основному лише до питань її захисту від несанкціонованого доступу, або до питань силового запобігання розповсюдженню небажаної інформації [1].

Існуючі технології поширення інформації (або брехливої інформації) дають найширші можливості для діяльності недружніх держав, екстремістських спільнот, терористичних організацій і т.д. для пропаганди своїх інтересів і реалізації своїх цілей в усіх сферах життя людини і суспільства. У відповідності до цього однією з важливих задач забезпечення ІБ, крім визначення джерел, характеру та механізмів виникнення і поширення соціально значущих інформаційних загроз, є пошук методів парирування ІБ або їх ослаблення на основі більш тонких і науково обґрунтованих підходів. Як підкреслювалося в [8], серйозні системи моніторингу, аналізу та прогнозу ІБ з метою запобігання породжених ними негативних наслідків не повинні зводитися до обслуговування чисто технократичних підходів і методів до проблем інформаційної безпеки. Необхідно, щоб вони містили підсистеми моделювання і прогнозування цих процесів, включаючи ієрархію відповідних математичних моделей, забезпечених адекватним соціологічним «оснащенням».

Розвиток суспільства – процес безперервний і надзвичайно багатогранний. Створити ідеальну модель для прогнозування поведінки соціуму в тому чи іншому напрямку практично неможливо, але, якщо розглядати лише певні, конкретно вибрані аспекти життєдіяльності, то в такому разі створення математичних моделей призводить до абсолютно реальних поведінкових шаблонів. Створення та аналіз математичних моделей дуже корисна для суспільства річ, адже завдяки цьому можна з достатньою достовірністю прогнозувати соціальні процеси, аналізуючи реальні головні фактори впливу, та, зрештою, і керувати цими процесами шляхом правильно побудованої інформаційної політики держави, регіону, конфесії, організації тощо.

Аналіз досліджень.

У вибраній нами для аналізу та вдосконалення роботі [5], яку ми вважаємо базовою в силу найбільш ґрунтовного опису найпростішої математичної макромоделі розповсюдження інформаційної загрози [3,8] побудовані і досліджені моделі, що відповідають актуальній ситуації – ситуації інформаційного протистояння.

Пропоновані моделі отримані в розумних і інтерпретованих припущеннях. В рамках їх застосовності вони дозволяють вивчити характер розглядуваних процесів. Це дає можливість ставити і вирішувати завдання про знаходження оптимальних, в певному сенсі, способів їх організації [6].

© Бомба А.Я., Федонюк А. А.

Показано, що досліджувані процеси в силу їх нелінійності допускають не очевидні режими розвитку. Тим самим, навіть в найпростіших випадках з аналізу математичних моделей поширення інформаційної загрози і інформаційного суперництва визначаються змістовні характеристики, управління якими може стимулювати перебіг цих процесів в потрібному для їх учасників напрямку.

Модель одночасного розповсюдження двох взаємновиключаючих видів інформації (інформаційне протистояння)

Задачу окреслюють таким чином: нехай на певну сукупність людей чисельністю N_0 впливають два абсолютно виключаючі один одного інформаційні потоки $П_1$ та $П_2$. Концепції $П_1$ та $П_2$ є взаємновиключаючими із-за специфіки свідомості людини, яка полягає в тому, що одна людина може мати лише одне переконання, яке стосується деякого конкретного питання, або ж просто ще не мати чітко сформульованого переконання щодо цього питання взагалі.

Нехай в деякий момент часу $t_0=0$ два джерела одночасно починають транслювати свою інформацію, в результаті чого обидва потоки поширюються в суспільстві.

Оскільки $П_1$ та $П_2$ не ідентичні, то цей процес розглядається як інформаційне протистояння (конкуренція). Загальну математичну модель такого процесу вибудовували багато авторів, зокрема [1,2,5].

В [5] описується динаміка цього інформаційного протистояння, тобто залежність від часу t величин $N_1(t)$ та $N_2(t)$ числа «адептів» які сприйняли інформацію, що розповсюджуються джерелами «1» або «2» відповідно. Там же теоретично визначають переможця в конкретному протистоянні. (Переможцем вважається та ідеологія, яка в момент повного охоплення аудиторії в деякий момент часу зуміла розповсюдити свою інформацію серед більшого ніш суперник числа членів суспільства, тобто величини $N_0/2$ – половини від загальної кількості досліджуваного соціуму N_0).

Основні модельні припущення робляться по аналогії з моделлю для одного інформаційного потоку [5]:

1. Кожен з потоків $П_1$ та $П_2$ розповсюджується серед суспільства по двох інформаційних каналах:

a) «зовнішній» по відношенню до соціуму. Інтенсивність розповсюдження інформації цим каналом для $П_1$ характеризується параметром $\alpha_1>0$, а для $П_2$ – $\alpha_2>0$, які рахуються такими, що не залежать від часу;

b) «внутрішній» – міжособистісне спілкування (його інтенсивність для $П_1$ характеризується параметром $\beta_1>0$, а для $П_2$ – $\beta_2>0$, , які рахуються такими, що не залежать від часу). Впродовж такого спілкування вже завербовані ідеєю «1» адепти (їх число рівне величині $N_1(t)$,впливаючи на ще не завербованих членів (їх число рівне величині N_0-$N_1(t)$- $N_2(t)$)), вносять свій «особистий» вклад в процес вербування. Так само завербовані ідеєю «2» адепти (їх число рівне величині $N_2(t)$), впливаючи на ще не завербованих членів (їх число теж рівне величині N_0-$N_1(t)$- $N_2(t)$), вносять свій «особистий» вклад в процес вербування.

2. Швидкість зміни числа адептів $N_1(t)$- $N_2(t)$ (тобто число завербованих в одиницю часу $П_1$ та $П_2$) складається з:
   a. швидкостей зовнішнього вербування (вони пропорційні добутку інтенсивностей α_1 та α_2 на числа діючих членів $(N_0$-$N_1(t)$- $N_2(t))$, тобто величинам $\alpha_1(N_0$-$N_1(t)$- $N_2(t))$ та $\alpha_2(N_0$-$N_1(t)$- $N_2(t))$, відповідно для $П_1$ та $П_2$;
   b. швидкостей внутрішнього вербування (вони пропорційні добутку інтенсивностей β_1 та β_2 на числа діючих адептів $N_1(t)$ та $N_2(t)$ на числа не завербованих $(N_0$-$N_1(t)$- $N_2(t))$, тобто є величинами $\beta_1 N_1(t)(N_0$-$N_1(t)$- $N_2(t))$, та $\beta_1 N_1(t)(N_0$-$N_1(t)$- $N_2(t))$, відповідно для $П_1$ та $П_2$.

Число ще не завербованих членів рівна величині N_0 без врахування числа індивідуумів сприйнявших вже обидва види інформації, тобто $N_1(t)+N_2(t)$. Параметри α_1, α_2, β_1 та β_2 характеризують не лише інтенсивність інформаційного впливу, але ще і схильність до його сприйняття. Таким чином, ще не завербована до моменту часу t частина суспільства (її гіпотетичний «середній» представник спочатку нейтральний до обох потоків інформації $П_1$ та $П_2$) здобуває інформацію тим швидше, чим більші величини α_1 та β_1, α_2 та β_2. При цьому, навіть коли дія $П_1$ зазделегідь сильніша дії $П_2$ ($\alpha_1 > \alpha_2$, $\beta_1 > \beta_2$), частина членів суспільства все рівно сприймає $П_2$ (немає повної монополії одного виду інформації по відношенню до іншої).

© Бомба А.Я., Федонюк А. А.

Підсумовуючи припущення 1 та 2, отримується модель (1):

$$\frac{dN_1}{dt} = \left(\alpha_1 + \beta_1 N_1(t)\right)\left(N_0 - N_1(t) - N_2(t)\right), \qquad N_1(t_0 = 0) = N_1(0) > 0,$$
$$\frac{dN_2}{dt} = \left(\alpha_2 + \beta_2 N_2(t)\right)\left(N_0 - N_1(t) - N_2(t)\right), \qquad N_2(t_0 = 0) = N_2(0) > 0 \tag{1}$$

Система нелінійних звичайних диференціальних рівнянь є автономною динамічною системою другого порядку і може виступати базовою моделлю для досліджуваного процесу. З цієї системи можна при різних відомих параметрах N_0, α_1, α_2, β_1, β_2 та початкових значеннях $N_1(0)$ та $N_2(0)$ знайти аналітично і чисельно всі шукані характеристики. Цю систему автори [5] називають моделлю інформаційного протистояння.

Поділивши друге рівняння на перше отримується:

$$\frac{dN_2}{dN_1} = \frac{\alpha_2 + \beta_2 N_2}{\alpha_1 + \beta_1 N_1}$$

Звідси можна знайти загальне рішення системи у вигляді інтеграла:

$$\beta_2 N_2(t) = C(\alpha_1 + \beta_1 N_1(t))^{\beta_2/\beta_1} - \alpha_2$$

де $C = [\alpha_2 + \beta_2 N_2(0)]/[\alpha_1 + \beta_1 N_1(0)]^{\beta_2/\beta_1}$.

Мета та задача дослідження:

Використовуючи роботу [5] як базову, ми бачимо, що вона ґрунтовно описує модель протистояння двох інформаційних потоків в суспільстві, причому потоків, які є взаємовиключаючими і до того ж антагоністичними. В роботі подається динаміка процесу протистояння інформаційних потоків та аналізується момент перемоги однієї ідеології над іншою.

Але, тут же ми бачимо, що в роботі [5] використовуються модельні припущення, які не зовсім точно характеризують реальні суспільні процеси. Наприклад, для сучасного українського суспільства болючою є тема окремих районів Донецької та Луганської областей (ОРДЛО). Як відомо, вербування зі сторони т.зв. «руського мира» велося і в значній мірі ще до початку відомих подій 2014 року. Що ж стосується проукраїнської інформаційної роботи, то на той момент її практично зовсім не було.

В нашій роботі ми намагаємося побудувати математичну модель інформаційного протиборства для випадку коли виникає запізнення в часі для одного з інформаційних потоків. Тобто вносимо в систему диференціальних рівнянь, що є моделлю інформаційного протистояння, параметр τ, який і характеризує процес запізнення в часі.

Знаходимо розв'язки цієї системи для характерних точок і намагаємося проаналізувати поведінку соціуму при різному перебігу подій, а також спрогнозувати умови для перемоги інформаційного потоку при значному запізненні в часі.

Виклад основного матеріалу й обґрунтування отриманих результатів дослідження. Система диференціальних рівнянь із запізненням τ.

Використаємо модельні припущення, зроблені авторами роботи [5] (див. вище), але внесемо в ці припущення деякі зміни. Ми вважатимемо, що в момент часу $t=t_0$ функції N_1 та N_2 вже мають деяке конкретне значення (3).

$$\begin{cases} \frac{dN_1}{dt} = (\alpha_1 + \beta_1 N_1)(N_0 - N_1(t-\tau) - N_2(t-\tau)); \\ \frac{dN_2}{dt} = (\alpha_2 + \beta_2 N_2)(N_0 - N_1(t-\tau) - N_2(t-\tau)); \end{cases} \tag{2}$$

$$N_1(\tilde{t}) = N_{10}(\tilde{t}), \text{ де } -\tau \le \tilde{t} \le 0; \tag{3}$$

© Бомба А.Я., Федонюк А. А.

$N_2(\tilde{t}) = N_{20}(\tilde{t})$, де $-\tau \le \tilde{t} \le 0$;

Розв'язки системи шукаємо у вигляді (4)

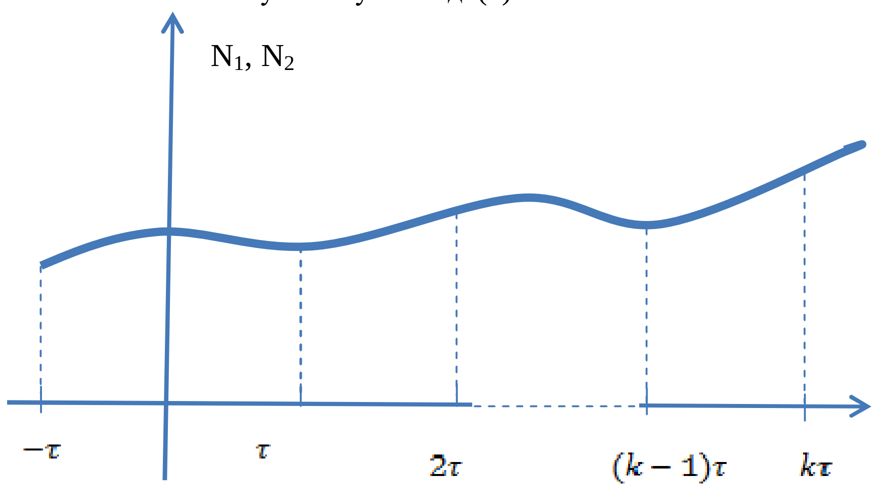

Рис.1. Залежність (гіпотетична) кількості індивідуумів N_1 або N_2 деякого соціуму від часу спостереження. Час розбитий на рівні інтервали τ для зручності аналізу.

$$N_l(\tilde{t}) = \begin{cases} N_{l1}(t), & 0 \le t < \tau \\ N_{l2}(t), & \tau \le t < 2\tau \\ \dots & \\ N_{lk}(t), & (k-1)\tau \le t < k\tau \end{cases} \qquad (4)$$

де =1, 2.

Розглянемо проміжок часу $0 \le t < \tau$. Звідси слідує $N_l(t) = N_{l1}(t)$, $-\tau \le t - \tau < 0$

Отже, $N_l(t-\tau) = N_l(\tilde{t}) = N_{l0}(\tilde{t}) = N_{l0}(t-\tau)$

Матимемо:

$$\begin{cases} \frac{dN_{11}}{dt} = (\alpha_1 + \beta_1 N_1) * f_1(\mathrm{t}), \text{ де } f_1(\mathrm{t}) = N_0 - N_{10}(\mathrm{t}-\tau) - N_{20}(\mathrm{t}-\tau); \\ \frac{dN_{21}}{dt} = (\alpha_2 + \beta_2 N_1) * f_1(\mathrm{t}); \end{cases} \qquad (5)$$

Розв'язуємо цю систему при умовах (6)

$$\begin{cases} N_{11}(0) = N_{10}, \quad N_{10} = N_{10}(0-\tau) = N_{10}(-\tau) \\ N_{21}(0) = N_{20}, \quad N_{20} = N_{20}(0-\tau) = N_{20}(-\tau) \end{cases} \qquad (6)$$

Матимемо:

$$\frac{1}{\beta_1}\frac{d(\beta_1 N_1 + \alpha_1)}{(\beta_1 N_1 + \alpha_1)} = f_1(\mathrm{t})dt;$$

$\ln(\beta_1 N_1 + \alpha_1) = (\int_0^t f_1(\tilde{\mathrm{t}})d\tilde{t} + \tilde{C}_1) * \beta_1$, позначимо $\beta_1 \tilde{C}_1 = \overline{C_1}$

$$N_1(t) = C_1 e^{\int_0^t f_1(\tilde{\mathrm{t}})d\tilde{t}} - \frac{\alpha_1}{\beta_1}$$

При t=0 $N_{10} = C_1 e^0 - \frac{\alpha_1}{\beta_1}$, $C_1 = N_{10} + \frac{\alpha_1}{\beta_1}$

© Бомба А.Я., Федонюк А. А.

$$\begin{cases} N_{11}(t) = (N_{10} + \frac{\alpha_1}{\beta_1})e^{\int_0^t f_1(\check{t})d\check{t}} - \frac{\alpha_1}{\beta_1}, \\ N_{21}(t) = (N_{20} + \frac{\alpha_2}{\beta_2})e^{\int_0^t f_1(\check{t})d\check{t}} - \frac{\alpha_2}{\beta_2} \end{cases}$$

Тоді, для $\tau \leq t < 2\tau$ $N_l = N_{l2}$ $N_l(t-\tau) = N_{l1}(t-\tau)$

$$\begin{cases} \frac{dN_{12}}{dt} = (\alpha_1 + \beta_1 N_{12}) * f_2(t), \text{ де } f_2(t) = N_0 - N_{11}(t-\tau) - N_{21}(t-\tau); \\ \frac{dN_{22}}{dt} = (\alpha_2 + \beta_2 N_{22}) * f_2(t); \end{cases} \quad (5)$$

$N_{12}(\tau) = N_{120}$, $N_{120} = N_{11}(\tau)$

$N_{22}(\tau) = N_{220}$, $N_{220} = N_{21}(\tau)$

$$\begin{cases} N_{12}(t) = (N_{11} + \frac{\alpha_1}{\beta_1})e^{\int_\tau^t f_2(\check{t})d\check{t}} - \frac{\alpha_1}{\beta_1}, \\ N_{22}(t) = (N_{21} + \frac{\alpha_2}{\beta_2})e^{\int_\tau^t f_2(\check{t})d\check{t}} - \frac{\alpha_2}{\beta_2} \end{cases}$$

Аналогічно, на проміжку

$(k-1)\tau \leq t < k\tau$

$$N_l = N_{lk}(t) = (N_{lk} + \frac{\alpha_l}{\beta_l})e^{\int_{(k-1)\tau}^t f_k(\check{t})d\check{t}} - \frac{\alpha_l}{\beta_l}$$

В своїх попередніх дослідженнях [9,10] ми, використовуючи математичну модель одночасного впливу обох інформаційних потоків дослідили вплив православних церков двох конфесій (УПЦ КП та УПЦ МП) на український соціум в період незалежності. Використовуючи отримані в цих роботах коефіцієнти α1=3*10-2, β1=4*10-6, α2=3,5*10-3, β2=7,9*10-6 ми застосували розв'язки, отримані вище для реальної ситуації в суспільстві. Було виявлено співпадіння з реальністю із зовсім незначною кореляцією даних. Найкращий результат отриманий був при запізненні в часі τ=3-7 років. Ми хочемо набрати більше статистичних даних і скорегувати час запізнення до більш конкретного терміну. Цим ми займемося в найближчій перспективі.

Висновки та перспективи подальшого дослідження.

Ми розглянули відому математичну модель впливу двох взаємовиключаючих інформаційних потоків на соціум, але з введенням в неї такого поняття як запізнення в часі для одного з потоків, оскільки така ситуація є більш реальною ніж одночасний початок діяльності обох інформаційних потоків. Отримані теоретичні міркування ми спробували спроектувати на реальну ситуацію, що склалась в українському суспільстві внаслідок діяльності православних церков двох конфесій: УПЦ КП та УПЦ МП. Результати виявились надзвичайно реалістичними і такими, що потребують детальної інтерпретації з точки зору соціології. Розробкою цього питання ми і збираємось зайнятись в найближчій перспективі.

1. Д.А.Губанов, Д.А.Новиков, А.Г.Чхартишвили. Социальные сети: модели информационного влияния, управления и противоборства / Под ред. чл.-корр. РАН Д.А.Новикова. – М.: Издательство физико-математической литературы, 2010. – 228 с.
2. А.А.Самарский, А.П.Михайлов. Математическое моделирование в информационную эпоху // Вестник РАН, 2004, №9.
3. А.А.Самарский, А.П.Михайлов. Математическое моделирование. Идеи, методы, примеры. – М.: Наука, 2001, 320 с.
4. А.А.Самарский, А.П.Михайлов. Методологические основы моделирования социальных процессов: пределы возможного. Математическое моделирование социальных процессов. вып.3. – М.: МГУ, 2000.

© Бомба А.Я., Федонюк А. А.

5. А.П.Михайлов, Н.А.Маревцева, Модели информационной борьбы. Математическое моделирование, 2011, том 23, №10, С.19-32.
6. F.M.Bass. A new product growth for model consumer durables // Management Science, 1969, v.15, p.215-227.
7. Л.Л.Делицын. Количественные модели распространения нововведений в сфере информационных и телекоммуникационных технологий. – М.: МГУКИ, 2009, 106 с.
8. А.П. Михайлов, Н.В. Клюсов. О свойствах простейшей математической модели распространения информационной угрозы. Математическое моделирование социальных процессов, вып.4. – М.: МАКС Пресс, 2002, с.115-123.
9. Федонюк А.А., Шигорін П.П., Антонюк Б.П. Математична модель співіснування двох релігійних конфесій в суспільстві (на прикладі України). – Математика. Інформаційні технології. Освіта // Збірник статей. – Луцьк: ПП Іванюк, 2015, с.196-206.
10. Антонюк Б.П. Модель інформаційного протистояння на прикладі розвитку мережі церковно-релігійних інституцій. – Математика. Інформаційні технології. Освіта // Збірник статей. – Луцьк: ПП Іванюк, 2016, с.5-11.

© Бомба А.Я., Федонюк А. А.