

МОДЕЛИ ДИНАМИКИ ИНФОРМАЦИОННЫХ УГРОЗ И ИНФОРМАЦИОННОГО ПРОТИВОБОРСТВА

Михайлов А.П., Петров А.П.

*(Институт прикладной математики им. М.В.Келдыша РАН, Москва,
Социологический ф-т МГУ им. М.В.Ломоносова, Москва)*

***XVI Всероссийская Конференция-школа молодых исследователей
«Современные проблемы математического моделирования»***

Абрау-Дюрсо, сентябрь 2015

Базовая модель информационной угрозы

(Михайлов, Ключов, 2002)

$$\frac{dN}{dt} = (\alpha + \beta N)(N_0 - N), \quad N(0) = 0$$

$N(t)$ - количество адептов (spreaders, спредеров),

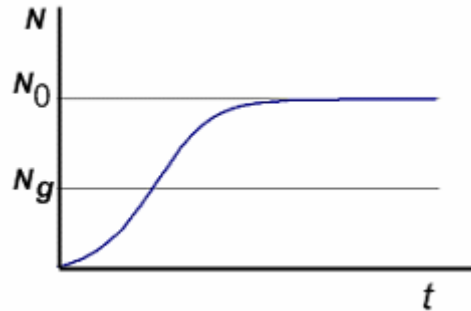
α - интенсивность распространения информации через СМИ;

β - интенсивность распространения информации через межличностную коммуникацию.

Один из основных вопросов, решаемых с помощью моделей распространения информации, заключается в том, при каких условиях скорость роста количества адептов достигает максимума. Соответствующее явление называется максимальным ажиотажем.

Максимум ажиотажа достигается при значении численности адептов, равном

$$N_g = \frac{1}{2} \left(N_0 - \frac{\alpha}{\beta} \right).$$



Если же $N_0 \leq \alpha / \beta$, то скорость роста количества адептов максимальна в начальный момент, и убывает с течением времени.

Модель информационной угрозы в сверхкоммуникативной среде

(Маревцева, 2013)

$$\frac{dN}{dt} = (\alpha + \beta N^2)(N_0 - N), \quad N(0) = 0$$

В зависимости от значений параметров, возможны три случая:

- 1) имеются два «локальных максимума ажиотажа».
- 2) имеется ровно один «максимум ажиотажа»,
- 3) точка ажиотажа отсутствует; максимальное значение скорости роста числа адептов происходит при $t=0$

Базовая модель информационного противоборства

(Маревцева, 2009; Михайлов, Маревцева, 2011)

$$\frac{dN_1}{dt} = [\alpha_1 + \beta_1 N_1](N_0 - N_1 - N_2)$$

$$\frac{dN_2}{dt} = [\alpha_2 + \beta_2 N_2](N_0 - N_1 - N_2)$$

Система нелинейных обыкновенных дифференциальных уравнений (автономная динамическая система 2-го порядка) служит первоначальной моделью изучаемого процесса. Из неё при известных параметрах N_0 , α_1 , β_1 , α_2 , β_2 и начальных значениях численностей $N_1(0)$ и $N_2(0)$ аналитически или численно находятся все искомые характеристики. Будем называть её моделью информационного противоборства.

Можно найти общее решение системы

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

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

В частности, при нулевых начальных данных ($N_1(0) = N_2(0) = 0$) для решения справедливо

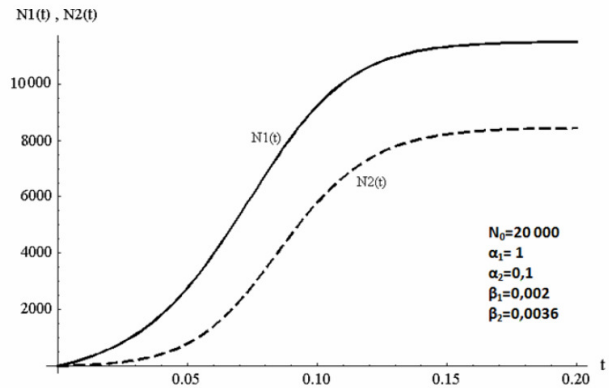
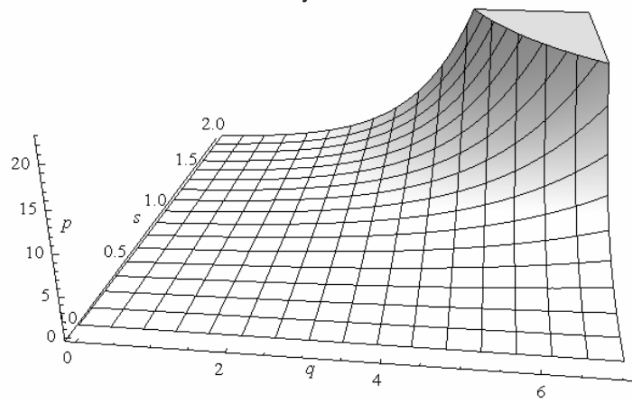
$$\frac{\beta_2}{\alpha_2} N_2(t) = \left(1 + \frac{\beta_1}{\alpha_1} N_1(t) \right)^{\beta_2/\beta_1} - 1$$

Не рассматривая временную динамику процесса подробно, изучим вопрос о «победителе» и «побеждённом», когда к моменту полного охвата изучаемой общности обеими видами информации «победитель» сумел распространить свою информацию среди большего, чем соперник, числа членов общности.

В частности, легко находится достаточное условие заведомой победы одного из конкурентов над всеми остальными вместе взятыми (условие достижения в момент t_f численности членов общности, воспринявших информацию победителя, величины, большей чем $N_0/2$, то есть получения «партией» победителя «парламентского большинства»). Введем «функцию победы»

$$V_i = \beta_i \ln \left[\left(1 + \frac{\beta_i N_0}{2\alpha_i} \right) / \left(1 + \frac{\beta_i N_i(0)}{\alpha_i} \right) \right]^{-1}$$

Тогда победителем является участник с номером i_0 с наибольшим среди всех конкурентов значением «функции победы».



Некоторые работы на данную тему

- макромоделли (Daley, Kendall 1965 и т.д.)

$$\frac{dx}{dt} = -\alpha xy$$

$$\frac{dy}{dt} = \alpha xy - \beta y^2 - \gamma yz \quad \text{spreaders}$$

$$\frac{dz}{dt} = \beta y^2 + \gamma yz \quad \text{stifflers}$$

- распространение информации в социальных сетях
 - ИПУ РАН (Губанов, Новиков, Чхартишвили 2010)
- уклон в социологию
 - Шведовский, 1981

К чему мы стремимся

- 1. Адекватное описание социальной структуры на основе существующего знания о реальных обществах**
- 2. Адекватное описание индивида на основе поведенческих гипотез, социологических и психологических теорий**

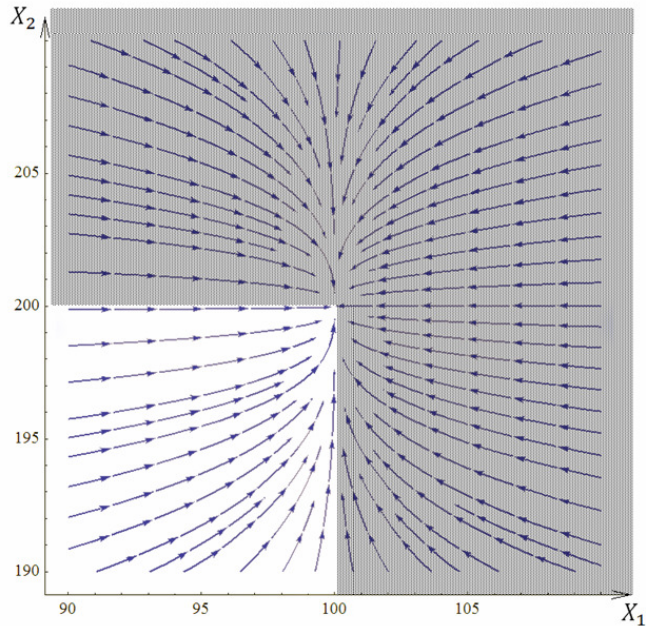
Неполный охват социума средствами массовой информации

Выделяются две группы:

- X_1 индивидов, получающих информацию как при межличностном взаимодействии, так и от СМИ;
- X_2 индивидов, получающих информацию лишь при межличностном взаимодействии;

$$\frac{dX_1}{dt} = [\alpha + \beta(X_1 + X_2)](N_1 - X_1)$$

$$\frac{dX_2}{dt} = \beta(X_1 + X_2)(N_2 - X_2)$$



Фазовый портрет в
случае неполного
охвата социума
средствами массовой
информации, $N_1 = 100$;
 $N_2 = 200$;
(область изменения
переменных выделена
белым цветом)

Двухшаговое усвоение информации

Индивид распространяет информацию лишь после двукратного ее получения

x - количество индивидов, получивших ее ровно один раз (предадепты)

$$\frac{dx}{dt} = (N - X - x)(\alpha + \beta X) - x(\alpha + \beta X)$$

$$\frac{dX}{dt} = x(\alpha + \beta X)$$

Забывание информации

$$\frac{dX}{dt} = (N - X)(\alpha + \beta X) - \gamma X .$$

**Модель распространения информации в социуме,
учитывающая перечисленные факторы**

$$\frac{dX_1}{dt} = x_1 (\alpha + \beta [X_1 + X_2]) - \gamma X_1$$

$$\frac{dX_2}{dt} = \beta x_2 [X_1 + X_2] - \gamma X_2$$

$$\frac{dx_1}{dt} = (\alpha + \beta [X_1 + X_2]) [N_1 - X_1 - 2x_1] - \delta x_1 + \gamma X_1$$

$$\frac{dx_2}{dt} = \beta [X_1 + X_2] [N_2 - X_2 - 2x_2] - \delta x_2 + \gamma X_2$$

$$x_1(0) = x_2(0) = X_1(0) = X_2(0) = 0$$

Аналитическое решение в случае сильной пропаганды

$\alpha \gg \beta N$. Сделаем замену $\alpha = 1/\varepsilon$, где ε - малый параметр.

$$\varepsilon \frac{dX_1}{dt} = x_1 (1 + \varepsilon \beta [X_1 + X_2]) - \varepsilon \gamma X_1$$

$$\varepsilon \frac{dx_1}{dt} = (1 + \varepsilon \beta [X_1 + X_2]) [N_1 - X_1 - 2x_1] - \varepsilon \delta x_1 + \varepsilon \gamma X_1$$

Сингулярно возмущенная система.

Метод пограничных функций А.Б. Васильевой

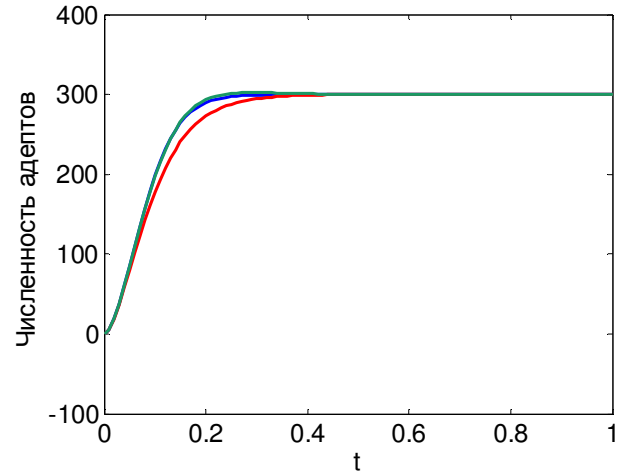
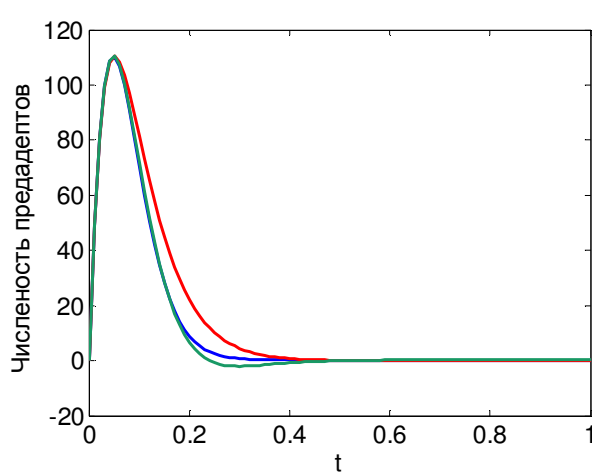
$$X_1(t) = \bar{X}_1^0(t) + \Pi_0 X_1(\tau) + \varepsilon (\bar{X}_1^1(t) + \Pi_1 X_1(\tau))$$

$$X_2(t) = \bar{X}_2^0(t) + \Pi_0 X_2(\tau) + \varepsilon (\bar{X}_2^1(t) + \Pi_1 X_2(\tau))$$

$$x_1(t) = \bar{x}_1^0(t) + \Pi_0 x_1(\tau) + \varepsilon (\bar{x}_1^1(t) + \Pi_1 x_1(\tau))$$

$$x_2(t) = \bar{x}_2^0(t) + \Pi_0 x_2(\tau) + \varepsilon (\bar{x}_2^1(t) + \Pi_1 x_2(\tau))$$

Сравнение аналитического и численного решения



синяя линия - численное решение
красная линия - нулевое приближение
зелёная линия - первое приближение

Модель информационного противоборства, учитывающая три дополнительных фактора

$$\frac{dX_1}{dt} = x_1(\alpha_1 + \beta_1(X_1 + X_2)) - \gamma_1 X_1$$

$$\frac{dX_2}{dt} = \beta_1 x_2(X_1 + X_2) - \gamma_1 X_2$$

$$\frac{dY_1}{dt} = y_1(\alpha_2 + \beta_2(Y_1 + Y_2)) - \gamma_2 Y_1$$

$$\frac{dY_2}{dt} = \beta_2 y_2(Y_1 + Y_2) - \gamma_2 Y_2$$

$$\frac{dx_1}{dt} = (\alpha_1 + \beta_1(X_1 + X_2))(N_1 - X_1 - Y_1 - 2x_1 - y_1) + \gamma_1 X_1 - \delta_1 x_1$$

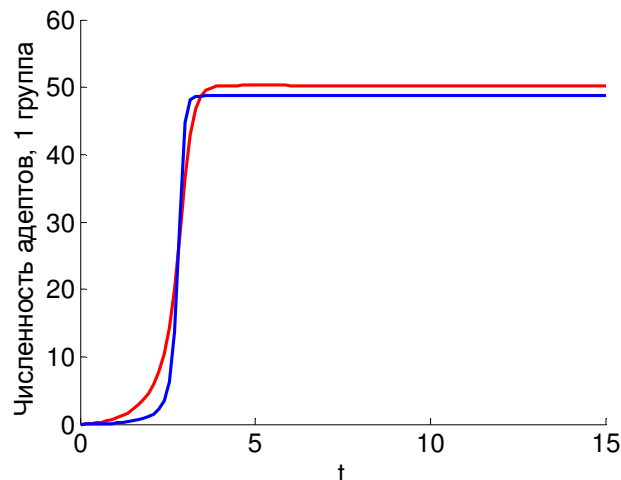
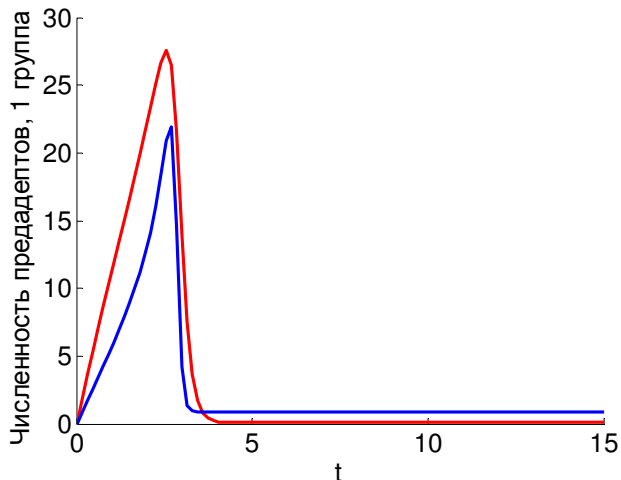
$$\frac{dx_2}{dt} = \beta_1(X_1 + X_2)(N_2 - X_2 - Y_2 - 2x_2 - y_2) + \gamma_1 X_2 - \delta_1 x_2$$

$$\frac{dy_1}{dt} = (\alpha_2 + \beta_2(Y_1 + Y_2))(N_1 - X_1 - Y_1 - x_1 - 2y_1) + \gamma_2 Y_1 - \delta_2 y_1$$

$$\frac{dy_2}{dt} = \beta_2(Y_1 + Y_2)(N_2 - X_2 - Y_2 - x_2 - 2y_2) + \gamma_2 Y_2 - \delta_2 y_2$$

Модель информационного противоборства:

«сильная пропаганда против межличностной коммуникации» (численный расчет)

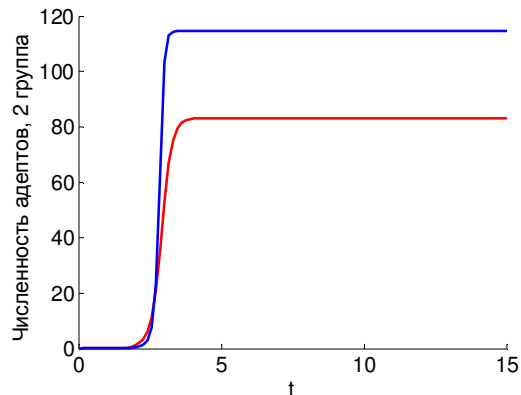
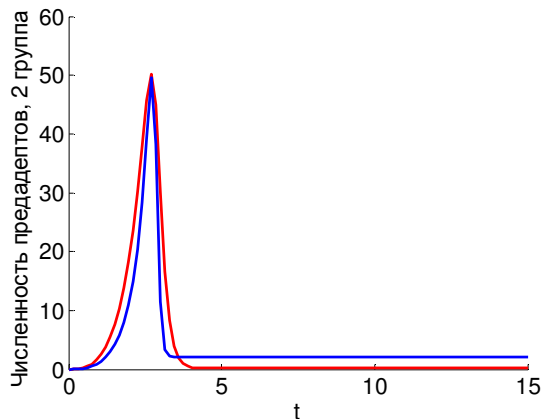


группа 1 (те, кто пользуется СМИ)

красная линия – первый источник информации

синяя линия – второй источник информации

Модель информационного противоборства:
«сильная пропаганда против межличностной коммуникации»
(численный расчет)



группа 2 (те, кто не пользуется СМИ)

красная линия – первый источник информации

синяя линия – второй источник информации

В противоположность первой группе побеждает второй источник

Получены следующие обобщения базовых моделей

1. Модели информационного нападения с тремя факторами:

- ✓ получены численные решения;
- ✓ построено асимптотическое решение для случая сильной пропаганды;
- ✓ проведено сравнение численного и асимптотического решения.

2. Модели информационного противоборства с 3 факторами:

- ✓ построена модель;
- ✓ найдено численное решение.

Данные модели позволяют описывать приближающиеся к реальности процессы информационных взаимодействий в социуме

Спасибо за внимание!