В.Н. Шац
(*Санкт-Петербург*)

О МОДЕЛИ ВОЗДЕЙСТВИЯ ИНФОРМАЦИИ НА ГРУППУ

В статье предлагается математическая модель для приближенной оценки воздействия социально значимой информации на группу. Рассматривается процесс общения, который моделируется как перемещение информации в цепи элементов, каждый из которых преобразует ее согласно зависимости, близкой к закону психофизики Вебера – Фехнера. Моделирование сводится к решению дифференциального уравнения в частных производных, результаты которого согласуются с существующими представлениями о коллективном поведении.

Ключевые слова: математическая модель, воздействие информации, групповая динамика, закон психофизики, коллективное поведение, шкала значимости.

Постановка исследовательской задачи

Проблема воздействия информации на общество привлекает широкое внимание. В многочисленных исследованиях рассматривались социологические и психологические стороны этой проблемы, решались различные задачи информационной безопасности, пропаганды, коллективного поведения и других практически важных приложений [1; 2; 3]. Вместе с тем, вопрос о количественной оценке воздействия определенной информации на группу остается открытым.

Владимир Наумович Шац – доктор технических наук, независимый исследователь. E-mail: vlnash@mail.ru.

В этой связи нами рассматривается одна из возможных моделей приближенной численной оценки воздействия социально значимой информации на группу в ситуации общения ее членов, учитывающая как характеристики информации, так и группы. Для этого, прежде всего, рассмотрим простейшую модель процесса общения, сформулируем основные допущения и введем расчетные зависимости. На этой основе обратимся к более сложным схемам общения.

Представим группу в виде непрерывной цепи *соприкасающихся элементов*, каждый из которых в зависимости от ее конфигурации соответствует отдельному человеку, скоплению людей или малой группе. При этом информация перемещается по цепи элементов, имеющих достаточно малую протяженность по сравнению с длиной цепи. Положение каждого элемента будем определять его координатой x. Она измеряется вдоль пути движения информации, начиная от элемента О, к которому первоначально поступает. При таком подходе реальная геометрия группы может быть произвольной.

Величина x определяет протяженность этого пути в долях характерного для рассматриваемой ситуации расстояния a, отличающегося, например, для группы в небольшом зале или на городской площади. Для измерения времени используется безразмерная переменная t, которая вычисляется в единицах характерного времени b, которое может составлять минуты или часы в зависимости от особенностей группы и процесса общения. Вопрос о практическом определении параметров a, b рассмотрен в конце статьи.

Введем исходные допущения, которые будут проанализированы ниже.

● Информация может быть оценена положительным вещественным числом u, характеризующим уровень ее *социальной значимости*. На величину u распространяются все правила действий над вещественными числами. Информация элемента x в момент времени t описывается функцией $u = u(x, t)$, которая имеет непрерывные частные производные.

● Элемент преобразует информацию в ощущения в соответствии с законом, достаточно близким к закону психофизики Вебера – Фехнера, связывающему силу ощущения и активность раздражителя [4]. Под воздействием информации в элементе возникает так называемое *возбуждение*, уровень которого пропорционален уровню ее социальной значимости, т.е. величине *и*.

● Информацию можно интерпретировать как некий *объект*, имеющий три составляющие [5]. Первая – внешняя оболочка информации в виде звуков, знаков, символов и др. Вторая – семантическое содержание, различающееся для отдельных элементов. Третья – прагматическая составляющая, которая зависит от восприятия элементом информации. *Объект* движется по цепи, изменяет свои характеристики при взаимодействии с элементами.

● Элемент воспринимает информацию, типизирует и корректирует входящие данные, исполняя роль некого *оператора* Ф. При этом пропускает без изменения только часть информации, снижая уровень значимости других частей. Для предельно неблагоприятной для элемента информации уровень значимости снижается до нуля.

Рассмотрим основания для введения этих допущений. Представляется очевидным, что для социально значимой информации существует конечный перечень возможных альтернатив и шкала их значимости, отражающий сложившиеся в группе представления. В частности, для отдельных групп определенные события в обществе, исторические факты или законодательные акты могут входить в соответствующий перечень или отсутствовать в нем, а также иметь различную значимость. Этот перечень включает альтернативу «прочие», для которой уровень значимости равен нулю. Время может быть разбито на отрезки, соответствующие отдельным компонентам информации, имеющим самостоятельное семантическое содержание. В соответствии со шкалой на каждом отрезке времени информация имеет свою числовую характеристику. Поэтому функцию *и* можно рассматривать как некоторую оценку для процесса информации в виде детерминированной функции.

При описании ситуации общения в социальной группе нередко используется термин «*возбуждение*». В частности, состояние групп людей при коллективном поведении Н. Смелзер [6] характеризует как эмоциональное, коллективное или всеобщее возбуждение. Самому возбуждению он дает оценки: *повышенное, высокого уровня, создающее чувство тревоги, ярости, недоумения и любопытства, ощущение что-то должно случиться и надвигающейся опасности*. В этой связи в статье для характеристики эмоционального, напряженного состояния группы используется термин «возбуждение». Зависимость уровня возбуждения элемента, как показателя его ощущений, от уровня значимости информации, играющего для него роль внешнего раздражителя, определяется большим числом факторов. Они характеризуют особенности элемента, информации и группы, их влияние и носят случайный характер. Для наших целей достаточно постулировать существование такой зависимости.

Возбуждение рассматривается как проявление информационного воздействия. Оно поддается внешнему наблюдению, и его можно рассматривать как измеритель информации, который имеет приближенную числовую оценку. Можно считать, что величина u является одновременно и мерой социальной значимости информации, и мерой возбуждения, но они вычислены по разным шкалам. В зависимости от контекста будем рассматривать u как оценку уровня значимости информации или уровня возбуждения.

Сложную природу информации совместно учитывают функция u и оператор Ф. Информацию и возбуждение характеризуют случайные процессы, которые одновременно происходят в точке (x, t). Процесс перемещения данных происходит между элементами. В элементе идут процессы осмысления и переработки поступающей информации и процесс возбуждения. Такой подход к информации и использование одной детерминированной функции u для описания различных случайных процессов основаны на дополнительных допущениях. В частности, предполагается, что возникающие погрешности не влияют на описание процесса возбуждения группы в целом и могут проявиться только при анализе процессов на коротких отрезках времени или на небольших участках пути движения информации.

Значение $u = 0$ свидетельствует о том, что уровень значимости информации равен нулю и элемент не возбужден. Вместе с тем, информация обладает свойством не исчезать, она способна только постепенно устаревать. Но уровень возбуждения элемента может колебаться с достаточно высокой частотой, и возбуждение может исчезнуть за «пренебрежимо» малое время.

Правила действия над вещественными числами не учитывают, в частности, влияние последовательности поступления информационных сообщений, имеющих разное семантическое содержание. Поэтому использование в вычислениях числовой оценки информации сопряжено с определенной погрешностью. Но здесь важна не сама информация, а уровень ее социальной значимости, который не определяется новизной полученных данных и тезаурусом элемента, поскольку даже информация об общеизвестных фактах способна создать возбуждение в группе. Можно предположить, что для оценки уровня возбуждения, создаваемого поступающей информацией, эти правила применимы.

Простейшая модель «возбуждения»

Моделирование простейшего процесса общения в группе сводится к решению задачи о вычислении функции $u(x, t)$ и основано на методе, используемом при рассмотрении движения информации по непрерывно ветвящейся цепи [7]. Введем функцию $z = x + t$, которая характеризует перемещение информации в среде. Полагаем, что неразрывность потока информации связывает приращения Δu и Δz функций u и z соотношением:

$$\Delta u = \Phi u\,\Delta z.$$

Оператор Ф учитывает индивидуальные различия в оценке информации отдельными элементами. Считаем, что действие оператора Ф, корректирующего полученную информацию в зависимости от ее восприятия, может быть описано функцией, которая близка к линейной:

$$\Phi u = \phi\, u\, (1 + u/u_m).$$

Здесь функция $\varphi = \varphi\,(x, t)$ описывает восприятие элементом полезности информации, причем $\varphi \in [0,1]$. Функцию φ можно считать непрерывной благодаря принадлежности всех элементов к одной социальной группе. Параметр u_m равен некоторому предельному значению u, при котором в среде возникает кризисная ситуация.

Объединяя приведенные выше зависимости и переходя от приращения к дифференциалу, получим

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial u}{\partial t} = \varphi\, u\, (1 + u/u_m). \tag{1}$$

Тем самым задача сведена к решению дифференциального уравнения в частных производных. Из постановки задачи следует, что значение $u = 0$ до воздействия внешней информации $f = f\,(t)$, которая начинает поступать в элемент группы $x = 0$ в момент $t = 0$. Соответственно, начальные условия имеют вид: $u\ (0, \mathrm{t}) = f$; $u = 0$ при $t < 0$.

Согласно [8], характеристики уравнения (1) определяются системой дифференциальных уравнений:

$$dx = dt = \frac{du}{\phi\, u\, (1 + u/u_m)}.$$

Эти характеристики проходят через кривую $x = 0$, $t = \tau$, $u = f\,(\tau)$, где параметр $\tau \geq 0$.

Из системы находим решение задачи:

$$u(x,t) = \frac{f(\tau)\, e^{\zeta(x,\tau)}}{1 + \dfrac{f(\tau)}{u_m}\left(1 - e^{\zeta(x,\tau)}\right)}, \tag{2}$$

где $\zeta(x,\tau) = \int_{\tau}^{x} \phi\,(p,\tau)\,dp$, $\tau = t - x$.

Полученные зависимости позволяют сделать ряд выводов об особенностях распространения возбуждения. Поскольку минимальное значение $\tau = 0$ и соответственно $x \le t$, то возбуждение распространяется как волна, которая постепенно охватывает группу. Фронт волны, для которого $x = t$, перемещается со скоростью $\nu = 1$. В пространстве реального времени и расстояний, а не их безразмерных аналогов, эта скорость равна $\nu_1 = a/b$.

Для минимума $\varsigma = 0$, отвечающего случаю $\varphi = 0$, величина $u \equiv f$. Во всех остальных случаях группа усиливает внешнюю информацию, поскольку $u > f$. С увеличением протяженности цепи эффект усиления возрастает.

При значении ς, равном $\zeta_m = \ln(1 + u_m/f)$, соответствующем возникновению особенности в зависимости (2), значение $u \to \infty$. Этот вывод вызван погрешностью уравнения (1), которое, согласно исходному допущению о «пренебрежимо» малых размерах элементов, моделирует группу как сплошную среду. Фактически под значением $u \to \infty$ следует понимать некий предельный уровень возбуждения, превышающий u_m.

Из выражения (2) видно, что влияние φ на величину u значительно превышает влияние f. Тем самым на возбуждение группы больше влияет восприятие информации элементами, чем ее значимость.

Рассмотрим результаты расчетов при воздействии постоянной по значимости или восприятию информации, которая изменяет свои характеристики при $t = T$. На рис. 1 представлен график поверхности $u(x, t)$ для случая $f(t) = \theta(t - T)$, $\varphi \equiv 1$; $T = 1{,}2$, $u_m = 10$ (θ – функция Хэвисайда).

По мере движения волны возбуждения ее максимальное значение u_1, которое соответствует фронту волны, существенно увеличивается. Чем дальше находится элемент от начала цепи,

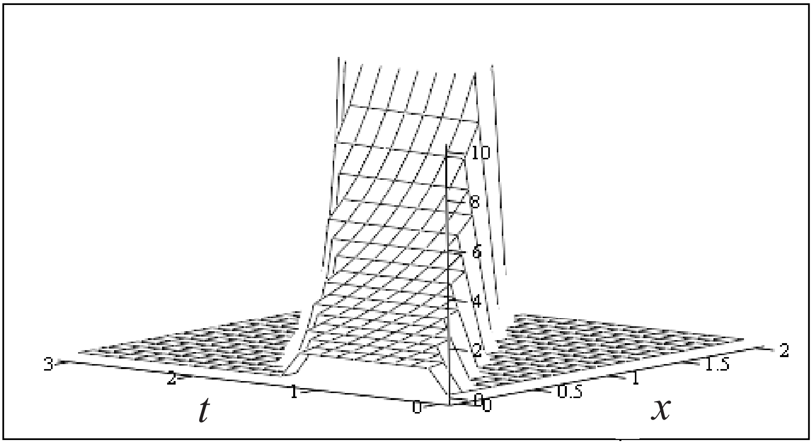

Рис. 1. График поверхности u(x, t) при непрерывной функции f(t)

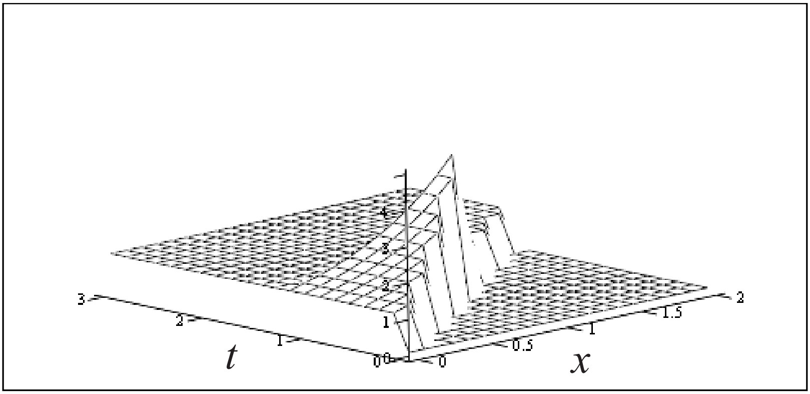

Рис. 2. График поверхности u(x, t) при непрерывной функции φ(x, t)

тем позднее его достигнет волна, но тем выше ее интенсивность. Значение u_1 сохраняется в течение времени T. Затем волна возбуждения уходит и элемент возвращается в свое первоначальное невозбужденное состояние. По сравнению с внешней информацией значение u_1 увеличивается почти на порядок уже при $x = 2$. Столь высокий уровень возбуждения соответствует случаю постоянно действующей и самой полезной информации, для которой $\varphi = 1$.

На рис. 2 представлены результаты расчета для случая, отличающегося от предыдущего тем, что разрывы имеет функция φ. Здесь $f(t) = \theta(t)$, $\varphi(x, t) = \theta(t - T)$.

Сопоставление двух рисунков указывает на качественное снижение уровня возбуждения при уменьшении φ до уровня $\varphi = 0$, соответствующего предельно неблагоприятной информации. За исключением достаточно ограниченной области $0 < t \leq T$ и $0 < x \leq t$, даже постоянное воздействие информации не порождает $u > f$.

Расширение расчетной схемы модели

Выше была рассмотрена простейшая схема процесса общения, когда внешняя информация поступает из одного источника и движется вдоль единой цепи. На ее основе возможно введение более сложных схем.

Очевидно, в случае нескольких путей распространения информации из одного источника O для каждого из них справедливы полученные зависимости при соответствующих значениях параметров a, b и φ. Если в некотором элементе M две цепи пересекаются, то в него будет поступать информация u_1 и u_2 из первой и второй цепи соответственно. В этот элемент информация придет различными путями и за разное время. В момент реального времени T информация в элементе M равна $u_M = u(X_1/a_1, T/b_1) + u(X_2/a_2, T/b_2)$. Здесь X_1 и X_2 – длина дуги OM, измеренная вдоль первой и второй цепи соответственно; a_1, a_2, b_1 и b_2 – параметры цепей.

Зависимость (2) может быть использована для случая, когда источник информации расположен в элементе $s > 0$. Информация в элементе цепи x равна $u_1(x, t) = u(s + x, t)$. Однако эта зависимость справедлива только при $s < x$, поскольку при нарушении этого соотношения направление движения информации от источника к элементу изменится на противоположное. Поэтому при $s > x$ информация в элементе равна $u_2(x, t) = u(s - x, t)$.

Перейдем к обобщению этого случая, когда все элементы $x \le l$ одновременно получают внешнюю информацию. Он моделирует реальную ситуацию для группы с протяженностью цепи $L = l\, a$, в которой к каждому элементу информация поступает как непосредственно из внешнего источника, так и по цепи от других элементов, но несколько измененной. Например, в форме связной речи прямо от оратора, а также в виде кратких комментариев, отдельных реплик, возгласов и жестов, переданных по цепи от других слушателей.

В произвольном элементе цепи информация из всех источников суммируется. Она может быть вычислена по формуле:

$$u_c(x,t) = f(t) + \int_0^x u(s+x,t)ds + \int_x^l u(s-x,t)ds\,.$$

Из зависимости (2) следует, что значение $u(s + x, t) = 0$ при $0 < s < x - t$, а значение $u(s - x, t) = 0$ при $x + t < s < l$. Указанная зависимость приводится к виду

$$u_c(x,t) = f(t) + \int_{x-t}^{x} u(s+x,t)ds + \int_x^{x+t} u(s-x,t)ds. \tag{3}$$

Для случая $f(t) = \theta(t)$, $\phi(x, t) = \varphi_0$ и $u_m \to \infty$ согласно (3) находим $u_c = 2e^{\varphi_0 t} - 1$. Сопоставим u_c с величиной u, которая соответствует одному источнику информации, расположенному в элементе O. При тех же исходных данных из (2) получим: $u = \theta(t - x)e^{\varphi_0 x}$. Поэтому для любого элемента цепи ограниченной длины справедливо соотношение: $u \le e^{\varphi_0 t}$. Отсюда следует, что цепь с одним источником информации усиливает ее величину не менее, чем в $e^{\varphi_0 t}$ раз, а при одновременном получении информации всеми элементами – не менее, чем в $2e^{\varphi_0 t} - 1$ раз по сравнению с исходной информацией.

По-видимому, основной практический интерес представляет не оценка u для уровня возбуждения в определенном элементе x, а некоторая интегральная характеристика возбуждения группы u_r за время T. В качестве ее для группы с протяженность цепи L может быть принята величина

$$u_r = a / L \int_0^{L/a} u(x, T / b) dx.$$

Величина u_r может быть использована при сопоставительном анализе эффективности воздействия информации.

Оценка расчетных параметров

Практическое применение полученных зависимостей для конкретной группы – достаточно самостоятельная задача, которая всегда возникает при переходе от модели к реальности. В связи с этим ограничимся рассмотрением путей ее решения.

По существу в статье предложена детерминированная модель для случайного процесса общения. Эта модель устанавливает однозначное соответствие между величинами f и u. Идентифицирующие группу параметры a, b, φ и u_m представляют собой некоторые оценки случайных величин и должны использоваться только в отношении достаточно больших по объему групп. В этом случае величина u будет иметь относительно малую дисперсию. Кроме того, только для таких групп справедливо исходное допущение о малой протяженности элемента цепи по сравнению с ее длиной.

Следует подчеркнуть, что практически отсутствуют исследования, характеризующие скорость распространения информации в группе, которые могли бы послужить основой для определения указанных параметров. В этой связи целесообразно ввести дополнительные упрощающие предположения и выполнить экспериментальные исследования по воздействию информации на группу. Очевидно, эксперименту должна предшествовать разработка исследовательских процедур для рассматриваемой специфической задачи групповой динамики. Эта работа должна включать разработку методик измерения как уровня социальной значимости информации, так и уровня возбуждения в элементах, из которых состоит группа.

На начальном этапе разработки таких методик в качестве упрощающего предположения можно принять $u_m = 10\ u_{\max}$, где $u_{\max}$ – максимальное значение уровня значимости в соответствующей шкале. Для ограниченного промежутка времени наблюдения целесообразно пренебречь зависимостью распределенного параметра $\varphi = \varphi(x, t)$ от времени и принять $\varphi = \varphi(x)$. Определение $\varphi(x)$ требует разработки процедуры социологических измерений. Она должна приближенно учесть особенности элементов изучаемой группы на пути распространения информации в отношении склонности к конформизму, эмоциональной устойчивости и по другим поведенческим характеристикам.

Значение a определяется длиной цепи L, которая находится с определенной погрешностью, поскольку путь передачи информации между элементами может изменяться со временем. Величина b зависит от протяженности отрезка времени δ, которое необходимо элементу группы для восприятия и осмысления семантически содержательной информации и передачи ее в какой-либо форме по цепи. Путем социологических измерений можно найти статистические характеристики δ для отдельных элементов и вычислить для группы в целом величину δ_g – математическое ожидание величины δ. Очевидно, между параметрами a и L, а также δ_g и b существует определенная зависимость. Она может быть установлена в дальнейшем на основе анализа большого объема эмпирических данных.

Для определения параметров a и b возможно проведение эксперимента по воздействию информации на группу для наиболее простого в реализации случая одновременного ее получения всеми членами. Тогда для некоторого члена группы X в момент времени T находится информация/возбуждение U, которое можно сопоставить с расчетной величиной, согласно уравнению $u_c(X/a, T/b) = U(X,T)$. В случае двух пар значений (X,T) эти уравнения образуют систему из двух нелинейных уравнений для вычисления параметров a и b. При более обширном эксперименте с большим количеством пар значений (X,T) неизвестные параметры можно найти на основе метода наименьших квадратов.

Итак, предложенная модель воздействия информации на группу основана на большем числе допущений и опирается на некоторую интерполяцию знаний в сопредельных областях отдельных наук. Причем исходные точки этой интерполяционной кривой определены достаточно приближенно. Это касается социологии (влияние информации на процессы коллективного поведения), психологии (связь эмоционального возбуждения человека и соответствующих стимулов), а также информатики (вопросы информационного взаимодействия).

При всей эклектичности существующих знаний модель не ограничивается анализом факторов, определяющих воздействие информации на групповое поведение, и не сводится к оценке качественных характеристик такого воздействия. Модель позволяет найти приближенную количественную оценку процесса воздействия информации с учетом характеристик информации и группы. Все полученные частные результаты показывают, что предложенная модель этого процесса согласуется с существующими представлениями о коллективном поведении.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Почепцов Г.Г.* Информационные войны. М.: Рефл-бук; К.: Ваклер, 2000.

2. *Митин Н.А.* Новая модель информационного взаимодействия в социальных системах // Математическое моделирование социальных процессов. М.: Социологический факультет МГУ, 2000. Вып. 2.

3. *Михайлов А.П., Измоденова К.В.* Об оптимальном управлении процессом распространения информации // Математическое моделирование социальных процессов. М.: МАКС Пресс, 2004. Вып. 6.

4. Психофизиология: Учебник для вузов / Под ред. Ю.И. Александрова. 3-е изд. СПб.: Питер, 2004.

5. *Кузнецов Н.А., Любецкий В.А., Чернавский А.В.* О понятии информационного взаимодействия: 1: допсихический уровень // Информационные процессы. 2003. Т. 3. № 1.

6. *Смелзер Н.* Социология. М.: Феникс, 1994.

7. *Шац В.Н.* Непрерывно ветвящаяся цепь как модель биологической цепи нейронов // Труды одиннадцатой национальной конференции по искусственному интеллекту с международным участием КИИ-2008. М.: ЛЕНАНД, 2008. Т. 1.

8. *Кошляков Н.С., Глинер Э.Б., Смирнов М.М.* Уравнения в частных производных математической физики. М.: Высшая школа, 1970.