

ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КОНКУРЕНЦИИ ПОЗИЦИЙ В БИОЛОГИЧЕСКИХ И СОЦИАЛЬНЫХ СИСТЕМАХ

© 2011 А. С. Пивоварова, А. А. Стеряков

Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С. П. Королёва
(национальный исследовательский университет)

На базе модели Вецсека, являющейся динамическим аналогом модели Изинга, построена модель конкуренции мнений в социальных и биологических системах. Рассмотрен процесс формирования коллективного поведения в системах с выделенными лидерами двух типов. Выявлены характеристики, влияющие на скорость и результат конкуренции между лидерами двух типов. Построена карта числа неопределившихся индивидов, остающихся вне влияния лидеров.

Математическое моделирование, точечное отображение, социальные системы, биологические системы, модель Изинга, модель Вецсека, самоорганизующиеся системы, компьютерное моделирование.

Введение

Математическое моделирование социальных и биологических систем в основном базируется на предположении, что поведение индивидов подчинено следующей схеме: при некоторых условиях они ведут себя независимо друг от друга, в других случаях мнения поляризуются, т.е. происходит переход системы от неупорядоченного состояния к упорядоченному. Под упорядоченным состоянием подразумевается состояние общества, при котором существуют чётко выделенные культурные и политические предпочтения, взгляды, интересы, которые разделяются большинством представителей социальной группы. В биологических системах упорядочение понимается в смысле движения стаей, совместной добычи пищи и т.п. Общие взгляды формируются за счёт обмена мнениями между составляющими данную группу индивидами, т.е. через взаимодействие, которое при определённых условиях имеет тенденцию делать этих индивидов более похожими в определённых аспектах друг на друга. Очевидно, что в отсутствие взаимодействия (в неупорядоченном состоянии системы) каждый индивид производит свой собственный выбор, не обусловленный влиянием его окружения.

В большинстве случаев в процессе формирования коллективного поведения в биологических и социальных системах только несколько индивидов имеют доступ к нужной и объективной информации, такой, как путь миграции или местонахождение источника пищи или препятствия. Существуют различные механизмы передачи этой информации остальным индивидам. Известно [1], что некоторые виды способны издавать специфические звуки, которые помогают сориентировать неосведомлённых индивидов. В социальных системах – это как прямая агитация, так и косвенная, например через СМИ. Кроме большей осведомлённости индивид-лидер может выделяться возрастом, статусом или репутацией. Например, для многих видов характерно то, что более опытные члены группы играют важную роль в помощи менее опытным. В работах [2, 3] сделан вывод, что относительно малое количество информированных индивидов достаточно для того, чтобы повести за собой целую группу. В качестве примера можно привести поиск корма рыбой, движущейся косяками, и рой пчёл, перемещающийся на новое место обитания.

В действительности, внутри группы индивидов обычно складывается более сложная ситуация. Часто случается, что

информированные индивиды внутри группы не соглашаются друг с другом в предпочитаемых направлениях из-за различного опыта или мотивов. Такое расхождение часто встречается и в человеческом обществе, например, различные политические партии могут иметь кардинально противоположные убеждения. Также часто возникает такая ситуация, когда некоторая группа индивидов полностью контролируется одной группой лидеров, а другая группа лидеров, которая может находиться в количественном меньшинстве, проявляется с целью захватить власть в данной группе. Используя аналогию с движением в некотором направлении, эту ситуацию можно также описать следующим образом: когда ориентация движения массы последователей полностью контролируется одной группой лидеров, другая группа лидеров, которая может находиться в количественном меньшинстве, проявляется с целью развернуть ориентацию последователей по-своему. Например:

1. мигрирующие птицы или находящиеся в поиске пищи насекомые способны отклониться к новому направлению при минимальном количестве информированных индивидов;
2. политическая партия способна победить на выборах своего оппонента, имеющего в данный момент численное преимущество в парламенте;
3. в условиях рыночной конкуренции вновь пришедшая компания может суметь завладеть рынком, контролируемым монополистами.

В последнее время проблема эффективного руководства привлекает всё большее внимание [2, 3, 4, 5]. В большинстве существующих работ показано, что при наличии противоборствующих групп лидеров остальные индивиды с большей вероятностью последуют за теми, которые находятся в большинстве [6]. Также, затраты на управление всей группой при деспотическом способе правления гораздо

больше, чем в случае способа правления, основанного на демократическом принятии решений и следовании за большинством [2]. Чем больше группа, тем меньшая доля информированных индивидов необходима для управления данной группой [3]. Из социологии известно, что при наличии нескольких политических партий общество склонно следовать за той, которая находится в большинстве [7, 8]. Процессы распространения аплодисментов в большой толпе людей [9] или паники при опасности [10] строго подчиняются законам «следования большинству». В связи с этим возникает важный вопрос: возможна ли ситуация, в которой группа лидеров, не имея численного преимущества, сможет перехватить власть у действующих лидеров, и что для этого необходимо?

Построение модели

Имитационное моделирование, выбранное в качестве средства изучения, – частный случай математического моделирования. Математическая модель заменяется имитационной, или имитатором, в случае работы с такими классами объектов, для которых по различным причинам не разработаны аналитические модели либо не разработаны методы решения полученной модели. Именно с такой ситуацией сталкиваются при математических исследованиях в социологии. С точки зрения Давыдова А.А., занимающегося, в частности, обзором и изучением методологии в компьютерной социологии [13,14], одной из основных проблем в развитии этой области как раз и является так называемая социо-проблема. Она состоит в том, что многие понятия и частные теории социальных систем, разработанные в рамках гуманитарной парадигмы, не отвечают критерию конструктивности, который предполагает реализацию теоретических понятий или теорию в целом в компьютерной системе с помощью языка программирования на основе какой-либо имитационной модели,

а традиционные эмпирические социологические исследования не в полной мере отвечают критериям компьютерно-ориентированного исследования (в полной мере не выявляют причинно-следственных отношений, часто уделяют внимание измерению совершенно иных показателей, а не тех, что нужны для разработки компьютерных моделей и т.п.).

Таким образом, для исследования выбранной социологической проблемы представляется объективным использование такого типа имитационного моделирования, как агентное моделирование. Это относительно новое (1990-2000 гг.) направление в имитационном моделировании используется для исследования децентрализованных систем, динамика функционирования которых определяется не глобальными правилами и законами (как в других парадигмах моделирования), а наоборот, когда глобальные правила и законы являются результатом индивидуальной активности членов группы. Цель таких моделей – получить представление о глобальных правилах, общем поведении системы, исходя из предположений об индивидуальном, частном поведении её отдельных активных объектов и взаимодействии этих объектов в системе. Агент в моделях такого типа есть некая сущность, обладающая активностью, автономным поведением, которая может принимать решения в соответствии с некоторым набором правил, взаимодействовать с окружением, а также самостоятельно изменяться.

При моделировании за основу взята модель Вицсека (Vicsek) [11]. В этой модели описываются распределённые некоторым образом на плоскости частицы (точки), каждая из которых совершает прямолинейное движение с заданной величиной скорости и в направлении, определяемом как среднее направление всех её соседей, т.е. частиц, попадающих в круг радиусом r с центром в данной точке. Также в направлении движения

может быть внесён шум в качестве случайного отклонения. Таким образом, данная модель представляет собой динамический аналог модели Изинга для ферромагнетика. Выстраиванию спинов соответствует появление выделенного направления движения, а аналогом температуры является случайное отклонение от него.

Для описания более сложной ситуации в обществе или биологической системе, когда в массе существуют выделенные индивиды, будем выделять три типа частиц [12]. Тогда, если общее количество частиц N , введём следующие обозначения для этих типов: N_l – количество действующих лидеров, пришедших ранее (leaders); N_n – количество лидеров, пытающихся распространить своё влияние (newcomers); $N_s = N - N_n - N_l$ – неинформированная часть индивидов (swarm).

Пусть положение i -ой частицы в пространстве описывается вектором координат \bar{x}_i . Тогда для всех частиц можно записать систему динамических уравнений:

$$\begin{aligned} \bar{x}_i(t+1) &= \bar{x}_i(t) + \bar{v}_0, & i=1, \dots, N_l; \\ \bar{x}_{n_i}(t+1) &= \bar{x}_{n_i}(t) + \bar{v}_{180}, & i=1, \dots, N_n; \\ \bar{x}_{s_i}(t+1) &= \bar{x}_{s_i}(t) + \bar{v}_{s_i}(t+1), & i=1, \dots, N_s, \end{aligned} \quad (1)$$

где для случая двумерного пространства $\bar{u}_0 = (u; 0)$ и $\bar{u}_{180} = (-u; 0)$ – константные векторы скорости лидеров первого и второго типа, соответственно. Таким образом, на движение лидеров, как индивидов с твёрдой позицией, не оказывают влияния окружающие индивиды. Направления движения двух типов лидеров противоположны друг другу. Неинформированные индивиды не имеют своего предпочтительного направления движения, и в каждый момент времени их вектор скорости имеет вид:

$$\bar{v}_{s_i}(t+1) = (v \cos \theta_{s_i}(t+1); v \sin \theta_{s_i}(t+1)). \quad V_m = 1 - \theta_a / (\pi/2). \quad (3)$$

Для угла θ_{s_i} справедливо следующее уравнение:

$$\theta_{s_i}(t+1) = \langle \theta(t) \rangle_r + \Delta\theta, \quad (2)$$

где $\langle \theta(t) \rangle_r$ – среднее направление движения всех индивидов (включая самого индивида s_i) в круге радиусом r с центром в точке s_i ; $\Delta\theta$ – случайный шум. В дальнейшем, чтобы сфокусировать внимание на влиянии лидеров, будем полагать $\Delta\theta$ равным нулю.

Наглядной иллюстрацией модели является распределение рассматриваемых индивидов в двумерном пространстве на плоскости. Предполагается, что в квадратной области размером L неинформированные индивиды распределены хаотично. В качестве характеристик пространственного распределения лидеров (рис. 1) вводятся:

1. эффективный размер распределения η – максимальное расстояние между двумя лидерами перпендикулярно их движению;
2. плотность распределения σ – отношение числа лидеров к занимаемой ими площади.

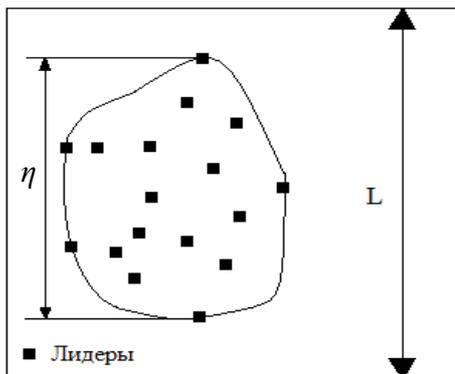


Рис. 1. Характеристики распределения лидеров в пространстве

Вводится также коэффициент, характеризующий среднее установившееся движение потока

Здесь θ_a – среднее направление движения по всем неинформированным индивидам. Тогда при V_m , принимающем значение 1, -1 или 0, получается, соответственно, полное подчинение масс ранее пришедшим лидерам, позже пришедшим лидерам или отсутствие какого-либо предпочтительного направления.

Численное моделирование

Для численного исследования предложенной модели, а также для визуализации переходных процессов в системе взаимодействующих индивидов авторами разработана программа Leadership. Средством разработки выбран Qt – кросс-платформенный инструмент для создания программного обеспечения на языке программирования C++ от Nokia's Qt Development Frameworks в редакции Qt Open Source под лицензией GNU GPL¹.

В созданной программе в соответствии с рассмотренной выше системой моделируется поведение объектов, распределённых в некоторой области пространства. Рассмотрен двумерный случай. Основные свойства объекта (используются в различных сочетаниях при разных режимах моделирования):

1. Координаты x и y задают положение объекта в пространстве.
2. Характеристика «мнение» θ , которая является аналогом таких реальных характеристик, как позиция индивида по некоторому вопросу в обществе или приверженность животного определённой позиции при поведении в стае. Для обобщения этих факторов считается, что мнение может принимать значения в диапазоне от 0 до 180. Для наглядности данная характеристика индивида ассоциирована с цветом –

¹GNU General Public License (Открытое лицензионное соглашение GNU) – лицензия на свободное программное обеспечение, созданная в рамках проекта GNU в 1988 г.

спектр от синего (0) до зелёного (180). Мнение со значением 90 считается нейтральным.

3. Скорость u обозначает количество пикселей, на которое смещается объект за одну итерацию. Активна в нестационарном случае.

4. Направление движения в случае ограниченной области пространства задается для каждого объекта случайным образом в диапазоне от 0 до 360° и изменяется только при рассеянии объектов на границах области. В случае неограниченного пространства направление движения совпадает по величине с мнением объекта θ .

5. Время жизни – количество итераций, через которое характеристика объекта «мнение» θ сбрасывается в нейтральное положение 90, что соответствует исчезновению индивида и появлению на его месте нового.

Так как на каждый объект может оказывать влияние другой, тем самым изменяя его те или иные характеристики в

зависимости от режима, происходит пересчёт характеристик всех объектов (кроме лидеров) с учётом объектов, которые оказывают на него влияние в данный момент, т.е. расстояние до которых не превышает значения радиуса влияния.

Общий интерфейс программы представлен на рис. 2. Все процессы системы визуализируются в главном окне №1. Область изображения можно изменять – перемещать и изменять её масштаб. Для улучшения видимости можно корректировать размеры объектов с помощью поля № 13. Характеристики системы отображаются в двух окнах: № 2 (гистограмма плотности распределения объектов по значениям «мнения», имеющая 45 делений) и № 3 (график среднего по всем объектам (не лидерам) мнения).

До начала моделирования необходимо задать все основные параметры

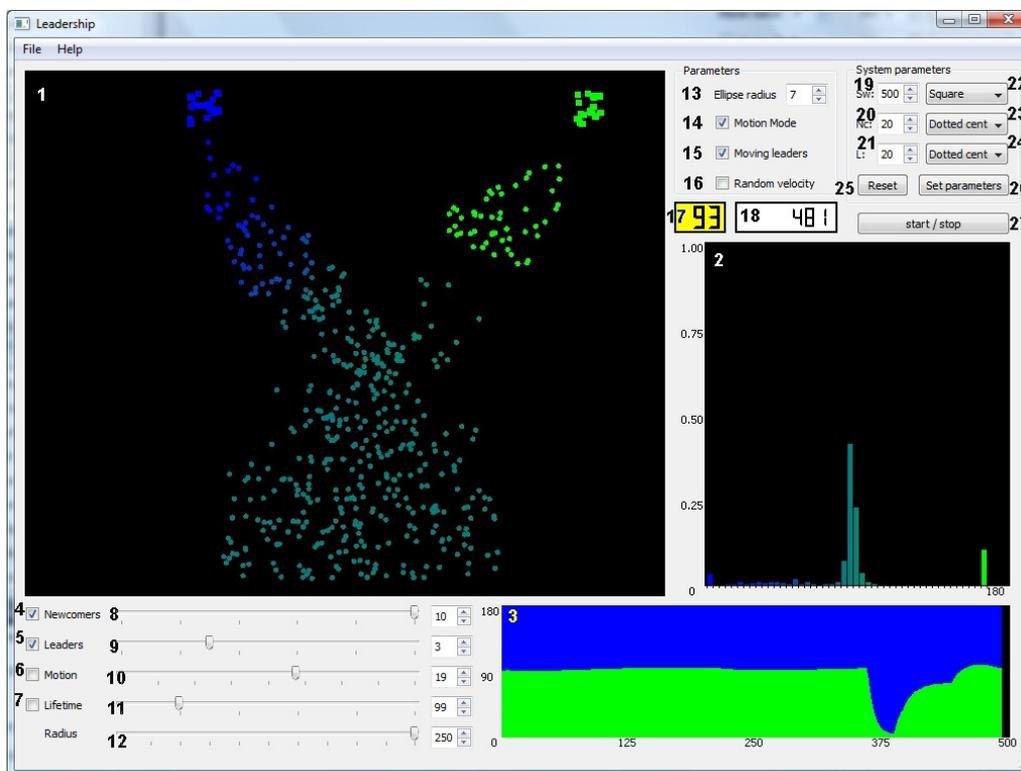


Рис. 2. Интерфейс программы Leadership

системы – для этого устанавливается число объектов и двух лидеров в полях № 19-21 соответственно, а также их вид распределения с помощью выпадающих списков № 22-24, ввод завершается клавишей № 26. С помощью клавиши № 25 можно произвести сброс мнения всех объектов до нейтрального во время процесса моделирования. Процесс запускается и останавливается с помощью кнопки № 27.

Программа может производить моделирование в двух основных режимах: 1) в режиме ограниченного движения и 2) в режиме движения в неограниченной области с направлением движения «по мнению». Переключение режимов производится с помощью флажка № 14. Кроме того, в каждом режиме можно устанавливать флажки № 4-7 и № 15-16, тем самым включая/выключая действие тех или иных лидеров, движение, время жизни объектов и случайное распределение скоростей. Некоторые из этих параметров можно изменять количественно (пределы указаны в скобках) с помощью ползунков: № 8-9 – силу лидеров (1...10), № 10 – коэффициент скорости движения (1...32) и № 11 – максимальное значение времени жизни в итерациях (1...500). Также изменяется радиус влияния № 12 (1...250).

В процессе моделирования происходит отсчёт числа итераций на дисплее № 18, а также показывается текущее значение среднего мнения № 17. Кроме того, происходит запись среднего мнения на каждой итерации в расположенные в директории программы файлы с именами <out№.txt>, где № изменяется каждый раз после установки новых параметров.

Исследование модели

С помощью разработанной программы были проведены исследования системы взаимодействующих индивидов с двумя типами выделенных лидеров.

Подобно тому, как это было сделано в работе [12], вначале было исследовано,

при каких пространственных распределениях вновь пришедшие лидеры (второго типа) могут подчинить себе неинформированных индивидов, ранее полностью захваченных другими лидерами (первого типа). Рассматривалось три различных типа распределения (равномерный, вертикальный и точечный) лидеров второго типа при одном и том же, равномерном, распределении первых лидеров (рис. 3).

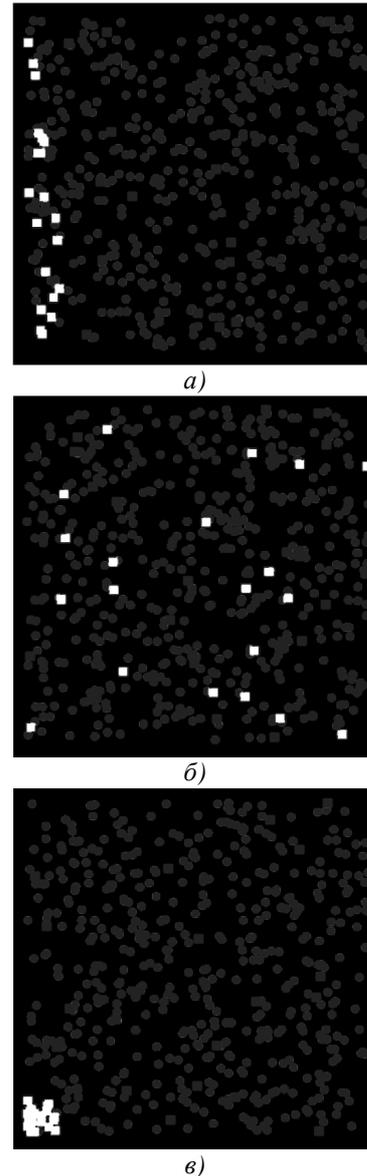


Рис. 3. Случаи разных типов распределения (а – вертикальный, б – равномерный, в – точечный) лидеров второго типа

Для отслеживания результатов противоборства в захвате лидерами влияния использовалась такая величина, как среднее мнение по всем

неинформированным индивидам. По результатам моделирования были построены графики зависимости этой величины от времени для разных типов распределений (рис. 4).

Полученные результаты говорят о том, что в конкуренции между лидерами важнейшим фактором является их пространственное распределение, а именно его характеристики: эффективный размер и плотность. Проведённые дополнительно запуски модели с теми же парами распределений лидеров, но при численном превосходстве одних, показали, что победа может остаться за меньшинством. Даже в ситуации, когда лидеры, пришедшие первыми, захватывают мнение всех индивидов, появившиеся впоследствии лидеры с лучшим соотношением параметров распределения (с большей его плотностью или с большим эффективным размером) выигрывают в конкурентной борьбе. Стоит отметить, что уверенное превосходство имеет вертикальный тип распределения, как обладающий большим

эффективным сечением и достаточной плотностью относительно других типов распределений при одинаковом числе индивидов.

Кроме того, проведённые опыты с различными значениями радиуса влияния помогли установить, что данный параметр оказывает существенное влияние только на случай точечного распределения. Как видно на графиках (рис. 4), увеличение радиуса в три раза практически не вносит изменений в итог борьбы при равномерном и вертикальном типе распределения (сплошными линиями на графике обозначены опыты с меньшим радиусом, а пунктирными – с большим), однако существенно влияет на ситуацию в случае точечного типа: при малом радиусе вторые лидеры уступают, а при большом – лидируют в захвате влияния. Более ясно ситуация прослеживается при визуализации процесса (рис. 5). На рисунках показаны три состояния системы: до начала действия лидеров второго типа (а), после при меньшем (б) и после при большем (в) радиусе влияния.

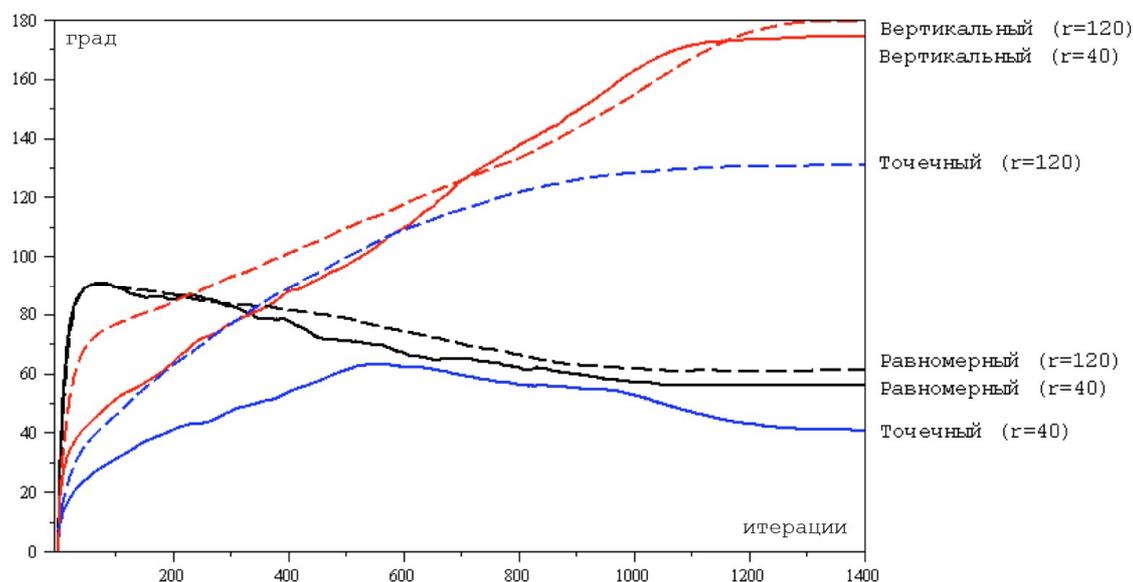


Рис. 4. Зависимость среднего направления движения неинформированных индивидов от времени при разных пространственных распределениях вновь пришедших лидеров

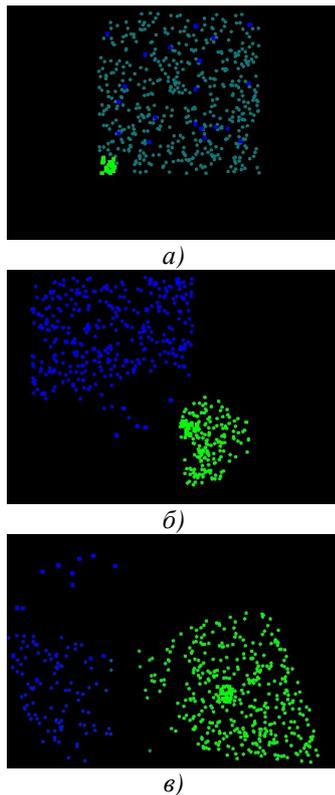
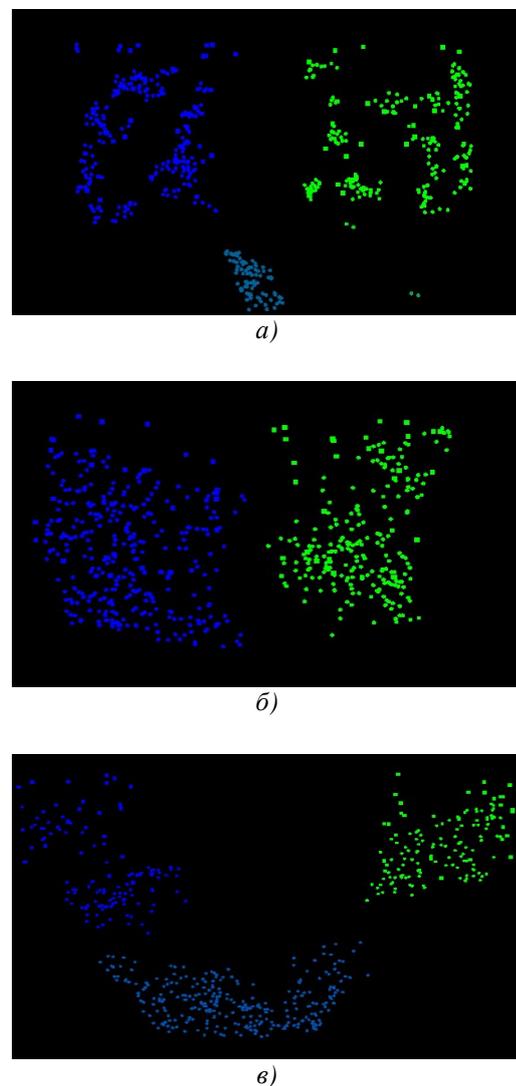


Рис. 5. Этапы противоборства лидеров: а) до начала действия лидеров, б) после взаимодействия при радиусе 40, в) после взаимодействия при радиусе 120

Необходимо обратить внимание на то, что среднее направление движения всей массы как характеристика исхода конкурентной борьбы не даёт полного описания ситуации. Как видно из рис. 6, кроме индивидов с ярко выраженной принадлежностью к той или иной когорте лидеров существуют также и те, которые находятся вне их влияния. Их мнение остается нейтральным (с небольшими отклонениями в одну или другую сторону), и движение в соответствии с моделью имеет направление практически перпендикулярное к направлению движения всех лидеров. Таким образом, следует учитывать и этот фактор при описании процесса конкуренции. Наиболее удобным инструментом наблюдения является гистограмма плотности распределения объектов по значениям «мнения» (элемент 2 на рис. 2).

При исследовании было выяснено, что на конечное число индивидов с нейтральным мнением влияет не только

пространственное распределение лидеров, но и параметры всей системы, такие, как скорость или радиус влияния. Проведённые опыты по измерению количества неопределившихся индивидов при варьировании радиуса влияния и сохранении всех других параметров системы позволили установить, что зависимость этого количества от радиуса имеет нелинейный вид. Это можно увидеть на рис. 6, где приведены результаты конкуренции двух лидеров с равномерным типом распределения при различном радиусе влияния.



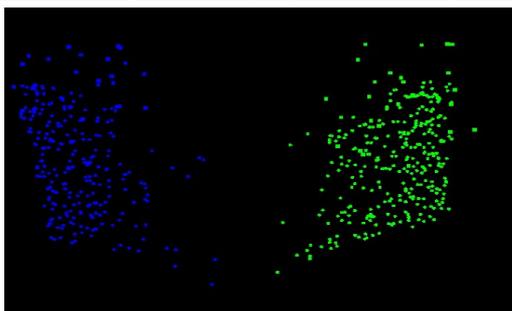


Рис. 6. Изменение количества неопределившихся индивидов с увеличением радиуса r при неизменной скорости: а) $r=20$, б) $r=60$, в) $r=80$, з) $r=100$

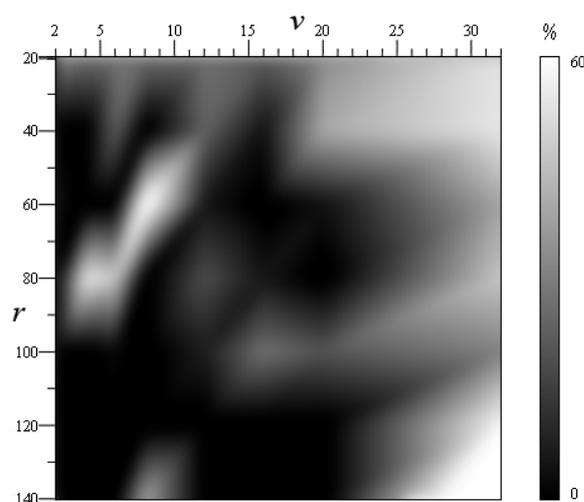


Рис. 7. Карта количества неопределившихся индивидов в процентах от их общего количества в плоскости параметров r и v

Зависимость от скорости тоже оказывается нелинейной. Для более комплексной картины была построена карта количества неопределившихся индивидов, появившихся в результате противоборства лидеров, имеющих равномерное пространственное распределение, в плоскости двух параметров: скорости объектов v и радиусе влияния r (рис. 7).

Здесь хорошо видно, что по обоим параметрам наблюдается нелинейная зависимость. Кроме того, видна и другая тенденция – при малых скоростях и большом радиусе влияния неопределившиеся индивиды практически не появляются и, наоборот, при больших скоростях и малом радиусе вероятность их появления возрастает. Чтобы понять природу такой

зависимости, были рассмотрены производные характеристики системы.

Первая характеристика $t_n \sim \frac{r}{v}$ – время, за

которое существуют нейтральные объекты, возникающие за счёт равноудалённости от лидеров разных типов. Чем дольше существуют такие объекты, тем больше вероятность того, что они останутся в таком же состоянии после окончания конкуренции (т.е. когда лидеры обоих типов отдалятся на расстояние большее, чем радиус влияния).

Вторая характеристика $t_r \sim \frac{r}{v}$ – время, за

которое объект покидает область влияния лидера. При малом значении этого параметра объект, который в данный момент пришёл в нейтральное состояние, быстрее выйдет из области влияния, и поэтому вероятность того, что он останется нейтральным, возрастает. Совместное действие этих факторов (противоположных по результату относительно количества нейтральных объектов, но схожих по зависимости от параметров системы) и даёт картину нелинейного распределения количества неопределившихся в пространстве двух параметров – скорости и радиуса влияния.

Заключение

В работе построена модель, адаптирующая модель Вицсека для описания совокупности агентов-индивидов, которые имеют возможность перемещаться как в ограниченной, так и в неограниченной области, обладают индивидуальной характеристикой, «мнением», которое может определять направление движения в соответствии с описанными правилами, а также через которое осуществляется взаимодействие между индивидами. Полученная модель отражает коллективное поведение объектов при наличии двух типов лидеров, противостоящих друг другу, что отражается в противоположности мнений и направлений движения. В системе реализованы такие признаки социальных

и биологических систем, как следование за большинством, обмен и распространение мнения, конкуренция между лидирующими группами, которые являются источниками различных мнений, а также релаксация общественного мнения с течением времени.

Сделан вывод, что модель адекватно отражает процессы конкуренции, т.е. система за конечное число итераций приходит в одно из трёх возможных состояний: а) все индивиды системы переходят в один лагерь тех или иных лидеров, б) индивиды делятся в различных пропорциях между двумя противоборствующими сторонами, в) кроме двух групп, следующих за своими лидерами, появляется часть индивидов, которая остаётся вне влияния и двигается в своём направлении. В качестве замечания можно указать на то, что в неограниченном пространстве индивиды полностью кластеризуются по мнениям. Вопрос, когда именно и сколько образуется неопределёвшихся индивидов, исследован отдельно. В частности, построена карта их количества в пространстве двух параметров: скорости движения и радиуса влияния (взаимодействия). Выявлены производные факторы, которые оказались противоположными по действию на количество нейтральных объектов, но схожими по зависимости от параметров системы и дающими объяснение нелинейному виду получившейся зависимости.

Кроме того, удалось положительно ответить на вопрос о перезахвате влияния меньшинством пришедших позднее лидеров. Данная ситуация может возникнуть при более «сильном» пространственном распределении последних. Очевидно, что возможность таких процессов в модели делает её более адекватной, потому что обратная ситуация означала бы неосуществимость эффективного управления.

Разработанная программа позволяет визуализировать и численно исследовать процессы в полученной модели. Широкий диапазон изменения большого количества параметров, а также выбор типов распределения объектов и режимов ограничения области пространства даёт возможность исследования и других вопросов в рамках рассматриваемой модели.

Работа выполнена в рамках магистерского курса «Математические модели в социальных и поведенческих науках». Авторы благодарят профессора Е.Я. Когана за плодотворные обсуждения вопросов постановки задачи, методов её решения и результатов.

Библиографический список

1. Collective Memory and Spatial Sorting in Animal Groups [Text] / I.D. Couzin, J. Krause, R. James, G.D. Ruxton and N.R. Franks // *J. Theor. Biol.* - 2002 - Vol. 218, N1. - P. 1-11.
2. Group decision-making in animals [Text] / L. Conradt and T. J. Roper // *Nature* - 2003 - Vol. 421. - P. 155-158.
3. Effective leadership and decision-making in animal groups on the move [Text] / I.D. Couzin, J. Krause, N.R. Franks and S.A. Levin // *Nature* - 2005 - Vol. 433. P. 513-516.
4. The principles of collective animal behaviour [Text] / D.J.T. Sumpter // *Philosophical Transactions of the Royal Society of London: Series B* - 2006 - Vol.361. P. 5-22.
5. From disorder to order in locust marching [Text] / J. Buhl, D.J.T. Sumpter, I.D. Couzin, J.J. Hale, E. Des-pland, E. R. Miller and S. J. Simpson // *Science* - 2006 - Vol. 312. P. 1402-1406.
6. Differential processing and attitude change following majority versus minority arguments [Text] / C.K.W. De Dreu and N.K. De Vries // *British Journal of Social Psychology* - 1996 - Vol. 35. P. 77-90.

7. The Dynamics of Public Opinion in Complex Networks [Text] / S. Suo and Y. Chen // Journal of Artificial Societies and Social Simulations - 2008. Vol. 11, N 4. - P.42.
8. Competition-Driven Network Dynamics: Emergence of a Scale-Free Leadership Structure and Collective Efficiency [Text] / M. Anghel, Z. Toroczkai, K. E. Bassler and G Korniss // Phys. Rev. Lett. - Vol. 92, N 5. - P. 058701.
9. Self-organizing processes: The sound of many hands clapping [Text] / Z. Nada, E. Ravasz, Y. Brechet, T. Vicsek and A.-L. Barabasi // Nature - 2000 - Vol. 403, P. 849-850.
10. Simulating dynamical features of escape panic [Text] / D. Helbing, I. Farkas and T. Vicsek // Nature - 2000 - 407, P. 487-490.
11. Novel Type of Phase Transition in a System of Self-Driven Particles [Text] / T. Vicsek, A. Czir'ok, E. Ben-Jacob, I. Cohen and O. Shochet / Phys. Rev. Lett. - Vol. 75, N6. - P. 1226-1229.
12. Effective leadership in competition [Electronic resource] / H.-T. Zhang, N. Wang, M.Z.Q. Chen, T. Zhou and C. Zhou // arXiv.org - 2009 - 0907.1317Z.
13. Давыдов, А.А. Компьютерные технологии для социологии (обзор зарубежного опыта) [Текст] / А.А. Давыдов // Социологические исследования. – 2005. – №1. – С. 131-138.
14. Давыдов, А.А. Системный подход в социологии: новые направления, теории и методы анализа социальных систем [Текст] / А.А. Давыдов. – М.: КомКнига, 2005. – 328 с.
3. Effective leadership and decision-making in animal groups on the move [Text] / I.D. Couzin, J. Krause, N.R. Franks and S.A. Levin // Nature - 2005 - Vol. 433. P. 513-516.
4. The principles of collective animal behaviour [Text] / D.J.T. Sumpter // Philosophical Transactions of the Royal Society of London: Series B - 2006 - Vol.361. P. 5-22.
5. From disorder to order in locust marching [Text] / J. Buhl, D.J.T. Sumpter, I.D. Couzin, J.J. Hale, E. Despland, E. R. Miller and S. J. Simpson // Science - 2006 - Vol. 312. P. 1402-1406.
6. Differential processing and attitude change following majority versus minority arguments [Text] / C.K.W. De Dreu and N.K. De Vries // British Journal of Social Psychology - 1996 - Vol. 35. P. 77-90.
7. The Dynamics of Public Opinion in Complex Networks [Text] / S. Suo and Y. Chen // Journal of Artificial Societies and Social Simulations - 2008. Vol. 11, N 4. - P.42.
8. Competition-Driven Network Dynamics: Emergence of a Scale-Free Leadership Structure and Collective Efficiency [Text] / M. Anghel, Z. Toroczkai, K. E. Bassler and G Korniss // Phys. Rev. Lett. - Vol. 92, N 5. - P. 058701.
9. Self-organizing processes: The sound of many hands clapping [Text] / Z. Nada, E. Ravasz, Y. Brechet, T. Vicsek and A.-L. Barabasi // Nature - 2000 - Vol. 403, P. 849-850.
10. Simulating dynamical features of escape panic [Text] / D. Helbing, I. Farkas and T. Vicsek // Nature - 2000 - 407, P. 487-490.
11. Novel Type of Phase Transition in a System of Self-Driven Particles [Text] / T. Vicsek, A. Czir'ok, E. Ben-Jacob, I. Cohen and O. Shochet / Phys. Rev. Lett. - Vol. 75, N6. - P. 1226-1229.
12. Effective leadership in competition [Electronic resource] / H.-T. Zhang, N. Wang, M.Z.Q. Chen, T. Zhou and C. Zhou // arXiv.org - 2009 - 0907.1317Z.

References

1. Collective Memory and Spatial Sorting in Animal Groups [Text] / I.D. Couzin, J. Krause, R. James, G.D. Ruxton and N.R. Franks // J. Theor. Biol. - 2002 - Vol. 218, N1. - P. 1-11.
2. Group decision-making in animals [Text] / L. Conradt and T. J. Roper // Nature - 2003 - Vol. 421. - P. 155-158.

13. Davydov, A.A. Computer technologies for sociology (review of foreign publications) [Text] / A.A. Davydov // Sociological studies. – 2005. – №1. – PP. 131-138.
14. Davydov, A.A. System approach in sociology: new tendencies, theories and methods for analyzing social systems [Text] / A.A. Davydov. – M.: KomKniga, 2005. – 328 p.

LEADER COMPETITION IN BIOLOGICAL AND SOCIAL SYSTEMS

© 2011 A. S. Pivovarova, A. A. Steryakov

Samara State Aerospace University named after academician S. P. Korolyov
(National Research University)

A model of public opinion competition in social and biological systems is introduced on the basis of the Vicsek model, which is an analog of the Ising model. The process of collective behavior formation in systems with two competitive groups of leaders is discussed. A program for computational investigation and visualization of transient processes in this model is developed. Characteristics that affect the quickness and the result of competition between two types of leaders are revealed. The parameter map of the number of individuals who remain beyond the leaders' influence is drawn.

Mathematical modeling in biology and social science, point mapping, social systems, biological systems, Ising model, Vicsek model, self-organizing systems, computer modeling.

Информация об авторах

Пивоварова Анна Сергеевна, аспирант, Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С. П. Королёва (национальный исследовательский университет), a-pivovarova@mail.ru. Область научных интересов: математическое моделирование социальных, биологических и экономических систем.

Стерьяков Александр Александрович, аспирант, Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С. П. Королёва (национальный исследовательский университет), lubopitnij@mail.ru. Область научных интересов: математическое моделирование социальных, биологических и экономических систем.

Pivovarova Anna Sergeevna, post-graduate, Samara State Aerospace University named after academician S. P. Korolyov (National Research University), a-pivovarova@mail.ru. Area of research: mathematical modeling in biology, economics and social science.

Steryakov Alexander Alexandrovich, post-graduate, Samara State Aerospace University named after academician S. P. Korolyov (National Research University), lubopitnij@mail.ru. Area of research: mathematical modeling in biology, economics and social science.