



МОДЕЛЬ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ДВУХ РАЗВИВАЮЩИХСЯ НАУЧНЫХ НАПРАВЛЕНИЙ С УЧЕТОМ ОГРАНИЧЕНИЯ РОСТА ДОСТИЖЕНИЙ И ЗАПАЗДЫВАНИЯ

И. В. Измайлов, Б. Н. Пойзнер, В. О. Раводин

Исследуется модель взаимодействия двух научных направлений с квадратичным ограничением роста достижений, учитывающая инерционность восприятия сообществом «своих» и «чужих» научных достижений. Построены серии фазовых портретов для двух случаев развивающихся направлений, позволяющие выяснить влияние инерционности на характер динамики. В частности, показано, что инерционность способна разрушать одно из научных направлений, вновь вызывая его к жизни, усложняя процесс взаимодействия.

Введение

Фундаментальные математические модели динамики тех или иных характеристик научной деятельности обсуждались в ряде работ отечественных науковедов еще в 1980-е годы, например, в книгах Яблонского и Хайтупа [1,2]. Однако исследование поведения этих моделей разворачивается лишь в последние годы. В частности, обращают на себя внимание статьи Качака и Мчедловой [3,4]. В них и в кратком сообщении [5] раскрыты социологические аспекты моделей и актуальность предпринятых исследований. В [3,4] на примере изучения взаимодействия пары научных направлений отражены универсальные процессы отношений между двумя подсистемами одной замкнутой системы. В модели, рассмотренной в статье [4] (в отличие от предшествующей ей статьи [3]), сделан учет ограничения экспоненциального роста обобщенных макропеременных x , y , имеющих смысл состояния проблем в областях научного знания X , Y . Выбор ограничения в форме квадратичной нелинейности [4], показал, что такое ограничение делает данную модель приближением более высокого порядка по сравнению со случаем, представленным в [3], демонстрируя рост разнообразия динамики развития научных направлений.

Подобная диверсификация поведения системы, рассмотренной в [3], имеет место и при учете инерционности реакции на научные достижения в каждом из взаимодействующих направлений. Мы не обсуждаем здесь причины инерционности, но предполагаем, что они могут иметь мировоззренческую, социокультурную, методологическую, социально-психологическую, коммуникативную и другую природу. В относительно простом виде эта инерционность может формально описываться введением разновеликих запаздывающих аргументов у обобщенных макропеременных x , y , стоящих в правых частях уравнений модели, предложенной

в статье [3]. Как показали вычислительные эксперименты [6–8], даже если величина запаздывания одинакова для всех слагаемых в уравнениях, наблюдается расширение разнообразия эволюции подсистем, что позволяет говорить о повышении правдоподобия модели.

По существу тот же вывод сделан в докладах [9,10], предложивших учитывать еще и инерционность ограничения экспоненциального роста наряду с инерционностью взаимодействия научных направлений.

Следует напомнить, что эрeditарные системы (от др. – греч. $\chi\rho\omega\sigma\tau\eta\varsigma$ – родственники, наследующие имущество), то есть системы с последствием, или запаздыванием, впервые были рассмотрены именно в контексте классического труда В. Вольтерры «Математическая теория борьбы за выживание» [11]. В четвертой главе «Сравнение явлений последствия в биологии и механике» Вольтерра предложил математическое толкование последствия. Изучение математических моделей систем с последствием (в силу их распространенности в природе, технике и социокультурной сфере) составляет сегодня отдельное направление в теории устойчивости динамических систем [12].

Судя по публикациям, сложились три направления совершенствования модели взаимодействия в науке, выражаемые последовательностями работ [3,4], [3,6–8] и [4,9,10], соответственно. В свете сказанного представляет интерес провести вычислительные эксперименты, учитывая как ограничение экспоненциального роста в форме квадратичной нелинейности, так и инерционность восприятия сообщества ученых «своих» и «чужих» научных достижений. В данной работе представлены результаты моделирования, относящиеся к случаям I и II, рассмотренным в статье [4].

Описание модели

Для удобства сравнения результатов будем в дальнейшем использовать обозначения, принятые в статье [4]. Как и в работе [7], будем исходить из того, что существуют научные результаты, воспринимаемые сообществом с различным запаздыванием, то есть воспринимаемые из различных временных пластов. Следовательно, возможно дробление каждого члена уравнений модели на серии подобных же членов, но с различной величиной запаздывающего аргумента ($t-\tau_i$). Отсюда возникают соответствующие суммы – вплоть до интегральных функций вида

$$\int_0^{\infty} f_x(t-\tau)x(t-\tau)d\tau,$$

$$\int_0^{\infty} \int_0^{\infty} f_{xy}(t-\tau_x, t-\tau_y)x(t-\tau_x)y(t-\tau_y)d\tau_x d\tau_y$$

при бесконечном дроблении. Если «функции памяти» f являются дельта-функциями от $(t-\tau_i)$, то получаются известные модели, восходящие к работам В. Вольтерры (например, выражение (37) в [11, с. 267]) или подобные им.

В соответствии с изложенным выше рассмотрим модель взаимодействия научных направлений с ограничением развития ($b_1, b_2 \geq 0$) и инерционностью восприятия достижений в форме уравнений с запаздывающим аргументом:

$$\begin{cases} dx(t)/dt = c_1x(t-\tau_1)y(t-\tau_2) - c_2x(t-\tau_3) - b_1x(t-\tau_7)x(t-\tau_8), \\ dy(t)/dt = c_3y(t-\tau_4)x(t-\tau_5) - c_4y(t-\tau_6) - b_2y(t-\tau_9)y(t-\tau_{10}). \end{cases} \quad (1)$$

Здесь τ_1 и τ_3 – задержки в восприятии первым сообществом собственных результатов: соответственно в контексте результатов второго сообщества (усваиваемых с опозданием на τ_2) и вне контекста; τ_7 и τ_8 – задержки в восприятии

научной продукции, влекущей ограничение экспоненциального роста достижений первого сообщества. Само это ограничение может быть не только следствием устаревания (опровержения) научно-технической информации [4], но и проявлением опередивших «свое время» результатов, сужающих поле возможных новаций сегодня. Времена $\tau_4, \tau_6, \tau_5, \tau_9$ и τ_{10} имеют аналогичный смысл для второго сообщества. По смыслу введенных времен запаздывания в типичном случае $\tau_3 \leq \tau_1 \leq \tau_2$. Заметим, что соотношения между временами τ_i зависят от многих факторов, называвшихся выше. В отличие от модели, предложенной в докладе [9] Е.С. Мчедловой, времена τ_3, τ_7 (и симметричные им τ_6, τ_9) не равны нулю.

Рассмотрим простейший случай равенства всех τ . В качестве начальных условий возьмем $x(t)=x_0, y(t)=y_0, -\tau < t < 0$. Тогда можно аналитически найти функции x, y на любом из отрезков $n\tau < t < (n+1)\tau$ ($n \geq 0$, целое). Причем $x(t), y(t)$ порогово усложняются с ростом n и являются полиномами. На отрезках $n\tau < t < (n+1)\tau$ для максимального порядка этих полиномов справедливо следующее рекуррентное соотношение: $m_n = 2m_{n-1} + 1$, где $m_{-1} = 0$. Если устремить τ к нулю, то уже при $t \rightarrow 0$ порядок полиномов $m \rightarrow \infty$.

При возникновении $x < 0$ ($y < 0$) в расчетах полагались характеристики продуктивности $x=0$ ($y=0$). Величина запаздывания изменялась с различным значением шага варьирования, и выбранный нами максимум ее был не менее 2.3. В качестве системы тестовых задач использовались результаты статей [3, 4].

Результаты моделирования

I. Для случая, когда оба направления развиваются, причем X отрицательно влияет на Y , Y положительно влияет на X ($c_1=1, c_2=c_3=c_4=-1$), имеют место следующие особенности.

Вариант 1.1: $b_1=b_2=0.5, x_0=0.1, y_0=1$. Пока время запаздывания (формально нормированное к $1/|c_2|$) не превышает значения 1.56, имеет место стационарное устойчивое состояние: $x=2, y=0$. Начиная с $\tau=1.6$, становятся заметными колебания x (в пределах $1.7046 \div 2.2502$), но по-прежнему $y=0$. С ростом τ амплитуда растет и усугубляется ангармонизм колебаний. При $\tau=2.4$ минимальное значение x становится равным 0, период следования максимумов близок к 12.8, что составляет приблизительно 5.3 τ . Близость x к 0 в момент t влечет медленность изменения x в момент $t+\tau$, которая проявляется на графике $x(t)$ как горизонтальный участок.

Вариант 1.2: $b_1=5, b_2=0.5, x_0=0.4285, y_0=1.1528$. При малых запаздываниях ($\tau < 0.91$) имеет место стационарное устойчивое состояние, в котором y не обращается в ноль: $x=0.4285, y=1.1428$. Начиная с $\tau > 0.91$, становятся заметными колебания. Поскольку на фазовом портрете локальные максимумы (как и минимумы) макроременных x, y совпадают, эти колебания можно интерпретировать как синфазные. С увеличением τ растет их амплитуда, а также возникший сдвиг фаз между ними (надежно опознаваемый при $\tau=1.07$), причем фазовые портреты напоминают по форме «восьмерку» до тех пор, пока $\tau \leq 1.07$. Ее нижняя петля сокращается при увеличении τ .

При увеличении τ от 1.07 до 1.08 значение x достигает нуля (рис. 1, а), нижняя петля «восьмерки» утрачивается, и форма предельного цикла становится существенно менее вытянутой.

Удвоение периода наступает в интервале $1.1 \leq \tau \leq 1.105$, бифуркация, восстанавливающая прежний режим, происходит, когда $1.26 \leq \tau \leq 1.27$. Очередные удвоения периода имеют место соответственно, если $1.31 \leq \tau \leq 1.32$ и $1.34 \leq \tau \leq 1.35$, а

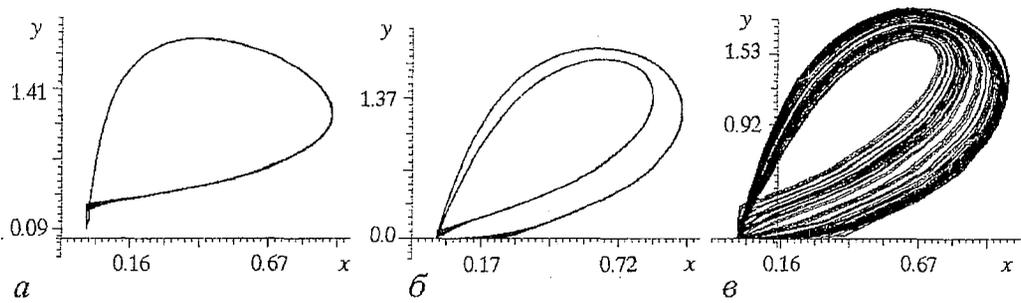


Рис. 1. Фазовые траектории системы (1) для варианта 1.2 при различных величинах времени запаздывания τ : а - 1.080, б - 1.64, в - 1.68001

при $\tau=1.36$ восстанавливается предельный цикл. По мере приближения τ к величине 1.57 минимальные значения макропеременных сливаются в точку $(0,0)$.

Многokrатное наступление режима, когда y остается равным нулю, а x колеблется, вызывается значениями τ в следующих интервалах и точках: $[1.58; 1.6]$, 1.62, 1.63, 1.67, 1.68, $[1.69; 2.5]$. В промежутках между этими интервалами и точками (при $\tau=1.61; 1.64$) на фазовых портретах наблюдается возникновение пары вложенных петель предельного цикла с тенденцией к расширению фазовых траекторий (рис. 1, б). Значительно сильнее эта тенденция проявляется, когда $\tau=1.66$, а при $\tau=1.68001$ она приводит к хаотическому движению (рис. 1, в). Причем оно непосредственно соседствует с тривиальным движением, когда $y=0$ при $\tau=1.68$.

Вариант 1.3: $b_1=5$, $b_2=0.5$, $x_0=0.4285$, $y_0=0.1528$. Чтобы оценить роль начальных условий, в рассмотренном варианте 1.2 начальное значение y уменьшено на 1.0.

То же самое стационарное устойчивое состояние имеет место при $\tau < 0.805$. Но уже при $\tau=0.806$ значение x достигает нуля, поэтому форма предельного цикла подобна изображенной на рис. 2.

Как и в варианте 1.2, удвоение периода наступает в интервале $1.1 \leq \tau \leq 1.105$, а бифуркация, восстанавливающая прежний режим, происходит, когда $1.26 \leq \tau \leq 1.27$. Очередные удвоения периода имеют место соответственно, если $1.31 \leq \tau \leq 1.32$ и $1.34 \leq \tau \leq 1.35$,

В отличие от варианта 1.2, предельный цикл восстанавливается при $\tau=1.37$, а в интервале значений τ (1.35; 1.37) наблюдается более сложная динамика. Но и здесь по мере приближения τ к величине 1.57 минимальные значения макропеременных сливаются в точку $(0,0)$. Зато режим, когда y остается равным нулю, а x колеблется, наступает единой и сохраняется в широком диапазоне τ $[1.58; 2.3]$.

Вариант 1.4: $b_1=10$, $b_2=0.5$, $x_0=0.28$, $y_0=1.5$. Подобно варианту 1.2 при малых запаздываниях ($\tau \leq 0.6$) имеет место стационарное устойчивое состояние, в котором y не обращается в ноль: $x=0.25$, $y=1.5$, а с ростом запаздывания ($\tau=0.7$) становятся заметными синфазные колебания макропеременных. С увеличением τ растет амплитуда этих колебаний, возникает и плавно нарастает сдвиг фаз (заметный уже при

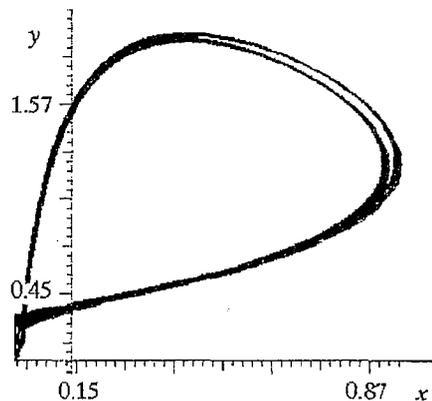


Рис. 2. Фазовая траектория системы (1) для варианта 1.3 при $\tau=1.080$

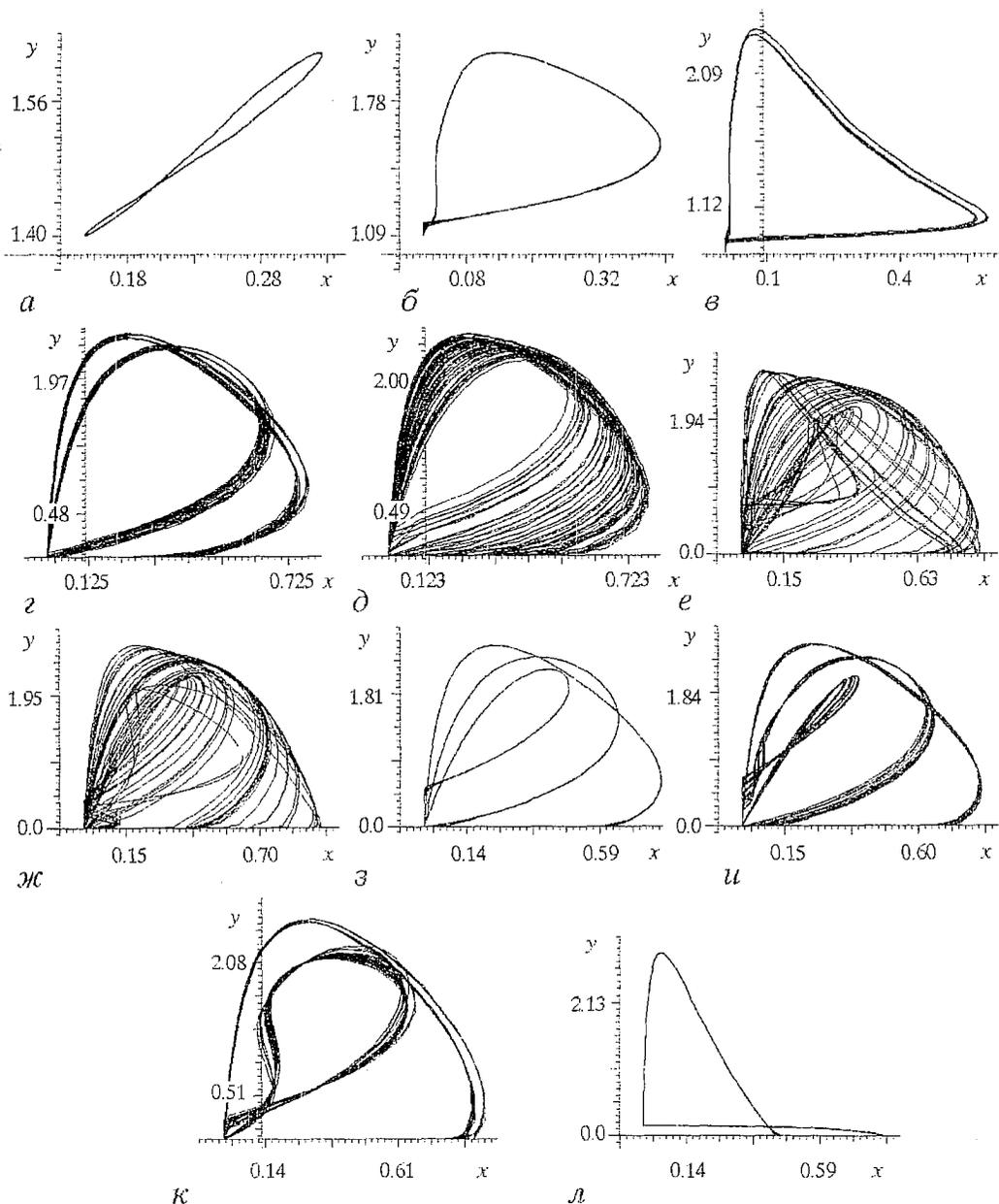


Рис. 3. Фазовые траектории системы (1) для варианта 1.4 при различных величинах времени запаздывания τ : а - 0.800, б - 0.870, в - 1.500, г - 1.840, д - 1.890, е - 2.060, ж - 2.310, з - 1.930, и - 2.000, к - 2.210, л - 2.570

$\tau=0.8$). Фазовые портреты имеют форму «восьмерки» в диапазоне $0.7 \leq \tau \leq 0.86$ (например, рис. 3, а для $\tau=0.8$). Ее нижняя петля сокращается при увеличении τ . При увеличении τ от 0.86 до 0.87 значение x достигает нуля (рис. 3, б), нижняя петля «восьмерки» утрачивается, и форма предельного цикла становится существенно менее вытянутой. При $\tau=1.5$ конфигурация цикла напоминает треугольник (рис. 3, в). А с переходом τ от 1.5 к 1.6 значение y достигает нуля. Одновременно предельный цикл становится близким по виду к изображенному на рис. 3, б.

Признаки удвоения периода, различимые на фазовом портрете, появляются в интервале $1.76 \leq \tau \leq 1.77$. По мере увеличения τ на портретах наблюдается заметное

расширение фазовых траекторий (рис. 3, з), возможно, обусловленное последующими актами удвоения. В пользу такого предположения говорит вид портретов для больших значений τ , типичный для хаотической динамики (рис. 3, д). Характерно, что, начиная с того момента, когда макропеременная y приближается к нулю ($\tau=1.6$), соответствующая область значений x расширяется с увеличением запаздывания (рис. 3, д).

Общую картину динамики макропеременных при $\tau > 1.92$ отличает явление «чередования сложности движения», характерное в менее яркой форме и для вариантов 1.2, 1.3. Поясняя содержание этого понятия, введем четыре (условных) градации сложности динамики: тривиальная (когда $y=0$), простая, относительно простая и относительно сложная. Упомянутое чередование сложности движения по мере роста τ проявляется в четырех типах двусторонних переходов:

- относительно сложное \leftrightarrow относительно простое,
- относительно сложное \leftrightarrow простое,
- простое \leftrightarrow относительно простое,
- простое \leftrightarrow тривиальное.

Относительно сложная динамика наблюдается в следующих интервалах величины запаздывания τ и при ее значениях: 1.92, [1.94; 1.99], [2.01; 2.15], [2.25; 2.31], 2.35, 2.49. Типичными фазовыми портретами могут служить рис. 3, д, е, ж, когда $\tau=1.89, 2.06, 2.31$, соответственно. Заметим, что в структуре рис. 3, е просматриваются элементы нескольких простых аттракторов.

Относительно простая динамика вызывается значениями τ в нескольких интервалах и точках: 1.93, 2.0, [2.2; 2.24], 2.4. Примерами фазовых портретов здесь служат рис. 3, з, и, к, когда $\tau=1.93, 2.00, 2.21$, соответственно.

Главные черты простой динамики передает фазовый портрет на рис. 3, л ($\tau=2.57$). Подобные ему имеют место при величинах τ , принадлежащих следующим интервалам и точкам: [2.32; 2.34], [2.36; 2.39], [2.41; 2.48], 2.52; 2.53, 2.57, 2.59, 2.7.

Тривиальная динамика ($y=0$) наблюдается при наличии таких величин τ : [2.54; 2.56], 2.58, [2.6; 2.69], [2.71; 2.85].

Сопоставляя серии фазовых портретов, относящихся к вариантам 1.1, 1.2, 1.3 случая I, можно сделать ряд выводов.

- Наличие запаздывания вызывает утрату устойчивости стационарного состояния, что позволяет возникнуть колебательному процессу (например, с периодом T), не имеющему места, если $\tau=0$ [4], а также влечет как каскады удвоения периода колебаний ($T \rightarrow 2T$), так и переход $2T \rightarrow T$.

- Наличие запаздывания способно повлечь как обратимое (во времени t) падение до нуля обеих макропеременных x, y , так и необратимое падение y .

- Взаимодействие макропеременных x, y при варьировании запаздывания демонстрирует большее разнообразие типов динамики, чем в случае, когда $y=0$.

- Варианты 1.2–1.4 при изменении запаздывания в некоторых пределах допускают явление «чередования сложности движения», при этом возможна хаотическая динамика или напоминающая ее.

- Увеличение параметра b_1 , то есть усиление ограничивающего фактора для макропеременной x , отрицательно влияющей на y , повышает устойчивость y по отношению к росту запаздывания, обеспечивая большее разнообразие типов движения.

- Варьирование начального условия для макропеременной y отражается как на бифуркационных значениях времени запаздывания, так и на структуре фазовых портретов для отдельных (но не всех) интервалов величин τ .

II. Случай, когда развивающиеся направления X и Y конкурируют ($c_1=c_2=c_3=c_4=-1$).

Вариант 2.1: $b_1=b_2=0.5$, $x_0=1.9$, $y_0=2.1$. При наличии запаздывания ($\tau \neq 0$), как и в случае его отсутствия ($\tau=0$), необратимо превращается в 0 макропеременная с меньшими начальными условиями. Поскольку при $x=0$ уравнение для y в (1) идентично уравнению для x варианта 1.1 при $y=0$, то при варьировании запаздывания динамика установившегося движения макропеременной y полностью повторяет поведение x варианта 1.1.

Вариант 2.2: $b_1=1.5$, $b_2=1.9$, $x_0=0.1$, $y_0=2.0$. Пока запаздывание относительно мало, имеет место стационарное устойчивое состояние: $x=0.486$, $y=0.27$. Как и в варианте 1.2, начиная с некоторого значения запаздывания ($\tau=1.56$), становятся различимы синфазные колебания макропеременных x , y , амплитуда которых растет с увеличением τ .

С ростом τ от 1.93 до 1.94 происходит бифуркация удвоения периода. Дальнейший рост запаздывания разводит совпадавшие ранее максимумы макропеременных, то есть нарушает синфазность колебаний. Форма фазового портрета при $\tau=2.06$ напоминает контур бабочки (рис. 4, а). Когда $\tau=2.07$, снова наступает бифуркация удвоения периода (рис. 4, б). Как и в вариантах 1.2, 1.3, наблюдается бифуркация, восстанавливающая прежний режим (при $2.15 < \tau < 2.16$). Трансформации фазового портрета по мере роста τ состоят также и в том, что при $\tau=2.15$ возникают промежутки эволюции макропеременных, в которых $y=0$, а при $\tau=2.85$ $x=0$ (рис. 4, в). Очередная бифуркация удвоения периода наступает в интервале $2.85 < \tau < 2.90$, а парная ей бифуркация, возвращающая к прежнему режиму, наступает при $3.6 < \tau < 3.7$. Заметим, что с увеличением τ промежутки эволюции, где x либо y равны 0, расширяются, что видно из сравнения рис. 4, в с рис. 4, з ($\tau=3.7$) и рис. 4, д ($\tau=3.9$).

Вариант 2.3: $b_1=b_2=1.5$, $x_0=0.1$, $y_0=2.0$. Чтобы оценить роль отличия в параметрах ограничивающей нелинейности, в рассмотренном варианте 2.2 эти параметры взяты одинаковыми, а начальные условия – теми же.

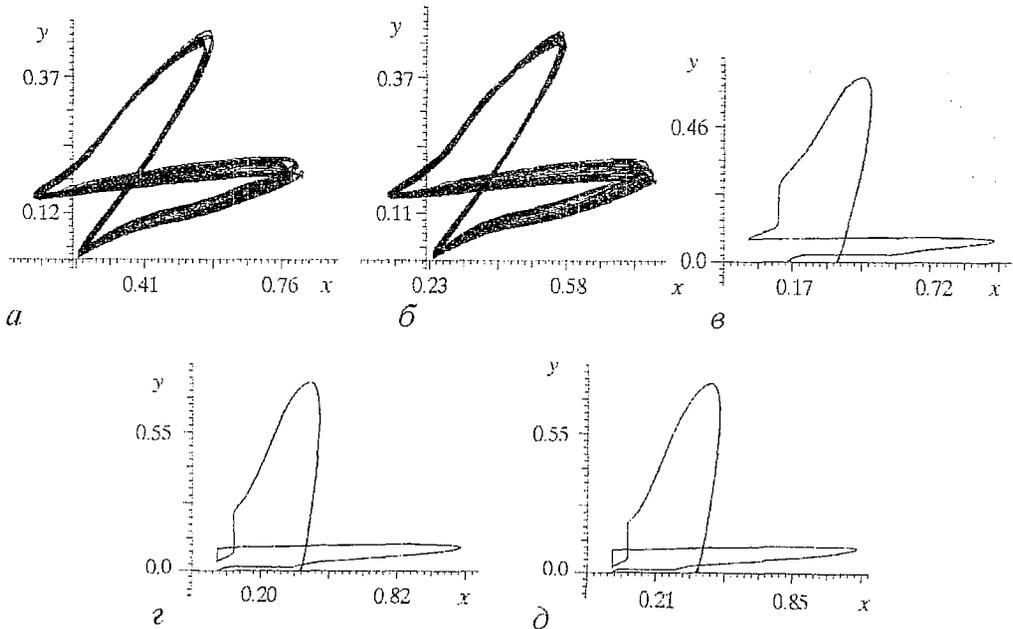


Рис. 4. Фазовые траектории системы (1) для варианта 2.2 при различных величинах времени запаздывания τ : а – 2.060, б – 2.070, в – 2.850, з – 3.700, д – 3.900

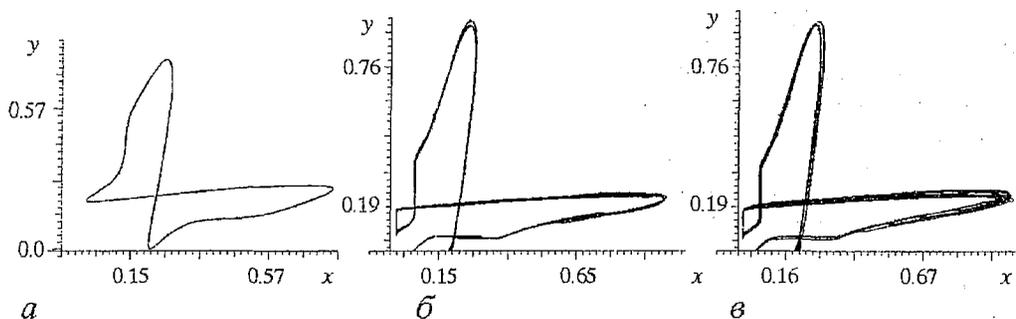


Рис. 5. Фазовые траектории системы (1) для варианта 2.3 при различных величинах времени запаздывания τ : а – 2.190, б – 3.250, в – 3.297

Стационарные значения макропеременных составляют $x=y=0.4$. Режим синфазных колебаний надежно идентифицируется при $\tau=1.57$. Первая бифуркация удвоения периода имеет место, когда $2.00 < \tau < 2.01$, то есть при большем, по сравнению с вариантом 2.2, запаздыванием. Из-за того, что $b_1=b_2$, участки фазовой траектории, где $x=0$ или $y=0$, формируются почти одновременно (рис. 5, а) при $\tau=2.19$ (в отличие от варианта 2.2, при $\tau=2.15$). Рост запаздывания вызывает появление петель (при $2.55 < \tau < 2.65$) и увеличение их размера (рис. 5, б для $\tau=3.25$) вблизи удлиняющихся участков, где $x=0$ или $y=0$. Эти петли смыкаются, когда $\tau=3.297$ (рис. 5, в), и этот фазовый портрет типичен вплоть до $\tau=6.6$.

Сопоставляя серии фазовых портретов, относящихся к вариантам 2.1, 2.2, 2.3, можно сделать ряд выводов.

- Первый вывод для случая I справедлив и для случая II.
- Наличие запаздывания способно повлечь обратимое (во времени t) падение до нуля обеих макропеременных x, y .
- Взаимодействие макропеременных x, y при варьировании запаздывания демонстрирует большее разнообразие типов динамики, чем в случае, когда $x=0$.
- Вариант 2.2 при изменении запаздывания в некоторых пределах допускает явление «чередования сложности движения».
- Увеличение параметра b_2 и создание неравенства $b_1 \neq b_2$ обеспечивает большее разнообразие бифуркационного поведения.

Следует иметь в виду, что вид фазовых портретов существенно чувствителен к изменению величины запаздывания τ , указанной в подписях к рисункам.

Заключение

Выполненный цикл вычислительных экспериментов по изучению модели взаимодействия двух развивающихся научных направлений позволяет сделать ряд выводов.

Наличие инерционности восприятия научных достижений, превышающей некоторый порог, вызывает колебания показателей, характеризующих области научного знания X, Y . Рост инерционности влияет на величину периода циклических процессов взаимодействия X, Y и на характер динамики внутри цикла: темп (в том числе нулевой) и число актов развития или деградации (вплоть до исчезновения) направлений, диапазон вариаций показателей, характеризующих X, Y , синфазность – в смысле совпадения локальных максимумов (как и минимумов) этих показателей.

Кроме того, инерционность (в зависимости от ее степени) способна: разрушать одно из научных направлений, вновь вызывать его к жизни, хаотизировать процесс взаимодействия X, Y .

Если при отсутствии инерционности возможно сосуществование направлений X , Y , то по мере роста инерционности смена режимов взаимодействия X , Y носит маятниковый характер, что позволяет говорить о «чередовании сложности движения».

Усиление ограничивающего фактора для направления X , отрицательно влияющего на Y (которое положительно влияет на X), повышает устойчивость направления Y относительно роста инерционности, обеспечивая большее разнообразие режимов взаимодействия.

Варьирование начального условия для направления Y способно отражаться как на бифуркационных значениях инерционности, так и на сложности динамики взаимодействия.

Таким образом, совместный учет ограничения экспоненциального роста (в форме квадратичной нелинейности [4]) и инерционности восприятия научных достижений (введением запаздывающего аргумента у макропеременных) существенно расширяет диапазон режимов взаимодействия двух научных направлений в модели (1): от стационарного устойчивого состояния до хаотической динамики.

Заметим, что в несколько иной модели [9], где лишь $\tau_8 \neq 0$, $\tau_{10} \neq 0$, констатируется переход от периодических колебаний к хаосу через каскад удвоения периода.

Библиографический список

1. Яблонский А.И. Математические модели в исследовании науки. М.: Наука, 1986. 352 с.
2. Хайтун С.Д. Проблемы количественного анализа науки. М.: Наука, 1989. 280 с.
3. Качак В.В., Мчедлова Е.С. Модель взаимодействия и эволюции двух научных направлений // Изв. вузов. Прикладная нелинейная динамика. 1997. Т. 5, № 4. С. 110.
4. Качак В.В., Мчедлова Е.С. Модель взаимодействия двух научных направлений с учетом ограничения экспоненциального роста достижений // Изв. вузов. Прикладная нелинейная динамика. 1998. Т. 6, № 2. С. 85.
5. Качак В.В., Усанов Д.А. К вопросу о взаимодействиях научных школ, или Об одном аргументе «за» интеграции образовательных структур // Изв. вузов. Прикладная нелинейная динамика. 1998. Т. 6, № 2. С. 95.
6. Измайлов И.В., Пойзнер Б.Н., Раводин В.О. Моделирование самоорганизации двух научных направлений с учетом инерционности их взаимодействия // Матер. второго науч. семинара «Самоорганизация устойчивых целостностей в природе и обществе», Томск, 13–15 августа 1998. Томск, 1998. С. 124.
7. Измайлов И.В., Раводин В.О. Особенности самоорганизации при запаздывающем взаимодействии двух научных направлений // Матер. второй междунар. конфер. «Самоорганизация природных, техногенных и социальных систем: междисциплинарный синтез фундаментальных и прикладных исследований», Алма-Ата, 1–4 сент., 1998. Алма-Ата, 1998. С.139.
8. Измайлов И.В., Пойзнер Б.Н., Раводин В.О. Моделирование влияния запаздывания на взаимодействие двух научных направлений // Тез. докл. V Междунар. школы «Хаотические автоколебания и образование структур», Саратов, 6–10 октября 1998. Саратов, 1998. С. 91.
9. Mchedlova E.S. The model of two time-delayed systems: from periodicity to chaos // Тез. докл. V Междунар. школы «Хаотические автоколебания и образование структур», Саратов, 6–10 октября 1998. Саратов, 1998. С. 109.
10. Качак В.В., Мчедлова Е.С. Нелинейная система с запаздывающим аргументом применительно к моделированию взаимодействий в науке // Тез. докл. V Междунар. школы «Хаотические автоколебания и образование структур», Саратов, 6–10 октября 1998. Саратов, 1998. С. 111.

11. *Вольтерра В.* Математическая теория борьбы за существование. М.: Наука, 1976. 286 с.
12. *Разумихин Б.С.* Устойчивость эрeditaryных систем. М.: Наука, 1988. 108 с.

Томский государственный
университет

Поступила в редакцию 21.12.99

MODEL OF TWO SCIENTIFIC FIELDS INTERACTION WITH RESTRICTION OF ACHIEVEMENTS GROWTH AND DELAY

I.V. Izmailov, B.N. Poizner, V.O. Ravodin

Model of two scientific fields interaction with quadratic restriction of achievements growth taking into account inertia with which scientific fellowship perceives «own» and «strange» scientific achievements is investigated. Series of phase patterns for two cases of developing scientific fields are constructed. Effect of achievements perception inertia on dynamics of the fields interaction is revealed. In particular it is shown that the inertia is able to suppress one of scientific fields, and to revive it again, to become complicated process of the fields interaction.



Измайлов Игорь Валерьевич – родился в 1976 году в Алма-Ате. Поступил на радиофизический факультет Томского государственного университета (1993). Аспирант кафедры квантовой электроники и фотоники (1999). Область научных интересов: моделирование процессов в нелинейных системах различной природы, применение нелинейной динамики для обработки и скрытой передачи информации.



Пойзнер Борис Николаевич – родился в Томске (1941), окончил радиофизический факультет Томского государственного университета. Защитил кандидатскую диссертацию по теории колебаний и волн (1970), доцент кафедры квантовой электроники и фотоники ТГУ. Читает лекции по нелинейной оптике, физике, физике лазеров, принципам управления лазерным излучением, основам синергетики. Область научных интересов: квантовая электроника, применение нелинейной динамики в оптике и материаловедении, прикладная наукометрия, культурологическая теория образования. Имеет много статей по указанной тематике. Инициатор подготовки и редактор семи библиографических указателей (в том числе «Синергетика и сопредельные науки», «Университетское образование и его социальная роль», «Интеллигенция в российском обществе и университете», «Психика и интеллект обучаемого»). Действительный член Всероссийского общества библиофилов.



Раводин Владимир Олегович – родился в Томске (1976). Закончил радиофизический факультет Томского государственного университета (1999). В настоящее время аспирант кафедры квантовой электроники и фотоники ТГУ. Область научных интересов: компьютерное моделирование нелинейной динамики бинарных систем. Автор нескольких научных публикаций.