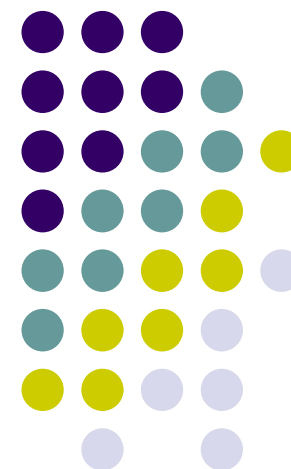


МОДЕЛИРОВАНИЕ ИСТОРИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

проф. Л.И. Бородкин
зав. кафедрой исторической информатики
Исторического ф-та МГУ



Специфика, уровни, ТИПОЛОГИЯ



- Первые работы по моделированию исторических процессов опубликованы в 1970-х гг.
- В 90-х гг. в России проводится несколько конференций по проблемам методологии и методики моделирования исторических процессов.
- В 1996 году опубликован сборник статей "Математическое моделирование исторических процессов".
- Проблематика моделирования исторических процессов и явлений обладает ярко выраженной спецификой.
- Обоснование этой специфики содержится в работах акад. И.Д. Ковальченко, в которых охарактеризованы суть и цели моделирования, предложена типология моделей исторических процессов и явлений.

Специфика, уровни, типология



- Цели моделирования в истории:
 - реконструкция отсутствующих данных о динамике изучаемого процесса на некотором интервале времени; виртуальные 3D реконструкции культурного наследия;
 - анализ альтернатив исторического развития;
 - теоретическое исследование возможного поведения изучаемого явления или процесса по построенной математической модели.

Специфика, уровни, ТИПОЛОГИЯ



Модели исторических процессов включают три класса:

- статистические,
- имитационные,
- аналитические

Статистические модели



Как правило, в статистических моделях используются методы математической статистики: это регрессионные модели (модели множественной регрессии).

- Основная цель статистических моделей – выявление и отбор факторов, влияющих на результат.
- Критерий верификации – процент объясненной дисперсии.

Аналитические модели



В аналитических моделях используется математический аппарат дифференциальных уравнений. Результаты получаются путем решения систем уравнений либо аналитически (в общем виде), либо численно (с помощью компьютера).

Основная цель – анализ динамики процесса на основе теоретических предположений о связях между переменными.

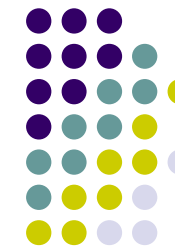
Имитационные модели



В имитационных моделях используется математический аппарат **конечно-разностных** уравнений.

Моделирующий алгоритм позволяет по исходным данным, содержащим сведения о начальном состоянии процесса (входной информации) и его параметрах, получить сведения о состояниях процесса на каждом последующем шаге.

Классы моделей



	Статистические	Аналитические	Имитационные
Аппарат	Мат. статистика	Диф. уравнения	Конечно-разностн. уравнения
Характер модели	Индуктивные, статические	Дедуктивные, динамические	Эмпирико-дедуктивные, динамические
Характер взаимосвязей	Стохастические	Детерминирован.	Оба типа
Уровень связей	Сложные связи, много перемен., мало уравнений	Простые связи, мало перемен., мало уравнений	Сложные связи, много перемен., много уравнений
Параметры	Из исходных данных	Из исх. данных либо <i>a priori</i>	Из исх. данных либо <i>a priori</i>
Верификация	Стат. методами	Стат. методами	Эмпирическая

Клиометрика (с 1960-х гг.)

Клиодинамика (с начала 2000-х гг.)



- Клиометрика: Р.Фогель, Д.Норт (США),
И.Д.Ковальченко, Л.В. Милов, Л.И. Бородкин (Россия)
- Клиодинамика: П.Турчин (США), А.В.Коротаев, С.В.
Цирель, С.В. Малков, Г.Г. Малинецкий, Л.И.Бородкин
(Россия)

Нобелевская премия



- Контрфактические и альтернативные модели исторических процессов. В 1993 г. контрфактическое моделирование было отмечено Нобелевской премией, которую получили известные американские клиометристы Р.Фогель и Д.Норт.
- Цитата из текста обоснования решения Шведской Королевской Академии Наук о присуждении в 1993 г. Нобелевской премии по экономике :
- "...Они были пионерами в том направлении экономической истории, которое получило название "новая экономическая история" или клиометрика, т.е. направление исследований, которое сочетает экономическую теорию, количественные методы, проверку гипотез, контрфактическое моделирование и традиционные методы экономической истории для объяснения процессов экономического роста и упадка.

Нобелевская премия



- Их работы позволили углубить наше знание и понимание таких фундаментальных вопросов, как - почему, каким образом и когда происходили экономические изменения. Отмеченные премией работы Роберта Фогеля связаны с анализом роли железных дорог в экономическом развитии США, значения рабства как института и его экономической роли в США; отмечены также результаты, полученные Фогелем в историко-демографических исследованиях.
- ...Фогель и Норт, двигаясь разными путями, развили новые подходы в экономической истории, придав ей больше строгости и теоретичности".

Примеры применения моделей в истории



- Примерами применения моделей в истории являются изучение развития цивилизаций (А. Тойнби), этносов (Л. Гумилев), общественных движений, научных направлений или технологических укладов.
- В таких задачах широко используются концептуальные понятия, например, понятие жизненного цикла, определяемого с учетом динамики природных факторов, демографических изменений, научно-технического прогресса и т.п.

Примеры применения моделей в истории



- Примером заимствования моделей, разработанных в естественных науках, могут служить **модели роста численности популяции**. Простейшая модель такого рода (закон экспоненциального роста) была использована в XIX веке Т. Мальтусом.
- Однако эта модель не учитывала, что общий объем жизненных ресурсов накладывает естественные ограничения на динамику развития процесса.

Примеры применения моделей в истории



- С учетом таких ограничений процессы роста описываются т.н. логистической моделью.
Логистическая модель роста народонаселения была предложена П. Ферхюльстом (в этой модели предполагается, что прирост численности в каждый момент прямо пропорционален достигнутой численности и обратно пропорционален ее квадрату).

Примеры применения моделей в истории



- Интересный пример дает исследование ирландского историка О'Рурка, в котором анализируются причины известного феномена в истории Ирландии, население которой увеличилось с 4 млн. в конце XVIII в. до 8 млн. в середине XIX в., а затем упало до 4 млн. в конце XIX в.
- Традиционное объяснение такой необычной динамики связывалось с "полосой картофельного голода" 1845-1848 гг., приведшего к смерти более миллиона ирландцев.

Примеры применения моделей в истории



- Однако в последние два десятилетия доминировало другое объяснение этого феномена: уменьшение сельского населения Ирландии происходило бы тем же темпом, даже если бы Великого Голода в середине XIX в. не было, поскольку все дело было в неблагоприятных для Ирландии изменениях конъюнктуры на мировом рынке аграрной продукции, движении мировых цен в 1845-1876 гг. и неизбежных изменениях в структуре занятости сельского населения Ирландии.
- Для проверки этой гипотезы О'Рурк построил равновесную экономическую модель ирландского сельского хозяйства накануне Великого Голода

Примеры применения моделей в истории



- В качестве экзогенных переменных в модели фигурируют цены на мясо и зерно, соответствующие реальной динамике второй половины XIX в.
- Модель учитывает 3 вида с/х угодий (пашни, пастбища и картофельные поля) и 4 фактора производства (рабочая сила, земля, капитал и накопления владельцев ферм).
- Модель показала, что внешние факторы могли привести к росту числа занятых в сельском хозяйстве Ирландии к началу XX в. не более чем на 18% или к падению не более чем на 14%, в то время как в реальности занятость сельского населения страны упала за эти полстолетия на 45%.
- Тем самым результаты имитационного моделирования отвергают новую гипотезу и могут рассматриваться как аргумент в пользу традиционного объяснения исторического феномена, основанного на доминирующей роли Великого Голода.

Примеры применения моделей в истории



- Целая серия математических моделей аналитического типа была предложена в работах Ю. Бокарева.
- Одна из них посвящена анализу функционирования экономики СССР в 20-е годы в предположении, что в конце 1920 г. денежное обращение было бы полностью заменено натуральным обменом.
- Процесс обесценения денег и рост дороговизны в это время привели к тому, что эмиссия и цены оказались теснее связанными между собой, чем с производством и распределением.
- Возникла угроза отрыва цен и денежной массы от товарооборота. Могло ли уничтожение денег явиться выходом из создавшегося положения?

Примеры применения моделей в истории



- В 1920 г. на этой мере настаивал ряд видных государственных и партийных руководителей, требование отмены денег содержалось в резолюции III съезда ВСНХ.
- Одновременно натуральное распределение, отмена оплаты коммунальных услуг, медицинского обслуживания и обучения создавали благоприятные условия для отмены денег внутри экономической системы.
- К каким экономическим последствиям привело бы утверждение натурального обмена между городом и деревней? Для ответа на этот вопрос Бокарев обратился к построению системы дифференциальных уравнений, описывающих взаимоотношения между промышленностью и мелкими крестьянскими хозяйствами в условиях натурального обмена

Примеры применения моделей в истории



- Модель в данном случае являлась аналитической, т.е. результаты моделирования – динамика объемов промышленной и сельскохозяйственной продукции – получаются путем решения системы дифференциальных уравнений.
- Если обменивается вся продукция, экономическая система испытывает колебания вокруг положения равновесия с периодом около 10 лет.
- Если обменивается только часть продукции, то после короткого периода роста производства начинается снижение, а затем объемы продукции стабилизируются, совершая едва заметные колебания вокруг уровней равновесия (модель застойной экономики).

Примеры применения моделей в истории



- Л.И.Бородкиным и М.А.Свищев изучали социальную мобильность в период нэпа, процессы дифференциации доколхозного крестьянства.
- Было показано, что эти процессы не вели к социальной «поляризации» деревни. При сохранении тенденций середины 20-х гг. доля середняков постепенно увеличивалась бы, стабилизируясь в первой половине 1930-х гг.

Примеры применения моделей в истории



- При рассмотрении альтернатив социально-экономического развития СССР в 20-30-е годы использовались и модели статистического типа. Так, в книге американских авторов Хантера и Ширмера рассмотрен альтернативный вариант развития сельского хозяйства (точнее, динамики производства зерна) в СССР в 1930-е гг.
- Авторы использовали основной инструментарий построения контрфактических моделей, используемый в работах зарубежных клиометристов – регрессионные уравнения, позволяющие оценить зависимость между одним зависимым (результатирующим) фактором и набором независимых факторов.

Примеры применения моделей в истории



- Выбранная авторами регрессионная модель включает 2 показателя, влияющих на сбор урожая – погодные условия и обеспеченность тягловой силой (л.с. на 1 га).
- Анализируются 4 регрессионных уравнения в соответствии с 4 имеющимися реконструкциями динамики производства зерна в стране в 1929-1940 гг. (один из этих рядов – официальная статистика, три других – реконструкции, полученные различными специалистами).
- Во всех случаях два учтенных фактора объясняют более 50% динамики колебаний производства зерна на рассматриваемом 12-летнем интервале (при этом оба фактора являются статистически значимыми).

Примеры применения моделей в истории



- Получив коэффициенты, показывающие влияние погодных условий и тяговой силы на производство зерна, авторы переходят к рассмотрению альтернативной модели.
- Они отказываются от реальных данных, отражающих наращивание тяговой силы в 30-е гг. (а реальные данные соответствовали резкому падению поголовья лошадей при параллельном росте обеспеченности тракторами): в 1929 г. всего 1% тяговой силы приходился на механическую силу, а к 1940 г. вклад тракторов достиг 40%).

Примеры применения моделей в истории



- В альтернативной модели авторы отталкиваются от ситуации конца 20-х гг. и аккуратно делают расчеты того, как росло бы поголовье лошадей при условии известных коэффициентов смертности и рождаемости этого поголовья.
- В результате получается, что к 1940 г. примерно на 40% вырастает поголовье лошадей. Это могло привести к 20% расширению посевных площадей при равномерном их наращивании на рассматриваемом интервале в 12 лет.
- Исходя из этих предположений можно получить расчетный показатель возможной динамики обеспеченности тягловой силой.

Примеры применения моделей в истории



- Затем этот сконструированный фактор и реальный фактор климатических условий "подставляют" в модель, где коэффициенты были подсчитаны по реальным данным за 12 лет. В результате можно рассчитать для всех 4 вариантов модели, каким было бы производство зерна при отсутствии коллективизации, просто при продолжении тенденций конца 20-х гг.
- Как показала модель, примерно на 10% увеличилось бы производство зерна по сравнению с тем, что было получено в реальности в условиях коллективизации.

Примеры применения моделей в истории



- Авторы получили самую нижнюю оценку развития по альтернативному варианту, поскольку модель не включает, например, фактор, который работал бы при всех вариантах развития – рост механизации сельского хозяйства, внедрение новых аграрных технологий (в модели они заморожены на уровне 1920-х гг.)

Конечно-разностные уравнения



- Простейшее разностное уравнение можно получить в модели динамики численности популяции.
- Обозначим через N_i численность населения в момент времени i .
- Если нет ограничений со стороны внешней среды и миграция отсутствует, то в следующий момент времени $(i+1)$, например, в следующем году, к численности населения надо добавить число родившихся и вычесть число умерших.

Конечно-разностные уравнения



- Величина прироста за счет рождаемости задается выражением rN , где r – коэффициент рождаемости.
- Величина убыли за счет смертности задается выражением mN , где m – коэффициент смертности.
- Таким образом, в момент времени $(i+1)$ численность населения N_{i+1} станет равной $N_i + r*N_i - m*N_i$

Конечно-разностные уравнения



- Таким образом, мы получили простейшее конечно-разностное уравнение динамики численности населения:

$$N_{i+1} = N_i + rN_i - mN_i$$

или

$$N_{i+1} = N_i + (r - m)N_i$$

где разность $(r - m)$ – коэффициент прироста.

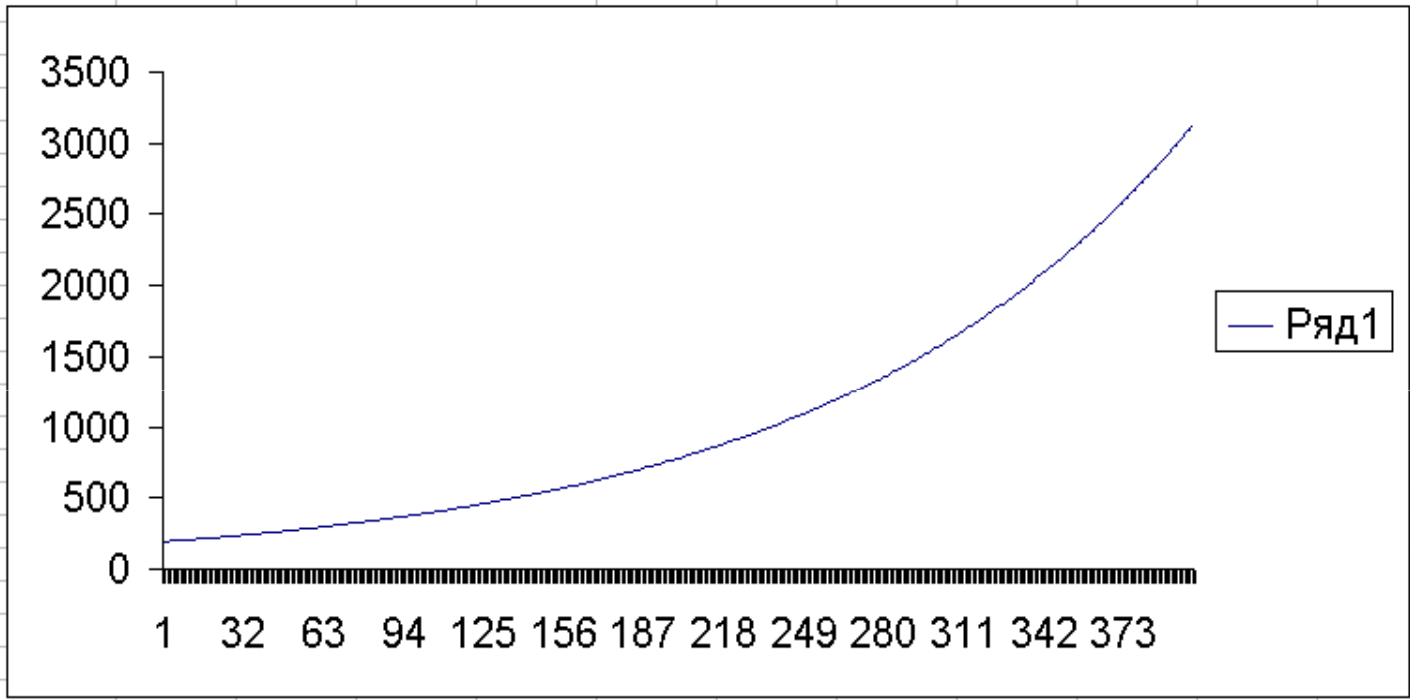
- Если этот коэффициент больше нуля (рождаемость выше смертности), население растёт, если меньше нуля – убывает.

Примеры построения моделей



- Эта модель роста численности населения была предложена Т. Мальтусом. Она описывала неограниченный, **экспоненциальный рост** человечества.
- В результате был получен весьма неблагоприятный прогноз, связанный с невозможностью обеспечить жизненными ресурсами неограниченно растущее население.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
1	194	1,60%	0,90%												
2	195,358														
3	196,7255														
4	198,1026														
5	199,4893														
6	200,8857														
7	202,2919														
8	203,708														
9	205,1339														
10	206,5699														
11	208,0159														
12	209,472														
13	210,9383														
14	212,4148														
15	213,9017														
16	215,3991														
17	216,9068														
18	218,4252														
19	219,9542														
20	221,4938														
21	223,0443														
22	224,6056														
23	226,1779														
24	227,7611														
25	229,3554														
26	230,9609														
27	232,5776														
28	234,2057														
29	235,8451														
30	237,496														
31	239,1585														
32	240,8326														
33	242,5185														
34	244,2161														



Примеры построения моделей



- Однако экспоненциальный рост не может продолжаться долго. Естественные ограничения на него накладывает внешняя среда, ресурсы которой не безграничны.
- В простейшем случае можно предположить, что коэффициент прироста не является постоянным, а убывает с течением времени, по мере роста населения.

Примеры построения моделей



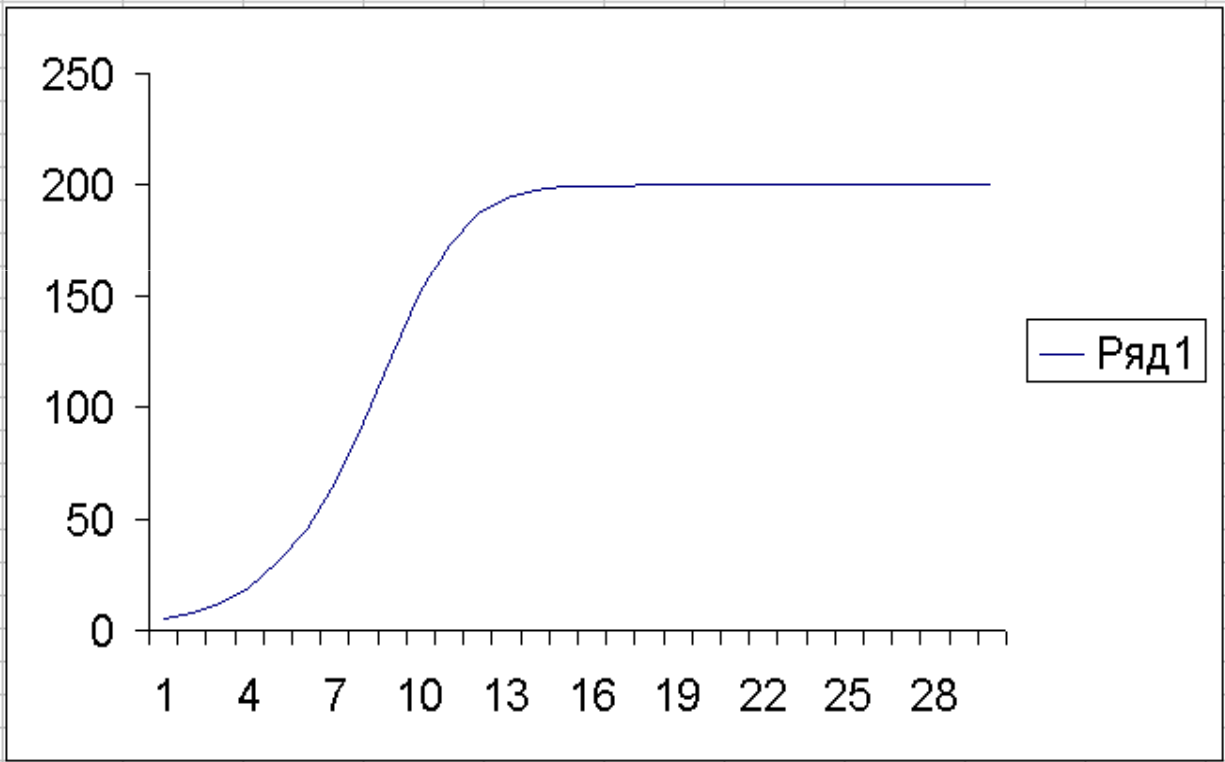
- К этому можно прийти в результате следующего рассуждения: изменение численности населения за некоторый промежуток времени складывается из прироста, обусловленного рождаемостью, убыли, обусловленной смертностью, а также дополнительной убыли, пропорциональной квадрату численности населения.

Примеры построения моделей



- Эта дополнительная убыль связана с повышением вероятности заболеваний и другими проявлениями "сопротивления среды".
- В результате получается модель, которая была предложена П. Ферхюльстом:
$$N_{i+1} = N_i + (r - m)N_i (N^* - N_i)/N^*$$
- Решение этого уравнения приводит к тому, что численность населения не растет неограниченно, а стремится к некоторой предельной величине N^* .

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
1	5	1,60%	1,30%	200											
2	7,925														
3	12,49158														
4	19,51841														
5	30,08656														
6	45,42289														
7	66,48691														
8	93,11752														
9	122,9754														
10	151,3918														
11	173,4685														
12	187,2756														
13	194,4245														
14	197,6765														
15	199,0544														
16	199,6191														
17	199,8472														
18	199,9388														
19	199,9755														
20	199,9902														
21	199,9961														
22	199,9984														
23	199,9994														
24	199,9997														
25	199,9999														
26	200														
27	200														
28	200														
29	200														
30	200														
31															
32															
33															
34															



Примеры построения моделей



- График этого уравнения называется ***логистической кривой***.
- Вблизи начальной точки его вид напоминает кривую экспоненциального роста, затем, после точки перегиба, кривая все ближе подходит к прямой, соответствующей предельной численности населения.

Примеры построения моделей



- Таким образом, система в данном случае имеет устойчивое (стационарное) состояние; этому состоянию соответствует прирост населения, равный нулю (рождаемость уравновешивается смертностью).

Примеры построения моделей



- Если динамических переменных больше одной, тогда и уравнений (дифференциальных или разностных) должно быть несколько, т.е. это система уравнений.
- В качестве примера системы двух уравнений рассмотрим известную модель Лотки-Вольтерра (в биологии известна как модель "хищник-жертва", в политологии – как модель "народ-правительство", в истории – как модель "бароны и крестьяне").

Примеры построения моделей



- Пусть сосуществуют два вида, две группы, две силы. Их численности или их влияния зависят друг от друга.
- Так, если количество "жертв" меньше нормы, "хищники" начинают вымирать, причем тем быстрее, чем меньше "жертв". Если же количество "жертв" больше определенного порога, число "хищников" начинает возрастать, опять-таки тем быстрее, чем больше "жертв".

Примеры построения моделей



- Эту закономерность можно записать таким образом:

$$X_{i+1} = X_i + kX_i(\mathcal{J}_i - \mathcal{J}^*)$$

- Коэффициент k ($k > 0$) обозначает скорость увеличения числа "хищников", если число "жертв" больше порогового значения \mathcal{J}^* , или же скорость уменьшения числа "хищников", если число "жертв" меньше этого порогового значения.

Примеры построения моделей



- С другой стороны, если число "хищников" меньше определенной нормы, число "жертв" начинает расти и тем быстрее, чем меньше "хищников"; а если число "хищников" превышает норму, число "жертв" начинает уменьшаться, причем тем быстрее, чем больше "хищников".

Примеры построения моделей



- Эту закономерность можно записать следующим образом:

$$Ж_{i+1} = Ж_i + mЖ_i(X^* - X_i)$$

- Коэффициент m ($m > 0$) – скорость увеличения числа "жертв", если число "хищников" меньше порогового значения X^* , или скорость уменьшения числа "жертв", если число "хищников" больше этого значения.

Примеры построения моделей



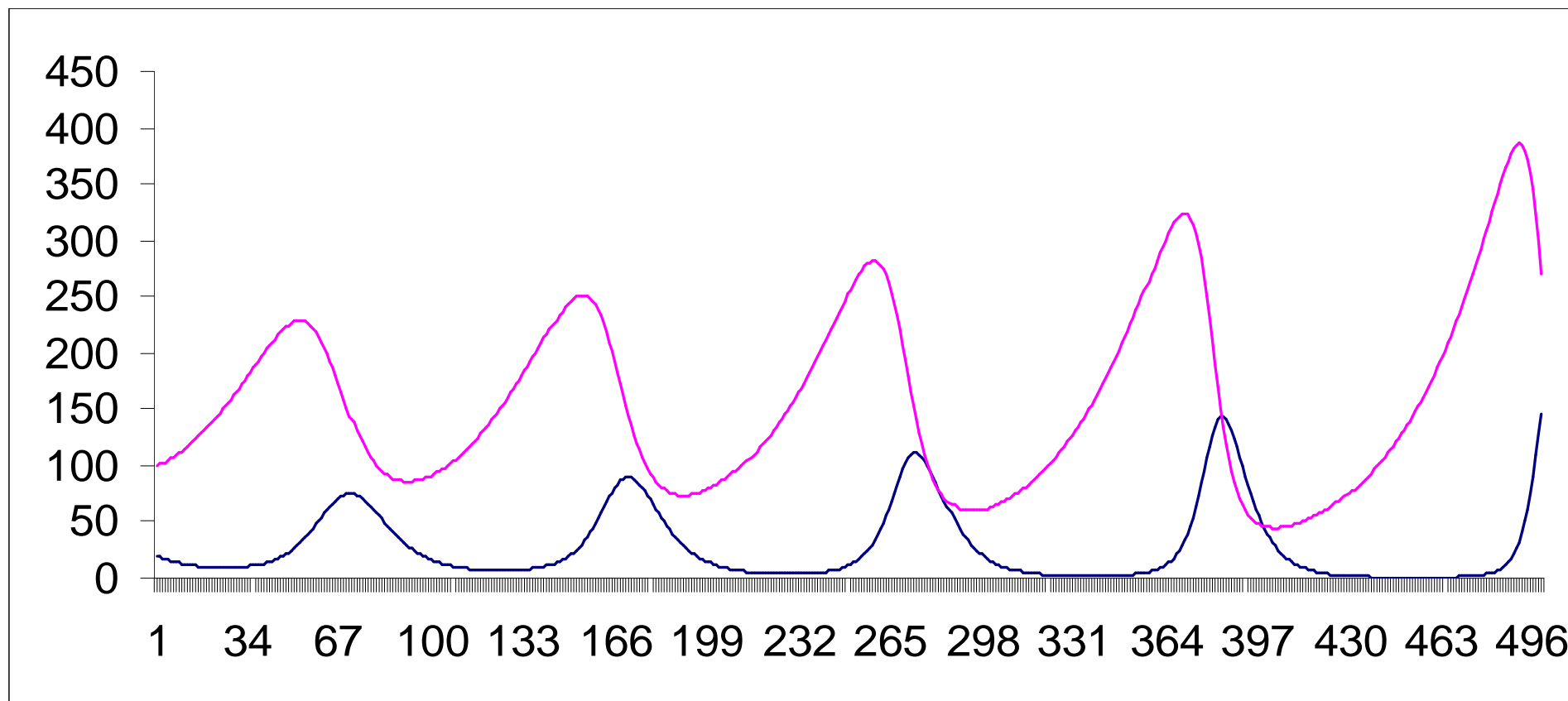
- Таким образом, можно записать следующую систему уравнений:
$$\left\{ \begin{array}{l} X_{i+1} = X_i + kX_i(\mathcal{J}_i - \mathcal{J}^*) \\ \mathcal{J}_{i+1} = \mathcal{J}_i + m\mathcal{J}_i(X^* - X_i) \end{array} \right.$$
- Уже словесное описание модели обещает появление циклического решения.

Примеры построения моделей



- Действительно, с ростом числа "хищников" выше нормы число "жертв" начинает уменьшаться и со временем становится меньше определенного минимума, что, в свою очередь, вызывает уменьшение числа "хищников".
- Однако, когда число "хищников" уменьшится настолько, что станет меньше нормы, это вызовет рост числа "жертв", что повлечет за собой рост числа "хищников" и т.д...

Примеры построения моделей



Примеры построения моделей



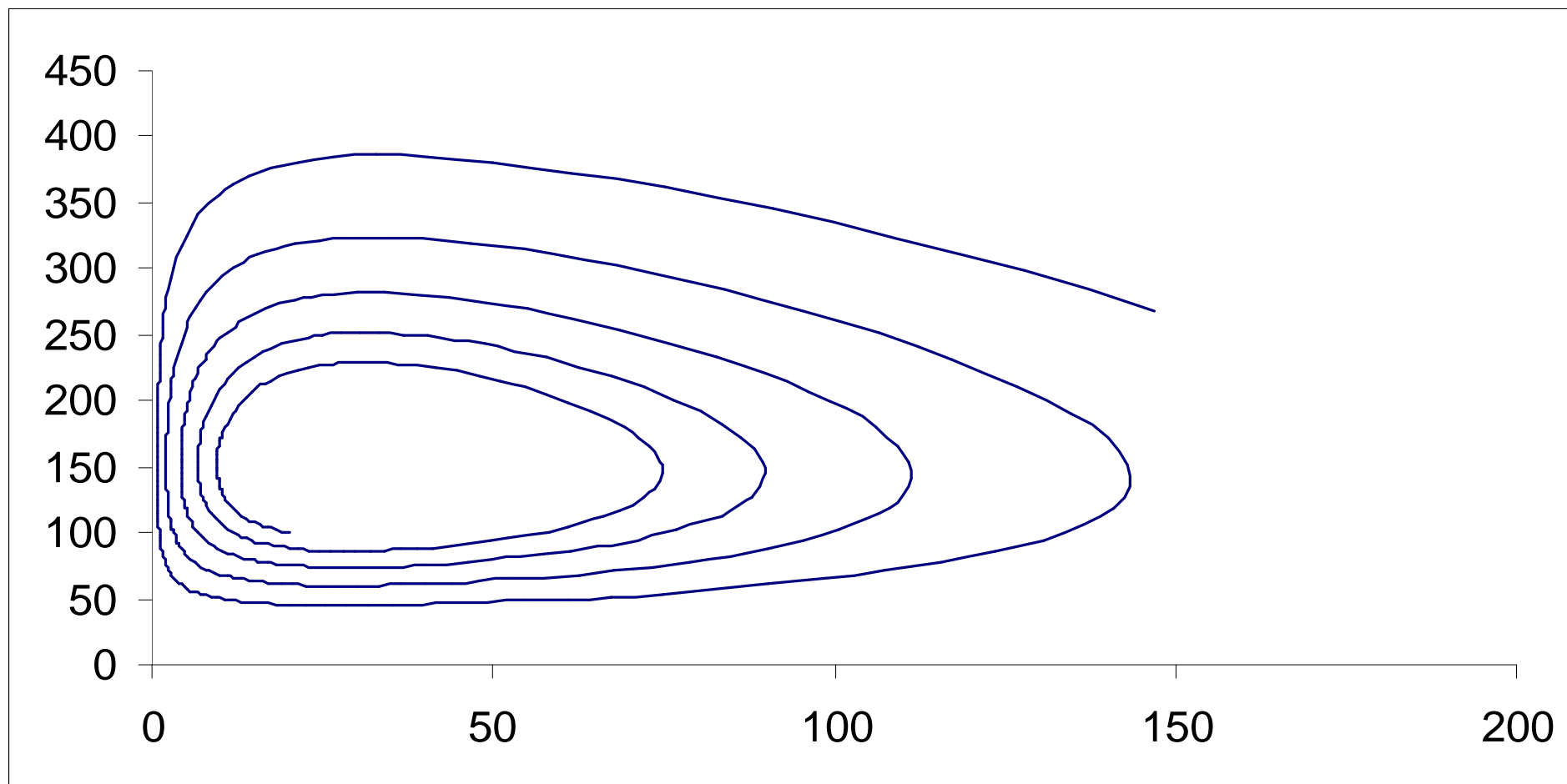
- Число "хищников" подвержено периодическим колебаниям вокруг положения равновесия (X^*). Число "жертв" также испытывает периодические колебания около положения равновесия (Z^*) с такой же частотой, но с другой амплитудой, и его график сдвинут относительно первого графика.

Примеры построения моделей



- В плоскости $X - Y$ (фазовой плоскости) системы уравнений для модели "хищник-жертва" можно видеть движение по спирали, показывающей согласованные колебания в значениях обеих переменных.

Примеры построения моделей



Примеры построения моделей



- Модель Лотки-Вольтерра может описывать различные динамические процессы.
- Так, если поменять знак у параметра m на отрицательный, система будет описывать уже не модель "хищник-жертва", а положительное взаимодействие двух популяций (в биологии – симбиоз, в политологии или социологии – кооперативное поведение политических сил или социальных групп).

Примеры построения моделей



- Если, наоборот, поменять знак у параметра k на отрицательный, получим модель конкуренции или борьбы – антагонистического поведения.

Примеры построения моделей



- Эти возможности оказались довольно перспективными для использования модели при изучении социальной динамики.
- Большую известность приобрели работы немецкого ученого В. Вайдлиха. Он разработал систему моделей изучения динамики социально-экономических и политических факторов (производство и потребление товаров, инвестиции и т.п.)

Примеры построения моделей



- Модель Лотки-Вольтерра была использована В.Вайдлихом для изучения отношений между "народом" и "правительством" (или, например, парламентом и правительством). Одной переменной в этой модели является степень силы правительства, а другой переменной – степень политического влияния народа (парламента).

Примеры построения моделей



- Если использовать эту модель как модель отношений "хищник-жертва", когда правительство проводит репрессивную политику, которой не противодействует народ, то, как это и должно следовать из свойств модели, политическая ситуация испытывает циклические изменения – колебания около положения равновесия.

Примеры построения моделей



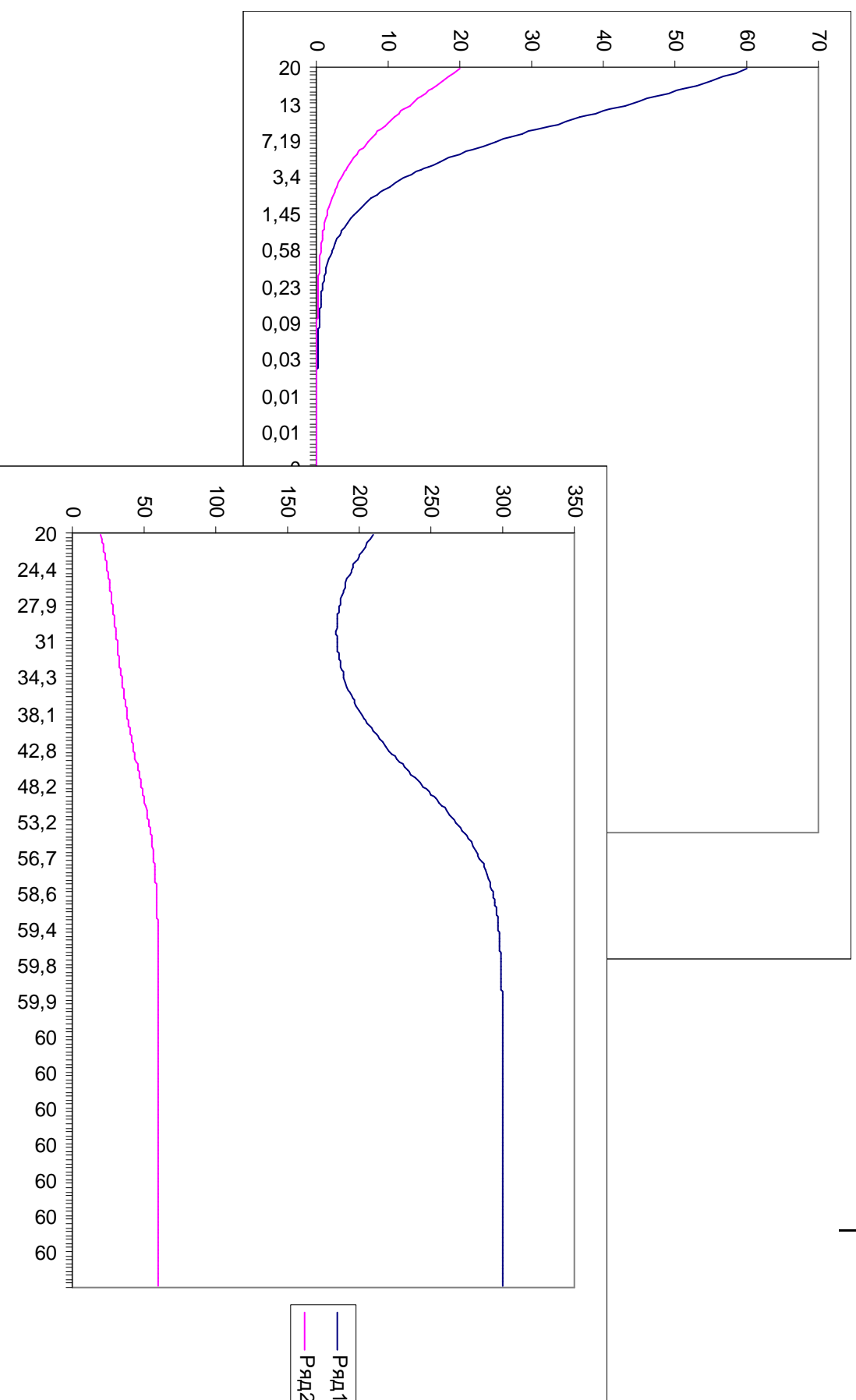
- При наличии взаимного "сотрудничества" (кооперативного поведения) сильное правительство поддерживает демократические институты общества, слабое – стремится ограничить их влияние, т.е. правительство не учитывает общественное мнение и подавляет волеизъявление народа.
- И наоборот: если влияние народа велико, он поддерживает деятельность правительства; если невелико – политика правительства встречает противодействие.

Примеры построения моделей



- В этом случае система имеет два состояния равновесия: сильную демократию с сильным правительством и значительной ролью народа или противоборствующую демократию со слабым правительством и столь же слабым общественным влиянием.

Примеры построения моделей

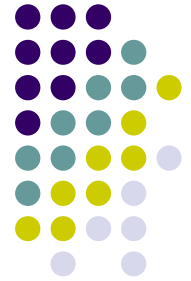


Примеры построения моделей



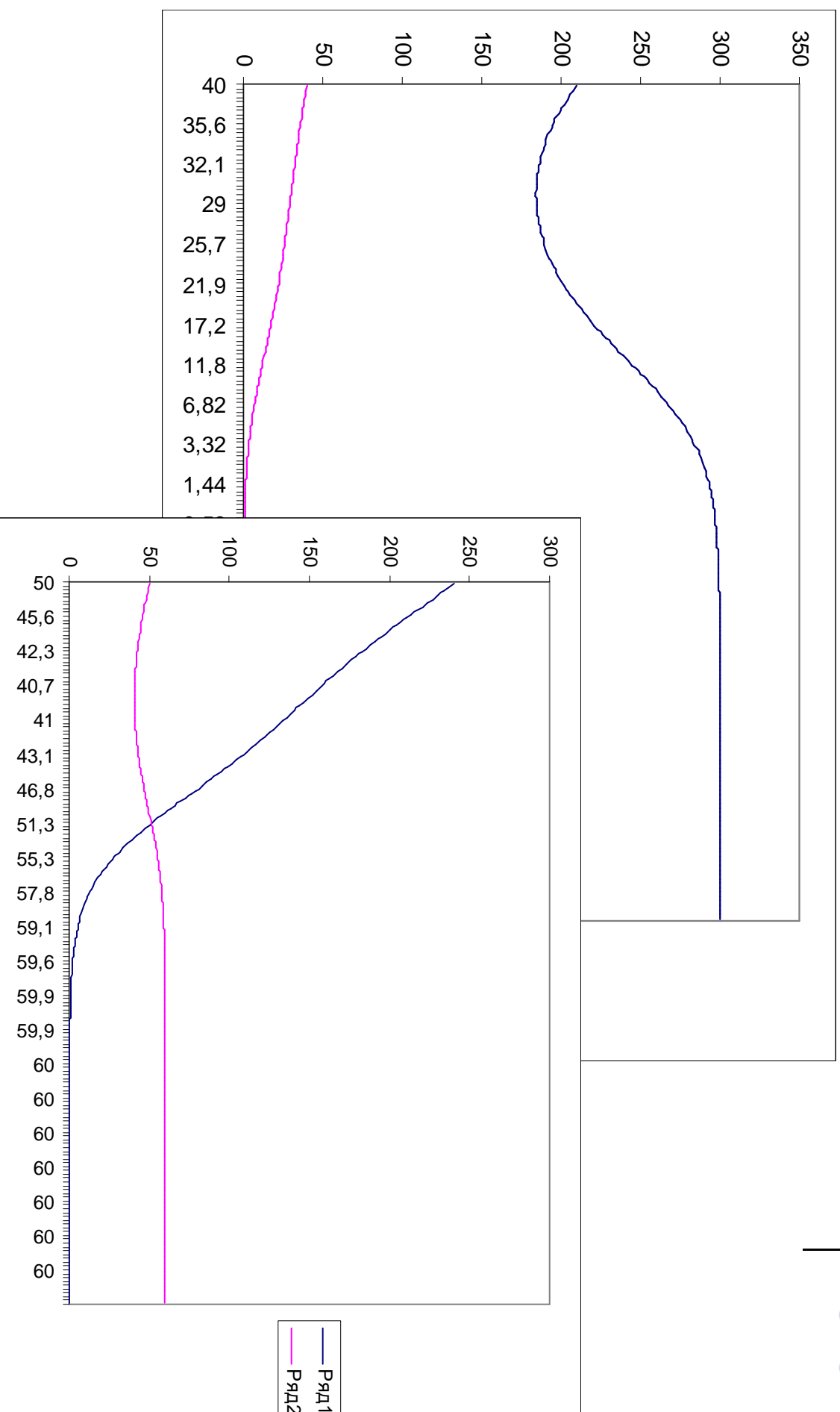
- Наконец, при наличии конкуренции (антагонистического поведения) правительства и народа сильное правительство стремится подавить демократические институты, а слабое правительство поддерживает их рост.
- С другой стороны, значительное влияние народа приводит к уменьшению роли правительства, а при слабом влиянии народа требуется сильное правительство.

Примеры построения моделей



- Здесь тоже имеется два состояния равновесия: это либо диктатура с сильным правительством и слабым народом, либо анархия, при которой народ саботирует решения слабого правительства.

Примеры построения моделей



Примеры построения моделей



- Логистическое отображение возникает и в более приближенной к истории модели социальной мобилизации.
- Эта модель показывает, как быстро массы людей включаются в общественные движения (митинги, петиции, демонстрации, марши протеста, городские беспорядки и т.д.).

Примеры построения моделей



- Модель была названа “пороговой”, поскольку у каждого человека существует некоторый порог вступления в массовую акцию – для этого необходимо, чтобы в ней участвовала какая-то существенная часть его окружения.
- Другой порог существует и для выхода из акции – если слишком много окружающих занимаются тем же самым. Поэтому ясно, что если X – это доля участников массового движения, ее малые значения должны расти, а близкие к 100% – падать.

Примеры построения моделей



- Таким образом, модель социальной мобильности основана на изучении "поведения" решений следующего разностного уравнения:

$$X_{i+1} = CX_i(1 - X_i)$$

- Здесь предполагается, что X_i – величина, находящаяся в диапазоне $[0; 1]$, C – управляющий параметр, значения которого интерпретируются как мера “политизированности” общества.

Примеры построения моделей

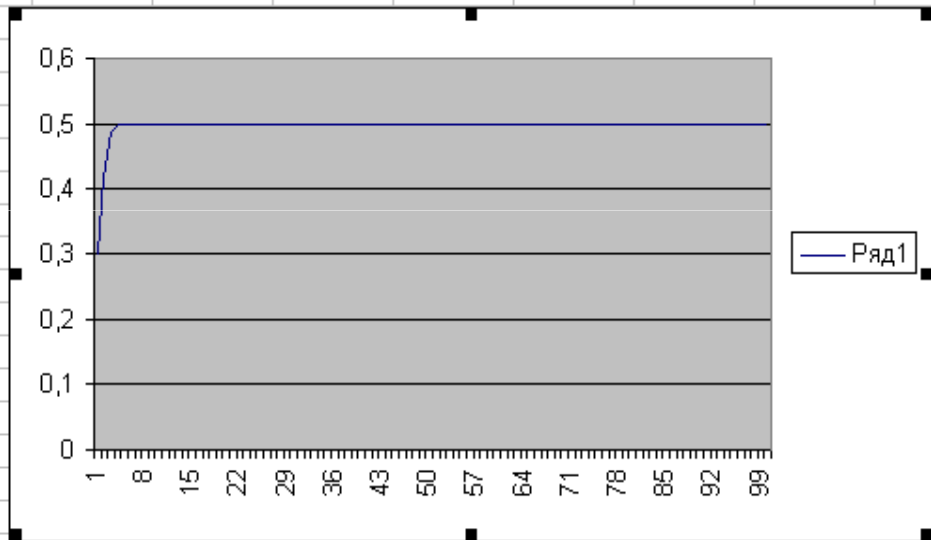


- Еще одной интерпретацией может быть, например, рынок товаров, где X – доля рынка, захваченная новинкой.
- Параметр C здесь моделирует некоторую силу, управляющую внедрением новинки (например, рекламу).

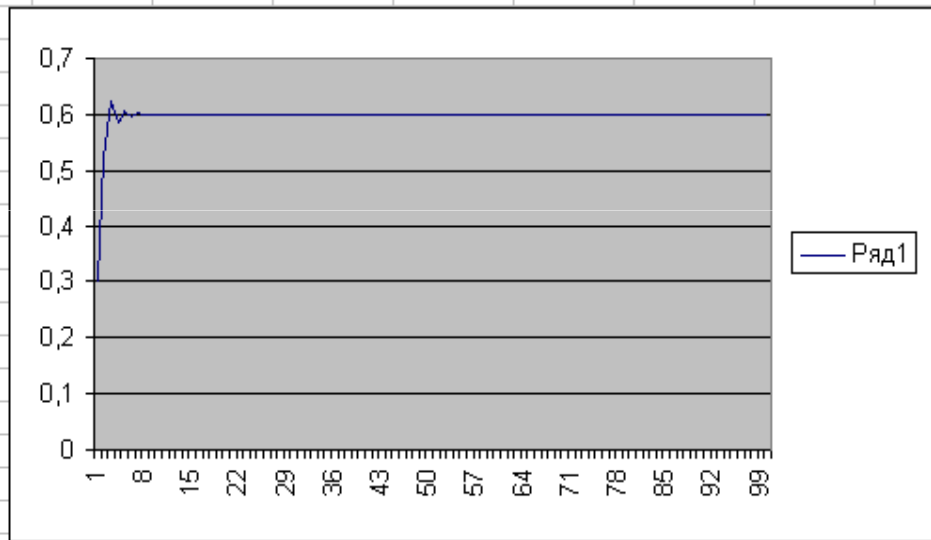


Область диа... =

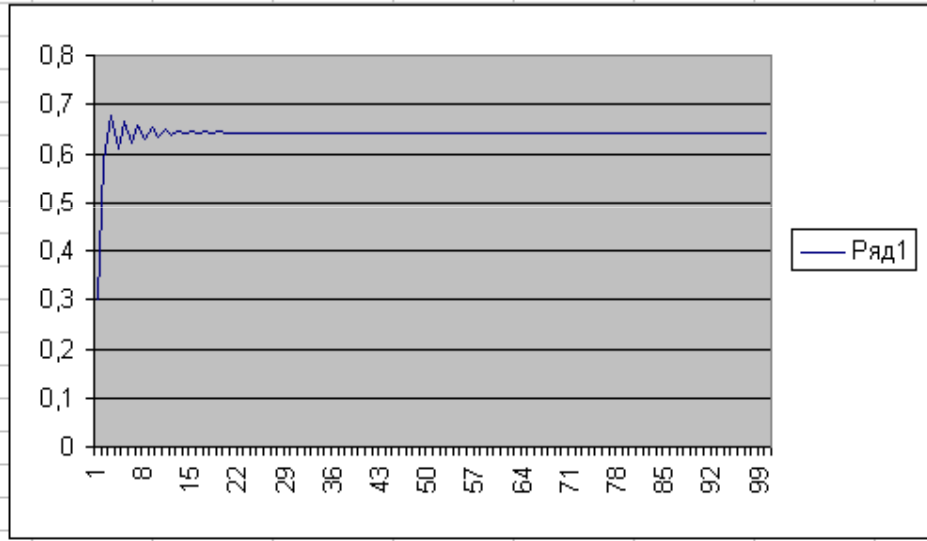
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
1	0,3		2												
2	0,42														
3	0,4872														
4	0,499672														
5	0,5														
6	0,5														
7	0,5														
8	0,5														
9	0,5														
10	0,5														
11	0,5														
12	0,5														
13	0,5														
14	0,5														
15	0,5														
16	0,5														
17	0,5														
18	0,5														
19	0,5														
20	0,5														
21	0,5														
22	0,5														
23	0,5														
24	0,5														
25	0,5														
26	0,5														
27	0,5														
28	0,5														
29	0,5														
30	0,5														
31	0,5														
32	0,5														



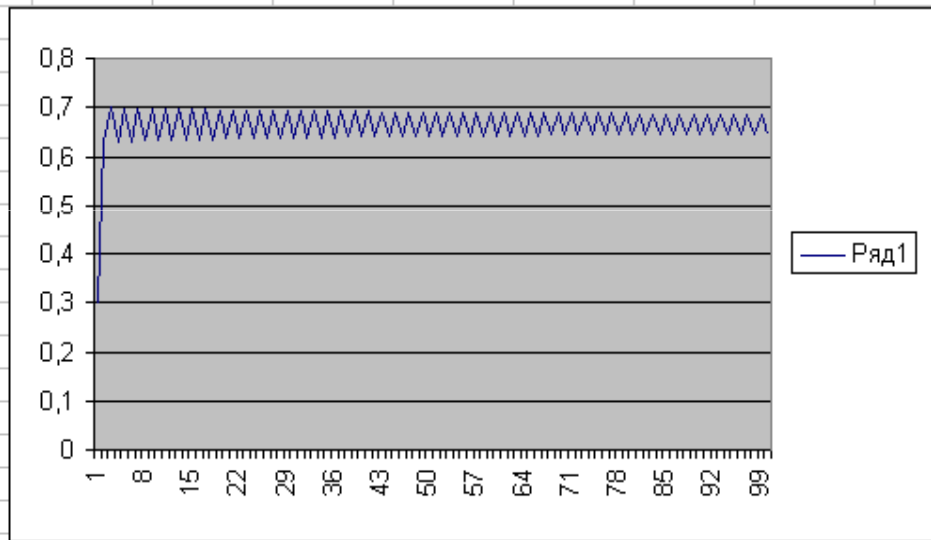
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
1	0,3		2,5												
2	0,525														
3	0,623438														
4	0,586908														
5	0,606118														
6	0,596848														
7	0,601551														
8	0,599218														
9	0,600389														
10	0,599805														
11	0,600097														
12	0,599951														
13	0,600024														
14	0,599988														
15	0,600006														
16	0,599997														
17	0,600002														
18	0,599999														
19	0,6														
20	0,6														
21	0,6														
22	0,6														
23	0,6														
24	0,6														
25	0,6														
26	0,6														
27	0,6														
28	0,6														
29	0,6														
30	0,6														
31	0,6														
32	0,6														



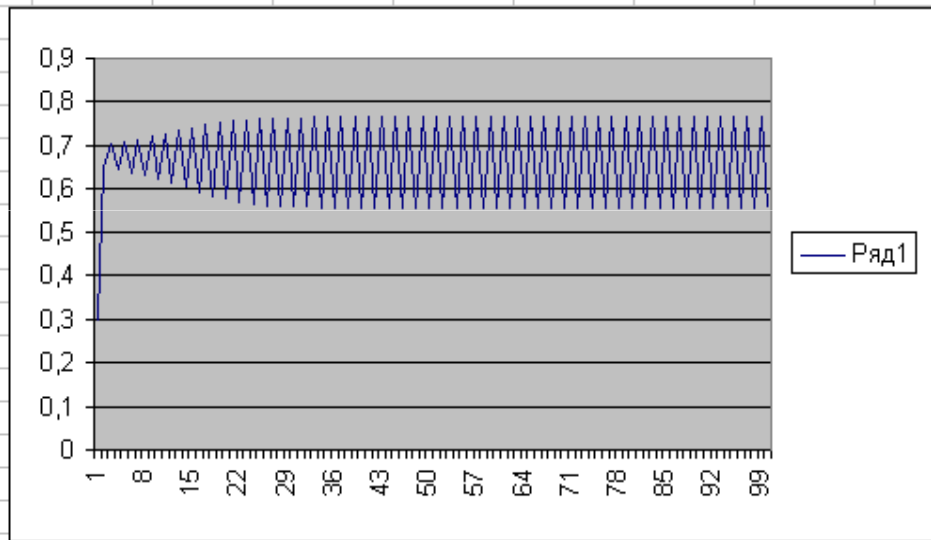
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
1	0,3		2,8												
2	0,588														
3	0,678317														
4	0,610969														
5	0,665521														
6	0,623288														
7	0,66744														
8	0,630595														
9	0,652246														
10	0,6351														
11	0,648895														
12	0,637925														
13	0,646735														
14	0,639713														
15	0,645345														
16	0,64085														
17	0,644452														
18	0,641574														
19	0,643879														
20	0,642037														
21	0,643511														
22	0,642332														
23	0,643276														
24	0,642521														
25	0,643125														
26	0,642642														
27	0,643029														
28	0,64272														
29	0,642967														
30	0,642769														
31	0,642927														
32	0,642801														



	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
1	0,3		3,0												
2	0,63														
3	0,6993														
4	0,630839														
5	0,698644														
6	0,631622														
7	0,698027														
8	0,632356														
9	0,697446														
10	0,633046														
11	0,696897														
12	0,633695														
13	0,696377														
14	0,634308														
15	0,695884														
16	0,634889														
17	0,695415														
18	0,635439														
19	0,694969														
20	0,635961														
21	0,694544														
22	0,636458														
23	0,694137														
24	0,636932														
25	0,693749														
26	0,637384														
27	0,693377														
28	0,637816														
29	0,69302														
30	0,63823														
31	0,692678														
32	0,638626														

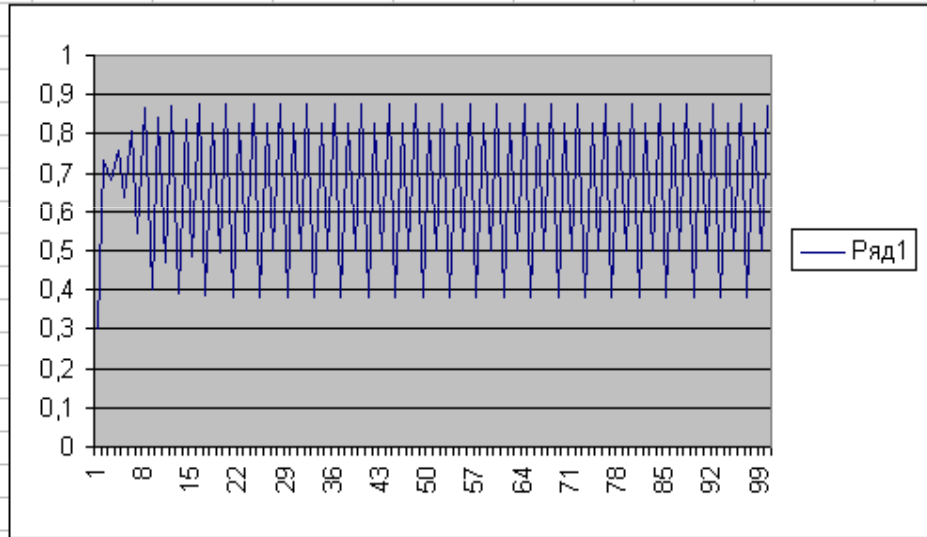


	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
1	0,3		3,1												
2	0,651														
3	0,704317														
4	0,645589														
5	0,709292														
6	0,639211														
7	0,714923														
8	0,631805														
9	0,721145														
10	0,623394														
11	0,727799														
12	0,614133														
13	0,734618														
14	0,604358														
15	0,741239														
16	0,594592														
17	0,747262														
18	0,58547														
19	0,752354														
20	0,577584														
21	0,75634														
22	0,571298														
23	0,759241														
24	0,566661														
25	0,761225														
26	0,563461														
27	0,762515														
28	0,561366														
29	0,763326														
30	0,560044														
31	0,763824														
32	0,559231														



100% Arial Cyr 10 Ж К У

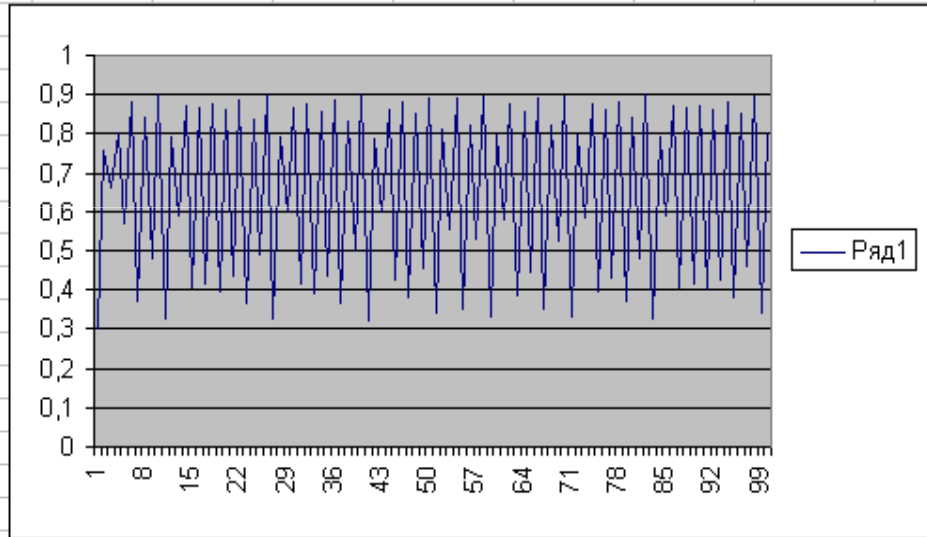
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
1	0,3		3,5												
2	0,735														
3	0,681713														
4	0,759432														
5	0,639433														
6	0,806955														
7	0,545225														
8	0,867841														
9	0,401425														
10	0,84099														
11	0,46804														
12	0,871425														
13	0,392152														
14	0,834291														
15	0,483873														
16	0,87409														
17	0,385199														
18	0,828873														
19	0,49645														
20	0,874956														
21	0,382928														
22	0,82703														
23	0,50068														
24	0,874998														
25	0,382817														
26	0,826938														
27	0,50089														
28	0,874997														
29	0,38282														
30	0,826941														
31	0,500884														
32	0,874997														



100% Arial Cyr 10 Ж К У

C1 = 3,6

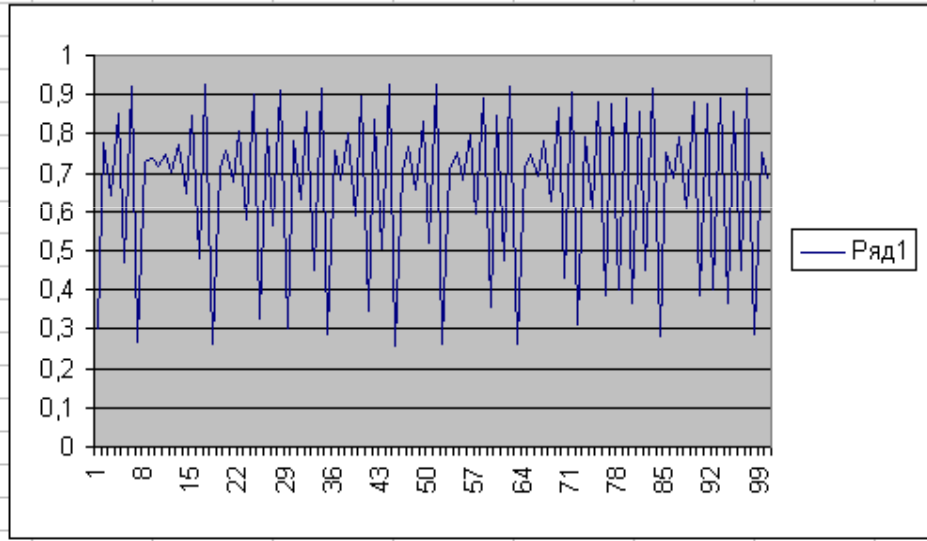
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
1	0,3		3,6												
2	0,756														
3	0,66407														
4	0,803091														
5	0,569288														
6	0,882717														
7	0,3727														
8	0,841661														
9	0,479763														
10	0,898526														
11	0,328238														
12	0,793792														
13	0,58927														
14	0,871311														
15	0,403661														
16	0,866588														
17	0,416209														
18	0,874724														
19	0,394494														
20	0,859926														
21	0,433631														
22	0,884143														
23	0,368764														
24	0,837998														
25	0,488727														
26	0,899543														
27	0,325317														
28	0,790149														
29	0,596929														
30	0,866177														
31	0,417292														
32	0,875374														



100% Arial Cyr 10 Ж К У

C1 = 3,7

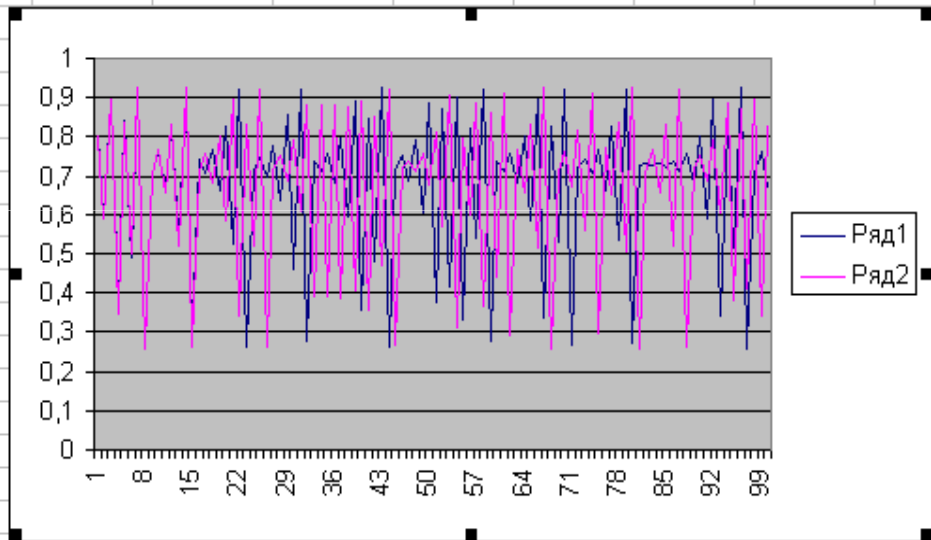
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
1	0,3		3,7												
2	0,777														
3	0,641103														
4	0,851333														
5	0,468291														
6	0,92128														
7	0,268337														
8	0,726429														
9	0,735301														
10	0,720143														
11	0,745687														
12	0,70166														
13	0,774532														
14	0,646138														
15	0,845981														
16	0,482099														
17	0,923814														
18	0,260411														
19	0,71261														
20	0,757749														
21	0,679192														
22	0,806194														
23	0,578108														
24	0,902427														
25	0,325794														
26	0,812714														
27	0,563178														
28	0,910232														
29	0,302327														
30	0,780423														
31	0,634042														
32	0,858521														





Область диа... =

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
1	0,8	0,801	3,7												
2	0,592	0,589776													
3	0,893683	0,895179													
4	0,35155	0,347185													
5	0,843462	0,838596													
6	0,488526	0,500806													
7	0,924513	0,924998													
8	0,258219	0,256695													
9	0,708704	0,70597													
10	0,763837	0,768033													
11	0,667443	0,659187													
12	0,821262	0,83124													
13	0,543125	0,519035													
14	0,918119	0,923659													
15	0,278153	0,260897													
16	0,742901	0,71347													
17	0,706697	0,756393													
18	0,766923	0,681773													
19	0,661383	0,802747													
20	0,828635	0,585873													
21	0,525396	0,897716													
22	0,922614	0,339742													
23	0,264172	0,829975													
24	0,719224	0,522132													
25	0,74718	0,923188													
26	0,698937	0,262375													
27	0,778569	0,716077													
28	0,637877	0,75225													
29	0,854663	0,68957													
30	0,459593	0,792035													
31	0,918959	0,609449													
32	0,275552	0,880678													



Устойчивые и неустойчивые системы



- Важнейшими характеристиками динамики системы являются положения равновесия и предельные циклы. Они называются ***аттракторами*** (притягивающими множествами).

Устойчивые и неустойчивые системы



- Если менять параметры структурно-устойчивой системы, то ее поведение также будет меняться, но его качественные параметры будут достаточно устойчивы.
- Однако при достижении критических величин параметров системы в ней происходит ***бифуркация*** – поведение системы качественно меняется.

Устойчивые и неустойчивые системы



- Например, при прохождении точки бифуркации из состояния равновесия может возникнуть колебательный периодический режим.
- Когда же система попадает в хаотический режим, ее поведение становится апериодическим и кажется случайным, подверженным непредсказуемым внешним воздействиям.

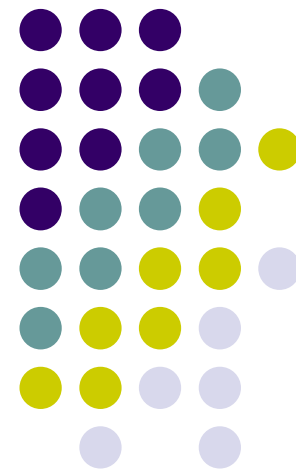
Устойчивые и неустойчивые системы



- На самом деле это поведение не является случайным, оно определено законом функционирования системы, но прогнозировать поведение системы в хаотическом состоянии невозможно.
- Изучением закономерностей поведения сложных систем занимается новый быстро развивающийся раздел математики – *синергетика* (или теория самоорганизации).

МОДЕЛИРОВАНИЕ ИСТОРИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Моделирование неустойчивых
процессов.
Синергетический подход



Синергетический подход



- В то время, как изучение эволюционных процессов является достаточно традиционной областью математического моделирования, подходы к моделированию процессов, претерпевающих скачкообразные изменения, стали складываться сравнительно недавно.

Синергетический подход



- **Синергетика** возникла в 1970-х гг. Ее развитие связывают с именами таких известных ученых как И. Пригожин (лауреат Нобелевской премии), Г. Хакен, С.П. Курдюмов и др.
- Математический аппарат синергетики разработан в рамках теории нелинейных дифференциальных уравнений.

Синергетический подход



- Синергетика изучает динамику развития неустойчивых ситуаций, в которых малые (нередко – случайные) воздействия могут вызвать большие последствия. Процесс в результате может выйти на новую траекторию, устремиться к новому аттрактору.

Синергетический подход



- Иногда вместо термина синергетика используются термины **теория хаоса** или **теория катастроф**, которые появились в математике при изучении нелинейной динамики.
- Катастрофа (**бифуркация**) происходит тогда, когда описываемая соответствующими уравнениями система скачком переходит из одного состояния равновесия в другое.

Синергетический подход



- Качественное исследование такой динамической системы, существенно зависящей от значений параметров в некоторых "критических" областях, предполагает описание всех возможных бифуркаций и аттракторов (точек или предельных циклов), к которым "притягиваются" траектории системы.

Синергетический подход



- В популярных изданиях 1970-х гг. теория катастроф трактовалась как переворот в математике, сравнимый с открытием дифференциального и интегрального исчисления.

Синергетический подход



- Применения теории катастроф, подкрепленные многочисленными экспериментальными данными из самых разных наук, образовали самостоятельную область науки, называемую **синергетикой** или теорией самоорганизации

Синергетический подход



- Методы синергетики нашли применение в задачах моделирования историко-демографических процессов (С.П. Капица, Г.Г. Малинецкий), в исследованиях длинных волн экономического развития (С.Ю. Малков, П. Турчин, С.А. Нефедов), курсовой динамики на Петербургской бирже начала XX в., динамики стачечных волн (Л.И. Бородкин и соавторы).

Синергетический подход



- Подходы синергетики основаны на таких понятиях как нелинейность, неустойчивость, непредсказуемость, альтернативность развития.
- Синергетика предлагает каждой отрасли научного знания систему концепций, категорий и методов, дающих возможность адекватно применить синергетический подход в конкретных научных исследованиях.



Синергетический подход

- Применительно к истории мы должны прежде всего ответить на вопрос – существуют ли такие явления, как непредсказуемость, выбор и т.д. в историческом процессе. Или, быть может, в истории все происходит достаточно гладко, стабильно, предсказуемо?
- От нашего понимания, насколько самой истории внутренне присущи проблемы синергетики, зависит успех применения здесь ее методов.

Синергетический подход



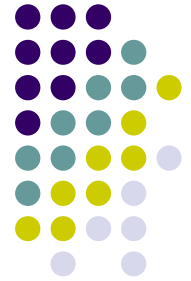
- Естественно, опыт современной исторической науки подсказывает нам положительный ответ.
- История – это отнюдь не плавный процесс или однонаправленное "прогрессивное" развитие.
- Здесь не требуется особых доказательств – понятно, что в истории есть периоды, исключительно насыщенные случайными, взрывными процессами (это революции, стихийные народные движения и т.д.).

Синергетический подход



- Оказывается, такие же взрывные процессы присущи и явлениям культуры.
- Несколько лет назад вышли последние книги известного русского культуролога, историка, филолога Юрия Михайловича Лотмана, которые как раз были посвящены соотношению в культуре предсказуемых и непредсказуемых процессов, роли случайности в ходе культурного развития.

Синергетический подход



- Динамика исторического процесса предусматривает, по Лотману, смену (возможно, несинхронную в различных пластах) процессов постепенного развития - и хаотических участков с разнообразием непредсказуемых исходов, "точек бифуркации", "перекрестков", "минут роковых".

Синергетический подход



- Как формулирует Лотман, *“случайное и закономерное перестают быть несовместимыми, а предстают как два возможных состояния одного и того же объекта. Двигаясь в детерминированном поле, он предстает точкой в линейном развитии, попадая во флуктуационное пространство – выступает как континуум потенциальных возможностей со случаем в качестве спускового устройства.*

Синергетический подход



- *Проливая свет на общую теорию динамических процессов, идеи И. Пригожина представляются весьма плодотворными и применительно к историческому движению. Они легко эксплицируются в связи с фактами мировой истории и ее сложным переплетением спонтанных бессознательных и личноосознанных движений”.*

Синергетический подход



- Как отмечает Ю.М. Лотман в своих последних работах, именно точки выбора и момент непредсказуемости придают историческому процессу содержание, информативность, иначе, будучи абсолютно предсказуемым, он оказывался бы и абсолютно избыточным, так как по первому "кадру" какой-нибудь "демон Лапласа" мог бы определить все остальные.

Синергетический подход

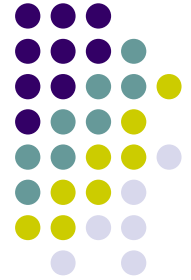


- Поскольку выбор осуществляется людьми, то именно "человеческий фактор", ранее почти игнорируемый при научном анализе, делается его главным предметом.
- После принятия такой научной парадигмы, *"картина мира неслыханно усложняется, и искусствоведение, культуроведение, да и наука о человеке в целом, из области научной периферии превращается в общенаучный методологический полигон..."*.

Синергетический подход



- Таким образом, на первом плане в рассмотрении историка оказываются люди в момент совершения осознанного выбора, их общекультурная и субъективно-личностная ответственность за него, поведенческий текст в единстве с сознанием человека.



Синергетический подход

- Лапласовский детерминизм. Роль детерминизма в истории очень велика – он сформировал взгляд на историю, как на непрерывную цепочку жестко связанных причин и следствий, на киноленту, которую можно прокручивать в обоих направлениях.

Синергетический подход



- Между тем, уже с 30-х гг. наряду с классической механикой в физике утвердилась иная теория, описывающая не менее широкий класс т.н. стохастических (случайных) процессов, подчиняющихся не детерминистским, а статистическим законам. Причину появления случайности в системе видели тогда в присутствии в ней большого числа степеней свободы.

Синергетический подход



- При этом не было сомнений, что движение самих частиц системы в соответствии с детерминистскими законами не содержит ничего случайного.
- Но оказалось, что большое число степеней свободы – вовсе не необходимое и не достаточное условие того, что система является статистической.

Синергетический подход



- Были построены простейшие механические системы, в которых движение даже одной частицы подчиняется вероятностным законам. Причина этого – в неустойчивости траектории частицы, в результате чего даже бесконечно малое возмущение быстро приводит к тому, что частица значительно отклоняется от предсказанной траектории.
- Более того, если можно было бы "прокрутить" это же движение назад по времени, то частица бы не вернулась на прежнюю траекторию.

Синергетический подход



- Явление хаоса присуще только сложным, нелинейным системам (число уравнений, описывающих поведение таких систем должно быть больше двух).
- Для систем с одной степенью свободы существуют устойчивые состояния (аттракторы) двух типов: фокусы (точки) и предельные циклы.
- При переходе к трехмерному фазовому пространству в "семье" аттракторов происходит "прибавление", непосредственно связанное с появлением хаоса.

Синергетический подход



- Притягивающие множества нового типа называются "странными аттракторами" и характеризуются тем, что несмотря на приближении траектории с течением времени к притягивающему множеству, структура аттрактора в многомерном пространстве настолько сложна, что движение точки вдоль самого аттрактора может выглядеть совершенно случайным.
- Существование странного аттрактора всегда означает присутствие локальной неустойчивости

Синергетический подход



- Для моделирования динамики нестационарных исторических процессов чрезвычайно интересными представляются закономерности перехода системы в режим странного аттрактора ("сценарий хаотизации").



Синергетический подход

- Эволюция перехода из устойчивого состояния в неустойчивое включает следующие стадии: равновесие, возникновение периодических колебаний, удвоение периода, потеря устойчивости удвоенного цикла и появление сложных непериодических колебаний, очень чувствительных к незначительным изменениям начальных условий.
- Переход в режим странного аттрактора делает процесс случайным – возникает хаос.

Синергетический подход



- Проблема неустойчивости сложных систем является также предметом изучения теории диссипативных структур, разработанной нобелевским лауреатом И.Пригожиным и его школой.
- Пригожин рассмотрел воздействие случайных колебаний, которые при наличии положительных обратных связей могут стать достаточно большими и привести к неустойчивости системы, разрушению существующей структуры и переходу в новое состояние.

Синергетический подход



- При этом возможен переход и на более высокий уровень упорядоченности, называемый диссипативной структурой. Возникает эффект **самоорганизации**.
- Исследуя динамику неравновесных систем, Пригожин отмечает: *"Когда система, эволюционируя, достигает точки бифуркации, детерминистическое описание становится непригодным. Флуктуация вынуждает систему выбрать ту ветвь, по которой будет происходить дальнейшая эволюция системы..."*