

# Системная динамика в политическом анализе и прогнозировании

Ахременко А.С., д.полит.н., профессор

# Ключевые признаки динамической системы

- Динамическая система – система, **меняющаяся во времени**. Системная динамика – аналитическая методология, нацеленная на понимание того, как система меняется во времени.
- Элементами динамической системы являются функции времени  $F(t)$  – **динамические переменные**
- Это **параметры макроуровня**, характеризующие свойства объекта исследования в целом.

Например, при рассмотрении протестной активности элементами системы могут выступать численность протестующих и интенсивность подавления протеста со стороны властей; при рассмотрении динамики общественного мнения – число людей, разделяющих определенные взгляды и т.д.

# детерминированный

## ПОДХОД

Системная динамика использует **детерминированный**, а не статистический подход. Содержательно это означает:

- а) Акцент на причинно-следственных связях. При рассмотрении эволюции политических систем во времени принципиальное значение имеет воздействие одной переменной в прошлом на другую (или ту же самую) переменную в будущем.

# детерминированный

## ПОДХОД

- б) Анализируемый объект рассматривается как система, **полностью** характеризуемая неким **конечным числом параметров**. Слово «полностью» в данном случае совершенно не свидетельствует о стремлении авторов модели описать все возможные связи и взаимодействия внутри системы. Говорится лишь, что под определенным углом зрения и при значительном упрощении реальности модель демонстрирует **некоторые существенные** характеристики поведения реальной системы во времени *в рамках наложенных на систему исходных ограничений*.
- Математически отличие детерминированного подхода от статистического состоит в том, что в первом случае в модель не вводится стохастический компонент  $\varepsilon$ .

# Времени не поддается интуитивному пониманию

- Сверхзадача построения любой динамической модели в политической науке – найти структурные параметры, чувствительные к политическому воздействию. Изменение каких «настроек» системы приведет к изменению ее поведения? Как показывает практика моделирования (и реальная политическая история), а) такие «чувствительные точки» обычно находятся совсем не там, где нам подсказывает здравый смысл; б) менять такие параметры надо совсем не в том направлении, как интуитивно кажется.
- Пример Дж.Форрестера: *For example, in an urban system, housing is a sensitive control point but, if one wishes to make the city a better place for low-income as well as other people, it appears that low-income housing should be reduced rather than increased. Governments had been constructing low cost housing, but that is the wrong direction. Old and decaying housing, which is the principal stock of low-cost housing, should be removed, not augmented. Low-income housing uses land space that could instead be used for job-creating industrial structures, while the housing draws in people who need jobs. The additional housing reduces jobs while increasing the number of people who need jobs. Additional housing is not a way to alleviate poverty but instead is an active force for increasing poverty.*

# Порождающие структуры (generic structures)

- Существует ряд структурных элементов (не путать с элементами – динамическими переменными) в системной динамике, которые можно наблюдать в самых различных объектах и процессах. Например, существуют общие черты в процессах распространения поведенческих практик и инфекционных заболеваний. «Базовые» структурные блоки динамических моделей мы будем называть «порождающими» структурами. Самыми элементарными порождающими структурами являются **положительные и отрицательные обратные связи.**

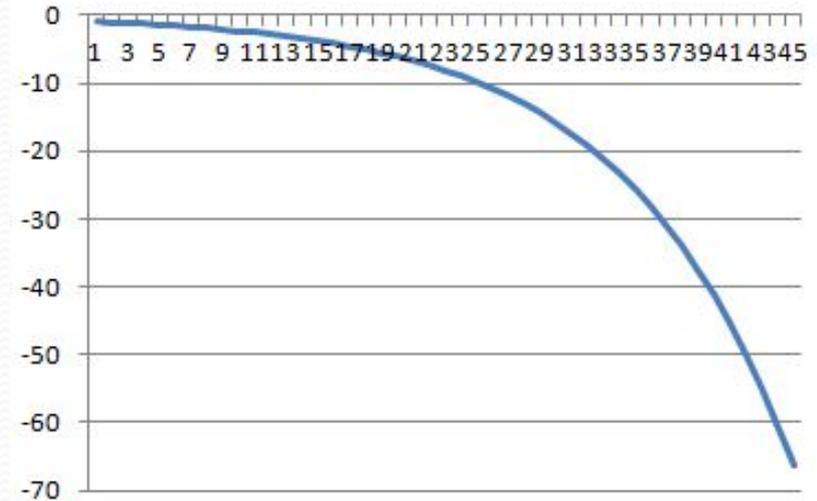
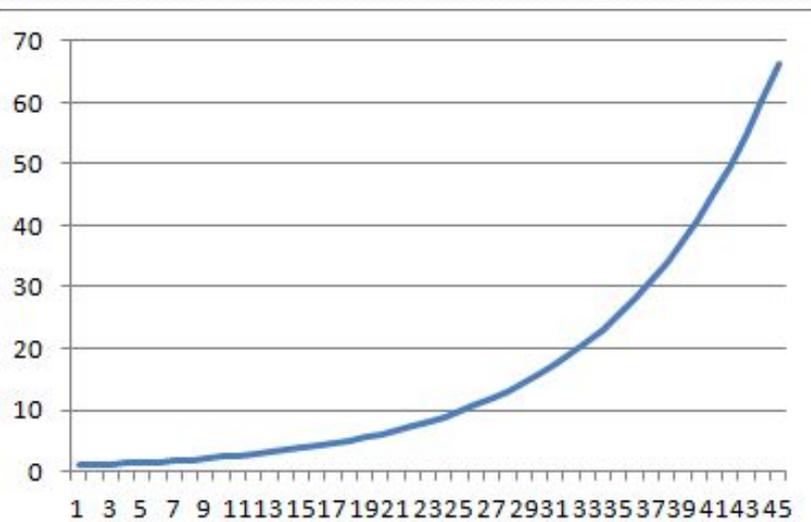
# Положительная петля обратной связи

- Положительная обратная связь - тип обратной связи, при котором изменение динамической переменной в момент  $t$  приводит к такому изменению той же переменной в момент  $t+1$ , которое **способствует** ее дальнейшему отклонению от первоначального значения. При положительной обратной связи мы можем наблюдать как рост, так и снижение показателя во времени (первая производная может быть как положительной, так и отрицательной). При этом скорость изменения показателя во времени (ускорение, вторая производная) всегда **положительно**. Положительные петли обратной связи порождают **изменение с ускорением**, поэтому системы, где положительные обратные связи господствуют, **неустойчивы**.

# положительной обратной СВЯЗИ

$$\frac{\partial X}{\partial t} = kX,$$

где  $k$  – положительная константа.



# Отрицательная обратная

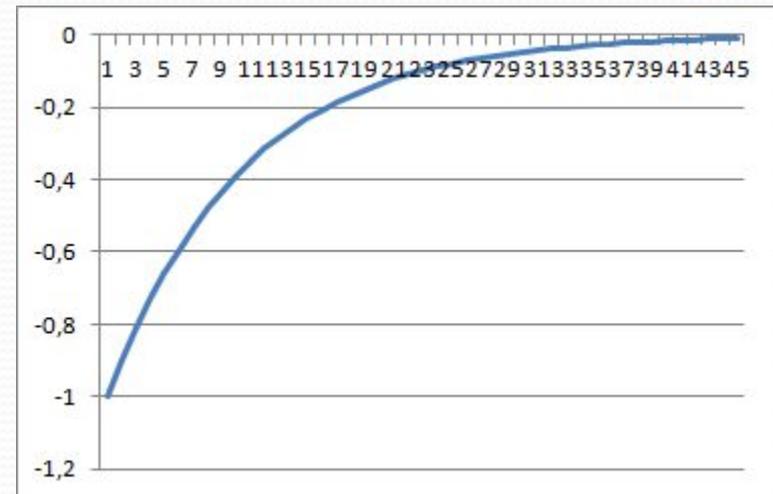
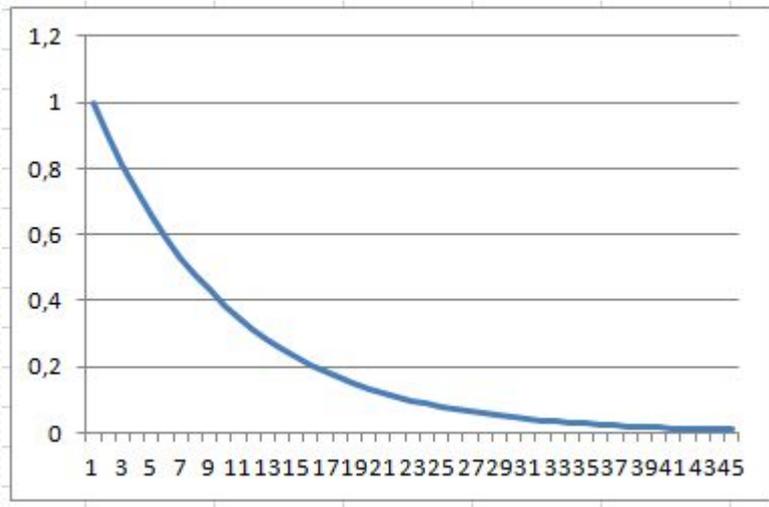
## СВЯЗЬ

- Отрицательная обратная связь - тип обратной связи, при котором изменение динамической переменной в момент  $t$  приводит к такому изменению той же переменной в момент  $t+1$ , которое **препятствует** ее дальнейшему отклонению от первоначального значения. При отрицательной обратной связи мы можем наблюдать как рост, так и снижение показателя во времени (первая производная может быть как положительной, так и отрицательной). При этом скорость изменения показателя во времени (ускорение, вторая производная) всегда отрицательно. Отрицательные петли обратной связи порождают **изменение с замедлением, в пределе – отсутствие изменений**. Поэтому системы, где отрицательные обратные связи господствуют, **устойчивы**.  
**ОТРИЦАТЕЛЬНЫЕ ОБРАТНЫЕ СВЯЗИ ИГРАЮТ КЛЮЧЕВУЮ РОЛЬ В УПРАВЛЕНИИ**

# Простейшая модель отрицательной обратной связи

$$\frac{\partial X}{\partial t} = -kX,$$

где  $k$  – положительная константа.



# Компьютерные модели системной динамики

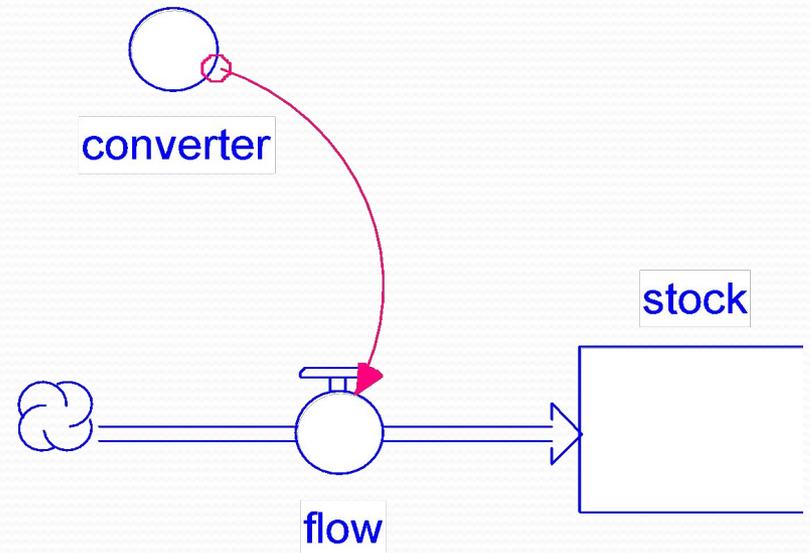
## динамики

**Запас (stock)** – нечто, что может накапливаться

**Поток (flow)** – скорость изменения запаса

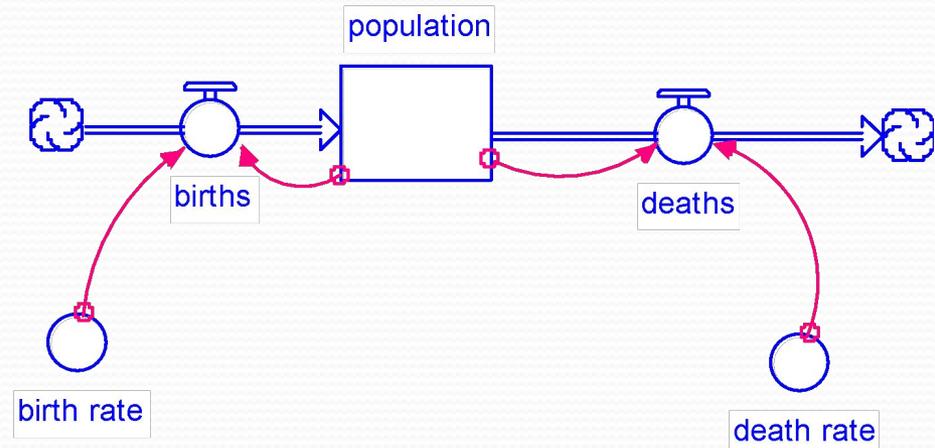
**Конвертер (converter)** – численные параметры, регулирующие поведение модели;

**Коннектор (connector, красная стрелка на рисунке)** – поток информации между конверторами, запасами и потоками.



# Модель изменения численности населения

Введем  
обозначения:  
 $P$  – population  
 $b$  – birth rate  
 $d$  – death rate



Модель в разностной форме (слева – численность населения в следующий момент времени):

$$P(t+dt) = P(t) + (bP-dP)dt = P(t) + P(b-d)dt$$

Приращение численности населения:

$$P(t+dt) - P(t) = P(b-d)dt$$

Перейдем к производной по времени. Для этого разделим обе части на  $dt$

$$\frac{P(t+dt) - P(t)}{dt} = P(b-d)$$

И устремим  $dt$  к нулю:

$$\lim_{dt \rightarrow 0} \frac{P(t+dt) - P(t)}{dt} = \frac{dP}{dt} = P(b-d)$$

Рождаемость выше смертности –  
доминирует положительная  
обратная связь

Рождаемость ниже смертности –  
доминирует отрицательная  
обратная связь

