

Динамические сетевые модели с отношениями конкуренции, кооперации и доминирования

Сапцин В.М.,

к.ф.-м.н., доцент,

Кременчугский государственный
университет им. М.В.Остроградского,
каф. информатики и высшей математики,

E-mail

saptsin@sat.poltava.ua

Динамические сетевые модели ...

- К постановке задачи.
- Данное исследование - в русле экономофизических концепций, заявленных в работе:
- Сапцин В. М., Соловьев В. Н. Релятивистская квантовая экономофизика. Новые парадигмы моделирования сложных систем: Черкассы: Брама-Украина, 2009. – 64 с.
Англоязычный вариант:
- Saptsin V., Soloviev V. Relativistic quantum econoohysics – new paradigms in complex systems modelling // [Электронный ресурс] – Режим доступа: arXiv:0907.1142v1 [physics.soc-ph] 7 Jul 2009.

Динамические сетевые модели ...

Предмет исследования – мультиагентные системы ($\vec{r} = (x^{(1)}, x^{(2)}, \dots, x^{(m)})$), задаваемые векторным отображением вида:

$$\vec{r}_{n+1} = \vec{F}(\vec{r}_n, \vec{\alpha}), \quad \vec{\alpha} - \text{вектор параметров}$$

Особенности:

- дискретное время
- нелинейные взаимодействия
- Поведение вблизи границы устойчивости

Динамические сетевые модели ...

Компьютерная революция

- $\sim 10^{-3}$ флон/сек - ручной счет "в столбик"
- $\sim 10^9 \text{ } \ddot{\text{e}} \text{ } 10^{10}$ флон/сек - суперкомпьютер, 1990 г.
- $\sim 10^9$ флон/сек - ПК, 2010 г.
- $\sim 10^{15}$ флон/сек - суперкомпьютер, 2010 г.
- $\sim 10^{15}$ флон/сек - ПК, 2030 г. (!?)
- $\sim 10^{21}$ флон/сек - суперкомпьютер, 2030 г. (!?)

Нейронные сети, «сетевая» математика, алгоритмический подход

Динамические сетевые модели ...

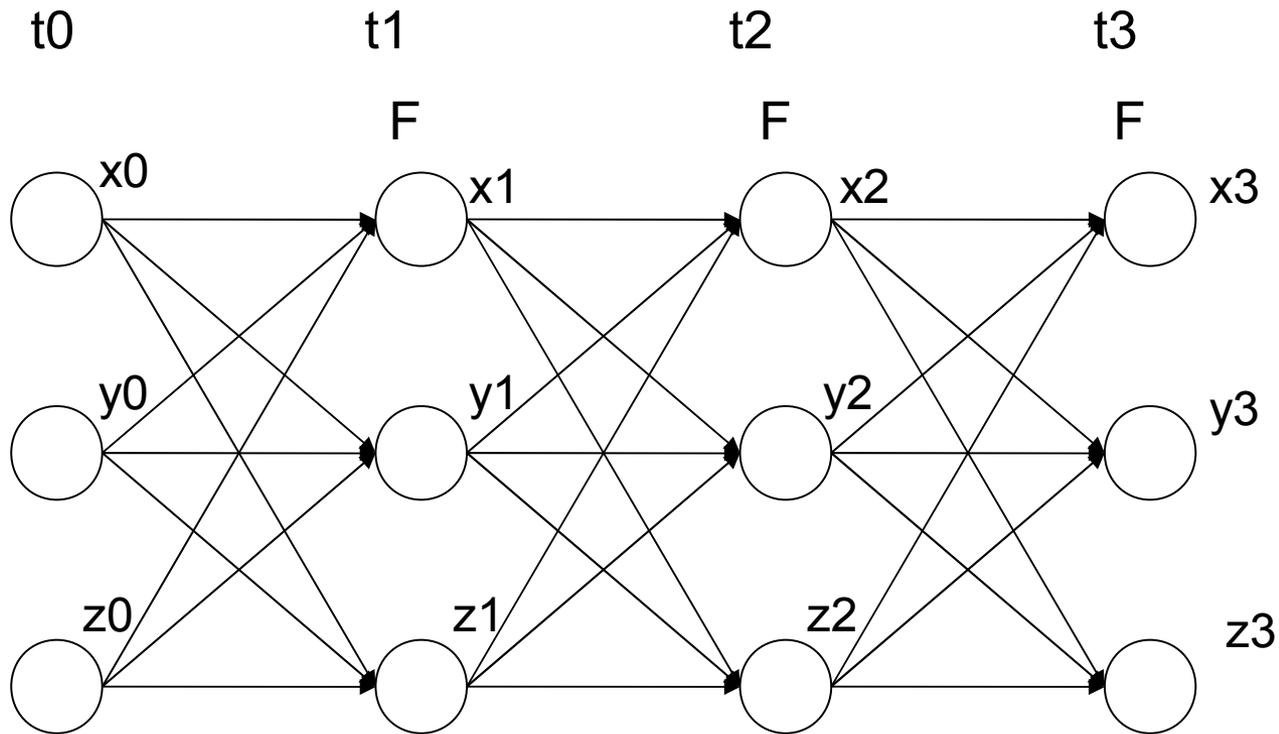
- Типовые структуры систем:
- 1) Иерархия (плановое хозяйство, социализм, армия)
- 2) Сети – двумерные, многомерные (рыночные отношения, капитализм)
- 3) Полный граф (отношения по типу «каждый с каждым»)

Динамические сетевые модели ...

- Мы концентрируем внимание на системах типа «полный граф». Почему?
- 1) В реальных сложных системах какие-то отношения существуют между всеми ее участниками (агентами);
- 2) Быструю адаптацию системы к изменению внешних условий может обеспечить динамическое многообразие ее собственного поведения;
- 3) Такое поведение обеспечивается неустойчивостями, порождающими динамический хаос, который является неотъемлемым свойством реальных сложных, жизнеспособных и развивающихся систем;
- 4) В таких системах существенную роль могут играть не только сильные связи, формирующие базовую структуру системы, но и слабые связи (в неустойчивых системах малые возмущения могут вызывать большие изменения)

Динамические сетевые модели ...

- Динамическая сетевая модель ($m=3$)



Динамические сетевые модели ...

- Рассматриваем модель вида:

$$x_i^{(n+1)} = \begin{cases} x_i^{(n)} \left(1 + \alpha_i + \alpha_i \prod_{j=1}^m \beta_{ij} x_j^{(n)} \right) - \gamma_i & \text{если } f_i \left(x_1^{(n)}, x_2^{(n)}, \dots, x_m^{(n)}, \vec{\alpha}, \vec{\beta}, \vec{\gamma} \right) \geq 0; \\ 0, & \text{если } f_i \left(x_1^{(n)}, x_2^{(n)}, \dots, x_m^{(n)}, \vec{\alpha}, \vec{\beta}, \vec{\gamma} \right) < 0; \end{cases}$$

$$i = 1, 2, \dots, m; \quad n = 0, 1, 2, \dots; \quad x_1^{(0)} = x_{10} > 0; \quad x_2^{(0)} = x_{20} > 0; \dots \quad x_m^{(0)} = x_{m0} > 0,$$

где

$$\alpha_i \geq 0; \quad \beta_{ij} \geq 0; \quad \beta_{ii} = -\text{sign}(\alpha_i); \quad \gamma_i \geq 0 \quad (1 \leq i \leq m; \quad 1 \leq j \leq m)$$

Динамические сетевые модели ...

Особенности.

$$m = 1, \text{ модель Ферхюльста } \alpha_1 > 0, \gamma_1 = 0$$

$m = 2, \alpha_1 > 0, \alpha_2 < 0, \beta_{12} < 0, \beta_{21} > 0, \gamma_1 = \gamma_2 = 0$
- модель Вольтерра типа «хищник-жертва», ее экономическая интерпретация - «бизнес-рэккет»

Если в процессе функционирования сети какая-либо из компонент становится равной нулю, то это значение сохраняется и в дальнейшем

Нахождение неподвижной точки сводится к решению линейной системы уравнений.

Частные производные:

$$\partial f_i / \partial x_j = \alpha_i \beta_{ij} x_i; \quad \partial f_i / \partial x_i \Big|_{\vec{r}=\vec{0}} = 1 + \alpha_i, \quad 1 \leq i, j \leq m, \quad i \neq j$$

Динамические сетевые модели ...

- Классификация связей и агентов:

$(\alpha_i \beta_{ij} < 0)(\alpha_j \beta_{ji} < 0)$	конкуренция
$(\alpha_i \beta_{ij} > 0)(\alpha_j \beta_{ji} > 0)$	кооперация
$(\alpha_i \beta_{ij} > 0)(\alpha_j \beta_{ji} < 0)$	доминирование
$\alpha_i > 0$	бизнес-плюс
$\alpha_i < 0$	бизнес-минус

Динамические сетевые модели ...

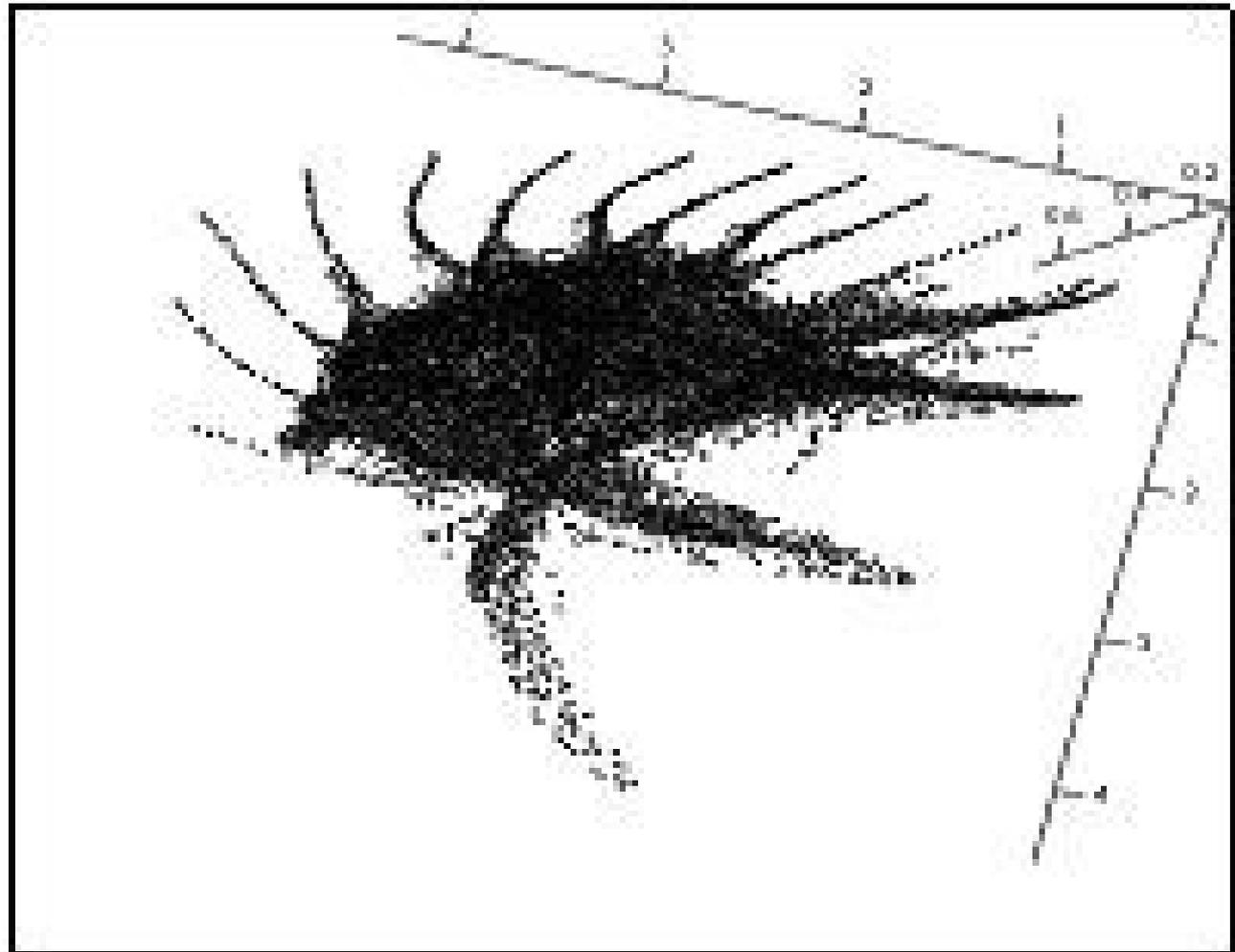
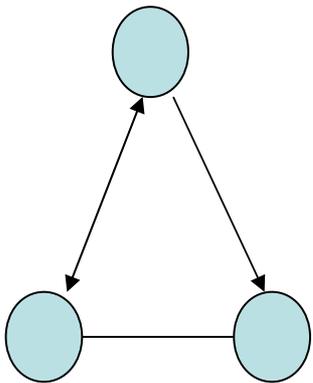
- Задача классификации – NP-полная.

$$M_S \sim 2^{m(m-1)} / m!; \quad M_B \sim 2^{m^2} / m!$$

m	2	3	4	5	6	7
Ms	3	16	187			
~Ms	2	11	170	8700	1500000	870000000
Mb	6	67				
~Mb	8	85	2700	280000	95000000	110000000000

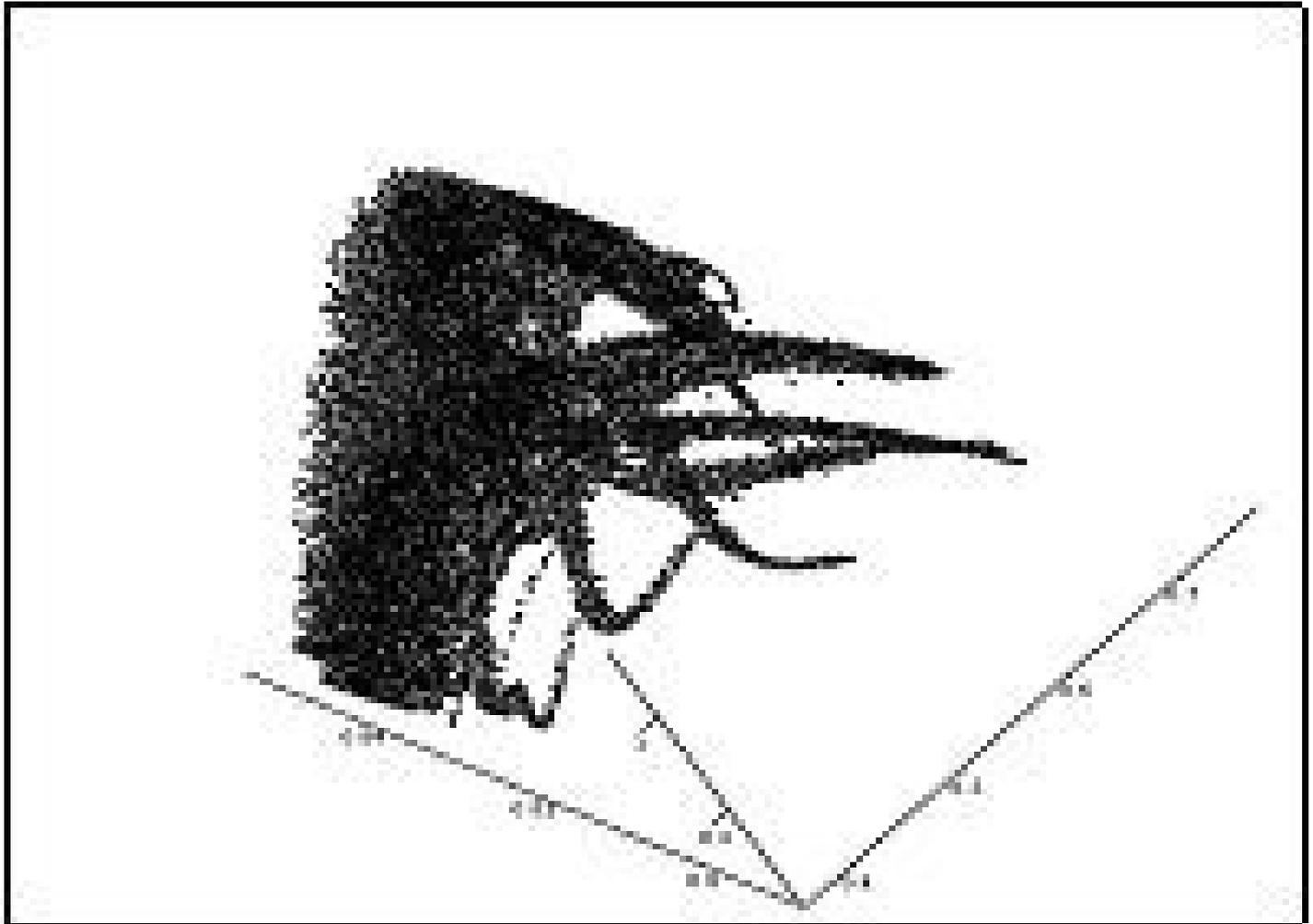
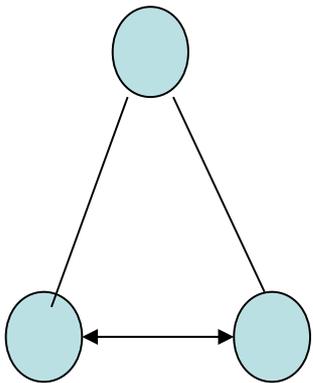
Динамические сетевые модели ...

- **KDC2;3** Фазовый портрет (3-агентная система с отношениями конкуренции, доминирования и кооперации)



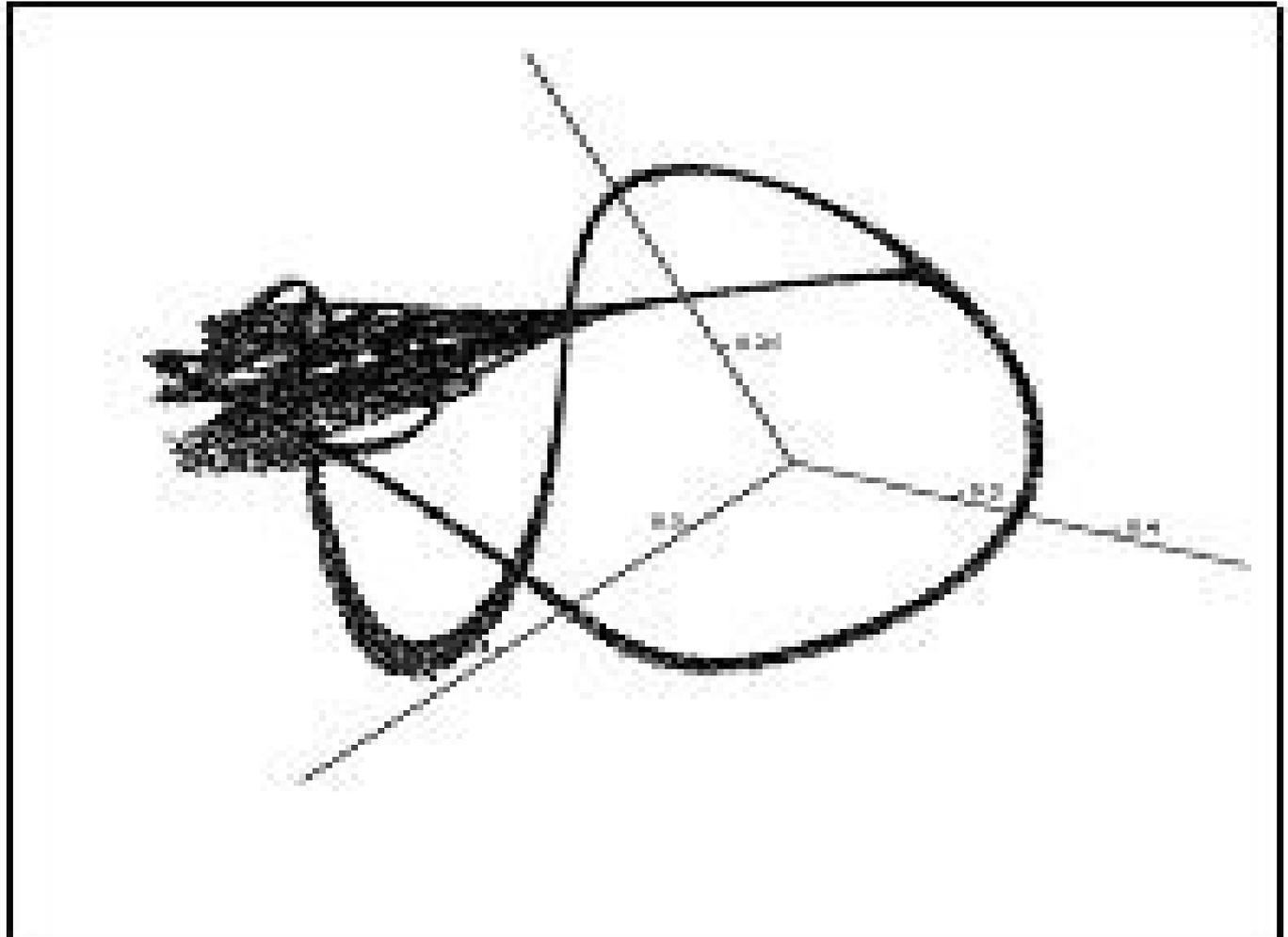
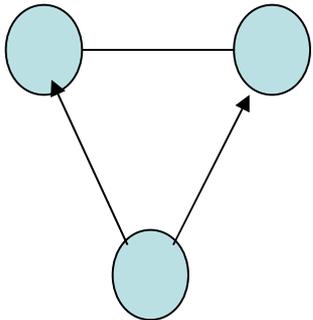
Динамические сетевые модели ...

- **ККС;3** Фазовый портрет (3-агентная система с отношениями конкуренции, конкуренции и кооперации)



Динамические сетевые модели

- **KDD3;1** Фазовый портрет (3-агентная система с отношениями конкуренции, доминирования и доминирования)



Динамические сетевые модели ...

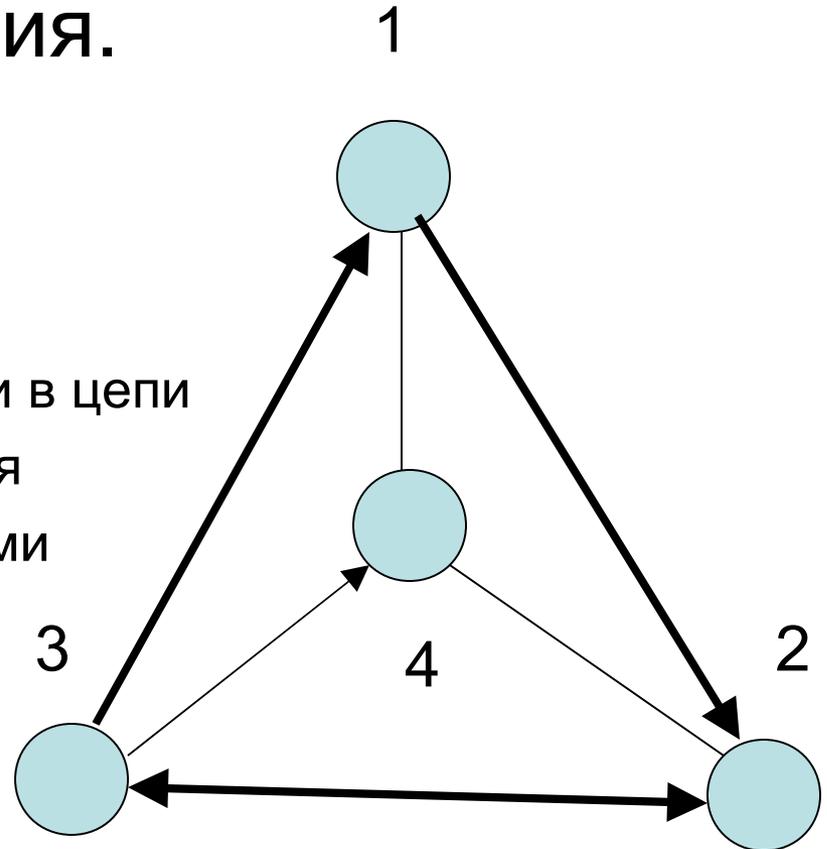
- Резонансные явления.

Необходимые условия:

1. $\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha_3$

2. Достаточная величина
положительной обратной связи в цепи

3. Определенные соотношения
между начальными значениями



Динамические сетевые модели ...

Что сделано?

- Классификация
- Алгоритм построения модели заданного класса по связям
- Условия локальной устойчивости
- Условия резонанса
- Демонстрационные программы в Mathcad для $m=2,3,4$.

Динамические сетевые модели ...

Спасибо за внимание!