

*Друга міжнародна науково-практична конференція
"Моніторинг, моделювання та менеджмент
емерджентної економіки"*

Одеса 8-10 вересня 2010 р.

**Агентно- та молекулярно-
динамічний методи моделювання:
аналогії та відмінності**

Є.С.Якуб

Одеський державний економічний університет
Кафедра економічної кібернетики



*Second International Scientific and Practical Conference
“Monitoring, Simulation and Management of Emergent
Economics”*

Odessa, September 8-10, 2010

**Agent- and molecular-dynamics
simulation methods: analogy and
distinctions**

E. Yakub

Odessa State Economics University
Economics Cybernetics Department



Вторая международная научно-практическая конференция "Мониторинг, моделирование и менеджмент эмерджентной экономики"

Одесса 8-10 сентября 2010 г.







**Агентно- и молекулярно-динамический
методы моделирования: аналогии и
различия**

Е.С.Якуб

Одесский государственный экономический университет
Кафедра экономической кибернетики



План

-  **Введение:** молекулярная динамика (МД)
- источник идей для многоагентного
моделирования (ММ) экономических систем;
-  **Аналогии между базовыми понятиями МД и ММ**
-  **Существенные различия МД и ММ**
-  **Метод агентно-динамического моделирования
(АДМ) как синтез методов ММ и МД**
-  **Система агентно-динамического моделирования
“ECO-Dynamics”**
-  **Заключение:** Актуальные задачи АДМ

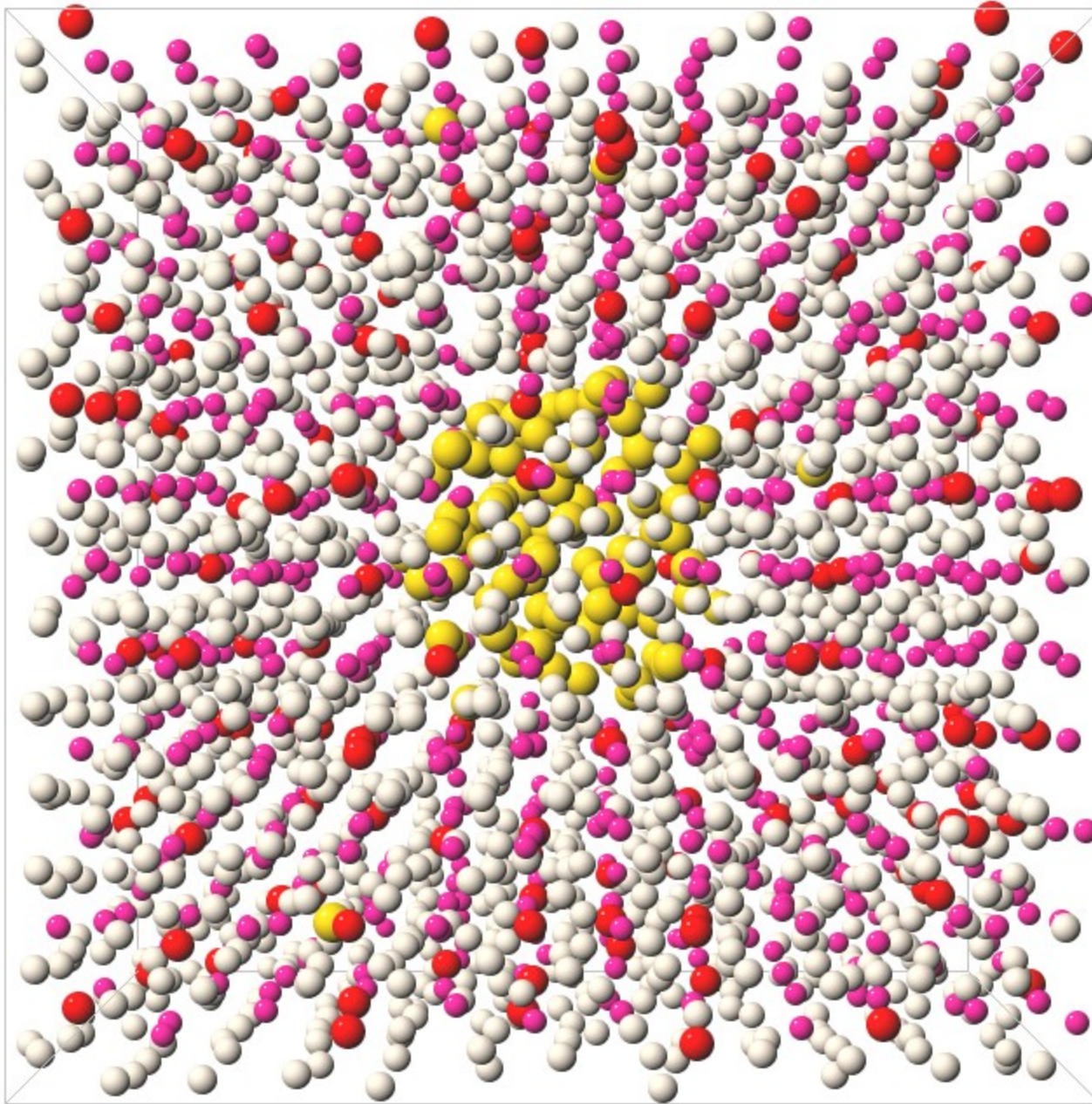
Цель

Проанализировать полноту аналогии между двумя методами моделирования сложных систем: МД и ММ и выявить возможности использования опыта применения МД для развития ММ-подхода.

Молекулярная динамика

- метод моделирования систем большого числа частиц (молекул, атомов, ионов) с помощью отслеживания динамики их небольшой совокупности, помещенной в кубическую ячейку;
- анализируя поведение всего нескольких десятков (или сотен) частиц в МД - ячейке можно уверенно предсказать поведение очень больших (макроскопических) систем!

Diffusion of helium in non-stoichiometric uranium dioxide



Агентное моделирование

R. Schleifer / *European Journal of Operational Research* 166 (2005) 666–693

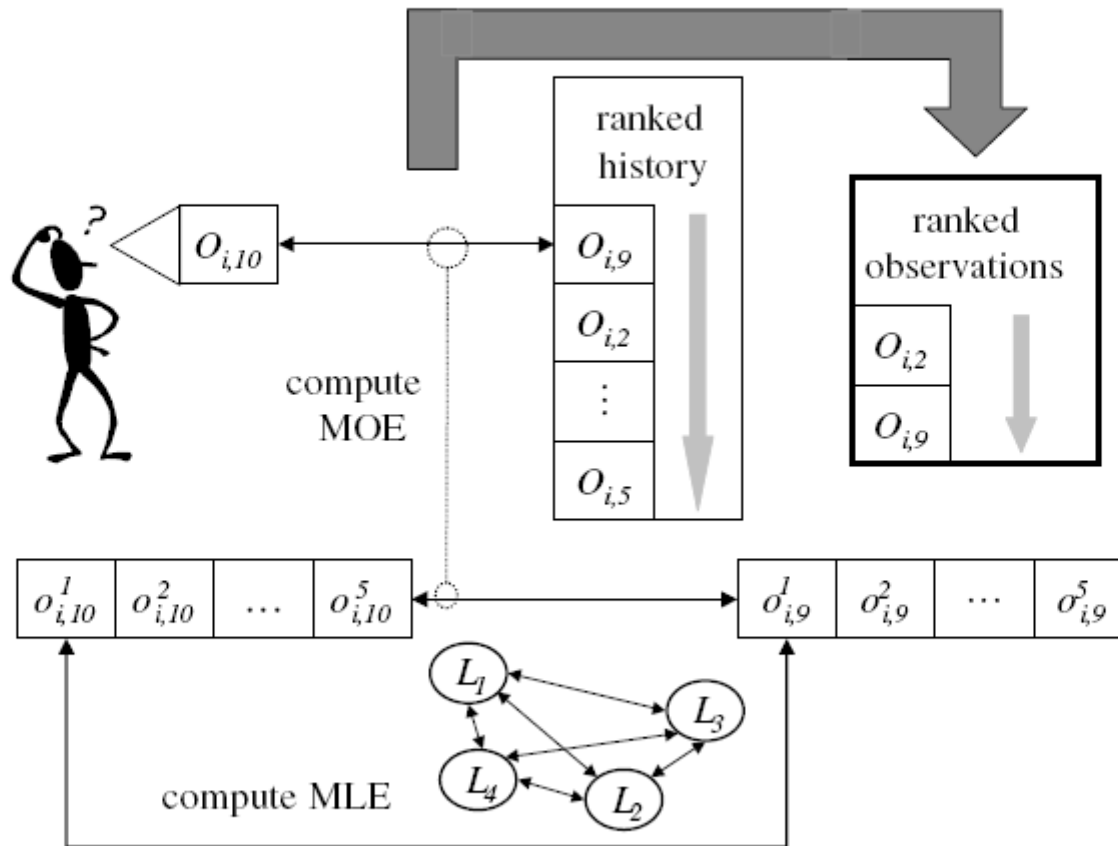


Fig. 1. Example: an agent's observation-handling.

Агентное моделирование

R. Schleiffer / *European Journal of Operational Research* 166 (2005) 666–693

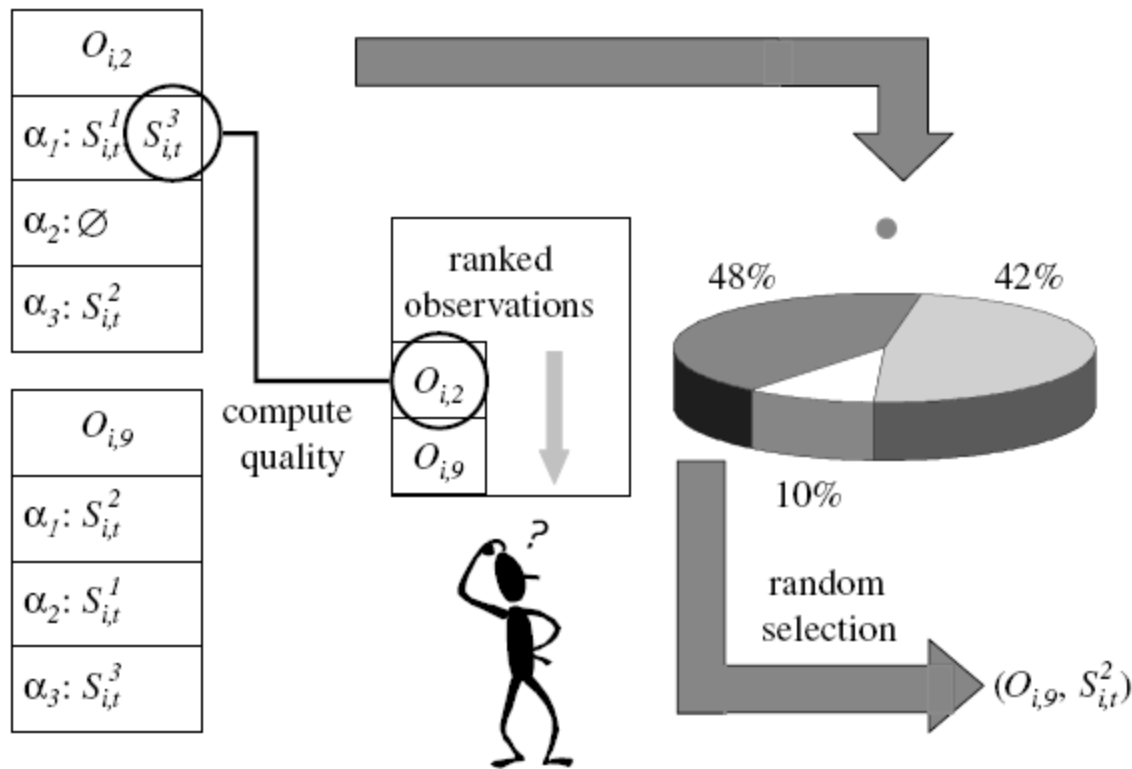


Fig. 2. Example: an agent's strategy selection.

Агентное моделирование

R. Schleifer / *European Journal of Operational Research* 166 (2005) 666–693

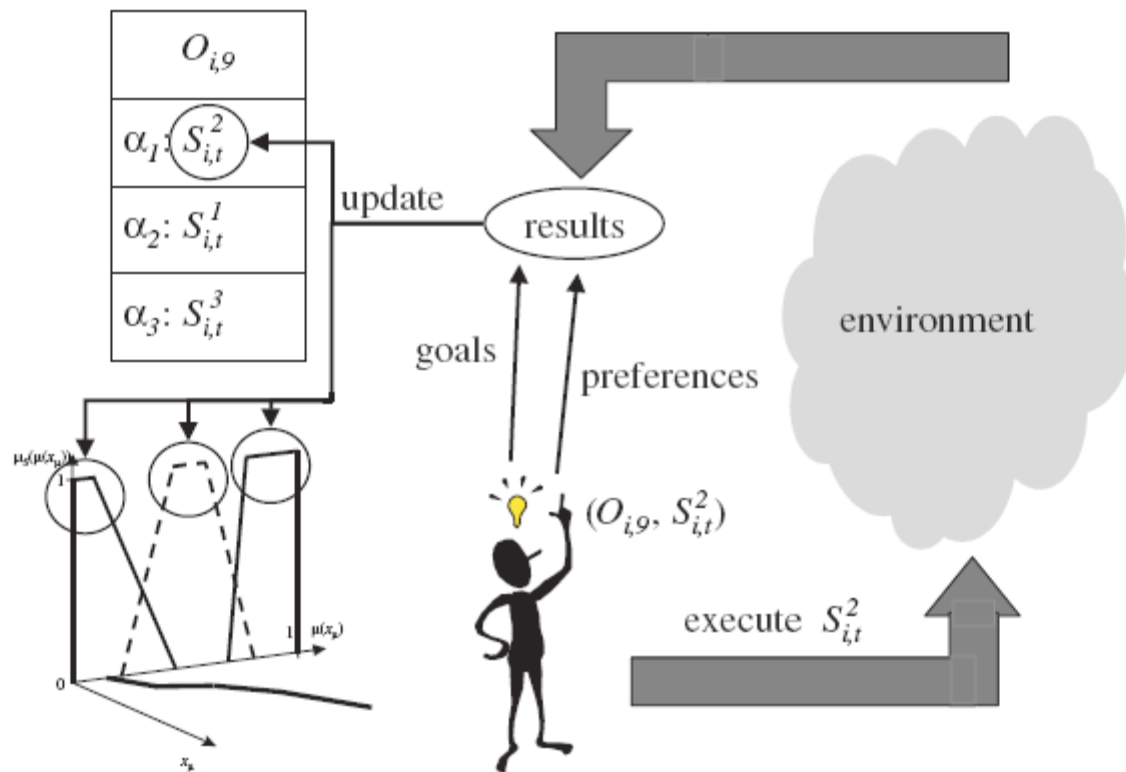


Fig. 3. Example: an agent's evaluation of results.

Аналогии между МД и ММ

- Как МД, так и АДМ базируются на предположении о возможности описания свойств больших динамических систем (физических или экономических) на *макроуровне*, реализуя моделирование поведения их элементов (молекул или агентов) на *микроуровне*.

Аналогии между МД и ММ

- Как МД, так и ММ используют отслеживание и осреднение по времени значений наблюдаемых динамических переменных *небольшой выборки* их элементов *на микроуровне* (ячейке в МД) привлекая тот или иной метод учета остальных элементов (окружающей среды) *на макроуровне* и *их взаимного влияния*.

Аналогии между МД и ММ

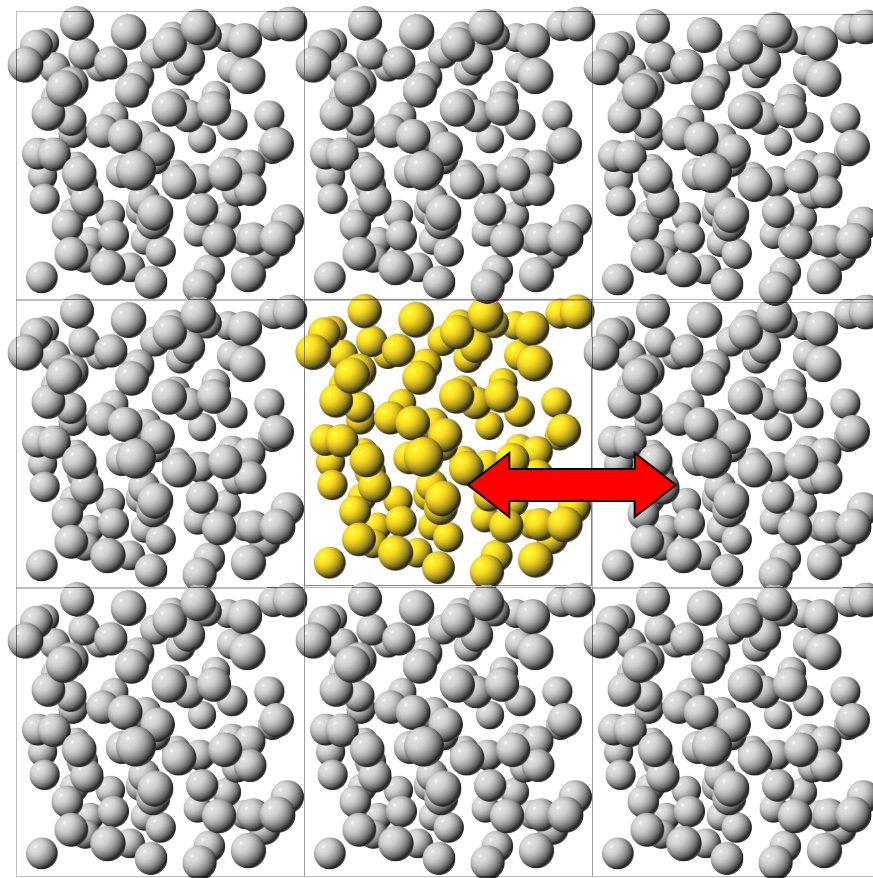
Очевидны и некоторые другие аналогии между МД и ММ :

- *экономический агент* есть аналог структурного элемента (*молекулы*) в МД,
- его *взаимодействие с другими агентами* – аналог *межмолекулярного взаимодействия* в МД.
- Сложнее проследить аналогии между такими представлениями МД как
 - *периодические граничные условия,*
 - *образование молекулярных структур* и т.п.

Аналогии между МД и ММ

- В обоих методах необходим способ *самосогласованного* представления воздействия остальных элементов системы на элементы моделируемого подмножества элементов;
- В МД для этого используются т.н. «периодические граничные условия»;
- Для учета далекодействующих сил в МД вводятся некоторые «самосогласованные потенциалы» либо другие способы усредненного учета далекодействия.

Периодические граничные условия



Аналогии между МД и ММ

- Аналогом таких методов в ММ являются т.н. «гибридные модели», в которых агенты действуют на фоне среды, описываемой, например, в рамках системной динамики (AnyLogic).
- К сожалению, чаще всего используемые в ММ модели внешней среды независимы от поведения агентов.

Различия между МД и ММ

- Законы сохранения на макроуровне отсутствуют или носят приближенный характер;
- природа объектов моделирования существенно различна;
- в отличие от молекул агенты имеют ВОЗМОЖНОСТЬ:
 - *учета ошибок и накопления опыта;*
 - *принятия индивидуальных решений,*
 - *и т.д.*

Атрибуты агента

- *Интеллектуальный агент способен:*
 - действовать в реальном времени;
 - использовать большие объемы знаний;
 - воспринимать ошибочные и неожиданные данные;
 - оперировать символами и абстракциями;
 - общаться с другими агентами;
 - учиться у окружающих;
 - демонстрировать адаптивное, целенаправленное поведение.

Системы поддержки ММ

➤ **SymBioSys (MacFadzean, 1995)**

➤ **TNG/SymBioSys
(MacFadzean/Testfatsion, 1997)**

➤ **TNG Lab (Trade Network Game Laboratory)
MacFadzean, Stewart and Testfatsion, 2001**

➤ *и т.д. и т.н*

Недостатки существующих систем

- *Системы ММ обычно реализуют только совокупности взаимодействующих интеллектуальных агентов, но не среду, в которой действуют эти агенты;*
- *Такая среда специфична для каждого круга решаемых задач, она обычно имеет свои особые статические и динамические свойства;*

Недостатки существующих систем

- Система многоагентного моделирования экономической динамики должна включать как агентов, так и «динамическую среду их обитания», с которой они взаимодействуют и на которую оказывают влияние;
- Такой подход мы называем агентно-динамическим моделированием (АДМ).

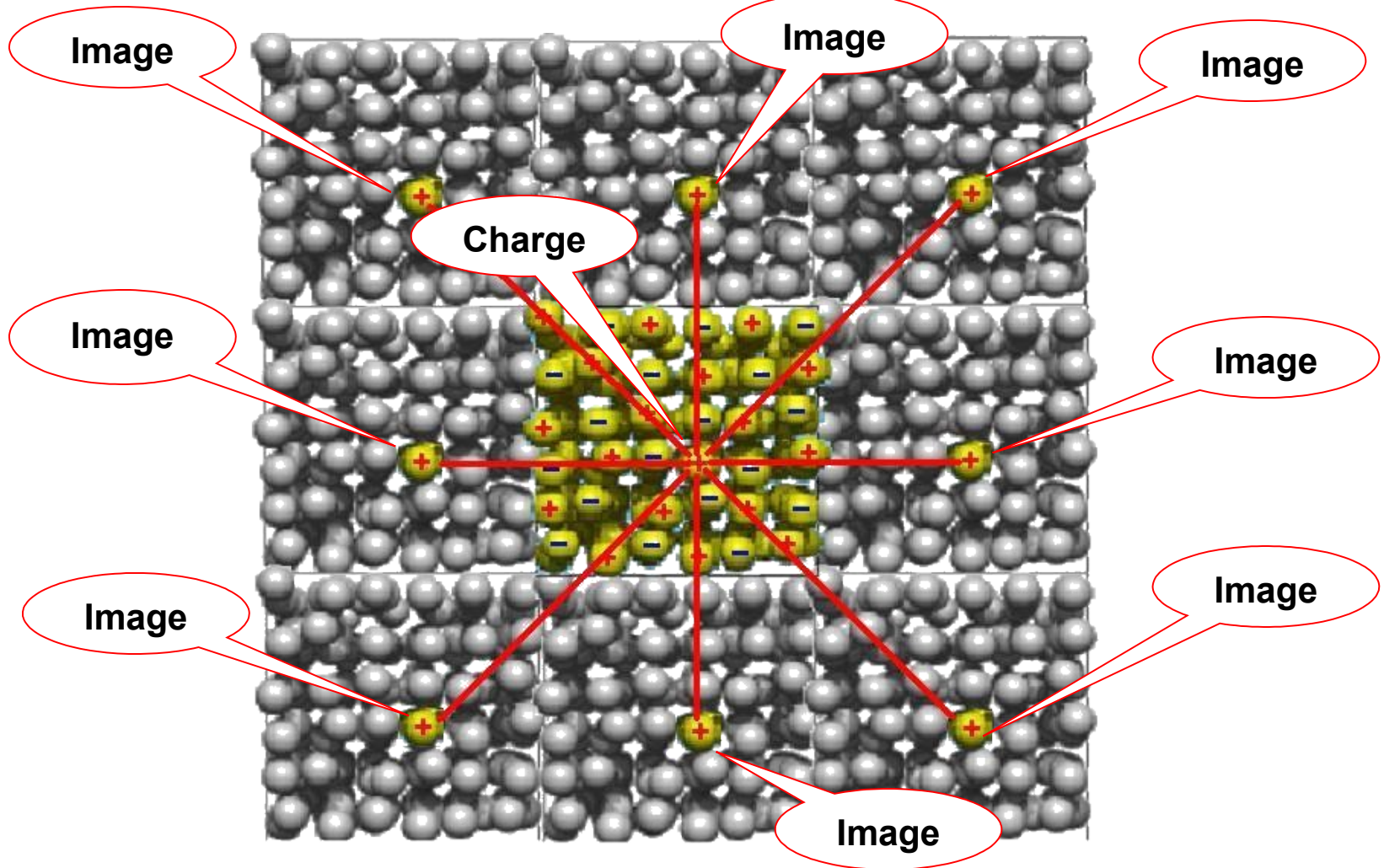
Как использовать опыт МД в АДМ?

Проблема самосогласования в МД и ММ

- МД:
как распространить на большую (макро) систему результат, полученный на малой (микро) ячейке?
- Решение:
использование «периодических граничных условий»

Молекулярная динамика

Проблема дальнего действия



E. Yakub , C.Ronchi, *Journ.Chem.Phys.*, Vol. **1119** (2003) 11556-11560.

Как использовать опыт МД в АДМ?

Проблема самосогласования в МД и ММ

- МД:
как распространить на большую (макро) систему результат, полученный на малой (микро) ячейке?
- Решение:
использование «периодических граничных условий»
- ММ:
как распространить на макроэкономическую систему результаты моделирования малой выборки ее элементов?
- Решение: **корректное (самосогласованное) агрегирование.**

Как использовать опыт МД в АДМ?

Проблема эмерджентности в МД и ММ

- МД:
как смоделировать предплавильный фазовый λ -переход в одной из подрешеток ионного кристалла?
- Решение: анализ поведения теплоемкости и коэффициента диффузии.
- ММ:
как смоделировать массовый переход субъектов экономики в тень?
- Решение: **анализ трендов поведения агентов.**

Как использовать опыт МД в АДМ?

Проблема эмерджентности в МД и ММ

- МД:
как обнаружить спонтанное образование (самосборку) нано-кластера из дефектов?
- Решение:
использование средств визуализации результатов моделирования.

Как использовать опыт МД в АДМ?

Проблема эмерджентности в МД и ММ



Как использовать опыт МД в АДМ?

Проблема эмерджентности в МД и ММ

- МД:
как обнаружить спонтанное образование (самосборку) нано-кластера из дефектов?
- Решение: использование средств визуализации результатов моделирования.
- ММ:
как обнаружить самоорганизацию агентов (образование корреляций в их поведении)?
- Решение: **корреляционный анализ и использование средств визуализации результатов моделирования.**

Система агентно-динамического моделирования «*ЕСО-Dynamics*»

«*ЕСО-Dynamics*» - компьютерная система АДМ, разрабатываемая на кафедре экономической кибернетики ОГЭУ;

«*ЕСО-Dynamics*» объединяет *два направления* моделирования экономики:

- модель фон Неймана *процессы-продукты* для описания экономической среды на основе т.н. *расширенного динамического подхода*;
- и *взаимодействующую с ней* многоагентную подсистему «*элементарных кибернетических объектов*» (ЕСО) «*X-agent*» различных типов.



Расширенный динамический подход

вводит m уравнений (микро)экономической динамики для темпов изменения интенсивностей q_j *отдельных процессов* ($j=1, \dots, m$):

$$\frac{\Delta q_j}{q_j} = \varepsilon \mathbf{e} \sum_{i=0}^m \varphi_{ij} \alpha_i + (1 - \varepsilon) \beta_j - 1 \quad (1)$$

и n уравнений для темпов изменения цен p_i на *отдельные продукты* ($i=1, \dots, n$):

$$\frac{\Delta p_i}{p_i} = \sigma \frac{1}{\alpha_i} + (1 - \sigma) \mathbf{e} \sum_{j=0}^n \frac{\gamma_{ij}}{\beta_j} - 1 \quad (2)$$

Заключение:

Актуальные задачи АДМ

- ☎ Учет ограниченности основных фондов в модели фон Неймана, их амортизации и т.д.**
- ☎ Включение эффектов материализованного технического прогресса (эффективности производства и инвестиций)**
- ☎ Моделирование переходной экономики. Включение активных агентов A-owners. Отработка задач их обучения и принятия ими решений (*Андрущенко М.С.-магистр.*).**

Перспективы дальнейшего развития “ЕСО-Dynamics”

**☎ Исследование динамики теневой экономики
(Такучиан Е.С.).**

**Моделирование рынка труда и потребительского
рынка:**

**☎ Исследование эффекта квалификации ТР –
взаимодействия системы образования с
инновационной экономикой (Манжула С.П.).**

**☎ Включение активных агентов A-workers.
Отработка моделирования социально-
экономических задач (самоорганизации агентов,
безработицы и т.д. - Васильченко К.Г.).**

Перспективы дальнейшего развития “ЕСО-Dynamics”

- ☎ **Исследование финансового рынка: (введение агентов A-banks, роли банковского капитала, рынка ценных бумаг (*Калашников А.С.*))**
- ☎ **Исследование устойчивости банковской системы, механизмов возникновения финансового кризиса (*Ершова Е.А.*).**
- ☎ **Усовершенствование пользовательского интерфейса, аппаратная реализация параллельного функционирования агентов (*Вакула К.С.*).**

Bedankt

谢谢您

Благодарю за внимание!

Grazie

Danke

Merci

谢谢您

Takk

Obrigado

Gracias

Bedankt

谢谢您

Thank you for your attention

Grazie

Danke

Merci

谢谢您

Takk

Obrigado

Gracias

Расширенный динамический подход

$$\beta_j = \frac{\sum_{k=0}^n p_k b_{kj}}{\sum_{k=0}^n p_k a_{kj}}$$

- коэффициент рентабельности
(interest factor) j -го процесса

$$\alpha_i = \frac{\sum_{k=0}^n b_{ik} q_k}{\sum_{k=0}^n a_{ik} q_k}$$

-технологический темп (expansion
factor) выпуска i -го продукта:

Расширенный динамический подход

$$\varphi_{kj} = \frac{p_k a_{kj}}{\sum_{k=0}^n p_k a_{kj}}$$

- доля затрат j -го процесса на потребление i -го продукта

$$\gamma_{ik} = \frac{b_{ik} q_k}{\sum_{k=0}^n b_{ik} q_k}$$

- доля k -го процесса в выпуске i -го продукта

Расширенный динамический подход

Эти уравнения совместимы с двумя общими *балансовыми уравнениями фон Неймана*:

-уравнением материального баланса (потребляется то, что произведено)

$$p(t) A q(t+1) = p(t) B q(t) \quad (3)$$

-и уравнением финансового баланса (все, что затрачено, должно быть возмещено)

$$p(t+1) B q(t) = p(t) A q(t) \quad (4)$$

при любых значениях параметров $\underline{\varepsilon}$ и $\underline{\sigma}$:

Расширенный динамический подход

Параметр ε характеризует экономическую **политику развития** экономического субъекта

- При стремлении параметра ε к нулю темп изменения интенсивности j -го процесса $\Delta q_j/q_j$ стремится к фактору его рентабельности минус единица, т.е. определяется **прибыльностью процесса**.
- Когда же фактор ε стремится к единице, то темп изменения интенсивности процесса стремится к средневзвешенной по доле потребляемых продуктов величине **технологических темпов** изменения их выпуска.

Расширенный динамический подход

Параметр σ характеризует *политику формирования цен*

➤ При стремлении параметра σ к нулю темп изменения цены $\Delta p_i/p_i$ на i -й продукт определяется *фактором рентабельности* средневзвешенным по всем процессам, производящим этот продукт.

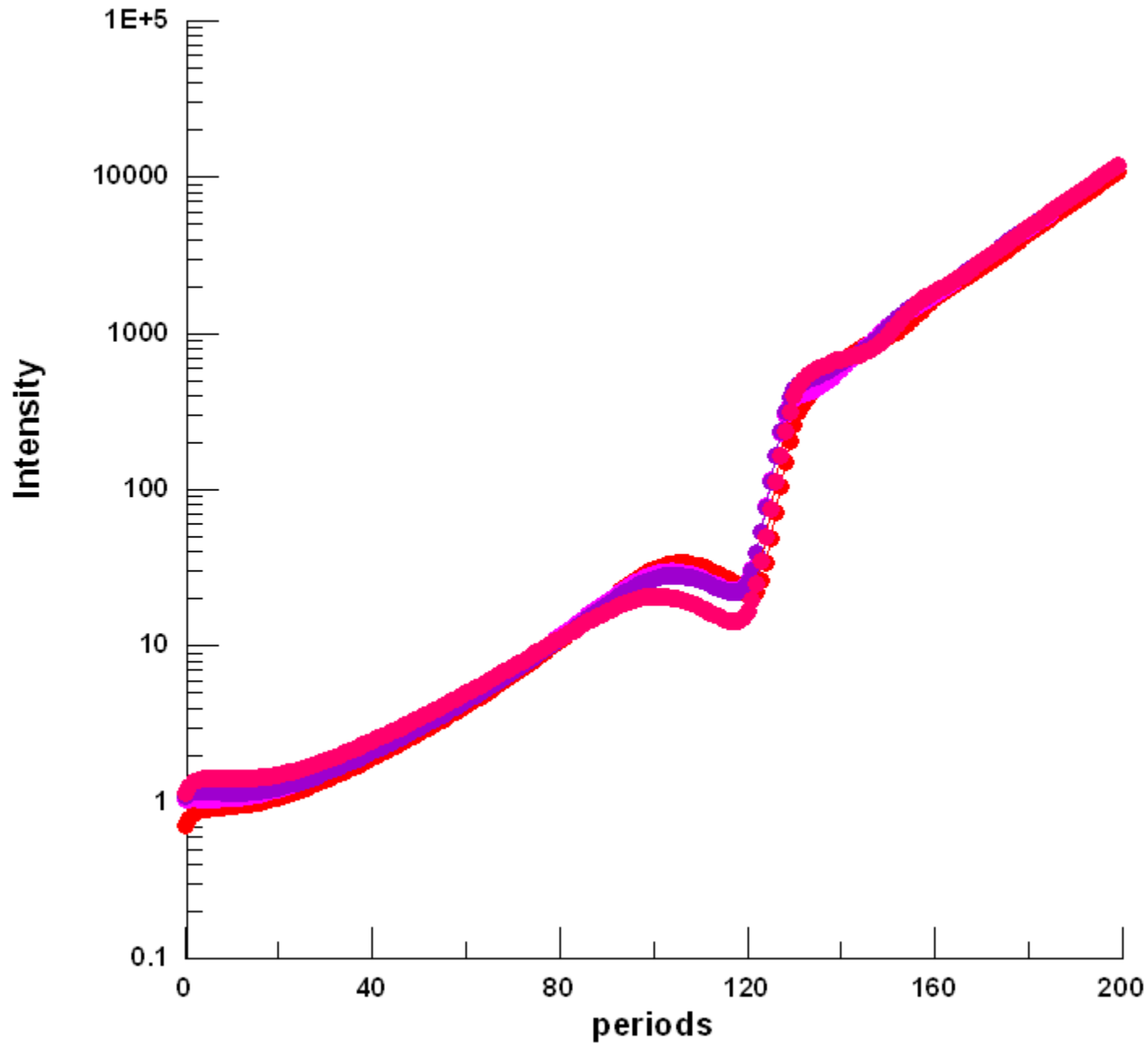
➤ Когда же фактор σ стремится к единице, то цена на i -й продукт изменяется с темпом, пропорциональным отклонению от единицы *отношения* суммарного по всем процессам *потребления* этого продукта *к его выпуску* .

Программа на языке C++

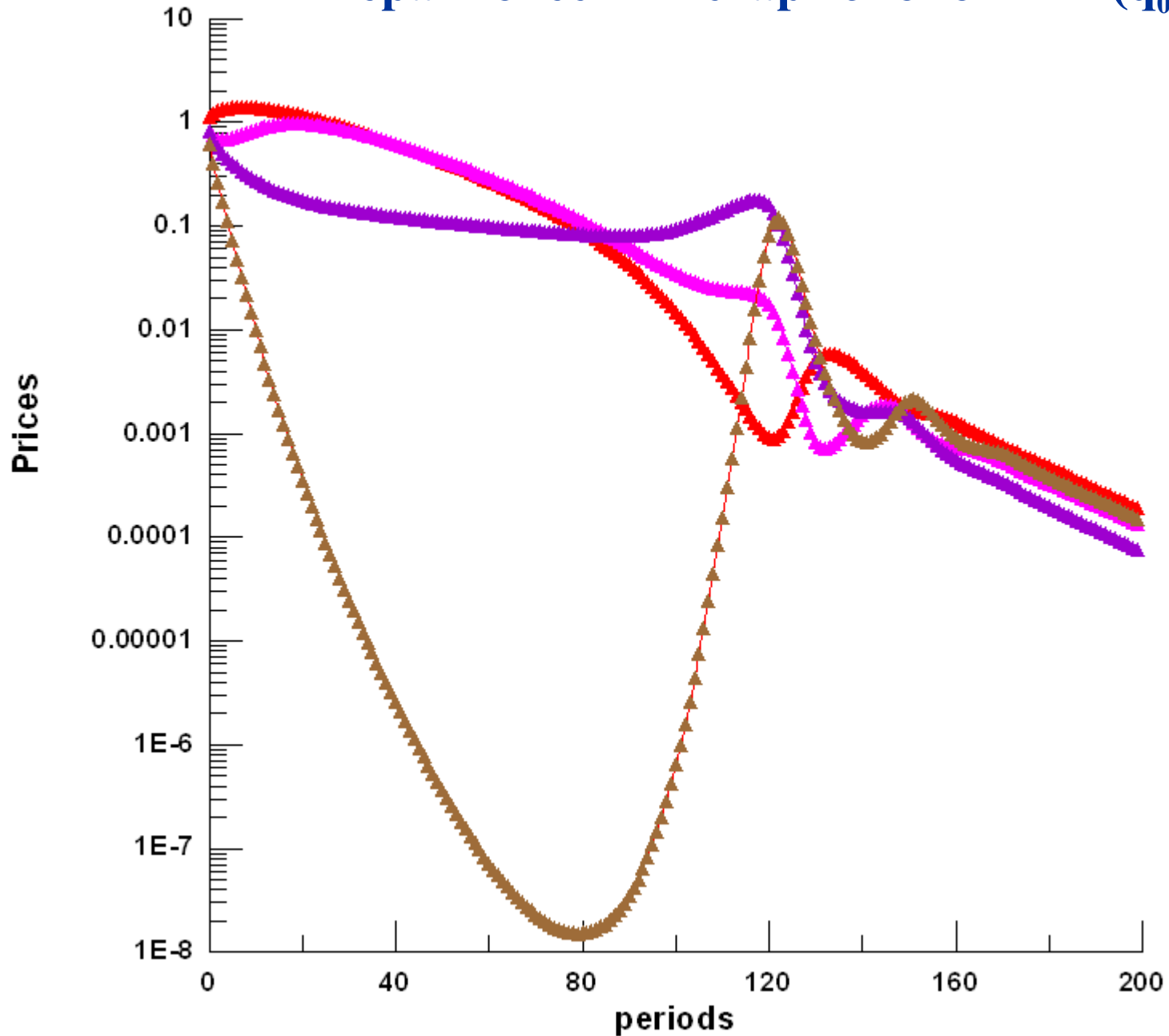
```
////////////////////////////////////  
// EcoDynamics.cpp: Defines the entry point for the console application.  
////////////////////////////////////
```

```
#include "StdAfx.h"  
#include "Support.h"  
#include "Statistics.h"  
#include "Process.h"  
#include "Agent.h"  
int main(int argc, char* argv[])  
{  
    // Creating pointers to all objects  
    Support *io;           // pointer to support object  
    Statistics *stat;      // pointer to statistics object  
    Process *procs[MAX_M]; // pointers to process object  
    Agent *agents[MAX_A]; // pointers to agent object  
  
    io = new Support();    // Creating support object wich  
                          // in turn creates ECO object,  
                          // reads ini- and(if any) ECO-files  
                          // and prepares the working set of data  
  
    stat = new Statistics (*io); // Creating Statistics object  
    int n=io->startECO();        // preparing ECO run, returns N_Processes  
    printf("Creating %d processes...\n",n);  
    for(int i=0;i<n;i++)  
    {  
        procs[i] = new Process( *io, i); // Creating process  
        agents[i] = new Agent( *io, i ,NONE); // Creating ECO process owners (one per process)  
        agents[n+i]=new Agent( *io, NONE, i); // Creating ECO workers (one per process)  
    }  
  
    io->runECO();          // starting ECO run  
    printf("Running %d processes max_time=%d...\n",io->N_Processes,io->max_time);  
}
```

Неравновесный старт экономики ($q_0 = q_0^* \cdot 0.6$)



Неравновесный старт экономики ($q_0 = q_0^* \cdot 0.6$)



Неравновесный старт экономики ($q_0 = q_0^* \cdot 0.6$)

