

УДК 004.492

А.И. Андрюхин, к. т. н., доц.,  
Донецкий национальный технический университет,  
г. Донецк, Украина  
alexandruckin@rambler.ru

## Оценка системных характеристик модели коррупции с помощью компьютерного моделирования

*В работе предлагается оценка системных характеристик модели коррупции, основанная на расширении области приемлемых для интерпретации решений, которые получены на основании качественных предположений.*

**Ключевые слова:** компьютерное моделирование, коррупция, системные характеристики.

### Введение

Перенос известных в естествознании математических моделей на социально-экономические, демографические, политические и другие системы является сложным и неоднозначным процессом. В научных дисциплинах, исследующих эти явления, используются качественные категории [1-5]. Использование количественных характеристик либо в принципе нереализуемо, либо требует обработки такого большого объема информации, которую невозможно обеспечить в полной мере.

Поэтому используемые математические модели должны быть адекватными особенностям этих систем.

В статье рассматривается один из многих возможных подходов к моделированию коррупции, которая широко распространена по мнению многих исследователей не только среди тоталитарных стран и стран с переходной экономикой, но и в развитых демократических странах. Распространен взгляд, что одной из главных причин или даже основной причиной коррупции является чрезмерно высокая роль государства, что обуславливает большое число чиновников и бюрократизацию социальной, политической и экономической сфер жизни страны. Действительно, так как рост числа подчиненных способствует увеличению коррупционных доходов бюрократов высоких рангов, то это естественно влечет разрастание бюрократической иерархии без соответствующего увеличения прибыли в обществе. Более того, в рамках подобного взгляда утверждается, что квоты, распределительные механизмы, лицензии, правила и другие ограничения, созданы для того, чтобы повысить доход бюрократов с помощью поступающих взяток.

Поскольку каждый субъект, занимающий определенное положение в государственной или политической бюрократии скорее всего пытается максимизировать собственную прибыль, то даже при оптимальной структуре общества в нем будут присутствовать завышенные зарплаты для государственных бюрократов, неоптимальное распределение одаренных людей в иерархических структурах, определенная доля коррупции и др. Однако, эти негативные моменты все же не являются окончательным основанием для того, чтобы государство не пыталось решать достаточно широкий круг вопросов. Этот вывод справедлив, поскольку многие отрицательные свойства рыночной экономики могут обуславливать более катастрофические последствия для функционирования человеческого общества, нежели упомянутые выше недостатки государственного бюрократизма.

Анализ эмпирических данных согласно мнению большинства специалистов приводит к выводу, что коррупция является признаком глубоких проблем общества, из которых можно выделить такие причины:

- 1) закрытость экономической и политической системы в стране,
- 2) низкий образовательный уровень,
- 3) низкий уровень общественного взаимодействия, слабость закона,
- 4) низкий уровень участия населения в политике, слабая защита гражданских прав и свобод,
- 5) низкая конкурентоспособность.

Первой известной моделью коррупции в человеческом обществе является формула Клитгаарда

$$K = M + P - O,$$

где  $K$  – коррупция,  $M$  – власть монополий,  $P$  – произвольность решений,  $O$  –

ответственность. Согласно этой модели коррупция определяется

- 1) степенью монопольной власти,
- 2) правом принимать произвольные решения, которыми наделены государственные чиновники,
- 3) мерой их ответственности за свои действия.

Более конкретной и значимой можно считать вторую модель коррупции

$$K_{i,t} = K(E_{i,t}, D_{i,t}, S_{i,t}, X_{i,t}, H_{i,t}, G_{i,t}),$$

где приняты следующие обозначения :

- $i$  – индекс страны,  $t$  – год,
- $E_{i,t}$  – экономическое благосостояние страны,
- $D_{i,t}$  – уровень развития демократии в стране,
- $S_{i,t}$  – степень развития судебной системы страны,
- $X_{i,t}$  – индивидуальные характеристики коррупции в стране,
- $H_{i,t}, G_{i,t}$  – исторические и географические особенности коррупции в стране [6].

Можем отметить принятые в модели причинно-следственные отношения, которые влияют положительным или отрицательным образом на развитие коррупции в стране, такие как:

- 1) высокий уровень экономического благополучия (большой ВВП на душу населения) отрицательно влияет на склонность чиновников прибегать к незаконным методам получения прибыли,
- 2) суровые антикоррупционные меры и сильное гражданское общество тормозит развитие коррупции,
- 3) при развитой демократии больше возможностей у органов по борьбе с коррупцией и увеличивается у чиновника риск потерять свое место,
- 4) развитая судебная система препятствует экспансии коррупционных процессов.

Приведенные модели можно дополнить другими известными моделями, использующими системный подход к структуре современных обществ [7], такими как модель С. Роз-Аккерман [8], модели коррупции с иерархической структурой [9,10], модели коррупции в налоговых органах [11], игровые модели и многие другие.

Необходимо отметить, что моделирование коррупции весьма затруднительно, так как коррупционная деятельность является незаконной, то получение любых статистических характеристик о ней практически невозможно, тем более что обычно объемы взяток и данные о предоставляемых соответственно за них услугах не документируются.

Целью исследования является изучение переходных процессов в моделях коррумпированных систем, построение ее стационарных состояний и определение их типов устойчивости,

а также выявление таких характеристик реакции на внешние воздействия (к примеру, антикоррупционные кампании), как цикличность.

Задачей исследования является выбор направления и разработка конкретной модели коррупции, анализ и интерпретация результатов моделирования, оценка перспектив развития модели.

### **Общая постановка задачи и основные решаемые вопросы**

При построении модели мы базируемся на принципах и примерах, рассматриваемых в [1, 3, 4]. Многие системы различной природы (физические, технические, социальные, экономические, политические) моделируются с помощью следующей математической модели

$$X'_j(t) = C_j(X) * X_j(t), j=1, n$$

При различных типах зависимости  $C(X)$  имеем известные в нелинейной динамике системные модели Ферхольста, Мальтуса, Вайдлиха и других [1,2-4,6]. В данной работе мы используем простейшую модель

$$C_j(X) = \sum A_{ji} X_i(t), \quad i=1, 2, \dots, n \text{ для } j=1, 2, \dots, n$$

Здесь  $A_{ji}$  рассматриваются как некоторые постоянные, которые определяют силу взаимодействия между переменными модели. Будем описывать взаимодействия макропеременных  $X_j(t)$ , как кооперативные или антагонистические, согласно Вайдлиху [4].

Основные вопросы, решаемые нами, при использовании качественной модели:

- а) оценка решений (стабильность, оценка роста),
- б) определение устойчивости и чувствительности модели к изменениям параметров модели,
- в) простота соотнесения параметров и переменных модели с данными статистических наблюдений.

### **Построение модели в предметной области**

Рассмотрим актуальную проблему коррупции в человеческом обществе и для анализа построим следующую конкретную математическую модель. Она является модификацией известной динамической модели сообщества "производители - продукт - управленцы Неймарка [12] на основе макроскопического подхода Вайдлиха к моделированию социально-политических и экономических процессов.

Структурная схема модели имеет вид согласно рис.1.

Считаем, что модель системы представлена следующей системой дифференциальных уравнений

$$\begin{aligned} K'(t) &= C_K * K(t) \\ M'(t) &= C_M * M(t) \\ T'(t) &= C_T * T(t) \\ Q'(t) &= C_Q * Q(t) \\ E'(t) &= C_E * E(t), \end{aligned} \tag{1}$$

где

$$\begin{aligned} C_K &= c_{11} * K(t) + c_{12} * M(t) + c_{13} * T(t) + c_{14} * Q(t) + c_{15} * E(t) - K_0 \\ C_M &= c_{21} * K(t) + c_{22} * M(t) + c_{23} * T(t) + c_{24} * Q(t) + c_{25} * E(t) \\ C_T &= c_{31} * K(t) + c_{32} * M(t) + c_{33} * T(t) + c_{34} * Q(t) + c_{35} * E(t) \\ C_Q &= c_{41} * K(t) + c_{42} * M(t) + c_{43} * T(t) + c_{44} * Q(t) + c_{45} * E(t) \\ C_E &= c_{51} * K(t) + c_{52} * M(t) + c_{53} * T(t) + c_{54} * Q(t) + c_{55} * E(t). \end{aligned}$$

Здесь мы вводим следующие обозначения:

- E(t)-уровень эффективности использования технического потенциала производства,
- K(t)-уровень коррупции в обществе,
- Q(t)-образовательный уровень в обществе,
- M(t)-уровень материального достатка или благосостояния в обществе,
- T(t)-показатель технологического развития общества.

Для удобства в дальнейшем будем считать, что индексным символам K, M, T, Q, E соответствуют числовые значения переменной j=1,5.

Через K<sub>0</sub> обозначен уровень противодействия государства коррупции.

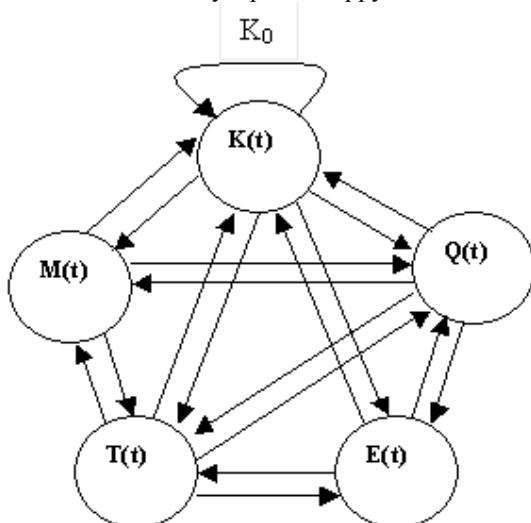


Рисунок 1 – Структурная схема модели коррупции.

Постулируем, что значения коэффициентов c<sub>ij</sub> в модели должны удовлетворять следующим требованиям :

1)оценкам взаимовлияния макропеременных согласно статистическим данным и известной прагматичекой классификации Вайдлиха.

При расчетах основной таблицей учета взаимодействий переменных являлась таблица 1. В ней обозначены отрицательное или положительное влияние между переменными через – или + соответственно. Имеем нулевое значение, если влияние слабо или оценка вызывает затруднение. Так для первой строки влияние на переменную K описывается вектором (+,0,-,-,-) относительно переменных K,M,T,Q,E соответственно.

2)требованию положительности наших пяти переменных в точках покоя т.е.

$$C_j(X)=0, j=1,n$$

3)требованию устойчивости точки покоя для соответствующей линеаризованной системы по первому приближению (если мы используем его).

Таблица 1. Взаимодействие переменных модели

	K	M	T	Q	E
K	+	0	-	-	-
M	0	0	+	+	+
T	0	+	+	+	+
Q	-	+	+	+	+
E	-	0	+	+	0

### Расчет, анализ и интерпретация результатов

Вышеуказанные требования к значениям коэффициентов c<sub>ij</sub>, мы можем обеспечить, используя параметрический поиск, при котором число параметров ограничивалось для простоты визуализации найденных решений 2 или 3.

Для случая двухпараметрического поиска на рис.2а, представлена область параметров поиска, при которых имеем положительные значения макропеременных модели в точках покоя системы, на рис.2б и рис.2в значения параметров поиска, при которых имеем положительные значения макропеременных K(t), M(t) в устойчивых точках покоя системы соответственно.

Пересечение всех аналогичных пяти областей дает нам параметрическую область для всех переменных модели, где они имеют положительные значения в устойчивых точках покоя системы.

На рис.3а представлены значения коррупции K(t) в окрестности устойчивой точки покоя, на рис.3б представлено это же решение с решением той же системы при других начальных условиях.

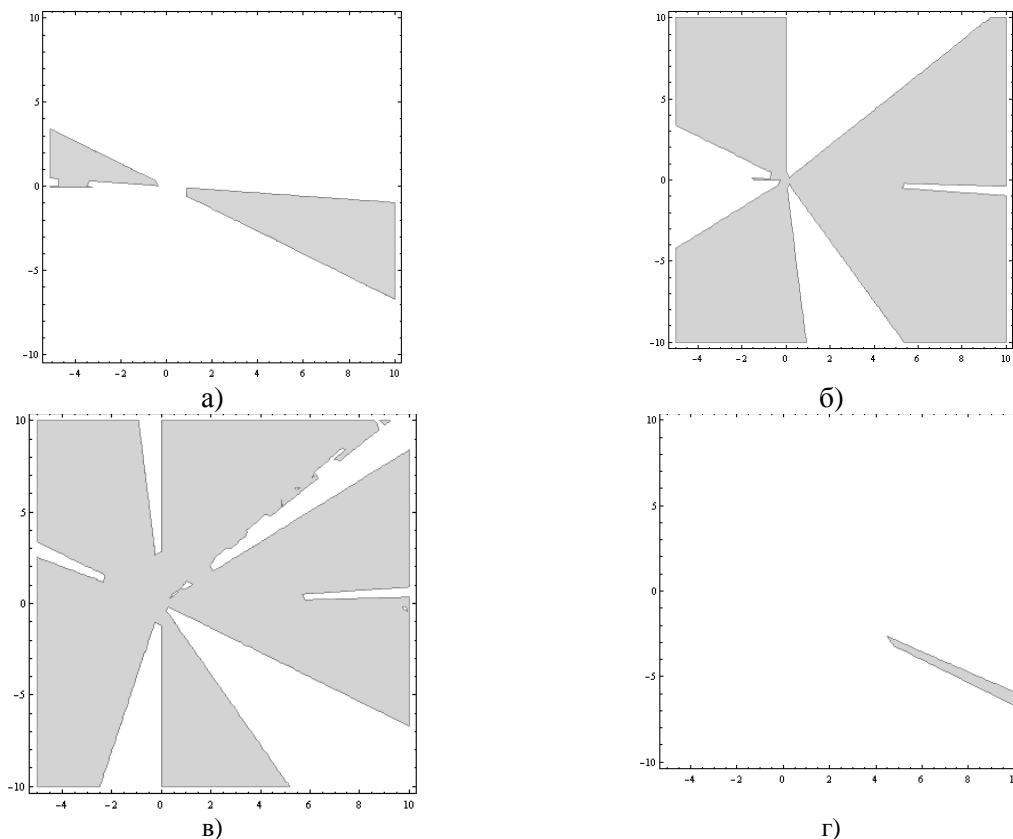


Рисунок 2 – Найденные области системных характеристик при параметрическом поиске

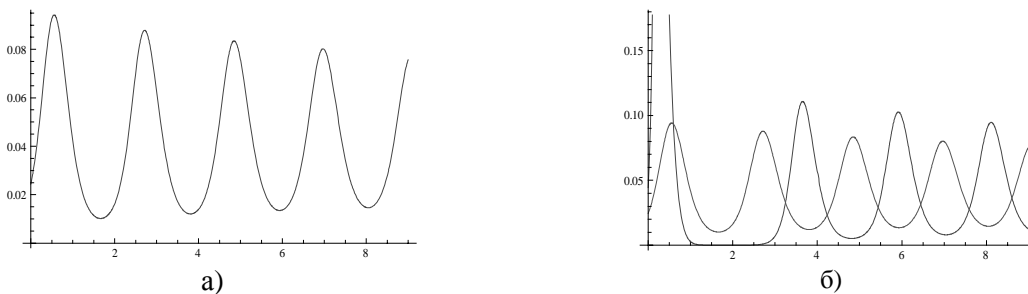


Рисунок 3– Осциллирующие значения коррупции K(t)

На рис.4 представлены некоторые типичные результаты расчетов по модели (1) при определенных начальных условиях.

Анализ полученных результатов показал недостаточную точность модели уравнений (1). Так на рис.4, а представлен бесконечный рост коррупции. Однако количественные характеристики коррупции не могут превышать соответствующие характеристики материального благосостояния населения.

Поэтому была произведена коррекция уравнений модели (1) путем замены первого уравнения  $K'(t)=C_K * K(t)$  на уравнение следующего

вида  $K'(t)=C_K * K(t) * (1-\mu K(t)/M(t))$ . Последнее отражает функцию насыщения зависимости K(t) от M(t).

Имеем модифицированную модель

$$\begin{aligned}
 K'(t) &= C_K * K(t) * (1-\mu K(t)/M(t)), \\
 M'(t) &= C_M * M(t) \\
 T'(t) &= C_T * T(t) \\
 Q'(t) &= C_Q * Q(t) \\
 E'(t) &= C_E * E(t),
 \end{aligned}
 \tag{2}$$

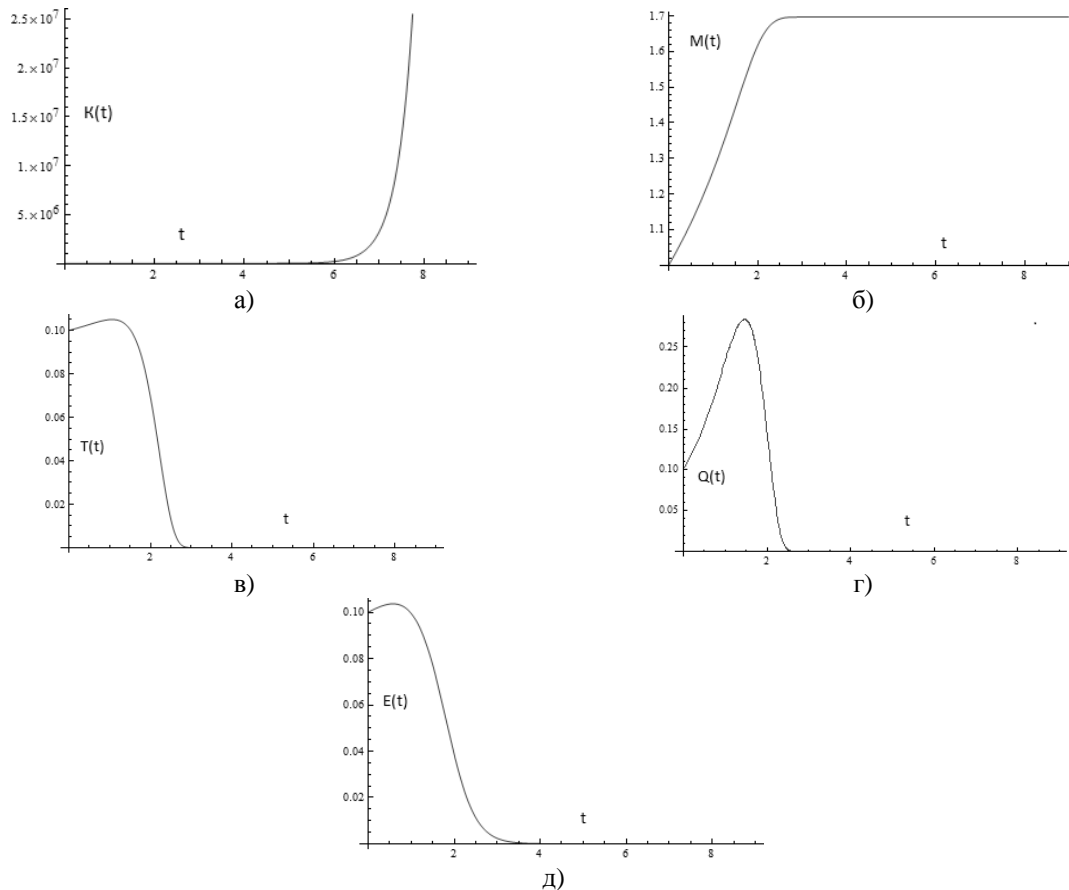


Рисунок 4 – Типичные результаты моделирования

Показатель пропорциональности  $\mu$  при моделировании мы можем варьировать, но его конкретное значение не влияет качественно на результаты.

Моделирование на базе модифицированной модели показало качественное изменение только для переменной  $K(t)$ , значения которой представлены на рис.5.

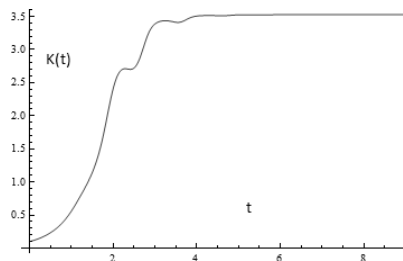
Анализ графиков переменных  $T, Q, E$  на рис.4в, 4г, 4д, соответственно приводит к выводу, что на первоначальном достаточно значительном временном интервале мы имеем рост этих переменных. Выделяется в этом отношении переменная  $Q$  (образовательный уровень).

Тем самым есть некоторые основания для поддержки мнения определенной группы специалистов, что коррупция часто ведет к повышению эффективности распределения ресурсов, нарушенного в результате государственного регулирования. Она может способствовать экономическому развитию в условиях многочисленных государственных ограничений.

Заметим, что немонотонный переход к постоянному значению на рис.5 обусловлен тем, что  $K_0$  имело при расчетах вид  $K_0 = A_0 K(t) \sin(\omega t)$ .

Тем самым осуществлялась попытка промоделировать динамику антикоррупционных

компаний, а точнее смену периодов «крестовых» походов против коррупции периодами ее негласного разрешения.

Рисунок 5 – Значения  $K(t)$  в модифицированной модели.

При рассмотрении конкретных случаев или ситуаций можно сказать, что коррупция в некотором смысле способствует достижению оптимальных критериев. Более того, на некотором переходном этапе коррупция может помочь экономическому развитию. Однако исходя из известных исторических фактов коррупция, ставшая системой в обществе, влечет для последнего неблагоприятные последствия. Этот вывод подтверждается результатами моделирования для переменных  $T, Q, E$ .

**Заключение и перспективы  
дальнейших исследований**

Значительное поле для дальнейших исследований в данном направлении представляют

- 1) использование нелинейных функций  $C_j(X)$  (динамическая таблица1),
- 2) введения новых макропеременных,
- 3) использование структурного разбиения человеческого общества на подсистемы, аналогичного разбиению Парсонса [7].

Однако рассматриваемая в статье модель является лишь одной из многочисленных и достаточно фрагментарных моделей коррупции.

Глобальной научной проблемой является разработка и объединение моделей коррупционных рынков, позволяющее построить обобщающую теорию коррупции как значимого экономического, политического и социального процесса в человеческом обществе.

**Список использованной литературы**

1. Николис Дж. Динамика иерархических систем: эволюционное представление / Дж. Николис. – М.: Мир, 1990.
2. Данилов Ю.А. Лекции по нелинейной динамике. Элементарное введение / Ю.А. Данилов. – М.: КомКнига, 2006.
3. Михайлов А.П. Моделирование системы «власть-общество» / А.П. Михайлов. – М.: Физматлит, 2006.
4. Вайдлих В. Социодинамика: системный подход к математическому моделированию в социальных науках / В. Вайдлих. – Едиториал УРСС, 2005. – С. 480.
5. International handbook on the economics of corruption. – Edited by Susan Rose-Ackerman. Edward Elgar Publishing, Inc. – 2006.
6. Rajeev K. Causes of corruption: History, geography and government / Rajeev K. Goel and Michael A. Nelson. – BOFIT Discussion Papers, Helsinki, 2008.
7. Парсонс Т. Система современных обществ / пер, с англ. Л.А. Седова и А.Д. Ковалева; под ред. М.С. Ковалевой. — М.: Аспект Пресс, 1998. – 270 с.
8. Rose-Ackerman S. The Economics of Corruption / S. Rose-Ackerman // J. of Political Economy. – 1975. – № 4.
9. Kofman F. Collusion in Hierarchical Agency / F. Kofman, J. Lawarree // Economeirica. – 1993. – Vol. 61.
10. Бек М. Corruption and Supervision Costs in Hierarchies / М. Бек // J. of Comparative Economics. – 1996. – № 22.
11. Chander P. Corruption in Tax Administration / P. Chander, L. Wilde // J. of Political Economy. – 1992. – № 49.
12. Неймарк Ю.И. Математическая модель производителя продукт - управленцы / Ю.И. Неймарк // Динамика систем. Динамика, стохастичность, бифуркации. Межвуз. сб. науч. тр. – 1990. – С. 84- 89.

Надійшла до редколегії 30.05.2012

**О.І. АНДРЮХІН**

Донецький національний технічний університет

**ОЦІНКА СИСТЕМНИХ ХАРАКТЕРИСТИК  
МОДЕЛІ КОРУПЦІЇ ЗА ДОПОМОГОЮ  
КОМП'ЮТЕРНОГО МОДЕЛЮВАННЯ**

В роботі пропонується оцінка системних характеристик моделі корупції, заснована на розширенні області прийнятних для інтерпретації рішень, які отримані на підставі якісних припущень.

**Ключові слова:** комп'ютерне моделювання, корупція, системні характеристики.

**A.I. ANDRUCKIN**

Donetsk National Technical University

**EVALUATION OF SYSTEM PROPERTIES  
OF THE MODEL OF CORRUPTION WITH  
THE HELP OF COMPUTER SIMULATION**

This paper presents evaluation of the system properties of the model of corruption. The assessment is based on the expansion of acceptable interpretation of solutions. Properties of the solutions obtained on the basis of qualitative assumptions.

**Keywords:** computer simulation, corruption, system performance.